



Bundesanstalt für  
Landwirtschaft und Ernährung

**ptble**

Projektträger Bundesanstalt  
für Landwirtschaft und Ernährung

# Innovationstage 2018

Innovative Ideen – smarte Produkte  
23. und 24. Oktober in Bonn





# Innovationstage 2018

Innovative Ideen – smarte Produkte  
23. und 24. Oktober in Bonn

# Inhalt

- 16    Grußwort der Bundesministerin  
für Ernährung und Landwirtschaft**
- 18    Grußwort des Präsidenten der Bundesanstalt  
für Landwirtschaft und Ernährung**
- 20    Einleitung**
  
- 22    Forum**
  
- 22    Multifunktionale RFID Transponder für das Monitoring des Nutztieres Biene  
(BeeID)
- 27    Elektronische Kennzeichnung, Überwachung und Management von Schweinen  
mit UHF-RFID (UTE2)
- 31    Entwicklung von EDV-Schnittstellen im Assistenzsystem „CowsAndMore“ zur  
Etablierung eines standardisierten und anwenderorientierten Benchmarkings  
für produktionstechnische Prozesse in der Milchviehhaltung (CowConnect)
- 33    Reformulierungen – Fettreduktion bei Siedegebäcken (FeineBackwaren)
- 37    Verbesserung der Erntequalität eines RMS-Steillagenvollernters durch Imple-  
mentierung einer dem Ernteprozess unmittelbar nachgelagerten mechanischen  
Trenn- und Sortiertechnik mit Platzierung dieser Technik auf dem Trägerfahr-  
zeug des RMS-TVE (Raupenmechanisierungssystem-Traubenvollernter)
- 41    Entwicklung eines Präzisionsinjektionsgeräts zur Platzierung von granularem  
Dünger in Depotform (Depotdüngung)

- 48    Sektion 1: Sensor- und Managementsysteme in der Pflanzenproduktion**
- 48    Orchestrierung von Prozessketten für eine datengetriebene Ressourcenoptimierung in der Agrarwirtschaft und -technik (OPeRAte)
- 53    Methoden und Technologien zur Unterstützung einer vorausschauenden Planung und Steuerung kooperativer landwirtschaftlicher Prozesse am Beispiel der Silomaisernte (prospective.HARVEST)
- 58    Big Data im landwirtschaftlichen Prozess innovativ nutzen (BiDa-LAP)
- 61    Smarte Daten, Smarte Dienste. Landwirtschaftliche Datendrehscheibe für effiziente ressourcenschonende Prozesse
- 65    Verbesserung der Ressourceneffizienz im Weinbau durch teilautomatisierte Erfassung und Bewertung von Umweltindikatoren (ResWein)
- 69    Steuerung und Optimierung der Ernte und Lagerung beim Apfel mittels datenbasierter Prognosemodelle zur Verbesserung der Fruchtqualität und Minimierung von Lagerverlusten (BigApple)
- 74    Entwicklung eines sensorgestützten Steuerungssystems für die ressourcenschonende Irrigation von Feld- und Fruchtgemüse auf der Basis der Nahbereichsphotogrammetrie (PLANTSSENS)
- 78    Entwicklung eines sensorbasierten intelligenten Gewächshaus-Managementsystems (ProsiBor)
- 83    Informationssystem zur Prozesskontrolle und -analyse in der Pflanzenproduktion (CropWatch)
- 88    Konsistentes Daten- und Informationssystem zur Erfassung und Analyse von Frühindikatoren der Saatgutqualität (KODIAQ)
- 91    Entwicklung eines elektronischen SmartHarvest-Systems zur beschädigungsarmen Zuckerrübenenernte (SmartBeet)
- 94    Effiziente Kraftstoffnutzung der AgrarTECHnik (EKoTech)

## 100 Sektion 2: Zukunftsfähige Imkerei

- 100 Entwicklung und Etablierung fortschrittlicher Sanierungsverfahren in der Imkerei als nachhaltige Strategie zur Vorbeugung und Bekämpfung der Amerikanischen Faulbrut (naStrAF)
- 103 Entwicklung eines innovativen Membranverdunsteters zur Applikation von Ameisensäuredampf in Bienenvölkern zur Bekämpfung von *Varroa destructor* (Formipenser)
- 105 Experimentelle Entwicklung einer Dienstleistung zur Kryokonservierung von Bienensamen (KryoBeeServ)
- 108 Botanische, zoologische und geographische Identifizierung von Honigtau Honig (BoogIH)

## 111 Sektion 3: Pflanzenzüchtung I

- 111 Molekulare Charakterisierung unterschiedlicher TRV-Herkünfte und Analyse der Wechselwirkungen von Virus, Nematode und Kartoffelsorte als Basis für die Resistenzzüchtung (STEP-4-STEP)
- 115 Förderung des nachhaltigen Zwischenfruchtanbaus durch breit wirksame Kohlhernieresistenz in Ölrettich (RAPHKORE)
- 119 Multiresistente Vitis-Unterlagen - Entwicklung innovativer, international wettbewerbsfähiger Unterlagen für den Weinbau der nördlichen Anbauregionen (MureViU)
- 122 Frühe Selektion von anbautechnisch effektiven Apfelwuchsformen für die Produktion von Wirtschaftsobst für die Fruchtsaftindustrie (Wuchsform)
- 124 Entwicklung von Verfahren zur Reduzierung virusbedingter Qualitätsmängel bei Züchtung und Vermehrung von Knoblauchpflanzgut (Knoblauch)
- 129 Kartierung von Resistenzgenen gegen *Aphanomyces euteiches*, einen wichtigen Verursacher der Fußkrankheit bei der Erbse unter Nutzung eines Microarrays (APHARES)
- 132 Agronomische wie sensorische Prüfung und züchterische Weiterentwicklung bestehender Sorten von Rote Bete für neue und spezifische Nutzungen (Beta-Divers)

- 136 Entwicklung ökologisch gezüchteter samenfester Zucchiniarten – Selektion und Prüfung von Sorte-Umweltinteraktionen hinsichtlich agronomischer Parameter, sensorischer Qualität und (nicht)volatiler Inhaltsstoffe (ProZucchini)
- 141 Entwicklung und Einführung eines Drum Priming Verfahrens für den ökologischen Anbau von Sonderkulturen (BPBS)
- 146 Die effiziente Entwicklung multiresistenten Zuchtmaterials bei *Lolium perenne* und *L. multiflorum* durch den Einsatz transkriptombasierter Markertechnologien (LoMeRa)
- 149 Nutzung genetischer Diversität und Entwicklung innovativer Verfahren zur züchterischen Verbesserung der Samenausfallfestigkeit bei Futtergräsern (GrasFest)
- 152 Genetische Analyse der Trockenstresstoleranz bei Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) mittels phänologischer, physiologischer und molekularer Differenzierungsmethoden (DRYeGRASS)

## 156 Sektion 4: Reformulierung von Lebensmitteln

- 156 Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen zur Herstellung ballaststoff- und polyphenolreicher Frühstückszerealien mit reduzierter Energiedichte (Zerealien)
- 160 Verwendung von Oleogelen zur Herstellung von fettreichen und trockenen Backwaren zur Reduzierung und Vermeidung von gesättigten und trans-Fettsäuren (Oleogelebackwaren)
- 163 Möglichkeiten von Hochdruckverfahren zur Qualitätserhaltung bei salzreduzierender Reformulierung von Gemüsesäften und -pürees (Hochdruck)
- 166 Specksubstitution in fermentierten Rohwürsten (REFROH)
- 169 Steigerung der Süßkraft von Lactose durch enzymatische Hydrolyse und partielle Isomerisierung der Glucose (Lactosesüßkraft)
- 175 Strategien zur Salzreduktion in Fleischwaren (LOSS)
- 178 Reduzierung der Salzgehalte in ausgewählten Fischprodukten durch den Einsatz von Salzaustauschstoffen (SalzreduktionFisch)

180 Strategien zur Salzreduzierung bei Schnittkäse (KAESE)

## 184 Sektion 5: Tierwohlintikatoren I

184 Essentielle Fettsäuren und konjugierte Linolsäuren in der Milch als Bioindikatoren für die Tiergesundheit bei der Milchkuh (FITCOW)

189 Bewertung der Tiergerechtigkeit in der Milchviehhaltung – Indikatoren im Bereich Stoffwechsel und Fütterung (IndiKuh)

192 Messsystem zur automatisierten Frühdiagnostik von Klauenerkrankungen mittels akustischer Analyse des Körperschalls der Bewegungsabläufe von Rindern (SoundHooves)

195 Aggregiertes Indikatorkonzept zur Beurteilung von Tierschutzleistungen und deren ökonomische Implikationen in der Milchviehhaltung (Tier-Wirt)

198 Tierwohl in der Milchviehhaltung mit System – Von der betrieblichen Eigenkontrolle bis zum nationalen Monitoring (Q-Check)

201 Erarbeitung eines semantischen Indexmodells zur Bewertung des Tierwohls von Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) und europäischem Zander (*Sander lucioperca*) in der Aquakultur (IBETA)

204 Entwicklung von Indikatoren sowie Etablierung eines automatisierten Verfahrens zur Erfassung von Verhaltensauffälligkeiten bei Fischen in der Aquakultur (VitAl)

206 Etablierung und Validierung einer Methodik zur Bestimmung von Glucocorticoiden in Haaren und Federn als Bioindikator zum retrospektiven nicht-invasiven Monitoring für Tierwohl in verschiedenen Nutztierspezies (RETROCORT)

## 209 Sektion 6: Herkunftsnachweis von Lebensmitteln I

209 Logisch-technische Infrastruktur zur automatischen Dokumentation der Herkunft von Landwirtschaftserzeugnissen (DoHLe)

214 Entwicklung eines Systems zur Sammlung, Analyse und Verwertung von Produktauthentizitätsdaten im Lebensmittelbereich (FoodAuthent)

219 Targeted Food Proteomics zum innovativen massenspektrometrischen Nachweis von Fisch- und Krebstierspezies – Differenzierung nach Herkunft und Art (SeafoodMS)

221 Entwicklung DNA-basierter Verfahren für die Identifizierung von Fischen und Fischereiprodukten sowie Krebs- und Weichtieren zum praxisnahen Einsatz in der Lebensmittelüberwachung und Einfuhrkontrolle (MARINEFOOD)

## **224 Sektion 7: Fernerkundung in der Landwirtschaft**

224 Die Diagnose im Feld - Big Data basierte Ursachenklärung für satellitenerfasste Standortunterschiede (BigPicture)

229 Aufbau eines Clusters zur Bereitstellung von aktuellen Fernerkundungsprodukten für die Landwirtschaft (Agro-DE)

231 Erzeugung von landwirtschaftlichen Ertragspotenzialkarten durch Fusion von Ertragskartierungen, Fernerkundungsdaten, digitaler Reliefauswertung und Bewirtschaftungsdaten (AgriFusion)

235 Geoinformationstechnologie für landwirtschaftlichen Ressourcenschutz und Risikomanagement (GeoCare)

238 Entwicklung eines Extremwettermonitorings und Risikoabschätzungssystems zur Bereitstellung von Entscheidungshilfen im Extremwettermanagement der Landwirtschaft (EMRA)

## **241 Sektion 8: Tierwohlindikatoren II**

241 Automatisierte Erfassung von Tierwohlindikatoren bei Geflügel (AutoWohl)

245 Praxistauglichkeit von Tierschutzindikatoren bei der betrieblichen Eigenkontrolle, Erarbeitung eines Orientierungsrahmens sowie technische Umsetzung in digitalen Anwendungen (EiKoTiGer)

249 Entwicklung eines Tierwohl-Indikator-basierten Beratungskonzeptes (Pigs And More)

- 252 Analyse und Weiterentwicklung von Indikatoren zu Tiergerechtigkeit und Tierwohl in der Mastschweinehaltung (INMATI)
- 255 Multivariate Bewertung des Tierwohls durch integrative Datenerfassung und Validierung von Tierwohlintikatoren in Schweinebeständen (MulTiViS)
- 258 Genomische Indikatoren für Ebergeruch, Fruchtbarkeit und Robustheit in Landrasse- und Edelschweinpopulationen (G-I-FER)
- 262 Erfassung positiver Emotionen beim Schwein (FeelGood)
- 266 Frühindikatoren für das Auftreten von Schwanzbeißen beim Schwein (FriSch)

## 271 **Sektion 9: Strategien zur Reduktion von Antibiotikaresistenzen**

- 271 Reduktion multi-resistenter, pathogener Bakterien in der Milchgewinnung: Einsatz antimikrobiell wirkender Peptide zur Bekämpfung bakterieller Infektionserreger in Biofilmen sowie Entwicklung eines Schnelltests zum Nachweis von Krankheitserregern (RemuNa)
- 275 Entwicklung und Implementierung eines evidenzbasierten Therapie- und Beratungskonzeptes zur Antibiotika- und Resistenzminimierung in der Milchviehhaltung (evitar)
- 279 Verringerung des Einsatzes von Antibiotika in der Schweinehaltung durch Integration epidemiologischer Informationen aus klinischer, hygienischer, mikrobiologischer und pharmakologischer tierärztlicher Beratung (VASIB)
- 282 Entwicklung stufenübergreifender Reduktionsmaßnahmen für antibiotikaresistente Erreger beim Mastgeflügel (EsRAM)
- 286 Kombinierte Maßnahmen in Haltung und Fütterung zur Reduktion der Ausbreitung von Erregern, einer Entwicklung von Resistenzen und eines Transfers AB-resistenter Bakterien in der Broiler- und Putenmast (OPTILITT)

## 289 Sektion 10: Herkunftsnachweis von Lebensmitteln II

- 289 Non-Targeted Metabolom-Analyse mittels hochauflösender Massenspektrometrie zur Bestimmung der Authentizität von Lebensmitteln (FOODOMICS)
- 291 Entwicklung eines praxistauglichen Verfahrens zum Nachweis der geographischen Herkunft und Authentizität von marktrelevanten Gewürzen mittels <sup>1</sup>H-NMR-Analytik (HAGen)
- 294 Entwicklung und Validierung innovativer Methoden zur Rückverfolgbarkeit und Authentifizierung von tierischen Proteinen in Lebens- und Futtermitteln (Animal-ID)
- 297 Entwicklung eines Verfahrens zur Authentizitätsprüfung von Getreide (Sorte, Sortenreinheit, Herkunft, Anbauverfahren, unbekannte Verfälschung) mittels einer Kombination aus Stabilisotopenanalytik und verschiedenen spektralen Produktfingerabdrücken (AgrOr)
- 300 Analytische Werkzeuge zur experimentellen Überprüfung der Herkunft und Identität von Lebensmitteln (FoodProfiling)

## 303 Sektion 11: Nachhaltige Düngung durch Nährstoffrückgewinnung

- 303 Karbondünger aus phosphorreichen Wirtschaftsdüngern durch Karbonisieren mit Stickstoffrückgewinnung (Karbondünger)
- 308 Wirtschaftsdünger aus Gärresten durch Verminderung der Stickstoffemission und Anreicherung von Pflanzennährstoffen bei der Gärresttrocknung (DuenGaer)
- 312 Nachhaltige Steigerung der Phosphat-Effizienz von Winterweizen durch eine effektive Wurzel-Boden-Interaktion (POEWER)
- 316 Phosphor-Recycling – vom Rezyklat zum intelligenten langzeitverfügbaren Düngemittel (PRiL)

## 321 Sektion 12: Digitalisierung und Technik im Pflanzenschutz

- 321 Sensorgestützte online Detektion von Krankheiten im Getreide (FungiDetect)
- 327 Entscheidungsunterstützung im Pflanzenschutz durch Schädlingserkennung mittels UAV (Schadinspektor)
- 330 Ressourceneffizienter Pflanzenschutz durch einen datenbasierten Multiskalenansatz für die Verfahrenskette: Krankheitserkennung – Entscheidungsunterstützung – bedarfsgerechte Pflanzenschutzmittel-Applikation (MartA)
- 334 Datafusion in der Pflanzenphänotypisierung am Beispiel von *Cercospora* in Zuckerrüben (DataPlant)
- 338 Verfahren zur praktikablen Erfassung von Boniturdaten und Nutzung der Daten für den teilflächenspezifischen Pflanzenschutz im Ackerbau (BoniPS)
- 341 Entwicklung einer Robotik-Lösung zur Schneckenbekämpfung in der Landwirtschaft (MSR-bot)
- 344 Entwicklung von Methoden zum präsymptomatischen und spezifischen Nachweis von Rebkrankheiten wie Esca, Phytoplasmosen und Virosen als Grundlage für ein regionales Monitoring im Weinberg und die Entwicklung von Bekämpfungsstrategien (BigGrape)
- 347 Erprobung eines elektrischen Verfahrens zur Krautsikkation in Kartoffeln (ElektroSiKa)

## 351 Sektion 13: Pflanzenzüchtung II

- 351 Pilzresistenz in Mais durch Kombination genetischer und molekularer Ressourcen mittels Präzisionszüchtung (PRIMA)
- 353 Verbesserung der Resistenz von Mais gegenüber dem *Fusarium*-Kolbenfäule-Komplex – relevantes Artenspektrum, Mykotoxinbelastung und Reaktion von Maisgenotypen (EarRot)
- 356 Identifikation von *Wheat dwarf virus*-Toleranz im Gersten-Genpool und züchterische Erschließung (VIRTOGE)
- 360 Nutzbarmachung von Virusresistenzen aus *Hordeum bulbosum* für eine nachhaltige Gerstenzüchtung mit Hilfe von „GenOmics“ (BulbOmics)

- 364 „Deep Phenotyping“ von Krankheitsresistenz im Hochdurchsatz anhand von hyperspektralen Sensoren und Data Mining Methoden (DePhenSe)
- 368 Erweiterung der genetischen Basis und Entwicklung neuer (Selektions-) Strategien für die Hybridgerstenzüchtung (SpeedBarley)
- 371 Rekurrente genomische Selektion zur Kombination von Resistenzgenen und gleichzeitiger Verbesserung von Kornertrag und agronomischen Eigenschaften in Wintergerste (RGSGerste)
- 375 Genombasierte Selektionssysteme für Backqualität und Resistenz in Elitezuchtmaterial bei Winterweizen unter moderater Stickstoffdüngung (QR-on-top)
- 378 Untersuchung zur Thripsresistenz von Chrysanthemen und Implementierung der Ergebnisse zur Entwicklung thripsresistenter Genotypen (CHRYRES)
- 381 Entwicklung einer markergestützten Selektion bei Schnitt- und Topfnelken und deren Verwendung zur Züchtung ressourceneffizienter Sorten (CarMarSel)
- 384 Entwicklung einer systematischen Züchtungsstrategie für Hortensie (*Hydrangea macrophylla* ssp. *macrophylla*) unter Berücksichtigung interploider Kreuzungen (HortensienZüchtung)

### **387 Sektion 14: Ressourceneffiziente Düngung**

- 387 Mobiles Bodenproben-Labor und Datenfusion für den ressourceneffizienten Pflanzenbau (soil2data)
- 391 Einfach zu handhabendes, robustes und mobiles Handanalysegerät für NPK, pH und EC Wert für ressourceneffizienten Pflanzenbau (NutriLab)
- 393 Entwicklung einer kostengünstigen und miniaturisierten Mittelinfrarot(MIR)-Sensorik für integriertes, flächendeckendes Güllemaangement (BigSIGMA)
- 396 Smartphone-basierte optische Verfahren zur Charakterisierung von Einzelkomponenten bei der Herstellung von mineralischen Mischdüngern und Ableitung von Streueigenschaften zur optimierten Streueinstellung bei Zentrifugalstreuern (OptiBlend)
- 399 Optimierte Oberflächen zur Verbesserung der Effizienz innovativer Injektionsgeräte für Dünger (EffID)

- 404 Elektrisch angetriebene Einarbeitungswerkzeuge zur kombinierten Wirtschaftsdüngerausbringung und Bodenbearbeitung für eine mehrlagige, definierte Einbringung bei reduziertem Zugkraftbedarf (KombiWkz)
- 407 Punktgenaue Düngerapplikation zur Maisaussaat (PUDAMA)
- 411 Entwicklung eines effizienten, verlustarmen Phosphat-Düngesystems für Getreide und Raps auf düngungswürdigen Flächen unter Minimalbodenbearbeitung (Phosphat-Effizienz)
- 415 N-Stabilisierung und wurzelnahe Platzierung als innovative Technologien zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der Harnstoff-Düngung (StaPlaRes)
- 419 Steigerung der Stickstoffdüngeneffizienz und Abbau der Stickstoffbilanzüberschüsse in der Backweizenerzeugung durch Ausnutzung neuer spezifischer Sorteneigenschaften (N-decrease)
- 422 Steigerung der Phosphor-Ausnutzungseffizienz von Wirtschaftsdüngern in der konventionellen und ökologischen Landwirtschaft (WiP)

## 426 **Sektion 15: Sensor- und Managementsysteme in der Tierhaltung**

- 426 Go-2-market eines prädiktiven Agrartools zur Identifikation behandlungsbedürftiger Milchkühe mittels Sensordaten (PaRADIGMa)
- 429 Ein Tool zur Überwachung des Tierwohls in Milchviehherden (Cow-Alarm)
- 433 Entwicklung eines integrierten Farm-Management-Systems für die kombinierte Milch- und Energieproduktion in landwirtschaftlichen Betrieben und Vernetzung in ein regionales Energienetz (CowEnergy)
- 437 Entwicklung und Erprobung eines Farmmanagementsystems zur Automatisierung betrieblicher Abläufe unter Nutzung gebäudereferenzierter Raumzeitdaten am Beispiel der Milcherzeugung (SpaceDataMilking)
- 442 Umsetzung und Praktikabilitätsprüfung eines branchenbezogenen Konzeptes zur nachhaltigen Entwicklung der Milcherzeugung in Deutschland (Nachhaltigkeitsmodul-Milch)

- 446 Schweinehaltung fit für das Tierschutz-Label: Integrierte Entwicklung von Haltungs- und Verfahrenstechnik zur Transformation konventioneller Ställe (LABEL-FIT)
- 452 Die Entwicklung von innovativen und auch in Zukunft gesellschaftlich akzeptablen Stallkonzepten für die Schweinehaltung auf Basis eines wissenschaftlich begleiteten Diskurses zwischen Agrarwirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft (Stall der Zukunft)



### Liebe Leserinnen und Leser,

die Digitalisierung ist eine der großen und schnellen Entwicklungen des 21. Jahrhunderts – mit tiefgreifenden Veränderungen in allen gesellschaftlichen Bereichen. Es ist unsere Aufgabe, das enorme Potenzial der Digitalisierung zu nutzen. Dazu gehört, die technischen Fähigkeiten hervorzuheben und ökonomische, soziale und politische Konsequenzen zu sehen und zu gestalten. Das bedeutet, Innovationen zu fördern, richtige Anreize zu setzen, damit wir uns stetig weiterentwickeln. Neue Lösungen für alte Probleme suchen. Nicht mit Scheuklappen denken, sondern der Kreativität Gestaltungsspielraum lassen, Chancen nutzen und sich nicht durch vage Risiken abschrecken lassen. Deutschland muss bei den digitalen Innovationen eine Vorreiterrolle einnehmen.

In der Land- und Ernährungswirtschaft gehören digitale Techniken bereits zum Alltag. Sie bieten die Chance, Lebensmittel nachhaltiger und nachvollziehbarer zu erzeugen. Und sie können zum Akzeptanztreiber für die Landwirtschaft werden, indem durch die Digitalisierung mehr Tierwohl, Umwelt- und Naturschutz erzielt werden.

Die gesundheitliche Kontrolle von Tieren kann verbessert werden. Das kommt dem Tierwohl zugute. Digitale Lösungen ermöglichen der Landwirtschaft, schonender und effizienter mit begrenzten Ressourcen wie Wasser und Boden umzugehen. Sie können mithelfen, Dünger und Pflanzenschutzmittel durch Präzisionslandwirtschaft stärker zielgerichtet und bedarfsgerecht einzusetzen. Für die Rückverfolgbarkeit und Transparenz in der Lebensmittelkette ergeben sich ganz neue Möglichkeiten.

Deutschland gehört bei der Herstellung und dem Einsatz moderner Landtechnik zu den weltweit führenden Nationen. Ich möchte, dass wir diese Spitzenposition künftig

beibehalten und so unseren Beitrag zu einer effizienten, ertragreichen und ressourcenschonenden Landwirtschaft leisten.

Mein Ministerium begleitet und gestaltet den Prozess der digitalen Transformation aktiv – indem wir Innovationen fördern, um die großen Chancen der Digitalisierung für Landwirtschaft, Ernährung, Umwelt und Gesellschaft zu nutzen und gleichzeitig die Risiken zu minimieren.

Die BLE-Innovationstage 2018 werden uns einen Einblick in den gegenwärtigen Stand der Technik und die damit verbundenen Chancen und Herausforderungen geben. Wir werden sehen und hören, warum einige wenige Bienen mit einem RFID-Transponder auf dem Rücken langfristig der Gesundheit aller Bienen dienen werden. Wir erleben die Weltpremiere eines neuen Systems der vollautomatischen Weinlese mit Sortierung der Trauben direkt im Weinberg, und wir werden erfahren, wie wir beim »Berliner Pfannkuchen« den Fettanteil reduzieren, ohne den berühmten, traditionellen Geschmack zu verfälschen.

Die Innovationstage zeigen Handlungsfelder auf, in denen das BMEL bereits aktiv ist und in denen es noch weiter aktiv sein wird. Ich bin gespannt auf viele spannende Eindrücke und Einblicke, gute Gespräche und unzählige Innovationen.

Herzliche Grüße

Ihre

A handwritten signature in blue ink, reading "Julia Klöckner". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the end.

Julia Klöckner  
Bundesministerin für Ernährung und Landwirtschaft



## Grußwort

Zu den 7. Innovationstagen heiÙe ich Sie im Namen der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung herzlich willkommen. In diesem Jahr stehen die Innovationstage unter dem Thema »Innovative Ideen – smarte Produkte«. Smarte Produkte versetzen uns in die Lage, für die aktuellen Herausforderungen in der Land- und Ernährungswirtschaft sowie die gesellschaftspolitisch relevanten Themen intelligente Lösungen zu finden und neue Impulse für die Zukunft zu setzen. Damit leisten sie einen besonderen Beitrag zu den Zielen des Programms zur Innovationsförderung des BMEL.

Ich bin stolz und freue mich darauf, Ihnen erneut eine Vielzahl innovativer Projekte präsentieren zu können. Die vorgestellten Vorhaben reichen thematisch von der Digitalisierung über die Antibiotikaresistenzen bis hin zu Herkunftsnachweisen von Lebensmitteln. Damit zeigt sich die Innovationsförderung wieder einmal in ihrer ganzen Vielfalt und präsentiert Ihnen eine große Bandbreite an Forschungsfeldern. Alle Forschungsprojekte weisen ein gemeinsames Ziel auf: Die Entwicklung technischer und nicht-technischer Innovationen in Deutschland, bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung.

Besonders freue ich mich, in unserem Forum »Forschung – Innovation – Produkt« sechs Projekte sehr anschaulich vorstellen zu können. Hier haben Sie die Gelegenheit, mit Forschern und Entwicklern ins Gespräch zu kommen und innovative Produkte zu testen. Neben den Fachforumsständen erwarten Sie weitere Stände, an denen Sie sich zu den Fördermöglichkeiten des Bundes sowie den Angeboten des Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL), der neuen Einheit für Agrarkommunikation in der BLE, informieren können.

Außerdem möchte ich heute die Gelegenheit nutzen, um Ihnen zu danken. Erst durch Ihre innovativen Ideen, Ihr Engagement und wissenschaftliche Neugier sind wir als Projektförderer in der Lage, zukunftsweisende, smarte Produkte auf ihrem Weg in den Markt zu unterstützen.

Nutzen Sie die Innovationstage 2018, um miteinander ins Gespräch zu kommen und Erfahrungen auszutauschen. Diskutieren Sie Ihre neuen Ansätze und finden Sie sich mit bekannten und neuen Kooperationspartnern zusammen. Ich wünsche Ihnen eine konstruktive Tagung und freue mich auf Ihre innovativen Projektideen, auch zu den aktuell veröffentlichten Förderaufrufen für den Gartenbau 4.0, die Züchtung klimaangepasster Weizensorten, die Verbesserung des Tierschutzes beim Transport und der Schlachtung, die Minimierung von mikrobiellen Kontaminationen in der Prozesskette Fleisch sowie die Vermeidung von Allergien und Unverträglichkeiten. Bis Dezember dieses bzw. Januar des nächsten Jahres haben Sie die Möglichkeit, zu diesen Themengebieten Projektideen einzureichen.

Auch in Zukunft wird Sie die Innovationsförderung im ptBLE mit viel Engagement und Leidenschaft bei der Umsetzung Ihrer Projekte unterstützen.



Dr. Hanns-Christoph Eiden  
Präsident der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

# Einleitung

Das Programm zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) wurde im Juli 2006 veröffentlicht, um das große Ideenpotenzial aus Wissenschaft und Wirtschaft erfolgreich nutzen und verbinden zu können. Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) fördert und betreut als Projektträger im Auftrag des BMEL zahlreiche nationale Projekte entlang der gesamten landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette. Im Fokus steht hierbei, technische und nicht-technische Innovationen zur Marktreife zu bringen.

In den kommenden zwei Tagen erwarten Sie unter dem Leitthema »Innovative Ideen – smarte Produkte« insgesamt 112 Projekte, welche sich den drei Schwerpunkten Pflanze, Tier und Lebensmittel zuordnen lassen und in insgesamt 15 Sektionen präsentiert werden.

Für den Bereich der Digitalisierung stellt das Projekt »BigPicture« aus der Sektion »Fernerkundung in der Landwirtschaft« eine innovative Idee zur Entwicklung eines Software-Systems vor, welches anhand von Satellitenbildern Mangel- und Krankheitssymptome von Pflanzen diagnostiziert und damit in Abhängigkeit von Geometrie, Lage, Boden, Wetter und Feldbewirtschaftung die Prozesskette von der Symptomerfassung im Satellitenbild über die Diagnose bis hin zur computergestützten Entscheidungshilfe schließt und automatisiert. Mit diesem Big-Data-Ansatz können in der Feldwirtschaft durch den bedarfsgerechten und nachhaltigen Einsatz von Betriebsmitteln, wie zum Beispiel Dünger und Pflanzenschutzmittel, Ressourcen geschont und die Umweltbelastung reduziert werden.

Das Wohlbefinden und die Tiergerechtigkeit in der Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere haben in den vergangenen Jahren eine hohe gesellschaftspolitische Bedeutung erlangt. Mit Hilfe von Tierwohlindikatoren sollen innovative Lösungsansätze und eine Bewertung der Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere möglich werden. Hierzu stellen über beide Veranstaltungstage hinweg insgesamt 15 Projekte erste Ergebnisse zum Einsatz von Tierwohlindikatoren in der Haltung von Rindern, Schweinen, Geflügel und in der Aquakultur vor.

Ein weiteres interessantes Themengebiet stellen die Vorträge der Sektion »Herkunftsnachweis von Lebensmitteln« dar. Beispielsweise werden in dem Projekt »SeafoodMS« spezifische Markerpeptide analysiert, um eine eindeutige Differenzierung zwischen den Spezies von Thunfischarten, Krebstieren sowie ausgewählten Plattfischarten zu ermöglichen. Der Verbraucher soll so vor Täuschungen geschützt werden.

Wir laden Sie ein, die im Forum aufgebauten Stände unter dem Thema »Forschung – Innovation – Produkt« zu besuchen. An insgesamt sechs Fachständen wird Ihnen u.a. die Fettaufnahme beim Frittieren herkömmlicher Siedegepäcke sowie Strategien zur Fettreduktion präsentiert (Projekt »FeineBackwaren«). Sie haben die Möglichkeit, am Stand des Projekts »CowConnect« per Tablet eine Softwarelösung für die Nutzung tierbezogener Daten zur Bewertung von Tierwohl und Tiergesundheit in der Milchviehhaltung zu testen. Zusätzlich finden Sie das Projekt »RMS TVE«, welches sich mit der mechanischen Traubenlese im Weinbau befasst. Hier bietet sich Ihnen die Möglichkeit, anhand eines anschaulichen Kurzfilms das ausgestellte Modell in Aktion zu sehen.

Weitere Informationen finden Sie im Flyer »Forum: Forschung – Innovation – Produkt« in Ihren Tagungsunterlagen oder direkt am jeweiligen Stand.

Das Team der Innovationsförderung freut sich über Ihren Besuch und wünscht Ihnen zwei erkenntnisreiche Tage.

# Forum

**„Multifunktionale RFID Transponder für das Monitoring des Nutztieres Biene (BeeID)“**

**“Multifunctional RFID transponder for monitoring of the domesticated honey bee (BeeID)“**

**Projektlaufzeit**

12.11.2015 bis 31.10.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Sebastian Krüger  
microsensys GmbH, Erfurt

**Verbundpartner**

Benjamin Rutschmann  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg,  
HOBOS (HoneyBee Online Studies), Würzburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines RFID-Monitoring Systems, dass weltweit Einsatz in der Erforschung und Haltung der Honigbiene und anderer Insekten finden soll. Dieses System besteht aus neuen, bisher technologisch weltweit noch nicht realisierten, miniaturisierten RFID Transpondern (Abbildung 1) und den ebenfalls neu zu entwickelnden Detektorantennen. Das geplante System soll die Identifizierung und die Beobachtung des Verhaltens von Bienen deutlich erleichtern. In einer für Imker geplanten Variante soll das System das Auffinden der Bienenkönigin im Stock sowie die Überwachung der Vitalität der Königin ermöglichen. Für die Bienenforschung soll die Möglichkeit der Integration von Zusatzfunktionen wie z.B. Datenlogger zur Aufzeichnung der Bewegungen der Biene oder zur Messung von Temperatur, Feuchtigkeit oder anderen Größen am Ort der Biene entwickelt werden.

In dem geplanten Projekt soll ein RFID-Erkennungs- und Monitoringsystem entwickelt werden. Dieses System soll mehrere Gerätevarianten für unterschiedliche Anwendungen ermöglichen:

- » Entwicklung des Konzeptes und einer prototypischen Lösung für eine eindeutige Identifizierung von mehreren Bienen gleichzeitig am Einflugloch.

- » Entwicklung des Konzeptes und eines Prototyps zur Bestimmung der Position einer Biene (z.B. Königin) innerhalb der Kolonie.
- » Entwicklung von Konzept und Prototyp zur Überwachung der Vitalität der Bienenkönigin durch Aufzeichnung des Bewegungsmusters.
- » Entwicklung der Möglichkeit zur Implementierung von Zusatzfunktionen für die Forschung wie z.B. Temperaturmessung.



Abbildung 1: Honigbiene gekennzeichnet mit einem HF-RFID-Transponder mic3®.

### Realisierung

Die technische Lösung für die Vergrößerung des Ausleseabstandes und für die beschriebenen Lokalisierungsfunktionen basiert auf der Nutzung von sehr hohen Frequenzen (UHF) von 868 MHz anstatt der bisherigen Hochfrequenztechnik mit 13,56 MHz. Im Projekt wurden zunächst durch Simulationsrechnungen die Wellenausbreitung (Maxwell Gleichungen) im UHF-Bereich bei miniaturisierten Transponderantennen erforscht.

Forschungsgegenstand ist hier insbesondere die Wechselwirkung der elektromagnetischen UHF-Strahlung mit den typischen metallischen Komponenten (Spanndrähten) des Bienenstocks sowie dem Bienenwachs. Der optimale Bereich für die Dimensionierung und Positionierung der RFID Transponder- und Detektorantennen soll durch Simulationsrechnungen bestimmt werden. Eine grundsätzliche technische Herausforderung bei der Miniaturisierung des RFID Transponders besteht in der damit einhergehenden Verkürzung der Transponderantenne. Bei 868 MHz beträgt die Wellenlänge  $\lambda = 34,5$  cm. Die mögliche Antennenstruktur ist mit ca. 2-3 mm Länge also nur im Bereich kleiner 1/100tel der Wellenlänge und damit weit außerhalb eines optimalen Bereichs.

Die Zielvorgaben der Dimensionierung des Bienen-TAGs liegen bei 1,5 x 1,5 x 0,5 mm. Hinsichtlich der induktiven Feldkopplung im Nahfeldbereich der Readerantenne wurde ein Spulenlayout für die Transponder festgelegt.

Zur Realisierung der Identifizierung mehrerer Bienen gleichzeitig im Eingangsbereich wurde die Verwendung unterschiedlichster Antennenlayouts untersucht. Das verwendete Layout wies in Simulationen eine sehr homogene Verteilung des Felds im Nahbereich auf. Somit ist es möglich den gesamten, 40 cm breiten, Eingangsbereich abzudecken.

Die Temperaturmessung innerhalb der Bienenbeute erforderte die Neuentwicklung eines geeigneten Sensor-Transponders (TELID®). Bisherige Temperatur-TELIDs erwiesen sich entweder als zu groß oder sie erreichten nicht die notwendigen Empfindlichkeiten um den Feldverlusten durch Wachs und Honig innerhalb der Beute entgegenzuwirken. Zum Auslesen der TELIDs wurden unterschiedliche Varianten von internen, in Rähmchen integrierte, und externen Readerantennen an der Außenseite der Beute untersucht.

### Ergebnisse

Auf Basis der Möglichkeiten wurde zunächst das Bienen-TAG „Q2.0“ entwickelt. Die Dimensionen dieses Transponders liegen bei 2,0 x 2,0 x 0,6 mm (Abbildung 2). Bedingt durch den technologischen Fortschritt der Leiterplattenherstellung während des laufenden Projekts konnte die Größe des Bienen-TAGs auf 1,6 x 1,6 x 0,5 mm bei einem Gewicht von ca. 2 mg verringert werden. Im Vergleich zur bisherigen Standardlösung im Bereich der Bientransponder, dem HF mic3®-TAG (1,7 x 2,0 x 0,7 mm und 5,4 mg), wurden das Volumen und die Masse des Bienen-TAG Q1.6 deutlich verringert und die Lesereichweite des Transponders wurde mehr als vervierfacht (von 3 mm auf 13 mm).

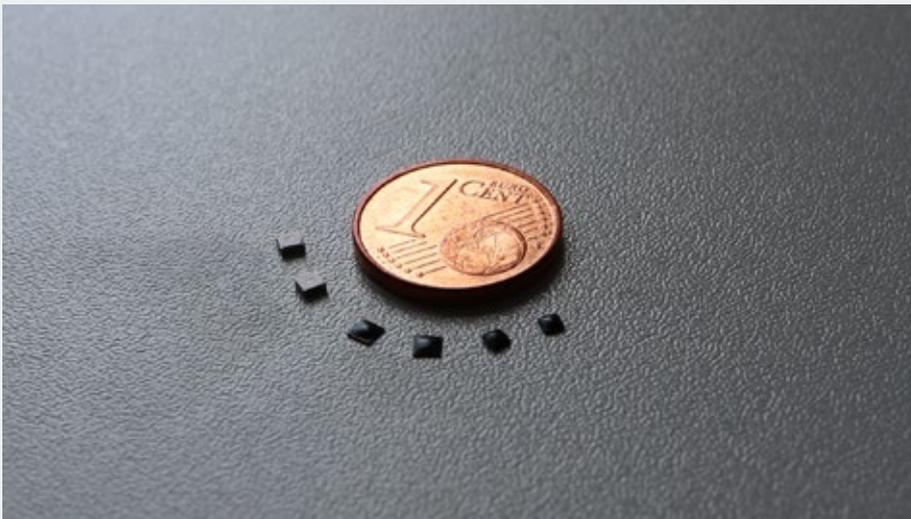


Abbildung 2: Größenvergleich von links: Standardtransponder HF mic3®, UHF Bienen-TAG Q2.0 und UHF Bienen-TAG Q1.6.

Zur Erfassung der gekennzeichneten Bienen im Eingangsbereich wurde die „Wide-entrance-antenna EW-01“ entwickelt. Die aus den Simulationen umgesetzten Antennen wurden in ein witterungsbeständiges Kunststoffgehäuse verbaut. Das System ist zusätzlich in der Lage den gesamten Eingangsbereich zu erfassen.

Zur kabellosen Temperaturerfassung innerhalb der Beute wurde das TELID414 entwickelt. Die spezielle Form erlaubt eine gute Integration in den Bienenstock ohne größere Beeinträchtigung der Bienen. Ausgelesen wird die Temperatur entweder über extern angebrachte Oberflächenantennen oder, mit Hilfe einer speziellen auf der Beute aufgetragenen Koppelantenne, durch die Verwendung eines Bluetooth-fähigen Handheldreaders (iID®POCKETwork) (Abbildung 3).



Abbildung 3: Kabellose Temperaturbestimmung innerhalb der Beute.

Alle ermittelten Daten werden durch eine eigene Software- und Systemlösung erfasst und gespeichert.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die wissenschaftlichen Erfolgsaussichten bei dem Einsatz des geplanten Systems in der Bienenforschung sind sehr gut. Die neuen Möglichkeiten des geplanten RFID-Systems werden durch Konferenzbeiträge und Publikationen der Universität Würzburg schnell Aufmerksamkeit in der wissenschaftlichen Welt finden. Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten bei dem Einsatz in der Imkerei sind ebenfalls sehr gut. Da die entwickelten

Systeme nach Belieben kombiniert werden können, sind die Anwendungsgebiete und Einsatzmöglichkeiten weit gefächert.



Abbildung 4: Darstellung eines Gesamtsystems zur Bienenidentifizierung und -erfassung.

Durch die zusätzliche Einbindung von Bluetooth und WLAN in die Peripherie und die Anbindung des zentralen Controllers iD®controller MAJA v2 an das WorldWideWeb wird es möglich sein die Daten im Livebetrieb innerhalb der Cloud zu speichern und von beliebiger Stelle zu verarbeiten, beobachten oder auszuwerten.

**„Elektronische Kennzeichnung, Überwachung und Management von Schweinen mit UHF-RFID (UTE2)“**

**”Electronic identification, monitoring and management of pigs by UHF-RFID (UTE2)“**

**Projektlaufzeit**

13.02.2017 bis 14.08.2019

**Projektkoordinator, Institution**

apl. Prof. Dr. Eva Gallmann

Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Stuttgart

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Werner Knop

Hochschule Hannover, Hannover

Helmut Ruppert

Agrident GmbH, Barsinghausen

Petra Hartwig

deister electronic GmbH, Barsinghausen

Henrik Winkeler

Caisley International GmbH, Bocholt

Dirk Kussauer

Phenobyte GmbH & Co. KG, Ludwigsburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Projektes ist, aufbauend auf einem Vorgängerprojekt, die Weiterentwicklung eines ultrahochfrequenten Radiofrequenz-Identifikationssystems (UHF-RFID) zur automatischen und kontinuierlichen Überwachung und Dokumentation von einzeltierbezogenen Tiergesundheits- und Tierschutzindikatoren bei Muttersauen sowie in Ferkelaufzucht und Mast. Im Einzelnen werden UHF-Transponderohrmarken für Absetzferkel, Mastschweine und Sauen, kombinierte Handlesegeräte für Niedrigfrequenz-RFID (LF) und UHF-RFID, stationäre UHF-Lesegeräte und Antennen sowie eine Software mit angegliedertem Datenbanksystem zur Aktivitätsüberwachung, Gesundheitsbewertung und Dokumentation zur Marktreife weiterentwickelt.

## Realisierung

Die mobilen und stationären Lesegeräte werden ebenso wie die Transponderohrmarken auf Basis vorhandener Entwicklungen und Komponenten hinsichtlich Robustheit, Größe und geringer Herstellungskosten optimiert. In Bezug auf die Transponderohrmarken steht besonders die Verkleinerung der Transponder für den Einsatz in Ohrmarken für Ferkel und Mastschweine im Fokus. Für das Gesamtsystem müssen auch die Kosten für die Installation und eine benutzerfreundliche Inbetriebnahme Berücksichtigung finden, so dass die Integration in vorhandene Strukturen problemlos und gleichzeitig mit geringem Aufwand vorgenommen werden kann. Darüber hinaus soll die Software in Bezug auf die Implementierung einer Echtzeit-Datenauswertung, die Gewährleistung der Datensicherung sowie die Entwicklung einer praxisgerechten Anwendung zur Anzeige des System- und Tierstatus erweitert werden. Umfassende Tests an einem Prüfstand sowie bei der Überwachung der Tiere im Stall sichern den Entwicklungsfortschritt im Labor wie auch in der Praxis und dienen einer Bewertung von Leistungsfähigkeit, Funktionalität und Haltbarkeit der Komponenten. Eine abschließende Kosten-Nutzen-Analyse soll die Wirtschaftlichkeit des entwickelten UHF-Systems in verschiedenen Anwendungsszenarien bewerten.

## Ergebnisse

Die gezeigten Ergebnisse stammen von den Ohrmarken der ersten im Projekt erstellten Entwicklungsgeneration. Die Serie wurde am statischen Prüfstand und in einem Praxisversuch an der Universität Hohenheim getestet. Zur Vermessung und zum Vergleich von Erkennungsfeldern der entwickelten Transponderohrmarken wurde ein automatisierter statischer Prüfstand konstruiert und durch Installation von elektromagnetischen Absorbermatten die Prüfumgebung verbessert (Abbildung 1). Durch zwei Linearantriebe kann in einem Bereich von 3,5 mal 3,5 m ein Koordinatenraster abgefahren werden. An jeder Koordinate wird die vom Transponder empfangene Signalstärke (Backscatter-RSSI) gemessen, so dass ein Bild des gesamten Erkennungsbereiches erhalten wird. In einem Versuch wurden die neuen Ohrmarken auf die Einflüsse von Ohrgewebe geprüft. Gleichzeitig wurde der Effekt der elektromagnetischen Absorber auf die Messungen in das Versuchsdesign einbezogen. Die Absorbermatten reduzierten statistisch signifikant den Einfluss von Reflexionen auf die Messergebnisse. Die Ergebnisse bestätigten des Weiteren, dass das Ohrgewebe mit seinem hohen Anteil an Wasser und seiner Form negativen Einfluss auf die Reichweite der Ohrmarken nimmt. Der im Versuch beste Transponder-typ erreichte unter dem Einfluss von Ohren eine Reichweite von bis zu 190 cm.

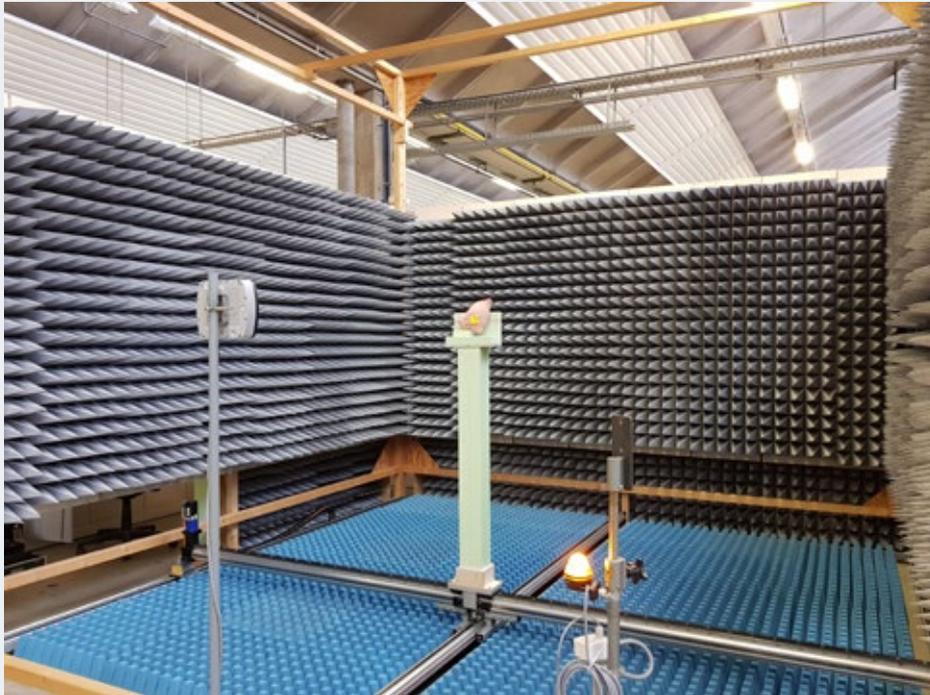


Abbildung 1: Prüfstand für RFID-Transponderohrmarken mit Hochfrequenz-Absorbermatten; sichtbar ist das Lesegerät im Vordergrund sowie eine Transponderohrmarke während der Messung an einem Schweineohr.

Im Praxisversuch, der an der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim durchgeführt wurde, wurden die Ohrmarken bei der Simultanerfassung von Mastschweinen an einem Beschäftigungsgerät getestet und bewertet (Abbildung 2). Die Prüfbedingungen an Mastschweinen sind im Vergleich zum Prüfstand noch einmal erschwert. Die Abschattung und Beeinflussung der Ohrmarken durch das Gewebe der Tiere vermindert die Lesbarkeit. Um die Erkennungssicherheit zu verbessern, wurden die Transponder der neuen Ohrmarkengeneration außen am Ohr angebracht und nicht wie bisher in der Praxis üblich – auf der Innenseite des Ohres. Es wurde eine zirkular polarisierte Antenne zentral an der Oberseite des Beschäftigungsgerätes angebracht. Zur Bewertung und zum Vergleich der verschiedenen Transpondertypen wurden zwei Erfassungsbereiche festgelegt (Radius 30 cm und 50 cm), um die Ergebnisse möglichst differenziert betrachten zu können. Zur Bewertung der Erfassung der Tiere mit dem UHF-System wurden parallel Videoaufnahmen erstellt, die im Continuous-Sampling-Verfahren ausgewertet wurden. Während des Versuches wurde auch die Langlebigkeit der Transponderohrmarken betrachtet. Die statistische Auswertung zeigte zwei gute und zwei ungeeignete Transpondertypen. Im Vergleich zu aus dem Vorgängerprojekt hervorgegangen Ohrmarkendesigns ist die Leistung der neuen Ohrmarkengeneration trotz Verkleinerung der Antennenfläche auf einem annähernd gleichen hohen Niveau. Die Sensitivität der ersten Entwicklungsgeneration der Transponderohrmarken lag am Beschäftigungsgerät bei Betrachtung bei des 50 cm großen Erfassungsbereiches und sekundlichem Abgleich von Video- und RFID-Ereignissen zwischen 0 % und 50 %, je nach

Transpondertyp. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass eine vollständige Erfassung der Transponderohrmarken nicht Ziel der Versuche war, sondern vielmehr die Herausstellung von Unterschieden der Transponder für weitere Entwicklungsschritte.



Abbildung 2: Versuchsaufbau zur Simultanerfassung von Mastschweinen am Beschäftigungsgerät mit zwei Erfassungsbereichen (30 cm und 50 cm).

### **(Geplante) Verwertung**

Für die Universität Hohenheim und die Hochschule Hannover steht die wissenschaftliche Verwertung der Ergebnisse in Form von Publikationen und Anschlussprojekten zur Entwicklung von Technologien für ein smartes Monitoring von Nutztieren im Vordergrund. Die Firmenpartner streben die Vermarktung der Entwicklungen im Bereich Hardware und Software zunächst schwerpunktmäßig bei führenden, integrierten Schweinezuchtbetrieben in Europa an, die an einer Digitalisierung ihrer Tierhaltung interessiert sind. Des Weiteren ist der Einsatz der Entwicklungen auch im Bereich der Rinderhaltung möglich, da auch hier eine Nutzung von UHF-RFID für die Einzeltierkennzeichnung und -überwachung international in den Fokus rückt.

**„Entwicklung von EDV-Schnittstellen im Assistenzsystem „CowsAndMore“ zur Etablierung eines standardisierten und anwenderorientierten Benchmarkings für produktionstechnische Prozesse in der Milchviehhaltung (CowConnect)“**

**”Development of EDP interfaces in the assistance system „CowsAndMore“ to establish a standardized and user-oriented benchmarking for production processes in the milk farming (CowConnect)”**

**Projektlaufzeit**

01.05.2017 bis 31.12.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Andreas Pelzer

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Versuchs- und Bildungszentrum Haus Düsse, Bad Sassendorf-Ostinghausen

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Projektes „CowConnect“ ist es, durch die Entwicklung und Implementierung von EDV-Schnittstellen zu der digitalen Schwachstellenanalyse „CowsAndMore“ weitere Daten in die Bewertung einfließen zu lassen und somit die ganzheitliche produktionstechnische Bewertung der Milchviehbetriebe weiter auszubauen. Das Decision Support System „CowsAndMore“ ermöglicht es Beratern, Veterinären und der Wissenschaft, systematisch und standardisiert Verhaltens- und Erscheinungsmerkmale von Milchkühen in Liegeboxenlaufställen zu erfassen und auszuwerten. Mit Hilfe eines betriebsübergreifenden Benchmarkings können Schwachstellen in Haltung und Management erkannt, deren Ursachen identifiziert und konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Im konkreten Fall beinhaltet „CowConnect“ die Hinzunahme von Milchleistungsdaten, die neu entwickelten Eutergesundheits-Kennzahlen sowie Kennzahlen zur Stoffwechselsituation aus der Milchleistungsprüfung, da diese Informationen auch die fütterungs- und managementbezogenen Rahmenbedingungen des Betriebes widerspiegeln. Die Verknüpfung der MLP-Daten mit den verhaltens- und erscheinungsbezogenen Tierdaten und den Angaben zu Haltung und Management aus „CowsAndMore“ über das DLQ-Datenportal stellt eine sinnvolle Zusammenführung der relevanten Einflussfaktoren dar und ermöglicht eine erweiterte, multifaktorielle und ganzheitliche Analyse und Auswertung der Ursachen betrieblicher Schwachstellen.

## Realisierung

In Abstimmung mit einem Expertenbeirat werden Indikatoren und Informationen zusammengestellt, die in Bezug auf ihre Relevanz für die Schwachstellenanalyse im Milchviehstall von Bedeutung sind. Der Expertenbeirat besteht aus Mitarbeitern der Landwirtschaftskammer NRW, des Deutschen Verbandes für Leistungs- und Qualitätsprüfungen (DLQ), der Vereinigten Informationssysteme Tierhaltung w.V. (vit), des RINDER DATEN VERBUNDEs GmbH (RDV) und den verschiedenen Landeskontrollverbänden (LKV). Im nächsten Schritt werden die Schnittstellen zur Datenübertragung programmiert und in das bestehende Bewertungssystem „CowsAndMore“ implementiert. Nach einer Testphase wird „CowConnect“ als neues Tool in die Umgebung von „CowsAndMore“ eingebunden. Die Markteinführung ist im März 2019 geplant.

## Ergebnisse

Die Schnittstellen wurden programmiert und erste ausgewählte Testdaten sowie betriebliche Ergebnisse aus der MLP über „CowConnect“ in das Schwachstellenanalyse-Tool „CowsAndMore“ implementiert.

Der Expertenbeirat hat sich auf geeignete Parameter und Kennzahlen aus der Milchleistungsprüfung hinsichtlich ihrer Relevanz, Eignung und Aussagefähigkeit im Bewertungssystem „CowsAndMore“ verständigt. Diese Daten werden zurzeit in die Darstellungs- und Auswertungsmasken der Software „CowsAndMore“ integriert und getestet.

## (Geplante) Verwertung

Das Programm „CowsAndMore“ erfährt seit der Prämierung mit der DLG-Neuheiten-Goldmedaille auf der EuroTier 2014 einen positiven Zuspruch in der Fachwelt. Nach der Markteinführung im Januar 2017 wurden Lizenzen an unterschiedliche Nutzergruppen aus Beratung, Wissenschaft, Handel sowie an Schulen und Bildungseinrichtungen in der Agrar- und Veterinärsparte verkauft.

Mit der Implementierung des Tools „CowConnect“ ergibt sich in der Kombination und Interaktion der unterschiedlichen Daten für den Anwender und Nutzer ein noch umfassenderes Bild bei der produktionstechnischen Analyse von Haltung und Management. Diese Erweiterung führt zu einer größeren Nutzergruppe und zu einem erweiterten Anwendungsbereich innerhalb der produktionstechnischen Beratung und Betreuung.

**„Reformulierungen – Fettreduktion bei Siedengebäcken (FeineBackwaren)“****”Reformulation – Fat reduction in deep-fat fried bakery products (FeineBackwaren)“****Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 31.12.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Elisabeth Scieurba

Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Detmold

**Kurzfassung****Projektziel**

Bei Siedengebäcken wie „Berliner Pfannkuchen“, Schmalzkuchen oder Donuts handelt es sich um hefegelockerte Produkte, die in heißem Fett ausgebacken und den Feinen Backwaren zugeordnet werden. Diese Gebäcke erfreuen sich einer immer größeren Beliebtheit in der Bevölkerung und weisen laut den Leitsätzen für Feine Backwaren rezepturbedingt einen Fettgehalt von über 9 % auf. Bei der verzehrfertigen Zubereitung kann der Fettgehalt noch einmal ansteigen, wenn die Erzeugnisse nicht gebacken, sondern frittiert werden. Da diese zusätzliche Fettaufnahme bislang weitgehend unkontrolliert erfolgt, soll in einer systematischen Versuchsanstellung die zusätzliche Fettaufnahme beim Frittieren von „Berliner Pfannkuchen“ eingehend untersucht werden. Ziel ist dabei eine Minimierung des zusätzlichen Fetteintrages.

**Realisierung**

Das Projekt gliedert sich in zehn Arbeitspakete (AP). In AP 1 wird eine Methode entwickelt, um die Eindringtiefe des Siedefettes zu visualisieren.

Die produktbezogenen Hauptuntersuchungen (AP 2-9) können in drei Blöcke zusammengefasst werden. In diesen werden jeweils verschiedene Methoden zur Fettreduktion anhand eines standardisierten und unter konstanten Bedingungen durchgeführten Backversuchs für „Berliner Pfannkuchen“ getestet und die Analyseergebnisse miteinander verglichen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Basisrezeptur für „Berliner Pfannkuchen“ und Frittierbedingungen.

Zutaten	Menge	Frittieren	
Weizenmehl (Type 550)	1000 g	Siedefett	Erdnussfett
Backmargarine	100 g	Temperatur	175 °C
Zucker	100 g		
Backhefe	60 g	unter mehrmaligem Wenden:	
Salz	15 g	Oberseite	240 s
Vollmilch (3,5 % Fett)	380 g	Unterseite	180 s
Vollei	240 g	Oberseite	30 s
Ascorbinsäure	20 ppm	Unterseite	30 s

Wie in der Literatur beschrieben, soll die Wasseraufnahme der Mehle einen großen Einfluss auf die Fettaufnahme von Siedegebäcken haben.

Im ersten Versuchsblock (AP 2-3) sollen die technofunktionellen Eigenschaften eines Weizenmehles Type 550 durch eine bewusste Erhöhung der Stärkebeschädigung verändert werden, mit dem Ziel die Wasseraufnahme im Teig zu erhöhen. Dieser Ansatz zur Fettreduktion in Siedegebäcken ist in der Literatur noch nicht beschrieben. Die Fettaufnahme der aus diesen Mehlen hergestellten Gebäcke soll geprüft werden.

Im zweiten Block (AP 4-6) werden einem handelsüblichen Weizenmehl Type 550 verschiedene wasserbindende Additive (Cellulosederivate, weizenbasierte Additive, reisbasierte Additive und Pflanzenfasern) zugesetzt und geprüft, inwieweit die Fettaufnahme der daraus hergestellten Gebäcke beeinflusst werden kann.

Im dritten Block (AP 7-9) sollen durchsichtige Überzüge vor dem Frittieren auf die Teiglinge aufgebracht werden, das sogenannte „Clear Coating“. Zunächst wird ein Teig-Modell zur Untersuchung der Coating-Materialien und der Charakterisierung der Filme entwickelt. In den folgenden Schritten wird eine Prozedur entwickelt, mit der die Coating-Technik auf „Berliner Pfannkuchen“ angewendet werden kann. Der Einfluss der Coating-Materialien auf die Fettaufnahme der Siedegebäcke wird untersucht.

Abschließend wird von den ansprechendsten Gebäcken aller drei Blöcke eine Beliebtheitsprüfung mit einem Verbraucherpanel zur Ermittlung der Akzeptanz durchgeführt (AP 10).

## Ergebnisse

Die Eindringtiefe des Siedefettes in das Gebäck konnte durch die Zugabe des Farbstoffs Sudan III zum Siedefett veranschaulicht werden. Es bestehen keine Korrelationen zwischen der gemessenen Eindringtiefe und dem analysierten Gesamtfettgehalt der Siedegebäcke (nach § 64 LFGB, ASU L 16.00-5, 2017-10).

Durch die Färbeversuche wurde deutlich, dass durch den bei der speziellen Herstellungsweise von „Berliner Pfannkuchen“ entstehenden Wirkschluss (Nahtstelle an der Unterseite der Teiglinge) bevorzugt das Siedefett eindringt (Abbildung 1).



Abbildung 1: Anschnitt von „Berliner Pfannkuchen“ mit gefärbtem Siedefett.

Block 1: Die Herstellung von Weizenmehlen mit unterschiedlicher Stärkebeschädigung war durch die Auswahl von zwei Weizensorten mit unterschiedlichen Kornhärten und deren Prallvermahlung möglich. Die ausgewählte Sorte Julius hatte eine harte Kornstruktur und wies durch die mechanische Beanspruchung beim Vermahlen insgesamt eine höhere Stärkebeschädigung auf. Die Sorte RGT Reform hatte eine weichere Kornstruktur und wies eine geringere Stärkebeschädigung auf. Durch die Prallvermahlung wurden die Partikel der Mehle weiter zerkleinert. Dies konnte anhand der gemessenen Partikelgrößenverteilungen gezeigt werden. Durch die zusätzliche Stärkebeschädigung wurde die Wasseraufnahme der Mehle erhöht. Innerhalb einer Sorte hatte die Verwendung von Mehlen mit geschädigter Stärke nur einen geringen bzw. keinen Einfluss auf den Gesamtfettgehalt. Gebäcke aus Mehl der Sorte RGT Reform hatten insgesamt einen geringeren Fettgehalt als Gebäcke aus Mehl der Sorte Julius. Die Wahl der Weizensorte, aus der das Mehl für die Siedegebäcke hergestellt wurde, hatte einen entscheidenden Einfluss auf den Gesamtfettgehalt.

Block 2: Die prozentuale Zugabe von Additiven bezogen auf die Mehlmenge in der Basisrezeptur war begrenzt. Ein höherer Anteil der Additive führte zu einer übermäßigen Verdünnung des Kleberproteins im Mehl, wodurch der Teig nicht mehr optimal verarbeitbar war. Einige der bisher getesteten Rezepturvariationen ergaben Gebäcke mit tendenziell geringerem Gesamtfettgehalt. Der Gesamtfettgehalt einer handelsüblichen Backmischung (Premix) war signifikant höher im Vergleich zur Basisrezeptur. Ergebnisse von weiteren Versuchen stehen noch aus (Abbildung 2).

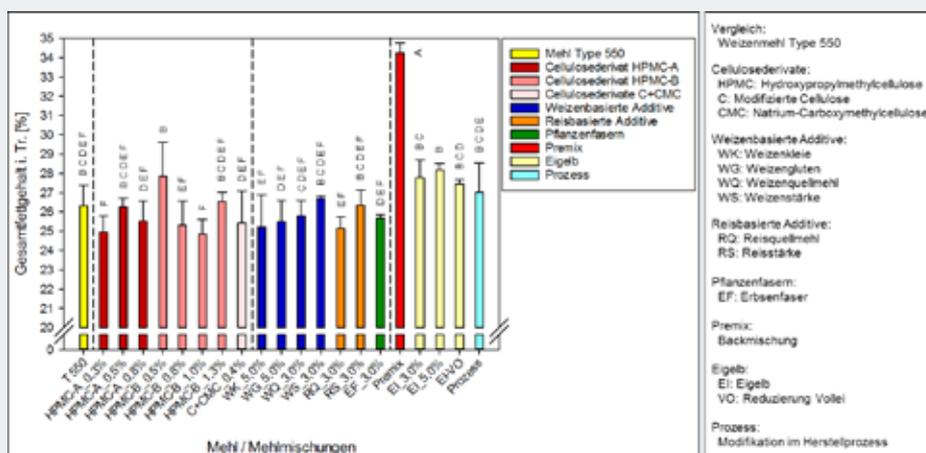


Abbildung 2: Gesamtfettgehalt in der Trockenmasse von „Berliner Pfannkuchen“, hergestellt unter Zugabe verschiedener Additive, Rezeptur- und Prozessmodifikationen; signifikante Unterschiede sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet ( $p < 0,05$ ).

Block 3: Zur Entwicklung möglicher Coating-Verfahren wurden zunächst die Löslichkeit und die Fließfähigkeit von verschiedenen Stärken und Cellulosederivaten untersucht. Eine Weizenstärke, eine Reisstärke und zwei Cellulosederivate wurden aufgrund ihrer guten Löslichkeit und der deutlichen Viskositätssteigerung der jeweiligen wässrigen Lösung für weitere Untersuchungen und Backversuche ausgewählt. Die Herstellung eines Teigmodells auf dem die Coating-Materialien aufgebracht und im kleinen Maßstab frittiert werden können, wurde entwickelt. Diese Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

### (Geplante) Verwertung

Die Einführung von fettreduzierten Siedegebäcken bringt sowohl für die Konsumenten als auch für die produzierenden Unternehmen Vorteile. Konkrete Empfehlungen können noch nicht gegeben werden, da aktuell noch weitere Versuche ausstehen. Die beschriebenen Methoden (Mehlmodifikation, Additive, Coating) können bei entsprechend positiven Ergebnissen im Produktionsablauf einfach implementiert werden.

**„Verbesserung der Erntequalität eines RMS-Steillagenvollernters durch Implementierung einer dem Ernteprozess unmittelbar nachgelagerten mechanischen Trenn- und Sortiertechnik mit Platzierung dieser Technik auf dem Trägerfahrzeug des RMS-TVE (Raupenmechanisierungssystem-Traubenvollernter)“**

**”Improvement of grape quality of the RMS-steep-slope-harvester through the implementation of a mechanical separation and sortation process immediately after harvest placed on the carrier of the RMS-TVE (Raupenmechanisierungssystem-Traubenvollernter)“**

**Projektlaufzeit**

08.12.2015 bis 31.12.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Matthias Porten, Dominik Weber

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Mosel (DLR), Bernkastel-Kues

**Verbundpartner**

Peter Hoffmann

Carl Hoffmann Landmaschinen Fachbetrieb GmbH, Piesport

## Kurzfassung

### Projektziel

Oberstes Ziel des Projektes ist die Sicherung einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Steil- und Terrassenlagen im qualitätsorientierten Weinbau durch eine Mechanisierung der Hauptarbeitspitze (Traubenlese), die den heutigen Qualitätsansprüchen einer Vollernterlese entsprechen. Eine dem Ernteprozess unmittelbar nachgeschaltete Trenn- und Sortiertechnik soll hierbei die Wirtschaftlichkeit des Steillagenweinbaus im Allgemeinen und die des Steillagenvollernters im Speziellen erhöhen und die Qualität des Lesegutes verbessern.

### Realisierung

Nach einer umfangreichen Klärung der Situation im Weinberg und der verfahrenstechnischen Abläufe während der Lese mit dem Steillagenvollernter durch das DLR Mosel, wurde in Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner Carl Hoffmann Landmaschinenfachbetrieb GmbH ein Pflichtenheft erarbeitet. Auf dieser Grundlage wurden mehrere Konzepte erdacht und nach fachlich bewährten Methoden bewertet und diskutiert. Zentrale Konstruktionsaufgabe ist die kardanische Lagerung der Abbeer- und Sortiertechnik, da die waagrechte Lage Voraussetzung für ein einwandfreies Sortierergebnis ist. Unabdingbar ist außerdem die Schaffung von Verzögerungsstrecken bzw. Zwischenbun-

ker für das Lesegut um eine gleichmäßige Beschickung der Abbeermaschine unabhängig vom Traubenvollernter gewährleisten zu können. Die gesamte Einheit kann nach der Lese an vier Ankerpunkten gelöst, vom Trägerfahrzeug abgenommen und zur Lagerung auf ein fahrbares Montagegestell montiert werden. Das Siegerkonzept, zu sehen als CAD-Konstruktion in Abbildung 1, wurde schließlich als Prototyp durch die Firma Hoffmann realisiert.



Abbildung 1: CAD-Konstruktion des Anhängerprototyps mit nachgelagerter, kardanisch aufgehängener Abbeermaschine und mechanischer Sortierung.

## Ergebnisse

Der Prototyp wurde erstmals während der Ernte 2017 getestet. Umfangreiche Versuche konnten durch die sich schon dem Ende zuneigende Saison nicht mehr durchgeführt werden, dennoch wurden wertvolle Erkenntnisse über die Funktion des Konzepts im Realbetrieb gewonnen. Zahlreiche Detailverbesserungen konnten auf dieser Grundlage geplant und umgesetzt werden.

Das grundsätzliche Prinzip der Kombination aus beweglichem und festem Zwischenbunker hat sich im Versuch bewährt. Die nebeneinander angeordneten Traubenbütten lassen sich unterbrechungsfrei und gleichmäßig füllen. Leere Bütten werden von Hand auf der linken Position des Büttenträgers platziert. In der mittleren Position erfolgt das Füllen der Bütte. An der rechten Position befindet sich eine Hebe- und Abladeeinrichtung, die die gefüllte Bütte an den Wegesrand ablädt. Anschließend können diese mit Hilfe von Front- oder Heckstapler aufgesammelt und für den Transport verladen werden. Die Bewegung der Bütten von links nach rechts auf dem Büttenträger erfolgt durch zwei hydraulisch angetriebene Kettenförderer, auf denen die Bütten stehen. Für den Fall, dass während einer Lese bestimmte Bereiche eines Weinberges nicht abbeert werden sollen, können Abbeermaschine und Sortiertisch als Einheit hydraulisch verschoben werden. In diesem Fall gleiten die Trauben entlang einer Rutsche in die Bütten. Diese Umstellung des Betriebsmodus benötigt nur wenige Minuten Zeit.



Abbildung 2: Abtransport von traubeneigenen Verunreinigungen direkt in den Weinberg.

### **(Geplante) Verwertung**

Durch die Verbesserung der arbeits- und betriebswirtschaftlichen Voraussetzungen, die durch das Anhängersystem mit Sortiereinheit erreicht werden, kann der RMS-TVE als eine Anbauvariante für das RMS in das nunmehr im Steilhang etablierte Mechanisierungssystem überführt werden. Im Anbaugebiet Mosel sind bereits über 95 RMS-Einheiten bei Privatwinzern oder Lohnunternehmen im Einsatz. In anderen deutschen Steilhanggebieten wird diese Technik nun auch breitflächiger eingeführt. Damit kann das Erntesystem in ein bestehendes Mechanisierungsumfeld übernommen werden, das auch im überbetrieblichen Einsatz Erfahrungen mit der Nutzung dieser Technik hat. Damit bestehen keine Barrieren bei der Einführung dieser neuen Technik. Im Gegenteil besteht sogar ein großes Interesse bei Lohnunternehmern, da hiermit ein komplettes Angebot zur Mechanisierung im Steilhang bestehen würde. Zusätzlich dient der Prototyp als Funktionsnachweis und Grundlage für die Weiterentwicklung zu einer leichteren und kleineren Anlage, die exakt auf die Erntekapazität des Traubenvollernters abgestimmt ist.



Abbildung 3: Die Anlage im Einsatz.

**„Entwicklung eines Präzisionsinjektionsgeräts zur Platzierung von granularem Dünger in Depotform (Depotdüngung)“**

**”Development of a precision injection device for positioning of granular fertilizer in the kind of a depot (Depot fertilization)“**

**Projektlaufzeit**

16.08.2016 bis 15.08.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Herr Frédéric Klein (Projektleitung)  
RAUCH Landmaschinenfabrik GmbH, Sinzheim

**Kurzfassung**

**Projektziel**

Ziel des Projekts ist es, eine seriennahe Konstruktion eines vollständigen Präzisionsinjektionsgeräts zu erstellen, um den Landwirten in Zukunft ein Gerät anbieten zu können, mit welchem sie die zukunftsweisende Depot-Technologie optimal und funktionssicher umsetzen können, um die Ressourcen Stickstoff, Phosphor und Energie effizient zu nutzen. Das Verfahren soll bei Körnermais eine N-Reduktion von bis zu 20 % gegenüber der konventionellen Düngung erlauben, ohne dabei Ertragseinbußen oder negative Aspekte auf die Pflanzenvitalität oder Ertragssicherheit zu verursachen.

Neben der Ressourceneffizienz soll zudem eine Anpassung an den Klimawandel möglich sein, um auf extreme Wetterverhältnisse, wie (Früh-)Sommertrockenheit und Starkregen, zeitlich flexibler reagieren zu können, indem auch der Düngungszeitpunkt flexibler gewählt werden kann. Darüber hinaus sollen verschärfte gesetzliche Anforderungen an die Düngung erfüllt werden können, um das Klima und die Gewässer zu schützen. Reduktionen von N-Überschüssen im Boden, von N-Emissionen in die Atmosphäre sowie Nitratauswaschungen ins Grundwasser sind daher weitere Ziele.

**Realisierung**

Für die Ablage des Düngerbandes in 18 bis 20 cm Tiefe in jeder zweiten Pflanzenzeilenreihe (zunächst bei Mais, siehe Abbildungen 1 und 2) mussten sowohl die Schar-einheit inkl. Schneidscheibe, Düngerkanal und hydraulischer Schar-druckerzeugung im Parallelogramm (siehe Abbildung 3), als auch der klappbare, StVZO-konforme Maschinenrahmen (siehe Abbildung 4) entwickelt werden. Für die Umsetzung der Technologie gibt es keine vergleichbare Maschine auf dem Markt. Sämtliche Geräte zur Unterflurdüngung weisen systembedingt einen starken Bodeneingriff auf (z.B. Zinkengrubber oder Hackgeräte) und erlauben maximal eine diffuse Düngerablage, welche große Kontaktflächen zwischen Dünger und Boden zurücklässt und somit Langzeitstabilität bzw. Effizienz negativ beeinflusst.

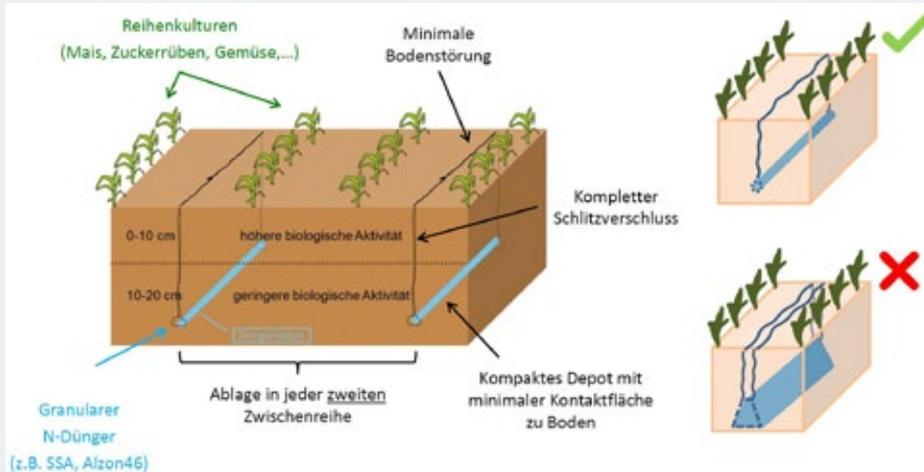


Abbildung 1: Schema der Düngeablage als Depot in jeder zweiten Zwischenreihe.



Abbildung 2: Düngeband in jeder zweiten Zwischenreihe bei Mais inkl. feiner Wurzeln um das Depot.

Eine Maschine umfasst 6 Scharenheiten und kann somit 9 m Arbeitsbreite (= 12 Maisreihen à 0,75 m Reihenabstand) abdecken. Im Frühjahr 2017 wurden insgesamt drei Klapprahmenmaschinen im Rauch-Prototypenbau gefertigt. Je eine Maschine wurde entsprechend der Projektplanung an den Standorten in Freiburg (Baden; hauptsächlich Pflanzenbauversuche) und Bergzow (Sachsen-Anhalt; hauptsächlich Dauertests und Verschleißversuche) zum Einsatz gebracht. Eine dritte Maschine wurde bei verschiedenen Landwirten im Elsass getestet.

Fokus bei den Testreihen waren neben den pflanzenbaulichen Ergebnissen v.a. die Minimierung des Zugkraftbedarfes und des Verschleißes sowie der Bodenstörung (inkl. vollständigem Schlitzverschluss). Hierzu wurden verschiedene Varianten der einzelnen Scharelemente, wie z.B. Schneidscheiben oder Andruckrollen sowie die patentierte Schlitzverschluss-Lösung getestet. Anhand der Ergebnisse des Versuchsjahres 2017 konnten Optimierungsansätze ermittelt werden, wodurch für die Düngesaison 2018 die Schareinheiten in diversen Details überarbeitet und komplett erneuert wurden (siehe Abbildung 5).



Abbildung 3: Injektionsschar Stand 2017 mit Schneidscheibe, Düngerkanal und V-Andruckrollen.



Abbildung 4: Depotdüngemaschine mit verschiedenen Andruckrollen-Varianten im Einsatz zur Maisdüngung im Frühjahr 2017 in Freiburg.



Abbildung 5: Optimierte Schareinheit für 2018 mit seitlichen Zustreifblechen am Düngerkanal (links) und Kette zur finalen Furchenglättung (rechts).

## Ergebnisse

Für das Versuchsjahr 2017 konnten neben den maschinenbaulichen auch pflanzenbauliche Ergebnisse gewonnen werden. Pflanzenbauliche Tests fanden in Baden auf 14 Flächen mit sehr variablen Bodenverhältnissen statt. Die Böden reichten von sandig schluffigem Löss-Lehm bis hin zu tonreichen Auenböden, sehr leichten humosen Mattenböden bis hin zu steinreichen Kolluvialböden und kiesigem Terrassenschotter der Rheinebene. Die Böden hatten sich früh erwärmt und die Wassersättigung hielt sich in Grenzen, so dass gute Bedingungen für das Wurzelwachstum des Mais und das „Erwachsen der Depots“ gegeben waren.

Auf sieben Praxisschlägen mit Körnermais wurde in der Anbausaison 2017 die Depotdüngung mit dem System der breitflächigen Stickstoffdüngung verglichen (siehe Abbildung 6). Dabei wurde die Düngermenge in der Depotdüngewariante mit ca. 130 kg N/ha

um 15 bis 20 Prozent gegenüber dem Düngerniveau nach der guten fachlichen Praxis mit breitflächiger Düngung reduziert (durchschnittlich 150 kg N/ha).



Abbildung 6: Maisbestand nach langer Trockenheit zu Beginn der Blüte mit deutlich höherer Grünfärbung in der depotgedüngten Variante (links: konventionell gedüngt 100 % N; rechts: depotgedüngt 80 % N).

Die Kornerträge der Parzellen mit Depotdüngung waren 2017 im Durchschnitt um beachtliche 8 Dezitonnen (+ 6 %) höher als bei breitflächiger Ausbringung (siehe Tabelle 1). Auf dem Schlag 2 mit den niedrigsten Bodenpunkten wurde sogar 15 Prozent mehr Korn gedroschen. Dies bestätigt die Erfahrungen mit einem einfachen Funktionsmodell in den zurückliegenden Jahren, wonach die Effizienzsteigerung der Depotdüngung umso größer ist, je ungünstiger die Witterungs- und Standortbedingungen sind. Die Depotdüngung führt zu einer größeren Ertragssicherheit als bei breitflächig ausgebrachtem Dünger. Die Tatsache, dass bei der Depotdüngung auch die letzte Randreihe noch die volle Düngermenge bekommt, ohne dass Verluste auf Wegen und Feldrändern entstehen, wirkte sich ebenfalls positiv auf die Maiserträge aus. Die Kornfeuchte beim Dreschen war nur geringfügig höher.

Die bessere Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs bedeutet zudem, dass weniger Stickstoffverluste in Form von Nitrat ins Grundwasser oder Emissionen in die Atmosphäre auftreten.

Tabelle 1: Ertragsleistung von Körnermais mit Depotdüngung im Systemvergleich auf Praxisschlägen in Südbaden 2017.

Körnermaiserträge mit Depotdüngung Ergebnisse der Praxisversuche in Baden 2017					
Schlag <sup>1)</sup> Nr.	Ackerzahl / Bodenart	Kornertrag dt/ha (86% TS)		Kornfeuchte %	
		Düngung breit <sup>2)</sup> 100 % N	Depotdüngung <sup>2)</sup> 80-85 % N	breit gedüngt	Depot gedüngt
1	AZ 80 / L3	127	136	30,1	29,9
2	AZ 70 / sL	123	142	22,6	22,1
3	AZ 87 / L-sL	146	154	22,6	23,5
4	AZ 84 / sL	135	141	23,6	24,0
5	AZ 84 / L	137	139	26,0	26,6
6	AZ 89 / L	112	120	24,1	25,4
7	AZ 80 / sL	123	130	24,8	24,8
<b>Mittelwerte</b>		<b>129</b>	<b>137</b>	<b>24,8</b>	<b>25,2</b>

<sup>1)</sup> Vorlage von 27 (1-3) bzw. 31 kg N/ha (4-7) mit Grunddüngung ;

Düngerform: Schlag 1-3 SSA (Domogran 45); Schlag 4-7 stabilisierter Harnstoff (Alzon 46)

<sup>2)</sup> Düngungsniveau nach amtlicher N-Bedarfsrechnung (LEL/LTZ Augustenberg, 2016)

### (Geplante) Verwertung

Durch die neue EU-Düngemittelverordnung sowie die zu erwartenden Erneuerungen selbiger sind mittel- und langfristig negative Auswirkungen auf den Absatzmarkt konventioneller Düngerstreuer zu befürchten. Standortangepasste Lösungen rücken in den Fokus und erfordern verschiedene und flexiblere Maschinenkonzepte. Die zu erwartenden Schwankungen in Teilbereichen des Marktes könnten durch ein breiteres Produktportfolio aufgefangen werden. Zudem erfordern ggf. gesetzliche Änderungen (z.B. Reduktion des Düngereinsatzes, engere Zeitfenster zur Ausbringung) die Entwicklung neuer Technologien. Gesellschaftliche Forderungen hinsichtlich klima- und umweltbelastender Emissionen wirken in gleicher Weise.

Nach Auswertung der Düngersaison 2018 und weiteren Marktanalyse möchte die Firma Rauch gegen Ende 2018 die Entscheidung fällen, ob und in welcher Form die Technologie zum Einsatz kommen wird. Es muss hierzu entschieden werden, ob die Schare absätzig mit eigenem Rahmen zum Einsatz kommen werden und/oder ob eine Kombinationsmöglichkeit zur Saatgutausbringung mit Einzelkornsämaschinen angeboten wird.

Das Verfahren der Depotdüngung wird im Umweltprogramm FAKT des Landes Baden-Württemberg bereits seit 2015 als freiwillige Maßnahme zum Gewässer- und Erosionsschutz gefördert. Sie kann praktisch in der gesamten Ackerbauregion der Rheinebene beantragt werden, außer in Problem- und Sanierungsgebieten. Eine erste wirtschaftliche Bewertung auf Basis des Durchschnittsertrages der untersuchten Praktikerflächen führt bei Inanspruchnahme der FAKT Maßnahme F2 und den erhobenen Lohnunternehmer-

kosten bei der Düngung zu Mehreinnahmen von ca. 170 EUR/ha im Vergleich zu den herkömmlich gedüngten Flächen auf denselben Schlägen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Ökonomische Betrachtung der Depotdüngung im Vergleich zur breitflächigen Düngung auf der Datenbasis von acht Praxis schlägen, 2017.

	<b>breit</b>	<b>Depot</b>
Ertrag dt/ha	129	137
Erlös EURO / ha (15 EURO /dt)	1.935	2.055
Stickstoffdüngerkosten EURO / ha *	-150	-130
Lohnunternehmer EURO / ha	-15	-45
<b>N-Kostenfreie Erlös EURO / ha <u>ohne</u> FAKT</b>	1.770	1.880
<b>Differenz EURO / ha</b>		<b>110</b>
FAKT F 2 EURO / ha	0	60
<b>N-Kostenfreie Erlös EURO / ha <u>mit</u> FAKT</b>	1.770	1.940
<b>Differenz EURO / ha</b>		<b>170</b>
<b>Differenz EURO / dt</b>		<b>1,24</b>
* 1 kg N = 1 EURO bewertet		

# Sektion 1: Sensor- und Managementsysteme in der Pflanzenproduktion

„Orchestrierung von Prozessketten für eine datengetriebene Ressourcenoptimierung in der Agrarwirtschaft und -technik (OPeRAte)“

“Orchestration of Process Chains for data-driven Resource Optimization in Agricultural Business and Engineering (OPeRAte)“

**Projektlaufzeit**

15.05.2016 bis 14.07.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Karl-Heinz Krudewig  
365FarmNet Group GmbH & Co. KG, Berlin

**Verbundpartner**

Andreas Möller  
ANEDO Ltd., Eydelstedt

Dr. Stefan Hinck  
FARMsystem Hinck & Kielhorn, Osnabrück

Dr. Henning Müller  
Kotte Landtechnik GmbH & Co. KG, Rieste

Prof. Dr. Heiko Tapken  
Hochschule Osnabrück, Ingenieurwissenschaften & Informatik, Osnabrück

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Nachfrage von Verfahren zur Steigerung der Flächen- und Arbeitsproduktivität wird in absehbarer Zukunft steigen. Das lässt sich auch durch die Aussage des ehemaligen Landvolkpräsidenten Hilse belegen, der in Zukunft nur noch mit 50 % der zurzeit bewirtschafteten Agrarfläche bei gleichbleibenden Ertragsbedarfs rechnet. Entwicklungen

wie Datendrehscheiben und das Schlagwort „Landtechnik 4.0“ (in Anlehnung an die Industrie) zeigen, dass die Landtechnik diesen Bedarf an Effizienzsteigerung erkannt hat, meist jedoch noch sehr statische Einzellösungen für jeweils eine Problemstellung anbietet. Die Zusammenarbeit in einem landwirtschaftlichen Prozess erfolgt andererseits dynamisch und fast ausschließlich mit unterschiedlichen Akteuren (Landwirt, Lohnunternehmer, usw.) und Maschinen (Traktoren, Anbaugeräte, usw.) in einer von äußeren Einflüssen stark beeinflussten Umgebung.

Genau diese Problemstellung von landwirtschaftlichen Prozessen sowie die Abstimmung zwischen voneinander abhängigen Teilprozessen hat sich das Forschungsvorhaben OPeRAte angenommen. Hierfür wurde folgendes Gesamtziel des Vorhabens definiert:

„Das Gesamtziel des Projektes ist es, Verfahren für ein integriertes, ressourceneffizientes Farmmanagement zu realisieren, das anwendungsübergreifend die Erstellung und Optimierung von Prozessketten, auch zwischen Betrieben, auf Geräte-, Daten- und Prozessebene unterstützt. Die wirtschaftliche Verwertung der prototypisch entwickelten Konzepte, Schnittstellen und Dienstmodule wird durch Weiterentwicklung zu Produkten und Diensten durch die beteiligten Unternehmen durchgeführt. Die wissenschaftliche Verwertung basiert auf der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse unter Führung der Hochschule Osnabrück.“

### **Realisierung**

Für die Realisierung des Gesamtziels entwickelt das Vorhaben Verfahren für die

- » dynamische Orchestrierung von komplexen Prozessketten durch die Verbindung einzelner Dienste (z. B. Berechnung einer Applikationskarte für den Schlag, Navigation des Güllewagens mit Schlagerkennung, Hinterherleitung der Güllezubringfahrzeuge, durchgehende Dokumentation aller Einzelschritte inkl. Nährstoffbilanzierung),
- » effiziente Datenanalyse von umfangreichen, heterogenen Datenquellen für die Echtzeit-Optimierung verteilter Prozesse unter Berücksichtigung des Datenschutzes und
- » automatisches Auffinden, Authentifizieren und Vernetzen der physischen Ressourcen (Geräte, Sensoren, Aktoren, Daten-Server, etc.).

Die Abbildung 1 zeigt die in OPeRAte festgelegte Struktur der Kernkomponenten. Als unterste Ebene werden die einzelnen landwirtschaftlichen Geräte dynamisch eingebunden und miteinander vernetzt. Die Datenebene sammelt die im Prozess entstehenden Daten und reichert sie mit Informationen aus externen Datenquellen an. Basierend auf dieser integrierten Datenebene arbeitet die Prozessebene. Hier wird die Orchestrierung der landwirtschaftlichen Prozesse umgesetzt, ein Prozessmanagement steuert/verfolgt die Prozessbearbeitung. Alle Ebenen zusammengefasst optimieren letztendlich die Ressourceneffizienz. Die für den Anwender notwendige Konfiguration und Visualisierung

erfolgt über eine Anbindung an Dienstbieterplattformen, wie z. B. online Farm-Management-Plattformen (Datendrehscheiben).

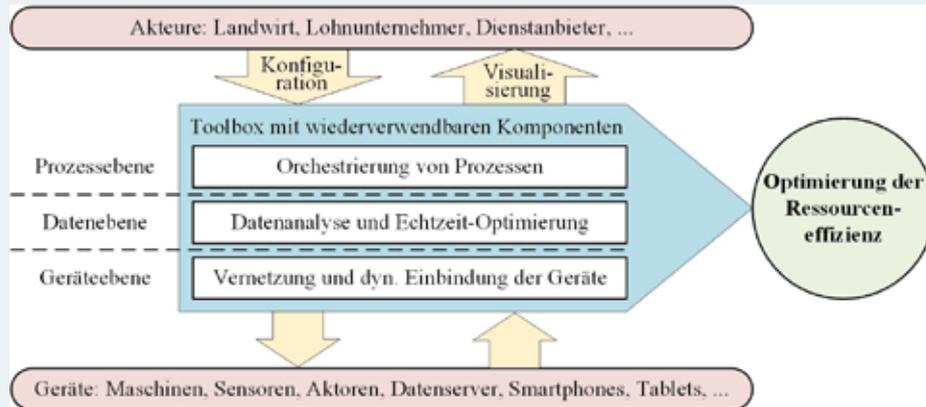


Abbildung 1: Basiskonzept des Vorhabens.

## Ergebnisse

Zur Modellierung von kooperativen Agrarprozessen setzt OPeRate auf die Beschreibungssprache BPMN (Business Process Model and Notation), die vielfach für Geschäftsprozesse eingesetzt wird. Mit der BPMN können Prozessexperten (z. B. Landwirte) ihren Prozess graphisch beschreiben. Abbildung 2 veranschaulicht ein BPMN-Beispiel zur Ausbringung von Flüssigmist, bei dem verschiedene Subprozesse miteinander verbunden wurden.

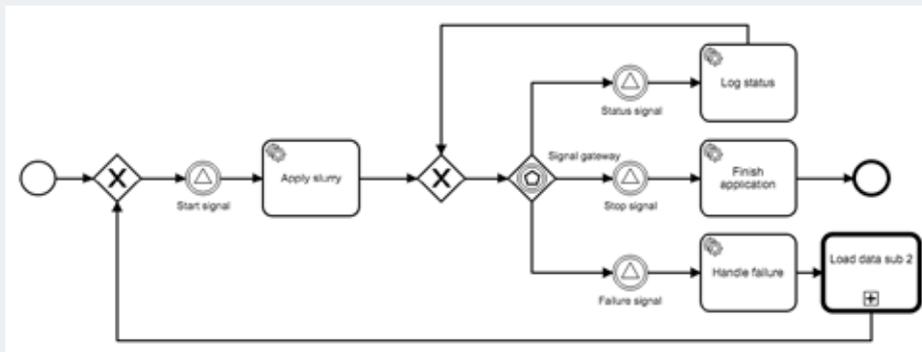


Abbildung 2: In BPMN beschriebener Prozess zur Ausbringung von Flüssigmist.

Für die technische Ausgestaltung der BPMN-Prozesse sind IT-Experten verantwortlich, wobei sie nicht auf die Nutzung bestimmter Technologien angewiesen sind. Weiterhin erlaubt die BPMN beliebige Hierarchiestufen zur Kapselung und Wiederverwendung von Prozessen. Eine vollständige Abbildung eines landwirtschaftlichen Betriebs ist dadurch realisierbar, ebenso wie die Wiederverwendung von entworfenen Modulen in ähnlichen Prozessen. Die Interna eines Prozesses bleiben zudem dem jeweiligen Akteur vorbehalten, seine Geschäftsgeheimnisse sind entsprechend geschützt. Zur Ausführung von BPMN-Prozessen bieten sich kostenfreie, kostenpflichtige und selbst erstellte

Softwarelösungen an. OPeRAte nutzt zur prototypischen Umsetzung die Open-Source-Variante der Software „Camunda BPM“.

Die Steuerung von kooperativen Prozessen unterteilt OPeRAte in verschiedene Ebenen (siehe Abbildung 3). Die Ebenen erlauben neben zielgerichteten Arbeitsanweisungen die Nutzung von geeigneten Technologien und Formaten. So können kooperative Steuerungsanweisungen mit BPMN modelliert werden, Anweisungen für Maschinen aber in der maschinenlesbaren ISOXML. Für die Kommunikation von und mit Maschinen wird in OPeRAte MQTT verwendet. Ein dafür entworfenes Konzept definiert eine MQTT-Themenstruktur, um alle Teilnehmer eines Prozesses sicher in die Kommunikation einzubinden. Eine Übersetzung von MQTT-Nachrichten in BPMN-Signale sorgt zusätzlich dafür, dass Daten zwischen Maschinen- und steuernder, kooperativer Ebene (z. B. im JSON Format) ausgetauscht werden können.

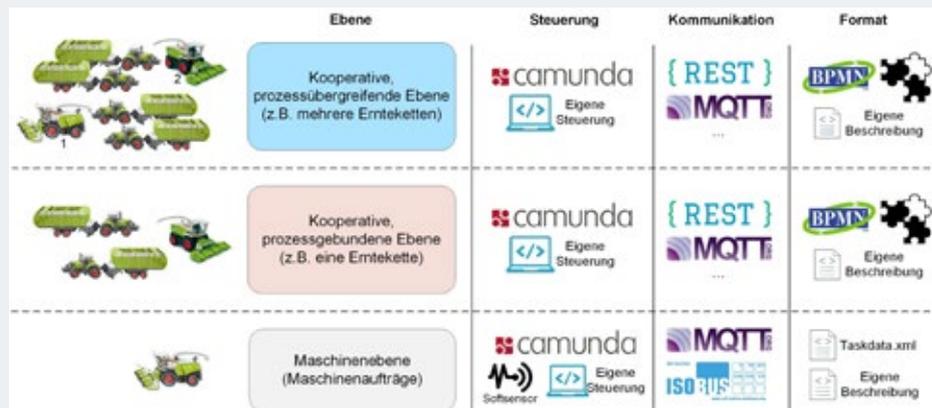


Abbildung 3: OPeRAte-Ebenen zur Steuerung von kooperativen Agrarprozessen.

Als Datenbasis ist ein Data Lake für teilflächenspezifische (Prozess-)Daten mit zahlreichen Konnektoren zu externen Datenquellen wie historisiertes und aktuelles Wetter, Bodenart etc. entstanden. Grundlage bildet das landtechnische ISOXML-Format, da in diesem Format die meisten prozessrelevanten Informationen für die Maschine hinterlegt sind. Daten werden mittels einer Lambda-Architektur automatisch bestehenden Daten (z. B. Teilschlägen) zugeordnet, um sofort für eine algorithmische Erstellung von Applikationskarten zur Verfügung zu stehen. Kontinuierliche Statusinformationen (wie z. B. Sensordaten der Maschinen) ergänzen die Datenbasis. Für einen schnellen Überblick über die Daten wird ein Data Warehouse mit Datenwürfeln bereitgestellt.

#### (Geplante) Verwertung

Im Rahmen der bisherigen prototypischen Umsetzung ist ein neuer Güllewagen entstanden, der sich durch seine technische Umsetzung deutlich von aktuellen Modellen absetzt. Der Güllewagen erfüllt alle technischen Voraussetzungen für die kooperative Prozesssteuerung mit teilflächenspezifischer Ausbringung. Die technische Anbindung der Maschine an die im Projekt entwickelten Prozesssteuerung erfolgt mittels ISOBUS-Terminal. Hier ist ein Softwaremodul als Cloudanbindung zum Datenaustausch

zwischen Maschine und Prozessteuerung entstanden. Dieses Modul ermöglicht auch die Anbindung anderer online Plattformen. Die durchgängige Steuerung von landwirtschaftlichen Prozessen ist nun von der Planung, über die Ausführung bis zur Dokumentation möglich. In Zukunft sollen auftretende Dynamiken automatisiert in diesen Ablauf mit eingebunden werden.

**„Methoden und Technologien zur Unterstützung einer vorausschauenden Planung und Steuerung kooperativer landwirtschaftlicher Prozesse am Beispiel der Silomaisernte (prospective.HARVEST)“**

**“Methods and technologies to support a predictive planning and control of cooperative agricultural processes using the example of silo maize harvesting (prospective.HARVEST)“**

**Projektlaufzeit**

01.08.2016 bis 30.11.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Max Reinecke

CLAAS E-Systems KGaA mbH & Co KG, Dissen a.T.W.

**Verbundpartner**

CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH, Harsewinkel

green spin GmbH, Würzburg

365FarmNet Group GmbH & Co KG, Berlin

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Osnabrück

Hochschule Bochum, Bochum

52°North GmbH, Münster

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Projekts prospective.HARVEST ([www.prospectiveharvest.de](http://www.prospectiveharvest.de)) ist die Entwicklung und Erprobung einer prototypischen Informationsinfrastruktur zur Optimierung der Verfahrenskette „Silomaisernte“. Mithilfe von Prognosedaten soll durch vorausschauendes Verhalten der Betriebsmitteleinsatz minimiert sowie die Ressourcen- und Energieeffizienz gesteigert werden.

Satellitengestützte Prognosedaten, wie Abreife-, Ertrags- und Befahrbarkeitsinformationen werden für eine (teil-) automatisierte Planung der Erntekampagne genutzt, um eine optimale Schlagreihenfolge und eine angepasste Ressourcenauswahl zu bestimmen (siehe Abbildung 1). Hierzu wird der Logistikprozess zwischen Erntemaschinen, Transportfahrzeugen und Verdichterfahrzeug basierend auf satellitengestützten Ertragsprognosedaten vorausschauend gesteuert. Die Fahrrouen der Maschinen werden dabei opti-

miert und so aufeinander abgestimmt, dass Leerfahrten und Stillstandzeiten minimiert werden. Die Prognosedaten werden auch zur vorausschauend optimalen Einstellung der Erntemaschinen genutzt, so dass diese ressourceneffizienter geregelt und somit ein höherer Automatisierungsgrad erreicht werden kann.



Abbildung 1: Projektziele.

## Realisierung

prospective.HARVEST basiert auf Geodaten wie zum Beispiel Satellitenbild-, Wetter- und Bodendaten und Höhenmodellen, die zumeist frei verfügbar sind (siehe Abbildung 2). Hieraus erzeugt eine Geo-Prozessierung aufgrund spezieller Pflanze-Boden-Modelle Prognosedaten wie Abreife-, Ertrags- und Befahrbarkeitsinformationen und stellt diese in Form von Diensten über eine zentrale Plattform bereit. Die Plattform ermöglicht auf dieser Grundlage eine teilautomatische Vorplanung der Erntekampagne mithilfe mathematischer Optimierungsverfahren unter Berücksichtigung von Abreifegrad, prognostizierten Erträgen und Entfernungen.

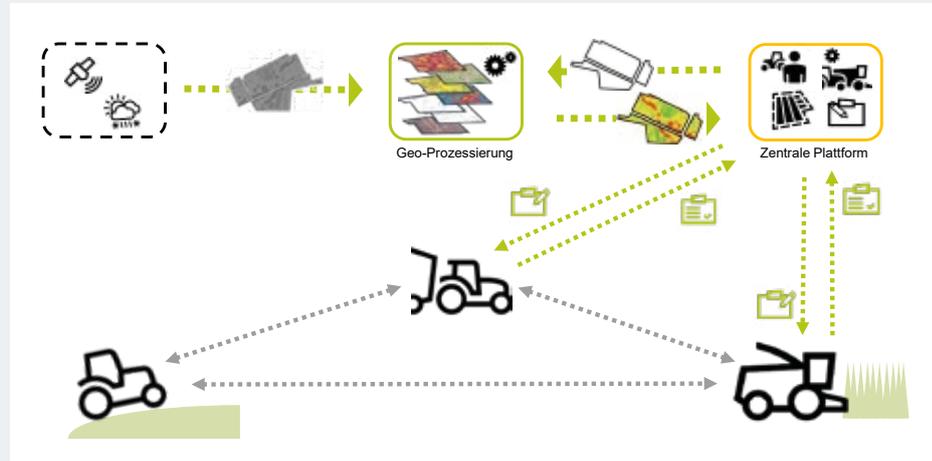


Abbildung 2: Komponenten und Informationsflüsse.

Auf Basis der erzeugten Tageskampagnen, welche die Schlagreihenfolge und die benötigten Ressourcen beinhalten, wird die Erntekette am Einsatztag gesteuert. Hierfür sind die Maschinen untereinander und mit der Plattform vernetzt, um Pläne auszutauschen, Zustände zu übermitteln und auf Planabweichungen reagieren zu können. Sowohl der Disponent als auch die Fahrer können über Benutzerschnittstellen auf das System zugreifen. Sie sind so jederzeit über den Erntefortschritt informiert, erhalten Aufgaben und können steuernd eingreifen. Weiterhin wird die Fahrgeschwindigkeit der Erntemaschine auf Basis der Ertragsprognosekarte vorausschauend an das Ertragsniveau angepasst.

### Ergebnisse

Nach der Hälfte der Projektlaufzeit ist die Anforderungsanalyse abgeschlossen und mit Hilfe von User Stories, Systemfunktionen und Flussdiagrammen der Systementwurf des prospective.HARVEST Ecosystem erstellt worden (siehe Abbildung 3). Die Basisinfrastruktur wurde unter Verwendung von Open Source Software implementiert. Die Fachdienste wie der Schlagarbeitsrechner wurden spezifiziert und bereits teilweise implementiert. Im nächsten Schritt wird die Implementierung der Fachdienste finalisiert und diese werden an die Basisinfrastruktur angebunden.

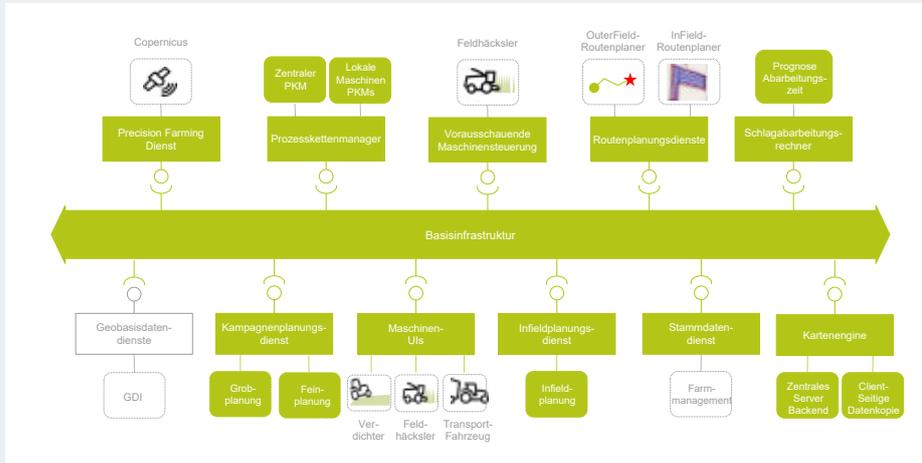


Abbildung 3: prospective.HARVEST Ecosystem.

Erste Kundenbefragungen auf der Grünen Woche ergaben ein weitgehend positives Feedback. Es wurden erste Feldtests mit einem Betreiber einer Biogasanlage mit 940 ha Silomais über 30 Erntetage durchgeführt. Hierbei wurden Fahrrouten aufgezeichnet und der Prozess beobachtet. An fünf Erntetagen wurden mit einem eigenen Feldhäcksler zusätzliche Daten wie Maschinenparameter vom CAN-Bus aufgezeichnet. Mithilfe dieser Datengrundlage soll das System für Feldtests in 2018 vorbereitet werden. Die erfassten Daten wurden weiterhin genutzt, um in einer Simulationsumgebung die vorausschauende Maschinensteuerung zu konfigurieren und zu testen. Es wurden erste Prototypen zur Prognose von Erntezeitpunkten und Ertragskarten für Silomais generiert. Mithilfe der aufgezeichneten Daten konnte eine Abweichung zwischen den realen und den prognostizierten Erntezeitpunkten von wenigen Tagen nachgewiesen werden, bei den prognostizierten Ertragswerten zeigte sich noch eine Überschätzung um bis zu 20 %.

### (Geplante) Verwertung

CLAAS plant zum einen den Dienst zur dynamischen Steuerung der Prozesskette als Erweiterung bestehender Systeme wie TELEMATICS und FLEET VIEW serienreif zu entwickeln und zu vermarkten. Die Erntemaschinen sollen mit optionalen Vorrüstungen wie einem Kommunikationsmodul mit Anbindung an eine Infrastruktur zum Zugriff auf georeferenzierte Daten und der vorausschauenden Erntemaschinensteuerung konfiguriert werden können. Weiterhin ist es denkbar, einen Nachrüstsatz für Bestandsmaschinen anzubieten.

Das modular aufgebaute Farmmanagementsystem von 365FarmNet bietet bereits Module zur Planung und Dokumentation von landwirtschaftlichen Tätigkeiten. Neue Module aus dem Projekt können die Anbindung von Abreife- bzw. Biomasse-Karten für die Ermittlung des optimalen Erntezeitpunktes, und die Vorplanung der Erntekampagne umfassen.

green spin entwickelt im Rahmen von prospective.HARVEST Dienste zur Optimierung des Silomais-Ernteprozesses. Dazu gehören Informationen zu Abreife, Biomasse, Ernteertrag, Bodenfeuchte und Befahrbarkeit. Diese prototypischen Produkte sollen anschließend in einem weiteren Schritt in verschiedene Endprodukte integriert oder zu Endprodukten weiterentwickelt werden.

52°North plant die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse in die jeweiligen Standardisierungsgremien wie OGC, ISO, W3C, GDI-DE einzubringen. Weiterhin sollen die im Projekt weiterentwickelten Open Source Lösungen von 52°North in weiterführenden Projekten nachgenutzt werden.

Das DFKI steht im genannten Rahmen seiner Verwertungsstrategie als gemeinnützige Forschungseinrichtung den Wirtschaftspartner CLAAS, 365FarmNet und green spin als Partner bei einer wirtschaftlichen Ergebnisverwertung zur Verfügung. Die Hochschule Bochum plant durch ihre wissenschaftliche Publikations- und Konferenztätigkeit das Forschungsprofil des Labors für Geoinformatik im Kontext interoperabler Geoinformationsinfrastrukturen weiter zu stärken und damit die Forschungsreputation der Hochschule zu fördern.

**„Big Data im landwirtschaftlichen Prozess innovativ nutzen (BiDa-LAP)“**
**“Using Big Data in the agricultural production in an innovative way (BiDa-LAP)“**
**Projektlaufzeit**

15.04.2016 bis 14.04.2019

**Projektkoordinator, Institution**

 Dr. Martin Schneider  
 Agricon GmbH, Ostrau

**Verbundpartner**

LogicWay GmbH, Schwerin

Technische Universität Dresden, Professur für Agrarsystemtechnik, Dresden

 Technische Universität Berlin, FG Konstruktion von Maschinensystemen,  
 Berlin

## Kurzfassung

### Projektziel

Big Data kann seinen Nutzen dort entfalten, wo Informationen aus unterschiedlichen Quellen und Sichten in neue Kontexte gebracht werden und dadurch neue Zusammenhänge hergestellt werden können. Das Projekt BiDa-LAP stellt daher Informationskanäle von allen für Feld- und Flurarbeiten relevanten Datenquellen bis zum zentralen Datenbestand her und liefert umgekehrt direkt vor Ort übergreifende Informationen und Entscheidungsunterstützung. Das Projekt hat die Entwicklung, Inbetriebnahme und den Probetrieb eines elektronischen Infrastruktursystems, bestehend aus einer Plattformarchitektur und mobilen Datenloggern mit der Möglichkeit zur Interaktion zu smarten Endgeräten zum Gegenstand. Die Entwicklung steht zukünftig Landwirtschaftsbetrieben und Dienstleistungsunternehmen als operatives und strategisches Entscheidungsunterstützungssystem zur Verfügung. Hierfür sollen historische (beispielsweise aus vorangehenden Anbauperioden) wie auch aktuell erfasste Daten genutzt werden. Dem Nutzer sollen dabei organisatorische (z.B. prognostizierte Restarbeitszeit einer Maschine auf einem Feld), technische (z.B. Verbrauchsdaten, Auslastung einer Maschine), ökonomische (z.B. Gesamtkosten eines Arbeitsverfahrens in Abhängigkeit von der gewählten Arbeitsbreite), agronomische (z.B. Schadverdichtung oder Humusbilanzierung) und Nachhaltigkeits-Indikatoren (z.B. CO<sub>2</sub> Emissionen eines Produktionsverfahrens) zur Entscheidungsfindung angeboten werden. Dazu ist unter anderem geplant, eine Bewirtschaftungsmusterdatenbank aufzubauen, worin Betriebsgrenzen übergreifend entsprechende Parameter von Arbeitsmaschinen erfasst werden. Basierend darauf sollen

zukünftig Szenarien zum Einsatz unterschiedlicher Maschinenkonfigurationen möglich sein. Hierdurch sollen Entscheidungshilfen zur Auswahl der optimalen Arbeitsbreite oder zur Konfiguration der Maschinenleistungskapazitäten eines Landwirtschaftsbetriebes ex ante gegeben werden. Wiederum Betriebsgrenzen übergreifend soll es möglich sein, dass Nutzer ex post ein Benchmarking zur Effizienz des Maschineneinsatzes durchführen können. Aspekte des Datenschutzes sind hierzu zwingend während der gesamten Projektlaufzeit bei der Entwicklung des Systems zu berücksichtigen.

### Realisierung

Im Projekt wird ein Kommunikationsmodul entwickelt, das in den Arbeitsmaschinen verbaut und an den CAN Bus angeschlossen wird. Darüber hinaus erfasst das Kommunikationsmodul neben aktueller Position und Geschwindigkeit verschiedene Maschinenparameter wie Motordrehzahl, Kraftstoffverbrauch Arbeitsstellung, etc. Über eine Schnittstelle zu Mobilgeräten können diese Daten über eine Eingabemaske, beispielsweise auf dem Smartphone, mit weiteren Informationen, beispielsweise zum ausgebrachten Produkt, den Namen des Maschinenführers, angereichert werden. Die erfassten Daten werden über eine verschlüsselte Verbindung zum BiDa-LAP Server übertragen. Dabei ist das Modul an verschiedene CAN-Datenformate unterschiedlicher Landtechnikhersteller anpassbar. Bei der gesamten Projektrealisierung steht im Vordergrund, ein System zu entwickeln, welches landmaschinenherstellerunabhängig einsetzbar ist.

Die Kommunikationsmodule werden im Rahmen der Projektlaufzeit auf einem großen Landwirtschaftsbetrieb in Sachsen in der Praxis getestet. Für ausgewählte Verfahrensabschnitte (z.B. Gülleausbringung mit Transport zum Feld, Silomais häckseln) werden alle am Prozess beteiligte Maschinen mit einem Kommunikationsmodul ausgerüstet. Die aufgezeichneten Daten stehen dem Projekt zur weiteren Auswertung zur Verfügung.

Die von dem Modul erfassten Daten laufen über die im Projekt entwickelte Infrastruktur und können über verschiedene Auswertungs- und Präsentationsplattformen konsumiert werden. Um den am Prozess beteiligten Akteuren Echtzeitinformationen anzuzeigen, kann mittels mobilem Gerät und Internetverfügbarkeit auf einen NATS- (Open Source Messaging System) Server zugegriffen werden, der über ein MQTT-Protokoll Positionsdaten in Echtzeit empfängt, weiterverarbeitet und auf der Grundlage von OpenStreet-Map zur Anzeige bringt.

Neben den Echtzeitinformationen werden die erfassten Daten im Datenmanagementsystem agriPORT akkumuliert, automatisiert ausgewertet und dem jeweiligen Kunden bzw. Endnutzer präsentiert. Dazu wird über den „Maßnahmenservice“ eine automatisierte Zuordnung zum bearbeiteten Schlag erzeugt, die aufgrund von vielfältigen Klassifikationsparametern (z.B. Geschwindigkeit, Arbeitsbreite, etc.) einen Buchungsvorschlag für den Nutzer erzeugt. Durch Bestätigung oder Korrektur des Nutzers soll das Vorschlagsystem fortlaufend optimiert werden. Im Anschluss daran stehen die Informationen für vielfältige Auswertungsziele zur Verfügung und sollen auch Betriebsgrenzen übergrei-

fend nach Zustimmung des Dateneigentümers (=Landwirt) zum Benchmarking angeboten werden.

### **Ergebnisse**

Entsprechend der Projektplanung konnten bereits erste Versionen des Datenloggers unter Praxisbedingungen getestet werden. Das Kommunikationsmodul erfährt während der Projektlaufzeit eine kontinuierliche Weiterentwicklung.

Mittlerweile stehen erfasste Daten aus verschiedenen Zeiträumen der Auswertung zur Verfügung.

Weiterhin ist die Entwicklung von Auswertungsalgorithmen entsprechend der Projektplanung fortgeschritten, sodass mit der Implementierung in agriPORT begonnen wurde. Dazu zählen Filterungs- und Bereinigungsmechanismen, die die ankommenden Daten nach verschiedenen Kriterien korrigieren und anschließend in einzelne Maßnahmen einteilen. Diese Maßnahmen werden hinsichtlich ihrer Effizienz und Prozessparameter ausgewertet. Bezüglich der Effizienz werden u.a. gefahrene Routen, Auslastung der Maschine, Steh-/Pausenzeiten sowie die Überlappung der Spur im Feld betrachtet. Zur optimalen Auswertung der Prozessparameter wird die Art der Maßnahme automatisch mittels eines Machine-Learning-Ansatzes ermittelt. Anschließend wird, je nach Art, z.B. die Arbeitszeit pro Stunde, die ausgebrachte Menge einer Ressource oder die abtransportierte Masse automatisch ermittelt. Die Auswertungen sollen im weiteren Lauf des Projektes auch zur Entscheidungsunterstützung bei zukünftigen Arbeiten dienen.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Ergebnisse des Projektes sollen auf wissenschaftlicher- und wirtschaftlicher Ebene verwertet werden. Zu Ersterer zählen Veröffentlichungen und Teilnahmen an Tagungen. Die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit des Projektes in Form einer Weiterentwicklung in Richtung der Bereitstellung von Produktpässen für Erzeugnisse der landwirtschaftlichen Primärproduktion wurde bereits aufgegriffen.

Hinsichtlich der wirtschaftlichen Verwertung ist es geplant, nach Projektabschluss in den Vertrieb der Kommunikationsmodule einzusteigen. Dies kann in Form von Einmalzahlungen oder in Form von Mietmodellen erfolgen. Zusätzlich sollen Zugänge zum Datenauswertungssystem in Form eines Lizenzmodells vertrieben werden.

**„Smarte Daten, Smarte Dienste. Landwirtschaftliche Datendrehscheibe für effiziente ressourcenschonende Prozesse“**

**“Smart Data, Smart Services. Agricultural data hub for efficient, resource-saving processes“**

**Projektlaufzeit**

20.06.2017 bis 19.06.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Jan Horstmann

Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH & Co. KG, Spelle

**Verbundpartner**

DKE-Data GmbH & Co. KG, Osnabrück

Competence Center ISOBUS (CCI) e.V., Osnabrück

Hochschule Osnabrück, Osnabrück

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH,  
Kaiserslautern

Müller Elektronik GmbH & Co. KG, Salzkotten

AGCO GmbH, Marktoberdorf

Same Deutz-Fahr Deutschland GmbH, Lauingen

Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, Damme

Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH & Co. KG, Spelle

## Kurzfassung

### Projektziel

Der einzig erfolgversprechende Weg zur weiteren Optimierung landwirtschaftlicher Produktionsprozesse besteht in der integrierten und zielgerichteten Nutzung vielfältiger detailliert erhobener Daten und deren Auswertung zur effektiven Beratungs-, Entscheidungs- und Steuerungsinformationen. Nur durch das kontext- und anwendungsadäquate Datenmanagement, „Smarte Daten“ und darauf aufsetzenden „Smarten Diensten“ ist eine weitere Produktionsverbesserung bei gleichzeitiger Ressourcenschonung möglich.

Alle Hersteller, die mit ihren Produkten am landwirtschaftlichen Produktionsprozess beteiligt sind, haben erkannt, dass Produktionsverbesserungen, Ressourcenminimierung und Rückverfolgbarkeit von Ernteprodukten durch Smarte Daten und Smarte Dienste erreicht werden können. Insbesondere die Landwirte und Lohnunternehmer leiden unter mangelnden Datenflüssen zwischen Insellösungen. Angesichts der Vielfalt der gerade von zahlreichen klein- und mittelständischer Dienstleistern und Herstellern von Landtechnik verantworteten hochspezialisierten Lösungen ist für einen erfolgversprechenden Übergang zu besseren informationsgestützten Entscheidungshilfen eine optimale, auch herstellerübergreifende Konnektivität der IT-Lösungen, Daten und Dienste zwingend erforderlich. Dies ist heute am Markt nicht zu finden.

### **Realisierung**

Das Projekt SDS D realisiert eine landwirtschaftliche Datendrehscheibe mit ausgewählten Diensten. Gleichzeitig werden offene Strukturen und eine Entwicklungsumgebung angeboten, um weiteren Dienste-Anbieter die Möglichkeit zu geben, Mehrwertdienste zu entwickeln und direkt an den Kundenkreis zu liefern.

Der Begriff SDS D bezeichnet ein offenes Ökosystem mehrerer Software-Komponenten, die hersteller- und diensteübergreifenden Datenaustausch und Datenauswertung ermöglichen und durch Offenheit für alle Interessierten eine rasche und vielfältige Weiterentwicklung, strikte Neutralität und breite Anwendung garantiert. Durch die Kombination aus Infrastruktur und Diensten entsteht ein leistungsfähiges, flexibles und nachhaltig einsetzbares Projektergebnis.

### **Ergebnisse**

Dieses offene Ökosystem umfasst die technische Basis „Landwirtschaftliche Datendrehscheibe“. Diese besteht aus Datenhaltung, Datenbankstruktur, den Implementierungen der elementaren funktionalen Datenformate, Schnittstellendefinitionen und IT-Dienste, die einen übergreifenden, für beliebige landwirtschaftliche Prozesse adaptierbaren Datenaustausch erlauben. Sie wird ergänzt durch wiederverwendbare Module und Referenzimplementierungen für exemplarische Dienste und Interaktionskomponenten, die den Aufbau individueller, kompatibler Lösungen erleichtern. Gleichzeitig werden ausgewählte Basis-Dienste implementiert, die eine klare Ausrichtung zur Unterstützung landwirtschaftlicher Arbeitsprozesse rund um Maschinen umfasst.

Die dokumentierten Vorgehensweisen, die organisatorischen Strukturen sowie die Entscheidungsprozesse und die Software-Werkzeuge, um die Basis „Landwirtschaftliche Datendrehscheibe“ zu erweitern und externen Entwicklern den Zugang zu ermöglichen. SDS D realisiert die neutralen Grundlagen für ein herstellerübergreifendes Datenmanagement und die Anbindung mobiler Lösungen, Telemetrie-Systeme und betrieblicher FMIS.

Die Infrastruktur und die Basisdienste von SDSD bieten hier die Grundlage, um umfangreiche Dienste zur Optimierung der Einzelaufgabenstellungen bereitstellen zu können.

SDSD trägt maßgeblich zum effizienten Umgang mit natürlichen Ressourcen bei. Big Data kombiniert mit moderner leistungsfähiger Infrastruktur leisten wertvolle Beiträge zur Optimierung der landwirtschaftlichen Logistik, der Minimierung des Pflanzenschutzmittel-Einsatzes, der Optimierung von Dünge-Vorgängen bis hin zur Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit in der Produktion von Erntegut und Nahrungsmitteln.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Projektpartner haben eine hohe Kompetenz in spezifischen und klar abgegrenzten landwirtschaftlichen Einsatzbereichen. Die Partner können jedoch nicht, wie z.B. amerikanische Großunternehmen, Milliardenbeträge für herstellereinspezifische Insellösungen aufwenden, insbesondere da die deutschen und europäischen Kunden offene, neutrale und herstellerunabhängige Lösungen erwarten. Diese große Kompetenz der Partner sowie die gemeinsam breite Überdeckung aller Anforderungen des Marktes sichern zurzeit den weltweiten wirtschaftlichen Erfolg der deutschen Hersteller landwirtschaftlicher Lösungen. Wie eingangs dargestellt, werden die deutschen Hersteller zunehmend durch Monopolisten in ihrer Existenz bedroht. Diese vertreiben proprietäre Schnittstellenlösungen mit ihrem weitreichenden Produktportfolio – womit letztendlich die für Deutschland und Westeuropa typischen, kleineren Spezialanbieter wegen fehlender Anschlussmöglichkeiten vom Markt gedrängt werden. Die Konsortialpartner von SDSD treten dieser Entwicklung entgegen, indem sie einen de facto Standard für Daten- und Wissensaustausch umsetzen. Durch seine offen und erweiterbar angelegten Schnittstellen und Implementierungen kann dieser von allen Marktteilnehmern verwendet werden. Durch SDSD wird den beteiligten und assoziierten Partnern sowie weiteren innovativen Marktteilnehmern die Chancen zur Teilnahme am Markt erhalten oder eröffnet.

Die SDSD-Ergebnisse werden die Projektteilnehmer die Projektergebnisse in ihre neuen Maschinen- und Softwaregenerationen einfließen lassen. Ergänzend ist die Kopplung bestehender Systeme und Dienste geplant. Durch die Offenheit, Neutralität, umfangreiche Schnittstellen und die Entwicklungsumgebung stellt SDSD eine attraktive Basis zur Entwicklung landwirtschaftlicher Dienste dar. Die Nachrüstung bestehender Technik soll im Rahmen des Projekts über die Einbindung von mobilen Endgeräten, wie Smartphones und Tablets, gelöst werden. Die dadurch herstellerübergreifend sichergestellte Interoperabilität ist ein entscheidendes Argument für potentielle Kunden, nicht auf die Lösungen großer Monopolisten zurückzugreifen. Mittelfristig wird eine Sicherung des Marktzugangs für die Projektpartner angestrebt. Weiterhin können zukünftig erhebliche Aufwände bei der Entwicklung individueller Schnittstellen zu anderen Maschinen und anderer Software eingespart werden. Diese stehen dann zur Entwicklung neuer innovativer Produkte und Dienstleistungen zu Verfügung, mit denen weitere Marktanteile gesichert und ausgebaut werden können. Durch die gebotene Vernetzung, Kombination und Anreicherung der landwirtschaftlichen Daten werden wertvolle Informationen

gewonnen, um den Ressourceneinsatz in der Landwirtschaft zu reduzieren und die Erntemengen zu maximieren.

Im Rahmen des Unternehmens DKE-Data werden die erzielten Projektergebnisse gepflegt, betrieben und umfangreich weiterentwickelt. Die nachhaltige Nutzung der Ergebnisse ist somit gesichert. Neben dem Angebot der entwickelten Dienste sorgt die DKE-Data für den langfristigen Ausbau und Betrieb der zu erarbeitenden Plattform und der zugrunde liegenden Infrastruktur.

**„Verbesserung der Ressourceneffizienz im Weinbau durch teilautomatisierte Erfassung und Bewertung von Umweltindikatoren (ResWein)“**

**“Improvement of the resource efficiency by means of partly automated acquisition and evaluation of environmental indicators (ResWine)”**

**Projektlaufzeit**

01.09.2016 bis 30.04.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Gerhard Roller

Technische Hochschule Bingen, Hermann Hoepke Institut, Bingen

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Hans-Christian Rodrian

Technische Hochschule Bingen, Kompetenzzentrum Innovative Informationssysteme, Bingen

Alexander Becker

Weingut Becker, Malsch

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Projekt verfolgt das Ziel, die Ressourceneffizienz im Weinbau durch eine geodaten- und softwarebasierte Erfassung von Umweltauswirkungen und ihre Bewertung durch Umweltindikatoren zu erhöhen. Die Technische Hochschule Bingen bearbeitet das Vorhaben in Zusammenarbeit mit Weinbaubetrieben, dem Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR-RNH), Datenschutzexperten und Maschinenbauerherstellern.

Das System wird es den Anwendern ermöglichen, ein umfassendes Material-, Energie- und Stoffstrommanagement aufzubauen sowie die Treibhausgasemissionen entlang der Wertschöpfungskette zu bewerten. Darüber hinaus werden der Einsatz eines Resistenzenmanagements sowie die Erstellung einer betriebs- und flächenbezogenen Nährstoffbilanzierung unterstützt. Die Systemmodule werden in Form einer Softwarearchitektur verankert. Es werden eine SmartphoneApp zur mobilen Datenerfassung, eine lokale Anwendung für den Betrieb, sowie eine zentrale Server-Komponente für überbetriebliche Auswertungen und Beratung realisiert. Die Software bietet Winzern darüber hinaus die Möglichkeit, schnell und effizient die erforderlichen Daten zur Erfüllung von rechtlich gebotenen Dokumentationspflichten zu erfassen.

## Realisierung

Auf Basis eines durch das Hermann Hoepke Institut (HHI) der TH-Bingen entwickelten Kriterienkataloges erfolgt in einem ersten Arbeitsschritt die Identifikation geeigneter Umweltaspekte und -indikatoren. Die Grundlage zur Erfassung der weinbauspezifischen Arbeitsgänge im Weinberg bilden die in der mobilen App hinterlegten Karten sowie die hinterlegten Flurstücke bzw. Schläge des Winzers (siehe Abbildung 1).

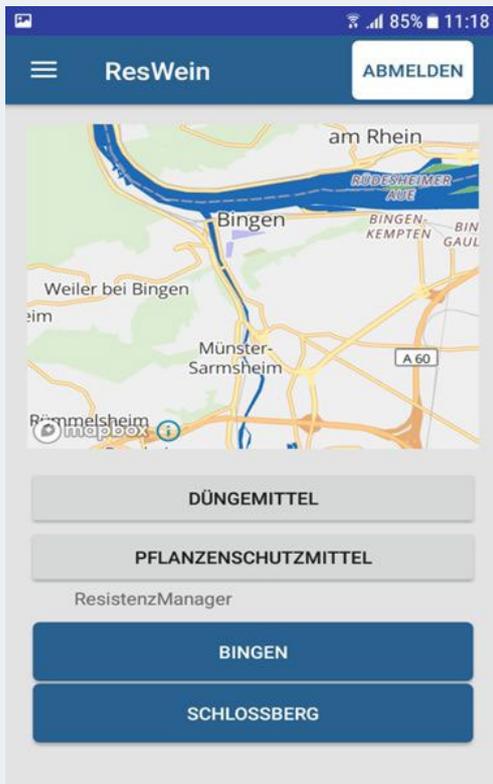


Abbildung 1: Kartenansicht der mobilen App.

Die Erfassung und Zuordnung von Arbeiten pro Fläche erfolgt teilautomatisiert, indem auf Basis der GPS-Informationen des mobilen Gerätes oder der GPS-Daten eines gekoppelten externen (präziseren) GPS-Gerätes eine automatische Zuordnung von Arbeitsgängen und -zeiten der bearbeiteten Fläche erfolgt. Sowohl in der App als auch am stationären PC des Winzers können weitere Informationen zum betrieblichen Material-, Wasser- und Energieeinsatz ergänzt werden.

Bei der Gestaltung der Software steht eine möglichst einfache Bedienung und somit eine Gestaltung nach Usability-Gesichtspunkten im Mittelpunkt. Die betriebliche Datenerhaltung erfolgt vorrangig auf dem stationären PC des Betriebes. Hierdurch wird die Datenhoheit des Winzers gesichert.

Innerbetriebliche Auswertungen ermöglichen den Betrieben eine umfassende Übersicht der erfassten Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Durch die einheitliche Datenerfassung ist der Aufbau eines anonymisierten betriebsübergreifenden Rankings auf Grundlage der durch das System generierten Durchschnittsverbrauchsdaten (Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, Kraftstoffe, Frischwasser, elektr. Energie) realisierbar (siehe Abbildung 2).

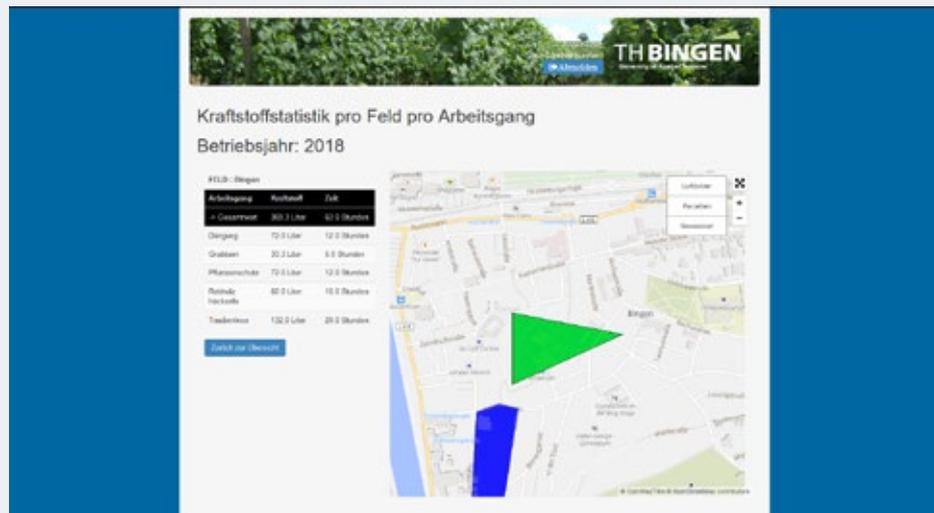


Abbildung 2: Innerbetriebliche Systemauswertung, Kraftstoffstatistik.

Bei Teilnahme am überbetrieblichen Benchmarking liefert der Winzer, unter Beachtung datenschutzrechtlicher Anforderungen, anonymisierte Daten an den entsprechenden Server und erhält dafür im Gegenzug Zugriff auf vom Server generierte Kennzahlen. Der betriebsübergreifende Vergleich kann eine wichtige Motivation zur kontinuierlichen Verbesserung für den Winzer darstellen.

Ein Modul für die Experten-Beratung auf Basis der von Winzern bereitgestellten anonymisierten Daten lässt sich von regionalen Weinbaufachberatern nutzen, um u.a. Clusteranalysen durchzuführen, beispielsweise nach:

- » Standortbedingungen (z. B. Direktzug- oder Steillagen)
- » Bewirtschaftungssystemen (z.B. ökologisch oder konventionell)
- » Vermarktungsformen (z.B. Flaschen- oder Fassweilvermarktung).

Aus den Clusteranalysen der Experten-Auswertung können die regionalen Fachberater fundierte Betriebs- und Systemvergleiche ableiten, die die Grundlage für zielgerichtete Handlungsempfehlungen liefern.

Die Nutzung des Systems ist unabhängig von der eingesetzten Maschinenart und setzt nicht die Anschaffung zusätzlicher technischer Vorrichtungen voraus.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse des Projektes lassen sich in folgende vermarktungsfähige Produkte und Dienstleistungen zusammenfassen:

1. Die Anwendung ResWein „basic“ beinhaltet eine weinbauspezifische Auswertung für die Winzer und besteht aus der App + betrieblicher Erfassungssoftware + innerbetriebliche Auswertung auf dem PC.
2. In der Variante ResWein „plus“ erhalten die Winzer die Zusatzfunktion einer überbetrieblichen Datenauswertung von Kernaspekten. Voraussetzung hierfür ist, dass sie ihrerseits anonymisierte Daten für das System bereitstellen.
3. In der Variante ResWein „expert“ werden Daten für die Fachberatung zur Verfügung gestellt. Diese Variante bezieht Beratung und Dienstleister mit ein.

Zum Systemtest wird die durch das HHI entwickelte Anwenderplattform [www.nachhaltiger-weinbau.net](http://www.nachhaltiger-weinbau.net) dienen. Die Plattform trägt zur Qualitätssicherung des Systems bei und erhöht zudem die Akzeptanz zum späteren Einsatz des elektronischen Werkzeuges, was insbesondere für die angestrebte Vermarktung des Produkts eine unerlässliche Voraussetzung darstellt.

## (Geplante) Verwertung

Die wissenschaftlichen und technischen Erfolgsaussichten sind als sehr gut einzuschätzen. Aufgrund der breiten Unterstützung relevanter Akteure aus dem Weinbaubereich ist gewährleistet, dass eine praxisnahe und auf die Bedürfnisse der Nutzer ausgerichtete Anwendung entwickelt wird, die ein wissenschaftlich hohes Niveau erfüllt.

Über das Projektende hinaus sollen die Pflege, die Vermarktung und der Support des Systems möglichst durch die Übernahme einer privatrechtlichen Struktur gewährleistet sein. Alternativ käme für eine langfristige Vermarktung des Systems grundsätzlich auch die Kooperation mit einem bereits auf dem Markt vorhandenen Maschinenhersteller in Betracht.

Das HHI verfügt über ein weinbauliches Kommunikationsnetzwerk, das sich umfassend mit den Anforderungen im Bereich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Weinbaubetrieben auseinandersetzt. ResWein bildet für die Betriebe im Rahmen der Berichterstattung zukünftig ein wertvolles Instrument im Bereich der quantitativen Datenerhebung.

**„Steuerung und Optimierung der Ernte und Lagerung beim Apfel mittels datenbasierter Prognosemodelle zur Verbesserung der Fruchtqualität und Minimierung von Lagerverlusten (BigApple)“**

**“Management and optimization of apple harvesting and storage by means of data based prognosis models to enhance fruit quality and reduce storage losses (BigApple)“**

**Projektlaufzeit**

11.05.2016 bis 10.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Roy McCormick

Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee, Ravensburg

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Stefan Streif

Technische Universität Chemnitz, Professur Regelungstechnik und Systemdynamik, Chemnitz

Dr. René Michels

CUBERT GmbH, Ulm

Axel Dittus

INOVEL Systeme AG, Friedrichshafen

Gerhard Thinnes

Salem-Frucht Großmarkt GmbH, Salem

## Kurzfassung

### Projektziel

Für die Fruchtentwicklung, das Wachstum, die Reife und Lagerfähigkeit von Äpfeln sind die Witterungsbedingungen in Verbindung mit Baum- und Bewirtschaftungsfaktoren von entscheidender Bedeutung. Diese Faktoren können von Jahr zu Jahr stark variieren und interagieren in einer Art und Weise, die bisher nur in Teilen verstanden ist. Die Entscheidungen über den optimalen Zeitpunkt der Ernte von Äpfeln oder die geeigneten Lagerbedingungen nach der Ernte sind bisher immer noch mit größeren Unsicherheiten behaftet. Auch bei Einsatz fortschrittlicher Bewirtschaftungs- und Lagermethoden treten nach Schätzungen für die wichtigsten Apfel- und Birnensorten von der Ernte bis zum Verbraucher ca. 13 % Verluste auf. In der deutschen Apfelindustrie kam es beispielsweise 2016/17 zu erheblichen Verlusten durch innere Fruchtfleischbräune durch zu späte Ernte und durch Fehler bei der Lagerung und Vermarktung.

Das Projekt „BigApple“ hat zum Ziel, mittels zerstörungsfreier Sensoren und Big Data-Methoden ein verbessertes Management der Ernte und Lagerung für Äpfel zu entwickeln, um dadurch den Qualitäts- und Mengenverlust der gelagerten Früchte zu reduzieren.

### **Realisierung**

Wetterbedingungen sowie Wachstums- und Fruchtungsverhalten der Bäume werden im Projekt mit zerstörungsfreien Technologien erfasst und gemessen. Die Wetter- und Sensordaten werden in einer Datenbank abgelegt, auf die alle Projektpartner Zugriff haben.

Zur Bestimmung des Fruchtwachstums kommen beim „BigApple“-Projekt digitale Schieblehren in Verbindung mit internetfähigen Smartphones zum Einsatz. Mobile vis / NIR (visible / near infra-red; sichtbares / nahes Infrarot) Hand-Spektrometer (400 bis 1100 nm) erfassen Veränderungen der Pflanzenpigmente in der Fruchtschale (Chlorophyll, Anthocyane und Xanthophylle). Zusätzlich werden Änderungen der Kohlenhydrate (Zucker und Trockensubstanzgehalt) im Fruchtwachstum aus den Spektraldaten errechnet. Eines der wichtigsten Parameter für die Lagerstabilität der Äpfel sind der Fruchtbehang bzw. das Blatt-Frucht-Verhältnis der Bäume. Diese sollen mittels Hyperspektral-Kamera erfasst werden, was sich bisher als schwierig erwiesen hat. Bessere Ergebnisse sind nach ersten Messungen durch den Einsatz eines LiDAR-Sensors (Light Detection and Ranging) zur Bestimmung von Baumkronenvolumina und Blattflächen zu erwarten - weitere Entwicklungsarbeit ist jedoch noch erforderlich. Eine schematische Darstellung des Projektkonzepts ist in der Abbildung 1 zu sehen.

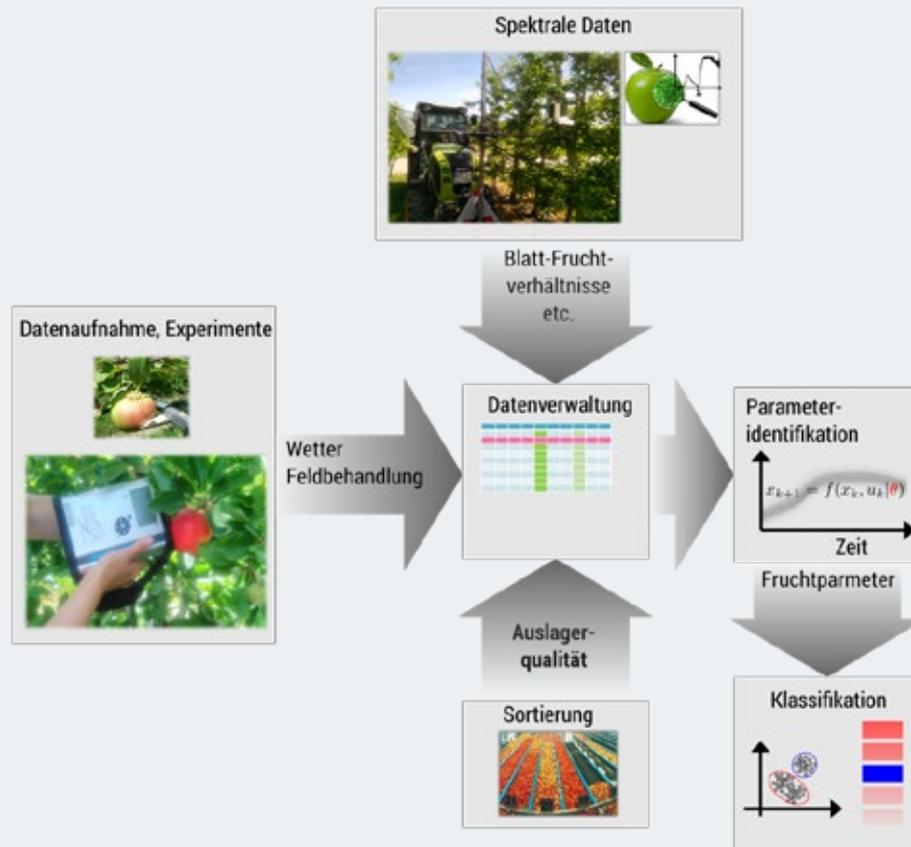


Abbildung 1: Flussdiagramm des BigApple-Konzepts.

Die „BigApple“-Projektgruppe in Chemnitz entwickelt neue Ansätze zur Modellierung der Fruchtentwicklung und Reife der Äpfel, basierend auf der Analyse verschiedener Wetterfaktoren und zerstörungsfreier Sensor-Zeitreihendaten während der Fruchtentwicklung in der Obstanlage. Modelle zum Verlauf verschiedener Apfelparameter, wie zum Beispiel Farbpigmente oder Brix, werden durch Parameteridentifikationsmethoden erhalten. Die interne Bräunungsvorhersage wird wiederum durch eine Klassifikationsmethode vorgenommen. Eine Echtzeit-Vorhersage der internen Fruchtfleisch-Bräunung ist unter bestimmten Bedingungen möglich. Hierfür müssen genügend Daten für die Klassifizierung verfügbar sein oder der Klassifikator muss die Fähigkeit besitzen, Vorhersagen aus fragmentarischen / unvollständigen Daten zu erzeugen. Interne Bräunungsvorhersagen können dann sofort für den Landwirt verfügbar gemacht werden.

## Ergebnisse

In BigApple wurden zerstörungsfreie Sensoren zur Erfassung relevanter Veränderungen des Wachstums und der Entwicklung der Äpfel am Baum in Echtzeit eingesetzt und die erfassten Daten in die Datenbank eingespeist. Des Weiteren wurden erste Fruchtentwicklungsmodelle und Klassifikationsmethoden zur Vorhersage der Fruchtqualität entworfen, welche einen völlig neuen Ansatz zur Bestimmung von Erntedaten und Lagerbedingungen darstellen. Obwohl bisher nur einjährige Daten verfügbar waren, sind die ersten Prognoseergebnisse zum Zeitpunkt des Schreibens deutlich besser als zufällig. Die Modellvalidierung wird nach Auswertung weiterer Versuchsjahre fortgesetzt. Wegen der großen Variabilität der jährlichen Wetterbedingungen sind weitere Versuchsjahre über die Projektlaufzeit hinaus erforderlich. Neue Felddaten sollen helfen, den Einfluss der Temperatur auf die Fruchtentwicklung während der Zellteilung nach der Blüte und der Vorerntephase besser zu verstehen. Außerdem müssen weitere Versuchsdaten den kritischen Einfluss des Fruchtbehangs auf die Haltbarkeit der Äpfel bei der Lagerung bestätigen. Für die Erntesaison 2017 hat eine große Obstvermarktungsgruppe im Obstanbaugebiet Bodensee ihre Ernteerfordernisse dahingehend geändert, dass alle für CA-Lager vorgesehenen Früchte auf der Basis der Fruchtbehangdichte sortiert werden. Diese Änderung der Geschäftspraxis soll das Risiko von Fruchtverlusten bei der Lagerung reduzieren und ist eine direkte Folge des Projekts.

Die in diesem Projekt u.a. prognostizierten Fruchtfleischverbräunungen entwickeln sich im Inneren des Apfels und sind von außen nicht sichtbar. Einige zerstörungsfreie Technologien wie Reflexionsspektrometer und Hyperspektralkameras liefern nur bedingt Informationen über biologische/physiologische Fruchtprozesse, die für die Vorhersage der Fruchtqualität und der Haltbarkeit der Äpfel im Lager verwendet werden können. Aus diesem Grund wurde ein neues Projekt (finanziert von Aif, ZIM) zwischen dem KOB, Universität Ulm und zwei weiteren kommerziellen Partnern initiiert, um ein neues Handspektrometer zur Erkennung von internen Eigenschaften des Apfelfewebes zu entwickeln.

## (Geplante) Verwertung

Die wichtigste technologische Entwicklung und das Ergebnis dieses Projekts ist die Entwicklung und Validierung einer völlig neuen Modellierungs- und Vorhersagemethodik für den Apfelanbau und die -lagerung. Das geistige Eigentum und das zugehörige Datenbankmanagementsystem sind für kommerzielle Gruppen außerhalb der Kernprojektgruppe von besonderem Interesse. Zumindest haben ein großes Handelsunternehmen und mehrere Obstmarketinggruppen bereits starkes Interesse an weiteren Entwicklungen und dem Zugang zu dieser Technologie bekundet.

Die Firma CUBERT strebt nach Abschluss des Vorhabens 2019 eine schnelle wirtschaftliche Verwertung des entwickelten Kameratyps an. Ein wesentlicher Mehrwert des neuen Systems wird durch die Auswertesoftware bereitgestellt, welche eine automatische Ableitung obstbaulicher Parameter ermöglichen soll. Durch Anpassung des Kameratyps

und der Auswertesoftware ist eine Vermarktung in weiteren Bereichen der Land- und der Forstwirtschaft geplant.

**„Entwicklung eines sensorgestützten Steuerungssystems für die ressourcenschonende Irrigation von Feld- und Fruchtgemüse auf der Basis der Nahbereichsphotogrammetrie (PLANTSENS)“**

**“Sensor supported control system for the resource preserving irrigation of field and fruit vegetables by means of close range photogrammetry (PLANTSENS)“**

**Projektlaufzeit**

01.06.2017 bis 31.05.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Markus Richter

Beuth Hochschule für Technik Berlin, Fachbereich V - Life Sciences and Technology, Berlin

Prof. Dr. Matthias Möller

Beuth Hochschule für Technik Berlin, Fachbereich III - Bauingenieur- und Geoinformationswesen, Berlin

**Verbundpartner**

Dirk Bormann

Rabo R. Bormann & Sohn, Rabenau-Lübau

Klaus-Dieter Heiland

Innotas Produktions GmbH, Zittau

## Kurzfassung

### Projektziel

Wasser gehört zu den essentiellen Ressourcen bei der Produktion von Obst und Gemüse. Wachstum und Ertrag sowie Qualität und Gesunderhaltung von Pflanzen stehen in direktem Zusammenhang mit der Wasserverfügbarkeit. Die Produktion im geschützten Anbau, aber auch bei zunehmend längeren niederschlagsarmen Phasen im Jahresverlauf im Freiland, ist von zusätzlicher Bewässerung abhängig. Diese sollte dem Bedarf der Pflanzen entsprechend wohldosiert zugeführt werden, um Auswaschungsverluste von Nährstoffen zu verhindern, eine Salzanreicherung im Grundwasser zu vermeiden und Wasser als lebensnotwendige Ressource einzusparen.

Ziel ist die Entwicklung eines innovativen, pflanzenbasierten, kameragestützten Steuerungssystems für die Irrigation von Feld- und Fruchtgemüse. Teilziel ist die Erforschung der Möglichkeiten, Bilddaten optischer Infrarot (IR)-Kamerasysteme zur Bestimmung des Crop Water Stress Indexes in Kombination mit Bilddaten von SWIR-Sensoren zur

photogrammetrischen Bestimmung des Wasserstatus einzusetzen, um die Irrigation bedarfs- und umweltgerecht effizient steuern zu können.

### **Realisierung**

Der Crop Water Stress Index (CWSI) wird als geeignet angesehen, um den Wasserzustand von Pflanzen zu bestimmen (JONES und SCHOFIELD 2008). Um den CWSI operationell zu verwenden, müssen Grenzwerte für minimale und maximale Blatttemperaturen unter gegebenen klimatischen Bedingungen ermittelt werden, wofür aktuell keine für die Praxis geeigneten Verfahren vorliegen. Hier wird ein neues Messverfahren erforscht. Reflexionsmessungen im kurzwelligen Infrarotbereich werden aktuell in der Nahbereichsphotogrammetrie nicht eingesetzt, haben sich aber in Vorversuchen als geeignet erwiesen, um den Wasserzustand von Pflanzen zu bestimmen. Beide Messverfahren sollen in einer photogrammetrischen Apparatur kombiniert werden, die auf unterschiedlichen Kamerasystemen zur Erfassung der elektromagnetischen Ausstrahlung (Emission) und Reflexion in den verschiedenen Wellenlängenbereichen basiert. Dabei stellt die Georeferenzierung zur Bestimmung der Position der Pflanzen und die Übertragung großer Bilddatenmengen über lange Strecken per Funk eine wissenschaftliche Herausforderung dar.

Die ersten Messungen finden im Gewächshaus an einer Tomatenkultur statt, um die photogrammetrische Apparatur zu prüfen und die Möglichkeiten der Wassergehaltsbestimmung auf kurzen Entfernungen zu evaluieren. Das Sensorsystem wird dazu an Schienen- und unmanned aerial vehicle-Trägersysteme angepasst und die Entwicklung der photogrammetrischen Steuerungssoftware vorgenommen. Anschließend folgt die Feinjustierung, die Programmierung der Auswerte- und Kontrollsoftware sowie die Erfassung georeferenzierter Bilddaten. Wesentlich ist die Erforschung der Datenfernübertragungstechnik, um große Datenmengen über lange Wegstrecken im Freiland und unter Glas zu übertragen. Weiterhin findet ein Testbetrieb mit Datenprozessierung, analyse und Ansteuerung der Irrigation sowie wissenschaftlicher Auswertung im Labor statt.

### **Ergebnisse**

Die Prüfung und Definition der Systemkomponenten für die photogrammetrische Apparatur wurde abgeschlossen. Die Untersuchungen zu einer Kombination von VIS-Digitalkamera zur Zielflächenerkennung (siehe Abbildung 1), IR-Wärmebildkamera zur Oberflächentemperaturmessung und SWIR-Kamera für den kurzwelligen Infrarotbereich zur Ermittlung der Reflexionsintensität in Strahlungsbereichen, die durch das Wasser im Pflanzengewebe absorbiert werden, führten zu einer geeigneten Konfiguration, um multispektrale Aufnahmen von den Pflanzenbeständen machen zu können.

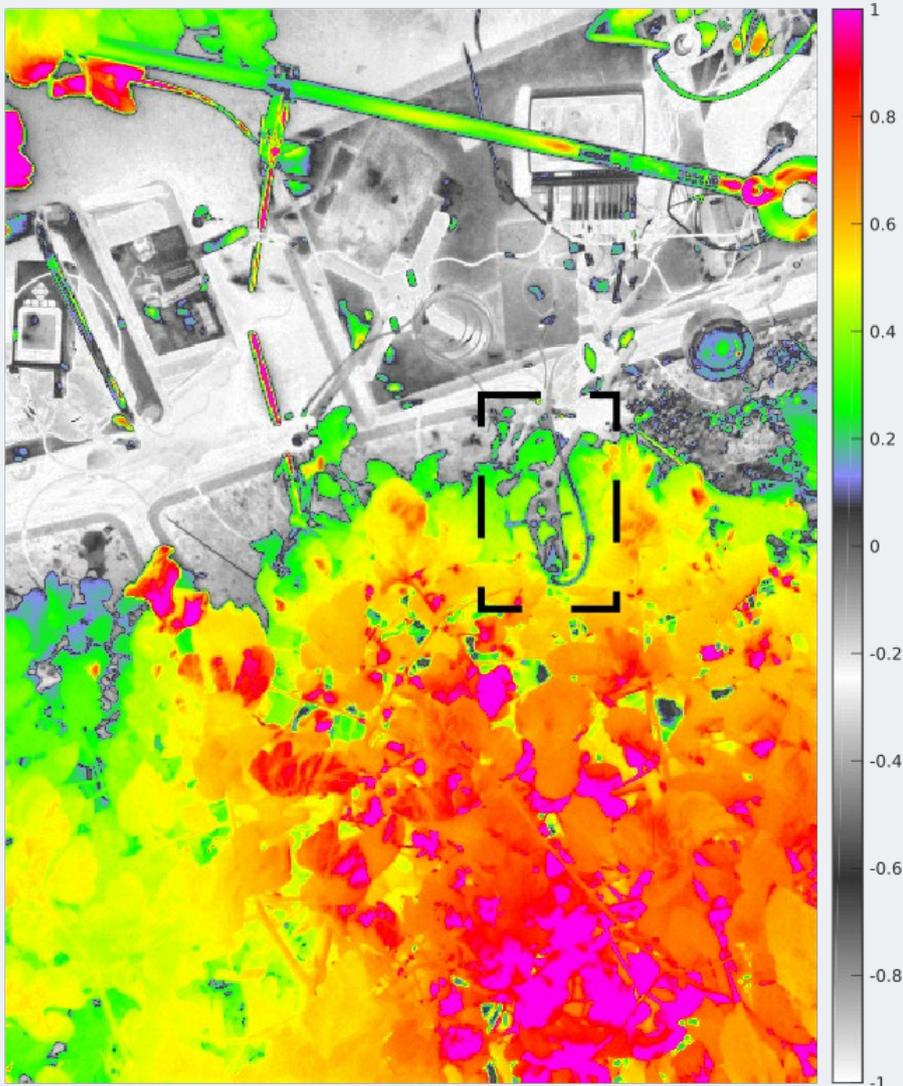


Abbildung 1: Zielflächenerkennung mit Hilfe der VIS-Digitalkamera, wobei der IR-Filter entfernt wurde, und mit dem CMOS-Chip auch Nahinfrarotbereiche berücksichtigt werden können, um einen erweiterten NDVI-Index zu berechnen, mit dem man Bildbereiche, die Pflanzen darstellen, herausfiltern kann. Die Skala rechts stellt den NDVI-Index dar. Alle Werte größer 1 weisen auf aktive Photosynthese hin.

Die Systemkomponenten wurden zu einem vorläufigen Labor-Funktionsmuster zusammengefügt, das zunächst hängend an einem Schienensystem über den Pflanzenbestand bewegt werden kann. Parallel mit der Konfiguration der Systemkomponenten wurde eine Softwarearchitektur zur Verknüpfung der Hardwarekomponenten erstellt. Ebenfalls gehörte die Ermittlung der Bilddatenstruktur dazu, um diese für die Forschungsarbeit zur Datenfernübertragung zur Verfügung zu stellen.

In Tomatenbeständen unter Glas fanden erste Messungen mit dem multispektralen Kamerasystem statt, um die Systemkonfiguration zu prüfen. Zusätzlich fanden Messun-

gen in Bezug auf Klima-, Pflanzentemperatur und Wassergehalt an einzelnen Tomatenpflanzen in Abhängigkeit vom Wasserversorgungszustand statt, um den Einsatz verschiedener Messsensoren zur Ermittlung der Temperaturgrenzwerte als Grundlage für die CWSI-Bestimmung zu erforschen. Erste Ergebnisse zeigen hohe Korrelationen der Messdaten mit tatsächlich gemessenen Temperaturgrenzwerten an Einzelblättern.

#### **(Geplante) Verwertung**

Das photogrammetrische Messsystem für die berührungslose Nahbereichsbestimmung des Wasserstatus der Nutzpflanzen in Verbindung mit der Steuerung für ein Bewässerungssystem soll im Nachgang der Projektdurchführung in einen Prototypen und ein vermarktbare Produkt überführt werden.

Die Hochschule sieht außerordentliche Möglichkeiten, bereits während der Projektlaufzeit Projekt- und Abschlussarbeiten an Studierende der Studiengänge Gartenbauliche Phytotechnologie sowie Geodäsie und Geoinformatik zu vergeben. Die Ergebnisse können kurzfristig direkt in die Lehre einfließen und so über zukünftige Absolventen der Studiengänge in die Praxis Eingang finden.

Sollte sich die Bestimmung der Temperaturgrenzwerte für die CWSI-Bestimmung mit Sensoren des Mikroklimas als geeignet erweisen, wird diese Möglichkeit der Anwendung des CWSI zur Wasserstatusbestimmung erneuten Aufschwung in der Forschung bringen. Ebenso würde die Reflektometrie im SWIR-Strahlungsbereich zum ersten Mal zur Fernbestimmung des Wassergehaltes in Pflanzengewebe anwendbar sein.

Im Anschluss an das Vorhaben steht die Vermarktung innerhalb des Marktsegments des Gemüsebaus im Vordergrund. Eine Erhöhung der Erträge im ökologischen, aber auch konventionellen Gemüsebau durch Präzisionsirrigation von Freiland- und Unterglas-kulturen wird angestrebt. Ziele im ökologischen Gemüsebau sind die Annäherung der Erträge an den konventionellen Anbau sowie eine Erhöhung der Konkurrenzfähigkeit regionaler Produzenten gegenüber Importprodukten. Des Weiteren die Reduzierung des Wasser- und Flächenverbrauchs bezogen auf die produzierten Mengen und damit die Stärkung der Nachhaltigkeit.

Weitere Einsatzmöglichkeiten im Obstbau, Baumschulbereich, Zierpflanzenbau und im urbanen Bereich werden geprüft.

JONES, H. G. und P. SCHOFIELD (2008): Thermal and other remote sensing of plant stress. *Gen. Appl. Plant Physiology*, 34, 1-2, 19-32.

**„Entwicklung eines sensorbasierten intelligenten Gewächshaus-Managementsystems (ProsiBor)“**

**“Development of a sensor based intelligent greenhouse management system (ProsiBor)”**

**Projektlaufzeit**

01.09.2017 bis 31.10.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Dennis Dannehl

Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Berlin

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Heike Mempel

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Institut für Gartenbau, Freising

Dr. Gökhan Akyazi

RAM GmbH Mess- und Regeltechnik, Herrsching

## Kurzfassung

### Projektziel

Projektziel ist, ein Gewächshausmanagementsystem zur Effizienzsteigerung und Entscheidungsfindung in der Unterglasproduktion zu etablieren. Dieses ermittelt anhand gigantischer Datenmengen verschiedener Gewächshaussensoren optimale Kulturführungsstrategien. Dabei sollen unterschiedliche Zielgrößen wie reduzierter Ressourcenverbrauch oder maximaler Ertrag vorgegeben werden können. Beide Kenngrößen sollen zur Umweltbilanzierung weiterverarbeitet und in der Kundenkommunikation genutzt werden. Ebenso soll ein Vergleich des Ressourceneinsatzes verschiedener Betriebe möglich sein. Das System integriert hierfür intelligente Sensoren, welche die Reaktion der Pflanzen (Photosynthese, Transpiration, stomatärer Leitwert usw.) auf verschiedene Kulturbedingungen anzeigen. Zudem können verschiedene Kulturführungsszenarien am Computer simuliert werden.

### Realisierung

Zur Realisierung der Ziele werden physikalische und biologische Messgrößen sowie Verbraucherdaten durch die jeweiligen Forschungseinrichtungen mit den Praxisbetrieben Neber-Gemüse und der Biogärtnerei Watzkendorf im Verbundprojekt kombiniert (siehe Abbildung 1).

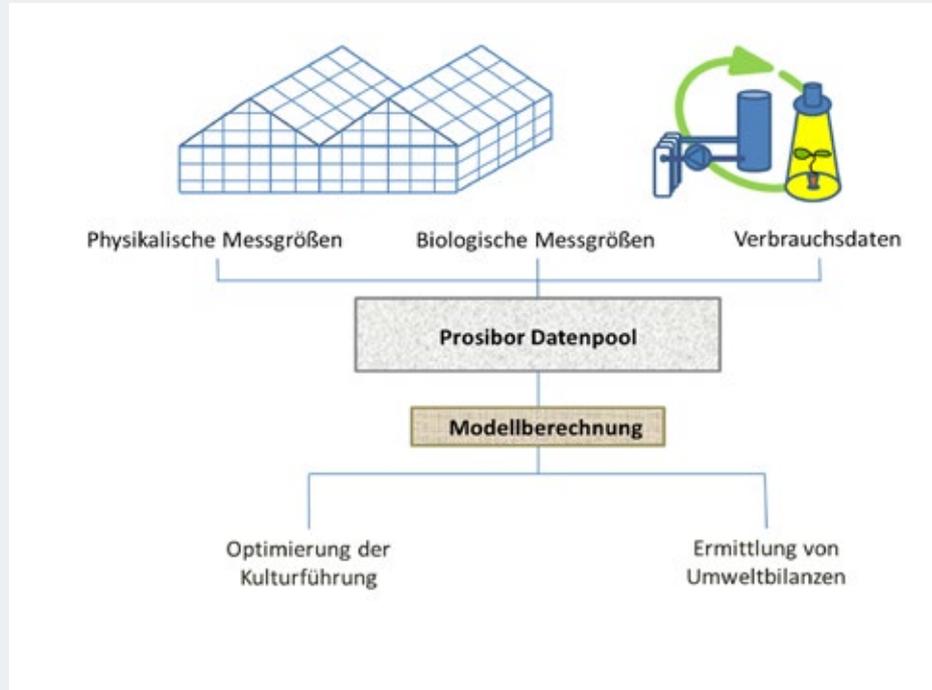


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Abläufe in Prosibor.

Mit dem Start des Projekts werden hierzu standardmäßig erfasste Daten aus dem Klimacomputer (RAM) um weitere, mittels Sensoren erfasste physikalische Informationsgrößen (photosynthetische Photonendichte [PPFD], Blatttemperatur, relative Luftfeuchte etc.), ergänzt. Biologische Daten (Photosynthese, Transpiration, Stomatabewegungen etc.) werden mittels Phytomonitoren kontinuierlich und nicht-invasiv gemessen. Aus der Vielzahl an Einzelmessdaten werden verdichtete Informationen erzeugt und durch modellgestützte Verrechnung Indikatorgrößen wie z.B. photosynthetische Lichtnutzungseffizienz, photosynthetische Wassernutzungseffizienz etc. integriert, mit denen zukünftig Entscheidungsfindungsprozesse für Kulturführungsstrategien unterstützt werden.

Daneben werden auch physikalische Größen (Strom, Wasser, Wärme) und Verbrauchsdaten (Substrat und Düngemittel) ermittelt. Diese werden im Modell mit aufgenommen und ermöglichen die Bewertung der Ressourceneffizienz verschiedener Kulturführungsszenarien. Zudem können Informationen zur Umweltbilanzierung für die Kommunikation entlang der Wertschöpfungskette genutzt werden.

Aufbauend auf den Korrelationen zwischen den physikalischen und biologischen Messdaten wird ein Modell entwickelt, welches die tatsächlichen Reaktionen des Pflanzenbestands unter verschiedenen Klimabedingungen möglichst detailliert abbildet. Damit lassen sich Pflanzen- und Ertragsentwicklungen in Abhängigkeit verschiedener Szenarien am Computer simulieren. Dazu gehören sich ändernde Lichtverhältnisse (z. B. durch eine zusätzliche Belichtung), Veränderungen der klimatischen Bedingungen (z.

B. durch Be- / Entfeuchtung und Temperierung) oder ein zielgerichteter Einsatz einer CO<sub>2</sub>-Anreicherung.

## Ergebnisse

In der ersten Projektphase erfolgte eine Systembeschreibung und Festlegung der Systemgrenzen. Darüber hinaus wurden die notwendigen Messgrößen, welche zur Entwicklung des Gewächshausmanagementsystems notwendig sind sowie Parameter und Kenngrößen mit besonderer Relevanz für die Praxisbetriebe ermittelt. Fehlende Sensoren wurden aufgenommen und in den Praxisbetrieben installiert, um alle relevanten physikalischen Informationen zu erfassen.

Zur Erfassung biologischer Daten wurden Phytomonitoring in beide Gewächshausanlagen installiert. In der konventionellen Anlage ist der Phytomonitoring bereits in Betrieb (siehe Abbildung 2), während eine Installation in Watzkendorf aufgrund eines späteren Pflanztermins etwas später erfolgte. Erste Ergebnisse des Phytomonitorings zeigen bereits jetzt schon Probleme in der Klimaführungsstrategie bei Neber-Gemüse. Da das Gewächshaus nicht zusätzlich mit technischem CO<sub>2</sub> angereichert wird und die Lüftungsklappen durch Unterschreitung der Sollwerttemperatur geschlossen bleiben, sinkt die CO<sub>2</sub>-Konzentration unter 200 ppm (siehe Abbildung 2).

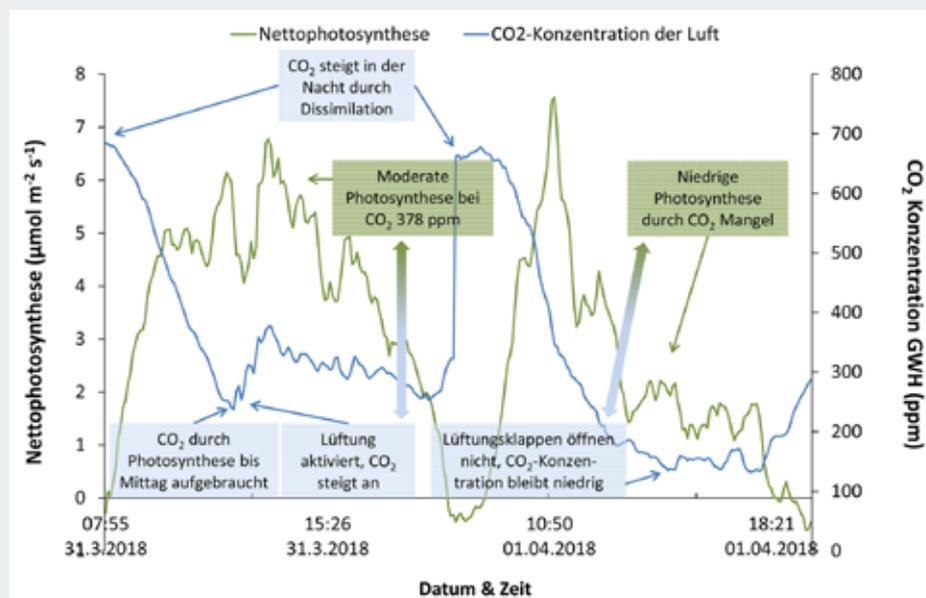


Abbildung 2: Physikalische und biologische Daten im Tagesverlauf.

Die geringe CO<sub>2</sub>-Konzentration kann zu einer geringeren Photosyntheseleistung der Pflanzen und letztlich zu einer Wachstumsverzögerung führen. Folglich könnte eine niedrigere Ablüftungstemperatur bzw. eine kurzzeitige Zwangslüftung die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Gewächshaus auf Außenniveau bringen, wodurch die Photosynthese um fast 40 % ansteigt (siehe Abbildung 2).

Um die Temperaturverteilung im Gewächshaus bei Neber-Gemüse erfassen zu können, wurden 12 Datenlogger im Bestand auf Vegetationshöhe verteilt (siehe Abbildung 3).

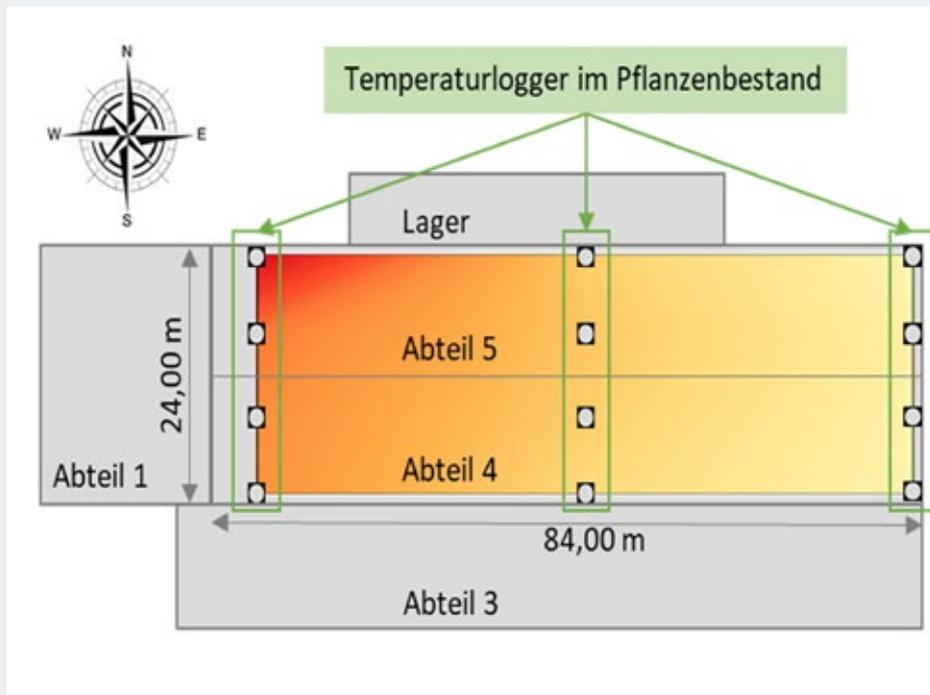


Abbildung 3: Datenloggerpositionen zur Erstellung eines Temperaturprofils im Pflanzenbestand, Mittelwert über 4 Datenlogger (grüne Kästen).

In Abbildung 4 wird die Temperaturdifferenz ( $\Delta T$ ) im Pflanzenbestand von West nach Ost aufgezeigt, die in den Nachtstunden bis zu 9,8°C betrug.

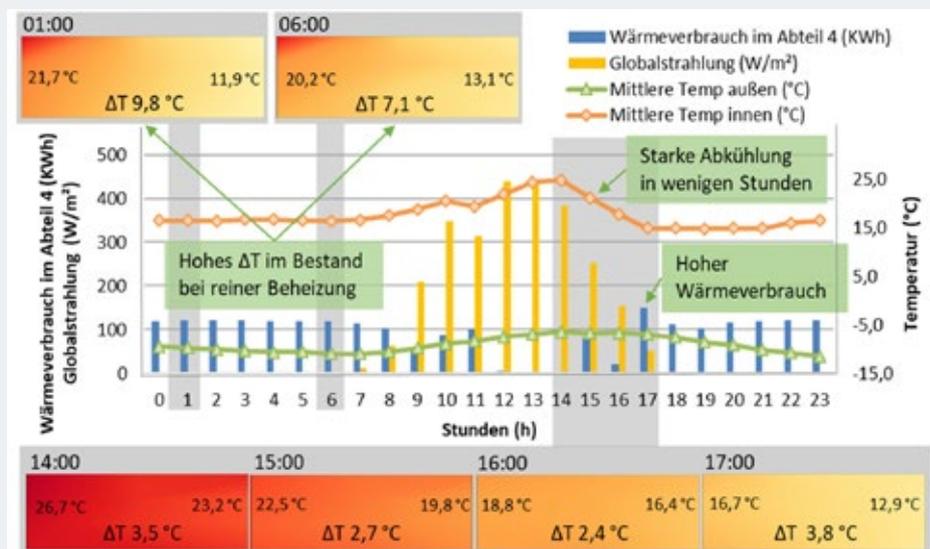


Abbildung 4: Wärmeverbrauch, Globalstrahlung außen und Temperaturverlauf in- / außerhalb des GWH sowie das Temperaturprofil im Bestand von Neber-Gemüse im Verlauf eines Tages, 27.02.2018.

Die bei Neber-Gemüse errechnete hohe Temperaturdifferenz kann neben phytosanitären Problemen zu Wachstumsverzögerungen führen. Eine rasche Abkühlung bei abnehmender Globalstrahlung wurde zwischen 14:00 und 16:00 Uhr beobachtet. Hier müssen die noch fehlenden Daten von RAM berücksichtigt werden, da mehrere Faktoren wie Lüftung und Energieschirm die Temperatur beeinflussen.

Die biologischen, physikalischen sowie Verbrauchsdaten bilden die Grundlage der Modellentwicklung für das Gewächshausmanagementsystem und unterstützen den Gärtner bei der Entscheidungsfindung. Echtzeit- und historische Daten werden von RAM zur Verfügung gestellt und in das System integriert. Es wurde bereits festgelegt, dass der Echtzeit-Datenaustausch über eine dot.dll Softwareschnittstelle und einen Datenserver (DataCom) erfolgt. Der Austausch der historischen Daten wird über VisuData realisiert und die Datenspeicherung erfolgt in einer MySQL Datenbank.

#### **(Geplante) Verwertung**

Im Projekt wird eine Soft- und Hardware als Prosibor added-on Documentation and Decision Making Device (PROBEDDED) in den von RAM zur Verfügung gestellten Anlagen entwickelt. Es wird nach Projektende von RAM entschieden, ob PROBEDDED als eigenständige Produktschiene weiterentwickelt wird. Nach Projektende werden Gartenbauunternehmen in einem Workshop zu neuen Verfahren von IT-gestützten Entscheidungsunterstützungssystemen beraten. Das neue System soll in den beteiligten Forschungseinrichtungen als neue Komponente in bestehende Systeme aufgenommen werden. Das Gewächshausmanagementsystem soll zudem an anderen Produktgruppen validiert werden. Zudem soll die Kommunikation von Umweltbilanzen entlang der Supply Chain Möglichkeiten zur Steigerung der Produktattraktivität aufzeigen.

**„Informationssystem zur Prozesskontrolle und -analyse in der Pflanzenproduktion (CropWatch)“**

**“Information System for Process Control and Analysis in Crop Production (CropWatch)”**

**Projektlaufzeit**

01.04.2016 bis 30.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Jens Léon  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), Professur für Pflanzenzüchtung, Bonn

Prof. Dr. Kuhlmann  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Geodäsie und Geoinformation, Bonn

**Verbundpartner**

Hinrich Paulsen  
terrestris GmbH & Co. KG, Bonn

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines funktionsfähigen Demonstrators für ein Informationssystem zur Kontrolle und Analyse des Pflanzenproduktionsprozesses. Es besteht im Wesentlichen aus einem serverbasierten Datenmanagementsystem mit integrierten Möglichkeiten zur Aufnahme, Speicherung, Prozessierung und Auswertung von Daten unterschiedlichster Herkunft aus dem Pflanzenproduktionsprozess. Es bedient sich zweier Digitalkameras, die an einem Traktorbaugerät und an einem unbemannten Fluggerät montiert sind und während der Bewegung aus unterschiedlichen Höhen Bilder von Pflanzenbeständen liefern, und einer Wetterstation, die standortspezifische Wetterdaten tagesaktuell ermittelt. Daten zu den Eigenschaften des Pflanzenstandortes, der Bewirtschaftung und der Ernteergebnisse werden vom Nutzer bereitgestellt. Aus zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Bildern werden geometrische und radiometrische Daten extrahiert und mittels neuer Algorithmen pflanzenproduktionsrelevante Vegetationsparameter abgeleitet, Informationen zu Pflanzenstandort, wachstumslimitierenden Witterungsszenarien, zum Pflanzenzustand und zur Ertragsbildung generiert sowie Analyseergebnisse webbasiert und nutzerbezogen visualisiert.

## Realisierung

Ein Winterweizenfeldexperiment mit den Versuchsfaktoren Jahr (2017, 2018), Ort (Campus Klein-Altendorf mit lehmigem und Bornheim mit sandigem Boden), Anbausystem (+/- N-Düngung und Pflanzenzahl) sowie Sorte (12 divergierende Weizensorten) dient als Datengrundlage. Es werden tagesaktuelle Management-, Standort- und Witterungsdaten, sowie physiologische Parameter und Ertragsdaten erhoben. In 2-wöchigem Rhythmus werden Digitalbilder der einzelnen Versuchspartzen mit Hilfe von Multikoptern und Traktoranaugerät aufgenommen. Die gesammelten Daten werden über ein Importertool in die Datenbank eingelesen und dort mithilfe von Orts- und Zeitstempel strukturiert abgelegt. Mit Hilfe eines web-basierten geographischen Informationssystems (GIS) wird auf die Datenbank zugegriffen und die gespeicherten Daten in Tabellenform oder einer Kartendarstellung angezeigt. Grundlegende statistische Auswertungen, anschauliche Visualisierungsmöglichkeiten sowie die Darstellung aufgenommener Parameter im zeitlichen Verlauf unterstützen die Ableitung der pflanzenproduktionsrelevanten Informationen aus den Daten. Mittels autorisiertem und sicherem Web-Zugriff soll man in der Lage sein, die Informationen tagesaktuell abzurufen und für mögliche Entscheidungen für die Kontrolle des Produktionsprozesses zu nutzen. Im Zusammenhang mit den am Ende der Vegetationsperiode erzielten und ebenfalls ins System integrierten Ernteergebnissen und Inhaltsstoffanalysen sollen detaillierte statistische Analysen des Produktionsprozesses z.B. zur Ursachenforschung für Ertragsdefizite oder für Effizienzberechnungen unter Einbezug bisher nicht verfügbarer Vegetationsdaten aus wachsenden Pflanzenbeständen möglich werden.

## Ergebnisse

Mit Hilfe des Multikopters wurden RGB-Bilder aus verschiedenen Höhen aufgenommen, die entlang und senkrecht zur Flugrichtung 70 – 80 % Überlapp aufweisen. Aus diesen Bildern und präzise eingemessenen Passpunkten am Boden wurden mit Hilfe eines Structure-from-motion-Softwarepaketes (AgiSoft PhotoScan) georeferenzierte Punktwolken erzeugt. Aus einer Befliegung kurz nach der Aussaat konnte ein Referenzmodell des Bodens erzeugt werden, welches dann von den im Laufe der Wachstumsperiode erzeugten Punktwolken subtrahiert wurde, um so die Pflanzenhöhe zu berechnen (siehe Abbildung 1).

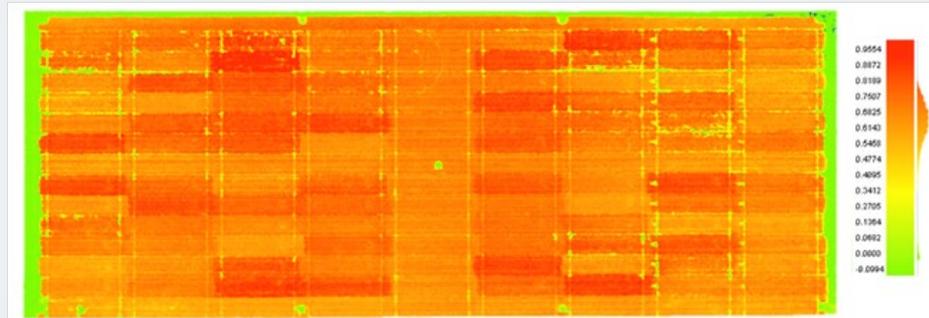


Abbildung 1: Pflanzenhöhe des Winterweizens am Standort Bornheim, generiert aus Befliegungen im Juni 2017 (Rasterdaten mit einer Pixelauflösung von 2 cm).

Die Rasterdaten sowie die auf die Parzelle bezogenen Pflanzenhöhen wurden in die Datenbank importiert. Von dort lassen sich diese wieder auslesen und anzeigen.

Zur Ermittlung Radiometrie bezogener Pflanzenparameter (farbbasiert) wurde eine Auswertungsroutine erstellt. In dieser automatisierten Pipeline können Einzelbilder ordnerweise eingelesen, bearbeitet und analysiert werden. Mit Hilfe von entsprechend trainierten Support Vector Machines (SVM) können RGB- oder NIR- Bilder binarisiert und damit Pflanzen- und Bodenpixel getrennt werden. Zur Bestimmung des Pflanzendeckungsgrades (hier als Beispiel) wurden anschließend die Pflanzenpixel pro Bild ausgewählt und gezählt. Auf diese Weise lässt sich die prozentuale Bodenbedeckung ermitteln (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Falschfarbendarstellung des Pflanzenbestandes aus 2 m Höhe im März 2017 mit bildanalytisch ermitteltem Pflanzendeckungsgrad (Rasterdaten mit einer Pixelauflösung von 0,3 mm).

Da die Kamera in einer Höhe von 1,8 m über dem Bestand angebracht und der Bildausschnitt somit bekannt ist, lässt sich die Bodenbedeckung zudem auch flächenmäßig ausdrücken (siehe Abbildung 2). Die Bilder sowie die auf die Parzelle bezogenen Pflanzendeckungsgrade wurden in die Datenbank importiert und lassen sich von dort wieder auslesen und anzeigen.

Die mit Hilfe von Orts- und Zeitstempel strukturierte Ablage der Daten in der Datenbank ermöglicht ihre gezielte Auswahl mittels des Web-GIS-Clients (siehe Abbildung 3, oberer Fensterbereich). Die Daten können parzellen- oder feldstückgenau in Kartenform (siehe Abbildung 3, unterer Fensterbereich) angezeigt werden. Genauso sind die Daten in Tabellenform zu betrachten und für weitergehende Auswertungen zu exportieren. Die dynamische Struktur der Datenbank erlaubt ein einfaches Hinzufügen neuer Merkmale und somit eine beliebige Erweiterung der Datenbank. Auch die Anbindung neuer Auswertungsroutinen ist möglich und erweitert den Einsatzbereich für zukünftige Anwendungen bei Landwirten, Beratern, Versuchsanstellern, Agrarwissenschaftlern und Pflanzenzüchtern.

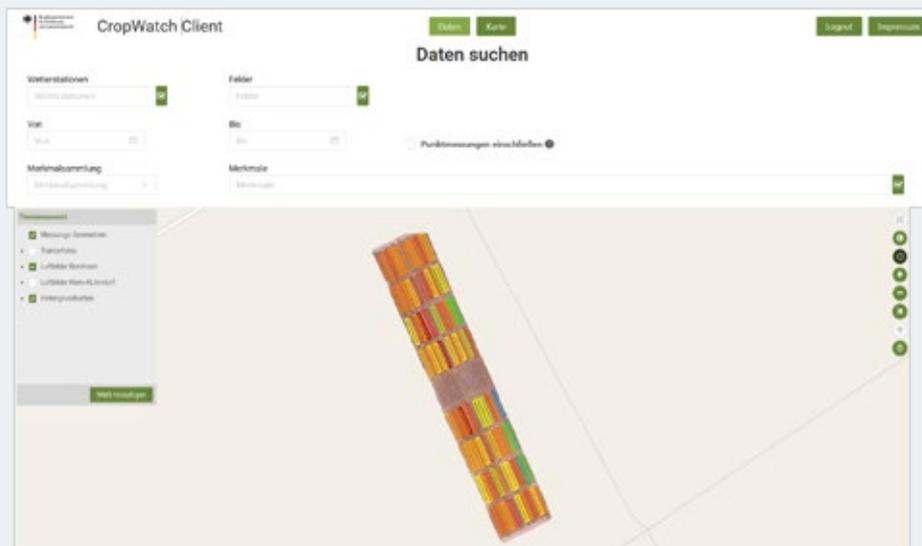


Abbildung 3: Bildschirmansicht der Oberfläche des Web-GIS-Clients mit Auswahlfenstern für die Daten im oberen Teil und der Kartendarstellung der Pflanzenparameter im unteren Fensterbereich.

### (Geplante) Verwertung

Nutzer sollen Landwirte, Lohnunternehmer und Beratungsunternehmen sein, die den Pflanzenproduktionsprozess ressourceneffizienter gestalten wollen und Pflanzenzüchter, die das Wachstum und die Ertragsbildung einer Vielzahl von Parzellen im Zuchtgarten besser charakterisieren wollen, um ressourceneffizientere Sorten zu züchten.

Im ersten Ansatz soll das nach dem Ende der Projektlaufzeit zu entwickelnde Produkt aus einem zeitlich befristeten Zugang zum Web-basierten Informationssystem zur Kon-

trolle und Analyse des Pflanzenproduktionsprozesses bestehen. Die Kamerabilder von Traktorbaugerät und Fluggerät bzw. die ortsspezifischen Wetterdaten sind vom Nutzer selbst bereitzustellen. Empfehlungen zu Beschaffung und Nutzung von Traktorbaugerät, Koptern, Digitalkameras und Wetterstation sollen gegeben bzw. Einführungen, Schulungen, Installations- und Inbetriebnahmeunterstützung angeboten werden. Die standort- bzw. betriebsspezifischen Daten zu Boden, Klima, Bewirtschaftung und den Ertragsresultaten sind vom Nutzer bereitzustellen. Alle nutzerspezifischen Daten, Informationen und Analyseergebnisse werden dem Nutzer uneingeschränkt zur Verfügung gestellt.

### „Konsistentes Daten- und Informationssystem zur Erfassung und Analyse von Frühindikatoren der Saatgutqualität (KODIAQ)“

“Consistent data- and information system for recording and analysis of early indicators of seed quality (KODIAQ)“

#### Projektlaufzeit

01.05.2016 bis 30.04.2019

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Frank Wolter  
NPZ Innovation GmbH, Holtsee

#### Verbundpartner

Forschungszentrum Jülich, IBG-2 Pflanzenwissenschaften, Jülich

Geo-konzept Gesellschaft für Umweltplanungssystem mbH, Adelschlag

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Projekt „KODIAQ – Konsistentes Daten- und Informationssystem zur Erfassung und Analyse von Frühindikatoren der Saatgutqualität“ soll die Auswirkung und die Interaktion von verschiedenen internen und externen Faktoren auf die Keimfähigkeit von Saatgut untersuchen und über Modellierungsansätze entsprechende Frühindikatoren für Keimfähigkeit entwickeln. Über eine frühzeitige und effiziente Kontrolle dieses Merkmals soll die Ressourceneffizienz und die Wertschöpfung in der Saatgutproduktion als einem hoch spezialisierten landwirtschaftlichen Teilbereich erhöht werden.

### Realisierung

Keimfähigkeit von Saatgut ist ein höchst komplexes Merkmal mit hohen Umwelt- und Jahreseinflüssen. Um hierfür möglichst frühe Indikatoren in der Produktionskette entwickeln zu können, bedarf es einer umfassenden Datenbasis, welche die sehr großen Mengen an agronomischen, Umwelt- und saatspezifischen Daten miteinander verknüpft, integriert und über eine entsprechende Modellierung Vorhersagen über die Qualität des Saatguts erzeugt. Hierzu wollen wir ein Daten- und Informationssystem entwickeln, das die einzelnen Verfahrensketten und Prozessschritte der Saatgutproduktion abbildet und die große Menge an unterschiedlichen Daten aufnimmt und integriert. Zur Ableitung von Frühindikatoren werden wir mathematisch-informatische Methoden des „Data Mining“ und des maschinellen Lernens anwenden. Durch kontinuierlichen weiteren Input an Daten, die projektspezifisch erhoben werden, sollen die Indikatoren iterativ weiter verbessert werden. Das bezieht sich auf die Genauigkeit, die Robustheit und – auf längere

Sicht – breite Anwendbarkeit der Indikatoren, insbesondere um frühzeitige Maßnahmen ergreifen zu können, die auch bei Gefährdungssituationen die geforderte Saatgutqualität sicherstellen.

### Ergebnisse

Im Rahmen des KODIAQ-Vorhabens wurden umfangreiche IT-Systeme inkl. Datenbanken, Web-Schnittstellen, automatisierte Datenabruf- und Integrationsroutinen und Algorithmen zur Sicherstellung der Datenqualität konzeptioniert, implementiert und evaluiert. Weiterhin wurden spezialisierte Wetter- und Klimamodelle angepasst und in die IT-Infrastruktur eingebettet, um vollautomatisch regionale Wetterdaten zu interpolieren und bereitzustellen. Diese Daten werden verknüpft und integriert mit Informationen, die entlang der Produktionskette von zertifizierten Saatgut gesammelt werden. Dieser umfangreiche Datensatz wird weiter durch UAV (unmanned aerial vehicle) Aufnahmen zu besonders wichtigen Entwicklungszeitpunkten der Pflanzenbestände komplementiert. Aufgezeichnet werden verschiedene Wellenlängenbereiche zu neuralgischen Zeitpunkten. Die Keimfähigkeit des Saatguts als komplexer Zielparameter im KODIAQ-Vorhaben wird am Ende der Prozesskette erfasst, wobei auch die artifizielle Alterung einer repräsentativen Stichprobe genutzt wird, um die potentielle Lagerfähigkeit anzusprechen. Um diesen Merkmalskomplex im biologischen System eingebettet in die jeweilige Umwelt möglichst umfassend charakterisieren zu können, werden auch genetische Informationen des Materials auf DNA-Ebene erfasst; dies wird umfangreich mit sog. SNP (single nucleotide polymorphism)-Chips erreicht, die in einem Experiment zehntausende genomischer Einzelpositionen erfassen, aber auch durch RNA-seq Daten, die den aktiv exprimierten Anteil des Gesamtgenoms repräsentieren. Diese erlauben es zudem, die Expressionshöhe von Genen anzusprechen und charakterisieren damit die Reaktion einzelner Genotypen auf spezifische Umweltreize. Hierbei wird ein nicht-zielgerichteter Ansatz genutzt, bei dem potentiell alle exprimierten Gene erfasst werden. Diese Daten werden innerhalb der Projektlaufzeit und darüber hinaus in dem zentralen Datenintegrationssystem kumuliert und erlauben eine periodisch wiederkehrende Analyse auf einer stetig wachsenden Datenbasis. Da sowohl die untersuchten Genotypen, also Winterraps-Hybrid-Sorten, stetig züchterisch verbessert und damit neue Sorten vermehrt werden als auch immer neue Standorte und jahresabhängig – neue klimatische Bedingungen - vorzufinden sind, kommen hier klassische statistische Auswertemethoden an ihre Grenzen. Dies betrifft sowohl die sog. „performance“, also die Zeit, die eine Methode braucht, um den gesamten und stetig wachsenden Datenbestand zu analysieren, aber auch die Vorhersagegenauigkeit für den Zielparameter Keimfähigkeit. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, kommen innovative Methoden des maschinellen Lernens zum Einsatz, um Variablen und vor allem Variablenkombinationen zu detektieren, welche sich signifikant auf das Zielmerkmal auswirken. Diesen können schlussendlich genutzt werden, um a-priori ungünstige Kombinationen zu vermeiden oder diese frühzeitig zu detektieren und ihnen im Rahmen der Qualitätssicherung optimal zu begegnen.

**(Geplante) Verwertung**

Ein mittelfristig realisierbares umfassendes System zum Keimfähigkeitsmanagement in der Saatgutproduktion, das auf „Big Data“-gestützten Frühindikatoren basiert, würde es der NPZi erlauben, ihr Geschäftsfeld als F&E-Dienstleister auf das Feld der Saatgutproduktion auszuweiten und Wachstum bei der NPZi mit Nutzen beim Kunden zu verbinden.

Zudem bieten bereits Teilergebnisse aus den Arbeitspaketen Chancen zur Ergebnisverwertung. Das bezieht sich auf Fernerkundungsansätze, auf die virtuelle Wetterstation, auf Datenbankmodelle für Abläufe der Saatgutproduktion und auf Feinanalysen der Keimfähigkeit.

**„Entwicklung eines elektronischen SmartHarvest-Systems zur beschädigungsarmen Zuckerrübenenernte (SmartBeet)“**

**“Development of a smart-harvest system for less damaged sugar beet during harvest (SmartBeet)“**

**Projektlaufzeit**

16.08.2016 bis 16.08.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Anne-Kathrin Mahlein

Verein der Zuckerrübenindustrie e.V., Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Oliver Hensel

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Agrartechnik, Witzenhausen

## Kurzfassung

### Projektziel

Im Laufe der maschinellen Ernte von Zuckerrüben kommt es häufig zu Beschädigungen des Rübenkörpers. Dies führt neben dem Masseverlust beim Erntevorgang zu deutlich erhöhten Zuckerverlusten beginnend bei der anschließenden Lagerung am Feldrand bis zur Verarbeitung. Die technologische Qualität der Rübe kann dadurch während der Lagerung so stark vermindert werden, dass die Rüben nicht mehr zur Verarbeitung angenommen werden oder bei der Verarbeitung Probleme verursachen. Durch eine Änderung der Zuckermarktordnung hat sich die Kampagnendauer verlängert und die Rüben müssen länger gelagert werden.

Ziel des Forschungsprojektes ist die Konzeption eines praxistauglichen, sensorbasierten Überwachungssystems für die Zuckerrübenenernte, um eine beschädigungsarme Ernte der Rüben zu ermöglichen. Neben der Überwachung dient diese Entwicklung auch als Grundlage für den späteren Aufbau eines Regelsystems zur automatischen Maschineneinstellung. Dies trägt wesentlich zur Steigerung der Ressourceneffizienz der gesamten Verfahrenskette bei.

Im Zuge dessen wird zur Erfassung der Beschädigungsgrößen an den Rüben eine „elektronische Rübe“ entwickelt, die über Oberflächensensoren die entstehenden Kräfte erfassen kann, die auf den Rübenkörper während des Rodeprozesses wirken. In Kombination mit weiterer, am Rübenroder installierter Messsensorik, bestehend aus Bildverarbeitung und Piezosensoren zur akustischen Detektion von Kraftereinwirkungen auf den Rüben-

körper, können Beschädigungen sensorisch erfasst werden. Die entwickelte Sensorik wird in Labor- und Feldversuchen erprobt und bewertet.

Zum Erreichen der Ziele vereint die Arbeitsgruppe des Projektes SmartBeet Wissenschaft (Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen, Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel) und Praxis (Rübenanbauverbände, Zuckerindustrie, Roderhersteller).

### **Realisierung**

Die Umsetzung des Projektes ist in verschiedene Arbeitspakete eingeteilt. Das erste Arbeitspaket bzgl. der Entwicklung einer Messmethodik zur Bestimmung der auf den Rübenkörper einwirkenden Belastungen und dem Einsatz dieser Messmethodik in der Praxis sowie der Auswertung der gewonnenen Daten ist abgeschlossen. Auch die Validierung des Zusammenhangs zwischen Belastungen, Beschädigungen (Spitzenbruch und Abschürfungen) und Masse- bzw. Zuckerverlusten im Roder und im Mietenlager im Rahmen des Arbeitspakets 2 wurde abgeschlossen. Weiterführende Auswertungen sollen quantitative Beziehungen zwischen z. B. Spitzenbruch und Lagerverlusten analysieren.

Die bisher gewonnenen Daten und Erkenntnisse werden in der Rodekampagne 2018 zur Entwicklung eines Überwachungssystems bestehend aus Bildverarbeitung und akustischer Überwachung genutzt. In Zusammenarbeit mit den im Projekt involvierten Herstellern wird die Sensorik eingesetzt und ausgewertet.

### **Ergebnisse**

1. Die Messrüben sind geeignet, um Beschleunigung und Druck, auch an der Rübenspitze, zu erfassen.
2. Das IfZ ermittelt den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Beschädigungsformen und -intensitäten der Rüben durch den Roder. Dabei zeigten die Ergebnisse aus 2017/18 deutlich geringere Lagerverluste und Risse im Rübenkörper als die Ergebnisse aus 2016/17. Die höchsten Lagerverluste traten bei der Kombination von großem Spitzenbruch mit hoher Oberflächenbeschädigung auf, wobei beide Beschädigungsformen eng miteinander korrelierten.
3. Die Bildverarbeitung ist grundsätzlich geeignet, um beschädigte Rüben und Baugruppen, in denen Rüben besonderen Belastungen ausgesetzt sind, während der Ernte zu erkennen. Die Bildraten der bisher verwendeten Kameras sind allerdings für eine Echtzeiterkennung noch zu gering und werden zurzeit ausgetauscht.
4. Durch Körperschalldetektion am Rübenroder kann bei richtiger Platzierung der Sensoren zwischen verschiedenen Einstellungen der Maschine unterschieden werden.

**(Geplante) Verwertung**

Die unterstützenden Roderhersteller bekunden großes Interesse an der entwickelten Sensorik und stellen die Übernahme der herstellerunabhängigen Forschungsergebnisse in die Maschinenkonstruktion in Aussicht. Durch den projektbegleitenden Ausschuss wird der Kontakte zu allen Beteiligten der Wertschöpfungskette „Zuckerrübe“ zum Ergebnistransfer sichergestellt. Die entwickelte Technik bietet Alleinstellungsmerkmale für die deutsche Landtechnik. Die Universität Kassel erlangt durch dieses Projekt zukunftsweisende und praxisrelevante Forschungsergebnisse, außerdem wird durch die Vergabe von Bachelor- und Masterarbeiten der wissenschaftliche Nachwuchs gefördert.

**„Effiziente Kraftstoffnutzung der AgrarTECHnik (EKoTech)“****“Efficient Fuel Use in Agricultural Technology (EKoTech)”****Projektlaufzeit**

10.07.2016 bis 09.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Max Decker

VDMA e.V. Frankfurt am Main

**Verbundpartner**

AGCO GmbH, Marktoberdorf

AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH &amp; Co. KG, Hasbergen

CLAAS KGaA mbH, Harsewinkel

Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fg. Grundlagen der Agrartechnik, Stuttgart

Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Braunschweig

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig

John Deere GmbH &amp; Co.KG, Mannheim

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt

LEMKEN GmbH &amp; Co. KG, Alpen

Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH, Spelle

Privates Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung GmbH, Halle (Saale)

VDMA Forschung und Innovation GmbH, Frankfurt am Main

## Kurzfassung

### Projektziel

In diesem Verbundprojekt von Wissenschaft und Agrartechnikindustrie wird der Kraftstoffbedarf der Verfahrenskette auf die produzierten Getreideeinheiten bezogen und dadurch die Kraftstoffeffizienz im landwirtschaftlichen Produktionsprozess erstmalig umfassend wissenschaftlich untersucht. Mit dem Vorhaben wird das Ziel verfolgt, Optionen zu definieren und zu analysieren, die den Kraftstoffverbrauch in der Landwirtschaft verringern. Darauf aufbauend kann das Potential zukünftiger Technologien und Verfahren im Hinblick auf eine Verbesserung der Kraftstoffeffizienz in unterschiedlichen Boden-Klimazonen quantifiziert werden.

### Ergebnisse

Im Projekt werden fünf eng miteinander verzahnte Arbeitspakete gleichzeitig bearbeitet, deren Ergebnisse dann in einem abschließenden sechsten Arbeitspaket zu konkreten Handlungsempfehlungen zusammengeführt werden.

### Arbeitspaket 1: Datenerhebung

Die Datenerhebung hat das Ziel, Kraftstoffverbrauchswerte von heutigen Traktoren sowie Energiebedarfe von aktuellen landwirtschaftlichen Anbaugeräten zu ermitteln und diese darüber hinaus in der zeitlichen Entwicklung seit 1990 darzustellen. Dazu wurde zunächst vorhandene Literatur berücksichtigt. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs nach KIM (2006), der Traktor-Verbrauchswerte des Nebraska Test Laboratory ausgewertet hat.

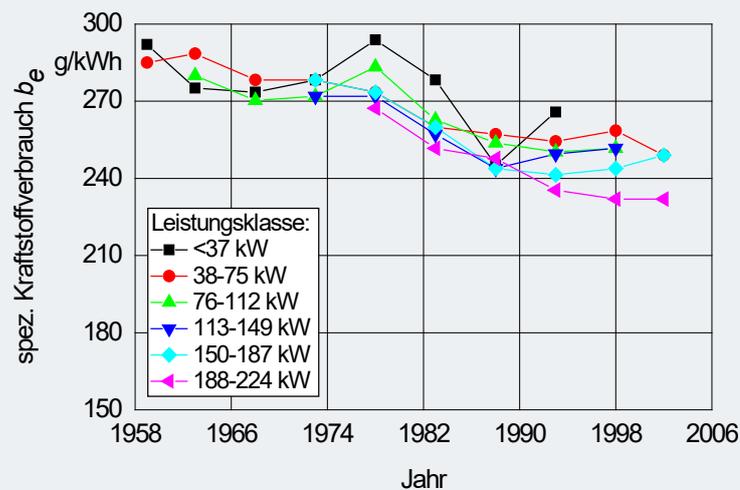


Abbildung 1: Entwicklung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs Kim, 2005 [1].

Zur weiteren Darstellung der Kraftstoffverbräuche wurden weitere Verbrauchswerte von standardisierten Messverfahren (bspw. OECD Code 2) erhoben und analysiert. Mit den ermittelten Daten ist es möglich, die Entwicklung der Kraftstoffverbräuche seit 1990 darzustellen. Um die Energiebedarfe von landwirtschaftlichen Anbaugeräten um 1990 zu ermitteln, wurde im Arbeitspaket 1000 eine intensive Literaturrecherche durchgeführt. Unter anderem wurden dazu Datenbestände der DLG in Groß-Umstand digitalisiert. Die Auswertung der Daten hinsichtlich einer Entwicklung der Energiebedarfe ist Gegenstand der aktuellen Forschungsarbeit.

Quelle:

[1] Kim, K.U., L.L. Bashford and B.T. Sampson: Improvement of Tractor performance. Applied Engineering in Agriculture 21 (2005) No. 6, p. 949-954.

### Arbeitspaket 2: Modellbetriebe

Modellbetriebe mit typischen Verfahrensketten in wichtigen Anbauregionen Deutschlands und Europas (siehe Abbildung 2) wurden mithilfe detaillierter Befragungen erhoben und in Fokusgruppendifkussionen validiert. Es liegen umfangreiche Daten zur jeweiligen Maschinenausstattung sowie zu den Prozessschritten und Kraftstoffverbräuchen vor.

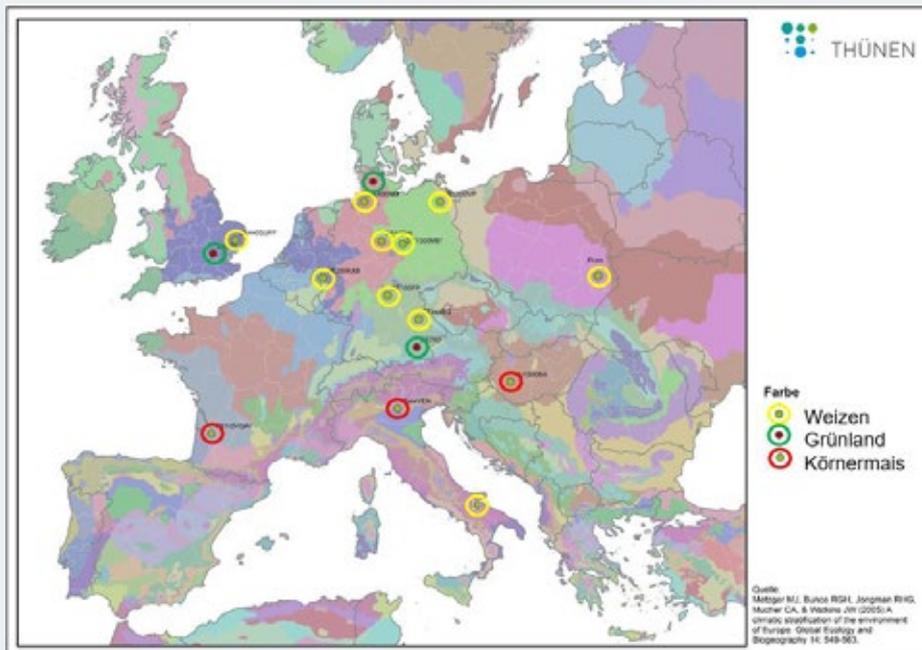


Abbildung 2: Lage der Modellbetriebe mit betrachteter Hauptfrucht.

Zukunftsszenarien zur Maschinenausstattung und Ertragsentwicklung bis 2030 werden für die einzelnen Regionen entwickelt und anschließend pflanzenbaulich, verfahrenstechnisch sowie ökonomisch bewertet.

### Arbeitspaket 3: Qualifizierte Effizienz

Eine Methode zur Bewertung von Verfahrensschritten bzgl. Prozessleistung und Prozessqualität konnte definiert werden. Parameter für einzelne Verfahrensschritte werden nun sukzessive aufgenommen. In Absprache mit Herstellern von Sensoren wurde eine Vorauswahl der Messtechnik getroffen, die sowohl dem wissenschaftlichen Anspruch wie auch den praktischen Anforderungen im Versuchseinsatz auf dem Feld genügt. In Abbildung 3 sind beispielhaft Sensoren mit den zu messenden Qualitätsmerkmalen dargestellt.

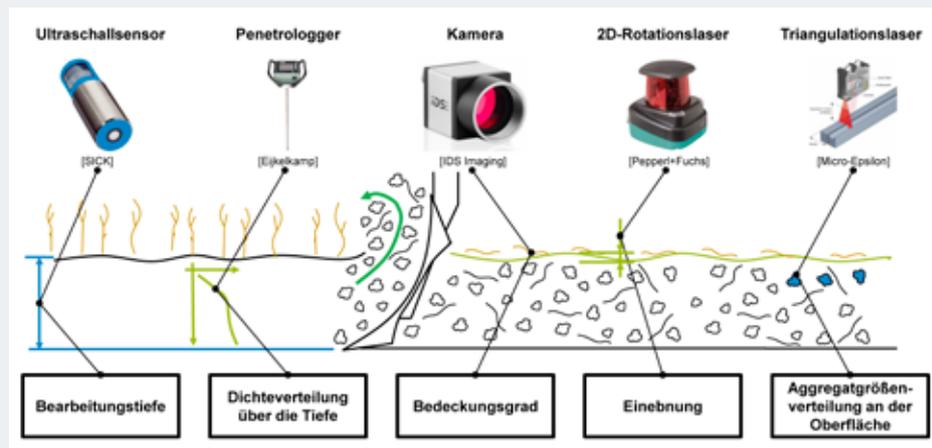


Abbildung 3: Ausgewählte Sensoren zur Qualitätsbestimmung beim Stoppelsturz.

Parallel zu den praktischen Arbeiten wird der theoretische Ansatz der „Qualifizierten Effizienz“ fortgeführt und verfeinert. Mit Hilfe der Ausarbeitungen sollen die Einsparpotentiale hinsichtlich der Arbeitsqualität im Umfeld der Verfahrenskette bewertbar gemacht werden.

### Arbeitspaket 4: Simulationsmodell

Für die Quantifizierung von Potentialen zur Effizienzsteigerung und zur Reduzierung des Kraftstoffbedarfes in landwirtschaftlichen Verfahrensketten wird ein Simulationsmodell entwickelt. Mit dessen Hilfe werden definierte Einsparpotentiale auf den Modellbetrieben abgebildet und die Auswirkungen auf den Kraftstoffbedarf ermittelt. Die Struktur des Modells ist in Abbildung 4 dargestellt. Ausgehend von den Informationen der Modellbetriebe, bspw. der Betriebsgrößen, der Maschinenausstattungen und der Verfahrensketten werden in Verfahrensmodellen Teilzeiten für die Bewirtschaftung der Flächen berechnet. Zu den einzelnen Teilzeiten ermitteln Maschinenmodelle die jeweiligen Kraftstoffbedarfe. Die Einsparpotentiale zeigen sich in einer Verringerung der

Arbeitszeiten oder der zeitbezogenen Kraftstoffbedarfe. Der Bedarf an Kraftstoff für die gesamte Verfahrenskette wird auf die Erntemenge des Betriebes bezogen.

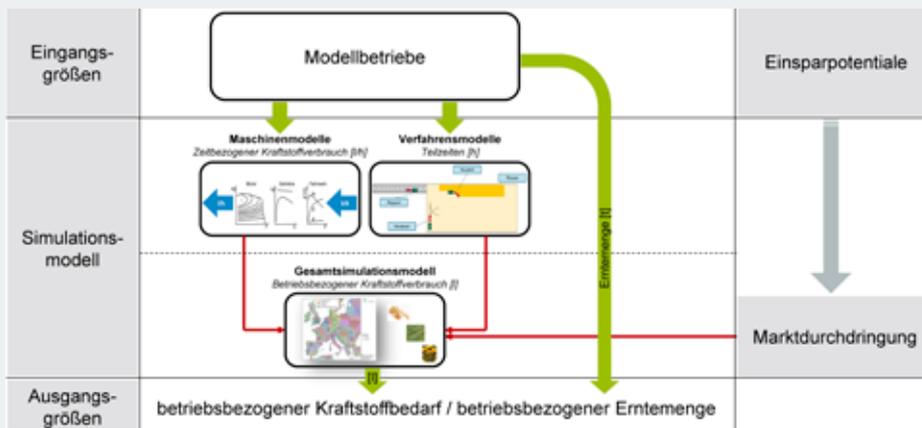


Abbildung 4: Struktur des Simulationsmodells.

Zur Abbildung etwaiger Entwicklungen bis zum Zeitpunkt 2030 werden Szenarien unter Berücksichtigung möglicher Energieeinsparpotentiale erstellt.

### Arbeitspaket 5: Einsparpotentiale

In diesem Arbeitspaket wurde eine Methode zur Ermittlung relevanter Einsparpotentiale für die Bereiche Traktoren, Anbaugeräte, Erntemaschinen und Verfahrensketten erarbeitet. Hierfür wurden Arbeitsgruppen mit Vertretern der wichtigsten Agrartechnikhersteller gebildet, welche die zukünftigen als auch die im Markt befindlichen Technologieentwicklungen und ihre Potentiale im Zeitraum von 1990 bis 2030 erarbeiten. Fokus liegt auf der nachhaltigen Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs [l/t GE] im Gesamtprozess unterschiedlicher Maschinenkombinationen und der Gesamtreduktion der aus der Mechanisierung einer Verfahrenskette resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen. Darüber hinaus werden auch Konzepte und Maßnahmen erarbeitet, wie durch Schulung und Ausbildung eine bessere Ausnutzung der Einsparpotentiale bei der Nutzung von Maschinen und der Gestaltung von Prozessketten erzielt werden kann. Die Einsparpotentiale werden mit Hilfe der Methode der Qualifizierten Effizienz in Hinblick auf ihre nachhaltige Wirkung auf das Ertragsergebnis überprüft.

### (Geplante) Verwertung

Die Ergebnisse des Projektes sollen die Grundlage bilden für weitere Maßnahmen zur Effizienzsteigerung in landwirtschaftlichen Prozessen. Die gewonnenen Erkenntnisse können in neue Komponenten, Produkte und gesamte Verfahrensketten einfließen, die eine deutliche Reduktion des Kraftstoffverbrauchs pro produzierte Getreideeinheit gegenüber dem Referenzjahr 1990 ermöglichen. Eine Richtlinie zur Entwicklung von kraftstoffsparenden Verfahrensketten und ihrer Komponenten soll die Wettbewerbsfähigkeit der landtechnischen Industrie stärken. Handlungsempfehlungen können über

Positionspapiere der Reihe „Kraftstoffeinsparungen/Energie-/Ressourceneffizienz“ bzw. in die Normenreihe „Nachhaltigkeit/ ISO 17989“ des VDMA verbreitet werden.

# Sektion 2: Zukunftsfähige Imkerei

**„Entwicklung und Etablierung fortschrittlicher Sanierungsverfahren in der Imkerei als nachhaltige Strategie zur Vorbeugung und Bekämpfung der Amerikanischen Faulbrut (naStrAF)“**

**“Development and implementation of innovative sanitization protocols in beekeeping practice for sustainable prophylaxis and treatment of American Foulbrood (naStrAF)“**

**Projektlaufzeit**

21.04.2016 bis 30.04.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Wolfgang H. Kirchner  
Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Biologie und Biotechnologie,  
Bochum

**Verbundpartner**

Dr. Christoph Otten  
Fachzentrum Bienen und Imkerei im Dienstleistungszentrum Ländlicher  
Raum Westerwald-Osteifel, Mayen

Prof. Dr. Elke Genersch  
Länderinstitut für Bienenkunde Hohen Neuendorf, Hohen Neuendorf

Dr. Otto Boecking  
LAVES – Institut für Bienenkunde Celle am Niedersächsischen Landesamt  
für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Celle

Dr. Ulrike Klöble  
KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.,  
Darmstadt

Ansgar Westerhoff  
Westerhoff Imkereibetriebe Deutschland, Vierlinden Worin

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel dieses interdisziplinären Innovationsprojektes naStrAF ist es, auf wissenschaftlicher Grundlage zeitnah eine messbare und nachhaltige Zurückdrängung der Amerikanischen Faulbrut (AFB) und dadurch eine Verbesserung der Gesundheit von Honigbienenvölkern in Deutschland herbeizuführen. Hierzu werden fortschrittliche imkerliche Verfahren (Betriebsweisen) erarbeitet, die geeignet sind, Bienenvölker auf praktikable Weise dauerhaft gesund zu erhalten bzw. im Infektions- und vor allem im akuten Krankheitsfall einfach und nachhaltig zu sanieren. Die Besonderheit des Vorhabens besteht in der direkten Einbindung und der intensiven Zusammenarbeit aller mit Bienengesundheit befasster Ebenen und Akteure (Bieneninstitute, Veterinärbehörden, Imkerschaft). Dieses Vorgehen garantiert zum einen die Praktikabilität und Praxisrelevanz der entwickelten Ansätze und sichert, wie in vergangenen Projekten der Antragsteller, die hohe Akzeptanz und die unmittelbare Implementierung der Resultate hinein in die veterinärmedizinische und imkerliche Praxis. Zum anderen stellt es genau das notwendige Netz der Akteure dar, welches im Falle eines Ausbruchs einer staatlich zu kontrollierenden Bienenseuche, wie der Amerikanischen Faulbrut, verlässlich agieren und funktionieren muss und welches vielerorts in Deutschland bislang leider nicht ausreichend entwickelt ist. So leistet die Wissenschaft einen wertvollen Beitrag zur Problemlösung für Imkerei und Bienen.

### Realisierung

In enger Kooperation mit den zuständigen Veterinärbehörden wird anhand konkreter Fälle des Verdachts oder Ausbruchs von Amerikanischer Faulbrut die Zweckmäßigkeit und Nachhaltigkeit verschiedener Diagnose- und Sanierungsmaßnahmen evaluiert. Damit werden europaweit erstmalig in großem Umfang praxisnah Daten zu Infektion und Epidemiologie der AFB unter Berücksichtigung der neu beschriebenen Genotypen mit unterschiedlicher Virulenz erhoben. Die Vorgehensweisen bei der Sanierung AFB-infizierter oder ansteckungsgefährdeter Völker in AFB-betroffenen Bienenständen werden bezüglich der Reduktion der Sporenbelastung vergleichend untersucht. Das Probenmaterial wird einer klassischen und molekularen Erregerdiagnostik und -typisierung unterzogen. Mithilfe eines apathogenen bakteriellen Modellsystems werden systematische Tests zum Einfluss verschiedener Sanierungstechniken auf die Belastung mit bakteriellen Sporen von Bienenvölkern durchgeführt. Im Rahmen des Projekts wird außerdem ein Proof-of-Concept für eine neue, innovative Methode zur einfachen, materialschonenden und rückstandsfreien Desinfektion von imkerlichem Material mithilfe eines Niedertemperatur-Plasma-Generators erstellt. Zu den untersuchten Sanierungsmethoden werden Wirtschaftlichkeitsanalysen durchgeführt.

### Ergebnisse

Praxisnahe Prüfungen von Sanierungsverfahren anhand aktueller Ausbrüche der AFB konnten in enger Zusammenarbeit mit den örtlichen Zuständigen in mehreren Bun-

desländern durchgeführt werden. Zusätzlich zu bereits etablierten AFB-Monitoringprogrammen wurde eine große Zahl weiteren Proben akquiriert, um Fälle aufzudecken und so der Analyse im Projekt zugänglich zu machen. Für die Testung verschiedener Sanierungstechniken unter Einsatz apathogener Mikroorganismen wurden die Modellorganismen *B. subtilis* und *P. alvei* sowie das Präparat B401®, eine Suspension von *Bacillus thuringiensis*-Sporen, genutzt. Es ist gelungen, Sporen von *Bacillus subtilis* auf Bienenwachs, Holz und Bienenwaben quantitativ mit kaltem Plasma zu inaktivieren. Die Methode der Plasmasterilisation hat sich damit als prinzipiell geeignet erwiesen.

### **(Geplante) Verwertung**

Aus dem Projekt werden sich neue Forschungs- und Entwicklungsansätze ergeben, insbesondere aus der hier geplanten Machbarkeitsstudie zu innovativen Ansätzen der ressourcenschonenden Eliminierung von Bienenpathogenen durch Plasmasterilisation. Diese im medizinischen und lebensmitteltechnischen Bereich bereits genutzte Technik hat das Potential eines auch international wettbewerbsfähigen Verfahrens und damit einer Patentierung. Die Ergebnisse werden auch wie bei anderen Tierseuchen üblich zu einer Standardisierung und Harmonisierung der AFB-Bekämpfung in Deutschland oder sogar EU-weit beitragen und damit eine substanzielle Verbesserung der Erfolgswahrscheinlichkeit sowohl der staatlichen Tierseuchenbekämpfung als auch des imkerlichen Tuns bewirken und helfen nachhaltige und präventive Gesundheitskonzepte in der Imkerei zu etablieren.

**„Entwicklung eines innovativen Membranverdunstern zur Applikation von Ameisensäuredampf in Bienenvölkern zur Bekämpfung von *Varroa destructor* (Formipenser)“**

**“Development of an innovative dispenser for the application of formic acid in honey bee colonies for the treatment of *Varroa destructor* (Formipenser)“**

**Projektlaufzeit**

15.09.2017 bis 15.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Helge Adleff  
WaldWieseHolz GmbH, Berlin

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Wolfgang H. Kirchner  
Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Biologie und Biotechnologie,  
Bochum

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des interdisziplinären Innovationsprojektes Formipenser ist die Entwicklung und Erprobung eines Ameisensäure-Dispensers (-Verdunstern) für die Bekämpfung der Varroamilben in Bienenbeuten, der mit geringem Material- und Arbeitseinsatz herstellbar ist, sich durch geringe Klimaabhängigkeit und hierdurch verbesserte Reproduzierbarkeit und Wirkungssicherheit bei guter Bienenverträglichkeit von bisherigen Geräten mit dem gleichen Einsatzgebiet unterscheidet. Der zu entwickelnde Dispenser soll außerdem eine deutlich erhöhte Anwendersicherheit im Vergleich zu den gebräuchlichen Behandlungsmethoden aufweisen. Dies soll durch das Konzept des Membranverdunstern erreicht werden, der einen Hautkontakt mit flüssiger Ameisensäure ausschließt und die Belastung der Atemluft mit Ameisensäuredampf für den Imker fast vollständig verhindert. Die Zielstellung schließt die Ausarbeitung der Anwendungsvorschriften für diesen Dispenser ein. Die Validierung soll durch Messungen der Ameisensäuredampfkonzentration in der Beute und durch Erfassung der therapeutischen Wirksamkeit erfolgen.

### Realisierung

Es werden zunächst Prototypen von Membranverdunstern entwickelt, an denen die Verdunstung von Ameisensäure sowohl in Laborversuchen als auch unter realistischen Bedingungen im Freiland und Semifreiland in Abhängigkeit vom Dispenser und von Umweltbedingungen gemessen werden. Die Wirksamkeit der Behandlung wird durch Erfassung des Milbentotenfalls während und nach der Behandlung und nach einer Res-

tentmilbung mit Oxalsäure erfasst werden. Gleichzeitig wird die Bienenverträglichkeit durch Erfassung des Bientotenfalls in Totenfallen und durch Populationsschätzungen untersucht. Auf der Basis der Ergebnisse werden die Prototypen von Membranverdunstern an die Praxisanforderungen angepasst. Für die Weiterentwicklung des Produktes zur Marktreife werden Kooperationen mit Herstellern von Polypropylenartikeln und Vermarktern von Imkereiprodukten etabliert.

### **Ergebnisse**

Projektbeginn war im Herbst 2017. Erste Prototypen für einen den Anforderungen entsprechenden Dispenser wurden inzwischen entwickelt. Derzeit werden die Messmethoden für Ameisensäuredampf im Labor und Freiland optimiert.

### **(Geplante) Verwertung**

Das hier skizzierte Vorhaben wird substantiell zur Entwicklung und Einführung einer fortschrittlichen, wirksamen, bienenverträglichen, anwendersicheren und betriebswirtschaftlich sinnvollen Bekämpfung der Varroamilbe beitragen. Das Projekt ist damit von hoher Relevanz für die imkerliche Praxis und hat ein hohes Marktpotential. Als wichtigster Vorteil wird eine von der Außentemperatur relativ unabhängige Langzeitwirkung mit relativ konstantem und optimierbarem Verlauf der Verdunstungsgeschwindigkeit erwartet. Dementsprechend soll im Projekt in einem interdisziplinären und arbeitsteiligen Verbundansatz in Kooperation zwischen einem KMU und einem bienenwissenschaftlich ausgerichteten universitären Institut nicht nur eine innovative Technik der Varroa-Bekämpfung mit Ameisensäure entwickelt und wissenschaftlich evaluiert werden, sondern explizit ein marktfähiges Produkt entwickelt werden, das Wirkungssicherheit bei gleichzeitiger Bienenverträglichkeit und Anwendersicherheit bietet.

**„Experimentelle Entwicklung einer Dienstleistung zur Kryokonservierung von Bienensamen (KryoBeeServ)“**

**“Development of a service for cryopreservation of bee semen (KryoBeeServ)”**

**Projektlaufzeit**

01.05.2016 bis 31.12.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Günter Kamp  
AMP-Lab GmbH, Münster

## Kurzfassung

### Projektziel

AMP-Lab beabsichtigt, die Kryokonservierung von Bienensamen als eine Dienstleistung anzubieten. Die wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen für eine solche Dienstleistung wurden durch das vorangegangene Verbundprojekt „Entwicklung von Kryotechniken für die Zucht von Honigbienen“ (FKZ: 2813500508) geschaffen. Aktuell ist es für Imker und Bienenzüchter aber noch nicht möglich qualitativ hochwertiges Drohnensperma ohne technische Einrichtungen einzulagern. Eine langfristige Einlagerung in flüssigem Stickstoff kann nur extern erfolgen. Um diese Möglichkeit zu schaffen, soll die vorhandene Kryo-Technik zu einer Dienstleistung ausgebaut und die Lagerfähigkeit des kryokonservierten Samens über fünf Jahre geprüft werden.

### Realisierung

In Kooperation mit dem Bieneninstitut Hohen Neuendorf (Prof. Bienefeld/Dr. Wegener) wurde ein Einfrierverfahren von Bienensamen entwickelt. Aus diesen Arbeiten entstanden zwei Produkte: AMP-Lab bietet ein Medium (BSS = Bee Semen Solution; <http://www.amplab.de/de-DE/bienenzucht.html>) an, welches sich für Behandlungen (z.B. verdünnen, waschen) von Bienensamen bewährt hat. Für Institutionen, die die apparative Ausrüstung für Kryokonservierungen im „slow freezing“-Verfahren besitzen, bietet die AMP-Lab GmbH ein Cryo-Kit an, welches die notwendigen Lösungen und Verbrauchsmaterialien für die Einlagerung von Bienensamen enthält. Eine detaillierte Gebrauchsanweisung liegt dem Cryo-Kit bei.

Auf dieser Grundlage wurde nun in Kooperation mit lokalen Züchtern versucht, die Kryotechnik auch den Züchtern zugänglich zu machen, die über keine kostenintensive Laborausstattung verfügen. Für die routinemäßige Durchführung einer Dienstleistung wird ein Standardprotokoll (SOP, standard operation procedure) erstellt, das sowohl die Vorschrift zur Anlieferung des Bienensamens durch den Züchter, des Einfrierverfahrens, der Lagerung der gefrorenen Bienensamenproben, der Reaktivierung des eingefrorenen

Bienensamens nach Lagerung und des Transportes zum Züchter als auch alle Vorschriften zur Datensicherungen enthält. Die Zusammenarbeit mit lokalen Züchtern ist für die praxisnahe Etablierung der Dienstleistung von großem Vorteil.

### **Ergebnisse**

Zunächst wurde im Labor von AMP-Lab in Kooperation mit der Firma IMV-Technologies eine Slow-Freezing Kryo-Anlage etabliert. Gegenüber dem ursprünglichen Verfahren des Cryo-Kits wurden zahlreiche Änderungen vorgenommen. Es wurde ein neues Dialysesystem entwickelt und ein Dialysetab gebaut, mit dem geringe Volumina ( $>20 \mu\text{L}$ ) des unverdünnten Bienensamens weitgehend verlustfrei dialysiert werden können. Das luftblasenfreie Füllen des Dialyseschlauches und das Entnehmen des Bienensamens nach Dialyse ist wesentlich für eine erfolgreiche Lagerung. Mit dem neuen Verfahren lässt sich dies erheblich einfacher und sicherer durchführen. Durch Wechsel des Kryogefäßes konnte auch das luftblasenfreie Umfüllen des dialysierten Bienensamens vereinfacht werden. Das neue Kryogefäß erlaubt, weiterhin aus einer eingefrorenen Probe sequentiell kleinere Probenvolumina zu entnehmen, ohne die gesamte Probe aufzutauen. Nach Lagerung muss der aufgetaute Bienensamen erneut dialysiert werden, um das Kryoprotektivum zu entfernen und die Spermien zu reaktivieren. „Bee Semen Solution“ (BSS) ist weiterhin Basis für das Dialysemedium und das Reaktivierungsmedium. Es werden keine Antibiotika und keine Hormone eingesetzt.

Mit diesem Verfahren wurden Bienensamenproben 2016 eingefroren und im Juni dieses Jahres aufgetaut, reaktiviert und Königinnen inseminiert. Die Ergebnisse werden im Oktober 2018 vorgestellt.

Für den Transport von Bienensamen wird aktuell der Expresstransport bei konstanter Temperatur in zwei ausgewählten kommerziell erhältlichen Thermoboxen geprüft. Der Transport des Bienensamens vor und nach Kryolagerung soll auch bei sommerlichen Temperaturen über 20 Stunden bei  $17^\circ\text{C}$  möglich sein. Die Ergebnisse werden ebenfalls im Oktober 2018 vorgestellt.

Um ein Vertauschen der Proben zu verhindern, wird jede mit unverdünntem Bienensamen gefüllte Kapillare vom Bienenzüchter etikettiert und zusätzlich auf einem mitgesendeten Datenblatt dokumentiert. Das Datenblatt wird zusammen mit der Thermobox, die die Proben enthält, an AMP-Lab versendet. AMP-Lab lässt dem Einsender eine digitale Bestätigung des Probeneingangs mit dem Qualitätsvermerk über die Einfriertauglichkeit der Proben zukommen. Der Züchter kann anschließend entscheiden, ob die Proben eingefroren werden sollen und den Zeitpunkt der Probenreaktivierung bestimmen.

Die Überprüfung der Qualität des Bienensamens erfolgt durch fluoreszenzmikroskopische Aufnahmen. Hierfür ist nur  $1 \mu\text{l}$  Probenmaterial erforderlich. In einer stark mit BSS verdünnter Samenprobe sollten die vereinzelt Spermien kreisförmig vorliegen und bei einer Lebend-Tod-Färbung möglichst keine Membranschäden zeigen (siehe Abbildung 1, blau gefärbtes Chromatin).

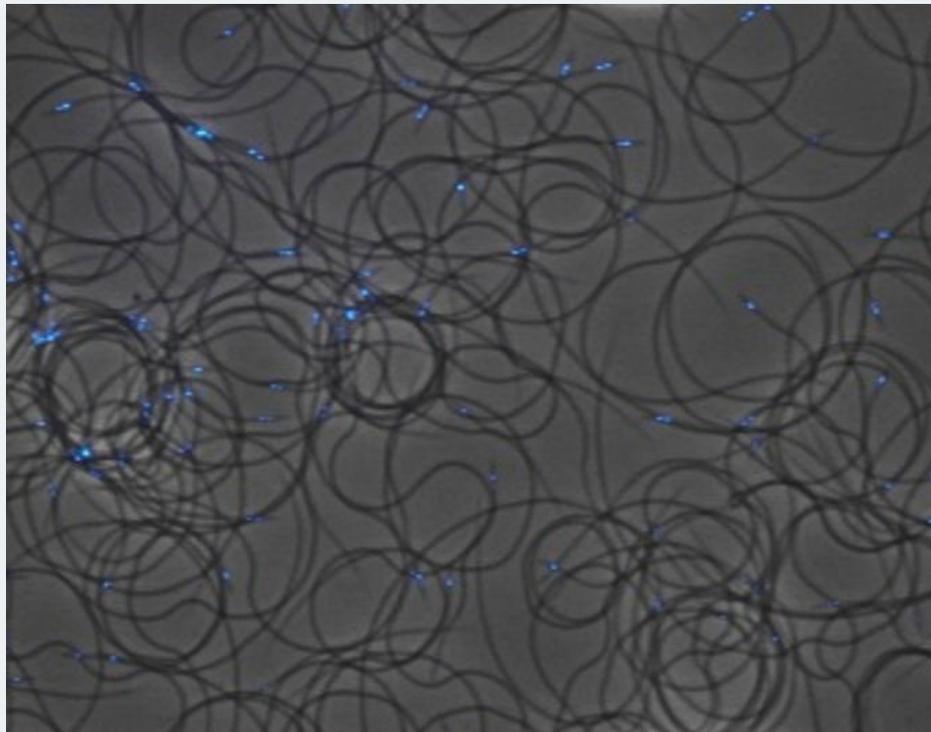


Abbildung 1: Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme von intakten Bienenspermien (blaue Färbung).

Im nur geringfügig verdünnten Samen sollten die Spermien aber in Clustern zusammenhängen und nach Erwärmen starke Motilität zeigen (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: QR-Code mit Link zu Video mit beweglichen Spermien im Bienensamen.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Dienstleistung KryobeeServ soll 2019 marktreif sein. Nach erfolgreichem Abschluss des Projekts wird ein Kryoverfahren vorliegen das für eine einjährige Lagerung validiert ist. Über die Projektphase hinaus werden weiterhin jedes Jahr eingelagerte Bienenspermaproben auf Fertilität geprüft, so dass im Jahr 2022 die Prüfung für fünf Jahre gelagertes Spermia vorliegt. Schulungen zur instrumentellen Besamung werden am Bieneninstitut Hohen Neuendorf durchgeführt werden.

### „Botanische, zoologische und geographische Identifizierung von Honigtauho- nig (BoogIH)“

### “Botanical, zoological and geographic identification of honeydew honey (BoogIH)“

#### Projektlaufzeit

01.04.2016 bis 31.12.2019

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Annette Schroeder

Universität Hohenheim, Landesanstalt für Bienenkunde, Stuttgart

#### Verbundpartner

TU Dresden, Dresden

Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal

HYDROISOTOP GmbH, Schweitenkirchen

Intertek Food Services GmbH, Bremen

## Kurzfassung

### Projektziel

Honigtauhonige, bekannt als Wald-, Fichten und Tannenhonige, gehören aufgrund ihres würzigen Geschmacks zu den in Deutschland am stärksten nachgefragten Honigsorten. Honigtauerzeuger stechen die Siebröhren der Wirtspflanze an, um sich vom Phloemsaft zu ernähren. Bis zu 99 % des im Phloemsaft enthaltenen Zuckers werden anschließend als Honigtau wieder ausgeschieden. Im Verdauungstrakt der unterschiedlichen Honigtauerzeuger erfährt der Phloemsaft eine spezifische Veränderung seiner ursprünglichen Zusammensetzung. Durch die Honigbiene (*Apis mellifera* L.) erfolgt bei der anschließenden Honigbereitung eine weitere enzymatische Aufspaltung des Honigtaus zu Honigtauhonig.

Der Verbraucher und die Lebensmittelüberwachung stellen Anforderungen an die Reinheit des Produkts, bislang stehen zur Differenzierung der Honigtauhonige jedoch keine chemischen Analysemethoden zur Verfügung. Die mikroskopische Pollenanalyse (Melissopalynologie) ist bisher die entscheidende Methode zur Identifizierung der botanischen Herkunft von Blütenhonig. Sie kann aber nicht zur Identifizierung der botanischen Herkunft von Honigtauhonig genutzt werden, da die über Sekundärbestäubung in Honigtauhonigen auftauchenden Begleitpollen aus Blühpflanzen keine Rückschlüsse auf die botanische Herkunft des Honigtaus zulassen. Länderspezifische Zuordnungen er-

folgen ansatzweise über melissopalynologische Analysen, lokale und regionale Abgrenzungen sind jedoch nur in begrenztem Maße möglich. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Referenzmethoden für authentische Tannen-, Fichten- und Waldhonige aus verschiedenen Regionen zu erarbeiten, um diese Honige von Honigen anderen geographischen und botanischen Ursprungs anhand objektiver, chemisch-analytischer Parameter abzugrenzen.

### Realisierung

- » Gewinnung authentischer Honigtauproben und Honigtauhonige und Analyse mit HPAEC-PAD, SPE-UHPLC-DAD-MS/MS, HS-SPME-GC/MS.
- » Erarbeitung und Isolierung potentieller Markersubstanzen.
- » Analysen auf Grundlage der Multielement-Isotopengehaltsbestimmung und mittels Protonen-Kernresonanzspektroskopie ( $^1\text{H-NMR}$ ) um die geografische Herkunft sowohl regional als auch international zu erfassen.

### Ergebnisse

Es konnten bereits mehr als 450 authentische Honigtauproben von 15 verschiedenen Honigtauerzeugern und 7 Baumarten gesammelt und 160 einheimische Honige beschafft und zur Analyse bereitgestellt werden. Die bisher untersuchten Baumarten transportieren nur Saccharose im Phloemsaft. Honigtauerzeuger bilden daraus zahlreiche neue Zucker und scheiden diese im Honigtau aus. Dieser zeigt in Abhängigkeit von der Lausart ein spezielles Zuckerspektrum. Ein Vergleich von verschiedenen Lausarten auf Fichte bzw. Tanne zeigt ebenfalls, dass der Honigtau ein unterschiedliches Zuckerspektrum aufweist. Lausarten auf Fichte produzieren u.a. größere Mengen Melezitose, während Lausarten auf Tanne u.a. größere Mengen Erlose produzieren. Das Aminosäurespektrum im Honigtau ist dagegen weniger stark von der Lausart abhängig.

Zusätzlich wurden bisher 372 ausländische Honigtauhonige, zum Großteil aus Tschechien und der Türkei und vereinzelt aus Slowenien, Österreich und Griechenland, für das Projekt beschafft. Alle Proben wurden mit verschiedenen Analysemethoden auf Authentizität getestet und nur authentische Proben wurden als Referenzproben weiter untersucht. Da es sich bei den türkischen Proben ausschließlich um Pinienhonige handelte, konnten geografische von botanischen Komponenten mittels NMR-Spektroskopie statistisch nicht getrennt werden. Eine einfache Hauptkomponentenanalyse des gesamten Probenaufkommens lässt jedoch eine schnelle und einfache Trennung der mitteleuropäischen von den türkischen Proben zu (Konfidenzintervall > 95 %). Eine undifferenzierte statistische Gruppierung der tschechischen, slowenischen und deutschen Spektren ist erwartungsgemäß aufgrund der ähnlichen botanischen Gegebenheiten nicht möglich. Eine detaillierte Modellierung und Auswahl der spektralen Bereiche soll im nächsten Schritt vorgenommen werden, um eine statistische Trennung der mitteleuropäischen Herkünfte zu erreichen.

Für die Untersuchung der Herkunft von Honigen wird zusätzlich eine auf einem geographischen Informationssystem (GIS) basierte Datenbank aufgebaut, die als Parameter die Isotopenverhältnisse des Kohlenstoffs, Stickstoffs, Schwefels, Wasserstoffs und des Strontiums umfasst. Die bislang durchgeführten Analysen für Baden-Württemberg zeigen für Kohlenstoff und Wasserstoff nicht differenzierbare Wertebereiche für die verschiedenen Naturräume, vermutlich aufgrund zu ähnlicher klimatischer Verhältnisse und Pflanzenwirtsarten für den Honigtau. Die Schwefelisotopengehalte erlauben bei genauerer Betrachtung eine Unterscheidbarkeit von einzelnen Naturräumen innerhalb von Baden-Württemberg. Aufgrund der geologischen Unterschiedlichkeit trägt auch die Strontium Isotopie zu einer Differenzierbarkeit einzelner Naturräume bei.

Zur Differenzierung von Honigtauhonigsorten wurde eine neue Multimethode zur Extraktion verschiedener nichtflüchtiger Honigbestandteile entwickelt, die die bereits im Arbeitskreis etablierte Methode zur Extraktion und Analytik der phenolischen Inhaltsstoffe mittels SPE-UHPLC-DAD-MS/MS nach OELSCHLÄGEL (2013) um weitere Stoffklassen erweitert. Mit dieser Methode wurden 17 Fichtenhonige, 14 Tannenhonige und 11 Pinienhonige analysiert und durch Vergleich der chromatographischen Profile potentielle Markersubstanzen mittels multivariater Datenanalyse herausgearbeitet. Die Diskriminanzanalyse mit neun pflanzenspezifischen Markern ermöglichte erstmals eine eindeutige Abgrenzung nicht nur der Pinienhonige, sondern auch der Fichten- und Tannenhonige voneinander. Mit diesem Modell wurden dann 26 Handelsproben analysiert; fünf Proben erwiesen sich dabei als falsch deklariert.

#### **(Geplante) Verwertung**

Wir werden erstmals Analyseverfahren entwickeln, mit denen wir sowohl sortenreine Honigtauhonige unterschiedlichen Trachtpflanzen und unterschiedlichen Honigtauerzeugern zuordnen als auch Mischungen daraus genau spezifizieren können und damit durch verlässliche Deklarationen die Vermarktung von Honigtauhonigen fördern.

Wir entwickeln über Isotopen-MS und Protonen-Kernresonanzspektroskopie (NMR) Methoden zur botanischen, zoologischen und geografischen Herkunft von Honigtauhonigen und kombinieren moderne Technologien der IRMS Technik mit neuen Untersuchungsverfahren, die nach Honiginhaltsstoffen mit Markerpotential suchen. Das wirkt sich positiv auf die Effektivität und die Durchführbarkeit des Herkunftsnachweises aus.

Die Erfahrungen und technischen Entwicklungen aus unserem Projekt erlauben eine direkte Übertragung der Kenntnisse auf andere Lebensmittel- und Pflanzenprodukte mit ähnlichem Background (z.B. Holz oder Pflanzenrohstoffe).

# Sektion 3: Pflanzenzüchtung I

„Molekulare Charakterisierung unterschiedlicher TRV-Herkünfte und Analyse der Wechselwirkungen von Virus, Nematode und Kartoffelsorte als Basis für die Resistenzzüchtung (STEP-4-STEP)“

“Molecular characterization of different TRV isolates and analyses of the interactions between virus, nematode and potato to improve resistance breeding (STEP-4-STEP)”

#### Projektlaufzeit

11.04.2017 bis 10.04.2020

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Hans-Reinhard Hofferbert

Böhm-Nordkartoffel Agrarproduktion GmbH & Co. OHG, Ebstorf

#### Verbundpartner

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Münster; Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Braunschweig

NORIKA Nordring-Kartoffelzucht- und Vermehrungs-GmbH, Groß Lüsewitz

SaKa Pflanzenzucht GmbH & Co. KG Zuchtstation, Windeby

#### Assoziierter Partner

Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V. (GFPI), Bonn

## Kurzfassung

### Projektziel

Das durch pflanzenparasitäre Nematoden der Gattungen *Trichodorus* und *Paratrichodorus* übertragene *Tobacco rattle virus* (TRV) verursacht die viröse Eisenfleckigkeit an Kartoffeln (siehe Abbildung 1). Die derzeit möglichen Maßnahmen zur Reduzierung der Eisenfleckigkeit sind die Wahl von Kartoffelsorte und Anbauverfahren. Dies erfordert eine gute Kenntnis des auftretenden Nematodenspektrums, des TRV Isolates sowie der

Interaktion von TRV, Nematode und Kartoffelgenotyp. Es ergeben sich folgende Projektziele: 1) Erfassung der primär auftretenden *Trichodorus* und *Paratrichodorus*-Arten, 2) Charakterisierung der molekularen Eigenschaften regional verschiedener TRV-Isolate sowie deren Pathogenität, 3) Optimierung der RT-PCR zur TRV Analytik und 4) Einfluss von Kartoffelgenotyp und Standort auf die TRV-Genomvariabilität.



Abbildung 1: Symptome der virösen Eisenfleckigkeit an Kartoffeln. Foto: K. Lindner.

### Realisierung

Im Rahmen dieses Projektes beurteilen die Kartoffelzüchter in 3-jährigen Feldversuchen an 6 Standorten verschiedene Kartoffelgenotypen auf TRV bedingte Schäden. Gleichzeitig werden an den JKI Instituten die Art und Besatzdichte der als Vektoren relevanten *Paratrichodorus*- und *Trichodorus*-Arten erfasst sowie die vorkommenden TRV-Isolate charakterisiert.

Aufgrund der großen Heterogenität des TRV-Genoms in unterschiedlichen TRV-Isolaten ist anzunehmen, dass die Isolate auch unterschiedlich pathogen sind. Mittels Sequenzvergleichen werden die TRV Isolate verschiedenen Gruppen zugeordnet und an Kartoffeln hinsichtlich ihrer Pathogenität charakterisiert. Weiterhin wird untersucht, ob Kartoffelgenotyp und Versuchsstandort die TRV-Genomvariabilität und ggf. die Intensität der Eisenfleckigkeit beeinflussen. In Gewächshausversuchen soll mit der Erstellung von Nematodenreinkulturen die Widerstandsfähigkeit unterschiedlicher Kartoffelgenotypen hinsichtlich verschiedener TRV-Isolate ermittelt werden.

### Ergebnisse

Die Besatzdichte der Trichodoriden in den Züchterversuchen (6 Versuche  $\times$  15 Kartoffelgenotypen  $\times$  4 Wiederholungen) wurde mittels modifizierter Baermann-Trichter-Methode bestimmt. Die Besatzdichten schwankten zwischen 0 und 63 Tieren/100 ml Boden. Die mittlere Besatzdichte betrug 7 Tiere/100 ml Boden. Die am häufigsten auftretenden Trichodoriden wurden mikroskopisch bestimmt (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Zur Artbestimmung der Trichodoriden genutzte Merkmale: Spikularegion eines Männchens (links), Vulvaregion eines Weibchens (mitte) und Mundstachellänge (rechts). Fotos: Hallmann und Hieronymus.

Die vorherrschende Art war *Trichodorus primitivus* gefolgt von *Paratrichodorus pachydermus*, *T. viruliferus* und *T. cylindricus* (siehe Abbildung 3). Mit Ausnahme von Standort 2 kamen auf den verschiedenen Flächen zwei bis drei Arten gleichzeitig vor. Auf Standort 2 trat mit 6 Arten die insgesamt höchste Diversität an Trichodoriden auf.

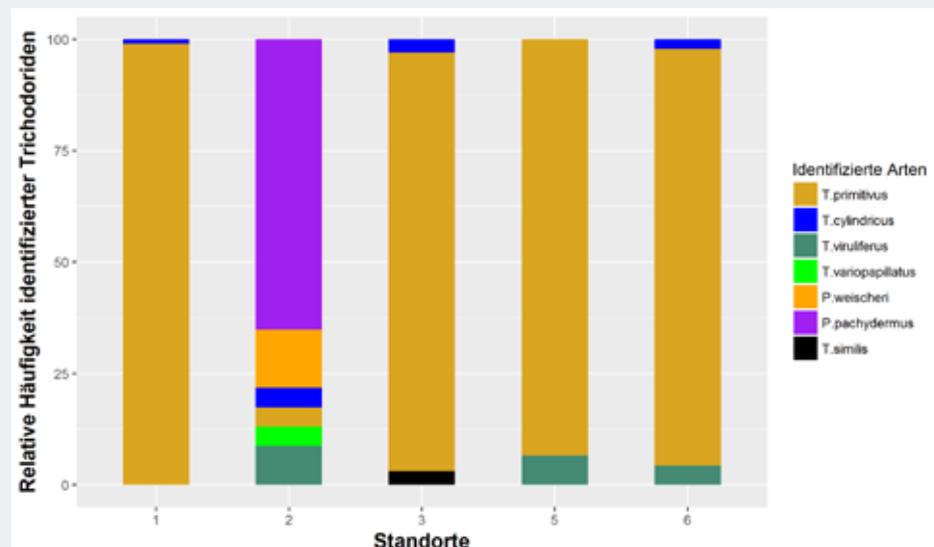


Abbildung 3: Relative Häufigkeiten von *Paratrichodorus*- und *Trichodorus*-Arten auf den untersuchten Flächen.

Die TRV-Nachweismethode wurde optimiert, sodass eine Zuordnung der vorherrschenden Virusisolate zu spezifischen Gruppen möglich war. TRV Isolate eines Kartoffelgenotyps und eines Standortes entsprachen einem Genommuster. TRV Isolate unterschiedlicher Standorte wiesen zum Teil unterschiedliche Genommuster auf.

Um die Pathogenität unterschiedlicher TRV-Isolate an Kartoffeln differenzieren zu können, werden Gewächshaustests entwickelt. Als Bewertungskriterium konnte der Anteil Pflanzen mit TRV-infizierten Wurzeln 4 bis 12 Wochen nach dem Pflanzen erarbeitet werden.

Die Züchterversuche ergaben deutliche Unterschiede im Befallsniveau der Standorte. Zum Abgleich und zur Bestätigung der visuellen Ergebnisse wurde ein RT-PCR-basierter Nachweis von TRV an befallenen Knollen durchgeführt.

Bei der Resistenzbewertung wurde zum einen der Befallsgrad und der prozentuale Befall für die phänotypische Resistenzbonitur der Sorten verglichen. Es zeigte sich, dass eine prozentuale Bestimmung des Befalls zur Feststellung der Sortenresistenz ausreichend ist.

Die festgestellte TRV-Resistenz der geprüften Sorten entsprach der von den Züchtern erwarteten Einstufung. Lediglich in einem Fall wich die Sortenresistenz einer Sorte nachhaltig von der Einschätzung der Züchter ab.

Die Züchter haben von allen Standorten und Parzellen visuell befallene TRV-Knollen an das JKI-BS zur Isolatanalyse weitergeleitet. Des Weiteren wurden Kreuzungen zwischen TRV-resistenten Kartoffelsorten mit unterschiedlichem genetischen Hintergrund durchgeführt.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die Untersuchungen leisten einen Beitrag zur Verbesserung und Sicherung der Erträge und Qualitäten von Kartoffeln basierend auf einer erhöhten Resistenz/Toleranz von Kartoffeln gegenüber dem Erreger der Eisenfleckigkeit. Die gewonnenen Erkenntnisse und etablierten Methoden sollen für eine bessere Bekämpfung der Eisenfleckigkeit in der Praxis etabliert werden. Die Ergebnisse fließen zudem in die Züchtung TRV-resistenter bzw. toleranter Genotypen mit ein.

**„Förderung des nachhaltigen Zwischenfruchtanbaus durch breit wirksame Kohlhernieresistenz in Ölrettich (RAPHKORE)“**

**“Supporting the sustainable use of the break crop oil radish with broad-spectrum clubroot resistance (RAPHKORE)“**

**Projektlaufzeit**

01.09.2016 bis 31.08.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Elke Diederichsen  
Freie Universität Berlin, Institut für Biologie – Angewandte Genetik, Berlin

**Verbundpartner**

Michaela Schlathölter  
P.H. Petersen Saatzucht Lundsgaard GmbH, Grundhof

Dr. Jon Falk  
SAATEN-UNION BIOTEC GmbH, Leopoldshöhe

**Assoziierter Partner**

Stefan Lütke Entrup  
Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovationen e.V. (GFPI), Bonn

## Kurzfassung

### Projektziel

Hauptergebnis des Projekts sollen Ausgangslinien des Ölrettichs sein, die eine zuverlässige Kohlhernieresistenz besitzen und zur Entwicklung neuer, resistenter Sorten genutzt werden können. Um den Einsatz des Ölrettichs als nachhaltige Zwischenfrucht und zur Biofumigation langfristig zu fördern, sollen durch Kreuzungen verschiedene Kohlhernieresistenzloci in Ölrettich kombiniert werden, die eine breite und langfristig wirksame Kohlhernieresistenz erzielen. Zur Unterstützung des Zuchtverfahrens soll die Markertechnologie in dieser Kulturart etabliert und für dieses wichtige Zuchtziel angewandt werden.

### Realisierung

Innerhalb der Gattung Raphanus soll in Sorten und Genbankherkünften nach Resistenzquellen gesucht werden, deren Kohlhernieresistenz im Rahmen des Projekts eingehender charakterisiert und genutzt werden soll. Hierfür soll v.a. ein spezifisch Raphanus-virulentes Isolat benutzt werden. Genetische und differentialdiagnostische Untersuchungen

sollen zeigen, ob in Raphanus Resistenzquellen identifiziert werden können, die sich zur Pyramidisierung mit der in Ölrettich schon bekannten Kohlhernieresistenz eignen.

Zudem soll Resistenz aus einer verwandten Gattung (*Brassica napus*), die vor allem gegenüber einem für die meisten Raphanus-Sorten virulenten Erregerisolat wirksam ist, durch intergenerische Kreuzungen in den Ölrettich eingeführt werden. Für diese schwierige Kreuzung werden *embryo rescue* Verfahren eingesetzt, die den Kreuzungserfolg erhöhen sollen. Resistente Gattungshybriden werden im Bioassay selektiert, um mit diesen Pflanzen ein Rückkreuzungsprogramm zu beginnen.

Ferner soll ein artspezifisches Markerset für die Ölrettichzüchtung etabliert und diese Technologie zunächst eingesetzt werden, um molekulare Marker für verschiedene Kohlhernieresistenzloci zu identifizieren und züchterisch zu nutzen.

### **Ergebnisse**

Es wurden mehr als 800 Raphanus-Akzessionen gescreent; die Ergebnisse sind in Abbildung 1 wiedergegeben. Ein kleiner Anteil der Akzessionen zeigte Resistenz gegenüber dem hoch-virulenten Isolat ‚ÜR14‘. Resistente Einzelpflanzen wurden selektiert und deren Nachkommenschaft wiederholt getestet. Oft waren diese Nachkommenschaften resistenter als die Ausgangspopulation. Um die Häufigkeit von Raphanus-virulenten Erregerisolaten zu prüfen, wurden bislang 12 weitere Isolate aus Rettichanbau gesammelt, die bislang getesteten zeigten allerdings keine deutliche Virulenz gegenüber Raphanus-Wirten.

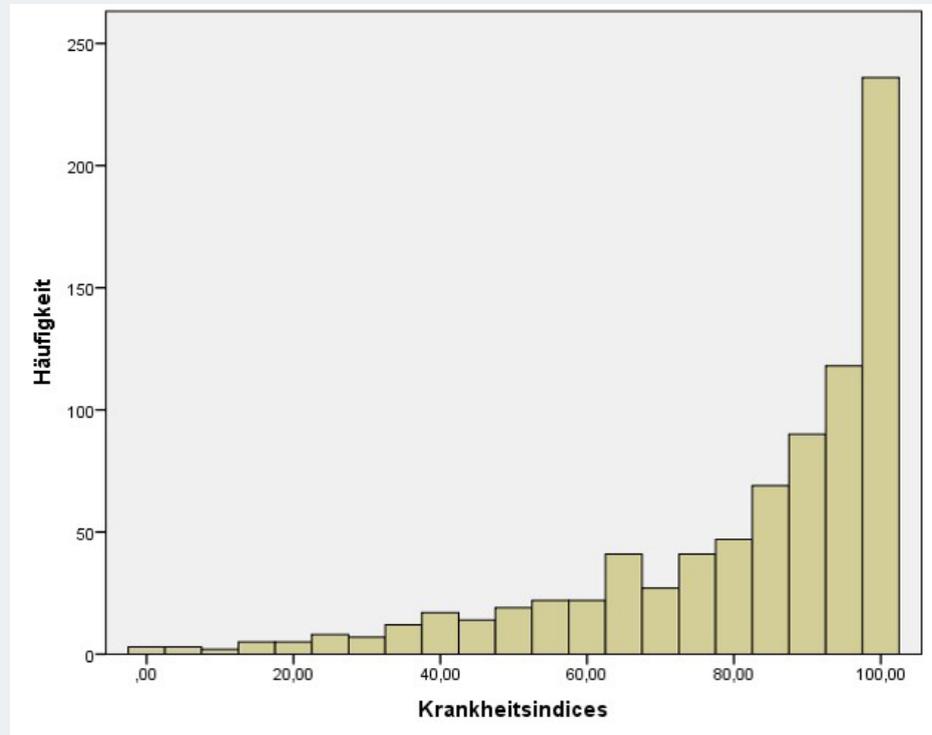


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Befallsergebnisse im Raphanus-Screening mit dem hoch-virulenten *Plasmiodiophora brassicae* Isolat ‚ÜR14‘.

Die Kreuzungen (Raps x Raphanus) verliefen sehr erfolgreich, es konnten mehr als 100 intergenerische Hybriden erzeugt werden (siehe Abbildung 2), deren Hybridcharakter mittels Markeranalyse bestätigt wurde. Klonpflanzen der Hybride wurden auf Resistenz getestet, dabei zeigte die Hälfte der Pflanzen die erwartete Resistenz gegenüber Isolat ‚ÜR14‘, die in diesem Fall aus Raps stammt.



Abbildung 2: Pflanzliche Embryonen aus der Kreuzung (Raps x Raphanus) keimen auf MS-Medium.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Einsatzmöglichkeiten des Ölrettichs werden durch eine zuverlässige Kohlhernieresistenz beträchtlich erweitert, so dass diese Frucht ihre zentrale Rolle für die Zwecke des Greenings besser entfalten kann. Damit tragen verbesserte Ölrettichsorten zu größerer Nachhaltigkeit im landwirtschaftlichen Anbau bei und helfen, die zentrale Ressource der Landwirtschaft, den Boden, langfristig und effizient nutzen zu können. Die Saatzucht Petersen soll zudem im Rahmen des Innovationstransfers in die Lage versetzt werden, die Züchtung auf Kohlhernieresistenz langfristig eigenständig bearbeiten zu können, in dem das Bioassay-Verfahren und die Nutzung von molekularen Markern im Zuchtbetrieb etabliert werden.

**„Multiresistente Vitis-Unterlagen - Entwicklung innovativer, international wettbewerbsfähiger Unterlagen für den Weinbau der nördlichen Anbauregionen (MureViU)“**

**“Multi resistant Vitis rootstocks – development of innovative, international competitive rootstocks for northern wine growing regions (MureViU)“**

**Projektlaufzeit**

01.05.2017 bis 30.04.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Reinhard Töpfer

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof, Siebeldingen

**Verbundpartner**

Hochschule Geisenheim University (HGU), Institut für Rebenzüchtung, Geisenheim

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz (DLR), Institut für Phytomedizin, Neustadt/Weinstraße

Universität Bielefeld (UniBi), Fakultät für Biologie & CeBiTec - Lehrstuhl für Genomforschung, Bielefeld

**Assoziierter Partner**

Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V. (GFPI), Bonn

## Kurzfassung

### Projektziel

Aufgrund der Einschleppung der Reblaus nach Europa im 19. Jahrhundert ist der Weinbau auf die Pfropfung edler Weinreben auf speziell gezüchtete Unterlagsreben angewiesen, da die Wurzeln unserer heimischen Reben hoch anfällig gegenüber der Reblaus sind. Weiterhin leben virusübertragende Nematoden im Boden, saugen an den Wurzeln der Unterlagsreben und übertragen so Viren. Im Projekt „Multiresistente Vitis-Unterlagen“ (MureViU) ist eine Verbesserung der Resistenzeigenschaften bei Unterlagsreben und eine höhere Effizienz in der Züchtung das Ziel. Genetische Ressourcen werden hinsichtlich Reblaus- und Nematodenresistenz und tieferreichender Wurzeln (Trockentoleranz) untersucht. Aus umfangreichem Pflanzenmaterial der für die Unterlagenzüchtung wichtigen nordamerikanischen Wildart *V. berlandieri* soll basierend auf phänotypischen und genotypischen Ergebnissen eine Core-Collection erstellt werden. Der Aufbau und Einsatz von Hochdurchsatzmethoden zur Phänotypisierung der Wurzelarchitektur ermög-

licht erstmalig ein Screening von Kartierungspopulationen mit dem Ziel der Erstellung molekularer Marker für die Züchtung. Die verstärkte Anwendung molekulargenetischer Methoden für eine effizientere Züchtung wird zudem durch die Genomsequenzierung der Unterlagsorte 'Börner' (*Vitis riparia* x *V. cinerea*) gezielt gefördert.

### Realisierung

Ausgehend vom vorhandenen Know-How der Partner wird das Wissen über die Genetik der Bewurzelung und der Resistenz gegenüber abiotischem und biotischem Stress in einem interdisziplinären Verbund aus Forschungsinstituten, Hochschulen und Rebveredlungsbetrieben erweitert. Die Resultate können in diesem Verbund aus Grundlagenforschung, angewandter Züchtung und Praxisbetrieben bestmöglich analysiert, kombiniert und letztendlich auch verwertet werden. Durch die Analyse von Populationen mit der Rebutterlage 'Börner' und den Wildarten *Vitis riparia* und *Vitis berlandieri* in Topfversuchen, Rhizotronen und im Freiland sollen beispielsweise molekulare Marker für schnelle Adventivwurzelbildung und Wurzelarchitektur identifiziert werden. Diese molekularen Marker machen anschließend eine Frühselektion von Zuchtmaterial möglich, wodurch die Effizienz der Unterlagszüchtung enorm gesteigert werden kann. Die Identifizierung neuer Resistenzen gegen die Reblaus und die virusübertragenden Nematoden der Art *Xiphinema index* wird durch Screening bekannter Unterlagen und Wildarten amerikanischen Ursprungs in Labor-, Gewächshaus- und Freilandversuchen realisiert. Weiterhin wird im Verlaufe des Projekts Basismaterial mit den bereits bekannten Resistenzen gegen die Reblaus und *Xiphinema index* im genetischen *Vitis vinifera*-Hintergrund erstellt und damit der Unterlagenzüchtung einfacher zugänglich gemacht.

### Ergebnisse

Das Projekt hat im Jahr 2017 begonnen und bisher wurden in vielen Versuchsteilen Methoden und Protokolle etabliert und Daten aus einer Vegetationsperiode erhoben. An der HGU wurde die *V. riparia* x *V. berlandieri* Kreuzungspopulation erstellt und angezogen.

Für die Phänotypisierung des Wurzelwachstums und der Wurzelarchitektur wurde am JKI ein dem Züchtungsbedarf angepasstes, einfaches aber effizientes Rhizotronsysteem entwickelt. Dadurch, dass die Rhizotrone aus preisgünstigen Materialien bestehen, konnten große Stückzahlen hergestellt und parallele Versuche mit Stecklingen verschiedener Genotypen durchgeführt werden. Die bewurzelten Stecklinge wurden fotografiert. Nach einer Bildanalyse mit speziellen Computerprogrammen konnten bereits in den ersten Testläufen Unterschiede in der Wurzelarchitektur zwischen verschiedenen Genotypen festgestellt werden.

Die nordamerikanische Wildart *V. berlandieri* stellt für die Unterlagszüchtung eine besonders wichtige genetische Ressource dar, weil sie eine sehr hohe Kalkverträglichkeit aufweist. Die HGU verfügt über umfangreiches *V. berlandieri*-Pflanzenmaterial von einer Sammelreise, aus der eine Core-Collection erstellt werden soll. Für die Entwicklung einer Core-Collection wurden an der HGU phänotypische Parameter erhoben. Zusätzlich

wurden am JKI etwa siebenhundert *V. berlandieri*-Akzessionen mit zwei SSR-Markern pro Chromosomenarm genotypisiert. Diese Daten stellen die Basis für die Berechnung der Core-Collection dar, die ein Maximum an genetischer Vielfalt in einem Minimum an Individuen umfassen soll und dadurch die sichere Erhaltung der genetischen Vielfalt von *V. berlandieri* für die künftige Züchtung in Deutschland ermöglicht.

Erste Analysen deuten weiterhin darauf hin, dass mit neuen, noch unbekanntem Reb-  
lausresistenzen in diesem *V. berlandieri*-Material zu rechnen ist. Weiterhin wurden *Vitis labrusca*-Wildarten am DLR auf Nematodenresistenz evaluiert und es scheint einige Akzessionen zu geben, die resistent gegenüber *Xiphinema index* sind.

Die erste Genomsequenz von *V. vinifera* (PN40024) im Jahr 2007 hatte zu einem verstärkten Einsatz molekularer Methoden und einem vertieften Verständnis von Gen-Merkmalbeziehungen in der Edelreiszüchtung geführt. Die fragmentierte Genomsequenz der Unterlagssorte und Arthybride 'Börner' (*V. riparia* x *V. cinerea*) soll daher vervollständigt, in beide Phasen getrennt werden und als Grundlage für die genetische Erschließung der in der Unterlagszüchtung verwendeten Wildarten dienen. Mit der neuen PacBio-Sequenzieretechnik wurden etwa 200 GB Sequenzdaten von 'Börner' erhoben, die mit drei verschiedenen Programmen assembliert wurden. Da die Ergebnisse hinsichtlich der Phasentrennung sehr unterschiedlich sind erfolgt nun noch eine Evaluierung mit weiteren bioinformatischen Methoden.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die in MureViU zu erwartenden, neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse, Daten und Zuchtstämme werden in das Unterlagenzuchtprogramm an der HGU Einzug finden. Dadurch wird sich die Züchtungsdauer verkürzen und zukünftige Unterlagssorten werden eine höhere genetische Diversität und eine höhere Resistenz gegen Schadorganismen besitzen und sich durch bessere Anpassung an aktuelle Herausforderungen auszeichnen. Von diesen Unterlagssorten wird langfristig der gesamte Weinbau profitieren.

**„Frühe Selektion von anbautechnisch effektiven Apfelwuchsformen für die Produktion von Wirtschaftsobst für die Fruchtsaftindustrie (Wuchsform)“**

**“Early selection of economically effective growth types of apple trees for the production of cider apples for the fruit juice industry (Growth habit)“**

**Projektlaufzeit**

01.11.2016 bis 31.10.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Peter Braun (Projektkoordinator)

Prof. Dr. Max.-B. Schröder, Dr. Bastienne Brauksiepe

Hochschule Geisenheim, Institut für Obstbau; Institut für Botanik, Geisenheim

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des geplanten Vorhabens ist es, eine schnelle und zuverlässige Selektion von für den Anbau besonders geeigneten Wuchsformen des Kolumnarapfels schon kurz nach der Aussaat zu erreichen. Damit wird eine zeitnahe Einführung eines effektiven und wirtschaftlich tragfähigen Anbausystems ermöglicht, die eine standortnahe, also regionale Produktion von Wirtschaftsobst für die Fruchtsaftindustrie auf Dauer sichert. Weiterhin wird damit auch für die Anbauer eine wirtschaftliche Einkommensalternative geschaffen.

### Realisierung

Als Teil der Vorarbeiten wurden zwei unabhängige Kreuzungspopulationen aus einem heterozygot kolumnaren und einem normalwüchsigen Elternteil erstellt (erwartetes Ergebnis jeweils 50 % heterozygot kolumnar, 3 Bäume je Nachkomme, ca. 300 Individuen in jeder Kreuzungsnachkommenschaft). Die Bäume wurden im Winter 2017/18 das erste Mal phänotypisiert. Die Genotypisierung erfolgte mittels eines random tagging Genotyping by Sequencing (rtGbS) Ansatzes, einem anschließenden Next generation sequencing (NGS), dem „alignment“ mit dem Referenzgenom und einer SNP Detektion. Zurzeit wird an der „genome wide association study“ (GWAS) mit den Daten aus der Phänotypisierung gearbeitet, um Quantitative Trait Loci (QTLs) für die Ausprägung der Wuchsform zu ermitteln. Anhand einer weiteren und unabhängigen Testnachkommenschaft werden die Ergebnisse validiert. Um die Arbeiten möglichst intensiv zu nutzen, bestand diese letzte Nachkommenschaft aus einer Kreuzung aus einer Sorte, die extrem empfindlich gegenüber einer Pilzkrankheit, dem Obstbaumkrebs (*Neonectria ditissima*) ist, und einer hoch toleranten Sorte. Hier erfolgten im Winter 2017/18 eine künstliche Infektion mit dem Pilz und eine Phänotypisierung im Frühjahr/Sommer 2018.

### **Ergebnisse**

Die Ergebnisse aus dem sogenannten SNP-calling sind zufriedenstellend. Dies liegt vor allem daran, dass sehr strikte Regeln für die sichere Detektion eines SNPs anzuwenden sind und nur mit den sehr sicheren weiter gearbeitet werden soll. In einem nächsten Schritt sollen mögliche Ansätze zur Verbesserung der Karten erarbeitet werden.

Sowohl die Phänotypisierung der Wuchsform als auch die der Toleranz gegenüber Obstbaumkrebs ist sehr gut verlaufen mit einer jeweils sehr klaren Bandbreite der Daten. Vorgestellt werden diese ersten Ergebnisse.

### **(Geplante) Verwertung**

Ziel ist es, die Züchtung in dem viel versprechenden Bereich der Kolumnarbäume möglichst effektiv und zielgerichtet zu gestalten. Um die ökonomisch vorteilhaften Wuchsformen schon im Sämlingsstadium kurz nach der Aussaat zu selektieren, werden QTLs identifiziert, die mit der gewünschten Wuchsform korrelieren. Für diese QTLs werden dann molekulare Marker entwickelt. Dieser Ansatz gilt sowohl für die Wuchsform als auch für die Toleranz gegenüber Obstbaumkrebs. In einem weiteren Schritt wird versucht, die gefundenen QTLs soweit wie möglich einzuengen und damit möglichst sichere Marker zu generieren. Dies wird in einem populationsunabhängigen Ansatz erfolgen, so dass diese Marker unabhängig von den Eltern genutzt werden können. Die Ergebnisse werden veröffentlicht, um auch anderen Züchtergruppen den Züchtungsfortschritt zu ermöglichen. Dadurch werden die Chancen für eine schnelle Bereitstellung neuer Sorten mit entsprechender Wuchsform nochmals erhöht.

**„Entwicklung von Verfahren zur Reduzierung virusbedingter Qualitätsmängel bei Züchtung und Vermehrung von Knoblauchpflanzgut (Knoblauch)“**

**“Methods for quality improvement of vegetatively propagated garlic cultivars using diagnostic tools for virus detection (Garlic)“**

**Projektlaufzeit**

01.09.2016 bis 31.08.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Nadine Liebig  
 Bioland e.V., Geschäftsstelle Visselhövede, Visselhövede

**Verbundpartner**

Dr. Katja Richert-Pöggeler  
 Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
 Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Braunschweig

Christine Nagel, Sonja Lange  
 Kultursaat e.V., Eczell-Bingenheim

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Züchtern und Vermehrern unter Feldbedingungen angebaute, auf Virusbefall getestete und in ihrem sortenspezifischen Virusverhalten geprüften Knoblauchsorten zur Verfügung zu stellen sowie praxisnahe Vermehrungsmethoden zu entwickeln, mit denen sie in der Lage sind, gesundes und leistungsfähigeres Pflanzgut für die Verwendung im ökologischen Gemüseanbau zu produzieren.

### Realisierung

In diesem Projekt werden dazu verschiedene Lösungsansätze untersucht:

- » Auswahl toleranter und standortangepasster Sorten bzw. Herkünfte
- » Verwendung von Pflanzgut aus meristemnaher Vermehrung
- » Vektorenbekämpfung mittels Warmwasserbehandlung des Pflanzgutes sowie Laubbehandlung mit im ökologischen Anbau zugelassenen Pflanzenschutzmitteln
- » Vermehrung von Bulbillen und Rundlingen der Sorten/Herkünfte

Im Herbst 2016 wurden an zwei Standorten 20 verschiedene Herkünfte bzw. Varianten an Knoblauch gepflanzt und auf das Vorhandensein von Poty-, Allxi- und Carlaviren untersucht. Standort 1 befindet sich in Mitteldeutschland, Standort 2 in Norddeutsch-

land. In den Folgejahren wird das Pflanzgut bzw. das Erntegut als auch Blattproben während der Vegetation auf das Vorhandensein von Potyviren, die als hauptertragschädigend gelten, getestet. Darüber hinaus wird im zweiten Versuchsjahr untersucht, ob die Anzucht über Brutzwiebeln das Virusauftreten beeinflussen kann. An einem Teilsortiment wird die Virusdynamik an unterschiedlichen Vermehrungsorganen (Bulbillen, Rundlinge, Zehen, Blatt) untersucht.

An jeweils zwei Sorten/Herkünften wird überprüft, ob eine Bekämpfung von Vektoren (v.a. Gallmilben, Blattläuse) Auswirkungen auf den Virusbefall zeigt. Dazu wird an zwei Sorten vor der Pflanzung eine Warmwasserbehandlung durchgeführt bzw. an zwei Sorten während der Kulturzeit eine Pflanzenschutzmittelbehandlung mit NeemAzal-TS durchgeführt. Das geerntete Pflanzgut wird im zweiten und dritten Versuchsjahr wieder gepflanzt und der Verlauf des Virusbefalls analysiert.

Die Ertrags- und Pflanzenentwicklung sowie das Auftreten von Blattverfärbungen bzw. Auffälligkeiten in der Blattmusterung werden jährlich für jeden Versuchsstandort bonitiert und ausgewertet. Blattverfärbungen können auf einen schlechten Ernährungszustand hinweisen, z. B. eine unzureichende Nährstoffverfügbarkeit im kalten Frühjahr. Strichel- oder streifenförmige Blattaufhellungen können durch einen Virusbefall verursacht werden.

Die im Zeitraum von drei Jahren gewonnenen Daten sollen Informationen über mögliche Wechselwirkungen von Bodenbeschaffenheit, Jahresklima, Wachstumsverlauf, Sorte, Behandlungsvarianten und Virusbefall geben und deren Einfluss auf den Ertrag und Qualität von Knoblauch erkennen lassen.

### **Ergebnisse**

Nach dem ersten Versuchsjahr 2016/2017 konnten auf beiden Standorten teils sehr große Unterschiede der verschiedenen Sorten hinsichtlich Ertrag und Pflanzenwachstum festgestellt werden. Auch innerhalb einer Sorte wurden zwischen Einzelpflanzen deutliche Unterschiede bei den Blattverfärbungen beobachtet (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Unterschiedlich starke Blattverfärbungen innerhalb einer Sorte (Ljubasha), Inlet zeigt eine Nahaufnahme einer Blattunterseitenhälfte mit Streifen- und Strichelmuster (15.05.2018).

Weiterhin werden an beiden Versuchsstandorten an jeweils drei Terminen pro Jahr Bestandsbonituren hinsichtlich verschiedener Parameter wie Feldaufgang, Laubdichte, Stärke der Wachsschicht, Blattverfärbungen, Reifezeit durchgeführt sowie Befall durch Schädlinge (z. B. Lauchminierfliege) und Pilze beobachtet. In der Abbildung 2 sind dazu die Gesamterträge der beiden Standorte aus 2017 dargestellt.

Das Ausgangsmaterial (Pflanzgut) aus dem Anbaujahr 2016 wurde als Mischprobe aus den Wiederholungen auf die Knoblauch infizierenden Viren aus den Gattungen Poty-, Allexi- und Carlaviren mit Hilfe der Immuno-Elektronenmikroskopie getestet. Die meisten Sorten/Varianten zeigten Mischinfektionen auf (siehe Abbildung 3). Das Erntegut aus dem Anbaujahr 2016/17 wurde als Mischprobe aufgrund der hohen Probenzahl lediglich auf die ertragsrelevanten Potyviren getestet. Bei beiden Standorten zeigten sich keine Unterschiede bzgl. Virusbefalls von Zehen bzw. Bulbillen.

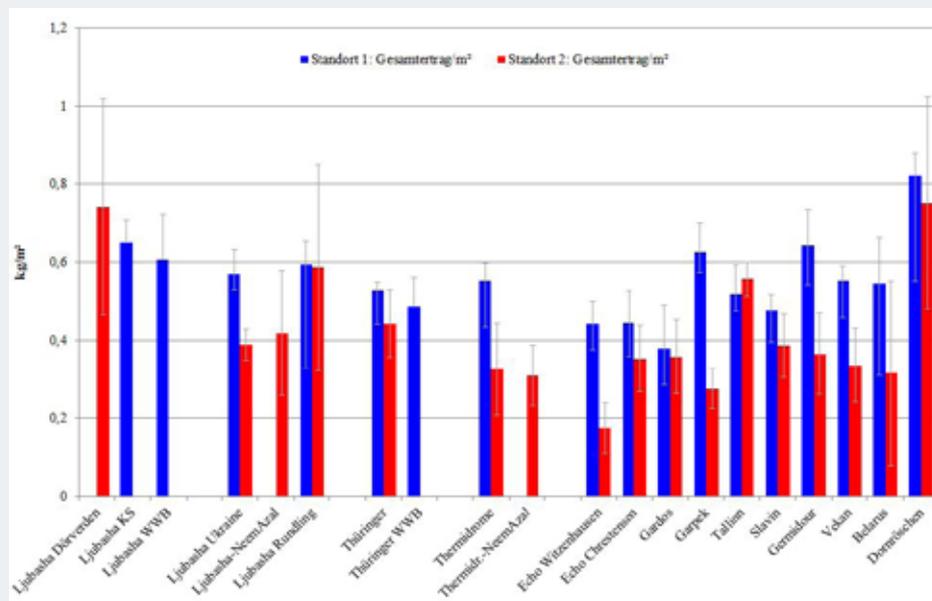


Abbildung 2: Gesamterträge aus dem Versuchsjahr 2016/2017.

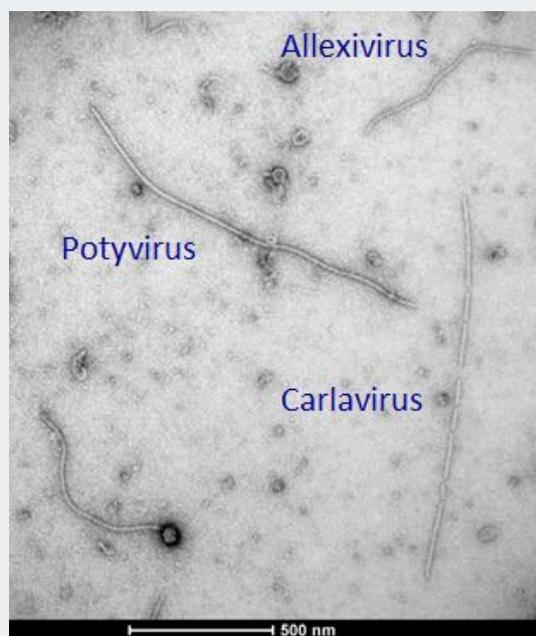


Abbildung 3: Adsorptionspräparat von mischinfizierten Knoblauch.

### (Geplante) Verwertung

Die erzielten Daten und Erkenntnisse sollen dem ökologischen Knoblauchanbau praxisnahe Lösungsansätze geben, wie die angewendeten Diagnoseverfahren und Anbaumethoden sich positiv auf die Pflanzengesundheit auswirken können. Das Ziel ist es, den

Knoblauchanbau in Deutschland auch feldmäßig zu etablieren. Dazu ist es notwendig, dass der Anbauer ausreichend hohe, stabile Erträge an Pflanzmaterial von hoher Qualität erzielt, damit der Knoblauchanbau zu einer wirtschaftlich interessanten Kultur wird. Es sollen den Anbauern standortangepasste und virustolerante Sorten/Herkünfte aufgezeigt werden.

Das Resultat wird eine übersichtliche Darstellung der in Deutschland herrschenden Virusvielfalt bei Knoblauch sein. Das Vorkommen der als besonders ertragsschädigend bekannten Potyviren (*Onion yellow dwarf virus* und *Leek yellow stripe virus*) in den für den ökologischen Gemüseanbau häufig verwendeten Knoblauchsorten in Abhängigkeit von den eingesetzten Anbauvarianten wird untersucht. Es erfolgt eine umfassende Rekapitulation der gesammelten Daten im Hinblick auf Virusverteilung in verschiedenen Pflanzenorganen verschiedener Sorten.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden auf Seminaren, Betriebsbesichtigungen und Feldtagen Landwirten, Gärtnern und Beratern vorgestellt. Außerdem finden Veröffentlichungen in der Fachpresse und im Internet statt.

„Kartierung von Resistenzgenen gegen *Aphanomyces euteiches*, einen wichtigen Verursacher der Fußkrankheit bei der Erbse unter Nutzung eines Microarrays (APHARES)“

“Mapping of resistance genes against *Aphanomyces euteiches*, an important pathogen of the pea root rot complex by using a microarray (APHARES)“

**Projektlaufzeit**

01.02.2017 bis 31.01.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Holger Budahn

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Züchtungsforschung an Gartenbaulichen Kulturen und Obst, Quedlinburg

**Verbundpartner**

van Waveren Saaten GmbH, Göttingen

**Assoziierter Partner**

Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e. V. (GFPI), Bonn

## Kurzfassung

### Projektziel

Hauptziel des Projekts ist die Entwicklung eng gekoppelter molekularer Marker für Resistenzgene gegen das pilzliche Pathogen *Aphanomyces euteiches* Drechsler für die Gemüseerbsen-Züchtung. Anders als Pathogene, die Blätter oder Blüten der Kulturpflanzen befallen, werden bodenbürtige, die Wurzel zerstörende Krankheitserreger häufig erst dann bemerkt, wenn der Schaden für die Gesamtpflanze schon sehr massiv ist. Die besondere Schwierigkeit bei der züchterischen Bearbeitung dieses Merkmals ist die Komplexität. An der Ausprägung des Krankheitsbildes können neben *Aphanomyces euteiches* auch *Fusarium solani* f. sp. *pisi*, *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* und weitere Erreger mit geringerem Effekt beteiligt sein. Diese können die Pflanzen parallel oder aber auch sequentiell befallen. Aus diesem Grund ist es zunächst erst einmal von größtem Interesse, detaillierte Einsichten in die Vererbung von Resistenzgenen gegen ein spezifisches Pathogen aus diesem Erregerkomplex zu erlangen. Gleichzeitig soll der beteiligten Züchtungsfirma definiertes Ausgangsmaterial für den Zuchtprozess zur Verfügung gestellt werden.

## Realisierung

Von Kraft (1992) beschriebene mehrfach-resistente Zuchtstämme wurden von Pilet-Nayel et al. (2002) für die Erstellung eines Satzes von 127 rekombinanten Inzuchtlinien (RILs) genutzt. Diese wurden mehrjährig auf *A. euteiches*- und *F. solani*-Befall getestet. Hamon et al. (2013) führten eine Quantitative Trait Locus (QTL) meta-Analyse von 4 Kartierungspopulationen durch und bestätigten sieben Resistenz-meta-QTL in sechs Regionen des Genoms. Ein Major QTL AePs7.6 liegt auf Chromosom 7 der Erbse und ist der erfolgversprechendste Kandidat für eine Verbesserung der *A. euteiches*-Resistenz bei der Gemüseerbse.

Im Projekt sollen mehrere aus nachfolgenden Zuchtprogrammen stammende potenzielle Resistenzdonoren hinsichtlich ihres Resistenzniveaus und agronomischer Merkmalen geprüft und der am besten geeignete für die Erstellung der F2-Kartierungs- als auch der Validierungspopulation ausgewählt werden. Nach Kreuzung mit geeigneten Elite-Eltern erfolgt die Markeranalyse in der F2-Generation und die Phänotypisierung in der F3-Generation.

Nach Etablierung eines zuverlässigen Resistenztests für *A. euteiches* soll die Phänotypisierung an jeweils 10 Einzelpflanzen aus jeder F3-Nachkommenschaft (insgesamt 3.000 Pflanzen) durchgeführt werden. Die Genotypisierung erfolgt für die 100 resistentesten und die 100 anfälligsten Genotypen der Kartierungspopulation mit dem GenoPea13,2k Array (Tayeh et al. 2015). Durch Verrechnung mit den parallel erhobenen Resistenzdaten der F3-Nachkommenschaften sollte es möglich sein, Kandidatengene zu identifizieren bzw. sehr eng gekoppelte molekulare Marker zu entwickeln. Daran schließt sich die Umwandlung erfolgsversprechender Marker in Kompetitive allele specific PCR (KASP)-Marker an, deren Voraussagezuverlässigkeit abschließend noch einmal in der Validierungspopulation getestet wird.

## Ergebnisse

Nach einem Abgleich der Resistenzdaten in den Arbeiten von McGee et al. (2012) und Desgroux et al. (2016) wurden RIL 847-68 und RIL 847-50 als die RILs mit der konsistent höchsten Resistenz identifiziert. Nach Überprüfung der agronomischen Fitness im Gewächshausanbau wurde von diesen dann RIL 847-68 genutzt. Aufseiten des anfälligen Elitematerials wurde WAV 763 als Elter für die Kartierungspopulation und WAV 585 als Elter für die Validierungspopulation ausgewählt. Die nach Kreuzung erhaltenen F1-Pflanzen wurden mit molekularen Markern als Hybriden bestätigt. Das Selbstungs-saatgut dieser Pflanzen (F2-Generation) war, wie beabsichtigt und aufgrund der sehr polymorphen Eltern zu erwarten, sehr heterogen (Palerbse – Markerbse, grüne – gelbe Kotyledonen, mit und ohne Nabelzeichnung) und verspricht eine gute Eignung für die genetische Analyse.

Die Etablierung des Resistenztests für *A. euteiches* gestaltete sich bisher kompliziert. Für die Untersuchungen wurde ein *A. euteiches*-Stamm von der Processors and Growers

Research Organisation (UK) bezogen. Erste Infektionsversuche mit Zoosporen zeigten deutlich, dass die Methode zu aufwendig und fehlerbehaftet ist. Deutlich bessere Resultate waren zunächst bei der Nutzung von Oosporen zu verzeichnen. Nach Aussaat der Erbsen in infiziertes Substrat und Kultivierung in der Klimakammer bei 22°C und hoher Feuchte zeigten die Pflanzen Welkesymptome und starke Befallssymptome der Wurzeln. Die mikroskopische Untersuchung der Wurzeln wies einen hohen Besatz mit Oosporen auf. Diese positiven Resultate konnten jedoch bei einer Resistenztestung von 22 Erbsensorten (anfällig und resistent) nicht bestätigt werden, sodass gegenwärtig Experimente laufen, bei denen hohe Konzentrationen an Oosporen eingesetzt und unterschiedliche Inokulationsverfahren getestet werden.

Von den Einzelpflanzen von Kartierungs- und Validierungspopulation wurde Gesamt-DNA isoliert. Diese wird gegenwärtig mit aus der Literatur bekannten kartierten Markern getestet, um Ankermarker für die nachfolgende Genotypisierung mit dem Array vorzubereiten.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die Firma van Waveren Saaten GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen, welches schwerpunktmäßig Gemüseerbsen züchtet und Saatgut für die verarbeitende Konserven- und Gefrierindustrie produziert und vertreibt. Im Zuchtprozess wird besonderes Augenmerk auf die Introgression von Resistenzen gelegt. Als Output aus einem 2011-2014 laufenden Vorgängerprojekt mit dem JKI Quedlinburg wurden eng gekoppelte molekulare Marker für Resistenzgene gegen das Scharfe Adernmosaikvirus und den Falschen Mehltau entwickelt, durch deren Nutzung schon 2017 sechs doppelresistente Sorten im Early Maincrop- und Maincrop-Segment der Gartenerbse zugelassen werden konnten. Die im Projekt APHARES angestrebte Entwicklung eng gekoppelter molekularer Marker für Resistenzgene gegen *A. euteiches* soll dazu beitragen, mittelfristig den nächsten Schritt zur Erweiterung des Resistenzprogramms einzuleiten.

Aus wissenschaftlicher Sicht sollen die Erkenntnisse zur Genetik der Resistenzgene gegen *A. euteiches* auf einer internationalen Fachtagung vorgestellt werden.

**„Agronomische wie sensorische Prüfung und züchterische Weiterentwicklung bestehender Sorten von Rote Bete für neue und spezifische Nutzungen (Beta-Divers)“**

**“Evaluation, agronomic and organoleptic development of existing beetroot cultivars for new and further specific utilization (Beta-Divers)“**

**Projektlaufzeit**

01.03.2017 bis 29.02.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Michael Fleck  
Kultursaat e.V., Bingenheim-Echzell

**Verbundpartner**

Prof. Dr. S. Graeff-Hönninger, Dr. S. Zikeli, Prof. Dr. W. Claupein, Kh. Yasaminshirazi  
Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften (340a);  
Koordination Ökologischer Landbau und Verbraucherschutz (340d),  
Stuttgart

Dr. Andreas Klingenberg  
Sensient Colors Europe GmbH, Geesthacht

**Assoziierte Partner**

Hofgemeinschaft Heggelbach GbR, Herdwangen

Beutelsbacher Fruchtsaftkellerei GmbH, Weinstadt

GESA Gemüsesaft GmbH, Neuenstadt-Stein

Voelkel GmbH, Höhbeck / OT Pevestorf

## Kurzfassung

### Projektziel

Rote Bete ist eine Kulturform der Gemeinen Rübe (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*) und kommt ursprünglich aus Nordafrika. Aufgrund ihres hohen Gehalts an biologisch aktiven Substanzen hat Rote Bete große Bedeutung in der menschlichen Ernährung. Im Ökologischen Landbau ist bei dieser Gemüsekultur die Verwendung von ökologisch vermehrtem Saatgut verpflichtend (Kategorie I), was eine entsprechende Sortenvielfalt für die verschiedenen Verwendungszwecke in diesem Wirtschaftsbereich erfordert.

Das Gesamtziel des Projektes ist daher die Weiterentwicklung samenfester Sorten von Rote Bete mittels der traditionellen Zuchtmethode der Einzelpflanzenauslese. Zu den wichtigsten Selektionskriterien zählen die Anpassung an die speziellen Anbaubedingungen des Ökolandbaus, hohe Farbstoffgehalte, hohe Fruchtsaftausbeute und hohe Gehalte an erwünschten Inhaltsstoffen (z.B. Eisen, Nitrat, Mineralstoffe) bei gleichzeitig guten Geschmacks- und Textureigenschaften.

### Realisierung

Der Hauptfokus des Projekts liegt auf der Entwicklung samenfester Rote Bete Sorten für die Verwendung in verschiedenen Teilen der Wertschöpfungskette wie beispielsweise die Frischvermarktung, Saftgewinnung sowie die Erzeugung von Halbfertigwaren und Farbstoffen bzw. färbenden Lebensmitteln. Das Projekt unterteilt sich in drei verschiedene Arbeitspakete:

1. Anbau der Rote Bete Genotypen in einem randomisierten Block-Design an vier verschiedenen Standorten in den Anbaujahren 2017-2019:
  - » An der Universität Hohenheim (40 verschiedene Rote Bete Sorten inklusive rot-, gelb-, weiß- und weiß-rotfleischiger Sorten), den zwei *On-farm*-Züchtungsstandorten von Kultursaat e.V. Hilvarenbeek (NL) und Bingenheim (DE) (30 verschiedene Sorten) sowie an der Hofgemeinschaft Heggelbach (DE) als zusätzlichem Praxisstandort (fünf verschiedene Sorten).
  - » Anbau ausgewählter Sorten aus dem Jahr 2017 in verschiedenen N-Düngevarianten zur Erhöhung der Stickstoffaufnahme und Nitratakkumulation (2018; Universität Hohenheim).
2. Erfassung sensorischer Merkmale sowie des Gehaltes relevanter Inhaltsstoffe:
  - » Sensorische Prüfung an der Universität Hohenheim mittels eines Sensorikpanels zur Erfassung verschiedener Attribute wie Süße, Bitterkeit, Aromaintensität, Erdgeschmack und Gesamt-Akzeptanz sowie an den beiden Kultursaat-Standorten in einen sensorischen Test der *On-Farm*-Züchter.
  - » Messung des Gehalts an relevanten Inhaltsstoffen in den geernteten Rüben der verschiedenen Standorte: Betanin, Eisen, Nitrat, Mineralstoffe, Zucker und verschiedene antioxidative Inhaltsstoffe.
3. Ermittlung der technologischen Eigenschaften für die unterschiedlichen Anwendungszwecke:
  - » Basierend auf dieser Arbeit sollen durch die Beteiligung verschiedener Wirtschaftspartner neue Produkte (z.B. stabile Farben für die Lebensmittelindustrie, Rote Bete mit hohen Nitratgehalten für die Produktion von Sportgetränken) und Prozesse (Extraktionsprozesse) entwickelt oder Verbesserungen hinsichtlich bestehender Produkte erzielt werden.
  - » Beurteilung der Lagerfähigkeit der geernteten Roten Bete aus den verschiedenen Feldversuchen und Erfassung des Einflusses verschiedener Erntezeitpunkte auf den Gehalt relevanter Inhaltsstoffe.

## Ergebnisse

1. Sämtliche agronomische Merkmale zur Bewertung und Kategorisierung der verschiedenen Genotypen (z.B. Gesamt- und marktfähiger Ertrag, Bonitur von Rüben, Schale und Blattwerk) wurden im Rahmen des ersten Versuchsjahrs an allen Standorten erhoben. Durch den Anbau weiterer selektierter Genotypen im Jahr 2018 wird die Datengrundlage erweitert. Im ersten Anbaujahr zeigten die Sorten *Boro F1*, *Formanova* und *Carillon RZ* den höchsten marktfähigen Ertrag.



Abbildung 1: Visuelle Bonitur der Rüben nach der Ernte (2017) am Versuchsstandort Bingenheim, hier Innenausfärbung.

2. Abschluss der sensorischen Tests der Roten Bete aus dem ersten Versuchsjahr 2017. Die Proben werden derzeit für die weitere Analyse an der Universität Hohenheim aufgearbeitet und auf sämtliche relevanten Parameter untersucht. Neben den weiteren zu analysierenden Inhaltsstoffen wurde der Zuckergehalt der verschiedenen Sorten bereits ermittelt. Dabei zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Sorten auf den Zuckergehalt ( $p$ -Wert  $<0,00001$ ).
3. Sensient Colors Europe hat die Methodenentwicklung und -definition für die Analytik der Rote Bete Saftproben abgeschlossen. Die Pigmentzusammensetzung wird nun mittels HPLC und der Betanin-Gehalt mittels Spektralphotometrie erfasst. Darüber hinaus wird die Lagerfähigkeit und die Gehaltsveränderung verschiedener Inhaltsstoffe während der Lagerung durch einen viermonatigen Lagerungsversuch an der Universität Hohenheim ermittelt.

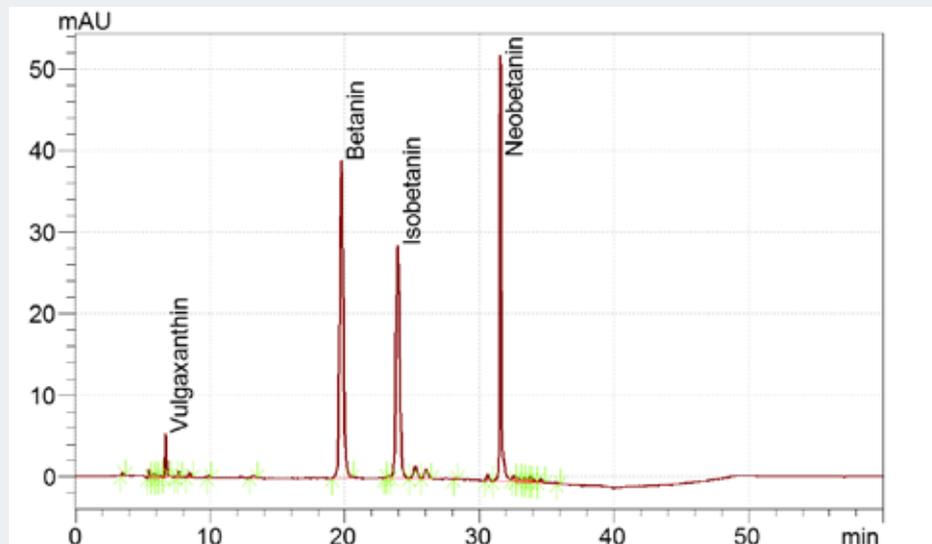


Abbildung 2: Beispielhaftes Chromatogramm für eine der untersuchten Proben der Rote Bete (465 nm).

### (Geplante) Verwertung

Auf lange Sicht gesehen, unterstützt das Projekt die Ausweitung des ökologischen Anbaus von Rote Bete in Deutschland für verschiedene Anwendungszwecke. Dafür werden durch *On-Farm*-Züchtung geeignete samenfeste Sorten selektiert.

In wirtschaftlicher Hinsicht besteht enormes Marktpotential zum Ausbau des ökologischen Rote Bete Anbaus, da die Nachfrage einerseits nach Öko-Produkten und andererseits nach Rote Bete als „heimischem Superfood“ weiterwächst. Durch die Berücksichtigung von Umweltbedingungen, Besonderheiten der Genotypen und Anforderungen der Prozessentwicklung kann eine Optimierung existierender Produkte erfolgen. Die Beteiligung verschiedener Wirtschaftspartner stellt dabei die Evaluierung und Charakterisierung relevanter Prozesseigenschaften für die Entwicklung bestehender und zukünftiger neuer Produkte sicher.

**„Entwicklung ökologisch gezüchteter samenfester Zucchiniarten – Selektion und Prüfung von Sorte-Umweltinteraktionen hinsichtlich agronomischer Parameter, sensorischer Qualität und (nicht)volatiler Inhaltsstoffe (ProZucchini)“**

**“Organic breeding of open pollinating zucchini varieties – selection and evaluation of G x E interactions with regard to agronomic traits, organoleptic attributes and volatile and non-volatile compounds (ProZucchini)”**

**Projektlaufzeit**

01.03.2017 bis 29.02.2020

**Projektkoordinator, Institution**

M. Fleck  
Kultursaat e.V., Bingenheim-Echzell

**Verbundpartner**

Prof. Dr. S. Graeff-Hönninger, Dr. S. Zikeli, Prof. Dr. W. Claupein, E. Abele  
Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften (340a),  
Koordination Ökologischer Landbau und Verbraucherschutz (340d),  
Stuttgart

Dr. J. Bernhardt  
BioTeSys GmbH, Esslingen

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Projektes ist es, a) samenfeste Zucchiniarten, die sich bereits auf dem Markt befinden und Linien, die noch in der Sortenentwicklung stehen, unter verschiedenen Umweltbedingungen auf ihre Gehalte an volatilen und nichtvolatilen Inhaltsstoffen zu prüfen, b) sensorische Tests weiter zu entwickeln, die das Zuchtziel „Sensorische Qualität“ unterstützen und c) eine analytische Methode zu entwickeln, um flüchtige und nicht flüchtige Stoffgruppen in Zucchini-Extrakten zu identifizieren und zu quantifizieren.

### Realisierung

Der Zucchinianbau wurde 2017 unter ökologischen Bedingungen an den Standorten Bingenheim und Sudershausen (Kultursaat e.V.) und Kleinhohenheim (Universität Hohenheim) durchgeführt. Dabei wurden je 22 verschiedene Zucchiniarten und -zuchtlinien (siehe Abbildung 1, Abbildung 2, Abbildung 3, Abbildung 4) angebaut und charakterisiert. Am Standort Hohenheim wurden 21 Sorten in einem ersten Satz und 5 Sorten im zweiten und dritten Satz (jeweils 1 Monat zwischen dem Aussäen) geprüft. Die

Versuche wurden als randomisierte Blockanlage in Bingenheim und Sudershausen mit zwei Feldwiederholungen pro Sorte und sieben Pflanzen je Parzelle angelegt. In Hohenheim wurde der Versuch in vollständig randomisierten Blockanlagen (drei Wiederholungen mit je sechs Pflanzen pro Parzelle) durchgeführt. Die Ernteerhebungen fanden je drei- bis viermal wöchentlich statt und dauerten mindestens vier Wochen an. In diesem Zeitraum wurden auch Bonituren der Frucht-, Blatt- und Pflanzenmerkmale durchgeführt. Bei den Ernteerhebungen wurden jeweils der Gesamtertrag und der marktfähige Ertrag erhoben.

Fruchtproben für die inhaltsstoffliche Analytik wurden an BioTeSys versandt und auf ihre Vitamin C-, Lutein- und Rutinglehalte untersucht. In den sensorischen Tests (roh und gekocht) in Hohenheim wurden die Attribute Süße, Bitterkeit, Aroma und Beliebtheit erhoben (siehe Abbildung 5).

An den Standorten Bingenheim und Sudershausen wurden zudem Selektionen in je 2 Ausgangspopulationen à 50 Pflanzen durchgeführt. In Bingenheim waren dies die gestreiftfrüchtige Ausgangspopulation KS-KB-Gestr (siehe Abbildung 2) und die gelbfrüchtige Ausgangspopulation KS-KB-Gelb (siehe Abbildung 3), in Sudershausen wurden die grünfrüchtigen Ausgangspopulationen KS-WSI-Zel und KS-WSI-BB züchterisch bearbeitet. Nach agronomischer Negativselektion - d.h. alle Pflanzen mit aus agronomischer Sicht inakzeptablen Merkmalsausprägungen wurden entfernt - fand die sensorische Beurteilung statt. So konnte im Herbst 2017 innerhalb jeder Ausgangspopulation Saatgut von drei sensorisch unterschiedlichen Gruppen geerntet werden, das für den nächsten Selektionsschritt im Jahr 2018 zur Verfügung steht.



Abbildung 1: Grünfrüchtige Zucchiniart Leila F1.



Abbildung 2: Gestreiftfrüchtige Zuchtlinie KS-KB-Gestr.



Abbildung 3: Gelbfrüchtige Zuchtlinie KS-KB-Gelb.



Abbildung 4: Crèmefarbenfrüchtige Zucchiniart Virginia.

### Ergebnisse

Den höchsten Gesamtertrag (32 Ernten) im ersten Anbausatz in Hohenheim erzielte die Hybride Leila F1 mit 0,28 t, den geringsten Ertrag erbrachte die Linie KSZ-KB-Gelb mit 0,08 t Gesamtertrag. Allerdings wiesen die Früchte dieser Zuchtlinie im ersten Satz die höchste Marktfähigkeit von 72 % auf.

In den Sensoriktests in Hohenheim schnitt die samenfeste Sorte Virginia (siehe Abbildung 4) bei der Verkostung im rohen Zustand besser ab als die Hybride Leila F1, während die samenfeste Sorte Cocozelle (4,9) am unbeliebtesten war.



Abbildung 5: Gereichtes Tablett zur Zucchiniverkostung mit Versuchsplan.

### **(Geplante) Verwertung**

Da bereits sehr niedrige Gehalte an unterschiedlichen flüchtigen und nicht flüchtigen Komponenten einen negativen Geschmack in der Frucht hervorrufen, können nach dem systematischen Abgleich mit den in diesem Projekt erarbeiteten analytischen Referenzdaten einfache sensorische Tests in der On-Farm-Züchtung eingesetzt werden, um diesbezüglich ungeeignete Einzelpflanzen aus den Zucchini-Populationen zu eliminieren.

Das Projekt leistet daher einen wichtigen Beitrag zur ökologischen Pflanzenzüchtung, da durch die Arbeiten der Projektpartner Zucchini-Linien für weitere Sortenentwicklungen zur Verfügung stehen und ein besseres Verständnis des Einflusses des Genotyps, der Umweltbedingungen und der agronomischen Maßnahmen auf die Bildung flüchtiger und nicht flüchtiger Inhaltsstoffe bei Zucchini erreicht wird. Die Entwicklung einer NIRS-basierten Analyseverfahren für die in Zucchini am stärksten relevanten Inhaltsstoffe ermöglicht einen raschen und hohen Probendurchsatz und vereinfacht die künftige Identifikation und Selektion auffälliger Einzelpflanzen. Hier kann mit kostengünstigen Verfahren schnell auf neue Bedürfnisse der Abnehmer reagiert werden.

**„Entwicklung und Einführung eines Drum Priming Verfahrens für den ökologischen Anbau von Sonderkulturen (BPBS)“**

**“Development and Establishment of Drum Priming Technology for ecological production of Crops (BPBS)“**

**Projektlaufzeit**

01.10.2016 bis 30.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Amadeus Zschunke, Elvira Eberhard  
Sativa Biosaatgut GmbH, Jestetten-Altenburg

**Verbundpartner**

Ragna Hinke  
Bingenheimer Saatgut AG, Echzell

Prof. Dr. Ralf Pude  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für  
Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), Forschungsbe-  
reich Nachwachsende Rohstoffe, Bonn

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Drum Priming stellt ein innovatives und effektives Saatgutbehandlungsverfahren dar, mit dem Ziel, die Keimgeschwindigkeit und Triebkraft des Saatguts zu erhöhen und einen homogenen Feldaufgang zu erreichen. Entsprechend des Grundgedankens des ökologischen Landbaus wird mit dem Drum Priming ein Verfahren fokussiert, welches sich durch eine hohe Umweltverträglichkeit auszeichnet. Ziel des Projektes ist die Etablierung des Drum-Primings für den ökologischen Anbau und die gezielte Förderung von Spezialkulturen, für die bisher wenige Kenntnisse im Primingbereich vorliegen. Durch die Optimierung des Produktionsverfahrens wird eine Stabilisierung des heimischen Anbaus initiiert. Geforscht wird an marktrelevanten Kulturen aus den Bereichen Gemüse (Zwiebeln, Petersilie und Karotten) sowie Arznei- und Gewürzpflanzen (Melisse, Fenchel und Sonnenhut).

### Realisierung

Neben der Identifizierung geeigneter Behandlungsparameter steht die Prozessoptimierung im Vordergrund der Projektarbeiten. Eine der Maßnahmen bei der Prozessoptimierung ist die intensive Waschung des Saatgutes bei den Apiaceae vor dem Priming, um keimhemmende Stoffe auszuwaschen. Damit für das Priming möglichst homogene und

hochwertige Partien zur Verfügung stehen, wird in dem Vorhaben zudem der Einfluss der Ernteprozesse auf die Saatgutqualität bei Körnerfenchel, Melisse und Echinacea untersucht. Ausgewählte Partien von Körnerfenchel und Karotten werden dazu technisch intensiv kalibriert und fraktioniert.

Die Optimierung der Primingbehandlung erfolgt durch Variation der Parameter Feuchtigkeit, Behandlungsdauer und -temperatur. Bei allen 6 Modellkulturen wurden Vorversuche, sogenanntes Vorpriming, und mindestens ein Hauptpriming durchgeführt. Folgende Arbeiten wurden bis Mai 2018 bei den einzelnen Kulturen realisiert:

- » Echinacea: Durchführung von 5 Vorversuchen mit insgesamt 48 Varianten bei 2 bis 3 Partien
- » Fenchel: Es wurden mit 2 bis 3 Partien 7 Vorversuche durchgeführt mit insgesamt 67 Varianten.
- » Karotten: Die 8 Vorversuche mit 77 Varianten wurden im Schnitt mit 3 unterschiedlichen Saatgutpartien durchgeführt.
- » Melisse: 3 Runden Vorpriming mit 30 Varianten bei 3 Partien
- » Petersilie: Insgesamt wurden 4 Partien bearbeitet und 50 Behandlungsvarianten geprüft.
- » Zwiebeln: Bei den 7 Vorversuchen mit gesamt 70 Varianten wurde nach dem ersten Vorpriming noch mit 2 bzw. 3 Partien weitergearbeitet.

## Ergebnisse

### *Saatgutaufbereitung*

Ziel war es neben der Verbesserung der Keimfähigkeit auf über 85 % auch die Keimgeschwindigkeit zu homogenisieren. Ein bemerkenswertes Ergebnis bei einer Fenchelpartie war die Verbesserung der Keimfähigkeit von 55 % auf 93 % (siehe Abbildung 1). Beim Karottenaufbereitungsversuch steigerte sich die durchschnittliche Keimfähigkeit von 82 % auf 87 %. Im Fall der Karottenaufbereitung verbessert sich die Homogenität der Partien nicht signifikant. Auch durch die Aufbereitungsschritte bei den Fenchelpartien konnte der gewünschte Effekt der Homogenisierung der Keimung nicht erreicht werden.

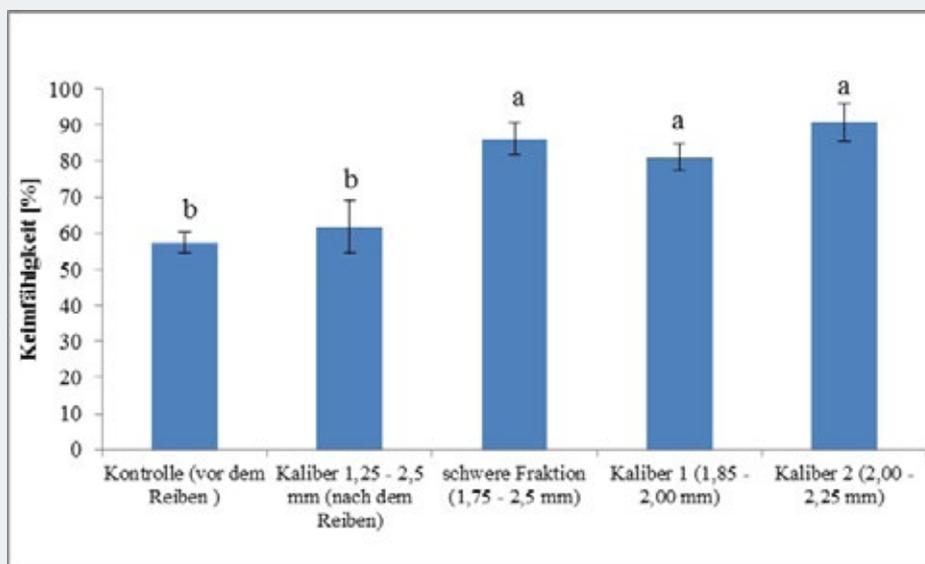


Abbildung 1. Keimfähigkeit in % einer behandelten Saatgutpartie von Körnerfenchel im Vergleich zur Kontrolle. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede ( $p > 0,05$ ).

#### *Selektive Erntemassnahmen*

An Körnerfenchel erfolgte 2017 die selektive Ernte verschiedener Doldenordnungen sowie unterschiedlicher Reifegrade. Dabei zeigten sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der Keimgeschwindigkeit. Bei Melisse zeigten die selektiven Erntemaßnahmen keinen Einfluss auf die Saatgutqualität, allerdings traten zwischen den untersuchten Sorten 'Lemona' und 'Citronella' signifikante Unterschiede hinsichtlich Keimgeschwindigkeit und Keimfähigkeit auf.

#### *Priming (Labor- und Feldversuche)*

Beim Priming konnte bei einigen Varianten der gewünschte Effekt einer Erhöhung der Keimgeschwindigkeit um 30-50 % ohne Reduktion der Keimfähigkeit nachgewiesen werden. Diese Behandlungsvarianten lassen sich jedoch nicht auf alle Kulturen übertragen und scheinen außerdem noch sehr partiespezifisch zu sein. Die Behandlungsparameter konnten demnach noch nicht bei allen Kulturen eindeutig festgelegt werden. Die Beobachtung zu den einzelnen Kulturen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- » Echinacea: Keimfähigkeit und Keimgeschwindigkeit zeigen in den verschiedenen Versuchsreihen noch zu stark differierende Ergebnisse.
- » Fenchel: Der Hauptprimingversuch mit zwei Varianten zeigte keine eindeutigen Resultate.
- » Karotten: In wenigen Varianten wurde das Ziel einer Steigerung der Keimgeschwindigkeit von 30 % erreicht. Bei den letzten Versuchsreihen hatten die Partien zudem nach dem Priming meist bessere Keimfähigkeiten als zuvor. Beim Hauptpriming

sind Verbesserungen der Keimfähigkeit sichtbar, jedoch weniger deutlich als beim Vorpriming.

- » Melisse: Das Saatgut saugte sich mit Wasser voll und verklumpte bei der Wasserzugabe. Daher wurde die Kultur zurückgestellt.
- » Petersilie: Bei einem Vorpriming konnte bei 3 Partien die Keimgeschwindigkeit bei beinahe allen Varianten auf über 30 % gesteigert werden, ebenfalls verbesserte sich die Keimfähigkeit.
- » Zwiebeln: Sehr positive Ergebnisse zeigen sich bisher besonders bei dieser Modellkultur. Der gewünschte Primingeffekt ohne Verminderung der Keimfähigkeit wurde bei einzelnen Varianten erreicht und zeigt signifikante Unterschiede ( $p > 0.05$ ) im Vergleich zur Kontrolle.

Parallel zu den Behandlungen erfolgen Keim- und Triebkrafttests sowie Feldaussaat zur Überprüfung der Behandlungseffekte im Freilandanbau (siehe Abbildung 2).

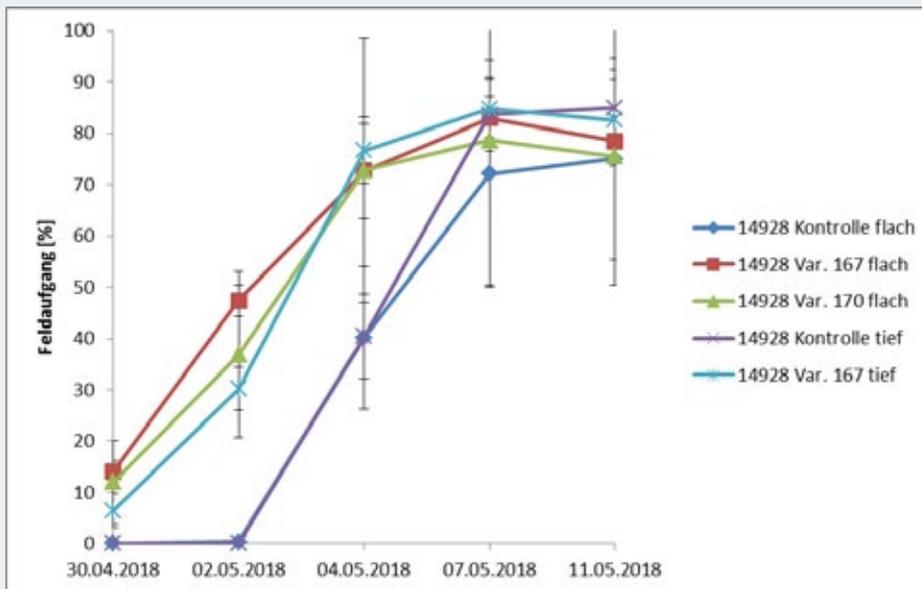


Abbildung 2: Feldaufgang in % nach einer Drum-Priming Behandlung von Zwiebelsaatgut mit unterschiedlichen Aussattiefen.

Die Stabilität des Behandlungseffektes wird u.a. bei Zwiebeln untersucht. Dabei wird in regelmäßigen Abständen Keimfähigkeit und Triebkraft überprüft (siehe Abbildung 3). Die Feldversuche zeigen analoge Ergebnisse zu den im Labor ermittelten Werten.

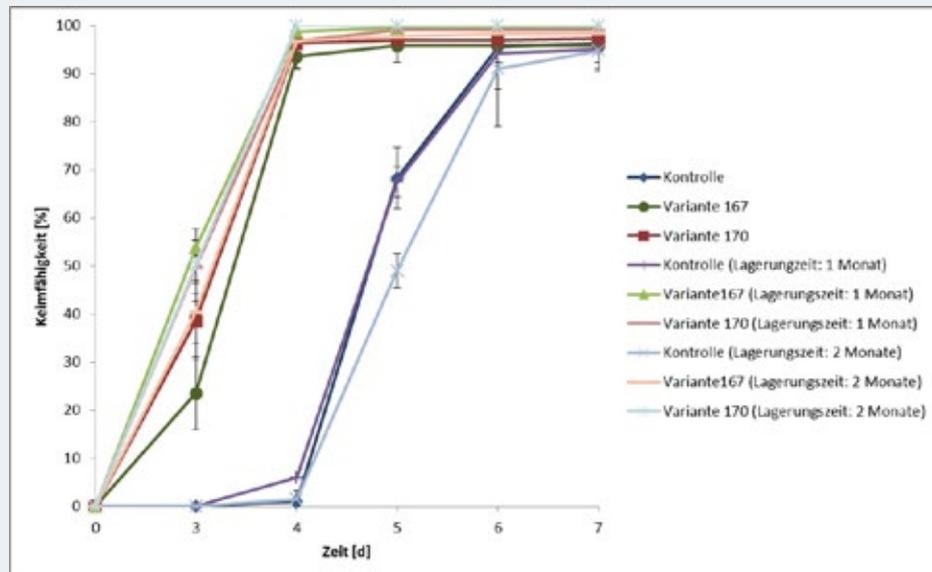


Abbildung 3. Keimfähigkeit in % nach einer Drum-Priming Behandlung von Zwiebelsaatgut nach mehrmonatiger Lagerung.

### (Geplante) Verwertung

Nach erfolgreicher Durchführung dieses Vorhabens und mehrjähriger Überprüfung des Behandlungsverfahrens auf unterschiedlichen Ebenen kann schlussendlich biokonform geprimtes Saatgut auf den Markt gebracht werden.

**„Die effiziente Entwicklung multiresistenten Zuchtmaterials bei *Lolium perenne* und *L. multiflorum* durch den Einsatz transkriptombasierter Markertechnologien (LoMeRa)“**

**“A transcriptome-based approach for developing breeding lines in *Lolium* sp. with multiple pathogen resistance (LoMeRa) “**

**Projektlaufzeit**

01.03.2015 bis 15.07.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Brigitte Ruge-Wehling

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen, Sanitz

**Verbundpartner**

Christof Böhm, Dr. Bernhard Saal  
Saatzucht Steinach GmbH & Co KG, Steinach

Dr. Peter Winter, Dr. Björn Rotter  
GenXPro GmbH, Frankfurt

## Kurzfassung

### Projektziel

Gesamtziel des Vorhabens war es, die Voraussetzungen zur Züchtung von *Lolium*-Sorten mit multipler Resistenz gegenüber den pilzlichen Krankheiten Schwarzrost und Kronenrost sowie der an wirtschaftlicher Bedeutung zunehmenden Bakterienwelke zu schaffen. Dieses Ziel wurde durch die Entwicklung neuer molekularer Marker und die dadurch ermöglichte markergestützte Selektion der entsprechenden Resistenzgene mit Hilfe von Transkriptomanalysen und genomweiten DNA-Technologien erreicht. Die entwickelten Marker ermöglichen eine präzise Selektion auf die betreffenden Resistenzmerkmale und verschaffen dem beteiligten Wirtschaftspartner einen europaweiten Wettbewerbsvorteil in der Züchtung klimaangepasster Weidelgrassorten. Die entwickelten Selektionswerkzeuge tragen dazu bei, die Züchtung klimaangepasster Sorten zu beschleunigen, ohne dabei wichtige agronomische Eigenschaften und Qualitätsmerkmale aus dem Blick zu verlieren.

### Realisierung

Im Vorhaben wurden molekulare Marker entwickelt, die für die markergestützte Selektion und Pyramidisierung von Resistenzen gegen Schwarzrost, Kronenrost und Bakterienwelke in multiresistenten *Lolium*-Sorten genutzt werden können. Dazu wurden Kartie-

rungspopulationen verwendet, von denen zwei im Projektzeitraum neu erstellt wurden. Die Phänotypisierung der Populationen, die für Kronen- bzw. Schwarzrostresistenz aufspalten, erfolgte in In-situ-Blattsegmenttests. Die Phänotypisierung im Hinblick auf Bakterienwelke wurde an Ganzpflanzen durchgeführt. Für die Markerentwicklung wurde die massive analysis of cDNA ends (MACE)-Technologie verwendet. Die bioinformatisch detektierten, mit Resistenz assoziierten Transkripte sowie Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) wurden auf ihre genetische Kopplung mit der betreffenden Pathogenresistenz analysiert. Eng gekoppelte Marker dienen der Selektion auf Resistenz im Zuchtprogramm und zur markergestützten Kombination von verschiedenen Resistenzen in ertragreichen *Lolium*-Zuchtlinien.

### Ergebnisse

Im Projekt wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Resistenzen genetisch und molekular-genetisch bearbeitet. Für die Resistenzgene *LpPg1* und *LmPc1* lagen zu Projektbeginn bereits spaltende Populationen vor. Für *LpPg2* und das Kronenrostresistenzgen *LpPc1* wurden neue BC1-Populationen erstellt und unter Verwendung geeigneter Pilzisolat phänotypisiert. Die verwendeten Isolate wurden vom Projektpartner Saatzucht Steinach zur Verfügung gestellt, am JKI erhalten und vermehrt. Für Schwarzrost wurden zusätzlich am JKI Einsporisolate mit unterschiedlichem Virulenzniveau entwickelt, die zur Einschätzung des Resistenzniveaus neuer potentieller Resistenzquellen gegen Schwarzrost verwendet werden können. Mit Ausnahme der Bakterienwelke werden die untersuchten Resistenzen monogen-dominant vererbt (siehe Tabelle 1). Zur Erfassung der Bakterienwelke wurde am JKI ein Boniturschema für diese quantitativ vererbte Resistenz erarbeitet. Die Markerentwicklung basierte auf Transkriptdaten, die über die MACE-Technologie des Partners GenXPro generiert wurden. Zur Erfassung möglichst vieler resistenzassoziierter Transkripte wurden die Pflanzen mit dem Pathogen inokuliert und Blattproben nach 4h, 8h, 20h und 24h entnommen. Die RNA-Isolierung und Sequenzierung erfolgte beim Projektpartner GenXPro. Nach bioinformatischer Analyse konnten SNPs sowie Transkripte detektiert werden, die exklusiv bei resistenten Genotypen auftraten. Die potentiellen Marker wurden einer Kopplungsanalyse unterzogen, um ihren genetischen Abstand zur Resistenz zu prüfen. Es liegen für alle Resistenzen bioinformatische aufgearbeitete MACE-Sequenzdaten vor. Für *LpPg1* wurde ein kosegregierender und zwei sehr eng gekoppelte Selektionsmarker entwickelt, deren Sequenzen exklusiv nur in den resistenten Genotypen exprimiert werden und daher einfach darstellbar und sicher im Zuchtprogramm einsetzbar sind. Das Resistenzgen *LpPg1* wurde markergestützt mit dem Kronenrostresistenzgen *LmPc1* kombiniert und anschließend mit resistenten Genotypen für Bakterienwelke gekreuzt. Insgesamt wurden im Projektzeitraum in Kooperation mit der Saatzucht Steinach 2591 Genotypen mit einer Dreifachresistenz erstellt. Für *LpPg2* und *LpPc1* liegen potentielle Marker vor, die bis zum Projektende auf ihre Kopplung zur Resistenz geprüft werden. Im Sommer 2018 wird mit ausgelesenen multiresistenten Stämmen eine erste Feldprüfung zur Erfassung von agronomischen Merkmalen und Futterqualitätsparametern durchgeführt.

Tabelle 1: Übersicht über die bearbeiteten Resistenzen.

Kulturart	Resistenz	Gen	Vererbung
<i>L. perenne</i>	Schwarzrost	<i>LpPg1</i>	Monogen dominant
<i>L. perenne</i>	Schwarzrost	<i>LpPg2</i>	Monogen dominant
<i>L. multiflorum</i>	Kronenrost	<i>LmPc1</i>	Monogen dominant
<i>L. perenne</i>	Kronenrost	<i>LpPc1</i>	Monogen dominant
<i>L. perenne</i>	Bakterienwelke	<i>LpXtgQ</i>	Quantitative Vererbung

#### (Geplante) Verwertung

Die Verfügbarkeit von Sorten mit einer kombinierten Resistenz gegenüber Schwarzrost, Kronenrost und Bakterienwelke in Sortenmaterial von *L. perenne* und *L. multiflorum* sind international einzigartig. Entsprechende Sorten könnten auf dem europäischen Saatgutmarkt stark nachgefragt werden. Es ist damit zu rechnen, dass in absehbarer Zeit nach erfolgreichem Abschluss des Projekts erste Zuchtstämme in die Sortenanmeldung gehen können. Der wirtschaftliche Nutzen dieses Projektes liegt somit bei der Saatzucht Steinach und soll dazu beitragen, deren Marktanteile bei der Saatgutproduktion in Europa zu halten und zu steigern. Die Nutzung der am JKI entwickelten Selektionsmarker im Zuchtprozess wird ebenfalls die Wettbewerbsfähigkeit verbessern. Langfristig werden aufgrund des Züchterprivilegs auch weitere Saatzuchtunternehmen profitieren. Die GenXPro GmbH konnte mit der von ihr entwickelten MACE-Technik die sehr gute Eignung dieses Ansatzes für die gezielte Entwicklung merkmalsassoziierter Selektionsmarker demonstrieren und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit ebenfalls ausbauen.

Die Ergebnisse zum Resistenzgen *LpPg1* wurden 2016 in einer internationalen Zeitschrift publiziert.

**„Nutzung genetischer Diversität und Entwicklung innovativer Verfahren zur züchterischen Verbesserung der Samenausfallfestigkeit bei Futtergräsern (GrasFest)“**

**“Use of genetic diversity and development of innovative tools for the genetic improvement of seed retention in forage grasses (GrasFest)“**

**Projektlaufzeit**

11.04.2017 bis 10.04.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Klaus J. Dehmer (Projektkoordinator)  
Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK),  
Abteilung Genbank Teilsammlung Nord, Malchow/Insel Poel

Dr. Michael Melzer (Serviceeinrichtung für Mikroskopie)  
IPK, AG Strukturelle Zellbiologie, Seeland

**Verbundpartner**

Dr. Peter Winter  
GenXPro GmbH, Frankfurt am Main

Sabine Schulze  
Saatzucht Steinach GmbH & Co KG, Ankershagen Bocksee

## Kurzfassung

### Projektziel

Neben agronomischen Merkmalen ist der Samenertrag für den wirtschaftlichen Erfolg einer Gräserart ausschlaggebend. Bei der Produktion von Grassaatgut kommt es regelmäßig zu signifikanten Verlusten durch vorzeitigem Samenausfall. Das Vorhaben verfolgt das Ziel, unter Ausnutzung der natürlichen und züchterischen genetischen Diversität die Samenausfallfestigkeit von Futtergräsern mit Unterstützung moderner molekulargenetischer Analytik inklusive der Entwicklung von DNA-Markern sowie durch histochemische Nachweismethoden zu verbessern.

### Realisierung

Im Rahmen eines Screenings im primären und sekundären Genpool von Wiesenschwingel und Weidelgras sollen ausfallfeste Genotypen identifiziert werden und in das Steiracher Zuchtprogramm einfließen. Ausfallfestes Zuchtmaterial von Glatthafer, Wiesenschwingel und Weidelgras wird für Kreuzungen zum Aufbau spaltender Populationen genutzt, um den Erbgang der Ausfallfestigkeit aufzuklären. Mithilfe des *Next Generation*

*Sequencings* wird in zwei nicht verwandten Grasarten die Genexpression von Genotypen mit festem und losem Samensitz von Ährenschieben bis Samenreife studiert. Gene mit stark unterschiedlicher Aktivität lassen auf deren Beteiligung an der Merkmalsausprägung schließen. Dabei sind mit dem Merkmal gekoppelte Nukleotidpolymorphismen als Marker für die Züchtung einsetzbar. Mit der histochemischen Untersuchung der Abszissionszone sollen Unterschiede in der Entwicklung des für den Samenausfall verantwortlichen Gewebes in ausfallfesten und zu Ausfall neigenden Genotypen charakterisiert sowie ein histochemischer Schnelltest zur züchterischen Selektion etabliert werden.

### Ergebnisse

Mit einem Rüttelgerät wurden 2017 von der Saatzucht Steinach GmbH zunächst die geeigneten Einstellungen für das Screening der verschiedenen Grasarten ermittelt sowie der Samenausfall an eingetüteten Samenträgern aus dem Einzelpflanzenbeet bestimmt. Hierfür wurden die Fraktionen ausgefallener Samen im Beet und bei Lagerung, nach Screening mit Rüttelgerät und nach ausreiben der Samenträger bestimmt. Anschließend wurde der ausfallfeste Anteil für jeden Genotyp berechnet. Des Weiteren konnten innerhalb der jeweiligen BC-Generationen des *L. perenne* x *L. temulentum*-Materials bereits erste ausfallfeste sowie lose Kandidatenpools für spätere Genomanalysen gebildet werden.

Darüber hinaus wurden Paarkreuzungen durchgeführt, um spaltende Populationen zu erstellen. Zur Erzeugung spaltender BC-Familien der nächsten Generation wurden Kreuzungen innerhalb einer BC1-Familie sowie Kreuzungen der Kombination „BC1 x BC2“ angelegt. Anschließend wurden die Samenträger der jeweiligen Kreuzungskombinationen geerntet, ausgerieben, im Gewächshaus angesät und ins Freiland ausgepflanzt.

Für die Transkriptomanalyse wurden bei Glatthafer insgesamt 42 charakterisierte Genotypen aus drei verschiedenen Familien beprobt und an GenXPro GmbH verschickt. Hier wurden erste Bibliotheken erstellt – klare Trends bei Genaktivitäten und Expressionsprofilen waren noch nicht erkennbar.

Bei den histologischen Arbeiten stand die Etablierung zellbiologischer Arbeitsmethoden für die Charakterisierung der im Laufe des Projekts als ausfallfest bzw. ausfallanfällig eingestuften Genotypen im Vordergrund.

Für die mikroskopischen Analysen wurde der Übergangsbereich von Rachis zur Rachilla frisch oder fixiert verwendet. Die allgemeine morphologische Charakterisierung erfolgte dabei zum einen an frischen Proben mit einem Digitalmikroskop, zum anderen mit einem Rasterelektronenmikroskop nach Fixierung, Entwässerung, kritischer Punkt-trocknung und Goldbeschichtung. Für die spezifische Anfärbung von ligninhaltigen Gewebereichen und Fluoreszenzanalysen wurden frische Proben mittels eines Vibratoms geschnitten, gefärbt und in einem Digital- bzw. Lichtmikroskop untersucht. Für strukturelle Untersuchungen der Abszissionszone wurden die Proben fixiert, entwässert und in Kunstharz eingebettet. Von den Präparaten wurden hierbei Serienschritte angefertigt.

Die Einzelschnitte wurden mit dem Lichtmikroskop analysiert, dokumentiert sowie 3D-Modelle erstellt.

An den IPK-Teilsammlungen Nord wurden 2017 300 *Lolium*- sowie 150 *Festuca*-Genbankmuster mit insgesamt 13.500 Einzelpflanzen (30 pro Akzession) gepflanzt. Diese werden 2018 intensiv bonitiert.

#### **(Geplante) Verwertung**

Im Gegensatz zu den bedeutenden Getreidearten liegt bislang kaum Wissen zur genetischen und molekularen Basis der Samenausfallfestigkeit bei Gräsern vor. Die zu erwartenden Ergebnisse aus dem Vorhaben ermöglichen es, neue Erkenntnisse der Öffentlichkeit vorzustellen und eine vergleichende Betrachtung der Ursachen des Samenausfalls in Süßgräsern vorzunehmen. Mit einem Wissenstransfer eröffnen sich auch für andere züchterisch bearbeitete Grasarten Möglichkeiten, deren Samenfestigkeit zu verbessern.

Das IPK als wissenschaftliche Einrichtung wird die Ergebnisse des Screenings und der histochemischen Analysen auf Tagungen und in Fachzeitschriften veröffentlichen. Die Genbank wird über ihr Informationssystem die Evaluierungsdaten öffentlich verfügbar machen.

Aus dem Vorhaben hervorgehendes Zuchtmaterial der Saatzucht Steinach GmbH lässt eine deutliche Verbesserung bei der Samenausfallfestigkeit erwarten. Mit der Entwicklung indirekter Selektionsmarker ist mit einer deutlichen Beschleunigung des Zuchtgangs zu rechnen. Als Ergebnis werden mittel- und langfristig Sorten auf den Markt kommen, die neben ihrem landeskulturellen Wert eine bessere Produzierbarkeit gewährleisten und somit für Saatgutvermehrter attraktiv sein werden. Dadurch lässt sich der Marktanteil des Zuchtunternehmens an der Saatgutproduktion steigern.

GenXPro GmbH besitzt mit den im Vorhaben anzuwendenden massive analysis of cDNA ends (MACE)- und RNA-Sequenzierungstechnologien ein innovatives Portfolio und ist in der Pflanzenzüchtung ein wichtiger Dienstleister von *Next Generation Sequencing* basierten Lösungen. Mit der Thematik der Ausfallfestigkeit bietet sich für das Unternehmen die Möglichkeit, seine Technologien für einen weiteren Anwendungsbereich zu öffnen und damit seine Marktposition zu festigen und auszubauen.

**„Genetische Analyse der Trockenstresstoleranz bei Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) mittels phänologischer, physiologischer und molekularer Differenzierungsmethoden (DRYeGRASS)“**

**“Genetic analysis of drought tolerance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) with phenological, physiological and molecular differentiation methods (DRYeGRASS)“**

**Projektlaufzeit**

01.09.2016 bis 31.01.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Stefan Lütke Entrup

Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e. V. (GFPI), Bonn

**Verbundpartner**

Dr. Stephan Hartmann, Dr. Peter Westermeier

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Freising

Evelin Willner

Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK),  
Abteilung Genbank-Teilsammlungen Nord, Malchow/Insel Poel

Dr. Roland Geyer

lifespinn GmbH, Regensburg

Dr. Ulf Feuerstein

Deutsche Saatveredelung AG (DSV), Lippstadt

Sabine Schulze, Christof Böhm

Saatzucht Steinach GmbH & Co KG, Steinach

## Kurzfassung

### Projektziel

Im Rahmen von DRYeGRASS sollen Werkzeuge und Methoden geschaffen werden, mit deren Hilfe es möglich sein wird, bei Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) die züchterische Verbesserung von Zuchtmaterial zukünftig effizienter und schneller mit verbesserter Toleranz gegenüber temporären Trockenstress auszustatten und auf diese Weise die Züchtung neuer, den Auswirkungen des allgemeinen Klimawandels besser angepasster Sorten, zu beschleunigen bzw. zu unterstützen.

Im Projekt werden folgende fünf Teilziele verfolgt:

- » Evaluierung von spaltenden Kreuzungspopulationen (Kombinationen tolerant x tolerant und tolerant x anfällig) unter Trockenstress mit vorgeprüften phänologischen und physiologischen Selektionsmerkmalen
- » Genotypisierung der spaltenden Populationen mit einem anhand der Kreuzungseltern vorselektierten Sortiment an DNA-Markern
- » Quantitative Trait Locus (QTL)-Analyse zur Aufklärung der Vererbungsstruktur des Merkmals Trockentoleranz
- » Erstellung von ausgewählten tetraploiden Populationen aus colchizinierten Eltern-Klonen
- » Etablierung einer nuclear magnetic resonance (NMR)-Plattform als neues Werkzeug zur Hochdurchsatzphänotypisierung und Selektion auf Basis von Stoffwechselprofilen (Metabolomics).

### Realisierung

Zur Realisierung obengenannter Ziele stehen in DRYeGRASS 14 biparentale Kreuzungspopulationen zur Verfügung. Diese werden unter kontrollierten Trockenstressbedingungen an zwei Rainout-Shelterstandorten in einem Umfang von je 140 Individuen geprüft. Gleichzeitig diente dieses Material der Erstellung von F2-Familien, die an zwei natürlichen Trockenstressstandorten im Parzellenmaßstab auf ihre Trockentoleranz hin untersucht werden. Das Projekt gliedert sich dabei in vier Arbeitspakete, an denen alle Projektpartner in unterschiedlichen Anteilen partizipieren. Arbeitspaket 1 befasst sich mit der Erstellung, Erhaltung und Vermehrung des im Projekt untersuchten Pflanzenmaterials, u.a. der Erstellung von tetraploiden Populationen. Arbeitspaket 2 ist das Größte und umfasst die umfangreiche Phänotypisierung der 14 spaltenden Kreuzungspopulationen, darunter visuelle Bonituren und Ertragsbestimmungen sowie die Erfassung physiologischer Parameter, wie die Messung der intrinsischen Wassernutzungseffizienz mittels <sup>13</sup>C-Isotopendiskriminierung und NMR-Profilung. In Arbeitspaket 3 finden sich molekulargenetische Analysen der spaltenden Populationen, deren Ziel es ist, die Vererbungsstruktur der Trockentoleranz bei Deutschem Weidelgras aufzuklären. In Arbeitspaket 4 werden alle im Projekt erhobenen Daten zusammengeführt und einer gemeinsamen Analyse unterzogen.

### Ergebnisse

Erste ausgewertete Ergebnisse aus den Rain-out Shelterversuchen zum Merkmal Trockentoleranz in den Kreuzungspopulationen aus dem Jahr 2017 liegen bereits vor. Ein erster Indikator für die Trockentoleranz ist die Anzahl überlebender Pflanzen nach zwei in der Vegetationsperiode 2017 angelegten Trockenstressphasen. Dabei zeigten sich an beiden Standorten die Pflanzen der Kombination tolerant x tolerant ausdauernder, als Pflanzen der Kombination tolerant x anfällig, wenngleich es in beiden Gruppen auch Abweichungen davon gab. Ein abgestuftes Bild der Trockentoleranz ergibt sich bei der Klassifizierung der Pflanzen nach ihrem Trockenstressverhalten. Hierzu wurden die Bo-

niturnoten der Pflanzen vor und nach Stresseinwirkung verglichen, sowie das Vermögen der Pflanze, sich nach einer Trockenstressphase zu regenerieren, die Einteilung erfolgte dabei in fünf Klassen:

- » T+: wenig Unterscheidung der Biomassebildung vor und nach Stress, bei gleichzeitig wenig Beeinträchtigung während der akuten Stressphase
- » T: wenig Unterscheidung zwischen vor und nach Stress, bei stärkerer Beeinträchtigung während der akuten Stressphase
- » M: mäßige Erholung nach Stressphase
- » A: wenig Erholung nach Stressphase
- » AA: starke und nachhaltige Schädigung durch Stress.

Alle 14 Populationen zeigen mehr oder weniger stark ausgeprägt eine Verteilung des Merkmals über alle fünf Klassen. Diese Klassifizierung wird anhand der in 2018 weiterhin an zwei Standorten erhobenen Daten überprüft und bildet damit eine der Grundlagen für die Interpretation der Daten aus dem NMR-Profilung. Abbildung 1 stellt beispielhaft die Klassifizierung je einer Population tolerant x tolerant (links) und tolerant x anfällig (rechts) dar.



Abbildung 1: Klassifizierung der Trockentoleranz dargestellt an Extrembeispielen der 14 Kreuzungspopulationen (Rain-out Shelter Freising 2017). links: Kreuzung tolerant x tolerant; rechts: Kreuzung tolerant x anfällig.

Für das NMR-Profilung wurden in der Vegetationsperiode 2017 600 Blattproben von ungestressten Pflanzen am Rain-out Shelter Freising geerntet und die Inhaltsstoffprofile aufgenommen. 2018 werden weitere 600 Blattproben an den Standorten Freising und Malchow geerntet. Somit steht ein Pool aus 1.200 Proben zur Verfügung, aus dem ein Trainings- und Validierungssubset gebildet werden. Diese Daten sollen dann in Deckung mit den phänotypischen Bonituren und den Ertragsbestimmungen gebracht werden, um mathematische Vorhersagemodelle der Trockentoleranz zu erstellen.

In einem Gewächshausversuch wurde an den Elternpflanzen der Populationen sowie weiteren selektierten anfälligen und toleranten Klonen Transpirationskoeffizienten bestimmt, die die phänotypische Toleranzklassifizierung nicht bei allen Klonen bestätigte. Dies deutet ggf. auf mehrere Toleranz- bzw. Anfälligkeitsmechanismen im untersuchten Pflanzenmaterial hin. In der Vegetationsperiode 2018 wird das Experiment zum Vergleich mit den diploiden Ausgangsklonen um die isogenen tetraploiden Klone erweitert.

Diese Daten werden mit der intrinsischen Wassernutzungseffizienz abgeglichen, die ebenfalls an ausgewählten Proben der Rain-out Shelterversuche bestimmt werden. Vorgestellt werden darüber hinaus Untersuchungen zur Futterqualität in den Populationseltern mit dem Ziel, einen möglichen Zusammenhang zwischen Trockenstressverhalten und Qualitätsparametern aufzuzeigen.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die im Rahmen des Projektes erstellten genetischen Ressourcen können nach eingehender Phäno- und Genotypisierung während der Projektphase direkt in die Entwicklung neuer Sorten bei den beteiligten Wirtschaftspartnern Saatzucht Steinach und DSV einfließen. Wirtschaftspartner lifespinn kann die weiterentwickelte NMR-Plattform kommerziell anbieten und ggf. um andere, züchterisch interessante Merkmale erweitern. Die erarbeiteten Selektionswerkzeuge können zukünftig bei Partner LfL und den Züchtungsunternehmen die Neuzüchtung trockenoleranter Sorten bei Deutschem Weidelgras effizienter machen und die Neuentwicklung maßgeblich verkürzen. Die bei Partner IPK vorhandenen Genbankkzessionen können mit den entwickelten Werkzeugen ohne aufwändige Feldversuche auf Trockentoleranz vorgescreent werden und damit eine breite genetische Diversität für dieses Merkmal bereitstellen.

# Sektion 4: Reformulierung von Lebensmitteln

„Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen zur Herstellung ballaststoff- und polyphenolreicher Frühstückszerealien mit reduzierter Energiedichte (Zerealien)“

„Research on basic principles for the production of breakfast cereals with reduced energy density enriched in dietary fibre and polyphenols (Zerealien)“

**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 30.11.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Esther Mayer-Miebach

Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, Karlsruhe

**Verbundpartner**

Dr. M. Azad Emin

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik (LVT), Karlsruhe

## Kurzfassung

### Projektziel

Frühstückszerealien sind beliebte Produkte mit hoher Käuferreichweite. Sie werden in der Regel aus stärkereichen Getreidearten hergestellt, deren leicht verdaubare Kohlenhydrate mehr oder weniger unmittelbar nach dem Verzehr im oberen Verdauungstrakt enzymatisch aufgespalten werden. Die dabei freigesetzte Glucose wird im Dünndarm rasch in den Blutkreislauf aufgenommen, der Blutzuckerspiegel steigt rasch an. Ein dauerhafter Verzehr solcher energiedichteren Lebensmittel erhöht das Risiko für Stoffwechselerkrankungen, darunter Adipositas, Typ 2 Diabetes und Herz-/Kreislauferkrankungen. Reformulierte und funktionalisierte, mit Ballaststoffen und bioaktiven sekundären Pflanzenstoffen angereicherte Frühstückszerealien könnten dazu beitragen, diese

Risiken zu vermindern. Ballaststoffe behindern jedoch die Strukturbildung während der Expansionsphase der herkömmlichen, zur Herstellung von Frühstückszerealien mit schaumartiger Textur verwendeten Extrusionsverfahren. Gleichzeitig führen Extrusionsverfahren zum raschen Abbau thermisch instabiler sekundärer Pflanzenstoffe (u.a. Polyphenole). Hauptziel des Verbundprojekts ist es daher, wissenschaftliche Grundlagen als Voraussetzung für die Herstellung ballaststoff- und polyphenolreicher extrudierter Frühstückszerealien zu erarbeiten.

### Realisierung

Untersucht wird die Eignung eines Hochgeschwindigkeitsextrusionsverfahrens (High Temperature Short Time Extrusion, HTST). Arbeitshypothese des Projekts ist es, dass eine Prozessführung bei hoher Temperatur und Scherkraft über sehr kurze Prozessdauer es erlaubt, gleichzeitig die Behinderung der Strukturbildung durch Ballaststoffe und den Abbau thermisch instabiler Polyphenole zu minimieren.

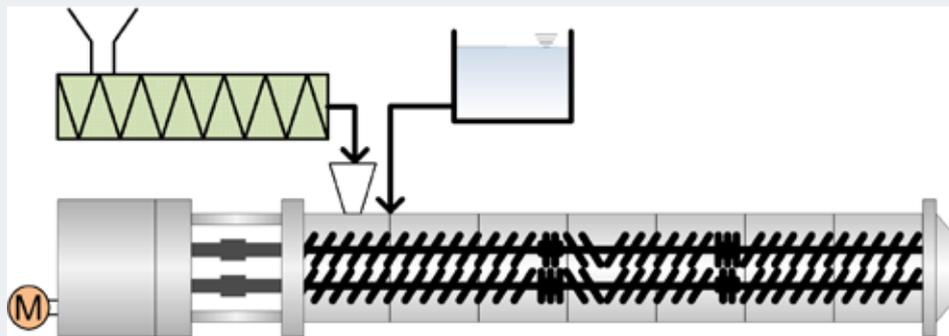


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Zweisechneckenextruders. Maisstärke sowie ballaststoff- und polyphenolreiches Material und Wasser werden direkt dosiert und entlang der mittels Motor (M, links) angetriebenen Schneckenelemente gemischt, geschert und in Richtung Düse (rechts) gefördert. Das Extrudat kann je nach Prozessbedingungen und Formulierung bei Austritt aus der Düse expandieren.

Um dies nachzuweisen, werden relevante thermomechanische Materialeigenschaften, u. a. Viskosität, Elastizität, Schmelztemperatur im Rheometer, sowie Einflüsse von Temperatur, Scherrate, Wassergehalt, Verweildauer und Formulierung auf Ballaststoffgehalt und -struktur, Glucose- und Polyphenolgehalt der Proben zunächst mittels Closed Cavity-Rheometer (CCR) bestimmt. Glucosefreisetzung und Polyphenolverfügbarkeit aus CCR-Proben werden in einem in vitro-Verdauungsmodell analysiert. In einem weiteren Schritt werden alle Daten dieser Simulation des Extrusionsprozesses im Extruder verifiziert. Dabei wird schließlich auch die sensorische Qualität der Extrudate, u. a. Textur, Farbe, Geschmack, dargestellt.

### Ergebnisse

Als ballaststoff- und polyphenolreiches Material eignet sich ein kommerziell erhältliches Tresterpulver, hergestellt aus den Pressrückständen der Aroniabeerensaftherstellung. Es

besteht zu 60 % aus Ballaststoffen (ca. 75 % wasserunlöslich, ca. 20 % wasserlöslich jedoch alkoholunlöslich), 10 % Glucose/Fructose, 25 % Sorbit sowie 5 % Polyphenolen.

Unabhängig von den angewendeten Bedingungen der thermomechanische Behandlung im CCR (Temperatur 100 – 160°C, Scherraten bis 50 s<sup>-1</sup>, Verweildauern bis 20 min, Aroniaanteile 50 – 100 %) ergeben sich nahezu keine Änderungen von Ballaststoffgehalten und -struktur. Die Polyphenolgehalte werden dagegen reduziert. Unter sonst gleichen Bedingungen verbleiben für 100 % Aronia bei 160°C lediglich ca. 15 % der Anthocyane, während Phenolsäuren und Flavonole bis 160°C nahezu stabil erhalten bleiben. Ein Stärkeanteil von 50 % verbessert die Erhaltung aller phenolischen Aroniainhaltsstoffe um bis zu 50 %. Im gastrointestinalen Modell wird Glucose nach thermomechanischer Behandlung der reinen Stärke bzw. der Aronia-Stärke-Mischung innerhalb von ca. 30 Min. vollständig freigesetzt. Die Gesamtmenge der freigesetzten Glucose wird bei Aroniazusatz um den Anteil der zugesetzten Menge reduziert. Die im Aroniapulver enthaltenen Polyphenole führen dagegen nicht zu einer Retardierung der Glucosefreisetzung durch Hemmung des stärkeabbauenden Enzyms  $\alpha$ -Amylase. Anthocyane, Phenolsäuren und Flavonole werden unter Magen /Darmbedingungen vollständig freigesetzt und stehen damit zur Aufnahme durch Darmzellen zur Verfügung. Diese Freisetzung ist unabhängig vom Aroniaanteil.

Erste Untersuchungen im Extruder zeigen, dass die Flächenexpansion als entscheidendes Qualitätsmerkmal für die Sensorik mit zunehmendem Aroniaanteil abnimmt. Bei niedrigen Drehzahlen und ca. 30 % Aroniapulver ist im Vergleich zu Extrudaten aus reiner Stärke eine deutliche Abnahme festzustellen. Hier werden viele gleichmäßige Poren mit einer engen Porengrößenverteilung erzeugt, bei hohen Drehzahlen entstehen dagegen inhomogen verteilte große Poren. Bei Aroniaanteilen über 30 % nimmt die Flächenexpansion weiter stark ab.

### **(Geplante) Verwertung**

Publikationen in referierten Fachzeitschriften, Vorträge auf nationalen und internationalen wissenschaftlichen Kongressen und populärwissenschaftlichen Foren.

Behnsilian, D. (2018): Research on basic principles for the production of breakfast cereals with reduced energy density enriched with dietary fibre and polyphenols, Anuga Food-Tec 2018, 20.-23.3.2018, Köln. Vortrag

Mayer-Miebach, E. (2018): Ballaststoffreiche Frühstückszerealien mit reduzierter Energiedichte - Ein Beitrag zur Reformulierung von Lebensmitteln, 20. Getreidenährmittel-Tagung, 14./15.03.2018, Detmold. Vortrag

Schmid, V., Emin, M.A., Mayer-Miebach, E., Behnsilian, D., Greiner, R., Karbstein, H.P. (2017): Breakfast cereals with reduced energy density enriched with dietary fibre and polyphenols, 31. EFFoST International Conference, 13.-16.11.2017, Sitges, Spanien. Posterbeitrag

Mayer-Miebach, E., Emin, M.A., Briviba, K., Behsnlian, D., Greiner, R., Bunzel, M., Schuchmann, H.P. (2017): Research on basic principles for the production of breakfast cereals with reduced energy density enriched in dietary fibre and polyphenols - Project description, 54. Wissenschaftlicher DGE-Kongress, 1.-3.3.2017, Kiel. Posterbeitrag

**„Verwendung von Oleogelen zur Herstellung von fettreichen und trockenen Backwaren zur Reduzierung und Vermeidung von gesättigten und trans-Fettsäuren (Oleogelebackwaren)“**

**“Use of oleogels for the production of high-fat and dry bakery products to reduce and mitigate saturated and trans-fatty acids (oleogel bakery products)“**

**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 31.12.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Bertrand Matthäus

Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Detmold

## Kurzfassung

### Projektziel

Für die Herstellung von Lebensmitteln werden oftmals Fette mit ganz speziellen physikalischen Eigenschaften benötigt, um eine entsprechende Textur und Rheologie der Produkte zu erhalten. Die rheologischen Eigenschaften, Textur und Funktionalität von Fetten werden durch den Anteil an festem Fett, die Erscheinungsform und die Mikrostruktur des Netzes der Fettkristalle bestimmt. Große Anforderungen an die rheologischen Eigenschaften von Fetten werden insbesondere bei Produkten wie Feingebäcke ohne Hefe (Blätterteig, Mürbeteig, Hartkekse), Hefefeingebäcke (Plunder, Stollen) und Massen mit Aufschlag (Biskuit, Sandmassen) gestellt. Bisher werden üblicherweise Fette wie Backmargarine eingesetzt, um den Produkten entsprechendes Mundgefühl sowie eine ansprechende Textur zu verleihen. Solche Fette/Backmargarinen werden hergestellt, indem Pflanzenöle so modifiziert werden, dass sie einen ausreichend festen Anteil mit einer stabilen Struktur erhalten. Je nach Verfahren entstehen dabei entweder große Mengen an gesättigten oder trans-Fettsäuren. Insbesondere der Verzehr von trans-Fettsäuren wird als kritisch für die Gesundheit gesehen und muss somit reduziert werden. Außerdem können natürliche feste Fette wie Palmfett oder Kokosfett eingesetzt werden, deren Verwendung jedoch aus ökologischer Sicht sehr kritisch bewertet wird. Darüber hinaus zeigt Palmöl zusätzlich ein hohes Potential für die Bildung von toxikologisch bedenklichen MCPD- und Glyzidyl-Fettsäureestern.

Daher ist es das Ziel des Projektes, herkömmliche Backmargarinen oder natürliche feste Fette durch ernährungsphysiologisch günstigere, rapsölbasierte Fettphasen zu ersetzen und gleichzeitig den technologischen Erfordernissen bei der Herstellung von Feingebäcken gerecht zu werden.

## Realisierung

Um den Gehalt von ernährungsphysiologisch ungünstigen gesättigten und trans-Fettsäuren bzw. den Einsatz von Palmöl zu reduzieren werden sog. Oleogele auf Basis von Rapsöl hergestellt. Dazu werden dem eigentlich flüssigen Rapsöl lipidartige Substanzen wie Sonnenblumenwachs (SFW), Ethylzellulose (EC) oder Monoglyceride (MG) zugesetzt, wodurch es zur Ausbildung von Netzstrukturen kommt, in die das flüssige Öl eingebunden wird. Dies führt zu einer Verfestigung des Systems, sodass sich die physikalischen und rheologischen Eigenschaften des Öles denen eines Fettes annähern. Die hergestellten Oleogele werden hinsichtlich ihrer Festigkeit, ihres Ölhaltevermögens und ihrer Oxidationsstabilität charakterisiert und auf ihre Eignung mittels Minibackversuchen geprüft. Darüber hinaus wird der Einfluss verschiedener Rapsölchargen auf die Qualität ausgesuchter Oleogele untersucht und die Stabilität von Oleogelen bei der Verwendung von synthetischen und natürlichen antioxidativ wirksamen Substanzen analysiert. Zusätzlich werden fettreiche und trockene Backwaren auf Oleogel-Basis hergestellt und ihre chemischen, physikalischen und sensorischen Eigenschaften direkt nach dem Backen und während der Lagerung untersucht. Abschließend wird zur Ermittlung der allgemeinen Akzeptanz von Oleogelen ein Beliebtheitstest von ungeschulten Konsumenten durchgeführt.

## Ergebnisse

Basierend auf Ergebnissen von Vorversuchen und Literaturdaten wurden 14 verschiedene Oleogele zur genaueren Untersuchung ihrer Eignung für die Herstellung von fettreichen und trockenen Backwaren ausgewählt und hergestellt. Die Gesamtkonzentration der strukturbildenden Bausteine variierte pro Oleogeltyp zwischen 2,5 % und 12 %. Als kontinuierliche Phase diente raffiniertes Rapsöl. Während Oleogele basierend auf SFW bereits bei geringen Konzentrationen ein optimales Ölhaltevermögen zeigten, nahm das Ölhaltevermögen bei Oleogelen basierend auf EC mit steigender Konzentration zu. Einige Oleogele wie z.B. SFW 10, EC 5 + MG 5 oder EC 7.5 + MG 2.5 waren hinsichtlich ihrer Festigkeit vergleichbar mit Margarine oder Butter (mit 18 % Rapsöl). Die Oleogel-formulierungen SFW 10, EC 5 + MG 5 und EC 5 + SFW 5 zeigten außerdem eine sehr gute Handhabbarkeit bei der Herstellung von Mürbeteig, während andere Oleogele gar nicht zu verarbeiten waren. Darüber hinaus wurden Oleogel-basierte Mübbekekse hinsichtlich ihrer Kompaktheit, Farbe, Bruchfestigkeit, backrelevanten Kennzahlen und sensorischen Eigenschaften systematisch untersucht. Kekse, die mit Oleogelen hergestellt wurden, waren weicher und weniger kompakt als Kekse aus Rapsöl, aber teilweise nicht so mürbe wie die aus Erdnussfett hergestellten Standardkekse. Die besten Gesamtergebnisse wurden mit den Oleogeltypen SFW 10, EC 5 + MG 5 und EC 5 + SFW 5 erzielt (Abbildung 1). Die Verwendung von Oleogelen führte zwar teilweise zu einem veränderten Mundgefühl, aber zu keiner wesentlichen geschmacklichen Beeinträchtigung der Kekse.



Abbildung 1: Mischung aus Fett, Wasser und Zucker (1. Zeile), gekneteter Teig nach der Zugabe von Mehl (2. Zeile), ausgerollter Teig (3. Zeile) und fertig gebackene Kekse (4. Zeile) unter der Verwendung von gehärtetem Erdnussfett (1. Spalte), flüssigem Rapsöl (2. Spalte), Oleogel SFW 10 (3. Spalte), Oleogel EC 5 + MG 5 (4. Spalte) und Oleogel EC 5 + SFW 5 (5. Spalte).

Zusätzlich wurde innerhalb verschiedener Vorversuche eine verbesserte Oxidationsstabilität von Rapsöl unter Verwendung des Antioxidationsmittels Flavoxan (ein auf Rosmarin basierendes Antioxidans) beobachtet. Daher wurde Flavoxan den am besten geeigneten Oleogelen (SFW 10 und EC 5 + 5 MG) zugesetzt und dessen Einfluss auf die Qualität und Lagerfähigkeit von Mübekekse getestet. In einem Schnellagertest konnte gezeigt werden, dass Flavoxan die Oxidationsstabilität der Kekse signifikant erhöht, wobei mit Margarine hergestellte Kekse immer noch eine deutlich höhere Oxidationsstabilität aufwiesen. Die sensorische Qualitätskontrolle der Mübekekse zeigte keine Beeinträchtigung des Geschmacks durch Flavoxan. Des Weiteren wurde der Einfluss verschiedener Rapsölchargen auf die Qualität ausgesuchter Oleogele untersucht. Interessant ist hier insbesondere die Verwendung von hochsäurereichem Rapsöl, das eine deutlich bessere Oxidationsstabilität als konventionelles Rapsöl mit einem höheren Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren aufweist. Innerhalb eines Beliebtheitstests konnte die allgemeine Akzeptanz der unter Verwendung von Oleogelen hergestellten Produkte im Vergleich zu konventionellen Backwaren beobachtet werden.

#### **(Geplante) Verwertung**

Mit Hilfe der Ergebnisse des Projektes soll die innovative Herstellung und der Einsatz von Oleogelen in Backwaren marktfähig gemacht werden, sodass rapsölbasierte Oleogele als Ersatz für Backmargarinen, Rindertalg oder Palmöl eingesetzt werden können. So ist es möglich, die hohen Gehalte an gesättigten und trans-Fettsäuren in den Backwaren deutlich zu reduzieren oder zu vermeiden und so einen Beitrag zu einer gesünderen Ernährung zu leisten.

**„Möglichkeiten von Hochdruckverfahren zur Qualitätserhaltung bei salzreduzierender Reformulierung von Gemüsesäften und -pürees (Hochdruck)“**

**”Investigation of the feasibility of high pressure processing towards quality parameters preservation in reduced sodium chloride vegetable juices and purées (Hochdruck)“**

**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 30.09.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Diana Behnlian

Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, Karlsruhe

## Kurzfassung

### Projektziel

Während weltweit eine Speisesalzzufuhr von unter 6 g/Tag empfohlen wird, liegt sie in Deutschland bei einem großen Anteil der Bevölkerung über 10 g/Tag. Aus diesem Grund empfiehlt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung eine Reduktion der Zufuhr, vor allem durch Reduktion des Speisesalzgehalts in verarbeiteten Lebensmitteln. Die Speisesalzzufuhr stammt überwiegend aus den Produktgruppen Brot, Fleisch, Wurst und Käse, aber auch Gemüseprodukte leisten einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag dazu.

Bei Lebensmitteln kann die Reduktion des Speisesalzgehalts in der Rezeptur zu sensorischen und/oder mikrobiologischen Qualitätsbeeinträchtigungen führen. In Gemüseprodukten wie Säften und Pürees wird Speisesalz überwiegend zu Verbesserung der sensorischen Eigenschaften eingesetzt. Die sensorische Salzwahrnehmung bei Lebensmitteln beruht auf ihrer Struktur und rheologischen Eigenschaften, da diese den Zugang des Salzes auf die Geschmacksrezeptoren im Mund beeinflusst. Die Struktur und rheologischen Eigenschaften von Lebensmittelmatrices können durch die Anwendung von Hochdruckverfahren modifiziert werden.

Der Effekt von Hochdruckverfahren auf die Salzwahrnehmung wurde bis zum jetzigen Zeitpunkt nur in proteinhaltigen Matrices wie Fleisch und Käse untersucht, nicht aber in pektin- oder stärkehaltigen pflanzlichen Matrices. Das Potential von statischen und dynamischen Hochdruckverfahren zur Qualitätserhaltung bei salzreduzierender Reformulierung von Gemüsefertigprodukten, wie Gemüsesäften oder -pürees, soll im Rahmen dieses Vorhabens ermittelt werden.

## Realisierung

Die Arbeiten werden federführend vom Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik (LBV) durchgeführt, unterstützt für bestimmte Arbeiten vom Institut für Sicherheit und Qualität bei Obst und Gemüse (OG).

Die Nutzungsoptionen von Hochdruckverfahren im Hinblick auf Qualitätserhaltung bei salzreduzierten, reformulierten Gemüsefertigprodukten werden am Beispiel von Tomaten- und Karottenpräparaten (Saft und Modellmatrices) ermittelt.

Aus dem Projektziel heraus ergeben sich folgende Arbeitspakete:

AP1 – Herstellung und physikalische, chemische Charakterisierung von Gemüsepräparaten (LBV)

AP2 – Statische und dynamische Hochdruckbehandlung (LBV)

AP3 – Sensorische Prüfung (OG, LBV)

## Ergebnisse

Tomaten- und Karottensäfte wurden im Labormaßstab hergestellt (Zentrifugenensafter und Dekanter, bis 200 L/Batch). Ein Teil der Säfte wurde zentrifugiert, um das Serum von den Feststoffbestandteilen zu trennen. Alle drei Präparate (Saft, Serum und Feststoffe) wurden bei -30 °C tiefgefroren und gelagert bis zur Weiterverarbeitung. Tiefgefrorener Saft wurde auch mittels Gefrietrocknung stabilisiert.

Modellmatrices mit verschiedenen Feststoffanteilen wurden aus den gefriergetrockneten Säften bzw. dem tiefgefrorenen Serum und Feststoffbestandteilen wiederhergestellt und für die Optimierung der analytischen Methoden und für die Versuche zur Hochdruckbehandlung verwendet. Zusätzlich wurden auch die direkt aufgetauten Säfte für die Analytik und Hochdruckbehandlung eingesetzt.

Für die chemische und physikalische Charakterisierung von Säften und Modellmatrices, mit und ohne Hochdruckbehandlung, wurden folgende Methoden angepasst und angewendet: Ballaststoffe (Extraktion und chemische bzw. enzymatische Charakterisierung von wasser- bzw. alkoholunlöslichen Ballaststoffen sowie von wasserlöslichen Ballaststoffen); Partikelcharakterisierung (Partikelgrößenverteilung, Licht Mikroskopie); Bestimmung von rheologischen Eigenschaften; Bestimmung des Natriumgehalts bzw. der Freisetzung von Natrium; Bestimmung von enzymatischen Aktivitäten (Pektinmethylesterase, Polygalakturonase).

Ausgewählte Gemüsepräparate (AP1), mit und ohne Zugabe von Salz, wurden mittels Hochdruck behandelt. Dabei wurden statische (HP) und dynamische (UHPH) Hochdruckverfahren bis 350 MPa eingesetzt. Die Eigenschaften der HP/UHPH behandelten

Präparate wurden anhand der in AP1 optimierten analytischen Methoden charakterisiert und die Zusammenhänge zwischen Verfahrensparametern und Produkteigenschaften analysiert.

Geplant ist die sensorische Prüfung von ausgewählten HP- und UHPH-Gemüsepräparate. Ein geschultes Panel soll die Prüfung von unbehandelten, behandelten und handelsüblichen Gemüseprodukten mit dem Schwerpunkt Salzwahrnehmung durchführen.

Die bislang untersuchten Prozessbedingungen zeigen noch nicht die erwarteten Effekte der Hochdruckverfahren auf die Freisetzung von Natriumionen aus einer Tomaten- oder einer Karottensaftmatrix. Der Effekt der Behandlung auf den Ballaststoffgehalt bzw. Pektidgehalt und die Untersuchungen von Gemüsematrices mit höheren Feststoffanteilen sind Gegenstand laufender Studien.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die Möglichkeit der Salzreduktion mittels statischer oder dynamischer Hochdruckverfahren im Bereich pflanzlicher Produkte ist bisher eine reine Arbeitstheorie und noch nicht praktisch erforscht. Sollte sich im Verlauf des Projekts die Arbeitstheorie bestätigen lassen, so werden am Projektende wissenschaftliche Grundlagen für die Entwicklung von neuen/innovativen, natriumarmen pflanzlichen Produkten mit optimalen Qualitätseigenschaften vorliegen.

Das Projekt und die gewonnenen Erkenntnisse werden der Öffentlichkeit zugänglich gemacht (Vorträge auf nationalen und internationalen Veranstaltungen; Fachzeitschriften), wie z.B.:

Behnilian, D., Trierweiler, B., Mayer-Miebach, E., Greiner, R. (2017) Feasibility of high pressure processing towards quality parameters preservation in reduced sodium chloride vegetable juices and purées – Project description. Poster, 54. Wissenschaftlicher Kongress der DGE, März 2017, Kiel; Proceedings of the German Nutrition Society, Vol. 23, DGE (Hrsg.).

Behnilian, D. (2018) High pressure processing for salt reduction in vegetable juices and purées. Vortrag, AnugaFoodTec, März 2018, Köln, Forum "Food Ingredients", MRI-Session „Interdisciplinary reformulation of foods – Acceptance of less sugar, salt and saturated fatty acids“.

**„Specks substitution in fermentierten Rohwürsten (REFROH)“**
**“Substitution of bacon in fermented raw sausages (REFROH)“**
**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 30.04.2019

**Projektkoordinator, Institution**

 Direktorin und Professorin Dr. Dagmar A. Brüggemann  
 Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und  
 Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, Kulmbach

**Assoziierte Partner**

 Dr. Anna Justina Svagan  
 KTH Royal Institute of Technology, Department of Fiber and Polymertechnology, Stockholm

Prof. Dr. Mogens Larsen Andersen

Universität Kopenhagen, Ingredient and Dairy Technology, Kopenhagen

**Kurzfassung**
**Projektziel**

Nach Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation im Jahre 2003 sollte die Aufnahme von gesättigten Fettsäuren und Cholesterin reduziert werden, da sie bei hohem Konsum das Risiko für Übergewicht, erhöhte Blutfettwerte und Bluthochdruck erhöhen. In den letzten Jahren wurde eine nationale Strategie für die Reformulierung von Lebensmitteln mit veränderten Rezepturen für Lebensmittel am BMEL entwickelt. Das Ziel ist dabei eine Förderung der gesunderhaltenden und ausgewogenen Ernährung durch Reduktion von Zucker, Salz und gesättigte Fettsäuren. Ziel des Projektes zur Specks substitution in fermentierten Rohwürsten ist die Entwicklung neuer, innovativer Strategien für den Fettersatz. Rohwürste sind populäre, traditionelle Fleischerzeugnisse mit einem großen Marktanteil, die häufig durch einen hohen Gehalt an tierischem Fett in Form von Speck gekennzeichnet sind. Sie besitzen somit neben einem hohen Energieanteil auch ungünstige Gehalte an gesättigten Fettsäuren und Cholesterin. Die neu entwickelten, reformulierten speckreduzierten Produkte sollen nicht nur in sensorischer, chemischer und mikrobiologischer Qualität gleichwertig mit konventionellen Produkten sein, sondern auch einen erhöhten ernährungsphysiologischen Wert aufweisen und somit für den Konsumenten attraktiver werden. Um dieses zu erreichen, kann tierisches Fett durch alternative Stoffe mit einem höheren Gesundheitswert wie Kohlenhydrate, Proteine, Hydrokolloide, Wachse und Öle ersetzt werden.

## Realisierung

Alternative Inhaltsstoffe wie z.B. Öle, müssen vor dem Einsatz texturiert werden, damit die reformulierten Fleischerzeugnisse sensorisch nicht von den traditionellen Produkten zu unterscheiden sind. Dieses kann in Form von Hydrogelen, Oleogelen oder stabilen Emulsionen erzielt werden. Aus einem durch Literaturrecherche ermittelten Pool potentieller biopolymerer Fettersatzstoffe mit einem geringen Anteil an gesättigten Fettsäuren, der Fähigkeit zur Bildung einer festen Phase bei Raumtemperatur und einem rückenfettartigen Aussehen werden geeignete Substanzen herausgesucht. Die meisten kommerziellen Fettersatzstoffe bestehen aus wasserbasierten Matrizen (Kohlenhydraten, Proteinen). Bei Fettersatzsystemen mit nicht strukturierten gemischten Wasser/Öl- oder reinen Ölphasen ist die Fleischverarbeitung technologisch anspruchsvoller, insbesondere beim Einsatz in heterogenen Fleischsystemen wie fermentierter Rohwurst. Das Vorhandensein der Lipidphase verleiht dem Produkt eine authentische Textur. Die Bewertung der physikalischen Eigenschaften von Fettersatzstoffen kann mit konventionellen Methoden wie Texturprofilanalyse und Mikroskopie erreicht werden.

Da traditionelle Rohwürste Fleischprodukte mit langer Haltbarkeit sind, müssen zum Schutz der empfindlichen ungesättigten Fettsäuren auch Strategien zur Verhinderung bzw. Verzögerung der Oxidation entwickelt werden. Die chemische Stabilität kann am praktischsten unter Verwendung experimenteller Spin-Trapping-Technik in Kombination mit der etablierten Thiobarbitursäurezahl (TBARS) Methode bewertet werden.

Rezepturen und Herstellungstechnologien für Rohwürste mit Fettersatzstoffen werden erarbeitet und systematische Untersuchungen des Wachstums von Starterkulturen schließen sich an, um den Reifungsprozess der Rohwurst zu optimieren. Die ausgewählten Fettersatzsysteme werden in Rohwürste eingearbeitet und produktrelevante Untersuchungen während des Herstellungsprozesses und der Lagerung durchgeführt.

## Ergebnisse

Als potentiell geeignete Speckersatzstoffe wurden Kollagenhydrolysate, Natriumalginat, Cellulosefaser, Mischung aus Kollagen oder Alginat mit Cellulose, Oleogele und Oleogelemulsionen ermittelt und untersucht. Für die optimale Specksubstitution wurden jedoch neue Oleogelemulsionen aus Ethylcellulose und pflanzlichem Öl mit hohem Anteil an ungesättigten Fettsäuren entwickelt. Oleogelemulsionen sind weiß und passen zum Schnittbild der traditionellen Rohwurst.

Die Textur des Specksubstituts ist abhängig von der Partikelgröße. Bei den Oleogelemulsionen mit Partikelgrößen von ca. 120-450 nm ist sensorisch keine Körnigkeit mehr erkennbar. Die Partikelmessung in Oleogel-in-Wasser Emulsionen wurde mit dynamischer Lichtstreuung (DLS) durchgeführt. Die Wasser-in-Oleogel Emulsionen lassen sich aber in dieser Weise nicht analysieren. Stattdessen wurde die Partikelverteilung mit Cryo-Transmissions-Elektronen-Mikroskopie analysiert (Dr. Hanner, KTH Stockholm). Die Aufnahmen zeigen, dass die Emulsionen hauptsächlich aus Wassertropfen von 10-

500 nm bestehen. Mit der CARS-Mikroskopie (Kohärente Anti-Stokes-Raman-Streuung) wurde zusätzlich auch die Verteilung der Ethylcellulose berücksichtigt, da sich die mögliche Bildung von Ethylcellulose-Domänen negativ auf die Textur von Oleogelemulsionen auswirken würde. Es wurden tatsächlich keine Ethylcellulose-Domänen nachgewiesen.

Der ranzige Geruch von Oleogelemulsionen weist darauf hin, dass sie oxidativ instabil sein könnten. Hierzu müssen noch weitere Versuche zur Optimierung der Herstellungsweise bzw. Entwicklung einer anti-oxidativen Strategie durchgeführt werden.

### **(Geplante) Verwertung**

Der Ersatz von tierischen Fetten durch pflanzliche Öle ist nicht nur im Rahmen der europäischen Reduktionsstrategie von Interesse. Tierisches Fett kann auch aus religiösen oder ethischen Überzeugungen von Verbrauchergruppen wie z.B. Vegetariern vermieden werden. Bislang wird das tierische Fett in diesen Speziallebensmitteln überwiegend durch Palmöl ersetzt. Der Einsatz von Oleogelemulsionen, welche aus ernährungsphysiologisch vorteilhafteren Ölen hergestellt werden, hat daher ein hohes Marktpotential bei der Herstellung von Lebensmitteln.

Die wissenschaftlichen Ergebnisse auf dem Gebiet der Fettreformulierung sind stark gefragt und werden veröffentlicht. Im Rahmen von Vorträgen bei verschiedenen Veranstaltungen werden die Ergebnisse auch an die Praxis disseminiert.

**„Steigerung der Süßkraft von Lactose durch enzymatische Hydrolyse und partielle Isomerisierung der Glucose (Lactosesüßkraft)“**

**“Enhancing the sweetening power of lactose by enzymatic hydrolysis and partial isomerization of the glucose (Lactosesüßkraft)”**

**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 30.06.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Wolfgang Hoffmann  
Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Kiel

**Assoziierte Partner**

OMIRA GmbH, Ravensburg

Chr. Hansen GmbH, Nienburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Joghurt- und Milchmischerzeugnisse können bis zu 20 % Gesamtzucker enthalten. Der Lactoseanteil beträgt häufig 4-6 %, trägt aber aufgrund der geringen Süßkraft kaum zur Gesamtsüße der Produkte bei. Eine Hydrolyse der Lactose mit dem Enzym  $\beta$ -Galactosidase in die Monomere Glucose und Galactose erhöht die Süßkraft und verbessert die Wasserlöslichkeit. Dieses Verfahren wird auch industriell angewandt. Die Erhöhung der Süßkraft ist aber nicht ausreichend, um auf den Zusatz anderer Süßungsmittel zu verzichten. In eigenen vorlaufenden Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass sich die Süßkraft Lactose-hydrolysierter Produkte deutlich steigern lässt, wenn etwa 50 % der Glucose in einem weiteren Verfahrensschritt mit dem Enzym Glucose-Isomerase (GI) zu Fruktose umgesetzt wird. Die relative Süßkraft der resultierenden Produkte ist 3-4 mal so hoch wie die der Lactose. Der Gesamtzuckergehalt von Joghurt- und Milchmischerzeugnissen könnte so entsprechend verringert werden.

### Realisierung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollte geprüft werden, ob die oben beschriebenen enzymtechnologischen Verfahren direkt oder in Form funktioneller Ingredienzien in der Herstellung von Joghurt- und Milchmischerzeugnissen eingesetzt und in die Verfahrensabläufe zur Produktion dieser Milcherzeugnisse integriert werden können. In diesem Zusammenhang sollten geeignete Parameter der enzymtechnologischen Umsetzung (Zeit, Temperatur, Enzym/Substrat-Verhältnis) erarbeitet werden, um einen

möglichst effektiven Umsatz der Lactose in Glucose-Galactose-Fructose zu erzielen. Die nötige Abreicherung von Calcium (< 2,5 ppm) aufgrund der Calciumsensitivität der GI wurde mithilfe von Ultrafiltration (UF) und anschließendem Kationenaustausch im Labormaßstab durchgeführt. Das sensorische Profil der hergestellten Produkte sollte durch die Sensorik-Arbeitsgruppe des MRI am Standort Kiel geprüft werden. Nach Optimierung der enzymtechnologischen Verfahren wurden Joghurt- und Milchlischerzeugnisse im Technikumsmaßstab hergestellt. Dabei wurde das Süßprofil der Produkte im Vergleich mit dem von herkömmlichen Erzeugnissen (mit Kombinationen aus Zucker, Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen) qualitativ (Profil) und quantitativ (Intensität) geprüft und angepasst.

### **Ergebnisse**

Es wurden Verfahren erarbeitet, mit denen sich süßkraftverstärkte Joghurt- und Pudding-Produkte im Technikumsmaßstab herstellen lassen (siehe Abbildung 1). Ausgehend von ultrafiltrierter Magermilch erfolgte die enzymatische Umsetzung mit  $\beta$ -Galactosidase und der Calcium-sensitiven GI im UF-Permeat. Im UF-Retentat wurde die Lactose mit  $\beta$ -Galactosidase hydrolysiert. Die enzymatische Modifikation kann ebenfalls in reinen Lactoselösungen erfolgen. Im Lebensmittelherstellungsprozess ersetzen diese dann die UF-Permeat-Fraktion. Abbildung 1 beschreibt die Herstellung der süßkraftverstärkten- und der Standard-Milchprodukte. Die Trockenmasse wurde bei der Joghurtproduktion mit Magermilchpulver eingestellt. Als zusätzliche Zuckerquellen dienten Saccharose und Glucose-Fructose-Sirup.

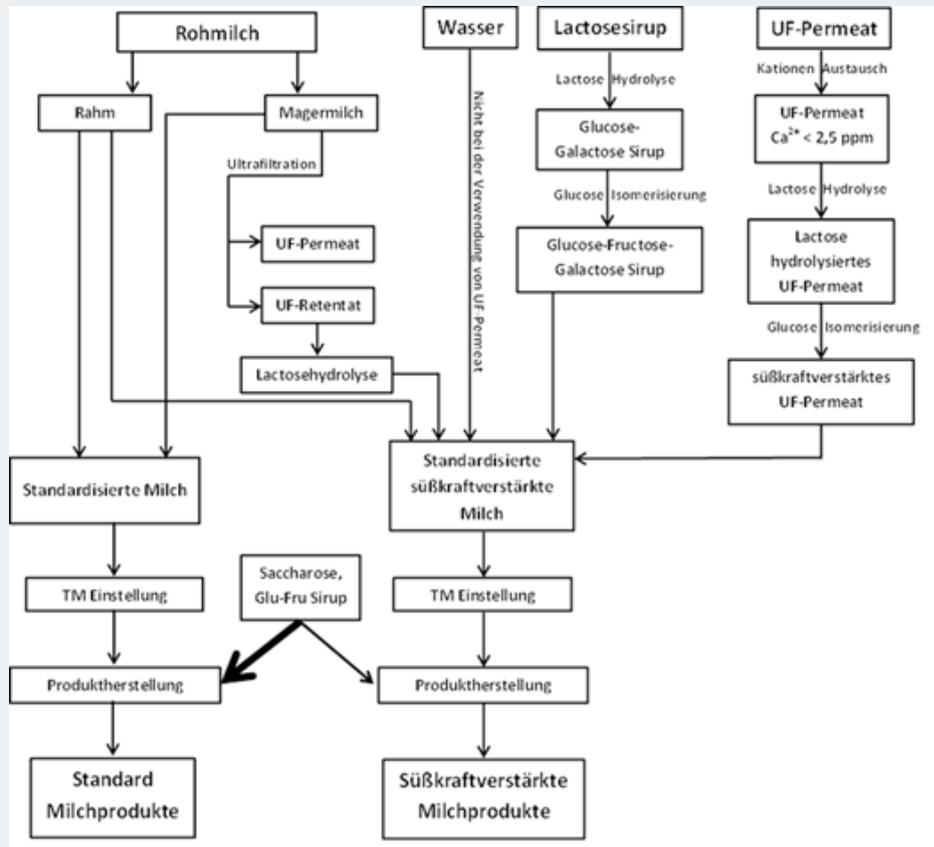


Abbildung 1: Verfahren zur Herstellung von süßkraftverstärkten und von Standard-Milchprodukten. Der hervorgehobene Pfeil weist darauf hin, dass für die Standard-Milchprodukte eine deutlich größere Menge an Zucker erforderlich ist, um die gleiche Süße wie bei den süßkraftverstärkten Produkten zu erreichen.

In Abbildung 2 ist beispielhaft das sensorische Profil von süßkraftverstärktem Schokoladenpudding im Vergleich zum Standardprodukt gezeigt. Die Daten liegen ebenfalls für Vanillepudding vor. Die süßkraftverstärkten Produkte zeigen keine oder nur schwach erkennbare Abweichungen von den Standardprodukten. Das süßkraftverstärkte Produkt unter Verwendung von UF-Permeat weist eine größere Cremigkeit sowie eine stärkere Geruchs- und Geschmacksintensität nach Schokolade auf.

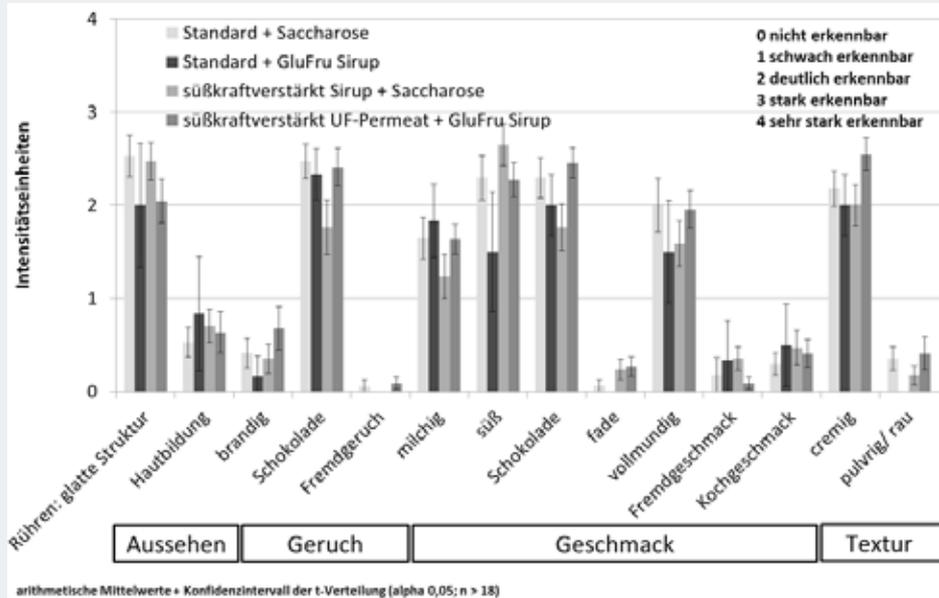


Abbildung 2: Sensorisches Profil von Schokoladenpudding nach 1 Tag.

Ergänzend wurden  $L^*a^*b^*$ -Farbmessungen für Standard- und süßkraftverstärkten Schokoladen- und Vanillepudding durchgeführt. Dabei wurden Farbabstände von  $< 0,5$  ermittelt, die nicht signifikant waren und auch nahezu unmerklich für das menschliche Auge waren.

Aus der ursprünglichen Selektion von 6 Starterkulturen für die Joghurtherstellung erwiesen sich die Kulturen YoFlex®Premium 4.0 und ABT-100 vom Kooperationspartner Chr. Hansen aufgrund der Keimzahlentwicklung und Säurebildung in hydrolysiertes, isomerisierter Milch als am besten geeignet für die Herstellung von Joghurt in der enzym-modifizierter Milch. Bei beiden Kulturen konnte beobachtet werden, dass der pH-Wert nur geringfügig langsamer auf einen Ziel-pH-Wert von 4,4 in hydrolysiertes, isomerisierter Milch im Vergleich zum Kontrolljoghurt absank. Dahingegen entwickelten sich die Keimzahlen der Kulturen sehr ähnlich in beiden Milchsarten während der Fermentation (siehe Abbildung 3).

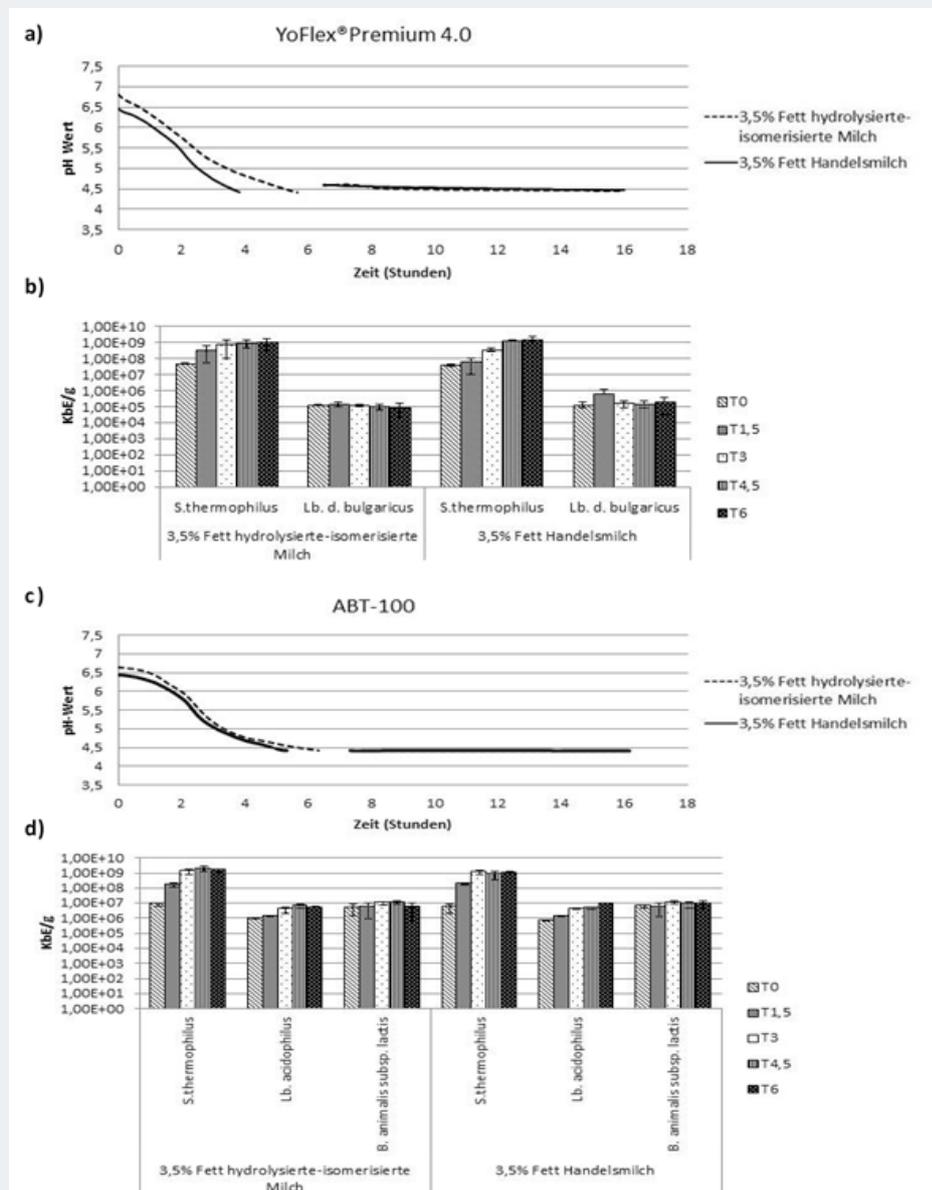


Abbildung 3: Säurebildung (a+c) und Wachstum (b+d) der zwei ausgewählten Kulturen zur Herstellung von Joghurt aus enzymatisch modifizierter Milch. Die Handelsmilch mit 3,5 % Fett entspricht der Kontrolle. T0 bis T6 entsprechen den Ergebnissen nach Beginn (T0) bis zum Ende der Fermentation (6 Std. = T6).

**(Geplante) Verwertung**

Die Anwendung der enzymtechnologischen Verfahren ist insbesondere bei der Herstellung von Milcherzeugnissen mit reduziertem Zuckergehalt von Interesse.

Die deutlich erhöhte Süßkraft der hydrolysierten und isomerisierten Lactose ermöglicht prinzipiell, allerdings erst nach Abschluss der Prozessoptimierung im industriellen Maßstab:

- » Sauermilch- und Milchlischerzeugnisse mit reduziertem Gesamtzuckergehalt
- » Erhöhte Wertschöpfung in der Verarbeitung von Milch- und Molkepermeaten
- » Innovative Milch-, Molke- und Lactoseerzeugnisse für die Lebensmittelindustrie
- » Neue Rohstoffe mit verringerter Kristallisationsneigung für die Eiskremherstellung.

Die im Projekt entwickelten Herstellungsverfahren mit den resultierenden Ergebnissen werden auf Fachtagungen präsentiert und in Fachjournalen veröffentlicht.

**„Strategien zur Salzreduktion in Fleischwaren (LOSS)“****”Strategies for salt reduction in meat products (LOSS)“****Projektlaufzeit**

17.10.2016 bis 31.05.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Direktorin und Professorin Dr. Dagmar A. Brüggemann  
 Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und  
 Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, Kulmbach

**Kurzfassung****Projektziel**

Im Vorhaben LOSS (Strategien zur Salzreduktion in Fleischwaren) wird die Leistungsfähigkeit verschiedener marktgängiger Salzersatzstoffe zur Reduktion des Kochsalzgehaltes in Fleischerzeugnissen überprüft. Dieses greift die nationale Strategie zur Reformulierung von Lebensmittel und zur Gesundheitsvorsorge durch Änderung von Rezepturen mit weniger Salz auf. In diesem Projekt werden Grundlagen für innovative Strategien zur Herstellung qualitativ hochwertigerer, gesünderer und schmackhafter Fleischwaren mit reduziertem Salzgehalt mittels eines technologischen, sensorischen, mikrobiellen Ansatzes erarbeitet. Ergänzend werden Beobachtungen zur Beeinflussung von Qualitätsparametern auf molekularer Ebene durch die Wechselwirkung der Fleischmatrix mit den Salzionen durchgeführt.

**Realisierung**

Die Verwendung von Salz bei der Herstellung von Fleisch spielt eine wichtige Rolle bei der technologischen Verarbeitung als auch der Konservierung. Abgesehen von Aspekten der Lebensmittelsicherheit spielt Salz in Fleischwaren eine tragende Rolle für den Geschmack, die Wasser- und Fettbindung und nicht zuletzt für die Gelbildung nach dem Erhitzen. Die Wirkung des Natriumchlorids auf die funktionellen Eigenschaften kommt durch eine Wechselwirkung mit den Proteinen zustande. Aus diesen Gründen ist eine einfache Reduzierung des Salzgehaltes in Fleischwaren nur innerhalb bestimmter Grenzen möglich.

In einem ersten Teil des Projektes werden verschiedene marktgängige Mischungen von Mineralsalzen auf deren Leistungsfähigkeit zur Reduktion von Kochsalz (Natriumchlorid) in Fleischwaren untersucht. Hierzu finden Analysen zu technologischen, sensorischen, mikrobiologischen und oxidativen Qualitätsparametern statt. In einem weiteren Projektteil werden systematische Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen Umami-Rezeptor und Salzwahrnehmungen und deren Abhängigkeit von der jeweili-

gen Matrix durchgeführt. Des Weiteren wird der Einsatz von neueren technologischen Verfahren wie Hochdruck zur Salzreduktion geprüft. Der letzte Teil befasst sich mit Grundlagenarbeiten zur Minimierung des technologischen Einsatzes von Salz. Die denaturierende Wirkung der verschiedenen zur Verfügung stehenden anorganischen und organischen Kationen und Anionen auf die wichtigsten Muskelproteine wird bestimmt und die konkret benötigte Minimalmenge berechnet.

### Ergebnisse

Die Leistungsfähigkeit der kommerziell erhältlichen Mischungen zur Salzreduktion in erhitzten Produkten wie Lyoner ist relativ hoch. Zwar kann die Gesamtauswertung der Daten erst nach Abschluss der kompletten Testreihe erfolgen, aber es lässt sich bereits absehen, dass in Bezug auf die technologischen, oxidativen und mikrobiologischen Parameter keine wesentlichen Differenzen bezüglich der verschiedenen Salzersatzprodukte feststellbar sein werden. Lediglich sensorische Merkmale wie „Salzigkeit“ oder „fehlende Frische“ zeigen über die Lagerdauer Unterschiede. Die Untersuchungen der geeigneten kommerziellen Salzersatzprodukte in Rohwurst werden in Kürze beginnen, entsprechende Vorbereitungen und Versuchsplanungen laufen aktuell.

Im zweiten Teil des Projektes sind zur Bestimmung des Einflusses eingesetzter niedermolekularer Stoffe und Ionen auf das Salzigkeitsempfinden von Fleischwaren und der sensorischen Interaktionen in der Wahrnehmung der Geschmacksrichtungen salzig/umami sowie salzig/kokumi umfangreiche sensorische Bewertungen notwendig. Basierend auf einem definierten Gemüsebrühen System wurden zunächst die Beziehungen zwischen den Referenzsubstanzen Natrium-, Kalium-, und Kalziumdi-glutamat als umami-vermittelnde Substanzen in Kombination mit Natriumchlorid mathematisch analysiert. Hierbei fällt auf, dass bei alleinigem Zusatz von Kochsalz kein positiver Gesamteindruck herzustellen war. Erst durch die Zugabe moderater Mengen von Glutamat (0,2 % w/w) konnte, unabhängig vom Gegen-Ion (Natrium, Kalium oder Kalzium), eine positive Bewertung beobachtet werden. Bei einem Zusatz von 0,75 % (w/w) Natriumglutamat lässt sich eine Reduktion von ca. 9 % Natrium (bezogen auf die Brühe ohne Zusatz) erzielen. Bei ebenfalls positivem Gesamteindruck erlauben Kalziumdiglutamat und Kaliumglutamat (bezogen auf Natriumglutamat) eine weitere Reduktion um 11 % bzw. 30 %.

Für die experimentelle Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Hochdruckbehandlung und Salzigkeit wurden Untersuchungen mit Kochschinken sowie Lachsschinken bei verschiedenen Druckhöhen durchgeführt. Im Vergleich zu unbehandelten Proben konnte kein Effekt auf die Salzigkeit in Kochschinken festgestellt werden. Bei Lachsschinken dagegen führten 6000 bar über 6 Minuten zu einer leichten aber signifikanten sensorischen Zunahme der Salzigkeit.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Verbraucheransprüche hinsichtlich gesundheitlicher und technologischer Qualität von Lebensmitteln steigen zunehmend. Die Ergebnisse dieses Projektes können zu einer Vielzahl an Kochsalz-reduzierten Fleischwaren führen, bei denen die Qualität und Sicherheit gewährleistet ist. Das dadurch verbesserte Image von Fleischwaren kann zur Erweiterung des Kundenkreises und Vergrößerung des Marktpotentials führen.

Die innovativen Strategien bzw. Verfahren zur Reduktion des Kochsalzgehaltes unter Aufrechterhaltung der gewohnten Produkteigenschaften sollen in der Wirtschaft und Wissenschaft breitenwirksam vorgestellt werden. Es ist geplant, die im Projekt erhaltenen Ergebnisse in Fachzeitschriften sowie auf nationalen und internationalen Fachtagungen zu veröffentlichen.

An dieses grundlegende Projekt sollten sich weitere Vorhaben zur Vertiefung der wissenschaftlichen Erkenntnisse als auch zur Erforschung breiterer Umsetzungsmöglichkeiten anschließen.

**„Reduzierung der Salzgehalte in ausgewählten Fischprodukten durch den Einsatz von Salzaustauschstoffen (SalzreduktionFisch)“**

**”Reduction of the salt content in selected fish products by the use of salt substitutes (SalzreduktionFisch)“**

**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 31.03.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Jan Fritsche

Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Kiel

**Assoziierte Partner**

Friesenkrone Feinkost, Marne

KIN GmbH, Neumünster

## Kurzfassung

### Projektziel

Von der Weltgesundheitsorganisation und innerhalb der EU werden verstärkt Initiativen und Strategien verfolgt, um die Salzaufnahme in der Bevölkerung zu verringern. Hintergrund ist, dass der Salzkonsum vieler Menschen deutlich oberhalb der empfohlenen Menge der WHO von 5 g pro Tag liegt, was 2 g Natrium entspricht. Natrium führt bei zu hoher Aufnahme zum Anstieg des Blutdrucks, wobei die wissenschaftliche Evidenz für diesen Zusammenhang als überzeugend eingestuft wird. Bluthochdruck gilt wiederum als wichtiger Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen.

Salz spielt bei Fischprodukten eine bedeutende Rolle zur Gewährleistung der Haltbarkeit und beeinflusst außerdem Geschmack und Textur. Primäres Ziel des Projektes war die Bewertung der Machbarkeit einer Reduzierung der Natriumgehalte von zwei Fischprodukten durch den Einsatz von Salzaustauschstoffen anhand von Modell-Untersuchungen. Es wurden exemplarisch für zwei Erzeugnisse (Matjes nordische Art und kaltgeräucherter Lachs) natriumreduzierte Muster entwickelt, bei denen das Salz den entscheidenden Faktor zur Haltbarmachung darstellt, da sie ohne Wärmeeinwirkung gar gemacht sind und kühlgelagert werden müssen.

### Realisierung

Die Modell-Fischprodukte wurden mit 13 verschiedenen Salzaustauschvarianten bestehend aus Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Kaliumlactat sowie kommerziellen Salzaus-

tauschstoffen hergestellt und einem sensorischen Screening unterzogen. Die besten fünf Salzaustauschstoffe wurden anschließend umfassend getestet, indem die damit hergestellten Produkte über die Dauer der handelsüblichen Mindesthaltbarkeit unter praxisnahen Bedingungen gelagert und regelmäßig auf sensorische, mikrobiologische und chemisch-physikalische Parameter analysiert wurden. Zudem wurden Challengetests mit *Listeria monocytogenes* durchgeführt, um Aussagen über das Wachstumspotential des Infektionserregers in den salzreduzierten Produkten treffen zu können. Abschließend fand eine Verbraucherbefragung mit den Musterproben von Matjes nordische Art statt.

### **Ergebnisse**

Handelsübliche Matjes nordische Art (5 % NaCl) und Muster mit Salzaustauschstoffen (2-3,25 % NaCl) unterschieden sich während der Lagerung unter praxisüblichen Bedingungen nicht statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ) im Hinblick auf die aerobe und anaerobe mesophile Keimzahl, die sensorischen Eigenschaften sowie Textur und Farbe. Ebenso gab es keine signifikanten Unterschiede zum Standardprodukt im Wachstumspotential von *Listeria monocytogenes* und in der Akzeptanz bei Verbraucherinnen und Verbrauchern. Auch beim kaltgeräucherten Lachs lagen in den meisten Fällen keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Standard (3 % NaCl) und den Mustern mit Salzaustauschstoffen (1,5-2,25 % NaCl) vor. Eines der salzreduzierten Produkte wurde als weniger salzig wahrgenommen als das Standardprodukt.

### **Verwertung**

Die Ergebnisse des Projektes liefern exemplarisch die wissenschaftlichen Grundlagen für die Etablierung innovativer und an neue Kundenbedürfnisse angepasster Produkte. Vor einer potentiellen Markteinführung natriumreduzierter Fischprodukte ist weitergehende umfassende Produktentwicklung im Unternehmen erforderlich, um produktspezifische Qualitäts- und Sicherheitsparameter zu definieren und die Akzeptanz beim Verbraucher sicherzustellen. Gemäß der EU-Verordnung Nr. 1924/2006 ist ab einer Natriumreduktion von 25 % gegenüber vergleichbaren Produkten die Verwendung der nährwertbezogenen Angabe „reduzierter Natrium-Anteil“ sowie der gesundheitsbezogenen Angabe, dass eine Reduzierung der Natrium-Aufnahme zur Aufrechterhaltung eines normalen Blutdrucks beiträgt, zulässig. Diese Anforderung wird von den meisten im Projekt entwickelten Musterproben erfüllt.

**„Strategien zur Salzreduzierung bei Schnittkäse (KAESE)“**
**“Strategies for salt reduction in semi-hard cheese (KAESE)“**
**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 30.06.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Jan Fritsche

Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Kiel

**Assoziierte Partner**

DMK Deutsches Milchkontor GmbH, Bremen

Chr. Hansen GmbH, Nienburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Gereifte Käse enthalten meist 0,5-0,7 g Natrium (Na)/100 g Käse, wobei aber auch über 0,8 g/100 g, also mehr als 2,0 % Kochsalz (NaCl) gefunden werden. Ziel sollte sein, einen Gehalt von < 0,4 g Na/100 g (< 1 % NaCl) in einem Schnittkäse wie Edamer zu erreichen. Dabei sollten die sensorischen Eigenschaften möglichst erhalten bleiben. Berücksichtigt werden musste, dass NaCl eine komplexe Rolle bei der Käseherstellung spielt. Es ist ein wichtiger Faktor im Hürdenkonzept der mikrobiologischen Stabilität, kontrolliert das Wachstum von Starterbakterien und Reifungsflora, beeinflusst Enzymaktivitäten, Synärese, Textur und Geschmack. Aufgenommen wird es während der Verweilzeit des gepressten Käselais in einer Salzlake.

### Realisierung

Die Untersuchungen wurden an Edamer mit 40 % Fett i. Tr. durchgeführt. Dabei wurde der Verfahrensablauf angepasst und spezielle Starter- und Reifungskulturen eines Kooperationspartners genutzt, um trotz niedrigem NaCl-Gehalt eine ausreichende Aromabildung zu erreichen. Dazu dienten verfügbare kaliumbasierte NaCl-Ersatzprodukte sowie Kaliumchlorid (KCl) mit NaCl. Zu berücksichtigen war, dass KCl einen bitter-metallischen Fehlgeschmack erzeugt. Um dies zu maskieren, wurde versuchsweise Trehalose eingesetzt. Die Käsureifung der zylindrischen Laibe (ca. 1 kg) fand in Folie über 6 Wochen bei 13°C statt. Na- und K-Gehalte im Käse wurden über ionenselektive Elektroden (ISE) bestimmt. Die Prüfung des sensorischen Profils wurde von einem geschulten Panel am MRI Standort Kiel durchgeführt.

## Ergebnisse

Die angestrebten Prozessmodifikationen bei der Edamer-Herstellung im Technikum wurden realisiert. In Abbildung 1 sind die Na- und K-Gehalte ausgewählter Versuchskäse und eines Edamers aus dem Handel mit gut 2 % NaCl (0,82 % Na) dargestellt. Die Versuchskäse, die das „reine“ NaCl-Salzbad durchlaufen haben, wiesen im Mittel einen Na-Gehalt von 0,36 % (0,9 % NaCl) auf, der hier auch angestrebt war (< 1 % NaCl). Die übrigen Versuchskäse enthielten nur 0,2 bis 0,27 % Na. Dies bedeutet gegenüber dem Handelsprodukt eine Reduzierung um etwa 65-75 %.

Für die Käse aus Abbildung 1 sind in Abbildung 2 die Ergebnisse der Profilprüfung dargestellt, ermittelt vom MRI-Sensorikpanel für ausgewählte Attribute bei Geruch und Geschmack. Der Handelskäse wurde erwartungsgemäß nicht nur deutlich salziger, sondern auch saurer wahrgenommen. Innerhalb der Versuchskäse gab es eher geringere Unterschiede im sensorischen Profil. Bei der Bewertung der Bitterkeit im Geschmack war die Intensität beim Handelsprodukt sehr niedrig, beim Versuchskäse aus dem „reinen“ NaCl-Salzbad signifikant höher und nur tendenziell niedriger als bei den anderen Versuchskäsen mit den Kochsalzsubstituten. Die beiden „reinen“ NaCl-Käse aus Handel und Technikum enthielten etwa 0,07 % K, die übrigen zwischen 0,13 und 0,21 % K (Abb. 1), was offensichtlich schon eine leichte Verstärkung des bitteren Geschmacks induziert. Die Aromabildung durch die Starterkulturen war trotz hoher Dosierung nicht ausreichend, um ein akzeptables sensorisches Geruchs- und Geschmacksprofil zu generieren.

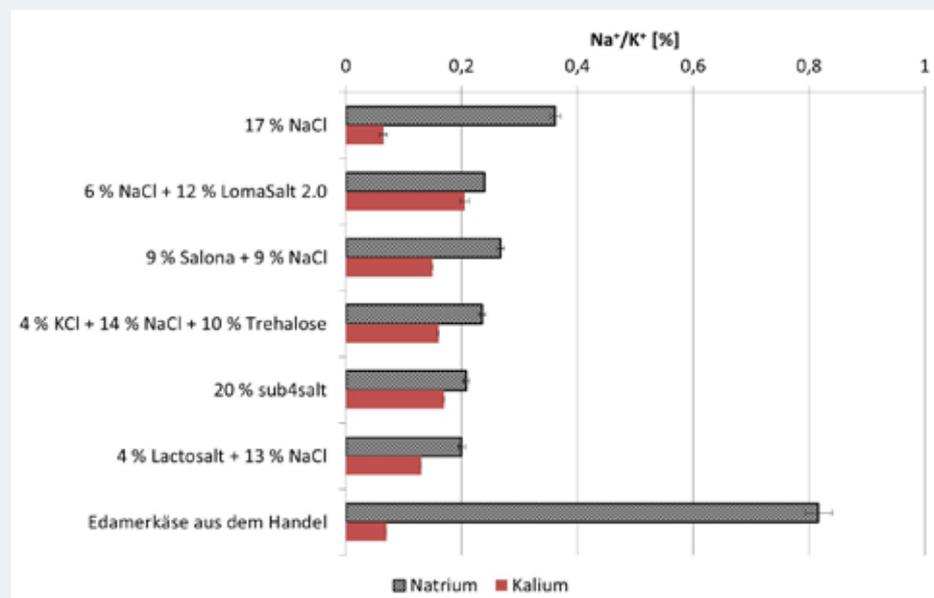


Abbildung 1: Na- und K-Gehalte von gereiftem Käse aus dem Technikum sowie von einer Handelsprobe. Säulenbezeichnung: Salzbadkonzentration [%]. Darstellung: arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen aus Mehrfachbestimmungen.

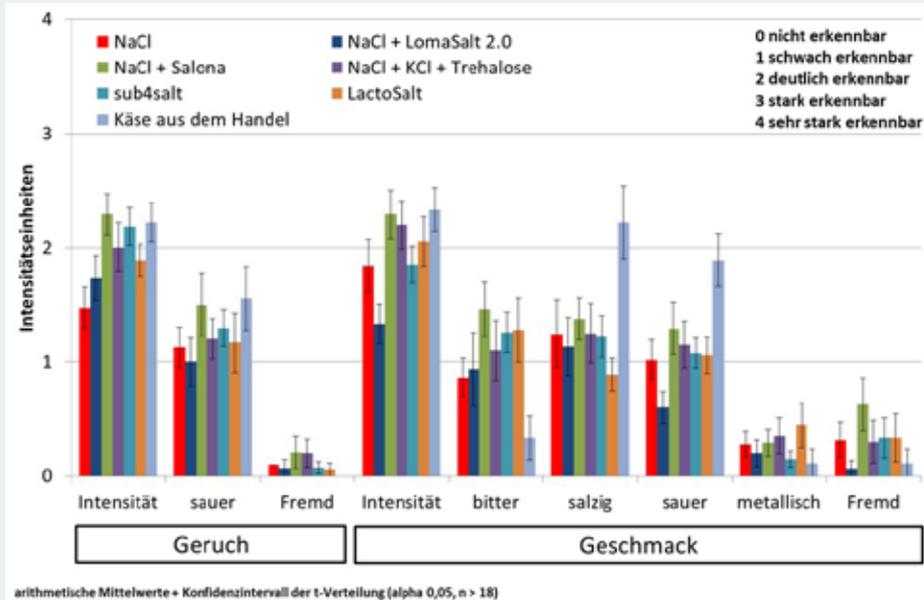


Abbildung 2: Säulendiagramme des sensorischen Profils der gereiften Käseproben aus Abbildung 1; Säulenbezeichnung: Salzbadbestandteile.

In Vorversuchen wurden Keimzahlbestimmungen der Starter-Milchsäurebakterien, die sich aus mehreren Kulturen zusammensetzten, vom Zeitpunkt der Zugabe zur Käsereimilch bis zum Ende der Käsereifung durchgeführt. Hieraus ließ sich ableiten, dass die verfahrenstechnischen Anpassungen, insbesondere bei der Salzbadverweilzeit, keinen Einfluss auf die Keimzahlen ausübten und diese während der Reifung einen für Edamer typischen Verlauf zeigten. Des Weiteren wurden die Versuchskäse nach 6 Wochen Reifung auf eine mögliche Kontamination mit D-Streptokokken, Enterobakterien, Hefen, Schimmelpilzen und Pseudomonaden untersucht. Die Keimzahlen dieser Mikroorganismen blieben stets unter der Nachweisgrenze von  $1 \times 10^2$  KBE/g und wurden daher als unbedenklich eingestuft.

Außerdem wurden molekularbiologische Methoden eingesetzt, um die Biodiversität der Nicht-Starter-Milchsäurebakterien während der Reifung einzuschätzen. Als Vergleich wurden einzelne Stämme der Milchsäurebakterien aus den Starterkulturen isoliert, um diese an ihrem molekularbiologischen Fingerprint zu erkennen und von Nicht-Starterbakterien zu unterscheiden. Hierfür wurde das 16S rRNA-Gen mit Hilfe von spezifischen Primern amplifiziert und ein Fingerprint mittels denaturierender Gradienten-Gelelektrophorese generiert. Die aus den Starterkulturen isolierte DNA wurde weiterhin für die Herstellung von Standardkurven für die speziesspezifische Keimzahlanalyse mittels quantitativer PCR (qPCR) eingesetzt.

Im Anschluss an die Technikumsversuche beim MRI wurde ein NaCl-Ersatzprodukt (sub4salt®, Jungbunzlauer Ladenburg GmbH) im industriellen Umfeld (Käsetechnikum) untersucht. Dazu wurden bei einem Kooperationspartner einmalig Käseblöcke (ca. 15 kg) nach dem entwickelten Verfahren mit den zuvor verwendeten Starterkulturen

und gentechnikfreiem Lab hergestellt. Zum Vergleich wurden Käse nach dem gleichen Verfahren, aber mit NaCl im Salzbad, hergestellt. Für beide Salzbadverfahren wurden jeweils 3 unterschiedlich lange Verweildauern der Käseleibe gewählt. Bei dem Käse mit der kürzesten Verweildauer im NaCl-Bad und den 3 Varianten mit dem Ersatzprodukt im Salzbad wurde eine bittere Geschmacksnote besonders deutlich wahrgenommen. Ein orientierender Verbrauchertest (64 Teilnehmer) zu „Gefallen“ und „Salzigkeit“ mit den Mustern aus der Industrie ergab im Mittel eher geringe, nicht signifikante Unterschiede.

Die sehr deutliche Reduzierung des Na-Gehaltes von derzeit 0,5-0,8 % auf < 0,4 % erfordert noch zwingend weitere Entwicklung im Technikums- und Industriemaßstab, bevor eine abschließende Bewertung der Machbarkeit einer Salzreduktion bei der Schnittkäseherstellung durchgeführt werden kann.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die Ergebnisse aus den Versuchen im Technikums- und Industriemaßstab werden weiter analysiert, so dass die gewonnenen Erkenntnisse eine Basis für andere Käsereien sein könnten. Darüber hinaus soll das Verfahren danach auch für andere Käsesorten angepasst werden. Dies stärkt die internationale Konkurrenzfähigkeit der deutschen Käseindustrie, nicht zuletzt gegenüber ausländischen Herstellern, die bereits erste Produkte auf dem Markt haben. Die im Projekt entwickelten Herstellungsverfahren mit den resultierenden Ergebnissen werden auf Fachtagungen präsentiert und in Fachjournalen veröffentlicht.

# Sektion 5: Tierwohllindikatoren I

„Essentielle Fettsäuren und konjugierte Linolsäuren in der Milch als Bioindikatoren für die Tiergesundheit bei der Milchkuh (FITCOW)“

”Essential fatty acids and conjugated linoleic acid in milk as bioindicator for animal health in the dairy cow (FITCOW)“

**Projektlaufzeit**

01.08.2016 bis 31.07.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Harald M. Hammon

Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN), Institut für Ernährungsphysiologie „Oskar Kellner“, Dummerstorf

**Verbundpartner**

Dr. Jens Vanselow

Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN), Institut für Reproduktionsphysiologie, Dummerstorf

Prof. Dr. Alexander Starke

Universität Leipzig (VMU), Klinik für Klautiere, Leipzig

Dr. Hubert Göft

FOSS GmbH Deutschland (FOSS), Rellingen

Dr. Wenke Friedrichs

Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Mecklenburg-Vorpommern e.V., Güstrow

Dr. Arnulf Tröscher

BASF SE, ENS/LD F31, Lampertheim

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Projekt zielt darauf ab, essentielle Fettsäuren, insbesondere die  $\alpha$ -Linolensäure, die konjugierte Linolsäure (conjugated linoleic acid; CLA) und das Fettsäuremuster (Verhältnis definierter Fettsäuren zueinander) in der Milch, als Indikatoren für die nutritive Versorgung mit essentiellen Fettsäuren zu etablieren und ihre Aussagekraft hinsichtlich der Gesundheit und Leistung von Milchkühen in der kritischen Transitphase um die Kalbung zu validieren. Grundlage ist ein Tiermodell, in dem durch eine gezielte Rationsgestaltung und abomasale Supplementierung spezifischer Fettsäuren eine extreme Auslenkung im Fettsäuremuster der Milch erreicht wird. Durch diese induzierte Auslenkung sollen in der Milch mittels Infrarotspektrometrie (mid-infrared-spectrometry, MIRS) spezifische, für die Versorgung mit essentiellen Fettsäuren indikative Infrarotspektren verifiziert werden. Die Validierung der Fettsäurespektren als Indikatoren für die Tiergesundheit erfolgt durch eine intensive Phänotypisierung der Versuchstiere hinsichtlich Tiergesundheit und Leistung. Die gemessenen Infrarotspektren in der Milch sollen auf betrieblicher und überbetrieblicher Ebene zeitnahe und aussagekräftige Hinweise geben, um eine Unterversorgung mit essentiellen Fettsäuren sowie Stoffwechselbelastungen, welche zu Problemen in der Tiergesundheit und Fruchtbarkeit führen, frühzeitig zu erkennen. Langfristig soll die MIRS zu einem kostengünstigen, zuverlässigen, robusten und routinemäßigen „on-farm“ Verfahren für den Landwirt zur betrieblichen Eigenkontrolle entwickelt werden.

### Realisierung

Im Projekt findet ein Tiermodell Anwendung, in dem in Milchkühen beginnend mit der Spätlaktation bis zur nachfolgenden Früh-laktation ein stark unterschiedliches Versorgungsniveau mit essentiellen Fettsäuren und CLA erzeugt wird. Der Fettsäurestatus der Milchkühe wird im Blut, in der Milch und in den Eierstockfollikeln mittels Gaschromatografie (GC) als Referenzmethode ermittelt und den MIRS-Fettsäuremessungen in der Milch gegenübergestellt. Zudem wird der Fettsäurestatus in Beziehung zu Parametern der Tiergesundheit gesetzt. In einer geplanten Feldstudie werden aus 40 Milchviehbetrieben mit unterschiedlichen Fütterungskonzepten, die einen unterschiedlichen Versorgungsstatus bei den essentiellen Fettsäuren und CLA erwarten lassen, Milchproben gewonnen und deren Spektraldaten erfasst. Diese Daten werden den Ergebnissen aus dem experimentellen Tierversuch gegenübergestellt. Damit soll die Entwicklung einer betrieblichen Eigenkontrolle hinsichtlich des Stoffwechsel- und Gesundheitsstatus der einzelnen Milchkühe sowie der Rationsgestaltung für die Milchviehherde durch die Analysen der Fettsäuremuster in der Milch ermöglicht werden.

1. Experimentelles Tiermodell: 40 Milchkühe (3. Laktation) werden mit einer ausschließlich maisbasierten Ration gefüttert (fettarm, geringer Gehalt an  $\alpha$ -Linolensäure) und gruppenweise (n=10) abomasal supplementiert mit unterschiedlich zusammengesetzten Ölen (Kokusfett = CTRL; Lein-Distelöl = EFA;

- Lutalin® = CLA; Kombination: EFA+CLA). Es erfolgt eine umfassende Beprobung und Erfassung der Milchfettsäuren mittels Gaschromatographie (GC) und MIRS, der Leistung, des Energiestoffwechsels, Tiergesundheit, Immunkompetenz und Reproduktionsleistung
- Validierung und Weiterentwicklung der Infrarotspektrometrie für die essentiellen Fettsäuren
  - Erhebung von Daten und Milchproben aus 40 Betrieben (Milch- und Mutterkuhbetriebe) mit unterschiedlichen Fütterungskonzepten und Untersuchung der Milchfettsäurezusammensetzung
  - Auswertung, Plausibilitätsprüfung und Entwicklung von Bioindikatoren basierend auf den erhobenen Versuchsdaten.

### Ergebnisse

Erste Ergebnisse aus dem Tiermodell zeigen die Veränderungen im Fettsäuremuster der Milch nach entsprechender Behandlung. So stieg in den Gruppen EFA und EFA+CLA die  $\alpha$ -Linolensäure nach der Gabe von Lein- und Distelöl deutlich an, während der Anteil der Linolensäure im Milchfett sich nur bei der Gruppe EFA+CLA teilweise erhöhte. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da der Anteil an Distelöl, das sehr hohe Mengen an Linolensäure enthält, in den Supplementen für EFA und EFA+CLA nur gering war, während der Anteil der Linolensäure im Leinöl sehr hoch war. Linolensäure wurde dagegen über die Maissilage in allen Gruppen aufgenommen, so dass sich im Milchfett v. a. Unterschiede bei der Linolensäure und weniger bei der Linolsäure zeigten. Der Anteil der CLA-Isomere cis-9,trans-11 und trans-10, cis-12 im Milchfett stieg in den beiden Gruppen CLA und EFA+CLA, wie erwartet, deutlich an.

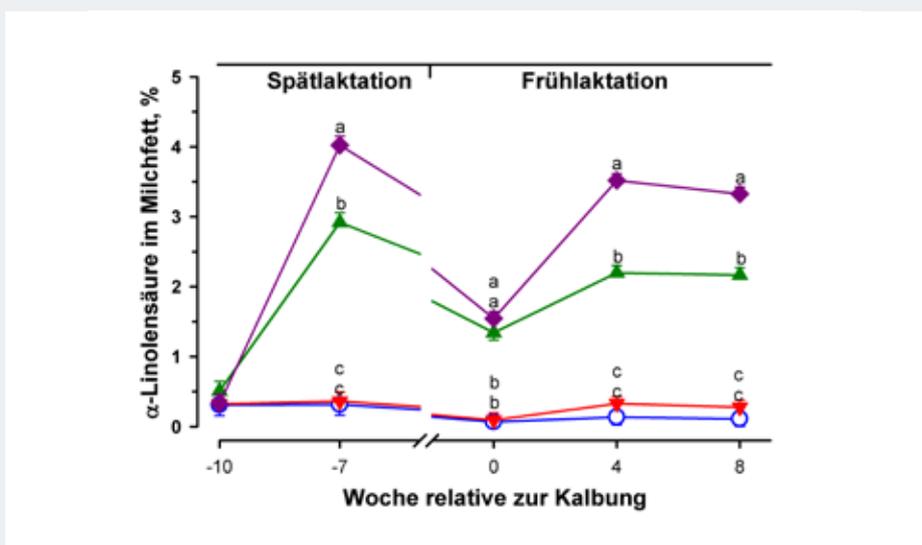


Abbildung 1:  $\alpha$ -Linolensäure im Milchfett von Kühen mit maisbasierter Ration und mit unterschiedlicher Supplementierung: Kokosfett (blau), Lein- und Distelöl (grün), Lutalin® (CLA c9, t11 und t10, c12, rot) und EFA+CLA (violett). Unterschiedliche Buchstaben zum jeweiligen Zeitpunkt zeigen signifikante Gruppenunterschiede an ( $P < 0,05$ ).

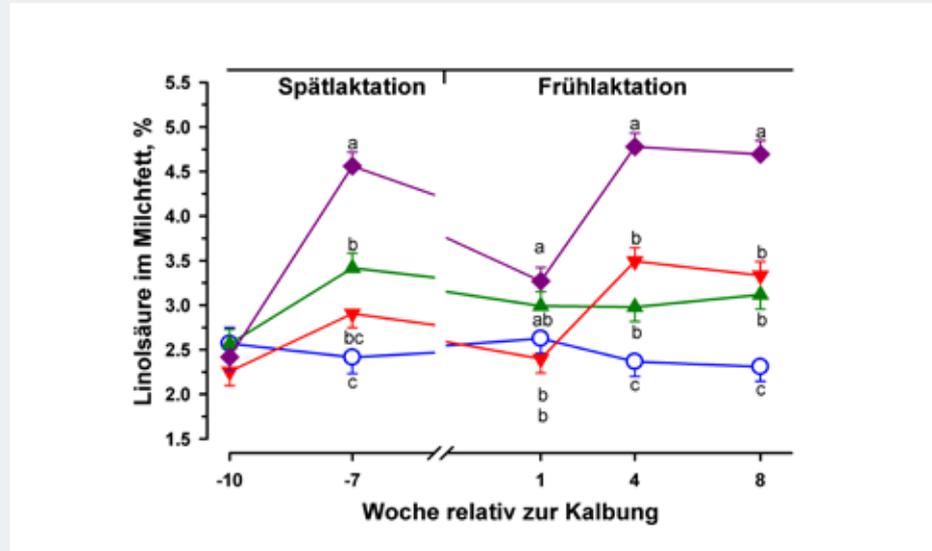


Abbildung 2: Linolsäure im Milchfett von Kühen gefüttert mit maisbasierter Ration und mit unterschiedlicher Supplementierung: Kontrollfett (blau), Lein- und Distelöl (EFA, grün), Lutalin® (CLA c9, t11 und t10, c12, rot), und EFA+CLA (violett). Unterschiedliche Buchstaben zum jeweiligen Zeitpunkt zeigen signifikante Gruppenunterschiede an ( $P < 0,05$ ).

Beide mit CLA supplementierte Gruppen zeigten eine verbesserte Energiebilanz aufgrund der durch CLA bewirkten Milchfetthemmung. Erste Untersuchungen zur klinischen Gesundheit und zum Immunsystem der Kühe ergaben, dass die Herzfrequenz im Untersuchungszeitraum insgesamt niedriger in der CLA-Gruppe als in der Kontroll- und EFA+CLA-Gruppe war. Die Atemfrequenz war v.a. nach dem Kalben in der EFA-Gruppe geringer als in der Kontrollgruppe. Der Anteil der Kühe mit Verdauungsproblemen über die gesamte Studie hinweg war bei den EFA-Kühen am höchsten und bei den EFA+CLA-Kühen am geringsten. Ansonsten traten keine weiteren Gruppenunterschiede bei den Erkrankungen auf. Haptoglobin, ein Akute-Phase-Protein, das v. a. in der Leber gebildet wird, stieg um die Kalbung in allen Gruppen im Blutplasma an und zeigte 14 Tage nach der Kalbung in der EFA-Gruppe die höchsten Konzentrationen. Im Gegensatz dazu fiel die Konzentration der Paraoxonase, ebenfalls ein Akute-Phase-Protein, im Blutplasma zur Kalbung hin ab, der Anstieg nach der Kalbung war am Ende der Studie in der EFA+CLA-Gruppe am deutlichsten. Die Plasmakonzentration von Interleukin-1 $\beta$  fiel in allen Gruppen zum Kalben hin ab und war in der 5. Woche vor dem Kalben höher in der EFA+CLA-Gruppe als in der Kontrollgruppe. Die Plasmakonzentration von Interleukin-6 fiel ebenfalls zur Kalbung hin ab, zeigte aber keine Gruppenunterschiede.

**(Geplante) Verwertung**

Die Projektergebnisse sollen dazu beitragen, eine Aussage über die Gesundheit von Hochleistungskühen zu treffen, in dem ihr Status an essentiellen Fettsäuren und CLA mit Hilfe von MIR-Spektren in der Milch gemessen wird. Des Weiteren sollen die Ergebnisse eine Grundlage bilden für die Festlegung von Bedarfsempfehlungen hinsichtlich essentieller Fettsäuren bei der Milchkuh. Durch die Verbundpartner wird die Weiterentwicklung der Analysetechnik MIRS für die betrieblichen und überbetrieblichen Ebenen umgesetzt.

**„Bewertung der Tiergerechtigkeit in der Milchviehhaltung – Indikatoren im Bereich Stoffwechsel und Fütterung (IndiKuh)“**

**”Evaluation of welfare in dairy cattle – indicators in the areas metabolism and feeding (IndiKuh)“**

**Projektlaufzeit**

01.08.2016 bis 30.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Jürgen Hummel, A. Reza Sharifi  
Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen

**Verbundpartner**

Ulrich Meyer, Sven Dänicke  
Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierernährung, Braunschweig

Dirk Albers

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Bei der Förderung von Tierwohl in der Nutztierhaltung spielt eine große Bandbreite an Faktoren eine Rolle. Im Falle der Milchkuh kommt neben „klassischen“ Faktoren wie Mastitis, Liegeverhalten oder Tier-/Fressplatzverhältnis gerade bei hochleistenden Tieren Parametern des Stoffwechsels wie Pansen-pH oder Energiebilanz eine entscheidende Rolle zu. Dabei ist das frühzeitige Erkennen des Auftretens dieser Probleme bei der Beurteilung der Tiergerechtigkeit durch den Halter schwierig. Im Projekt werden Indikatoren untersucht, die das Potential haben auf Praxisbetrieben möglichst sichere Hinweise für das Vorliegen einer SARA (subakute Pansenazidose) und subklinischen Ketose liefern zu können. Ein gewisser Schwerpunkt wird auf die SARA gelegt, da sich hier die Erhebung des optimalen direkten Indikators (kontinuierliche Pansen-pH-Messung) selbst in Forschungsprojekten aufwendig gestaltet und daher in der Praxis eine besondere Herausforderung darstellt.

Ziel des Projektes ist es die Aussagekraft von Stoffwechsel-Indikatoren zu überprüfen und nach Möglichkeit zu verbessern. Dabei wird versucht ein möglichst breites Spektrum an Indikatoren zu überprüfen, die vom Kauverhalten des Tieres bis zur Milchzusammensetzung reichen.

## Realisierung

Die Untersuchungen finden auf 10 Praxisbetrieben und zusätzlich einem Forschungsbetrieb statt. Auf den 10 Praxisbetrieben werden in einer Sammelphase von 14 Tagen pro Betrieb an jeweils 10 Tieren zum Laktationsstart direkte Messgrößen der jeweiligen Stoffwechselstörung gemessen („Goldstandards“: 24 h Pansen-pH mit pH-Bolus;  $\beta$ -Hydroxybutyrat im Blut); gleichzeitig werden indirekte Indikatoren erhoben. Diese reichen vom Kauverhalten der Tiere bis zu den Milch Inhaltsstoffen. Daneben wird auch ein metaanalytischer Ansatz verfolgt bei dem die Beziehung des Pansen-pH zu wichtigen Indikatoren wie den Milch Inhaltsstoffen untersucht werden. Dabei wird zum einen, eine eher explorative Herangehensweise verfolgt (welche Variablen ergeben die beste Vorhersage des Pansen-pH?), als auch ein Ansatz der gezielt den Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ) der Milch untersucht, auch auf Möglichkeiten einer Verbesserung der Vorhersagekraft des FEQ. Begleitend und ergänzend finden auf dem Versuchsbetrieb Untersuchungen unter anderem zum Einfluss der Körperkondition auf den Energiestoffwechsel der Kuh statt.

## Ergebnisse

Seit April 2018 sind die Datenerhebungen auf den Praxisbetrieben abgeschlossen. Bei den 10 teilnehmenden Betrieben (Raum Oldenburg) handelt es sich um größere Betriebe mit einer Kuhzahl von 170 – 580 Tieren (Mittel 330 Tiere) mit einer hohen Leistung von  $10.000 \pm 650$  L/Laktation und einer Lebensleistung von  $37.800 \pm 4.400$  L.

Die unmittelbar untersuchten Kuhgruppen der Praxisbetriebe wiesen bei einer Gruppengröße von  $89 \pm 43$  Tieren eine Futteraufnahme von  $20,3 \pm 3,2$  kg Trockenmasse auf. Bei den 10 auf jedem Betrieb genauer untersuchten Kühen lag im Schnitt eine Tagesleistung von  $37 \pm 3$  L vor. Der durchschnittliche Laktationstag lag bei  $19,8 \pm 3,9$  Tagen. Die in der Studie eingesetzten pH-Boli messen wie momentan alle über den Schlund des Tieres applizierbaren pH-Loggersysteme den pH im Netzmagen, der insgesamt (vor allem durch die direkte Einwirkung des Speichels) etwas höhere pH-Werte aufweist als im ventralen Pansen. In letzterem wurden die von der GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) empfohlenen Grenzwerte (bezogen auf 24 h: Mittel pH  $\geq 6,15$ ; pH  $< 5,8$  kürzer als 5,25 h) gemessen und abgeleitet. Diese sollten daher (wie allgemein beim Einsatz dieser pH-Boli üblich) erst nach einer leichten Anpassung angewendet werden.

Bei dem metaanalytischen Ansatz wurden vier Rationsparameter (Stärke-, Rohprotein- und Rohfettgehalt sowie Gehalt peNDF  $> 8$ mm), drei Milch basierte Kenngrößen (Protein- und Laktosegehalt sowie FEQ) und die tägliche Trockenmasseaufnahme der Kuh in eine Vorhersagegleichung für den pH-Wert im ventralen Pansen ausgewählt.

**(Geplante) Verwertung**

Die Ergebnisse des Projekts sollen zur Verbesserung der Information über den Stoffwechselzustand von Milchkuhherden beitragen. Neben Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften sollen Informationsveranstaltungen mit den an der Studie teilnehmenden Betrieben und später in einem weiteren Kreis durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden auch in praxisnahen Landwirtschaftszeitschriften veröffentlicht und so an Akteure in der praktischen Milchkuhhaltung weitergegeben.

**„Messsystem zur automatisierten Frühdiagnostik von Klauenerkrankungen mittels akustischer Analyse des Körperschalls der Bewegungsabläufe von Rindern (SoundHooves)“**

**”Measuring system for an automated early diagnosis of lameness in cattle through analysis of the sound of movement in cattle (SoundHooves)“**

**Projektlaufzeit**

01.08.2016 bis 31.07.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Oliver Hensel

Universität Kassel, Fachbereich Agrarwissenschaften, Fachgebiet Agrartechnik, Witzenhausen

**Verbundpartner**

Simon van Gorp

Hölscher + Leuschner GmbH & Co. KG., Emsbüren

Prof. Dr. Nicole Kemper

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tiererschutz und Nutztierethologie (ITTN), Hannover

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel dieses Projekts ist es, ein System zur automatisierten Frühdiagnostik von Klauenerkrankungen von Rindern anhand des durch die Bewegungsabläufe erzeugten Körperschalls von Einzeltieren und von Tiergruppen zu entwickeln. Hierfür werden piezoelektrische Sensoren, angebracht an akustisch entkoppelte Laufflächen, eingesetzt. Die Eigenschaften des durch die Tiere erzeugten Trittschalls werden durch ein stochastisches Modell beschrieben, welches eine Klassifikation der Schwere von Klauenerkrankungen zulässt und auch die befundlosen Tiere identifiziert. Das sensorische Frühdiagnostiksystem wird zur Marktreife gebracht. Eine Integration in Herdenmanagementsysteme wird ermöglicht (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Aufbau des geplanten Systems.

### Realisierung

Nach Identifikation geeigneter Erfassungshardware wurde zu Beginn des Jahres 2017 ein erster Messstand durch die Firma Hölscher + Leuschner auf dem Lehr- und Forschungsgut Ruthe installiert. Der Versuchsstand bestand aus einem Treibgang mit Spaltenböden, Trenngittern, Wiegeeinrichtung, Videoerfassung und akustischer Sensorik. Die akustischen Signale sollten in Beziehung zu dem von der Tierärztlichen Hochschule Hannover entwickelten Boniturschema gesetzt werden. Der erste Versuchsstand erwies sich als funktional aber verbesserungswürdig. Ein neuer, auf Grundlage des ersten Versuchsstandes entwickelter Aufbau, befindet sich ab Mai 2018 in der praktischen Erprobung auf dem Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Riswick.

### Ergebnisse

Der in Vorversuchen unter Idealbedingungen erfasste Signalverlauf der Schrittgeräusche bestätigte sich bei der Auswertung der Signale des ersten Versuchsstandes. Eine Unterscheidung zwischen befundlosen und schwer erkrankten Rindern wurde mit Hilfe von einfachen Eigenschaften des Signals wie Laufzeit, Amplitudenhöhe und Streuung im Signal möglich (siehe Abbildung 2).

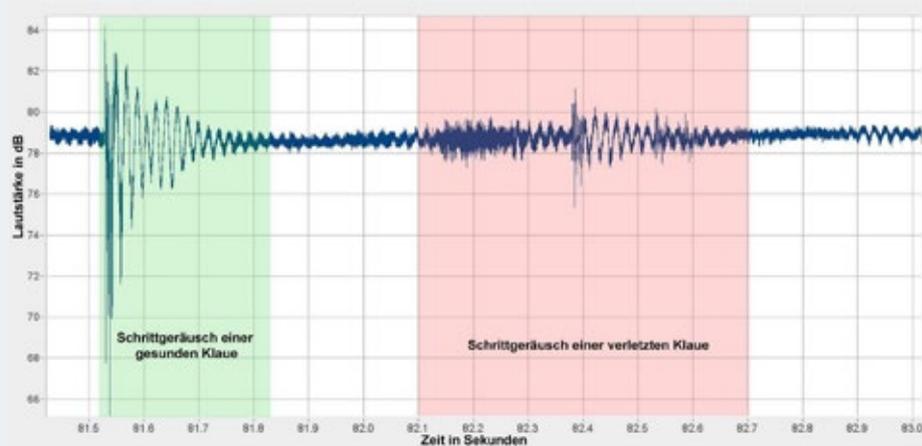


Abbildung 2: Zeitsignal des vom Akustiksensor erfassten Körperschalls in Dezibel (dB) einer gesunden Klaue (grün) und einer erkrankten Klaue (rot) einer Milchkuh.

Eine feinere Unterscheidung in Unterklassen war mit dem Versuchsstand auf Ruthe nicht zu erreichen. Die Tiere wurden in ihrem Laufverhalten durch den Versuchsstand zu stark beeinflusst. Die Zwischentierstreuung konnte durch die Interaktion der Tier mit dem Versuchsaufbau nicht eindeutig genug auf die Klauenbefunde bezogen werden.

Der aktuelle Versuchsstand auf Haus Riswick verursacht bei den Tieren nach derzeitigem Erkenntnisstand keine sichtbaren Störungen im Verhalten. Mit Hilfe der Daten des Versuchsstandes auf Haus Riswick soll ein Machine Learning Modell entwickelt werden, welches die feinere Klassifizierung der Tiere nach Schwere des Befundes ermöglichen.

Der Einsatz eines Machine Learning Klassifizierungsmodells wird für das marktfähige Produkt angestrebt. Eine Ampeldarstellung nach Schwere des akustisch detektierten Befundes könnte als cyber-physikalisches Managementsystems für Herdenmanager dienen.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die Firma Hölscher + Leuschner wird das innerhalb dieses Projektes entwickelte System als neues Produkt aus Hardware, Datenauswertung und stochastischer Klassifikation vermarkten.

**„Aggregiertes Indikatorkonzept zur Beurteilung von Tierschutzleistungen und deren ökonomische Implikationen in der Milchviehhaltung (Tier-Wirt)“**

**”Assessing performance in relation to animal health and welfare and their economic implications based on an aggregated indicator concept in dairy production (Tier-Wirt)“**

**Projektlaufzeit**

01.10.2016 bis 30.11.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Albert Sundrum

Universität Kassel, Fachgebiet Tierernährung und Tiergesundheit; Fachgebiet Betriebswirtschaft, Witzenhausen

**Verbundpartner**

Data Service Paretz GmbH, Ketzin

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Bemühen, den Tierschutz einer zukunftsfähigen Tierhaltung zu verbessern, ist ein bedeutsames agrar- und gesellschaftspolitisches Anliegen. Leistungen des betrieblichen Managements im Hinblick auf den Tierschutz bestehen vorrangig darin, die Nutztiere vor klinischen und subklinischen Gesundheitsstörungen und vor einer Überforderung ihrer Anpassungsfähigkeit zu bewahren. Tierschutzleistungen sind anhand des prozentualen Anteiles klinisch und subklinisch erkrankter Tiere in der Herde mess- und operationalisierbar. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Konzeptes für die Milchviehhaltung als dem wirtschaftlich bedeutendsten Betriebszweig in Deutschland. Mit diesem Konzept sollen vorhandene Störungen anhand (leicht) verfügbarer Daten schneller identifiziert und zugeordnet, Risiken durch negative Energiesalden zu Beginn der Laktation tierindividuell eingeschätzt und die ökonomischen Auswirkungen von Gesundheitsstörungen betriebsindividuell beziffert werden können. So wird kontextabhängiges Handlungswissen generiert, das die Nutztierhalter bei solchen Managemententscheidungen unterstützt, die auf einen Abgleich zwischen Tierschutz- und Produktionsleistungen abzielen.

### Realisierung

In einem ersten Schritt wurden auf 36 unterschiedlich strukturierten Milchviehbetrieben umfassende Daten erfasst, die eine Einschätzung der tierindividuellen Kluft zwischen Energiebedarf und -versorgung ermöglichen. Ferner wurden Informationen über

das Ausmaß an Gesundheitsstörungen erhoben. Darüber hinaus wurde die Kostenstruktur der Betriebe ermittelt und mit tierindividuellen Leistungsdaten in Bezug gesetzt.

Das zu entwickelnde Indikatorkonzept zur Beurteilung von Tierschutzleistungen und deren ökonomische Implikationen in der Milchviehhaltung wird die Bereiche (i) Unerwünschte Abgänge, (ii) Produktionskrankheiten und (iii) Energiesalden berücksichtigen. Die Kombination mit ökonomischen Daten wird auf der Basis der Einzeltierdaten für Tiergruppen erfolgen, die in der angestrebten Softwarelösung gebildet werden können. Der Bezug der ökonomischen Daten zu den produktions-technischen Daten wird über die Verrechnungsgröße der „Kuhjahre“ hergestellt.

Energiesalden sind das Ergebnis von Energieaufnahme abzüglich der Energieabgabe über die Milch und den Erhaltungsbedarf. Das Ausmaß des negativen Energiesaldos zu Beginn der Laktation und die Variation zwischen den Kühen eines Betriebes hinsichtlich der Energiesalden sollen als Gradmesser für die Stoffwechselbelastung fungieren. Für die Berechnung der Energiesalden entwickelt der Verbundpartner Data Service Paretz GmbH (DSP) ein Software-Tool, das Einzeltierdaten aus dem Managementprogramm HERDE einbezieht und mit Parametern zur Energieversorgung in Beziehung setzt.

### **Ergebnisse**

Das Vorhaben befindet sich etwa in der Mitte der Projektlaufzeit. Abschließende Ergebnisse liegen daher noch nicht vor.

Im Rahmen der interdisziplinären Systemanalyse wurde mit einer umfangreichen Literaturrecherche das Gesamtsystem „Betrieb“ und das Subsystem „Betriebszweig Milchkuh (ohne Nachzucht)“ beschrieben. Dazu erfolgte ein Abgleich der Datenverfügbarkeit der Herdenmanagementsoftware HERDE mit den Datenanforderungen einer betriebswirtschaftlichen Analyse des Betriebszweiges „Milchkuh“. Entsprechende Datenpflege vorausgesetzt, liegen detaillierte Angaben zum Tierverkehr und tierindividueller Milchleistung vor, die eine differenzierte produktionstechnische Grundlage darstellen. Angaben zu Futtermengen können ggf. von einer Fütterungssoftware übernommen werden. Die monetäre Bewertung erfolgt möglichst mit betriebsindividuellen Datensätzen, ansonsten kommen Standardwerte zum Einsatz.

Für die Bereiche Produktion und Ökonomie liegen Daten in unterschiedlicher Qualität und Vollständigkeit vor (z. B. Futterinhaltsstoffe, Lebendmasse, ökonomische Analysen). Um die Unterschiede abzubilden, wurden die Betriebe hinsichtlich der Datenverfügbarkeit kategorisiert und die Güte der Datenqualität für die verschiedenen Bereiche dokumentiert und bewertet. Dadurch soll hinsichtlich der Güte und Verlässlichkeit der Auswertungen gegenüber dem Landwirt Transparenz hergestellt werden.

Als Kostenrechnungsmodell wurde ein Schema zur Erfassung der ökonomischen Betriebsdaten auf Basis des DLG-Schemas (Betriebszweigabrechnung) erarbeitet. Dafür wurden relevante Bereiche (Fütterung, Tierverkehr) differenzierter betrachtet und ande-

re Bereiche (z. B. Maschinen- und Gebäudekosten) komprimiert. Der stufenweise Aufbau des Modells ermöglicht es, dass bei der Berechnung von Szenarien der spezifische Informationsbedarf durch adaptierte Teilkostenrechnungen (z. B. IOFC Income over feedcost, Dkfl Direktkostenfreie Leistung) gedeckt werden kann.

Für die Umsetzung des Softwareprojektes wurden Beziehungen für die Energiebilanz und die Energiesaldenberechnung für das Einzeltier modelliert. Weiterhin wurden die ADIS - (z. B. für HERDEplus oder Herde) und erste CSV-Schnittstellen programmiert. Die CSV-Schnittstellen sollen es ermöglichen, bereits in den Betrieben erfasste Daten in das Programm zu integrieren. Erste Teile der Programmoberfläche wurden erstellt. Ziel ist es, die Bedienbarkeit auf Standard-PC als auch auf Tablet-PC (Touch-Bedienung) zu gewährleisten.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse wird über den Vertrieb eines Softwaremoduls durch die Data Service Paretz GmbH erfolgen. Die Software wird die Anwendung des entwickelten Konzeptes im betrieblichen Herdenmanagement ermöglichen. Durch verschiedene Schnittstellen ist eine Übernahme von Daten (z. B. MLP Milchleistungsprüfung) aus anderen Systemen vorgesehen.

Wissenschaftliche Verwertungsmöglichkeiten liegen in der Auswertung und Einordnung der Tierschutzleistungen der Betriebe sowie der Durchführung und Validierung eines beobachterunabhängigen Indikatorkonzeptes.

**„Tierwohl in der Milchviehhaltung mit System – Von der betrieblichen Eigenkontrolle bis zum nationalen Monitoring (Q-Check)“**

**”Animal welfare in dairy farming – from self-assessment to national monitoring by system (Q-Check)“**

**Projektlaufzeit**

01.10.2016 bis 30.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Sabrina Hachenberg  
Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen e.V., Bonn

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Matthias Kussin  
Hochschule Osnabrück, Osnabrück

Dr. Jürgen Duda  
Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V., München

Prof. Dr. Rolf Mansfeld  
Ludwig-Maximilians-Universität München, Oberschleißheim

Dr. Jan Brinkmann  
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für ökologischen Landbau Trenthorst

Joachim Braunleder  
Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V., Verden

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Debatte um Tierwohl stellt viele Milchviehhaltende Betriebe vor Herausforderungen. Der Markt, die Gesellschaft und die Politik adressieren gleichermaßen Forderungen, Tierwohl messbar zu machen. So ist seit 2014 jeder Milchviehhalter im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle gesetzlich dazu verpflichtet, das Wohlergehen seiner Tiere anhand von Tierschutzindikatoren zu erheben und zu beurteilen (s. § 11 Abs. 8, TierSchG). Zudem werden mit der Forderung nach einem nationalen Tierwohlmonitoring (WBA-Gutachten 2015, Nutztierhaltungsstrategie des BMEL 2017) weitere Ansprüche an eine zukunftsfähige Nutztierhaltung gestellt. Welche Indikatoren für diese Zwecke

geeignet sind, bleibt jedoch offen. Ebenso ungelöst ist die Frage nach einer angemessenen Dokumentation der Ergebnisse.

Ziel von Q-Check ist die Entwicklung eines deutschlandweiten Monitoringsystems, das anhand tierbezogener Indikatoren Tiergesundheit - als einen zentralen Aspekt des Tierwohls - in deutschen Milchviehherden messbar machen soll. Damit unterstützt dieses System Landwirte bei der Umsetzung der gesetzlich vorgeschriebenen Eigenkontrolle und einem darauf aufbauenden Tierwohlmanagement im Betrieb. Zudem wird dem Landwirt die Möglichkeit gegeben, sich mit ähnlich strukturierten Betrieben zu vergleichen. Aufgezeigte Schwachstellen im betrieblichen Management bieten in Zusammenarbeit mit Tierarzt und/oder Berater das Potenzial, die Tiergesundheit nachhaltig zu verbessern.

### **Realisierung**

Als Basis dienen vier etablierte Systeme, die seit Jahren deutschlandweit einheitlich tierbezogene Daten generieren. Neben der Milchkontrolle - mit monatlich über 3,7 Millionen getesteten Kühen - gehören dazu die Milchgüteprüfung, die Datenbank des Herkunftssicherungs- und Informationssystems für Tiere (HIT) und das Auditierungssystem des Qualitätsmanagements Milch (QM-Milch). Nach der Devise „Bewährtes Bündeln und Verbessern“ arbeitet ein Team aus Praktikern, Tierärzten sowie Agrar- und Sozialwissenschaftlern daran, das Potenzial von bereits verfügbaren Indikatoren auszuschöpfen, um diese bedarfsgerecht für Landwirte, betreuende Tierärzte und Berater nutzbar zu machen.

Bei der Auswahl und der Beurteilung der Indikatoren verfolgt das Projekt einen interdisziplinären Ansatz: Praktiker, Experten aus Wissenschaft und Veterinärmedizin sowie Stakeholder der Milchbranche liefern in einem aufwendigen Verfahren ihren Input dazu, welche Indikatoren als geeignet erachtet werden. Diese werden im weiteren Projektverlauf so zusammengefasst und aufbereitet, dass sie neben der Erfüllung des gesetzlichen Anspruchs auch für das betriebliche Tiergesundheitsmanagement einen Nutzen bringen. Dabei wird der Heterogenität der deutschen Betriebslandschaft mittels einer deutschlandweit einheitlichen Betriebsklassifizierung Rechnung getragen, um dem Landwirt im Sinne eines Benchmarking die Möglichkeit zu geben, den eigenen Betrieb einzuordnen und auf Länder- bzw. Bundesebene mit anderen Betrieben vergleichen zu können.

Q-Check untersucht zudem neue Analysemöglichkeiten der Milchkontrolle, mit deren Hilfe Stoffwechselimbilanzen, vor allem in der sensiblen Zeit der Früh lactation, aufgedeckt werden können. Dafür muss die Routineanalytik deutschlandweit ausgebaut werden, um dem betrieblichen Management ein rechtzeitiges Eingreifen im Sinne eines Frühwarnsystems zu ermöglichen. Auf Basis der „Machine Learning Algorithms“, die der Erfassung von Assoziationen aus den anfallenden Massendaten dient, werden entsprechende Vorhersagemodelle angewandt, systematisch optimiert und automatisiert.

## **Ergebnisse**

Die im Rahmen des Auswahlverfahrens zur Ermittlung geeigneter Indikatoren durchgeführten Delphi- und Stakeholderbefragungen sind zum Zeitpunkt der Einreichung noch nicht abgeschlossen. Die derzeitigen Rückmeldungen bestätigen, dass die Festlegung von Zielgrößen und Grenzwerten vor dem Hintergrund der Indikatorenbeurteilung alles andere als trivial ist. Weitere Datenanalysen sollen helfen, die Vor- und Nachteile einer Status Quo-basierten versus einer normativen Bewertung darzulegen.

Nach Auswertung aller Rückmeldungen werden die Ergebnisse im Rahmen von Round Table-Gesprächen und Workshops allen Beteiligten vorgestellt. Diese Plattformen sollen dazu dienen, gemeinsam mit allen relevanten Akteursgruppen der Branche einen abgestimmten Vorschlag für eine praktikable Indikatorenliste zu erarbeiten.

## **(Geplante) Verwertung**

Schlussendlich umfassen die in Q-Check betrachteten Indikatoren zur Erfassung von Tiergesundheit im Betrieb nur eine Auswahl an Indikatoren, die bei der Beurteilung von Tierwohl eine Rolle spielen. Zukünftige Entwicklungen können das System um weitere automatisiert erfassbare Indikatoren ergänzen. Q-Check bietet die Chance, einen proaktiven Ansatz zu liefern, um das bestehende Vakuum zu füllen: Die genannten vorhandenen Systeme bilden eine bewährte Basis und der beschriebene Auswahlprozess eine anerkannte Grundlage, um mit den abgestimmten Indikatoren - in anonymisierter Form - wichtige Aspekte des Tierwohls in der Milchviehhaltung zu beschreiben, um letztendlich die Diskussion um das Wohlergehen von Milchkühen zu versachlichen.

**„Erarbeitung eines semantischen Indexmodells zur Bewertung des Tierwohls von Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) und europäischem Zander (*Sander lucioperca*) in der Aquakultur (IBETA)“**

**”Development of a semantic index model for assessing animal welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and pikeperch (*Sander lucioperca*) in aquaculture (IBETA)“**

**Projektlaufzeit**

01.02.2017 bis 31.05.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Andreas Müller-Belecke

Institut für Binnenfischerei e.V., Potsdam-Sacrow

**Verbundpartner**

Cornelius Becke

LAZBW Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg, Langenargen

## Kurzfassung

### Projektziel

Mit der stetigen Zunahme der Fischproduktion in Aquakulturanlagen geht eine angelegte öffentliche und wissenschaftliche Debatte zum Thema Tierwohl in der Aquakultur einher. Jedoch stellt sich die Auseinandersetzung mit dem Thema Tierwohl als schwierig dar, da die einzelnen Akteure sehr unterschiedlich an das Thema herangehen und eine feste Definition des „Tierwohls“ fehlt. Oftmals werden dabei einzelne Teilbereiche betrachtet, die grundsätzlich im „Gesamtkomplex Tierwohl“ ihre Berechtigung, aber keine umfassende Bedeutung haben. Die Vielzahl möglicher Faktoren, die teilweise aufwändigen Messverfahren und unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten stellen für alle an der Produktionskette aquatischer Organismen beteiligten Akteure eine Herausforderung dar. Es fehlen bisher Werkzeuge, die eine einfache, nicht invasive oder an spezielle Laborkapazitäten gebundene Bewertung des Tierwohls für praktische Anwendungen ermöglichen.

Ziel des Vorhabens ist es daher, für Fischhalter, Behörden und andere Gremien einfache und mit vertretbarem technischen bzw. zeitlichen Aufwand zu bestimmende Tierwohlindizes für Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) und europäischem Zander (*Sander lucioperca*) in der Aquakultur zu erarbeiten. Die Basis bildet dabei das für den atlantischen Lachs (*Salmo salar*) entwickelte „Salmon Welfare Index Model (SWIM)“ (Stien et al., 2013). Das SWIM soll, entsprechend der artspezifischen Ansprüche von europäischen Zandern und Regenbogenforellen, anhand von publizierten Forschungsergebnissen und Erfahrungen aus Forschung und Praxis angepasst werden. Zur Zielstellung des geplanten

Vorhabens gehört die Entwicklung von Parametern, mit denen Fischzüchter die Tiergerechtigkeit ihrer Haltungsverfahren dokumentieren können. Die verwendeten Tierwohlindikatoren der Modelle sollen dabei auf einfach ermittelbaren Parametern, wie dem äußeren Zustand und dem Verhalten der Tiere bzw. des gesamten Bestandes, sowie ihrer biologischen und physikalischen Umwelt basieren.

### Realisierung

Die Anpassung des Tierwohlmodells für die Regenbogenforelle erfolgt für eine Haltung in klassischen Durchflussanlagen als aktuell in Deutschland häufigster Haltungsform und zusätzlich auch für Kreislaufanlagen. Für den Zander wird das Modell auf die im Moment vielversprechendste Haltungsform in geschlossenen Kreislaufanlagen angepasst.

### Ergebnisse

Nach ausführlicher Literaturrecherche wurde eine Vielzahl an Tierwohlindikatoren zusammengestellt und die wichtigsten Parameter zu einem Erstentwurf der jeweiligen Modelle zusammengefasst (siehe Abbildung 1). Die Erstentwürfe der beiden Modelle wurden anschließend in intensiven Diskussionen mit anerkannten Experten der jeweiligen Fischart aus Praxis, Forschung und Veterinärmedizin optimiert. Es zeigte sich dabei, dass aufgrund der relativ kurzen Zeitspanne der Inkulturnahme des Zanders noch vergleichsweise wenig über die optimalen Haltungsbedingungen bekannt ist, bzw. dass unter den Experten bei einzelnen Indikatoren unterschiedliche Ansichten vorherrschen. Dadurch wurde der Umfang der Tierwohlindikatoren auf die unstrittigen Indikatoren beschränkt. Die Tierwohlindizes sind von vornherein so angelegt, dass sie anhand von zukünftigen Erkenntnissen aus Praxis und Forschung einfach angepasst und gegebenenfalls auch erweitert werden können.

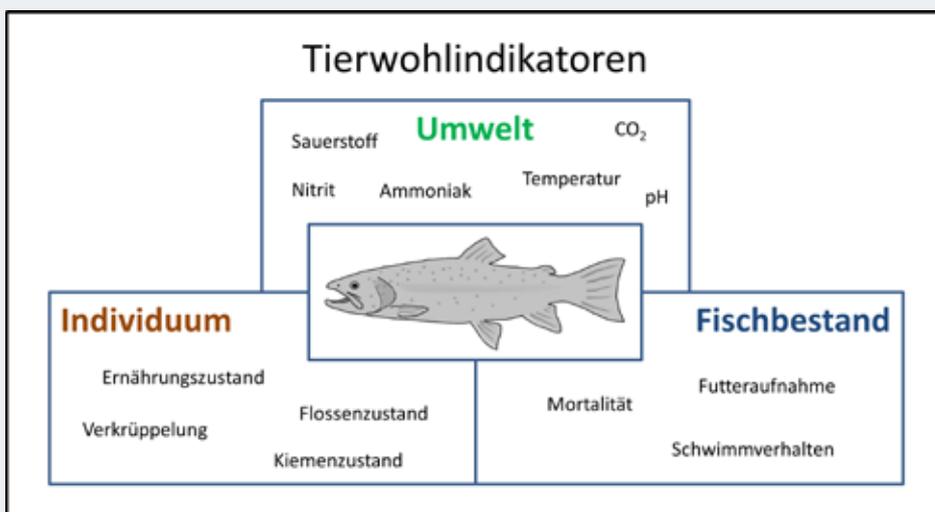


Abbildung 1: Darstellung der drei Bereiche des Tierwohlindex mit einer Auswahl an dazugehörigen Tierwohlindikatoren am Beispiel der Regenbogenforelle.

Die überarbeiteten Modellversionen wurden anschließend sowohl in den hauseigenen Versuchsanlagen (siehe Abbildung 2) als auch in Praxisbetrieben überprüft. Erste Ergebnisse werden bei den Innovationstagen 2018 vorgestellt.



Abbildung 2: Versuchskreislaufanlage der Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die erzielten Ergebnisse werden von beiden Kooperationspartnern kurzfristig in referierten wissenschaftlichen Zeitschriften sowie in von der fischereilichen Praxis gelesenen Fachzeitschriften veröffentlicht. Weiterhin sind Vorträge auf Konferenzen und Tagungen des Fischereisektors zum Transfer der Versuchsergebnisse in die Praxis geplant.

Die Berücksichtigung einer besonders tiergerechten Aufzucht kann sich ggf. als ein ideales Kriterium der erzeugten Produktqualität positiv auf die Vermarktungsmöglichkeiten / die Vermarktungspreise auswirken. Damit könnten die kleinen und mittleren Unternehmen der deutschen Aquakultur zukünftig vom beantragten Vorhaben profitieren.

**„Entwicklung von Indikatoren sowie Etablierung eines automatisierten Verfahrens zur Erfassung von Verhaltensauffälligkeiten bei Fischen in der Aquakultur (VitAl)“**

**”Evaluation of automated methods and development of indicators to identify erratic fish behavioral patterns under aquaculture practice (VitAl)“**

**Projektlaufzeit**

01.10.2016 bis 30.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Stefan Reiser

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Fischereiökologie, Hamburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Nachfrage nach Fisch und Fischereierzeugnissen nimmt global stetig zu. Da die Erträge aus der Fangfischerei stagnieren, kann der zusätzliche Bedarf nur mittels Aquakultur gedeckt werden. Die Aquakultur hat aus diesem Grund in den vergangenen 20 Jahren massiv an Bedeutung gewonnen und eine zunehmende Intensivierung und Technisierung erfahren. Der massive Ausbau sowie der erhöhte Intensivierungsgrad werfen allerdings auch zunehmend die Frage nach der Tiergerechtigkeit in Aquakulturproduktionssystemen auf.

Ziel des Projektes ist es, zu untersuchen, ob eine Bewertung der Tiergerechtigkeit mittels verhaltensbiologischen Indikatoren und unter Produktionsbedingungen möglich ist. Hierzu sollen Indikatoren entwickelt werden, um Verhaltensauffälligkeiten bei Fischen in Kreislaufanlagen automatisch zu detektieren. Die Detektion von Verhaltensauffälligkeiten soll zum einen mittels bildbasierter Verfahren und zum anderen mittels eines RFID-Systems zur Erfassung von Aktivitätsmustern erfolgen. Mittels der entwickelten Indikatoren soll es ermöglicht werden, den Einfluss von Risikofaktoren auf das Fischverhalten abzuschätzen sowie Bedingungen frühzeitig zu erkennen und abzuwenden, welche zu einer Gefährdung des Tierwohls führen können. Zudem soll eruiert werden, ob ein RFID-System zur Erfassung von Fischaktivität als Grundlage für ein Alarmsystem dienen kann.

### Realisierung

Damit eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Aquakulturpraxis gewährleistet ist, sollen die Untersuchungen unter möglichst realitätsnahen Bedingungen durchgeführt werden. Aus diesem Grund werden zu Beginn des Vorhabens sechs experimentelle

Kleinkreislaufanlagen zur Durchführung der Versuche etabliert. In den Kreislaufanlagen werden RFID-Systeme sowie ein Videosystem zur automatischen Aufzeichnung von Aktivitäts- und Verhaltensmustern installiert. Beide Detektionssysteme werden anschließend getestet und parametrisiert. In kontrollierten Versuchen sollen danach Risikofaktoren und Stressoren aus der Fischhaltung simuliert und deren Auswirkung auf das Verhalten der Fische untersucht werden. In nachgelagerten verhaltensbiologischen Versuchen wird der Effekt des Stressors auf das Verhalten von Einzelfischen untersucht und mit dem Verhalten von Kontrollfischen verglichen.

### **Ergebnisse**

In einem ersten Versuch sollte ein technischer Defekt an der Frischwasserversorgung einer Kreislaufanlage simuliert werden. Hierzu wurde vorab das Verhalten der Fische während des störungsfreien Anlagenbetriebes aufgezeichnet. Die Frischwasserzufuhr wurde danach kontrolliert unterbrochen. Der Sauerstoffgehalt, Temperaturverlauf sowie das Verhalten der Fische wurden im weiteren Verlauf kontinuierlich aufgezeichnet.

Erste und vorläufige Ergebnisse deuten darauf hin, dass der simulierte technische Defekt Änderungen im Verhaltensmuster der Fische hervorruft. Diese Änderungen sind sowohl mittels bildbasierter Verfahren sowie anhand des RFID-Systems detektierbar. Es bedarf allerdings einer weitergehenden statistischen Auswertung, um diese vorläufigen Erkenntnisse abzusichern.

### **(Geplante) Verwertung**

Die in dem Projekt erarbeiteten Ergebnisse sollen in begutachteten wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht und im Rahmen einer Promotionsarbeit vertieft untersucht werden.

**„Etablierung und Validierung einer Methodik zur Bestimmung von Glucocorticoiden in Haaren und Federn als Bioindikator zum retrospektiven nicht-invasiven Monitoring für Tierwohl in verschiedenen Nutztierspezies (RETROCORT)“**

**”Development and validation of a method for the determination of glucocorticoids in hair and feathers as a biological indicator for retrospective non-invasive monitoring of animal welfare in different livestock species (RETROCORT)“**

**Projektlaufzeit**

01.10.2016 bis 30.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Winfried Otten

Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf

**Verbundpartner**

Dr. Jutta Berk

Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierschutz und Tierhaltung, Celle

## Kurzfassung

### Projektziel

Es ist das Ziel des Projektes, die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Konservierung von Glucocorticoiden in Haaren und Federn zu nutzen, um mit dem Cortisol- und Corticosteron-Gehalt in Haar- und Federproben von Nutztieren einen Bioindikator für vorausgegangene Stressbelastungen zu entwickeln, zu validieren und für den Praxiseinsatz zu etablieren.

### Realisierung

Das Gesamtprojekt gliedert sich in vier Arbeitspakete. Im ersten Arbeitspaket werden für Haarproben von Rind und Schwein und für Federproben von Legehennen und Mastputen spezifische Methodenprotokolle für die Entnahme, Reinigung, Homogenisation und Extraktion sowie für die Analytik auf Basis von Enzymimmunoassays zur Bestimmung von Cortisol und Corticosteron erarbeitet und validiert. Nach der methodischen Vorarbeit erfolgt im zweiten Arbeitspaket die Aufklärung tierindividueller Variationsfaktoren, wie alters-, geschlechts-, trächtigkeits- oder saisonabhängiger Einflüsse auf die Glucocorticoidgehalte in Haaren und Federn und die Ermittlung von basalen Referenzwerten. Im dritten Arbeitspaket wird die retrospektive Aussage des Bioindikators über den Schweregrad und die Langfristigkeit von vorausgegangenen Stressbelastungen der Tiere in experimentellen und praxisrelevanten Haltungssituationen validiert. Dazu wird die Abhängigkeit der Glucocorticoidkonzentrationen in Haaren und Federn von sozialen,

physischen und psychischen Belastungsfaktoren (z. B. Besatzdichte, Futterkonkurrenz, Hitzestress u. a.) untersucht. Abschließend erfolgt im vierten Arbeitspaket die Publikation der Ergebnisse, die Bewertung der Eignung dieser Methodik als Stress- und Tierwohlindikator und ihrer Praktikabilität. Es werden Arbeitsanleitungen für den praktischen Einsatz erstellt und Möglichkeiten für die Verwertung und Nutzung, z. B. im Rahmen von Qualitätskontrollen, aufgezeigt und initiiert.

### **Ergebnisse**

Für den Cortisolnachweis in Haaren von Rindern und Schweinen konnte eine Methodik erarbeitet werden, die auf einer Methodenbeschreibung bei Primaten basiert. Die methodischen Untersuchungen zum Corticosteronnachweis in Federn gestalteten sich aufgrund der inhomogenen Struktur und Verteilung des Hormons in der Feder deutlich aufwendiger. Hier wurden letztendlich zwei spezifische Methodenprotokolle für Pulver aus Einzelfedern (adulte Tiere) und für einen Federpool aus ganzen Federn (Küken) erarbeitet. Diese Methodenprotokolle kommen in den nachfolgenden Untersuchungen der Arbeitspakete 2 und 3 zum Einsatz. Die ersten Auswertungen bei Rind und Schwein zeigten, dass die Körperregion, das Alter der Tiere und der Reproduktionszyklus bei weiblichen Tieren wesentliche Variationsfaktoren für die Cortisolkonzentrationen im Haar sind. Die Einflussfaktoren Fellfarbe bei Rindern sowie Geschlecht bei beiden Tierarten scheinen dagegen keinen oder nur geringen Einfluss auf die Cortisolkonzentrationen zu haben. Erste Untersuchungen bei Hühnern zeigten keine Unterschiede der Corticosteronkonzentrationen in Federproben von Hähnen unterschiedlicher Nutzungslinien. Jedoch scheint die Variation in den Corticosteronkonzentrationen vom Auftreten von Stresslinien in den Federn abzuhängen. Bei Puten deuten erste Ergebnisse auf eine Abhängigkeit der Corticosteronkonzentrationen in Federn von der Anreicherung der Haltungsumwelt hin.

### **(Geplante) Verwertung**

Nach erfolgreicher Validierung und Veröffentlichung der Analytik sollen Methodenprotokolle zur Verfügung stehen, mit denen Laboreinrichtungen ihr Leistungsangebot erweitern können. Mögliche Einsatzgebiete sind staatliche und private Kontrolllabore sowie laboranalytische Serviceangebote von Hochschulen und Instituten. Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse werden in Fachjournals sowie als Fachbeiträge auf nationalen und internationalen Tagungen veröffentlicht, so dass eine weitere Verwertung, zum Beispiel für neue Forschungsprojekte von Hochschulen und Forschungsinstituten oder in der Lehre, ermöglicht wird. Die Methodik der Haarcortisolanalytik beim Schwein wird bereits in zwei neuen Kooperationsprojekten des FBN mit der INRA, Frankreich, und der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft genutzt. Bei einer erfolgreichen Validierung der Methodik ist die Verwendung der Erkenntnisse zur Eigenkontrolle in der landwirtschaftlichen Praxis, als Selektionsmerkmal in der Züchtung und im Rahmen von Tierwohl-Monitoring-Systemen möglich. Über die im Projekt untersuchten Tierarten hinaus ist die Verwendung zur Bewertung von Belastungssituationen bei Schafen, Ziegen und Pferden (z. B. Springreiten, Pferderennen) sowie bei

einheimischen und exotischen Säugetieren und Ziervögeln in Privathand, in Tier- bzw. Vogelparks und zoologischen Gärten, und zur Formulierung entsprechender Projektideen möglich. Potentielle Synergieeffekte werden u. a. zu der vom Deutschen Bundestag über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geförderten Studie „Haltung exotischer Tiere und Wildtiere in Privathand: Situationsanalyse, Bewertung und Handlungsbedarf insbesondere unter Tierschutzaspekten“ (FKZ. 2815HS001 und 2815HS014) gesehen, beispielsweise bei der Beurteilung von handelsüblichen Haltungssystemen unter Tierwohlaspekten. Letztendlich ist eine Erweiterung und Weiterentwicklung als Biomarker zum Nachweis von chronischem Stress in Aquakulturen durch Cortisolbestimmung in Fischschuppen oder Kiemen und Formulierung entsprechender Projektideen möglich.

# Sektion 6: Herkunftsnachweis von Lebensmitteln I

**„Logisch-technische Infrastruktur zur automatischen Dokumentation der Herkunft von Landwirtschaftserzeugnissen (DoHLe)“**

**“Logical and technical infrastructure for self-acting origin documentation of agricultural produce (DoHLe)”**

**Projektlaufzeit**

15.11.2015 bis 14.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Thomas Herlitzius

Technische Universität Dresden, Institut für Naturstofftechnik, Dresden

**Verbundpartner**

Agri Con GmbH, Ostrau

Logic Way GmbH, Schwerin

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Projekt hat die Entwicklung, Inbetriebnahme und den Probetrieb eines elektronischen Infrastruktursystems zum Gegenstand. Mit dessen Hilfe können auf Daten basierende reale Produktions- und Verteilungsprozesse der Nahrungsmittelversorgung automatisch modelliert und abgebildet werden. Dabei soll ein möglichst offenes System geschaffen werden, das über spezifizierte Schnittstellen verfügt und so Daten aus unterschiedlichen Quellkanälen integriert. Es werden einfache Rückverfolgbarkeitsinformationen zum Produkt für den Endverbraucher, Dokumentationen für den Erzeuger, den Verarbeiter und den Handel zur Verfügung gestellt. Die Kontrollorgane bekommen die geforderten Informationen zum Produkt. Zusatzinformationen wie eine Verbraucherampel für die Inhaltsstoffe oder den ökologischen Fußabdruck sind ebenso darstellbar.

Für die Führung des Herkunftsnachweises kommt der Datenerfassung, Datenaufbereitung, Datenverknüpfung und -bereitstellung eine entscheidende Bedeutung zu. Im gleichen Kontext sind Berechtigungs-, Datenschutz-, Datensicherheits-, Datensparsamkeits- und Geheimhaltungsaspekte zu berücksichtigen.

Scheinbar widersprüchliche Forderungen nach Datenschutz und Informationsverfügbarkeit lassen sich nur über ein transparentes Datensicherheits-, Datenberechtigungs- und Datenverteilungskonzept abbilden. Die Entwicklung und Publikation dieses Regelwerkes ist ebenfalls Projektbestandteil. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass dem Käufer einer Ware durch einen diesbezüglichen Informationsanspruch ein zusätzlicher Mehrwert entsteht.

Insgesamt müssen Zugriffsberechtigungen Besitzverhältnisse des Datenbestandes ein Abbild der realen Welt sein, die diese Daten darstellen sollen. Es ist daher notwendig, sinnvoll und nützlich, aus den im technischen Erfassungsprozess automatisch gewonnenen Informationen auch Berechtigungs- und Besitzstrukturen an Dateninhalten automatisch zu erzeugen und zuzuweisen. Ausgehend von den klar feststehenden Besitzverhältnissen an Immobilien (Felder, Ställe, Höfe, Verarbeitungsanlagen, Lagerplätze) und Maschinen kann durch intelligente Verknüpfung von Zeitpunkten und Orten von Gut-Übergabevorgängen eine schlüssige Zugriffs- und Berechtigungsstruktur des Datenbestandes automatisch hergestellt werden.

Letztendlich soll die notwendige Führung des Herkunftsnachweises automatisch erfolgen und zusätzlich sollen aus diesem Prozess regulär nützliche Informationen gewonnen werden, die auch Erzeugern im Tagesgeschäft Vorteile bieten. Die von unterschiedlichen Geräten und Personen an verschiedenen Orten erfassten Daten sollen dabei im „Internet der Dinge“ automatisch vom georeferenzierten in einen produktbezogenen Informationszusammenhang gebracht werden, der neue Auskunfts- und Abfrageinhalte ermöglicht.

### **Realisierung**

Die Umsetzung des Projektes erfolgt in drei Schritten. Im ersten Schritt werden die notwendigen Daten (siehe Abb. 2) manuell, halbautomatisch oder automatisch erfasst. Die automatische Datenerfassung und -übertragung erfolgt mittels Kommunikationsmodul der Fa. Logic Way, eine halbautomatische Erfassung z. B. mittels Auslesen von RFID-Chips und eine manuelle Datenerfassung mittels Eingaben in eine Smartphone-App.

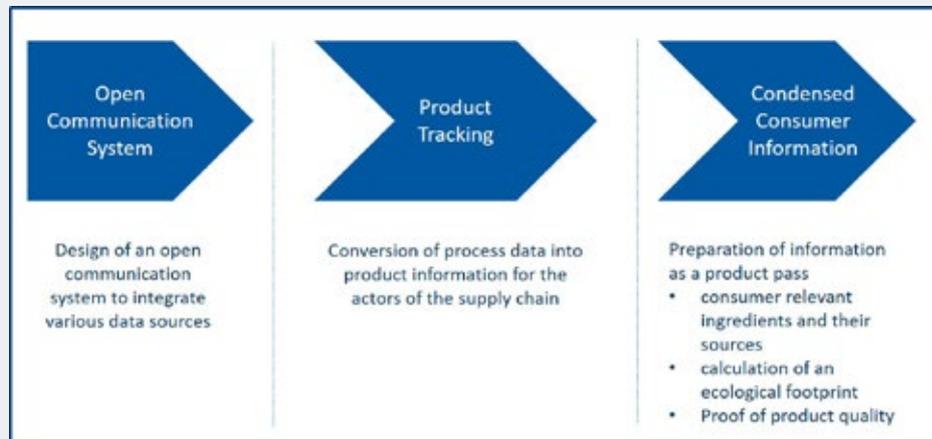


Abbildung 1: Realisierungsschritte des Projektes DoHLe.

Die erfassten Daten werden an eine Datenbank weitergeleitet, wo sie zu Informationen für den jeweiligen Interessenten aufbereitet werden. Diese Informationen werden dann einem Produkt zugeordnet und können gezielt abgefragt werden.

### Ergebnisse

Im Projekt wurde exemplarisch ein Produktpass gestaltet, der mittels eines QR-Codes abgerufen werden kann. Die Herkunft der Daten ist in beiliegender Übersicht kurz dargestellt (siehe Abbildung 2).

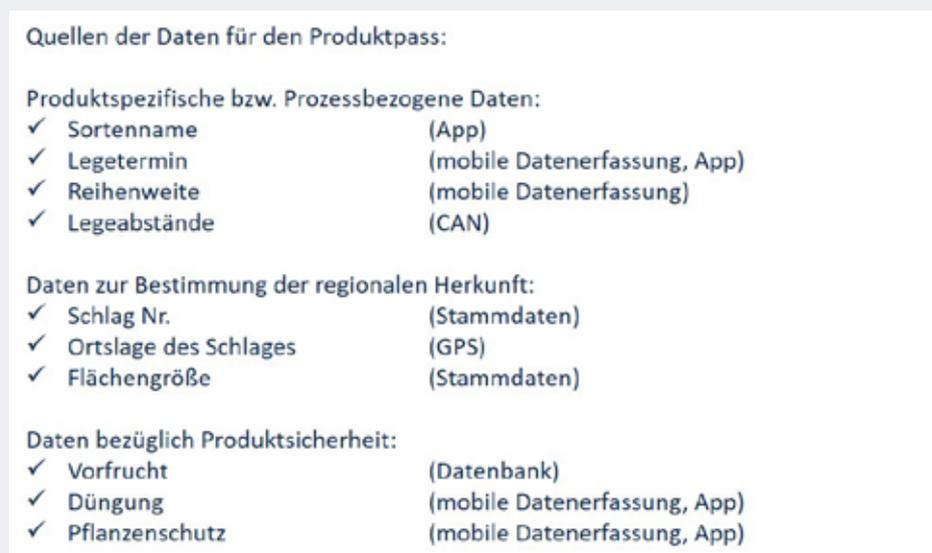


Abbildung 2: Datenquellen für den Produktpass.

Die Daten werden über ein Kommunikationsmodul automatisch erfasst, sind bereits hinterlegt (Stammdaten) oder werden während des Prozesses manuell über eine App erfasst und dann in eine Datenbank übertragen (siehe Abbildung 3). An dieser Funktionalität wird derzeit noch gearbeitet.



Abbildung 3: Abfrage des Produktpasses vor Ort.

Mittels eines QR-Code Scanners, der direkt am Produkt (z. B. Kartoffelnetz) befestigt werden kann, können Produktions- bzw. Herkunftsdaten beim Kauf abgefragt werden.

### **(Geplante) Verwertung**

Mit der Schaffung einer Logisch-technischen Infrastruktur zur automatischen Dokumentation der Herkunft von Landwirtschaftserzeugnissen wird ein wichtiger Beitrag zum Herkunftsnachweis von Lebensmitteln geleistet.

Am Ende der Projektlaufzeit werden erste Informationen zu den untersuchten Produktionsketten verfügbar sein. Je nachdem, ob es sich um Erzeuger, Dienstleister oder auch Verbraucher handelt, werden die vorhandenen Daten zur Produkthistorie abrufbereit sein. Damit kann dem Verbraucherinteresse nach regionaler Herkunft ‚seines‘ Lebensmittels besser Rechnung getragen werden. Letztendlich tragen die Ergebnisse zu einer Stärkung des Wissenschaftsstandortes im internationalen Vergleich bei.

Technologisch bildet die mit dem Projekt „DoHLe“ zu entwickelnde Systemlösung einen funktionalen Kern, der in unterschiedliche Richtungen erweitert und ergänzt werden kann. Die thematische Ausweitung der Systemlösung um verarbeitende Betriebe und Handel stellt eine folgerichtige über den Projektumfang hinausgehende Weiterentwick-

lung dar, um auch für verarbeitete Erzeugnisse eine qualifizierte Herkunftsinformation zu generieren.

Neben der eigentlichen Herkunftsinformation gehören zu einem landwirtschaftlichen Produkt relevante Prozessparameter, die beispielsweise CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, Düngemittel-/Chemikalieneinsatz und verursachte Bodenverdichtung betreffen. Diese Informationen lassen sich mit derselben technischen Infrastruktur erheben und bereitstellen.

Eine weitere folgerichtige Weiterentwicklungsmöglichkeit ist der Ausbau des Systems zum Vertriebs-Unterstützungswerkzeug für Produzenten. Dafür ist die Verwendung der Herkunftsinformation in einer Verbraucher-Rückwärtssuche denkbar, in der Produkte und Bezugsquellen nach Herkunfts- und Anbaukriterien gesucht werden können.

Weitere Erweiterungsmöglichkeiten könnten beispielsweise Maschineneinsatz, Personalzeiterfassung, Pflanzen-Sortenvergleich, Maschinen-Typenvergleich und den Handel mit Dienstleistungskapazitäten thematisieren.

In jeder Entwicklungsstufe muss sichergestellt werden, dass sowohl Verbraucher als auch Produzenten mit Informations-Mehrwert versorgt werden, damit eine stabile Systemakzeptanz von beiden Seiten entwickelt wird und erhalten bleibt.

**„Entwicklung eines Systems zur Sammlung, Analyse und Verwertung von Produktauthentizitätsdaten im Lebensmittelbereich (FoodAuthent)“**

**”Development of a System for the Collection, Analysis and Utilization of Product Data for Authenticity in the Food Sector (FoodAuthent)“**

**Projektlaufzeit**

15.09.2016 bis 14.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Tim Bartram  
GS1 Germany GmbH, Köln

**Verbundpartner**

Benelog GmbH & Co. KG, Kerpen

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Berlin

Eurofins Analytik GmbH, Hamburg

Lablicate GmbH, Hamburg

Universität Konstanz, Konstanz

## Kurzfassung

### Projektziel

FoodAuthent ist ein vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft bis September 2019 gefördertes Forschungsprojekt zum Thema Herkunftsnachweis von Lebensmitteln. Ziel ist, als Wegbereiter einer harmonisierten Echtheitsprüfung von Lebensmitteln Grundlagen und Anreize für den routinemäßigen Einsatz von „Fingerprinting“-Analyseverfahren im Lebensmittelsektor und der amtlichen Überwachung zu schaffen. Ein ganzheitliches fAuthent-System soll die notwendigen Voraussetzungen schaffen.

### Realisierung

Vorsätzliche Fälschungen, wie die Verwendung unerlaubter Zusätze in Lebensmitteln und deren falsche Deklaration z. B. bezüglich ihrer Herkunft erschütterten mehrfach das Verbrauchervertrauen in Unternehmen und Produkte (z. B. Melamin, Pferdefleisch). Beteiligte der Lebensmittelketten sowie Überwachungslabore sollen deshalb in die Lage versetzt werden, die Echtheit bzw. Authentizität eines Lebensmittels überprüfen zu können. Forschungsarbeiten haben gezeigt, dass Fingerprinting-Analyseverfahren nicht nur

die geografische Herkunft, sondern auch Arten, Sorten und Herstellungsprozesse von Produkten unterscheiden können. Beim Fingerprinting wird die chemische Zusammensetzung eines Produkts untersucht. Der gemessene Fingerabdruck kann mit den Daten authentischer Referenzprodukte verglichen werden – Abweichungen würden auffallen. Bislang kommen die Verfahren nur vereinzelt im Lebensmittelsektor zum Einsatz. Für eine routinemäßige Anwendung fehlen entscheidende Grundlagen wie:

- » standardisierte Protokolle zur Probenanalyse
- » validierte statistische Datenanalyseverfahren
- » einheitliche Datenaustauschformate
- » Datenbanken mit Referenzmesswerten und produktbegleitenden Metadaten
- » zielgruppenbezogene Auswerteportale und –dienste.

Im Fokus der Forschung der Projektpartner, die aus den Bereichen Lebensmittelanalytik, Softwareentwicklung, Datamining und Standardisierung kommen, stehen:

- » Nachweis von nicht erlaubten Zusätzen in Lebensmitteln
- » Verifizierung der geografischen Herkunft von Lebensmitteln aus definierten Regionen in Deutschland
- » Schaffung von Open Source Software zum harmonisierten Datenaustausch und zur Datenanalyse.

Die Unternehmen arbeiten an einer ganzheitlichen Lösung, einem fAuthent-System, das die Voraussetzungen dafür schafft (siehe Abbildung 1).

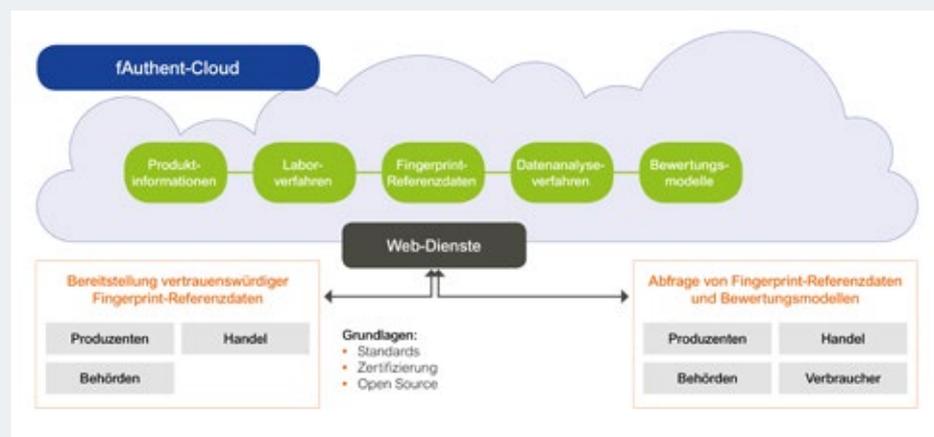


Abbildung 1: Schematische Darstellung des geplanten FoodAuthent Gesamtkonzepts.

Dazu gehören:

- » kooperativ nutzbare „Fingerprinting“-Datenbanken
- » offene Datenstandards

- » Mustererkennungs- und Datenanalyseverfahren
- » Schnittstellen zu privatwirtschaftlichen Systemen mit Chargen bezogenen Produktinformationen.

Grundlage der Arbeit bilden die Themen FoodFraud-Detect (Identifizierung von Verfälschungen) und FoodRegio-Detect (Nachweis geografischer Herkunft). Das avisierte Systemkonzept schafft erstmals die Basis, um produktbezogene Analyseergebnisse automatisch mit Chargen bezogenen Daten des Lebensmittelhandels zu verknüpfen. Über Cloud-basierte Lösungen kann so zukünftig die Echtheit von Lebensmitteln durch Abgleich mit Referenzdaten erfolgen. Der Ansatz wird im Projekt am Beispiel der Produktgruppen Hartkäse, Speiseöl und Spirituosen erprobt.

### Ergebnisse

Ein Teilvorhaben befasst sich mit der Entwicklung von Fingerprinting-Analyseverfahren unter Verwendung der Kernspinresonanz- und Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie sowie der Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (siehe Abbildung 2). Für die drei Lebensmittelmatrices Hartkäse, Speiseöl, insbesondere Saatenöle, und Spirituosen weinbaulichen Ursprungs wurden für die jeweilige Analysetechnik eine geeignete Probenvorbereitung sowie -präparation (inkl. Probenlagerung) identifiziert. Anhand eines zahlenmäßig reduzierten Satzes an sogenannten Pilotproben wurden die entwickelten Analyseverfahren auf ihre allgemeine Anwendbarkeit hin überprüft. Dies beinhaltet u.a. die Berücksichtigung von Aspekten der Vergleichbarkeit der akquirierten Spektren (zwischen verschiedenen Analysegeräten baugleichen Typs), der Durchführung qualitätssichernder Maßnahmen (zur Vermeidung von zeitlichen Trends und Erkennung von systematischen Abweichungen) und der Dokumentation der Vorgehensweise in sogenannten Standardarbeitsanweisungen.

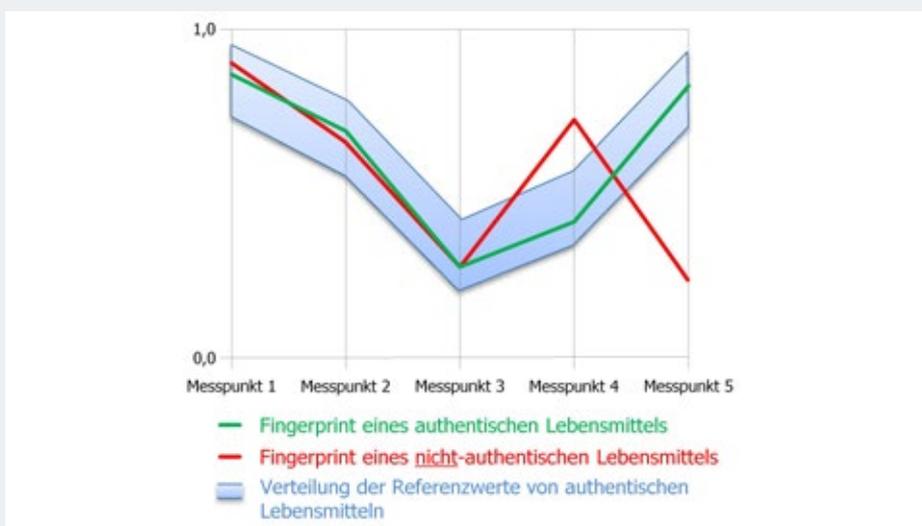


Abbildung 2: Grundprinzip der nicht-zielgerichteten Fingerprinting-Analyse.

Kernkomponente im anderen Teilvorhaben zur Bekanntmachung von Analysedaten und Überprüfung der Überwachungsdichte von spezifischen Produkten oder Produktgruppen ist der Discovery Service (Abbildung 3). Die Suchfunktion des FoodAuthent Discovery Services ist dazu konzipiert, EPCIS-Events anhand von GTIN (Produkten), GTIN+Lot (Produktcharge), Produktkategorie und beschreibenden Produkt-Attributen aufzufinden. Die Produktkategorie und die beschreibenden Produkt-Attribute werden den GPC ‚brick‘-Werten entnommen. Der Discovery Service speichert keine EPCIS (XML-)Messages, sondern daraus abgeleitete JSON-Strukturen, indiziert diese und baut einen Graphen bzgl. der Relationen zu Grunde liegender Events und Teilnehmer(-Rollen). Zusätzlich speichert und verwaltet er die für die zur Rückreferenzierung notwendigen Key-Value-Werte von Hasches zu Teilnehmern (GLNs) und Interface-Endpoints und bietet ein Query-Interface sowie den Überwachungsdichte-Service. Benutzer-, Organisationen- und Rollen-Verwaltung bauen auf bewährten Usermanagement und EventAccess Services im Foodsektor auf.

Analysemodelle, durchgeführte Analysen und deren Ergebnisse werden als EPCIS-Events mit Referenz auf die dazugehörigen Rohdatenpakete gespeichert. Es handelt sich um sog. FoodAuthent Critical Tracking Events. Das sind diejenigen EPCIS-Events, welche zur Sicherstellung der geplanten FoodAuthent-Funktionalität erzeugt und an den Discovery-Service (aufbereitet) als Discovery-Service-Transaktion gemeldet werden müssen.

Zur Verwaltung von Meta- und Stammdaten zu einzelnen Proben werden fAuthent-spezifische Metadata API (application programming interface) -Schnittstellen angeboten. Die Beschreibung der notwendigen Verfahrensweisen zur Probenaufbereitung, ein mathematisches Workflow-Modell und daraus abgeleitete Fingerprints sind Bestandteil der Analyse-APIs. APIs sind mit einer Rollen-basierten Zugriffskontrolle abgesichert. Ein Zugriff auf die in der Storage API abgelegten Roh- und Binärdaten kann nur indirekt über eine der darüber liegenden Schnittstellen erfolgen.

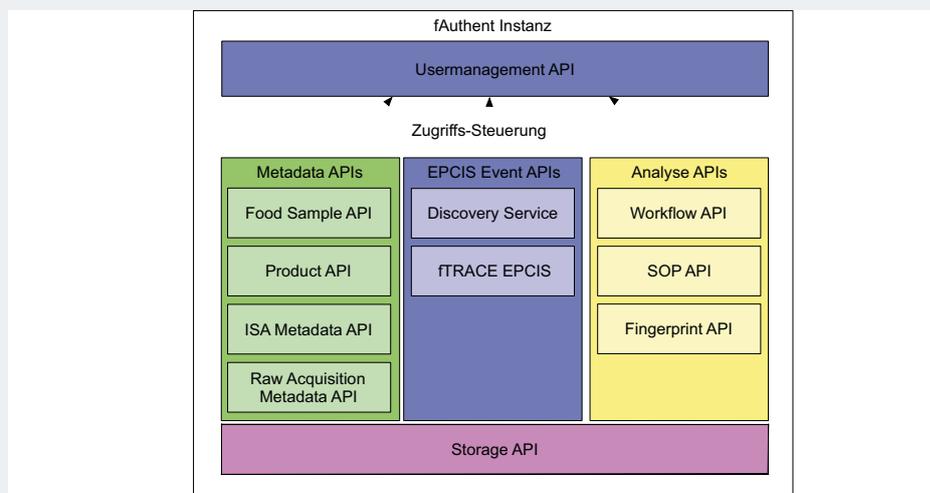


Abbildung 3: Grundprinzip der fAuthent Instanz.

**(Geplante) Verwertung**

Die wissenschaftlichen und technischen Ergebnisse des Projekts werden als frei zugängliche, offene Ressourcen, z. B. als Open Source-Software, der Lebensmittelbranche zur Verfügung gestellt. Die Systemlösungen werden mittelfristig dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern und die Transparenz gegenüber Verbrauchern zu erhöhen. Die Ergebnisse sollen dazu dienen, die wirtschaftliche Innovation im Foodsektor zu kräftigen und potentiellern Lebensmittelbetrug vorzubeugen.

**„Targeted Food Proteomics zum innovativen massenspektrometrischen Nachweis von Fisch- und Krebstierspezies – Differenzierung nach Herkunft und Art (SeafoodMS)“**

**”Targeted Food Proteomics for the innovative mass spectrometry-based detection of fish and crustaceae – identification of origin and species (SeafoodMS)“**

**Projektlaufzeit**

01.10.2016 bis 31.12.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Jens Brockmeyer

Universität Stuttgart, Institut für Biochemie und Technische Biochemie, Abteilung Lebensmittelchemie, Stuttgart

**Verbundpartner**

Technologisches Beratungs- und Entwicklungslabor Iben GmbH, Bremerhaven

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Zielsetzung des vorliegenden Antrages ist die Entwicklung innovativer neuer Analysen-verfahren zum Nachweis der Herkunft von Fischereiprodukten. In der Vergangenheit hat der Verzehr von Fischereiprodukten global deutlich zugenommen und ist gekennzeichnet vom Handel mit neuen Spezies und teils ausgeprägten Preisunterschieden zwischen den gehandelten Fisch- und Krebstierarten. Die Verknappung hochpreisiger Fischarten bei hoher Nachfrage führt häufig zur Fehldekloration und dem Handel mit nicht authentischer Ware. Dies macht eine leistungsfähige Analytik zur Speziesidentifizierung zum Schutz des Verbrauchers vor Irreführung erforderlich. Für den vorliegenden Antrag sind insgesamt 3 Teilprojekte identifiziert worden, die mit aktuell verfügbaren Methoden nicht befriedigend zu bearbeiten sind und hinsichtlich der Sicherstellung einer nachhaltigen Fischwirtschaft sowie einer verbesserten Verbraucherinformation von hohem Interesse sind:

1. Unterscheidung von Thunfischarten (*Thunnus* spp.)
2. Sichere Differenzierung von Krebstieren (Garnelen und Krabbenarten)
3. Differenzierung von Plattfischarten insbesondere *Limanda* spp.

### Realisierung

Zur Differenzierung der genannten marinen Lebensmittel werden in diesem Projekt massen-spektrometrische (MS) Nachweismethoden entwickelt, die eine sensitive und spezifische Detektion von Peptid-Biomarkern ermöglichen (targeted proteomics). Vor der eigentlichen Entwicklung der Nachweismethode müssen die infrage kommenden Spezies-spezifischen Markerpeptide zunächst in authentischem Probenmaterial experimentell identifiziert und validiert werden. Hierzu wird aus dem Muskelgewebe der jeweiligen Spezies ein nahezu vollständiger Extrakt des Proteoms gewonnen und nach spezifischer Spaltung mit der Protease Trypsin eingehend massenspektrometrisch charakterisiert. Diese komplexen Datensätze werden auf spezifische und stabile Biomarkerpeptide untersucht, die dann die Basis für die Entwicklung einer gezielten Nachweismethode bilden.

### Ergebnisse

Im bisherigen Verlauf des Projektes wurde authentisches Probenmaterial für sämtliche *Thunnus*-Spezies, *Limanda* ssp. und weitere handelsrelevante Plattfische sowie die handelsüblichen *Crustaceae* erhalten und wurde eingehend massenspektrometrisch mittels hochauflösender LC-MS/MS charakterisiert. Aus diesen Datensätzen konnten spezifische Marker für den Nachweis von Thunfisch, Plattfischen und auch Crustaceen abgeleitet werden. Die Ergebnisse werden für die Entwicklung spezifischer Nachweismethoden mittels LC-MS genutzt.

### (Geplante) Verwertung

Die Verwertung der erhaltenen Projektergebnisse umfasst:

- » Erstellung von Datenbanken mit umfassenden Informationen zu Spezies-spezifischen Markern der untersuchten Spezies
- » Entwicklung und Validierung kommerziell anwendbarer Nachweisverfahren zur sicheren und robusten Speziesdifferenzierung
- » Entwicklung und kommerzielle Anwendung von Nachweisverfahren zur Absolutquantifizierung des Speziesanteiles in Produkten

**„Entwicklung DNA-basierter Verfahren für die Identifizierung von Fischen und Fischereiprodukten sowie Krebs- und Weichtieren zum praxisnahen Einsatz in der Lebensmittelüberwachung und Einfuhrkontrolle (MARINEFOOD)“**

**”Development of DNA-based methods for the identification of fish and fishery products as well as crustaceans and molluscs for practical use in food monitoring and import control (MARINEFOOD)”**

**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 30.06.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Thomas Hankeln

Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU), Institut für Organismische und Molekulare Evolutionsbiologie, Mainz

**Verbundpartner**

Dr. Sven Bikar

StarSEQ GmbH, Mainz

Dr. Ingrid Huber

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL),  
Oberschleißheim

Dr. Reinhold Hanel

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Fischereiökologie, Hamburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Eine falsche oder unzureichende Deklaration verarbeiteter Tier- und Pflanzenarten in Lebensmitteln führt häufig zur Täuschung der Verbraucher oder im Falle von Allergien oder Unverträglichkeiten sogar zu schweren gesundheitlichen Auswirkungen. Im Interesse des Verbraucherschutzes und der Verhinderung unlauteren Wettbewerbs in der Lebensmittelproduktion müssen standardisierte Methoden zur eindeutigen Identifizierung biologischer Arten zwingend angewendet werden.

Während für die wirtschaftlich bedeutendsten Säugetierarten eine Reihe gut validierter Taxon-Identifizierungsverfahren zur Verfügung stehen, besteht ein erheblicher Mangel an geeigneten etablierten Testmethoden für Lebensmittel marinen Ursprungs. Ein Grund dafür ist, dass in Deutschland fast 600 Fischarten sowie rund 100 Arten von Krebs- und Weichtieren einzeln oder als Beimischung in Lebensmitteln vorkommen

können. Unser Projekt zielt darauf ab, geeignete Methoden zu entwickeln, um diese Situation zu verbessern.

### **Realisierung**

Derzeit entwickeln wir DNA-basierte qualitative PCR-Nachweise für möglichst viele Fisch-, Krebs- und Weichtierarten, die im „Verzeichnis der Handelsbezeichnungen für Erzeugnisse der Fischerei und Aquakultur“ der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung aufgeführt sind und daher in Deutschland legal vermarktet werden. Basierend auf

authentifiziertem biologischem Material werden für jedes Taxon vier artspezifische Genmarker mitochondrialer und nukleärer Herkunft analysiert. Diese verifizierten „Barcode“- Sequenzdaten stehen über eine eigene Datenbank ([www.aquagene.org](http://www.aquagene.org)) für bioinformatische Sequenzvergleiche und Artendiagnosen zur Verfügung. Für besonders relevante Arten wie verschiedene Aale wird eine kosten- und zeitsparende molekulare Nachweismethode auf Basis der Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) entwickelt, die direkt vor Ort von Lebensmittelinspektoren eingesetzt werden kann. Zusätzlich versuchen wir, mittels Genomsequenzierung populationspezifische Marker zu generieren, die die Bestimmung der geographischen Herkunft ausgewählter Thunfischarten erleichtern.

Darüber hinaus wird die neu entwickelte Methode der „All-Food-Seq“ (AFS, Ripp et al. 2014) für den Nachweis und die Quantifizierung mariner Inhaltsstoffe in komplexen Lebensmittelproben wie Fischburger, Surimi, Fischpaste oder Garnelen-Salat optimiert. AFS ist ein Gesamtgenom-Sequenzierungsansatz, der nicht zielgerichtet ist und ohne vorherige Kenntnis der Zusammensetzung der Arten in der Probe funktioniert. Die Gesamt-Genom- DNA aus einer komplexen Lebensmittelmischung wird dabei entschlüsselt, alle enthaltenen Einzelarten werden dann bioinformatisch durch Read-Mapping auf Referenzgenome identifiziert, und die relativen DNA-Anteile sodann durch Zählung der Reads quantifiziert. Da Meeresprodukte häufig mit mikrobiologischen Verunreinigungen behaftet sind, soll die AFS auch für den qualitativen und quantitativen metagenomischen Nachweis von Bakterien getestet werden. Die AFS-Methode hat in Zukunft das Potenzial, sich als neues diagnostisches Screening-Tool in der Analyse komplexer Lebensmittel zu etablieren.

### **Ergebnisse**

Unser Konsortium (JGU Mainz, Thünen Institut für Fischereiökologie, LGL Bayern, StarSEQ GmbH) ist derzeit sehr aktiv an der Probennahme der mehreren Hundert in Deutschland vermarkteten Fischtaxa beteiligt. Barcode-Sequenzmarker werden durch PCR und Sanger- Sequenzierung erzeugt, qualitätsgesichert und anschließend auf phylogenetische Plausibilität geprüft. Mit konstanter Geschwindigkeit werden so derzeit neuartige Barcodes in die wachsende Aquagene-Datenbank integriert.

Die laufende Zusammenarbeit des Thünen Instituts für Fischereiökologie mit den Importkontrollbehörden des Bundesamtes für Landwirtschaft und Ernährung hat in der Tat erhebliche Fehlklassifizierungen von Importfischen einiger taxonomischer Gruppen mittels DNA-Barcodierung ergeben. Kürzlich wurde vom Thünen-Institut für den Großaugenthun (*Thunnus obesus*) ein Genomentwurf erstellt, der als Referenzmaterial für die Identifizierung von bestandsspezifischen Einzelnukleotid-Polymorphismen bei dieser weit wandernden Art dienen soll.

Am LGL wurde eine schleifenvermittelte isotherme Amplifikation (LAMP) in Kombination mit einer vereinfachten DNA-Extraktionsmethode zur Identifizierung des Europäischen Aals (*Anguilla anguilla*) und weiterer Anguilla-Arten entwickelt, um das Einbringen fremder Aalarten (z. B. des Amerikanischen Aals: *Anguilla rostrata*) in deutsche Gewässer zu verhindern. Darüber hinaus befindet sich eine MALDI-ToF MS-Datenbank im Aufbau, um die kommerziell wichtigsten Fischarten in Deutschland auf Proteinebene zu identifizieren. Derzeit ist eine proteinbasierte Artenbestimmung verschiedener Kabeljauarten (*Gadus* spp.) mit Hilfe der entwickelten Datenbank möglich.

An der JGU und bei StarSEQ wurde die NGS-basierte All-Food-Seq-Screening-Methode (AFS) etabliert und optimiert, um Proben zu analysieren, die aus definierten Mischungen von Fischtaxa unterschiedlicher phylogenetischer Verwandtschaftsgrade bestehen. Echte DNAProben von bis zu 7 Spezies werden derzeit sequenziert und die Leistung der AFS wird nun mit einem NGS-basierten Barcode-Sequenzierungsansatz verglichen. Einschränkungen der Methode wurden durch Sequenzierung hochkomplexer Lebensmittelproben (z. B. Paella) untersucht.

#### **(Geplante) Verwertung**

Neben der Veröffentlichung der entwickelten Methoden in internationalen Fachzeitschriften zielen wir darauf ab, das neue technologische Repertoire (DNA-Barcode-Artenidentifizierung mit Hilfe der Aquagene-Datenbank; LAMP-Assays zum Nachweis von Arten vor Ort; AFS zum Screening komplexer Mischungen mariner Lebensmittel) in die offizielle deutsche Methodensammlung zur Kontrolle von Lebensmitteln einfließen zu lassen. Methoden und Technologien sollen sowohl Behörden als auch anderen Institutionen, die sich routinemäßig mit Lebensmitteluntersuchungen befassen (z. B. auch durch entsprechende Dienstleistungen), zur Verfügung gestellt werden.

# Sektion 7: Fernerkundung in der Landwirtschaft

**„Die Diagnose im Feld - Big Data basierte Ursachenklärung für satellitenerfasste Standortunterschiede (BigPicture)“**

**“Diagnosis in the field: Big-data based determination of causes for satellite-image-derived and site-specific variations (BigPicture)“**

**Projektlaufzeit**

01.09.2016 bis 31.08.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Katrin Kohler  
Spatial Business Integration GmbH, Darmstadt

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Peter Baumann  
rasdaman GmbH, Bremen

## Kurzfassung

### Projektziel

Satellitenbilder zeigen die Reaktion der Pflanzen auf unterschiedliche Einflüsse, die auf das Wachstum, die Vitalität, den Gesundheitszustand und das Ertragspotenzial einwirken. Ziel des Projektes BigPicture ist es, die Satellitenbildinformation über den Pflanzenzustand um Entscheidungshilfen für Behandlungsmaßnahmen zu erweitern. Hierzu müssen zunächst für die mit den Satellitensensoren erfassten Pflanzensymptome Diagnosen ihrer Ursachen gestellt werden, bevor wirksame Empfehlungen für die Bodenbearbeitung, Saat, Düngung und den Pflanzenschutz abgeleitet werden können. In der Regel können dies die Satellitenbilddaten alleine nicht leisten. Ein wesentlicher Fortschritt soll dadurch erzielt werden, dass weitere Parameter zur Diagnose herangezogen werden, wie bspw. die Langfristigkeit und Lage der auffälligen Teilflächen sowie Wetterfaktoren.

Durch die Bündelung der Kompetenzen von Spatial Business Integration GmbH (SBI) als Spezialist für Satellitenbild-basierte Produkte für die Landwirtschaft und rasdaman GmbH als Experte für Big Data Rasterdatendienste werden die Voraussetzungen geschaffen, um an einer großen Stichprobe von Feldern und unter Verwendung verschiedenartigster Daten die Zusammenhänge zu erfassen. Die besondere Praxisrelevanz dieses Projektes wird dadurch erreicht, dass die BASF mit Marktzugang zu Landwirten die Datenerfassung auf ausgewählten Referenzfeldern und die kundenorientierte Lösungsentwicklung unterstützt.

Die Verwertung der Projektergebnisse fokussiert auf den Markt der Präzisionslandwirtschaft und hier auf die Ertragssicherung bei ressourceneffizienter, umweltschonender und nachhaltiger Agrarproduktion.

### **Realisierung**

Die Zusammenhänge zwischen Symptomen und Ursachen werden an einer Vielzahl von Feldern in verschiedenen Anbaugebieten in Deutschland in 3 Anbaukampagnen untersucht. Abbildung 1 zeigt die Standorte der in 2017 beteiligten 80 Landwirte, die ca. 800 Felder zur Datenerfassung bereitstellen. Zusätzlich sind 50 landwirtschaftliche Außendienstmitarbeiter in das Projekt eingebunden.

Bis zu 6 Satellitenbild-basierte Biomassekarten werden für Felder mit Winterweizen, Winterraps und Mais von März bis August in 2 Jahren ausgeliefert. Die Landwirte werden in Interviews über die Ursachen der Pflanzensymptome, die Behandlungsmaßnahmen sowie die Schlaghistorie befragt und diese Informationen zur Definition der Zusammenhänge sowie als Referenz für die Analyse unbekannter Felder genutzt. Big Data im Sinne von großvolumigen Daten entstehen in diesem Projekt vor allem durch Rasterdaten wie Satellitenbilder und deren Produkte, Satellitenbild-Zeitreihen, Höhenmodelle etc. Um diese flexibel und skalierbar zu nutzen, wird die Array-Datenbank von rasdaman eingesetzt, welche die Möglichkeit für das Datenmanagement als auch für Anfragen auf die multi-dimensionalen Rasterdaten bietet.

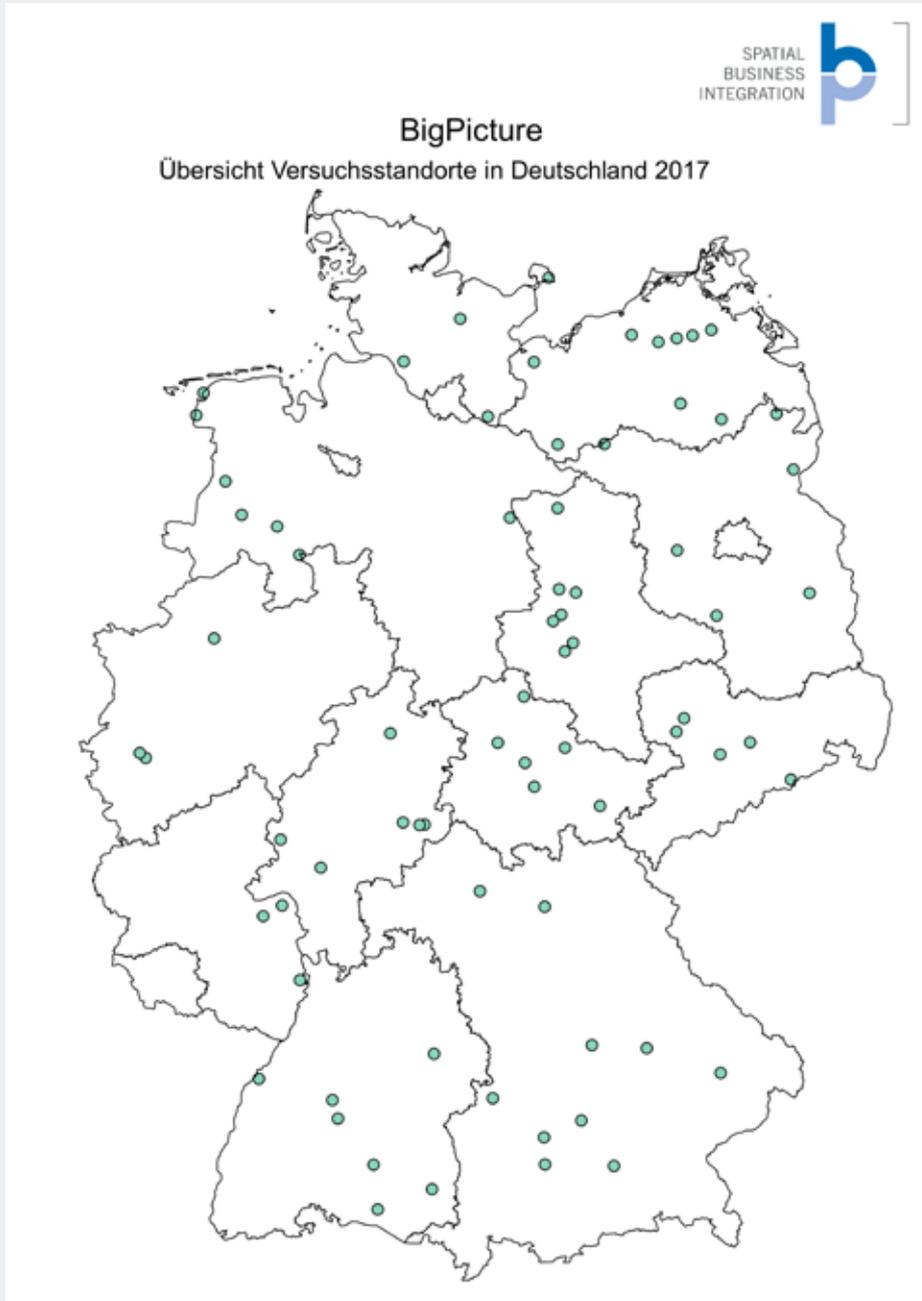


Abbildung 1: Standorte mit Referenzfeldern in 2017.

## Ergebnisse

Zum Hochladen der Feldgrenzen und zur Auslieferung der Satellitenbild-basierten Biomassekarten an die beteiligten Landwirte wurde ein online-Portal eingerichtet. Ein sogenanntes Feldmuster tritt auf, wenn die Biomasse auf einer Teilfläche niedriger oder

höher als im Restfeld aufwächst oder eine unterschiedliche Vitalität aufweist. Abbildung 2a) bis c) zeigt dies am Beispiel eines Feldes in der Magdeburger Börde, das in 2015 mit Winterweizen und 2016 mit Winterraps bestanden war. Die gelbliche Farbe in den Satellitenbildkarten 2a) und 2b) identifiziert Zonen mit geringerem Biomasseaufwuchs.

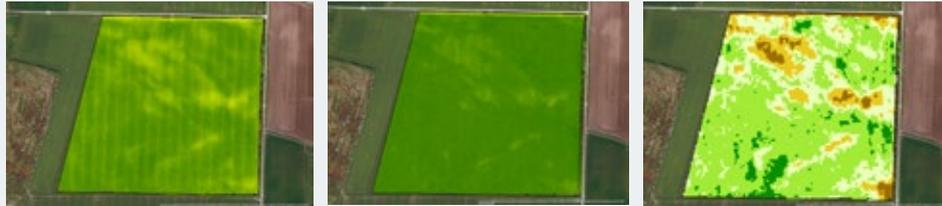


Abbildung 2: Satellitenbild-basierte Biomassekarten von a) Winterweizen am 24.04.2015, b) Winterraps am 05.06.2016 sowie c) jahresübergreifende Feldpotenzialkarte eines Feldes der Landwirtschaftlichen Betriebsgemeinschaft GbR Groß Germerleben (Includes material © (2015, 2016, 2017) Planet Labs Germany GmbH, Google Earth, Spatial Business Integration GmbH. All rights reserved.).

Wenn dieselben Feldmuster jedes Jahr erscheinen, unabhängig von angebaute Fruchtart und entsprechenden Behandlungsmaßnahmen sowie Wetterbedingungen, kann auf einen dominant permanenten Einfluss der Bodeneigenschaften auf das Pflanzenwachstum geschlossen werden. Um solche langfristigen von aktuellen Einflüssen zu trennen, wurden überjährige Feldpotenzialkarten flächendeckend für alle Ackerflächen in den Testgebieten gerechnet. Hierzu wurden mehrere Satellitenbilder aus den Anbaukampagnen von mindestens 3-5 Jahren verschnitten. Abbildung 2c) zeigt beispielhaft die Feldpotenzialkarte, welche die langfristig stabilen Bodeneigenschaften deutlich zutage fördert. Die braunen, orangen und gelblichen Teilflächen lokalisieren Zonen mit geringerer Lössdecke, bedingt durch unterliegende Kies- und Sandschichten.

Aktuelle Ursachen für Feldmuster können Frost-, Trocken- und Wasserschäden, Krankheit oder Unterversorgung mit Nährstoffen sein. Als ein Szenario wurde im Projekt eine Anfrage zur Erkennung von Frostschäden in Ackerschlägen definiert, deren Flächengröße und Schweregrad den Ertragsverlust und hieraus die Empfehlung zur Neusaat bestimmen.

Bei der Anfrage wurde davon ausgegangen, dass ein Frostschaden in einem Winterfruchtbestand auftritt, wenn die Biomasse im März kleiner ist als im November oder Dezember und sich auch bis April nicht erholt hat bzw. weiter zurückgegangen ist. Mit gleicher Anfrage wurde geklärt, ob es Frosttage über Winter gab bei gleichzeitigem Fehlen einer Schneebedeckung. In der untersuchten Ackerbauregion mit einer Größe von 37.000 km<sup>2</sup> und ca. 400.000 Feldern war diese Bedingung auf einer Fläche von 1.440 ha erfüllt, die den betroffenen Feldern zugeordnet wurde.

### **(Geplante) Verwertung**

Der Service wird portalbasiert mit Zugang über ortsfeste und schwerpunktmäßig mobile Endgeräte darin bestehen, dass Landwirte auf in Satellitenbildern entdeckte Phänomene in ihren Schlägen aufmerksam gemacht werden und Erklärungs- und Behandlungsvor-

schläge erhalten. Gleichzeitig wird die Möglichkeit angeboten, die Satellitenbildkarten in das ISOBUS-Format zu überführen und zur Maschinensteuerung auszulesen. Der hier verfolgte Lösungsansatz soll damit eine deutliche Überlegenheit gegenüber Informationsservices erreichen, die bei der Bereitstellung von nicht interpretierter, rein visueller Satellitenbildinformation enden.

**„Aufbau eines Clusters zur Bereitstellung von aktuellen Fernerkundungsprodukten für die Landwirtschaft (Agro-DE)“**

**“Building a cluster to provide current remote sensing products for agriculture (Agro-DE)“**

**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 31.08.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Holger Lilienthal

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

**Verbundpartner**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Deutsches Fernerkundungsdaten-zentrum Landoberfläche, Weßling

EOMAP GmbH & Co. KG, Seefeld

Hanse Agro – Beratung und Entwicklung GmbH, Gettorf

## Kurzfassung

### Projektziel

Bisher werden Fernerkundungsprodukte in der praktischen Landwirtschaft nur exemplarisch und meist in Großbetrieben genutzt. Hohe Kosten für die Daten und die Datenaufbereitung einerseits, bzw. eine ungewisse Datenverfügbarkeit aufgrund starken Bewölkungshäufigkeiten in Deutschland andererseits, und damit die Planungsunsicherheit für die aktuelle Bestandsführung haben den operationellen Einsatz von Fernerkundung in der Landwirtschaft bisher verhindert, beziehungsweise auf einige finanzstarke Betriebe beschränkt.

Durch das Copernicus Programm der EU steht seit Herbst 2017 eine für die Landwirtschaft hoch interessante Satellitenkonstellation aus zwei Radar (Sentinel-1; A+B) und zwei optischen (Sentinel-2; A+B) Satellitensystemen bereit. Damit wird Deutschland garantiert alle 1-2 Tage (Radar) bzw. alle 2-5 Tage (optisch) von Satelliten erfasst. Im Vergleich zu den meisten existierenden Fernerkundungsmissionen sind die Rohdaten kostenfrei und in einer hohen räumlichen (10-20 m) und spektralen Auflösung verfügbar, die völlig neuartige Datenprodukte überhaupt erst ermöglichen und insbesondere auch für kleinstrukturierte landwirtschaftliche Betriebe sehr interessant werden.

Aus diesem Grund haben sich die Verbundprojektpartner entschlossen, die abgeleiteten Informationen und Services der neuen Fernerkundungsdaten zur Unterstützung der ressourceneffizienten Landwirtschaft zu entwickeln und einzusetzen.

### **Realisierung**

Die Prozessierung der unterschiedlichen Datenquellen erfolgt dezentral: Die Radardaten der Sentinel-1 Satelliten werden am Forschungszentrum für landwirtschaftliche Fernerkundung des JKI (FLF) deutschlandweit prozessiert, die Daten der optischen Sentinel-2 Satelliten am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und bei der Firma EOMAP. Um die Daten performant bereitzuhalten, kommen Webservice Technologien zum Einsatz. Das bedeutet, dass die vorprozessierten Daten erst nach Anfrage im Browser zum Nutzer übertragen werden. Die zu transferierende Datenmenge ist dadurch deutlich geringer und die Daten können über mobile Web Applikation im Internetbrowser verfügbar gemacht werden.

Nach der technischen Realisierung der Datenströme können dann die Modelle und Auswertungsalgorithmen auf die Daten angewendet werden, um Informationsprodukte bereit zu stellen.

### **Ergebnisse**

Die Radardaten der Sentinel-1 Satelliten eignen sich aufgrund ihrer sehr hohen zeitlichen Auflösung, um Bewirtschaftungsereignisse („Events“) zu erfassen. Durch die Bestimmung der Aussaat-, Abreife- und Erntetermine werden die Start und Endtermine für die Modellierung zum Beispiel des Ertrags festgelegt. Durch Beobachtung der zeitlichen Radarrückstreusignaturen wird es möglich, die regionale Abreife von Beständen zu erfassen und z.B. für Lohnunternehmer zur Flottenplanung bereitzustellen.

Im Bereich der optischen Daten liefern eine Reihe klassischer Vegetationsindizes Informationen über Bestandsunterschiede und -anomalien. Durch die Kopplung mit Zusatzdaten werden Modellrechnungen zur Schätzung der aktuellen Biomasse und des Blattflächenindex regional möglich.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Informationsprodukte und aktuellen Bilddaten werden als sogenannte Web-App und Web Client über das Internet bereitgestellt (<https://www.agro-de.info/>; [flf.julius-kuehn.de](http://flf.julius-kuehn.de)) und können so auf alle mobilen Endgeräten genutzt werden, die einen Internetbrowser haben. Das FLF bereitet auch die Bereitstellung der Daten als Webdienste vor, so dass der Zugriff direkt in die Arbeitsumgebung (Geographische Informationssysteme) eingebunden werden können. Die Daten werden in voller räumlicher Auflösung (10 m x 10 m) bereitgestellt, sodass auch kleinere und mittlere Betriebe Zugang zu Fernerkundungsdaten ihrer Betriebe erhalten.

**„Erzeugung von landwirtschaftlichen Ertragspotenzialkarten durch Fusion von Ertragskartierungen, Fernerkundungsdaten, digitaler Reliefauswertung und Bewirtschaftungsdaten (AgriFusion)“**

**”Production of agricultural yield potential maps by fusing yield mapping, remote sensing data analysis, digital elevation modelling and field management data (AgriFusion)“**

**Projektlaufzeit**

01.11.2016 bis 31.10.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Daniel Spengler

Helmholtz Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ,  
Potsdam

**Verbundpartner**

GeoInformationsDienst GmbH, Rosdorf

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), Weidenbach

Fritzmeier Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Aying

## Kurzfassung

### Projektziel

Die für landwirtschaftliche Planungs- und Entscheidungsschritte wichtigste Kenngröße in der Pflanzenproduktion ist die Ertragsersparung einer spezifischen Kulturpflanzenart am jeweiligen Standort. An der Ertragsersparung orientieren sich die Optimierung des Anbauverfahrens und die spezifische Produktionsintensität. Eines der aktuell größten Hindernisse ist dabei die effiziente und synergetische Verarbeitung und Nutzung großer raumbezogener Datenmengen unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Dimension, wobei Datenverfügbarkeiten und -qualitäten (BigData) eine entscheidende Rolle spielen. An diesem Punkt setzt das geplante Projekt AgriFusion an und hat zum Ziel, bisher unzureichend genutzte Datenquellen (Fernerkundung, Ertragserfassung und digitalen Geländemodelle) mit vorhandenen Daten (z.B. Daten der Reichsbodenschätzung, Bodenbeprobungen) für Landwirtschaftsbetriebe aufzubereiten und direkt nutzbar zu machen. Bei der Aufbereitung liegt der Schwerpunkt auf der optimierenden Verarbeitung von Satellitendaten, Ertragsdaten und Höhendaten.

## Realisierung

Für die Umsetzung kommen Methoden der Datenfusion zum Einsatz, welche den Herausforderungen in landwirtschaftlichen Betrieben gewachsen sind. Das WebGIS basierte „AgriFusion GeoPortal“ soll den Landwirten den Zugang zu den im Projekt AgriFusion entwickelten Ertragspotenzialkarten auf Basis verschiedener Datenquellen ermöglichen. Mit Hilfe dieses Webportals ist auch die Integration von landwirtschaftlichem Expertenwissen möglich damit die Methoden noch spezifischer angepasst werden können. Im Rahmen des Projekts werden vom Projektpartner Hochschule Weihenstephan-Triesdorf Verfahren für die automatische Bewertung von Fehlern bei der Ertragserfassung erarbeitet und umgesetzt. Der Unterauftragnehmer Scilands beschäftigt sich mit der Erstellung von Höhenmodellen und daraus abgeleiteten, pflanzenbaulich relevanten Parameter. Das WebGIS mit dem Datenfusionsalgorithmus wird durch die GeoInformationsDienst GmbH in Zusammenarbeit mit dem Unterauftragnehmer AgGeoData realisiert. Fritzmeier Umwelttechnik wirkt unterstützend mit bei der flächenhaften Akquise von Stickstoffaufnahme-daten und bei der Validierung bzw. überprüft die im Projekt generierten Ertragspotentialkarten mit dem ISARIA-Düngesystem in der Praxis.

Eine herausragende Eigenschaft des verwendeten Fusionsalgorithmus - Transferable Belief Model (TBM) - ist es, zusätzlich zur eigentlichen Karte (z.B. der Ertragserwartung) eine Karte der Zuverlässigkeit des Ergebnisses der Datenfusion zu generieren. Das Verfahren soll im Rahmen des Projekts entwickelt und auf zwei großen (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg) und kleinstrukturierten Betrieben (Bayern) eingeführt, umgesetzt und validiert werden.

In diesen Testgebieten finden im Rahmen des Projektes umfangreiche Erhebungen von Kalibrations- und Validierungsdaten statt, welche insbesondere die Algorithmenentwicklung zur automatisierten Auswertung der Fernerkundungsdaten unterstützen, welche vom GFZ Postdam umgesetzt wird. Hierbei werden ertragsrelevante Vegetations- und Bodenparameter, wie Biomasse, Blattfläche, Chlorophyllgehalt und Bodenfeuchte beprobt und z.T. im Anschluss zusätzlich laboranalytisch ausgewertet. Hinsichtlich der Fernerkundungsdatenquellen liegt der Fokus auf der kombinierten Nutzung der optischen Fernerkundungsdaten mit Radarfernerkundungsdaten. Die nahezu wetterunabhängigen Radaramplitudendaten dienen dabei als Ergänzung zu eventuell aufgrund von Bewölkung fehlenden optischen Daten. Um die verschiedenen Informationen der beiden Sensoren im Verlauf der Vegetationsperiode zu verstehen, wird die zeitliche Entwicklung von Vegetationsindizes sowie der SAR-Rückstreuung im Bezug auf die gemessenen Felddaten analysiert

In der Webanwendung des „AgriFusion Geoportals“ werden zunächst sämtliche Eingangsparameter aus der Datenprozessierung und dem externen FMIS oder GIS aufgeführt, mit welchen das TBM angewandt werden kann. Mit diesen Daten wird automatisch, ohne Interaktion des Anwenders, die Datenfusion durchgeführt, welche als Ergebnis die Ertragserwartungskarte sowie die Zuverlässigkeitskarte erzeugt. Optional kann der Anwender sein Expertenwissen über in die Webanwendung eingeben, welche

zu einer modifizierten Anwendung des TBM führen und die Ergebnisse beeinflussen. Ein erstes Ergebnis dieser Analyse zur Abschätzung des teilschlagspezifischen Ertragspotenzials ist in der folgenden Abbildung 1 dargestellt.

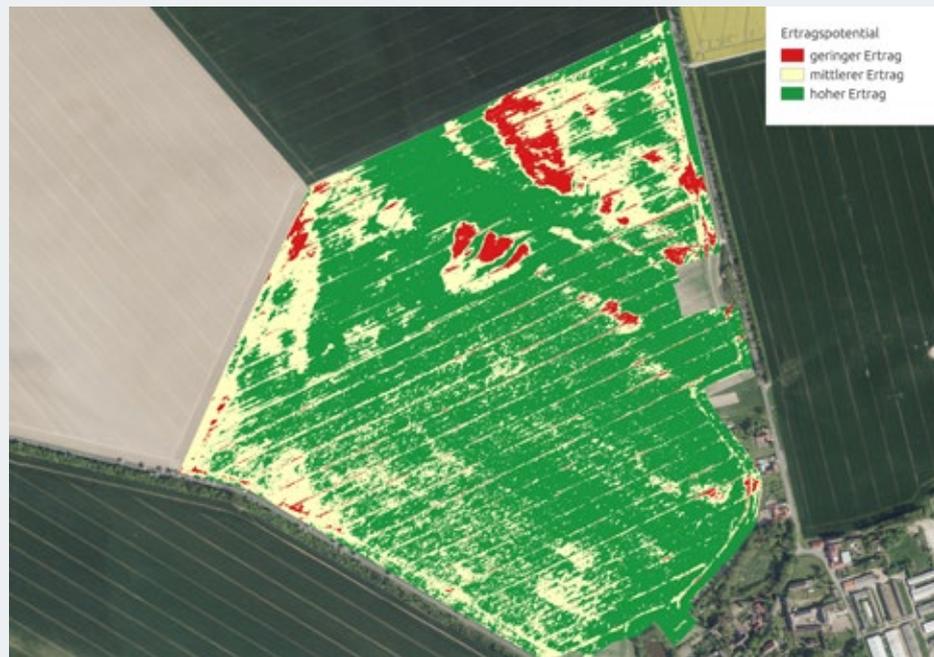


Abbildung 1: Modellresultat einer Ertragspotenzialkarte, Hintergrund: Luftbild, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2017).

### Ergebnisse

Das Ergebnis des Projektes stellt das AgriFusion Geoportal dar, welches eine intuitiv bedienbaren Benutzeroberfläche besitzt. Neben der leichten Bedienung für den Erstanwender werden weitere Eingabefunktionen für den erfahrenen Nutzer bereit stehen, welche optional genutzt werden können. Ergänzend zur reinen Anwendung des TBM werden Informationen zu den jeweiligen Geodaten und Eingangsparametern geboten, welche zu einem besseren Verständnis der Ergebnisse beitragen können. Zudem soll die Webanwendung via API leicht in bestehende Strukturen externer FMIS integriert werden können, so dass auf ein flexibles und responsives Layout zurückgegriffen wird.



Abbildung 2: Aktuelle Betaversion des AgriFusion Webmodul, kleines Fenster: NDVI Vegetationsindex eines ausgewählten Schlages, Hintergrund: Sentinel-2 – Echtfarbdarstellung.

### **(Geplante) Verwertung**

AgriFusion hat den klaren Anspruch, das AgriFusion Webmodul am Markt zu platzieren und Landwirten einen einfachen Zugang zu diesen Informationen bereitzustellen. Die angestrebten Ertragswartungs- und Zuverlässigkeitskarten gepaart mit einem einfachen Zugang und effizienten Nutzungsmöglichkeiten über das “AgriFusion” Webmodul bietet große Chancen für eine zukünftige bundesweite Marktdurchdringung. Die wirtschaftliche Verwertung wird maßgeblich durch die GeoInformationsDienst GmbH realisiert. Fritzmeier Umwelttechnik erhofft sich durch den internen Einsatz des AgriFusion Webmoduls durch Integration praxisrelevanter Ertragspotentialkarten eine Optimierung ihrer ISARIA-Düngerstrategie und damit eine verbesserte Marktpositionierung.

Die HSWT sowie das GFZ verfolgen primär keine wirtschaftlichen Ziele. Primäres Ziel der Wissenschaftspartner ist die Integration innovativer wissenschaftlicher Methoden in operationelle Techniken.

**„Geoinformationstechnologie für landwirtschaftlichen Ressourcenschutz und Risikomanagement (GeoCare)“**

**”Geoinformation Technology for Protection of Agricultural Resources and Risk Management (GeoCare)“**

**Projektlaufzeit**

26.04.2016 bis 25.04.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Axel Relin  
GAF AG, München

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Natascha Oppelt  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Geographisches Institut, Kiel

Dr. Stephan Hartmann  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising

Alexa Mayer-Bosse  
Münchener Rückversicherungsgesellschaft AG, München

Harald Maier  
Deutscher Wetterdienst (DWD), Freising

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Ziel von „GeoCare“ ist der Schutz und der Erhalt der landwirtschaftlichen Produktion und die Absicherung des Produktionsrisikos des Erzeugers durch die Entwicklung von versicherungstechnischen Lösungen, die ein geintegriertes Risiko- und Schadensmanagement beinhalten.

Hierfür ist die Verfügbarkeit von unabhängigen und verlässlichen Daten über die Produktionsflächen, ebenso wie ein adäquates Monitoring und Informationsmanagement der versicherten Werte während der Wachstumszeit und eine reaktionsfähige Organisation von zeitnahen, informierten und dokumentierten Verfahren zur Schadensregulierung erforderlich. Die Kernkomponente hierfür bilden satellitendatenbasierte Monitoringverfahren und Ertragsschätzungsmodelle für Acker- und Grünland, die im Rahmen des Projekts entwickelt werden. Eine Schnittstelle, welche Nutzern einfachen Zugriff auf die damit gewonnenen Daten sowie deren Visualisierung und Analyse ermöglicht, wird in Form einer WebGIS-Anwendung entwickelt.

Ein besonderes Augenmerk richtet das Projekt auf den Grünlandbereich, der trotz seiner immensen Bedeutung in der Landwirtschaft und insbesondere für Milch- und Fleischindustrie oft deutlich weniger Beachtung erfährt als Ackerkulturen. So kann bis heute die Nutzungsintensität und Erntemenge von Grünland nur auf Grundlage von Stichproben und Expertenwissen abgeschätzt werden. Modellansätze zur Ermittlung der Grünlanderträge beruhen neben Faktoren wie Klima, Bodenbeschaffenheit und Zusammensetzung des Bestandes entscheidend auf Schnitzeitpunkten und -häufigkeiten. Ziel ist daher eine kosten- und zeiteffiziente Methode zur Erfassung von Schnitzeitpunkten zu entwickeln und flächendeckende Ertragsschätzungen zu präzisieren.

### Realisierung

Eine zentrale Herausforderung bei der Implementierung der vorgesehenen Entwicklungen ist die Verarbeitung der Satellitendaten, die einen hohen Grad an Automatisierung erfordert, um überhaupt erst einen Nutzen aus den gewaltigen Datenmengen zu ziehen, die beispielsweise kostenfrei durch die Copernicus-Satellitenmissionen (z.B. Sentinel-1/2/3) zur Verfügung gestellt werden und eine zentrale Grundlage für die methodischen Entwicklungen sind.

Um ein möglichst breites Spektrum an Anwendungen mit unterschiedlichen Datendichten zu ermöglichen, werden an der Arbeitsgruppe EOM der Universität Kiel drei Modellansätze verwirklicht, welche für jede Referenzfruchtart entwickelt werden müssen: 1) Robuste, indexbasierte Modelle zur schnellen Abschätzung der Ernteerträge ohne Zuhilfenahme agronomischer und klimastatistischer Daten (datensparsamer Ansatz), 2) physikalisch-basierte Modellansätze zur Ernteertragsabschätzung mit Fernerkundungsprodukten sowie 3) künstliche Neuronale Netze (ANN). Bestehende Modelle (insbesondere robuste Ansätze) müssen für den Einsatz im Cloud Computing bzw. zur Massendatenverarbeitung modifiziert werden.

Der Beitrag der LfL im Vorhaben GeoCare ist die Schaffung einer zeit- und kosteneffektiven Methode zur flächendeckenden Detektion von Schnitzeitpunkten auf Grünland. Dazu wird gemeinsam mit der GAF ein derzeit in der Entwicklung befindliches technisches Verfahren der Grünschnittdetektion auf Basis von Sentinel-1 Daten erarbeitet, die ergebnisorientierte Eignung ermittelt und das Verfahren entsprechend angepasst. Weiterhin wird in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) und der Universität Kiel (Abt. Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau) ein schlagbezogenes, phänologische Ertrags- und Qualitätsmodells an mittelgebirgs- und alpennahe, vom Höhenprofil stark gegliederte Verhältnisse mit unterschiedlichen Grünlandtypen angepasst und erstmalig in eine flächendeckende Grünlandertragsmodellierung überführt. Die LfL liefert die für die Entwicklung und Validierung erforderlichen Messdaten über die Schnittermine, den Grünlandaufwuchs und weitere Standortdaten, z.B. über die Bewirtschaftung. Weiterhin bereitet die LfL die Daten für eine flächenhafte Nutzung vor und begleitet die übergreifenden Genauigkeitsanalysen und Modellvergleiche.

Die Nutzerschnittstelle zur Visualisierung von Monitoring- und Ertragsschätzungsergebnissen wird durch die GAF in Abstimmung mit der Munich Re mittels einer Webapplikation umgesetzt. Diese umfasst auch die geographische und graphische Darstellung verschiedener Parameter und Indikatoren zu Überschwemmungs- und Dürreerisikobewertung.

### **Ergebnisse**

Als bisherige Zwischenergebnisse kann das Projekt eine Reihe methodischer Entwicklungen in der Satellitendatenprozessierung, Modellierung von Ernteerträgen, Detektion von Grünlandschnittzeitpunkten sowie dem Risikomonitoring von Agrarflächen vorweisen. Ein Prototyp der Webapplikation wurde bereits im ersten Quartal 2018 fertiggestellt. Eine spätere Version soll neben Dürre- und Überschwemmungsindikatoren auch Ertragsschätzungen für ausgewählte Feldfrüchte umfassen.

### **(Geplante) Verwertung**

Am Ende des Vorhabens soll zum einen ein operationeller, dauerhaft zur Verfügung stehender Service zur besseren, regionalspezifischen Grünlandertragsmodellierung auf der Basis von Schnittzeitpunkten (Sentinel-Satellitendaten) und DWD-Daten (RADOLAN, Bodenmessnetze) zur Verfügung stehen. Dieses dient der Beratung der Landwirte zur ressourcenschonenderen, ökonomisch und ökologisch sinnvollen Bewirtschaftung von Grünland. Außerdem liefert der Service bessere Grundlagen für die ertragsangepasste Düngung sowie für die Politikberatung.

Zum anderen sollen die methodischen Entwicklungen in der Erarbeitung innovativer Versicherungsprodukte Anwendung finden. Es wird beabsichtigt, mittelfristig auf den Markt zugeschnittene Lösungen für den Versicherungsmarkt anzubieten und diese gegenüber Erst- und Rückversicherern zu etablieren. Hierfür soll sich im Anschluss des Vorhabens eine Entwicklungsphase anschließen, in der die gewonnenen Erkenntnisse zu marktfähigen versicherungstechnischen Dienstleistungen und Produkten weiterentwickelt werden.

**„Entwicklung eines Extremwettermonitorings und Risikoabschätzungssystems zur Bereitstellung von Entscheidungshilfen im Extremwettermanagement der Landwirtschaft (EMRA)“**

**“Development of an extreme weather monitoring und risk assessment system as a decision support tool for agricultural production (EMRA)”**

**Projektlaufzeit**

01.02.2017 bis 30.04.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Sandra Krengel

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

**Verbundpartner**

Deutscher Wetterdienst, Braunschweig

proPlant Agar- und Umwelteinformatik GmbH, Münster

DELPHI InformationsMusterManagement GmbH, Potsdam

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Monitoring von Extremwetterereignissen und -lagen und ihren Folgen ist ein wichtiger Baustein für die Anpassung der Landbewirtschaftung an den Klimawandel sowie die Bereitstellung von individuellen und parzellenspezifischen Entscheidungshilfen für das Extremwettermanagement. Im Projekt EMRA entwickelt ein Verbund aus Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam mit der Beratung und der Praxis ein Extremwettermonitoring- und Risikoabschätzungssystem für die Landwirtschaft.

### Realisierung

Im Projekt EMRA werden Online-Werkzeuge entwickelt, die Acker- und Obstbauern bzw. Berater beim Management von Extremwetterereignissen unterstützen, bestehende Beratungsangebote erweitern und so dazu beitragen, Schäden und Verluste zu verhindern oder zu mindern. EMRA ist als Pilotprojekt angelegt, in dem zunächst Extremwetterauswirkungen auf die Ackerfrucht Winterweizen und die Sonderkultur Apfel in den Modellregionen Uckermark und Altes Land analysiert werden. Alle Lösungen werden so konzipiert, dass eine spätere Erweiterung auf andere Kulturen, Regionen und Entschei-

dungshilfen möglich ist. Ein zentraler Baustein ist die Sammlung von Rückmeldungen über aufgetretene Schäden. Durch die Verknüpfung mit z.B. Wetter, Boden und Fernerkundungsdaten werden daraus fundierte Entscheidungshilfen zu einem komplexen Risikoabschätzungssystem entwickelt. Über ein Onlineportal werden den Anwendern so standortspezifische Entscheidungshilfen bereitgestellt. Die Praxisrelevanz dieser Entscheidungshilfen ist besonders wichtig, weshalb von Beginn an mit Betrieben und der Beratung zusammengearbeitet wird. Im Bereich Ackerbau wird das Projekt durch das Landesamt für Ländliche Entwicklung, Flurneuordnung und Landwirtschaft (LELF) des Landes Brandenburg und im Bereich Obstbau durch den Obstbauversuchsring des Alten Landes (OVR) e.V. durchgehend als Unterauftragnehmer begleitet.

### Ergebnisse

Eine wesentliche Grundlage für die Bereitstellung effektiver Entscheidungshilfen ist die Verwendung geeigneter Indizes, die die räumlich-zeitliche Dynamik der relevanten Einflussfaktoren wie Niederschlag, Temperatur oder Bodenbedeckung kulturartenspezifisch analysieren. Im Projekt EMRA werden deshalb Algorithmen entwickelt und implementiert, die die dynamische Integration von Geodaten sowie die räumliche und zeitliche Identifizierung von Extremwetterereignissen und -lagen in Deutschland ermöglichen.

Unter anderem werden Prozessketten für die Analyse dynamischer Wetter- und Boden-erosionsindizes für Winterweizen am Beispiel der Region Uckermark (Brandenburg) entwickelt. Sie verknüpfen Phänologie-, Satelliten- sowie tägliche Temperatur- und Niederschlagsdaten. Das beschriebene Vorgehen ermöglicht sowohl die Lokalisierung von Hotspots, die beispielsweise einem hohen Risikopotential für Wassererosion, Kahlfröste oder Nässeschäden unterliegen, als auch die Analyse der historischen und aktuellen Risikosituation.

Neben der Erfassung von Extremwetterschäden der letzten 10 Jahre in den beteiligten Testbetrieben konzentrieren sich die Arbeiten derzeit auf den Aufbau von Datenbanken und eines interaktiven Informationsknotens, in dem alle relevanten Datensätze zusammengeführt werden. Parallel erfolgt die Identifizierung der relevanten extremwetter- und kulturartenspezifischen Schwellenwerte sowie der entsprechenden phänologischen Stadien bzw. Zeiträume mit höheren Risiken für Extremwetterschäden. Desweiteren laufen derzeit nachfolgende Arbeitsschritte:

- » Lokalisierung von Agrarflächen mit potentiell stärkerem Risiko für Extremwetterschäden,
- » Entwicklung dynamischer Modelle zur Abschätzung der jeweiligen Extremwetterrisiken,
- » deren Implementierung in das EMRA-System,
- » Konzeption und Umsetzung des Monitoring- und Entscheidungshilfetools.

**(Geplante) Verwertung**

EMRA soll der Praxis, der Beratung und der Politik bei der Bewertung der Risikosituation und der Betroffenheit der deutschen Landwirtschaft durch Extremwetterereignisse helfen. Mit Hilfe der Monitoringdaten können Aussagen darüber getroffen werden, welches Risiko von Extremwetterereignissen für eine Kultur in einer bestimmten Region und mit einem bestimmten Anbausystem ausgeht und welche Maßnahmen die Schäden reduzieren können. Gleichzeitig werden diese während der Anwendung des Werkzeugs fortlaufend validiert und optimiert. Über die zu entwickelnden Analyseroutinen und Modellergebnisse können parzellenscharfe Hinweise zur aktuellen und historischen Risikosituation abgeleitet werden. Die so gewonnenen Informationen werden den Nutzern als Übersichten, Karten und Kennzahlen sowie individualisierte Warnmeldungen benutzerfreundlich vor bzw. nach dem Ereignis als Entscheidungshilfen über das EMRA-Webportal zur Verfügung gestellt. Auf der Grundlage dieser Angebote sollen die zukünftigen EMRA-Nutzer in die Lage versetzt werden, effektive Managementstrategien zu entwickeln und damit mögliche Schäden und Verluste zu minimieren.

# Sektion 8:

## Tierwohlintikatoren II

„Automatisierte Erfassung von Tierwohlintikatoren bei Geflügel (AutoWohl)“

“Automatic measurement of animal welfare indicators in poultry (AutoWohl)“

**Projektlaufzeit**

19.04.2017 bis 18.12.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Nicole Kemper

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, Hannover

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Ute Knierim

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Nutztierethologie und Tierhaltung, Kassel

Prof. Dr. Dr. Michael Erhard

Ludwig-Maximilians-Universität München, Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung, München

Prof. Dr. Robby Andersson

Hochschule Osnabrück, Fachgruppe Tierhaltung und Produkte, Studienschwerpunkt angewandte Geflügelwissenschaften (StanGe), Osnabrück

Dr. Carsten Kruse

CLK GmbH Bildverarbeitung und Robotik, Altenberge

**Assoziierte Partner**

Lohmann & Co AG, Donautal Geflügelspezialitäten, Bogen und Visbeck

Qualitätssicherung Mästerkreis Heidemark GmbH, Ahlhorn

Dietrich Menge GmbH, Barnstorfer Geflügelschlachtereie, Barnstorf

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Gesamtziel dieses Forschungsvorhabens dient der Entwicklung verbesserter und neuer Messsysteme zur automatisierten bildgestützten Erfassung von Tierwohlintikato- ren sowohl am Schlachthof als auch im Bestand beim Geflügel (Legehenne, Masthühner, Puten). Damit soll nicht nur das Potential einer besseren Standardisierung und objekti- vierten Befunderhebung, sondern auch der Vorteil einer zeiteffizienten Datenerhebung weiter erschlossen werden, um routinemäßige Tierwohlbeurteilungen am Schlachthof und im Geflügelbetrieb verstärkt einsetzen zu können. Das Projekt teilt sich dabei in mehrere Teilprojekte, die jeweils spezifische Einzelziele verfolgen.

Bei Legehennen sollen Indikatoren am Schlachthof und in der Haltung erhoben werden. Entsprechende automatische Messsysteme sind auf dem Markt bisher nicht vorhan- den, sie sollen im Rahmen dieses Projektes neu entwickelt und validiert werden. In der Haltung sollen Gefiederschäden bereits im Anfangsstadium automatisiert erfasst werden können, um ein Frühwarnsystem für Federpicken und Kannibalismus zu entwickeln. Auf dem Schlachthof richtet sich der Fokus auf die automatische Erkennung von Brust- beinveränderungen und Verletzungen.

Bei Masthühnern sind bereits etablierte Messsysteme zur Erfassung von tierschutz- relevanten Indikatoren (Fußballenveränderungen und Fersenhöckerveränderungen) am Schlachthof vorhanden. Diese sollen im Rahmen dieses Projektes weiterentwickelt, validiert und standardisiert werden.

Auch bei Puten sollen Erhebungen sowohl in der Haltung als auch auf dem Schlacht- hof stattfinden. In der Haltung sollen automatisierte Systeme zur Früherkennung von Kannibalismus bei Puten neu entwickelt und validiert werden. Hierfür existieren derzeit keine gängigen Systeme auf dem Markt. Am Schlachthof sind dagegen bereits erste Systeme zur Erfassung von tierschutzrelevanten Indikatoren (Fußballenveränderungen, Brustblasen) vorhanden. Diese Systeme sollen im Rahmen des Projektes weiterentwi- ckelt, validiert und standardisiert werden.

### Realisierung

Alle Arbeitspakete sind einheitlich in fünf Projektphasen strukturiert. Die erste Pro- jektphase dient der Durchführung der Vorarbeiten (Akquirierung der Betriebe, Ins- tallation/Test/Validierung der Kamerasysteme, Festlegung der Bonitursysteme, Beur- teilertraining und Beobachterabgleiche zwischen den Verbundpartnern). In der zweiten Projektphase folgt die automatisierte Erfassung der entsprechenden Indikatoren und die Bonituren der Tiere sowie ein Abgleich zwischen den jeweiligen Ergebnissen. Auf dieser Grundlage sollen Algorithmen zu den automatisierten Messsystemen entwickelt und/oder optimiert werden. Zusätzlich werden histologische und/oder pathologisch- anatomische Befunddaten erhoben, um eine zusätzliche Optimierung von Bonitur-

und Kamerasystem zu ermöglichen. In der dritten Projektphase sollen die optimierte automatisierte Erfassung und Bonitur in der Praxis angewandt und umgesetzt werden. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Übertragbarkeit in laufende Prozesse sowohl im Schlachtbetrieb als auch in der Haltung. Die Systeme sollen dafür standardisiert und auf ihre Praxistauglichkeit überprüft werden. Weiterhin sollen Fragen zur optimalen Stichprobengröße beantwortet werden und es findet eine statistische Auswertung der vorhandenen Daten statt. In der vierten Projektphase werden die Ergebnisse in die Praxis/Anwendung transferiert. Dazu werden sowohl Schulungsunterlagen für die Anwendung der Bonitursysteme als auch für den Einsatz der automatisierten Systeme erarbeitet. Zusätzlich sollen Vorschläge zur Überprüfung der Systeme im Routinebetrieb und hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Datenerhebung erarbeitet werden. Projektphase fünf dient schließlich der Publikation der Ergebnisse.

### **Ergebnisse**

Das Projekt befindet sich derzeit in der zweiten Projektphase, abschließende Ergebnisse können somit noch nicht vorgestellt werden, da sich die einzelnen Teilprojekte in unterschiedlichen Stadien der Datenaufnahme befinden. Die Festlegung der Bonitursysteme und Beobachterabgleiche zwischen den Verbundpartnern konnten bisher für alle Teilprojekte erfolgreich abgeschlossen werden.

### **(Geplante) Verwertung**

Die bundesweite Zusammenarbeit von wissenschaftlichen Einrichtungen, die einen starken Forschungsschwerpunkt im Bereich Geflügel haben, der Firma CLK GmbH mit dem Arbeitsschwerpunkt in der Bildverarbeitung sowie führender Geflügelwirtschaftsunternehmen lässt erwarten, dass die erzielten Ergebnisse gemeinsam genutzt werden, um zukünftig ein bundesweit einheitliches Vorgehen in der Erhebung von entscheidenden Indikatoren zur Beurteilung des Tierwohls und der Tiergesundheit voranzutreiben. Dies wird sowohl für die behördliche Überwachung als auch für ein mögliches nationales Monitoring von Vorteil sein.

Die wissenschaftlichen Einrichtungen beabsichtigen, die erarbeiteten Systeme zur standardisierten Erfassung verschiedener Indikatoren sowie die entwickelten validen Erhebungskonzepte ebenso wie die daraus abgeleiteten Empfehlungen zum einheitlichen Vorgehen bei der Erhebung, für Lehre, nationale und internationale Publikationen, Vorträge und weitergehende Untersuchungen zur Tierhaltung und zum Tierschutz zu nutzen. Die Untersuchungsergebnisse sollen den Abschlussarbeiten der Projektbearbeiter (im Rahmen von Promotionen) dienen. Angestrebt wird weiterhin durch die enge Zusammenarbeit der beteiligten Projektpartner die Kontakte und den gegenseitigen Austausch weiter auszubauen und zu vertiefen. Denkbar wären, in nachfolgenden Projekten weitere Tierwohlindikatoren für Geflügel (z.B. Paddelveränderungen und Kratzer bei Enten) aber auch für andere Nutztierarten (u.a. Schwein, Rind) zu bearbeiten.

Die Firma CLK wird bei positivem Ergebnis des Forschungs- und Entwicklungsprojektes im Nachgang des Projektes die entwickelten automatisierten Techniken als Produkte auf den Markt bringen. Die zu erwartenden Erfolgsaussichten zur Entwicklung dieser Systeme werden dabei von der Firma CLK GmbH aufgrund bisheriger Vorerfahrungen bei der Entwicklung und Markteinführung grundsätzlich als hoch bis sehr hoch eingestuft, sind jedoch abhängig vom jeweiligen Indikator, für den ein automatisiertes System entwickelt wird. Für die bereits bestehenden Systeme (Erfassung der Fußballenveränderungen bei Masthühnern und Puten) besteht seitens CLK bereits Zugang zum anvisierten Marktsegment. Im Rahmen des Projektes sollen noch bestehende Fragen zur Reliabilität der Erhebung sowohl zwischen den Schlachthöfen als auch zwischen manueller und automatisierter Technik beantwortet werden, welche zwingend erforderlich sind für eine Standardisierung der Bewertungskriterien. Grundsätzlich wird angestrebt, sowohl den Tierhalter als auch die Schlachthöfe, abhängig vom zu entwickelnden System, als Einsatzorte der zukünftigen Techniken zu gewinnen. Hinzu kommt, dass im gesamten Geflügelsektor ein großer Im- und Exporthandel existiert, der auch internationale Marktchancen bestehen lässt.

**„Praxistauglichkeit von Tierschutzindikatoren bei der betrieblichen Eigenkontrolle, Erarbeitung eines Orientierungsrahmens sowie technische Umsetzung in digitalen Anwendungen (EiKoTiGer)“**

**“On-farm self-monitoring of animal welfare: feasibility, setting of an assessment framework and technical electronic implementation (EiKoTiGer)“**

**Projektlaufzeit**

01.11.2016 bis 31.10.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Ute Schultheiß

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Darmstadt

**Verbundpartner**

Dr. Lars Schrader

Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierschutz und Tierhaltung, Celle

Dr. Jan Brinkmann

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst

Prof. Dr. Ute Knierim

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Nutztierethologie und Tierhaltung, Witzenhausen

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Vorhabens ist es, ausgewählte Tierschutzindikatoren für die betriebliche Eigenkontrolle nach § 11 Abs. 8 des Tierschutzgesetzes (TierSchG 2013) auf ihre Praxistauglichkeit und Reliabilität in Tierhaltungsbetrieben zu prüfen und weiterzuentwickeln.

Darüber hinaus soll Nutztierhaltern ein Orientierungsrahmen zur Einordnung ihrer Ergebnisse der betrieblichen Eigenkontrolle zur Verfügung gestellt und eine anwenderfreundliche Software für die Erhebung und Einordnung der Ergebnisse in der Praxis geliefert werden.

## Realisierung

Die KTBL-Praxisleitfäden für Rinder-, Schweine- und Geflügelhalter beinhalten eine Anleitung, wie die Tiergerechtheit nach aktuellem wissenschaftlichen Stand praktikabel und fachgerecht überprüft werden kann. Die vorgeschlagenen Indikatorensets sowie die Erhebungsmethodik sollen in erster Linie den Nutztierhalter beim betrieblichen Management unterstützen. Gleichzeitig stellen sie eine fachlich fundierte Möglichkeit dar, der betrieblichen Eigenkontrollpflicht nachzukommen.

Die Erhebungen des Projektes sollen in 120 Praxisbetrieben durchgeführt werden:

- » Rind: 20 Milchviehbetriebe mit Kälberaufzucht, 20 Rindermastbetriebe
- » Schwein: 20 Ferkelerzeugerbetriebe mit Ferkelaufzucht, 20 Schweinemastbetriebe
- » Geflügel: 20 Legehennenbetriebe, 10 Hühnermastbetriebe, 10 Putenmastbetriebe

Voraussetzung für die Erhebung der Indikatoren in den Praxisbetrieben ist eine Schulung der Nutztierhalter. Im Rahmen des Projektes wurden zwei Schulungstypen erarbeitet und angewendet. Die Online-Schulung wurde über die Schulungsplattform Moodle erstellt, die Vor-Ort-Schulung erfolgt über eine PowerPoint-Präsentation. Die Ergebnisse beider Schulungsarten werden auf ihre Zielerreichung hin bewertet.

Damit der Tierhalter seine Ergebnisse der betrieblichen Eigenkontrolle einordnen kann, wird ein Orientierungsrahmen mit Ziel- und Alarmwerten in drei Schritten erarbeitet:

1. Zweistufige Delphi-Umfrage unter Einbeziehung von Experten aus Wissenschaft, Beratung, Verwaltung, Praxis, Erzeugerverbänden, Tierschutzverbänden, Veterinärwesen sowie Vermarkter bzw. Verarbeiter. Die erste Umfrage wurde im Februar 2018 durchgeführt, die zweite Umfrage im Juli 2018.
2. Auswertung der Literatur hinsichtlich Inzidenzen, Prävalenzen sowie ggf. normativen Zielgrößen und Grenzwerten.
3. Die über Delphi-Umfragen sowie Literaturdaten zusammengestellten Vorschläge für Ziel- und Alarmwerte sollen in zwei Fachgesprächen im Herbst 2018 und im Sommer 2019 mit Experten diskutiert und abgestimmt werden.

Die Konzeption der EiKoTiGer-App sieht eine flexible Lösung für multiple Nutztierarten und Produktionsrichtungen vor. Verschiedene Indikatorensätze sollen je nach Bedarf dynamisch geladen werden können. Die Anwendung wird für den Einsatz auch ohne Netzzugang im Stall bzw. auf dem Betriebsgelände optimiert; Daten werden auf dem Gerät gespeichert und können exportiert werden. Eine Internetverbindung ist nur für die Einrichtung und Aktualisierungen nötig. Die App wird für Android unter Nutzung des Standard-SDK inklusive seiner Userinterface-Elemente erstellt, wobei die Kompatibilität mit Android 6 und aufwärts geplant ist. Flexibilität wird durch die Indikatorbeschreibung in einem Datenbeschreibungsformat (XML, RDF) gewährleistet. Als lokale Datenbank für tabellarische Massendaten dient SQLite (Android-Standard).

## Ergebnisse

Die Erläuterung der betrieblichen Eigenkontrolle anhand der KTBL-Praxisleitfäden erfolgt über ein Video (<https://www.youtube.com/watch?v=nZEKpgPXAPI>).

Außerdem dient die Excel-Anwendung „Tierschutzindikatoren-Erhebung“ den Tierhaltern, Tierschutzindikatoren ihrem Betrieb zu erheben und zu dokumentieren gemäß den Methoden der KTBL-Praxisleitfäden ([https://www.ktbl.de/fileadmin/user\\_upload/Allgemeines/Download/Tierwohl/Tierschutzindikatoren-Erhebung.xlsm](https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tierwohl/Tierschutzindikatoren-Erhebung.xlsm), für Microsoft Excel® ab Version 2007 für Windows).

**KTBL** UNIVERSITÄT KASSEL ÖKOLOGISCHE VERBUNDENHEIT WISSENSCHAFTEN THÜNEN FRIEDRICH-LIEBIGER-INSTITUT FLI

Mit dieser Excel-Anwendung können Sie Tierschutzindikatoren erheben, verrechnen und in einer Ergebnisübersicht darstellen.

Für die Nutzung sind die KTBL-Veröffentlichungen „Tierschutzindikatoren: Leitfäden für die Praxis“ erforderlich, in denen die Methoden der Datenerhebung ausführlich beschrieben werden.

Zum Bearbeiten klicken Sie ggf. auf den Button „Bearbeitung aktivieren“, danach in der Sicherheitswarnung „Makros ...“ auf „Inhalt aktivieren“.

Falls Sie einzelne Formulare mit der Hand ausfüllen möchten, nutzen Sie die Druckfunktion. Erläuterungen finden Sie jeweils unter dem Symbol .

Für welche Tierart möchten Sie die Anwendung nutzen?

Geflügel	(Jung- und Legehennen, Masthühner, Mastputen)	<a href="#">loslegen...</a>
Rind	(Milchkühe, Aufzuchtkälber, Mastrinder)	<a href="#">loslegen...</a>
Schwein	(Sauenhaltung, Saugferkel, Aufzuchtferkel und Mastschweine)	<a href="#">loslegen...</a>

© www.agrarfoto.com, Cmon | www.fotolia.com, C. Gajo KTBL

Abbildung 1: Excel-Anwendung zur Erhebung von Tierschutzindikatoren.

Mit der App-Entwicklung wurden die mehr als 100 Tierwohlindikatoren hinsichtlich Erfassung, Datenart und Auswertung analysiert und kategorisiert. Wesentliche Aspekte sind: Zuordnung zu Tierarten und Produktionsrichtungen, Häufigkeit, Zeitraum bzw. Zeitpunkt der Indikatorerhebung, Stichprobenumfang und Auswertungsrhythmus. Entsprechend dieser Analyse wurden Datenbankstrukturen entworfen und technische Beschreibungsmodelle für die Indikatoren entwickelt.

Zudem wurden einzelne technische Komponenten der App entwickelt, u. a. Werkzeuge für Zeit- und Längen-/Flächenmessungen am Tier und zugehörige Spracherkennungsmodule, kalendergestützte Zeitplanfunktion mit Erinnerung.

**(Geplante) Verwertung**

- » Empfehlungen hinsichtlich des methodischen Änderungsbedarfs bei der Erhebung von Indikatoren im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle.
- » Feststellung des Überarbeitungsbedarfes für die KTBL-Praxisleitfäden.
- » Schulungsunterlagen, einschließlich der technischen Umsetzung für die Online-Schulung und Vor-Ort-Schulung zur Erhebung von Tierschutzindikatoren. In Abhängigkeit von den Projektergebnissen kann die projektinterne Online-Schulung für eine öffentliche Bereitstellung bearbeitet werden.
- » Orientierungsrahmen mit Ziel- und Alarmwerten zur Einordnung der erzielten Ergebnisse im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle. Dieser soll fortschreibbar sein, um neue Indikatoren oder Erkenntnisse aufnehmen zu können. Die Ziel- und Alarmwerte werden für einzelne Indikatoren z. T. eine „Mischung“ aus Benchmarking und normativen Werten sein, evtl. mit Lücken, bis eine ausreichende Datenbasis vorliegt.
- » Verbreitung des Datenerfassungs- und Bewertungsmoduls.

**„Entwicklung eines Tierwohl-Indikator-basierten Beratungskonzeptes (Pigs And More)“****“Development of an animal welfare indicator based counselling concept (Pigs And More)“****Projektlaufzeit**

01.10.2016 bis 31.12.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Astrid vom Brocke

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Fachbereich Tierhaltung und Tierzuchtrecht, Bad Sassendorf

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Wolfgang Büscher

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Bonn

**Kurzfassung****Projektziel**

Tierwohl ist sowohl in der Gesellschaft als auch auf wissenschaftlicher Ebene ein intensiv diskutiertes Thema. Vielen Verbrauchern fehlt zunehmend das Verständnis für die moderne Schweinehaltung. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Notwendigkeit, neue, objektive und effiziente Methoden zur Beurteilung des Tierwohls zu entwickeln und auf Basis von geeigneten Indikatoren als Bewertungs- und Diskussionsgrundlage eine Versachlichung der Debatte zu ermöglichen.

Um die Landwirte bei diesen Herausforderungen zu unterstützen, müssen konkrete Beratungskonzepte geschaffen werden. Hier setzt das Innovationsprojekt „PigsAnd-More“ der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen und der Universität Bonn an. Ziel ist es, ein softwaregestütztes Beratungstool zu entwickeln, welches auf Grundlage einer breiten Datenbasis eine objektive Beurteilung des Tierwohls zulässt. Es soll unter anderem ein Videosystem entwickelt werden, das das Verhalten von Mastschweinen aufzeichnet und automatisiert auswertet. Auf diese Weise sollen Schwachstellen in der Haltungsumwelt oder dem Management aufgedeckt und Landwirte mit Handlungsempfehlungen für die Verbesserung des Tierwohls unterstützt werden. Zusätzlich zur Videoanalyse ermöglicht eine standardisierte Erfassung weiterer haltungs-, management- und tierbezogener Indikatoren eine betriebsindividuelle und ganzheitliche Bewertung der Ist-Situation.

## Realisierung

Die Bewertung des Wohlbefindens der Tiere innerhalb von „PigsAndMore“ soll in mehreren Stufen erfolgen. Zunächst wird das Tierverhalten während einer Screening-Phase über einen definierten Zeitraum mittels Video- und Audiotechnik ohne menschliches Einwirken aufgezeichnet. Dabei soll eine Software mithilfe speziell entwickelter Algorithmen über Videoaufzeichnungen automatisch bestimmte Verhaltensweisen analysieren, die einen Rückschluss auf das Tierwohl ermöglichen. Zusätzlich werden während der Screening-Phase mittels geeigneter Sensoren Stallklimaparameter wie Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Ammoniak (NH<sub>3</sub>) gemessen und aufgezeichnet, um daraus eine eingehende Beurteilung des Stallklimas vorzunehmen. Im nächsten Schritt der Schwachstellenanalyse erfasst ein Berater der Landwirtschaftskammer NRW durch eine Befragung des Landwirts vor Ort alle wichtigen Daten zum Betrieb und dokumentiert diese mithilfe eines Tablets. Weiterhin werden die Gegebenheiten vor Ort, wie z.B. das Tier-Fressplatzverhältnis und die Einstellungen des Klimacomputers überprüft. Darüber hinaus führt der Berater bei einem zufällig ausgewählten Teil der Schweine eine Einzeltierbonitur nach einem festgelegten Schema durch. Dabei wird vor allem das äußere Erscheinungsbild hinsichtlich Verletzungen und Verschmutzungen bewertet.

Alle erhobenen Daten werden abschließend im digitalen Assistenzsystem gebündelt und betriebsindividuell ausgewertet. Verknüpfungen und Ursache-Wirkungsgefüge zwischen den erhobenen Merkmalen sollen ermittelt und mit im System hinterlegten Referenzwerten (Ziel-, Richt- und Grenzwerte) verglichen werden. Unerwünschte Abweichungen von diesen Werten geben Hinweise auf Defizite in der Haltungsumwelt und/oder dem Management. Auf Grundlage der Daten entwickelt der Berater mit Hilfe von „PigsAndMore“ gemeinsam mit dem Landwirt einen Plan mit konkreten Handlungsempfehlungen. Der Fokus liegt dabei immer auf der Verbesserung des Tierwohls.

## Ergebnisse

Auf Grundlage umfangreicher Literaturrecherchen wurde in der ersten Projektphase mit der Entwicklung der Boniturschemata begonnen. Dies umfasst eine detaillierte Erhebungssystematik für die Befragung der Landwirte, sowie die Parameter für die Einzeltierbonitur. Dazu wurden sowohl haltungs- und managementbezogene, als auch tierbezogene Indikatoren herangezogen. Auswahlkriterium für die Indikatoren war dabei zum einen eine hohe Relevanz zur Erkennung von Ursache-Wirkungsgefügen, zum anderen eine möglichst einfache und sichere Durchführbarkeit in der Beratungspraxis. Erste Pretests der Boniturschemata im Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft (VBZL) Haus Düsse, der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst sowie auf verschiedenen Praxisbetrieben wurden bereits durchgeführt.

Weiterhin wurden erste Versuche zur Entwicklung der automatisierten Verhaltenserkennung mittels Videoaufzeichnungen gestartet. Neben mehrere Kameras wurden auch Mikrofone und Klimasensoren angeschafft. Erste Ergebnisse werden in Kürze vorliegen.

**(Geplante) Verwertung**

Um das Wohlbefinden von Tieren objektiv bewerten zu können, ist es unabdingbar, direkte tierbezogene Kriterien und Indikatoren wie den Gesundheitszustand und das Verhalten zu erfassen. Derzeit mangelt es in der Schweinehaltung noch an entsprechenden Beratungskonzepten. Hier soll das Projekt „PigsAndMore“ richtungsweisende Erkenntnisse liefern. Nach Abschluss verschiedener Test- und Felderhebungsphasen, soll ein Prototyp der Erhebungstechnik und der Auswertungssoftware zum praktischen Einsatz in der betrieblichen Beratung von schweinehaltenden Betrieben vorliegen. Anhand der Ergebnisse kann der Berater die Tierwohlsituation objektiv bewerten, potenzielle Schwachstellen identifizieren und differenzierte Handlungsempfehlungen geben.

### „Analyse und Weiterentwicklung von Indikatoren zu Tiergerechtigkeit und Tierwohl in der Mastschweinehaltung (INMATI)“

### ”Analysis and enhancements of animal welfare indicators for growing pigs (INMATI)“

#### Projektlaufzeit

01.07.2016 bis 31.10.2019

#### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr. Engel Hessel

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, -Institut für Agrartechnologie, Braunschweig

#### Verbundpartner

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

Georg-August-Universität Göttingen, Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness, Göttingen

## Kurzfassung

### Projektziel

In dem Verbundprojekt „INMATI“ beschäftigen sich das Thünen-Institut und die Universität Göttingen mit der Analyse und Weiterentwicklung von Indikatoren zu Tiergerechtigkeit und Tierwohl in der Mastschweinehaltung. Den Anknüpfungspunkt dazu bilden die Ergebnisse der KTBL-Arbeitsgruppe „Indikatoren zur Bewertung der Tiergerechtigkeit in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“. Die für Mastschweine vorgeschlagenen Indikatoren sollen in diesem Projekt hinsichtlich ihrer Zweckmäßigkeit untersucht, bewertet und weiterentwickelt werden. Des Weiteren wird anhand dieser Indikatoren geprüft, inwieweit Betriebe, die eine Förderung durch die „Initiative Tierwohl“ (ITW) erhalten, auch tatsächlich mehr Tierwohl realisieren und wie sich die Teilnahme an der ITW ökonomisch auf die landwirtschaftlichen Betriebe auswirkt.

### Realisierung

Die Vorgehensweisen zur Realisierung der Projektziele unterscheiden sich zwischen den beiden Verbundpartnern. Im Fokus der Untersuchungen des Thünen-Instituts steht die vom KTBL veröffentlichte Schrift „Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Schwein“, die zunächst hinsichtlich der Gütekriterien Reliabilität, Praktikabilität und Validität geprüft und anschließend einem Praxistest auf mastschweinehaltenden Betrieben unterzogen wird. Im Rahmen der Untersuchungen der Universität Göttingen findet ein dreistufiges Verfahren Anwendung. Zunächst wird ein umfassender Litera-

turüberblick erstellt, der bestehende Arbeiten zu den ökonomischen Auswirkungen unterschiedlicher Tierwohlindikatoren und -kriterien ordnet und so einen systematischen Überblick generiert. In einem nächsten Schritt werden mithilfe von leitfadengestützten Interviews 45 an der ITW teilnehmende Mastschweinehalter zu den ökonomischen Folgen der Teilnahme befragt. Basierend auf diesen Ergebnissen wird in einem letzten Schritt eine großzahlige, standardisierte Befragung unter an der ITW teilnehmenden und nicht-teilnehmenden Mastschweinehaltern durchgeführt. Hier werden zum einen Nutzen und Kosten sowie Risiken und Aufwand der Teilnahme an der ITW ermittelt. Darüber hinaus werden die entstehenden Kosten sowie die Angemessenheit der Vergütung der ITW für die spezifischen Tierwohlindikatoren erfragt.

### Ergebnisse

Die bisherigen Ergebnisse des Thünen-Instituts können folgendermaßen zusammengefasst werden: Im Rahmen einer Reliabilitätsstudie vergaben drei Beurteiler für die KTBL-Tierschutzindikatoren Schwanzlänge, Schwanzverletzung, Kotverschmutzung, Lahmheit, Hautverletzung und Ohrverletzung jeweils über 4.000 Boniturnoten, die mithilfe von Intraklassen-Korrelationskoeffizienten (ICC) im Hinblick auf Unterschiede innerhalb und zwischen den Beurteilern ausgewertet wurden. Bezüglich der Intraobserverreliabilität konnten alle Indikatoren abgesehen vom Indikator Schwanzverletzung im Durchschnitt mit mindestens gut bewertet werden ( $ICC \geq 0,6$ ). Mit einer durchschnittlich eher mittelmäßigen oder schlechten Interobserverreliabilität fielen die Indikatoren Schwanzverletzung, Lahmheit und Kotverschmutzung auf ( $ICC < 0,6$ ). Zur Bewertung der Praktikabilität der KTBL-Schrift werden leitfadengestützte Interviews mit 50 Mastschweinehaltern durchgeführt. Auf Grundlage einer Zwischenauswertung nach den ersten 20 Interviews kann folgendes gesagt werden: Die Empfehlung des Leitfadens, die tierindividuellen Indikatoren für eine Stichprobe von 150 Mastschweinen des Bestandes zu erfassen, wird nur von 40 % der Landwirte als richtige Stichprobengröße empfunden. Die Durchführbarkeit der Indikatorenerfassung wurde auf einer fünfstufigen Skala von „besonders einfach“ bis „besonders schwer“ bewertet. Die Erfassung der Indikatoren „Wasserversorgung“, „Ohr- und Schwanzverletzung“ wurde mit 95 % der Antworten in den Bereich (besonders) einfach eingestuft. 20 % der Landwirte gaben an, dass sich die Erfassung des Indikators Kotverschmutzung schwierig gestaltet.

Die Universität Göttingen kommt zu den folgenden Zwischenergebnissen: Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass zurzeit nur in eingeschränktem Umfang geeignete Informationen zu den ökonomischen Auswirkungen von Tierwohlindikatoren und -kriterien vorliegen. Bestehende Studien befassen sich bislang zumeist mit ausgewählten Tierwohlindikatoren und -kriterien aus einzelbetrieblicher Perspektive, sodass sie nicht verallgemeinert werden können. Die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass die Kosten, die für die Teilnahme an der ITW entstehen, für die meisten Landwirte durch die Zahlungen der ITW ausgeglichen werden (Stand 2017). Einen zusätzlichen Gewinn können aber nur wenige Landwirte durch die Teilnahme generieren. Zudem sehen viele Landwirte noch Probleme bei der Umsetzung der ITW, beispielsweise bei der Abrechnung sowie bei den Kontrollen durch die ITW. Die standardisierte Befragung unter Mastschweinehaltern

ist derzeit im Feld. Vorläufige Ergebnisse (n = 124) zeigen, dass an der ITW teilnehmende Landwirte die Angemessenheit der Vergütung der verschiedenen Tierwohlkriterien durch die ITW positiver beurteilen, als nicht-teilnehmende Landwirte. Dabei empfinden die Teilnehmer die Vergütung für die Kriterien „Angebot von Raufutter“, „Einrichtung einer Luftkühlungsanlage“ sowie „Einbau offener Tränkebecken“ im Durchschnitt als eher angemessen, während sie die Vergütung für die Kriterien „10 %-höheres Platzangebot“ und „Angebot von organischem Beschäftigungsmaterial“, „20 %-höheres Platzangebot“ sowie „Scheuermöglichkeiten“ als eher nicht angemessen einstufen.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die generierten Ergebnisse sollen für eine umsetzungsorientierte Entwicklung von Ansätzen zur Verbesserung der Messung und Bewertung von Tiergerechtigkeit und Tierwohl genutzt werden. Die Überführung der Forschungsergebnisse in die Praxis erfolgt durch Vorträge, wissenschaftliche und transferorientierte Publikationen, die Einbeziehung von Multiplikatoren sowie die Nutzung zeitgemäßer Medien. Relevante und interessierte Akteure werden fortlaufend über die Ergebnisse des Projekts informiert.

**„Multivariate Bewertung des Tierwohls durch integrative Datenerfassung und Validierung von Tierwohlintakoren in Schweinebeständen (MulTiViS)“**

**”Multivariate Assessment of Animal Welfare through Integrative Data Acquisition and Validation of Welfare Indicators in Pigs on Farm Level (MulTiViS)“**

**Projektlaufzeit**

15.01.2017 bis 30.06.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Lothar Kreienbrock

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung, Hannover

Dr. Hubert Gerhardy,

Marketing Service Gerhardy, Garbsen

**Verbundpartner**

Verein zur Förderung der bäuerlichen Veredelungswirtschaft (VzF), Uelzen

Schweinegesundheitsdienst der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (SGD), Hannover

Marketing Service Gerhardy (MSG), Garbsen

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Verbundprojektes MulTiViS ist es, einen stufenübergreifenden und praxisnahen Tierwohlintak zu ermitteln, der als Grundlage für ein praxisnahes Monitoringsystem benutzt werden kann. Dafür werden in einem hinreichend großen und repräsentativen Kollektiv von konventionellen Mastschweinebeständen das Tierwohl und die Tiergesundheit beschrieben. Die Erfassung von Tierwohlintakoren erfolgt dabei sowohl in schweinehaltenden Betrieben als auch in Schlachthöfen. Die abschließende Gesamtbewertung des Tierwohls soll der Praxissituation entsprechend angepasst und gewichtet werden. Dies beinhaltet die Vermeidung von Redundanzen sowie die Berücksichtigung von Assoziationen.

## Realisierung

Das Projekt beinhaltet folgende Arbeitspakete:

- » Status quo Analyse von Tierwohl und Tiergesundheit in ca. 200 Schweinemastbetrieben durch aktive tierärztliche Erhebung am lebenden Tier und der Tierumgebung und Erhebung von Schlachtbefunden in ca. 10 Schlachtbetrieben; Erfassung und Aufbereitung von biologischen und wirtschaftlichen Leistungsdaten der Betriebe, Antibiotikaeinsatz und Organbefunden aus dem routinemäßigen Schlachtprozess



Abbildung 1: Datenquellen für die Ermittlung der Tierwohlindikatoren.

- » Überführung der aktiv erhobenen Daten in eine für das Projekt aufgebaute Datenbank
- » Uni- und multivariate Bewertung der erfassten Variablen als Tierwohlindikatoren durch Festlegung von Grenzwerten und Benchmarks sowie Prüfung auf Vollständigkeit, Plausibilität und Assoziationsstrukturen; Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung von Tierwohl und Tiergesundheit
- » Auf den Indikatoren basierende Fachberatung zur Verbesserung von Tierwohl und Tiergesundheit sowie Ausarbeitung von Kernaussagen zur Einführung eines flächendeckenden Monitorings.

## Ergebnisse

In der ersten Projektphase (bis Mitte 2018) werden die folgenden Arbeitsschritte abgeschlossen:

- » Entwicklung von Erhebungsinstrumenten:
  1. Fragebogengestütztes Interview mit dem/der Landwirt(in) zur Erfassung der allgemeinen Betriebsstruktur
  2. Erhebungsbogen zur stichprobenartigen Erfassung der Tierumgebung in Stallabteilen
  3. Erhebungsbogen zur stichprobenartigen Erfassung der Tiergesundheit und Tierumgebung und in Buchten
  4. Erhebungsbogen zur Erfassung der Tiergesundheit von erheblich erkrankten Einzeltieren
  5. Erhebungsbogen zur Erfassung der Organbefunde an den Schlachthöfen

- » Festlegung einer vorläufigen projektinternen Indikatorenliste
- » Betriebsbesuche zur aktiven tierärztlichen Erhebung am lebenden Tier und der Tierumgebung
- » Erstellung und Betrieb einer Projektdatenbank:
  1. Aufnahme und Aufarbeitung der in den Betrieben erfassten Informationen
  2. Übernahme von Daten aus der externen Datenbank „vzf:professional“ (Schlüsselzahlen, Betriebszweiganalysen, Antibiotika-Daten, Schlachtbefunde)

#### **(Geplante) Verwertung**

Mit Hilfe des TierwohlindeX soll im Rahmen eines exemplarischen Monitorings die Fachberatung einzelner Betriebe erfolgen. Außerdem sollen Kernaussagen erarbeitet werden, die zur Einführung eines flächendeckenden Tierwohl-Monitorings in ganz Deutschland dienen können.

**„Genomische Indikatoren für Ebergeruch, Fruchtbarkeit und Robustheit in Landrasse- und Edelschweinpopulationen (G-I-FER)“**
**”Genomic indicators for boar taint, fertility and robustness in Landrace and Large White populations (G-I-FER)“**
**Projektlaufzeit**

01.10.2016 bis 30.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Ernst Tholen

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Institut für Tierwissenschaften (ITW), Bonn

**Verbundpartner**

Dr. Inga Schiefler

Förderverein Bioökonomieforschung e.V. (FBF), Bonn

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Gesamtziel des Projektes ist die züchterische Verbesserung des Merkmals Ebergeruch in den beiden Mutterlinien Landrasse (LR) und Edelschwein (LW) unter spezieller Berücksichtigung der Fruchtbarkeit und Robustheit der Schweine. Das Projekt ist in drei Teilprojekte (TP I - III) gegliedert. Im TP I sollen Single Nucleotid Polymorphism (SNP)-Marker mit Auswirkungen auf Ebergeruch, Fruchtbarkeit und Robustheit in den untersuchten Reinzuchtlinien identifiziert werden. In TP II ist beabsichtigt, genomische Selektionswerkzeuge zu entwickeln, die zur simultanen, genetischen Einschätzung der Merkmale des Ebergeruchs, der Fruchtbarkeit und Robustheit in Mutterlinien genutzt werden können. TP III dient der Ermittlung der genetischen (Ko-) Variabilität von Hormonprofilen von Sauen und Ebern zur Beurteilung von Fruchtbarkeit, Robustheit und Ebergeruch. Hierbei sollen die individuellen Profile ausgewählter Sexual- und Stressbewältigungs-Hormone (Progesteron, Testosteron, Cortisol, LH und FSH) als Biomarker für das Wohlbefinden von heranwachsenden Schweinen verschiedener genetischer Herkunft bewertet werden.

### Realisierung

#### TP I

Das Ziel des TP I ist die Identifikation von genomischen SNP-Markern mit Auswirkungen auf Ebergeruch, Fruchtbarkeit und Robustheit in den untersuchten Reinzuchtlinien. Zu diesem Zweck werden im Projektzeitraum 4.000 unkastrierte Jungeber in ausgewählten

Mitgliedsorganisationen des FBF gemästet und genotypisiert. Die Erfassung des Ebergeruchs erfolgt durch die Analyse von Androstenon (A) und Skatol (S). Bisher wurden insgesamt ca. 1.500 Rückenspeckproben auf A und S untersucht.

In einer ersten Auswertung wurde in zwei Linien mit jeweils ca. 500 Tieren eine genomweite Assoziationsanalyse (GWA) für A und S durchgeführt. Die Berechnung erfolgte auf Basis der logarithmierten Messwerte mithilfe des R-Pakets GenABEL (Aulchenko et al., 2010). Zukünftig sollen diese Auswertungen sowohl populationsübergreifend als auch populationspezifisch auf alle im Projekt genotypisierte Tiere angewendet werden. Neben der Auswertung der Ebergeruchskomponenten ist es geplant, diese univariaten Analysen auf weitere Merkmale auszudehnen.

#### TP II

Eine erste Beurteilung möglicher negativer Auswirkungen bei einer Zucht gegen Ebergeruch auf die Fruchtbarkeit bzw. Robustheit der Mutterlinien kann mittels quantitativ-genetischer Untersuchungen erfolgen. Heritabilitäten ( $h^2$ ) für erfasste Ebergeruchskomponenten und Reproduktionsmerkmale sowie deren genetische Korrelationen ( $rg$ ) zueinander wurden auf Basis eines multivariaten Tiermodells mit dem Programm ASReml geschätzt. Aufgrund der Stichprobengröße wurden bisher nur Daten einer Zuchtorganisation in den Berechnungen berücksichtigt. Zukünftige Analysen werden mit fortlaufender Aktualisierung des Datensatzes auf alle Populationen erweitert und validiert. Abschließend fließen alle in diesem TP gesammelten Informationen in eine multivariate, genomische Zuchtwertschätzung ein.

#### TP III

Für die Erfassung der Hormonprofile in TP III werden über einen Zeitraum von zwei Jahren Blutproben von insgesamt 1.000 Tieren (500 Eber und 500 ihrer weiblichen Vollgeschwister) gesammelt. Das Blut wird bei den Sauen bei einem Lebendgewicht zwischen 65 und 75 kg Lebendgewicht entnommen, bei den Ebern eine Woche vor der Schlachtung. Neben den Ergebnissen der Hormonuntersuchungen im Blut, werden bei den selektierten Sauen auch deren Fruchtbarkeitsmerkmale wie z.B. „Anzahl lebend geborener Ferkel“ erfasst. Alle im Projekt hormonanalytisch untersuchten Tiere werden genotypisiert. Zur Abschätzung von möglichen genetischen unerwünschten Beziehungen zwischen Ebergeruch und maternaler Fruchtbarkeit stehen je Vollgeschwister-Paar Blut-, Genotyp- und Ebergeruchsinformationen zur Verfügung.

Die Bestimmung der Hormonprofile erfolgt durch eine Doppelbestimmung mithilfe eines Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA). Um den sensiblen ELISA im Labor des ITWs zu etablieren, wurden eine Reihe von Voruntersuchungen durchgeführt und die Ergebnisse mittels geeigneter Überprüfungsverfahren validiert.

## Ergebnisse

Die Probenentnahmen sind bisher in allen drei Teilprojekten noch nicht abgeschlossen. Die folgenden aufgeführten Ergebnisse sind deshalb als vorläufig anzusehen.

### TP I

Erste Ergebnisse der A- und S-Untersuchungen zeigen, dass je nach Linie und Prüfstation ein hoher Anteil (ca. 25 %) der untersuchten Eber die in der Literatur zitierten Schwellenwerte von 1.000 ng/g A und 150 ng/g S (Mörlein et al., 2012) für Geruchsabweichungen übersteigen. Die Bedeutung der Teilkomponenten A und S für das Risiko von geruchsabweichenden Befunden ist in der Regel ähnlich hoch. Dieses Ergebnis unterstreicht die Notwendigkeit einer züchterischen Reduktion des Ebergeruchs bei Mutterlinien.

Mit Hilfe einer GWA-Analyse konnten erste signifikante Genomregionen für A und S identifiziert werden. Auf Chromosom 5 konnten für das Merkmal A elf genomweit signifikante SNP-Marker bei der LR-Population identifiziert werden (siehe Abbildung 1). Diese Region ist in der Literatur bereits beschrieben und wird mit einer Reihe verschiedener Kandidatengene diskutiert (Grindflek et al., 2011).

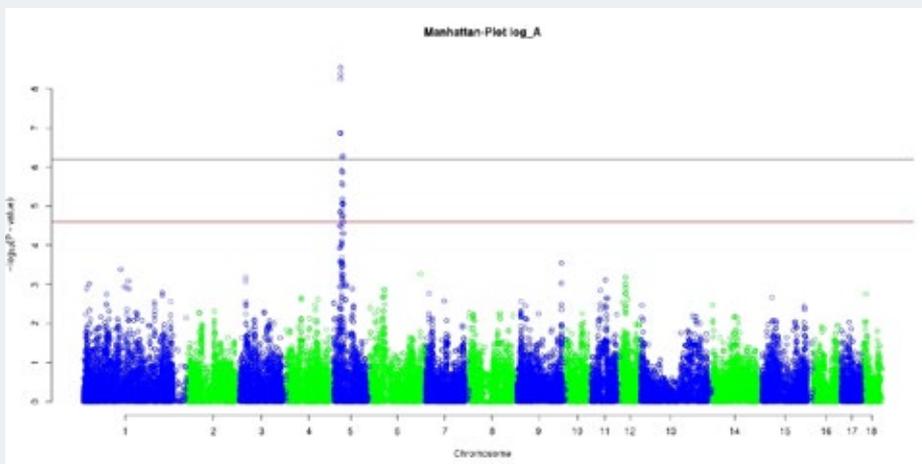


Abbildung 1: Manhattan-Plot zur SNP-Verteilung beim Merkmal A in der Linie LR (schwarze Linie = Grenze für genomweite Signifikanz, rote Linie = Grenze für chromosomenweite Signifikanz).

### TP II

Die Ebergeruchskomponenten weisen in beiden Populationen moderate bis hohe  $h^2$  auf ( $A = 0,33 - 0,49$ ;  $S = 0,39 - 0,51$ ). In Übereinstimmung mit der Literatur (Mathur et al., 2013) sind unerwünschte Beziehungen zu den weiblichen Reproduktionsmerkmalen zu beobachten. So wird die unerwünschte  $rg$  zwischen A und dem Merkmal „Anzahl tot geborene Ferkel“ in einzelnen Linien auf 0,4 geschätzt. Auf Grund des eingeschränkten Datenumfangs ist dieses Ergebnis als erster, vorsichtig zu interpretierender Indikator

möglicher unerwünschter Merkmalsbeziehungen zwischen Ebergeruch und Fruchtbarkeit zu betrachten.

### TP III

Die für die Durchführung der ELISA notwendigen Routinen wurden zusammen mit einer Kontrolle für die einzelnen Hormone im Labor des ITW entwickelt. Mit Hilfe dieser standardisierten Methoden erfolgen derzeit die Reihenuntersuchungen der Hormonprofile der Prüfeber und -sauen.

### **(Geplante) Verwertung**

Die vergleichsweise hohen  $h^2$  in den Merkmalen des Ebergeruchs zeigen, dass eine Selektion gegen Ebergeruch erfolgreich sein kann. Die aus physiologischer Sicht zu erwartenden antagonistischen Beziehungen zwischen Ebergeruch und Fruchtbarkeit erschweren die Umsetzung dieser Selektionsstrategien in der Schweinezucht. Eine abgeschwächte Gewichtung identifizierter gekoppelter Gene in der genomischen Selektion könnte nennenswerte Zuchterfolge im Merkmalskomplex Ebergeruch ohne gleichzeitige Reduktion der Reproduktionsleistung in den Mutterlinien erreichen. Die Reduktion des genetischen Ebergeruchspotentials in Mutterlinien kann die Attraktivität der Jungebermast steigern und den Fokus auf die Verbesserung des Tierwohls stärken.

Aulchenko YS, Struchalin MV, van Duijn CM. ProbABEL package for genome-wide association analysis of imputed data. *BMC Bioinform.* 2010, 11:134.

Grindflek E, Lien S, Hamland H, Hansen M, Kent M, van Son M, Meuwissen T. Large scale genome-wide association and LDLA mapping study identifies QTLs for boar taint and related sex steroids. *BMC Genom.* 2011, 12:362.

Mathur PK, ten Napel J, Crump RE, Mulder HA, Knol EF. Genetic relationship between boar taint compounds, human nose scores, and reproduction traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 2013, 91:4080-4089.

Mörlein D, Lungershausen M, Steinke K, Sharifi A, Knorr C. A single nucleotide polymorphism in the CYP2E1 gene promoter affects skatole content in backfat of boars of two commercial Duroc-sired crossbred populations. *Meat Sci.* 2012, 92:739:744.

### „Erfassung positiver Emotionen beim Schwein (FeelGood)“

### “Assessment of positive emotions in pigs (FeelGood)”

#### Projektlaufzeit

15.07.2016 bis 30.06.2019

#### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr. Joachim Krieter

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Kiel

## Kurzfassung

### Projektziel

Einhergehend mit dem gesteigerten Interesse der Gesellschaft sowie dem aktuellen Forschungsziel der Wissenschaft, Tierwohl objektiv messbar zu machen, ist es Ziel des Projektes „FeelGood“, ein umfassendes Verständnis der Emotionalität von landwirtschaftlichen Nutztieren am Beispiel von Mastschweinen zu erlangen. Zudem sollen geeignete Indikatoren detektiert werden, welche eine zuverlässige Erfassung positiver Emotionen ermöglichen.

### Realisierung

Durch Untersuchung verschiedener Verhaltensbeobachtungen sowie physiologischen Parametern werden Erkenntnisse für die Zusammenhänge und gegenseitigen Abhängigkeiten der Indikatoren gewonnen, um den latenten Komplex der erlebten Emotionen zu erfassen. Zur Aufklärung der Korrelationen wird das multivariate statistische Verfahren der Kausalanalyse angewendet. Vorangehend wurden hierfür die Tiere zweier Mastdurchgänge von drei Schweinemastbetrieben (n=297) mit unterschiedlichen Haltungssystemen untersucht. Diese stellen ein karges (Betrieb 1) und zwei angereicherte Habitate (Betrieb 2 und 3) für die Mastschweine dar. Die Untersuchungszeitpunkte fanden jeweils zum Beginn, zur Mitte und zum Ende der Mast statt. Hierbei wurden mit den einzelnen Tieren ein Human Approach- und Novel Object Test (HAT/NOT) durchgeführt, sowie Videomaterial aufgezeichnet, um das Spielverhalten sowie die Ohren-, Schwanz- und Körperhaltung der Mastschweine zu analysieren. Zudem wurden Speichelproben entnommen, welche mithilfe von Laboruntersuchungen wie ELISA und Gelelektrophorese auf die Immunglobulin A (IgA)- und Proteinzusammensetzung überprüft wurden. Weiterhin wurden bei der Schlachtung die Gehirne und Nebennieren entnommen, um diese anhand histologischer Untersuchungen auf die Größe des Hippocampus und die Anzahl der Astrogliazellen bzw. ihres Gewichtes zu analysieren.

## Ergebnisse

Derzeit sind Auswertungen der Verhaltenstests, des Spielverhaltens, der Speichelproben und der Nebennieren erfolgt. Hierbei zeigt sich anhand der Ergebnisse des HAT sowie NOT, dass die untersuchten Mastschweine einer kargen Haltungsumwelt signifikant geringere Latenzzeiten benötigen, um einen unbekanntem Menschen oder ein neues Objekt zu erkunden (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler der Latenzzeit (s) der Verhaltenstests**

Verhaltensvariablen	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	p - Wert
n <sup>Verhaltenstests</sup>	160	106	31	
<b>1. Durchgang</b>				
HAT-L	20.00 ± 1.12 <sup>a</sup>	47.80 ± 1.14 <sup>b</sup>	39.50 ± 1.44 <sup>ab</sup>	< 0.0001
NOT-L	7.14 ± 1.10 <sup>a</sup>	14.3 ± 1.12 <sup>b</sup>	10.94 ± 1.37 <sup>ab</sup>	= 0.0001
<b>2. Durchgang</b>				
HAT-L	15.57 ± 1.10 <sup>a</sup>	116.15 ± 1.14 <sup>b</sup>	76.64 ± 1.22 <sup>b</sup>	< 0.0001
NOT-L	27.33 ± 1.12 <sup>a</sup>	1.92 ± 1.15 <sup>b</sup>	4.01 ± 1.24 <sup>b</sup>	< 0.0001

L = Latenzzeit; <sup>a, b, c</sup> unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede der LSQ-Mittelwerte (p<0.05).

Diese geringere Latenzzeit der Tiere der kargen Haltungsumwelt könnte aufgrund der reizärmeren Umgebung und der damit verbundenen erhöhten Erkundungsmotivation entstehen und auf ein vermindertes Wohlergehen dieser Tiere hindeuten, da gemäß anderer Studien eine beschränkte Haltung mit vermehrtem Stress und demnach einem nachteiligen Wohlbefinden interagiert (Casal-Plana et al., 2017). Hingegen erklären andere Autoren eine hohe Latenzzeit als Zeichen für Angst und somit einem anscheinend negativen affektiven Zustand der Tiere (Forkman et al., 2007). Zusätzlich zeigten die Sauen aller Versuchsgruppen signifikant geringere Latenzzeiten als die kastrierten männlichen Tiere (HATw: 33.36 ± 1.09 vs. HATm: 52.05 ± 1.11 p = 0.0001; NOTw: 12.52 ± 1.08 vs. NOTm: 16.14 ± 1.09 p = 0.01). Somit könnte ein Zusammenhang mit bereits erlebten negativen Emotionen wie einer Kastration und der Ausprägung des Annäherungsverhaltens an den Menschen bestehen, welches die Reaktion der Börge beeinflusst.

Zudem wurde in der kargen Haltungsumwelt signifikant weniger Spielverhalten beobachtet, als in dem angereicherten Habitat der Mastschweine (siehe Tabelle 2). Dies deutet auf eine Eignung als Indikator zur Messung positiver Emotionen hin, da es als „Luxusaktivität“ gilt (Lawrence, 1987) und nur dann stattfindet, wenn die Grundbedürfnisse der Tiere gedeckt sind (Loizos, 1996).

**Tabelle 2: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler der Dauer bzw. Anzahl/h (s) Spielverhalten (3. Testzeitpunkt)**

Spielverhalten/h		Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	p - Wert
n <sub>Spielverhalten</sub>		88	53	31	
<b>Dauer/h</b>	Tag 1	1.70 ± 1.09 <sup>a</sup>	4.04 ± 1.09 <sup>b</sup>	2.62 ± 1.21 <sup>c</sup>	< 0.05
	Tag 2	1.21 ± 1.09 <sup>a</sup>	1.69 ± 1.17 <sup>a</sup>	4.18 ± 1.10 <sup>b</sup>	< 0.05
<b>Anzahl/h</b>	Tag 1	1.07 ± 1.05 <sup>a</sup>	2.03 ± 1.05 <sup>b</sup>	1.34 ± 1.06 <sup>c</sup>	< 0.02
	Tag 2	1.01 ± 1.05 <sup>a</sup>	1.08 ± 1.08 <sup>b</sup>	1.78 ± 1.05 <sup>c</sup>	< 0.04

<sup>a, b, c</sup> unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede der LSQ-Mittelwerte (p<0.05).

Die vorläufige Auswertung der Nebennieren (NN) beinhaltete die relativen Gewichte (mg NN-Gewicht pro kg Körpergewicht) der Tiere aus Betrieb 1 und 2 und ergab signifikant schwerere NN bei den Tieren des ersten Durchganges aus Betrieb 1 verglichen mit dem zweiten Durchgang dieses Betriebes und beiden Durchgängen von Betrieb 2 (vgl. Tabelle 3). Eine Erklärung für diese erhöhten Gewichte könnte auf eine durch ein Schwanzbeißgeschehen bedingte Stressreaktion während des ersten Durchganges auf Betrieb 1 zurückzuführen sein (Schröder-Petersen und Simonsen, 2011).

Die IgA-Werte des Betriebes 1 waren signifikant niedriger als die Werte des Betriebes 2. Diese Ergebnisse deuten auf eine Eignung als Indikator für positive Emotionen hin, da erhöhte IgA-Werte in der humanen Depressionsforschung häufig mit einem positiven affektiven Status in Verbindung gebracht werden (McClelland & Cheriff, 2007). Die indifferenten Ergebnisse von Betrieb 3 könnten durch die geringe Stichprobenzahl in Durchgang 1 (n = 7) bedingt sein.

**Tabelle 3: LSQ-Mittelwerte und Standardfehler von relativem Nebennierengewicht (rel. NN) und Immunglobulin A-Gehalt (IgA)**

Durchgang	Betrieb 1		Betrieb 2		Betrieb 3		p-Wert
	1	2	1	2	1	2	
n <sub>rel. NN</sub>	10	13	26	28	-	-	
<b>Rel. NN (mg/kg)</b>	41.1 ± 1.1 <sup>a</sup>	32.4 ± 1.1 <sup>b</sup>	30.1 ± 1.0 <sup>b</sup>	30.9 ± 1.1 <sup>b</sup>	-	-	0.01
n <sub>IgA</sub>	71	87	49	52	7	22	
<b>IgA (µg/ml)</b>	43.7 ± 1.1 <sup>a</sup>	53.0 ± 1.1 <sup>ab</sup>	132.2 ± 1.1 <sup>c</sup>	86.5 ± 1.1 <sup>d</sup>	37.4 ± 1.3 <sup>ae</sup>	79.1 ± 1.2 <sup>bcd</sup>	< 0.001

<sup>a, b, c, d, e</sup> unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede der LSQ-Mittelwerte (p<0.05).

Eine abschließende Interpretation der hypothetischen Korrelationen der verschiedenen Indikatoren erfolgt mithilfe der Strukturgleichungsmodellierung, um die am besten geeigneten Parameter zur Erfassung positiver Emotionen zu identifizieren.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die Ergebnisse des Projektes stellen einen essentiellen Grundstein der Erforschung und Etablierung geeigneter Indikatoren für die zuverlässige Erfassung positiver Emotionen sowie des Gesamtkonzeptes des Gemütszustandes von landwirtschaftlichen Nutztieren dar. Der Anwendungsbereich empfiehlt sich bei der objektiven Erfassung von Tierwohl und Tiergerechtigkeit ebenso wie zur Überarbeitung bereits vorhandener Tierwohlbeurteilungssysteme (z.B. KTBL-Schrift).

Casal-Plana, Nicolau; Manteca, Xavier; Dalmau, Antoni; Fàbrega, Emma (2017): Influence of enrichment material and herbal compounds in the behaviour and performance of growing pigs. In: *Applied Animal Behaviour Science* 195, S. 38–43. DOI: 10.1016/j.applanim.2017.06.002.

Forkman, B.; Boissy, A.; Meunier-Salaün, M.-C.; Canali, E.; Jones, R. B. (2007): A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. In: *Physiology & Behavior* 92 (3), S. 340–374. DOI: 10.1016/j.physbeh.2007.03.016.

Lawrence, A. (1987): Consumer demand theory and the assessment of animal welfare. *Animal Behaviour* 35, S. 293-295.

Loizos, C. (1966): Play in mammals. *Symposium of the Zoological Society of London* 18: 1-9.

McClelland, D.C. und Cheriff, A.D. (1997): The immunoenhancing effects of humor on secretory IgA and resistance to respiratory infections. *Psychology & Health* 12(3):329-344.

Schrøder-Petersen, D.L. und Simonsen, H.B. (2001): Tail biting in pigs. *The Veterinary Journal* 162 (3):196-210.

## „Frühindikatoren für das Auftreten von Schwanzbeißen beim Schwein (FriSch)“

“Early warning indicators for the occurrence of tail-biting in pigs (FriSch)”

### Projektlaufzeit

01.09.2016 bis 31.01.2020

### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr. Imke Traulsen

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutztierwissenschaften, Abteilung Systeme der Nutztierhaltung, Göttingen

## Kurzfassung

### Projektziel

Schwanzbeißen bei Schweinen ist eine weitverbreitete Verhaltensauffälligkeit in der intensiven Schweinehaltung. Es stellt ein großes Gesundheits- und Tierwohlproblem dar, dem multifaktorielle Ursachen zugrunde liegen. Eine hohe Besatzdichte, schlechte Futterqualität oder Zugänglichkeit, ungünstige Klimabedingungen im Stall oder fehlendes Beschäftigungsmaterial sind nur einige wenige Risikofaktoren, die einen Schwanzbeißausbruch begünstigen können. Aber auch das Halten langschwänziger Tiere kann eine erhebliche Gefährdung darstellen. Das deutsche Tierschutzgesetz (TierSchG §6. Abs. 1) verbietet jedoch das routinemäßige Amputieren von Schwänzen.

Um ein Auftreten von Schwanzbeißen beim Schwein vorherzusagen und präventiv eingreifen zu können ist es folglich von wesentlicher Bedeutung einfache und objektive Frühindikatoren für ein Monitoringsystem zu entwickeln. Diese sollen in der Praxis einfach oder automatisch erfassbar sein und den Landwirt in der täglichen Arbeit und Tierkontrolle unterstützen. In diesem Projekt bilden die Wasser- und Futteraufnahme, sowie das Aktivitätsverhalten der Tiere per Videoaufzeichnung die Grundlage für die Indikatoren.

### Realisierung

Das Projekt gliedert sich in drei Abschnitte (siehe Abbildung 1). Der Abschnitt (1) beinhaltet den Versuchsaufbau und -durchführung inklusive der Ermittlung der Messgrößen. In einem nächsten Abschnitt (2) werden die Frühindikatoren entwickelt, um dann in einem abschließenden Schritt (3) diese Indikatoren in uni-/ multivariaten Monitoringsystemen nutzbar zu machen.

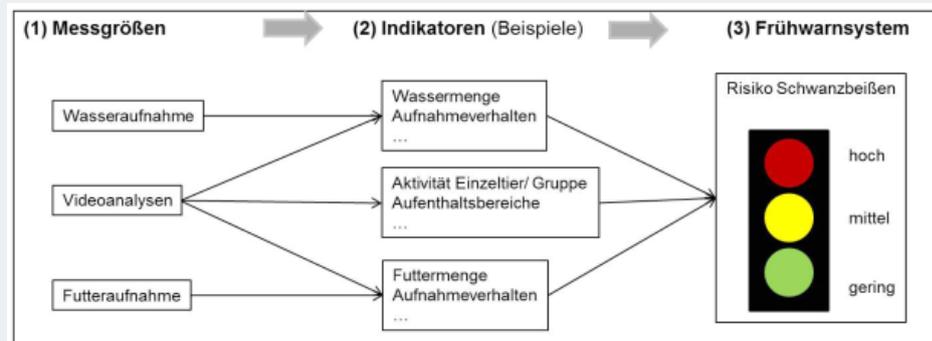


Abbildung 1: Arbeitsablauf mit den einzelnen Teilschritten (1) Ermittlung der Messgrößen, (2) Entwicklung der Indikatoren und (3) Entwicklung des Frühwarnsystems.

In einem praktischen Versuch wurden in neun aufeinanderfolgenden Durchgängen insgesamt 630 unkupierte Absatzferkel in konventionellen Aufzuchtbuchten untersucht. Die Tiere wurden gemischtgeschlechtlich auf die Buchten verteilt. Es wurden 309 männliche und 321 weibliche Tiere untersucht. Von den 630 eingestellten Tieren sind insgesamt 18 Ferkel aufgrund von plötzlichem Tod oder Schwanzbeißengeschehen aus dem Versuch ausgeschieden. Während der gesamten Aufzuchtphase wurden die Schwänze aller Tiere zweimal wöchentlich individuell hinsichtlich sichtbarer Verletzungen oder Schwanzverluste als Hinweis auf ein Beißgeschehen bonitiert. Weiterhin wurden buchtenweise die aufgenommene Wassermenge mittels Wasseruhren, die Futtermenge, die Umgebungstemperatur im Abteil mittels Datenloggern sowie das Aktivitätsverhalten der Tiere durch Videoaufzeichnungen erfasst.

### Ergebnisse

Die Datenaufnahme wurde im März 2018 beendet. Erste Ergebnisse zu den Schwanzbonituren, sowie den Messgrößen Wasseraufnahme und Raumklima werden im Folgenden erläutert. Die Auswertung der Futtermenge und der Videoüberwachung erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

#### *Beißgeschehen*

In der Abbildung 2 ist der zeitliche Verlauf des Beißgeschehens anhand der Schwanzverletzungen während der gesamten Aufzuchtphase dargestellt. Dabei zeigt sich ein klassischer Verlauf mit einem Anstieg bis zum 8. bzw. 11.-13. Aufzuchttag. Durch die engmaschigen Boniturzeiträume ist eine gute Eingrenzung des Beißgeschehens für die Erstellung des Monitoringsystems möglich.

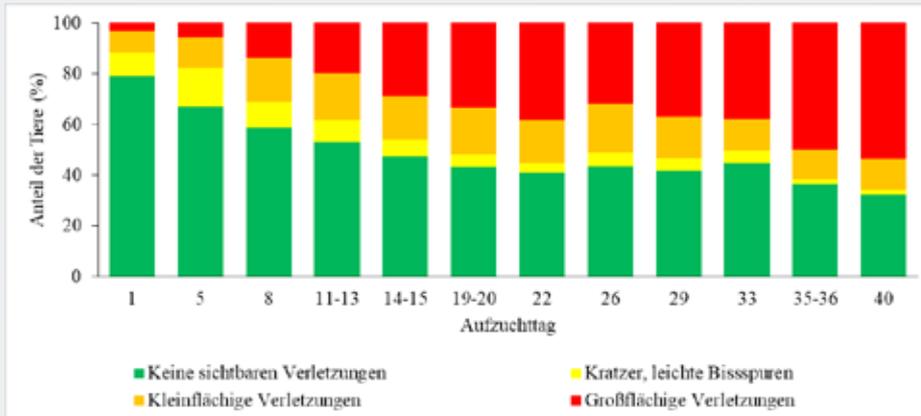


Abbildung 2: Beißgeschehen im Zeitverlauf.

Zu Beginn der Aufzucht traten hauptsächlich Kratzer (9,4 %) oder kleinflächige Verletzungen (8,4 %) auf. Vereinzelt treten auch großflächige Verletzungen (3,2 %) auf. Anschließend nehmen die großflächigen Verletzungen bis zum Ende der Aufzucht deutlich zu. Am Ende der Aufzucht betragen diese 53,4 %.

In den verschiedenen Durchgängen trat das Beißgeschehen unterschiedlich stark auf. Etwa 40 bis 60 % der Tiere wiesen Schwanzverletzungen auf (siehe Abbildung 3).

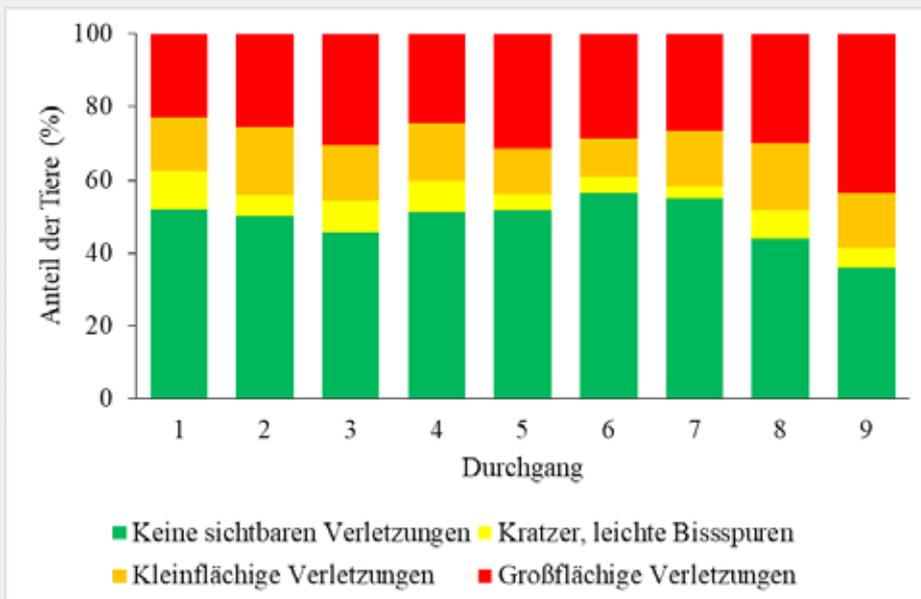


Abbildung 3: Durchschnittliches Beißgeschehen in den einzelnen Durchgängen.

### Schwanzverluste

Neben den Verletzungen wurden weiterhin die Schwanzverluste am Ende der Aufzucht deskriptiv ausgewertet. In Abhängigkeit vom Durchgang wurde bei 20 bis 50 % der Tiere am Ende der Aufzucht ein Schwanzverlust beobachtet (siehe Abbildung 4).

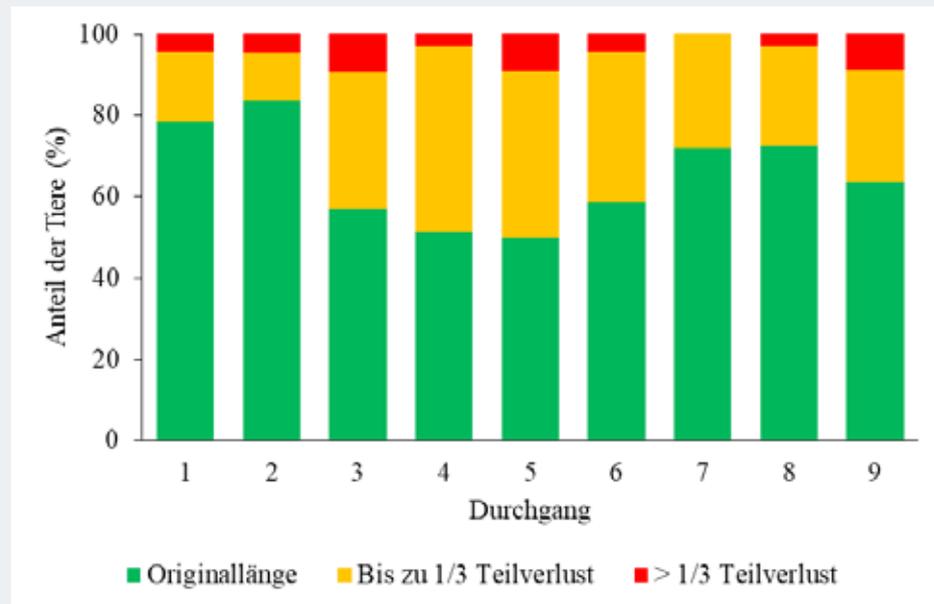


Abbildung 4: Schwanzverluste am Ende der Aufzucht in den einzelnen Durchgängen.

### Stallklima und Wasseraufnahme

Die Tabelle 1 zeigt die mittlere Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Abteil sowie den durchschnittlichen Wasserverbrauch pro Tag und Bucht der einzelnen Durchgänge.

Tabelle 1: Durchschnittliche Temperaturen, Luftfeuchtigkeit im Abteil und durchschnittlicher Wasserverbrauch pro Tag und Bucht, DG Durchgang, MW Mittelwert, Std Standardabweichung, n Anzahl der Tage pro Aufzuchtperiode.

DG	Temperatur (°C)		Humidität (RH %)		Wasserverbrauch pro Tag und Bucht (l)		
	MW	Std	MW	Std	n	MW	Maximum
1	22,7	0,4	63,7	8,0	.	.	.
2	22,9	0,4	65,5	6,1	.	.	.
3	23,8	0,8	67,2	6,3	27	14,4	25,8
4	24,3	0,9	70,7	6,6	40	14,6	24,2
5	24,9	0,6	68,1	6,3	35	15,0	24,2
6	24,7	0,7	71,9	7,8	37	14,9	27,4
7	23,7	0,5	66,7	6,6	17	19,5	27,4
8	23,9	0,7	64,1	5,3	37	13,6	26,1
9	23,4	0,7	61,6	5,8	34	14,3	29,3

Managementbedingt sind die Temperaturen im Abteil mit 22,7 bis 24,9°C im Durchschnitt relativ hoch. In den Sommermonaten (Durchgänge 4 bis 6) sind die höchsten Temperaturen sowie die größten Schwankungen zu beobachten.

Der durchschnittliche Wasserverbrauch pro Tag und Durchgang bleibt annähernd gleich (13,5 bis 15,0 l/Bucht und Tag). Ausschließlich der siebte Durchgang liegt über den Mittelwerten der anderen Durchgänge. In diesem Durchgang fehlt technisch bedingt ein Großteil der Wasseraufnahmen am Anfang der Aufzucht. Da die aufgenommene Wassermenge abhängig vom Körpergewicht ist, spiegelt dieser Wert von 19,5 l/Tag und Bucht den Wasserverbrauch älterer Tiere wider. Bei der Entwicklung und Validierung des Monitoringsystems werden solche fehlenden Werte mit Hilfe entsprechender Algorithmen berücksichtigt.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die entwickelten Indikatoren sollen mögliche Verhaltensänderungen mit einem Monitoringsystem erkennen und den zuständigen Mitarbeiter automatisch über die Verhaltensänderungen informieren. Dieses Monitoringsystem ermöglicht eine gezielte Tierkontrolle sowie ein präventives Eingreifen durch den Tierhalter. Durch das täglich nutzbare Managementtool kann ein größeres Schwanzbeißgeschehen gemildert oder gänzlich unterbunden werden und somit das Tierwohl und die Tiergesundheit insgesamt gesteigert werden. Eine Integration in Herdenmanagementsysteme ist denkbar.

# Sektion 9: Strategien zur Reduktion von Antibiotikaresistenzen

„Reduktion multi-resistenter, pathogener Bakterien in der Milchgewinnung: Einsatz antimikrobiell wirkender Peptide zur Bekämpfung bakterieller Infektionserreger in Biofilmen sowie Entwicklung eines Schnelltests zum Nachweis von Krankheitserregern (RemuNa)“

”Reduction of multidrug resistant bacteria during milk production: Use of antimicrobial peptides to reduce bacterial pathogens in biofilms and develop a rapid detection system for bacteria (RemuNa)“

**Projektlaufzeit**

01.08.2015 bis 31.03.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. L. H. Wieler

Freie Universität Berlin, Institut für Mikrobiologie und Tierseuchen, Berlin

**Verbundpartner**

ILBC GmbH, Potsdam

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik, Professur für Sensoren, Freiburg

Fraunhofer Gesellschaft e.V. München, Institut für Zelltherapie und Immunologie, Potsdam

RIPAC-LABOR GmbH, Potsdam

bovicare GmbH, Potsdam

## Kurzfassung

### Projektziel

Ein Ansatzpunkt zur Reduktion der Keimlast in Milchviehbetrieben ist die antimikrobielle Intervention an relevanten Oberflächen (z. B. Melkgeschirr, Edelstahloberflächen). Das Projekt zielt auf die Erforschung neuartiger Desinfektionsverfahren mit optimaler Wirkung in Bezug auf die Reduktion multi-resistenter Erreger. Zur Keimlastbestimmung wurden zwei Verfahren entwickelt: ein Penside-Monitoring-Verfahren mittels Biosensor sowie ein MALDI TOF MS (Matrix Assisted Laser Desorption Ionization – Time of Flight Mass Spectrometry) -basiertes Verfahren für die routinemäßige Charakterisierung von Biofilmen im Labor.

Maßnahmen zur Reduktion von Bakterien dürfen die Entwicklung und Ausbreitung von Antibiotika-Resistenzen nicht fördern. Die hier bearbeiteten Alternativen konzentrieren sich auf die Anwendung antimikrobiell wirksamer Peptide (AMPs), die im Gegensatz zu Antibiotika überwiegend ohne Rezeptor-Interaktion mit Zielzellen interagieren und eine wirksame Waffe gegen Mikroorganismen darstellen. Das Projekt zielte auf die Identifizierung und Charakterisierung von AMPs, deren antimikrobielle Wirkung in Lösung und in Kombination mit einem biologischen Desinfektionsmittel und in gekoppelter Form anwendbar ist.

### Realisierung

Die Entwicklung eines Biosensors erfolgte an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg basierend auf der Messung von thermischen Signalen. Komplexe Biofilme wurden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung via MALDI-TOF-MS von der RIPAC-LABOR GmbH analysiert. Eine projektinterne Stammsammlung von acht mastitisrelevanten Bakterienspezies mit Fokus auf multi-resistenten Isolaten wurde erstellt, um die Entwicklung und Testung der Verfahren anhand von Feldisolaten durchführen zu können.

Die mikrobiologische Diagnostik und Bereitstellung der Isolate erfolgte durch die bovicare GmbH und RIPAC-LABOR GmbH. An der FU Berlin wurden die Isolate hinsichtlich ihrer biofilmbildenden Eigenschaften und ihres Resistenzprofils charakterisiert. Die eingesetzten AMPs wurden anhand ihrer Wirksamkeit und Zytotoxizität durch den Verbund ausgewählt und von der ILBC GmbH exprimiert und hinsichtlich ihrer Bioaktivität charakterisiert. Am Fraunhofer IZI-BB wurden Kopplungsstrategien für die AMPs an definierte Oberflächen sowie Protokolle zur Prüfung ihrer Wirksamkeit entwickelt.

### Ergebnisse

Bei der bovicare GmbH wurden im Rahmen des Verbundprojektes ca. 9.000 Milchproben von an klinischer Mastitis erkrankter Kühe untersucht. Die kulturelle Untersuchung erfolgte nach den Guidelines des National Mastitis Council und der Deutschen veterinärmedizinischen Gesellschaft (DVG, 2009; NMC, 2017). Insgesamt 541 Isolate wurden

dem Verbund zur Verfügung gestellt. Zur weiteren Auswahl wurden Resistenztestungen mittels Agar-Diffusionstest durchgeführt.

Sämtliche Mastitis-Isolate wurden durch das RIPAC-LABOR mittels MALDI-TOF MS identifiziert und z.T. näher charakterisiert. Hier etablierte Protokolle ermöglichen die Speziesdifferenzierung aus komplexen Biofilmen auf unterschiedlichen Oberflächen durch MALDI-TOF MS. Die Wirksamkeit verschiedener Ziel-AMP wurde durch MHK Bestimmungen dargestellt und mittels MALDI-TOF MS verifiziert. Durch sog. MALDI Fingerprints konnte zudem die Stabilität der AMPs zweifelsfrei nachgewiesen werden. Die Überprüfung der Wirksamkeit gekoppelter AMPs erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut und konnte auf Grundlage der ermittelten MALDI Massen vor allem für die starken Biofilmbildner gezeigt werden.

Die ILBC GmbH übernahm die Identifizierung von AMP-Kandidaten und deren chemische Synthese und Reinigung (Reinheitsgrad > 95 %) über HPLC sowie die Ermittlung der MHK und konnte diese erfolgreich abschließen. Die Ziel-AMPs (Protamin, Dermcidin) wurden über rekombinante DNA exprimiert, isoliert und mittels HPLC (über Reverse Phase Säulen Chromatographie und/oder Ionenaustauscher oder Molekularsieb Säule) aufgereinigt. Die ermittelten MHK für die hochreinen AMPs wiesen ihre Aktivität nach. Wir konnten unseren biologischen Puffer bei verschiedenen pH-Werten mit geeigneten AMPs für ein biologisch abbaubares Desinfektionsmittel optimieren. Dadurch wird die nötige AMP-Konzentration zur Abtötung von Pathogenen reduziert. Wir haben das Desinfektionsmittel an verschiedenen Gram-positiven und -negativen Bakterien sowie Pilzen erfolgreich getestet.

Am Fraunhofer IZI-BB wurden praktikable antimikrobielle Oberflächenbeschichtungen mit AMPs entwickelt und optimiert. Hierbei wurden Strategien entwickelt welche sich für relevante Oberflächen in der Milcherzeugung einsetzen lassen. Über eine optimierte Kopplungschemie wurden AMPs im biologisch aktiven Zustand kovalent an die Oberfläche gebunden. Verschiedene Ansätze der Immobilisierung erlauben unter Einsatz reduzierter Peptidkonzentrationen die Keimlastreduktion an den Oberflächen.

Basierend auf dem Bead Assay for Biofilms (Konrat et al., 2016) wurde der Silicone Disc Assay zur Quantifizierung von einfachen und komplexen Biofilmen entwickelt. Mit Ausnahme der Streptokokken zeigten alle getesteten Isolate gute bis sehr gute biofilmbildende Eigenschaften. Die antimikrobielle Wirksamkeit der vom Fraunhofer IZI-BB bereitgestellten AMP gekoppelten Oberflächen wurden angelehnt an DIN ISO22196 untersucht. Dabei konnte eine deutliche Reduktion des bakteriellen Wachstums bzw. die vollständige Abtötung erzielt werden.

Am IMTEK konnte ein Messaufbau für die thermische Biofilmmessung unter Flussbedingungen entwickelt werden. Ein Chromheizer generiert ein sinusförmiges Temperatursignal, welches durch den auf einer Sensormembran gewachsenen Biofilm propagiert. An zwei Mastitis-Isolaten wurde neben den Ziel-AMPs auch das vom ILBC GmbH entwickelte Desinfektionsmittel auf die bakterio-statische Wirkung anhand des thermischen

Sensors untersucht. Bei den Versuchen konnten bei verschiedene Konzentrationen von AMPs und biologischen Puffer die antibakterielle Wirkung bestätigt werden.

#### **(Geplante)Verwertung**

Die im Projekt erzielten Ergebnisse wurden auf zahlreichen Fachtagungen von den Verbundpartnern in Form von Postern und Vorträgen präsentiert und werden in Fachzeitschriften publiziert.

Konrat, K., Schwebke, I., Laue, M., Dittmann, C., Levin, K., Andrich, R., Arvand, M., and Schaudinn, C. (2016). The Bead Assay for Biofilms: A Quick, Easy and Robust Method for Testing Disinfectants. PLoS One 11, e0157663.

**„Entwicklung und Implementierung eines evidenzbasierten Therapie- und Beratungskonzeptes zur Antibiotika- und Resistenzminimierung in der Milchviehhaltung (evitar)“**

**“Development and implementation of an evidence-based therapy and consultancy concept to reduce the use of antibiotics and to minimize antibiotic resistance in dairy farming (evitar)“**

**Projektlaufzeit**

15.08.2015 bis 31.10.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. med. vet. habil. Volker Krömker  
Hochschule Hannover, Fakultät II, Abteilung Bioverfahrenstechnik, Arbeitsgruppe Mikrobiologie, Hannover

**Assoziierte Partner**

QUIDEE GmbH, Homberg (Ohm)

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Körperschaft des öffentlichen Rechts, Fachbereich 3.5.5 – Tiergesundheitsdienste (Eutergesundheitsdienst), Oldenburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Bovine Mastitiden zählen in modernen hochleistenden Milchviehherden nicht nur zu den bedeutendsten Abgangsursachen, die Mastitistherapie stellt auch die häufigste Anwendung von Antibiotika in der Milcherzeugung dar. Das im Projekt entwickelte schnelltestgestützte Therapie- und Beratungskonzept dient der gezielten Reduktion von Antibiotika in der Therapie von Mastitiden mit dem Ziel der Minimierung möglicher Resistenzentstehungen.

### Realisierung

Dieses Forschungs- und Entwicklungsvorhaben basierte auf zwei Ebenen: Zum einen wurde ein diagnostisches Schnelltestsystem entwickelt und in Milchviehbetrieben implementiert und etabliert, welches eine schnelle Identifizierung euterpathogener Mikroorganismengruppen ermöglicht und damit die Basis für die Einleitung evidenzbasierter Therapiemaßnahmen darstellt. Zum anderen wurde ein evidenzbasiertes Therapie- und Beratungskonzept entwickelt und implementiert, welches unter Anwendung eines entsprechenden Schnelltestsystems den Antibiotikaeinsatz in der Milcherzeugung und damit die potenzielle Resistenzentstehung minimiert.

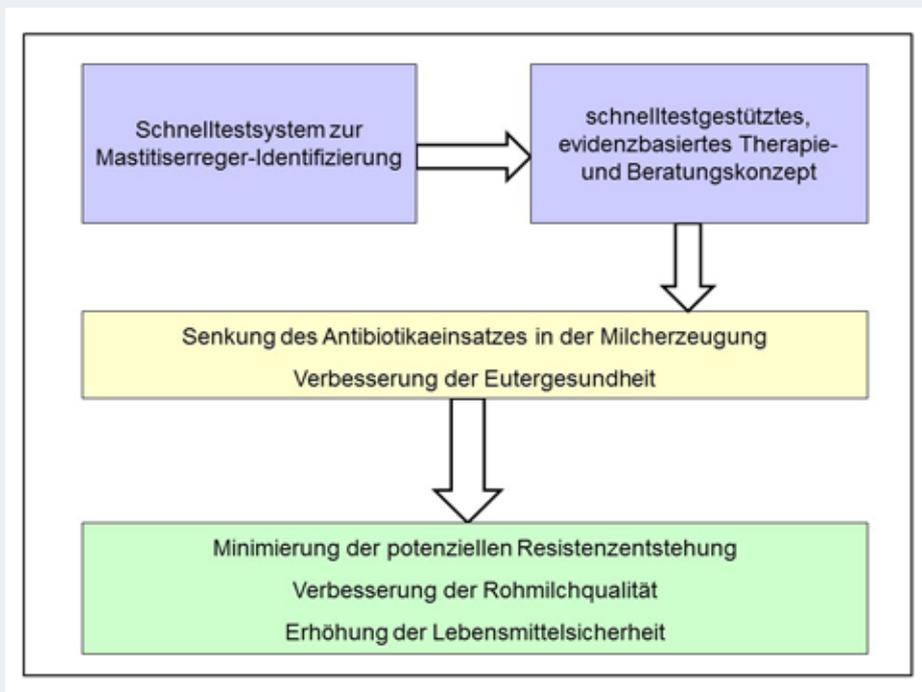


Abbildung 1: Gesamtziele des beantragten Vorhabens.

Das entwickelte Schnelltestsystem dient dazu, dem Tierarzt oder dem Milcherzeuger zu ermöglichen, an Mastitis erkrankte Tiere zeitnah hinsichtlich ihrer Behandlungswürdigkeit einzuordnen, so dass nur jene Kühe antibiotisch behandelt werden, deren Eutergesundheit – nach derzeitigem Wissensstand – voraussichtlich durch die Behandlung verbessert werden kann. Im Studienverlauf wurden die Effekte des neu entwickelten Therapie- und Beratungskonzeptes auf die Eutergesundheit und die Resistenzsituation der Mastitiserreger in den ausgewählten Milchviehbetrieben bestimmt.

### Ergebnisse

An der Hochschule Hannover wurde erfolgreich ein den Anforderungen entsprechendes neues diagnostisches Schnelltestsystem entwickelt, welches aus einer Kombination von zwei Testmedien besteht, die innerhalb von 12 bis 14 h durch einen Farbumschlag von rosa zu farblos das Wachstum von Bakterien allgemein (Testmedium I) bzw. von Gram-positiven Kokken (Testmedium II) anzeigen und somit eine Differenzierung in „Gram-positive Kokken“, „coliforme Erreger“ oder „kein Erregerwachstum“ ermöglichen. Das Testsystem wurde der Hochschule Hannover als Erfindung gemeldet und das Patentierungsverfahren wurde eingeleitet (Ende 2016). Parallel wurde an der Hochschule Hannover ein evidenzbasiertes Therapie- und Beratungskonzept entwickelt, welches den Einsatz eines solchen Schnelltestsystems vorsieht (Abb. 2).

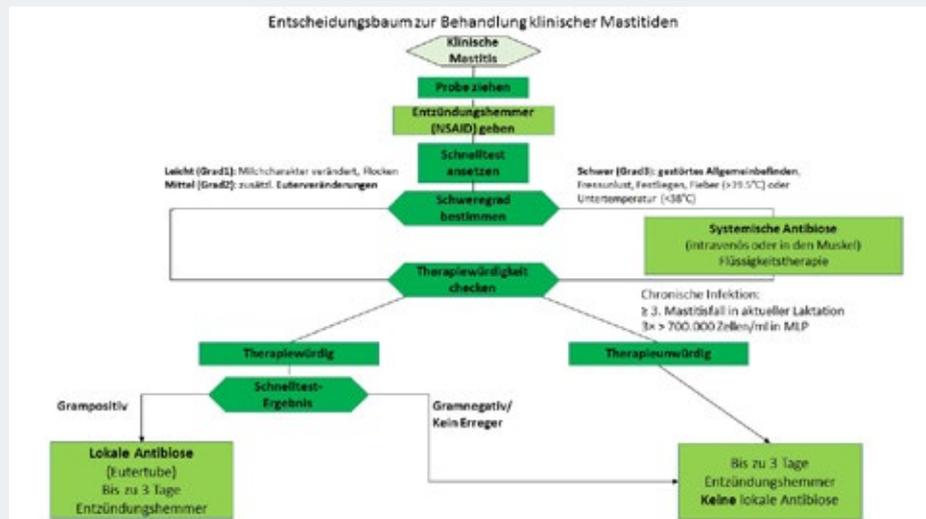


Abbildung 2: Entscheidungsbaum zur Behandlung klinischer Mastitiden.

Zur Implementierung des Schnelltestsystems wurden acht Milchviehbetriebe jeweils nach einer mehrmonatigen Phase zur Erfassung des *Status quo* durch die Analyse der Betriebsdaten, der Erregerspektren, der Heilungsraten und der Resistenzlage in den Herden an die praktische Durchführung und die korrekte Auswertung des Schnelltests herangeführt. Die Implementierung des Therapiekonzeptes wurde ebenfalls parallel zur Schnelltesteinführung eingeleitet. Betriebsdaten wurden weiterhin analysiert und Mastitis- und Kontrollproben mikrobiologisch untersucht, um die Entwicklung der Heilungsraten, des Erregerspektrums und der Resistenzsituation in den Herden beurteilen zu können.

Erste Ergebnisse zeigen, dass sich der Antibiotikaeinsatz durch das Konzept erfolgreich um mindestens 50 % senken lässt, ohne die Eutergesundheit der Herde zu gefährden. Des Weiteren bestehen Hinweise auf eine positive Auswirkung auf die Resistenzsituation der Mastitiserreger in den Herden.

### (Geplante) Verwertung

Mit dem entwickelten Schnelltestsystem steht neben einem evidenzbasierten Therapie- und Beratungskonzept ein Mastitisschnelltestkonzept zur Verfügung, das eine einfache und vor allem schnelle Mastitisiagnostik durch mikrobiologische Laien ermöglicht. Die Firma QUIDEE GmbH hat die Lizenz zur Nutzung der Schutzrechte erworben und mit der Markteinführung des Produktes unter dem Namen „MastDecide“ Anfang des Jahres 2018 begonnen. Anwendergruppen dieses Testsystems sind Milchviehbetriebe und tierärztliche Praxen.

Die praxisrelevanten Erkenntnisse zur Reduzierung des Antibiotikaeinsatzes in der Milchviehhaltung durch die Implementierung eines schnelltestgestützten Therapie- und

Beratungskonzeptes wurden in die Beratungsarbeit des Eutergesundheitsdienstes der Landwirtschaftskammer Niedersachsen integriert und auch darüber hinaus vielen Milcherzeugern und Tierarztpraxen in ganz Deutschland zugänglich gemacht, so dass nicht nur die Landwirtschaftskammer Niedersachsen als Anbieter neuer Serviceleistungen, sondern auch die potenziellen Anwendergruppen ökonomisch profitieren können.

Das Vorhaben trägt insgesamt dazu bei, dass in deutschen Milchviehbeständen das evidenzbasierte, schnelltestgestützte Konzept für die Therapie boviner Mastitiden etabliert werden kann, das die Reduzierung des Antibiotikaeinsatzes in der Milcherzeugung, die Resistenzminimierung und damit die Verbesserung der Nachhaltigkeit der Milcherzeugung erlaubt.

**„Verringerung des Einsatzes von Antibiotika in der Schweinehaltung durch Integration epidemiologischer Informationen aus klinischer, hygienischer, mikrobiologischer und pharmakologischer tierärztlicher Beratung (VASIB)“**

**”Reduction of Antibiotic Consumption in Pork Production by Integrating Epidemiologic Information from Consulting Expertise from Clinic, Hygiene, Microbiology and Pharmacology (VASIB)“**

**Projektlaufzeit**

01.10.2015 bis 31.12.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Lothar Kreienbrock

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung, Hannover

**Verbundpartner**

Freie Universität Berlin, Institut für Mikrobiologie und Tierseuchen, Berlin

Vet-Team Reken, Tierärztliche Gemeinschaftspraxis, Reken

Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Nutztiergenetik, Neustadt-Mariensee

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des interdisziplinären Projektes ist eine Optimierung der tierärztlichen Beratung einerseits und eine nachvollziehbare Darstellung des Vorteils von Managemententscheidungen durch den Landwirt andererseits. Dabei soll in ausgewählten Betrieben der Ferkelaufzucht, die wiederholt Probleme mit Atemwegserkrankungen haben, überprüft werden, ob durch gezielte diagnostische Maßnahmen, Optimierung der Behandlungsstrategie sowie durch umfassende, Managementberatung die allgemeine Tiergesundheit verbessert werden kann und eine Minimierung des Antibiotikaeinsatzes erreicht und dadurch ein Beitrag zur Verringerung der allgemeinen Resistenzentwicklung in der Nutztierhaltung geleistet werden kann. Das Projekt bearbeitet dazu den Aufbau und die Validierung einer in tierärztlichen Praxen einsetzbaren Software, die eine Synergie von epidemiologischen Daten aus tierärztlicher Präventionsmedizin und landwirtschaftlichen Betriebsdaten zum Ziel hat. Die hieraus resultierende Datenbank soll gleichermaßen allgemein-wissenschaftliche wie auch evidenzbasierte Entscheidungshilfen für tierärztliche Maßnahmen liefern, indem aus den Informationen der Datenbank die Betriebe kontinuierlich beraten werden können. Darüber hinaus soll die Resistenzentwicklung

bakterieller Atemwegsinfektionserreger in Abhängigkeit vom Antibiotikaeinsatz in den Betrieben longitudinal verfolgt werden.

### **Realisierung**

Realisiert wird das Ziel durch die Bearbeitung von fünf Arbeitspaketen.

Arbeitspaket 1 beinhaltet die klinische und bestandsmedizinische Untersuchung, Probenentnahmen und mikrobiologische und pharmakologische Beratung von 30 ausgewählten Betrieben über einen Zeitraum von einem Jahr. Zum Zeitpunkt Null findet eine Eingangsuntersuchung des Betriebs und ein Jahr später ein Abschlussbesuch statt. Treten in der Zwischenzeit Atemwegserkrankungen bei den Aufzuchtferkeln auf, finden bei jedem Krankheitsereignis zwei weitere Besuche jeweils zu Beginn des Antibiotikaeinsatzes und am letzten Behandlungstag statt. Die Bestandsbesuche beinhalten die klinische Bestandsuntersuchung inkl. Dokumentation des aktuellen Gesundheitsstatus, die Aufnahme der aktuellen Produktionsdaten, des Hygienemanagements und des Behandlungsindex sowie die Erhebung von Risikofaktoren speziell für das Auftreten von Atemwegserkrankungen. Außerdem werden Blutproben und Lungenspülproben (bronchio-alveoläre Lavage, BAL) zur mikrobiologischen und pharmakologischen Untersuchung von krankheitsverdächtigen Tieren gewonnen. Zusätzlich werden Futter-, Wasser-, und Staubproben gewonnen, um Antibiotikakonzentrationen und -verschleppungen zu ermitteln.

Das Arbeitspaket 2 beinhaltet mikrobiologische und serologische Laboruntersuchungen sowie die Bestimmung der Resistenzprofile bei den isolierten Erregern. Die bei den Bestandsbesuchen gewonnenen Blutproben werden per PCR auf PRRSV und PCV2 untersucht. Die BAL-Proben werden kulturell auf *A. pleuropneumoniae*, *H. parasuis*, *P. multocida*, *B. bronchiseptica*, und Streptokokken untersucht. Zudem werden die BAL-Proben mittels PCR auf PRRSV, PCV2, SIV, *A. pleuropneumoniae*, *H. parasuis*, *P. multocida*, *B. bronchiseptica*, *M. hyopneumoniae* und *M. hyorhinis* untersucht. Bei einem Nachweis pathogener Erreger werden die Isolate auf ihre Empfindlichkeit gegenüber bestimmter Antibiotika getestet.

Das Arbeitspaket 3 beinhaltet die Erfassung der Hygienesituation vor Ort, welche die Grundlage für ein im Vorhaben zu entwickelndes Bewertungsschema darstellt. Bewertet werden insbesondere die Maßnahmen zur Bestandsabschirmung, Maßnahmen der externen und internen Absicherung im Rahmen der Infektionsprophylaxe, Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen, das Vorgehen bei der Tierkörperbeseitigung, Maßnahmen zur Futtermittel- und Fütterungshygiene einschl. der Tränkwasserhygiene, die Entfernung von Exkrementen sowie die Maßnahmen zur Sicherung eines gesunden Stallklimas bzw. einer guten Stallluftqualität.

Im Arbeitspaket 4 werden sämtliche tierärztlichen wie betrieblichen Informationen in einer Datenbank zusammengeführt. Während des Vorhabens werden zudem verschiedene Berichtsmodule entwickelt sowie eine Exportfunktion zur Verfügung gestellt, so dass

die gewonnenen Daten auch zur wissenschaftlichen Auswertung weiter genutzt werden können.

Das Arbeitspaket 5 beinhaltet die umfassende Analyse und epidemiologische Bewertung der gewonnenen Informationen.

### **Ergebnisse**

Die Arbeitspakete 3 und 4 sowie große Teile der Arbeitspakete 1 und 2 sind abgeschlossen. Gemäß dem Arbeitspaket 5 werden die Daten für die umfassende Analyse und epidemiologische Bewertung vorbereitet und anschließend ausgewertet.

Insgesamt wurden über 1.200 Ziel- und Einflussvariablen erfasst. Die möglichen Einflussvariablen wurden auf Variabilität und Assoziation untereinander und anschließend auf ihren Einfluss auf die verschiedenen Zielvariablen geprüft. Bei ca. 300 Variablen zeigt sich eine ausreichende Variation sowie eine geringe Redundanz zu den übrigen Variablen, so dass diese für eine Modellierung geeignet erscheinen. Diese Reduktion für eine Modellierung lässt sich insbesondere im Bereich der Hygiene, der Fütterung sowie beim Einsatz von Antibiotika vornehmen. Zudem ergeben sich erhebliche Confounding-Effekte auf die Symptomvariablen. So zeigen sich etwa beim Auftreten von Hustensymptomen keine direkten statistisch signifikanten Effekte von klassischen Hygienefaktoren, wie getrennt vorgehaltene Overalls pro Stalleinheit ( $p = 0,6115$ ), wohl aber bei Variablen aus dem Bereich Management wie dem Vorhalten von separaten Geräten pro Stall ( $p = 0,0110$ ). Bei der Betrachtung der Gesundheitssituation auf den Betrieben anhand eines klinischen Scores lässt sich feststellen, dass die untersuchten Aufzuchtferkel überwiegend an geringgradigen Atemwegserkrankungen leiden.

Im weiteren Projektverlauf werden die Variablen auf ihren Einfluss auf die unterschiedlichen Symptomvariablen im multivariablen und multivariaten Modell überprüft.

### **(Geplante) Verwertung**

Die entwickelten Leitfäden, Untersuchungsprotokolle, Risikoanalysen und Algorithmen werden in ein neues Softwarekonzept für Tierärzte und Landwirte integriert. In dieser neuen Anwendung werden neben den Funktionen zur Praxisverwaltung erstmals auch die weitreichenden Bedürfnisse einer Nutztierpraxis berücksichtigt, die eine integrierte tierärztliche Bestandsbetreuung umsetzt.

Die Software wird in einzelnen Modulen aufgelegt, die sich an den spezialisierten Nutztierpraktiker richtet: Eine dem Umfang nach einfache Anwendung zur Praxisverwaltung (VetTool) wird durch tierartspezifische Module (PigTool, CattleTool und Poultry-Tool) ergänzt werden. Diese stellen ein neues Werkzeug in der tierärztlichen Spezialberatung dar. Die Ergebnisse aus VASIB fließen dabei in Anwendungen des tierärztlichen Beratungsmoduls PigTool ein.

**„Entwicklung stufenübergreifender Reduktionsmaßnahmen für antibiotikaresistente Erreger beim Mastgeflügel (EsRAM)“**

**“Development of measures for reduction of antibiotic resistant bacteria along the entire poultry production chain (EsRAM)“**

**Projektlaufzeit**

15.11.2015 bis 30.06.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Uwe Rösler

Freie Universität Berlin, Institut für Tier- und Umwelthygiene, Berlin

**Verbundpartner**

Boehringer Ingelheim Veterinary Research GmbH & Co. KG, Hannover

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Berlin

EW Nutrition GmbH, Visbek

Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Jena

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Hygiene und Infektionskrankheiten der Tiere, Gießen

Universität Leipzig, Klinik für Vögel und Reptilien, Leipzig

Leibniz-Institut für Agrartechnik, Potsdam

Zentralverband der Deutschen Geflügelwirtschaft e.V. (ZDG), Berlin

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Verbundprojekt „EsRAM“ beschäftigt sich auf allen Stufen der Geflügelfleischkette mit der Entwicklung von Produkten, Verfahren und Maßnahmen zur Reduktion des Transfers und der Entstehung von antibiotikaresistenten Erregern, insbesondere ESBL-bildenden Enterobacteriaceae. Übergeordnetes Ziel ist dabei die Erzeugung von Geflügelfleisch mit einer reduzierten Belastung durch antibiotikaresistente Erreger, insbesondere ESBL.

## Realisierung

Spezifische, einzeln zu entwickelnde Produkte bzw. Verfahren sind:

AP1: Entwicklung von neuen und verbesserten Verfahren und Technologien zur Bruteidesinfektion ( $H_2O_2$ , mikroverkapselte Peressigsäure, niedrigenergetischer Elektronen Flow) sowie zur Bruteihygiene bzw. des Brütereihygienemanagements (neues Dekontaminationsverfahren für das Umlegen der Eier sowie für die Schlupfbrut) zur Reduktion des Eintrags bzw. des vertikalen Transfers von ESBL.

AP2: Entwicklung von Verfahren zur Dekontamination von Fäkalien aus der Geflügelhaltung im Hinblick auf antibiotikaresistente Erreger (insbesondere ESBL).

AP3: Entwicklung und Optimierung von Haltungssystemen, Haltungparametern und Fütterungsregimen und deren Kombinationen zur Senkung der ESBL-Prävalenz beim Masthähnchen. Definition kritischer Kontrollstellen für die Reinigung und Desinfektion in Hähnchenmastbetrieben.

AP4: Entwicklung einer definierten, wirksamen und damit zulassungsfähigen Competitive Exclusion-Kultur zur signifikanten Reduktion von ESBL beim Masthähnchen (Elterntiere und Schlupfküken).

AP5: Entwicklung von Konzepten auf der Basis von Präbiotika (präbiotischer Kohlenhydrate), Probiotika und phytogenen Zusatzstoffen zur Reduktion der Kolonisierung mit Enterobacteriaceae (insbesondere ESBL) im Darm und zur Förderung der Darmgesundheit („Darmstabilität“).

AP6: Optimierung bestehender und Entwicklung neuer Verfahren und Technologien für die Schlachtung und Verarbeitung von Mastgeflügel sowie Optimierung des Schlachtungs- und Verarbeitungsmanagements zur Reduktion des vertikalen und horizontalen Transfers von ESBL.

AP7: Entwicklung eines elektronischen, datenbasierten Bewertungstools für Verfahren und Maßnahmen zur synergistischen Produktionsstufen-übergreifenden Reduktion antibiotikaresistenter Erreger in der gesamten Geflügelfleischkette.

## Ergebnisse

In AP1 ist es gelungen, im Vergleich zur bisher gängigen, sehr effektiven Bruteidesinfektion mit Formaldehyd mehrere neue chemische und physikalische Bruteidesinfektionsverfahren hinsichtlich ihrer Effizienz zur Verhinderung einer vertikalen Übertragung von ESBL zu validieren und so zu optimieren, dass sie gleichermaßen effizient sind wie die Formaldehyd-Desinfektion und einen Übertrag von ESBL über das kontaminierte Brutei effektiv verhindern.

In AP2 erfolgte bei der Kompostierung in Bioreaktoren bei 40°C die Reduzierung der *E. coli* Stämme unterhalb der Nachweisgrenze bei Varianten mit einem Kohlenstoff/Stickstoff (C/N) -Verhältnis von 10:1 innerhalb von 2 Tagen und damit schneller als bei Varianten mit C/N-Verhältnissen von 20:1 bzw. 40:1. Die Teststämme wurden in Varianten mit 80 % Trockensubstanzgehalt (TS) ebenfalls durchschnittlich schneller als feuchtere Varianten inaktiviert (40 bzw. 60 % TS), trotz geringerer erreichter Maximaltemperaturen in den Reaktoren.

In AP3 konnten zunächst die kritischen Kontrollpunkte bei der Reinigung und Desinfektion von Geflügelmastställen identifiziert werden. Dies sind die Übergänge von Bodenplatte zur Wand sowie Risse in der Bodenplatte. Zudem wurde die minimale erforderliche Kolonisierungsdosis von ESBL bei Masthähnchenküken ermittelt. Die Untersuchungen einzelner Managementfaktoren zeigte bisher, dass eine deutlich reduzierte Besatzdichte von 25 kg/m<sup>2</sup>, eine deutlich langsam wachsende Rasse/Genetik sowie eine deutlich erhöhte Einstreumenge keine signifikante Reduktion der Kolonisierung und Ausscheidung von ESBL in der Mastperiode bewirken. Die Ansäuerung von Tränkwasser hingegen scheint die Kolonisierung mit ESBL zu fördern (alles jeweils ohne Einfluss von Antibiotika-Gaben). Weite Maßnahmen werden derzeit untersucht.

In AP4 wurden insgesamt 7.000 *Lactobacillus*-Isolate aus dem Darm von Lege- und Masthühnern auf ESBL *E. coli* Inhibition untersucht. Insgesamt 72 Isolate zeigten erfolgversprechende Inhibition von ESBL *E. coli*. *Ex-vivo* Versuche mit phytogenen Entwicklungsprodukten und Darminhalten zeigten zwei Produkte, die besonders inhibitorisch auf das gesamte bakterielle Wachstum wirkten. Von den 72 Isolaten wurden durch *ex vivo*- und *in vitro* Versuche zwei *Lactobacillus*-Isolate gefunden, die sowohl relativ unempfindlich gegenüber den phytogenen Entwicklungsprodukten waren, als auch außergewöhnlich hohe Inhibition gegenüber ESBL *E. coli* zeigten. Zurzeit werden die Isolate bezüglich technischer Gewinnung von Zellmasse (Wachstumsbedingungen, Substratbedarf) geprüft, um sie in Fütterungsversuche einzusetzen.

Alle untersuchten CE-Kulturen in AP5 reduzierten die Besiedelung mit ESBL-bildenden *E. coli* signifikant. Das vergleichsweise eingesetzte kommerzielle Produkt hemmte die Kolonisation der Infektionsstämmen um mehrere log-Stufen. Die Wirkung des entwickelten eigenen Produktes war vergleichbar mit der des kommerziellen Produktes in einer niedrigen Dosierung. Die bisherigen Ergebnisse lassen vermuten, dass die Effektivität durch eine komplexere Zusammensetzung der entwickelten CE-Kultur nochmals verbessert werden kann.

In AP6 wurden die Effekte verschiedener Nüchternungszeiten, des Vorfangens schwerer Tiere, von CIP-Anlagen während des Schlachtprozesses, von weiterentwickelten Brühverfahren sowie von alternativen Marinier- und Verpackungsverfahren validiert. Einige dieser Verfahren erwiesen sich als geeignet die Kontamination der Schlachtkörper mit ESBL und mit anderen Erregern insgesamt zu reduzieren. Die diesbezügliche statistische Auswertung erfolgt derzeit.

Insgesamt wurden in AP7 für den Bereich Hähnchenmast 243 Interventionsmaßnahmen zusammengefasst, davon betreffen 141 (58 %) die Reduzierung von ESBLs, 6 (2,5 %) die Reduzierung des Einsatzes von Antibiotika und 96 (39,5 %) die Verbesserung des Tierwohls. Diese Literatur-Daten werden nun analysiert, um ein Scoring-System für das Bewertungstool zu erstellen. Für den Bereich Masthähnchenschlachtung konnten keine Veröffentlichungen gefunden werden, die sich explizit mit Möglichkeiten der Reduktion von ESBL-bildenden Keimen im Geflügelschlachthof beschäftigen. Daher wurde basierend auf Literaturdaten eine Sammlung von untersuchten Interventionsmaßnahmen erstellt, die quantitative Daten liefern zu möglichen Reduzierungen von *E. coli*, coliformen Keimen bzw. Enterobakterien. Die gesammelten Literaturdaten sind Grundlage für die Weiterentwicklung des oben genannten mathematischen Modells zur Reduzierung von ESBL-*E. coli* in der Primärproduktion und während der Schlachtung.

Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete des EsRAM-Forschungsverbundes werden überblicksweise im Vortrag vorgestellt werden.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die zu entwickelnden Produkte und Interventionsmaßnahmen sollen für den Zentralverband der Deutschen Geflügelwirtschaft (ZDG e. V.) und seine Mitgliedsunternehmen hinsichtlich antibiotikaresistenten Keimen zu qualitativ höherwertigen tierischen Lebensmitteln führen, die die Verbrauchersicherheit und das Verbrauchervertrauen in deutsche Geflügelfleischprodukte steigern helfen. Zudem sollen die spezifischen zu entwickelnden Produkte und Interventionsmaßnahmen zu patentrechtlich und/oder markenrechtlich verwertbaren Produkten führen.

**„Kombinierte Maßnahmen in Haltung und Fütterung zur Reduktion der Ausbreitung von Erregern, einer Entwicklung von Resistenzen und eines Transfers AB-resistenter Bakterien in der Broiler- und Putenmast (OPTILITT)“**

**“Combined measures in animal housing and feeding to reduce the spread of pathogens, the development of resistance and transfer of antibiotic resistant bacteria in broiler and turkey production (OPTILITT)“**

**Projektlaufzeit**

01.08.2015 bis 31.01.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Josef Kamphues

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Tierernährung, Hannover

**Verbundpartner**

Big Dutchman International GmbH, Vechta

## Kurzfassung

### Projektziel

Durch verschiedene Maßnahmen in der Haltung, Fütterung und Tränkwasserversorgung sollen über eine geringere Exposition (betrifft Erreger und Wirkstoffe) insgesamt die Entstehung und Ausbreitung von Resistenzen in den Masttieren und der Tierumgebung minimiert werden.

### Realisierung

In insgesamt zwölf Modellversuchen (Phase 1 – OPTILITT) mit jeweils 240 Broilern (sechs Durchgänge) und weiblichen Puten (ebenfalls sechs Durchgänge) wurden verschiedene Haltungsbedingungen mit unterschiedlich intensivem Kontakt der Tiere zu den Exkrementen bzw. der Einstreu hinsichtlich möglicher Effekte auf eine Resistenzentstehung getestet (*E. coli* gegenüber Enrofloxacin). Als Kontrolle diente jeweils eine praxisübliche Bodenhaltung mit Einstreu. In den Versuchsgruppen wurde grundsätzlich entweder (1) diese Form der Haltung ergänzt durch eine Bodenheizung, (2) auf 50 % der Fläche eine Perforation (Rostenboden) installiert oder (3) ausschließlich perforierte Fläche, ergänzt durch ein Sandbad, angeboten.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde die potentielle Entwicklung bzw. die Ausbreitung sich entwickelnder Resistenzen gegenüber Enrofloxacin (ENR) über 35 Masttage quantifiziert. Dabei gab es sowohl Versuche ohne Verabreichung einer antimikrobiellen Substanz, mit einer einmaligen Verabreichung (Baytril 10 %; 10 mg ENR/kg KG) für 5

Tage (Tage 10-14) oder mit zweimaliger Verabreichung (zusätzlich an den Tagen 26-30). In einem weiteren Ansatz wurde den oben genannten Zeiten (Tage 10-14 und 26-30) eine Simulation der Tränkwasserverluste in die Einstreu vorgenommen (täglich 240 ml pro Box mit einer ENR-Konzentration von 50 mg/L). Schließlich wurde untersucht, wie sich ein Umsetzen der Tiere in eine saubere Box nach Ende der antibiotischen Behandlung auf den Verlauf der Resistenzentwicklung und -ausbreitung verhielt. Für diesen Zweck wurden die Tiere zu Beginn von Tag 15 in eine saubere Umgebung verbracht. Für die Beschreibung der Resistenzsituation wurden *E. coli*-Isolate aus Kloakenabstrichen und Einstreuproben isoliert. Die Probenentnahme wurde vor der Behandlung, nach der Behandlung und am Ende der Versuche am Tag 35 durchgeführt. Die Resistenz gegenüber ENR wurde mittels Bouillon-Mikrodilutionstechnik bestimmt.

Auf dem Lehr- und Forschungsgut Ruthe der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (LFG-Ruthe) wurden in einem weiteren Versuchsansatz zwei vergleichende Broilermastversuche durchgeführt (Phase 2 – OPTILITT). Eine ehemalige Halle zur Mast von Enten wurde für die Haltung von Broilern umgerüstet. Ein Teil der festen Fläche (ca. 25 %) wurde dazu mit erhöhten Rostenebenen ausgestattet, die nicht zur nutzbaren Stallfläche gerechnet wurden. Als Vergleich diente der vorhandene Stall zur Haltung von Masthühnern mit vergleichbarer Besatzdichte. Die Resistenzentwicklung unter diesen Haltungsbedingungen wurde näher verfolgt (*E. coli* gegenüber Enrofloxacin, Ampicillin, Tetracyclin und Trimethoprim/Sulfonamid), die Fußballengesundheit gescored (90 Tieren pro Gruppe mehrmals; Score nach Mayne: 0 = unverändert; 7 = starke Nekrosen) und die Einstreu-/Exkrementequalität und -verteilung beurteilt.

### Ergebnisse

Aus den bisherigen Veröffentlichungen zur Phase 1 geht hervor [1, 2], dass eine einmalige Behandlung mit ENR den Anteil der Proben mit empfindlichen *E. coli*-Isolaten in allen Bodenbelagskonstruktionen reduzierte. Eine Simulation von Tränkwasserverlusten führte nur zu sehr geringen Veränderungen, d.h. nur ganz vereinzelt konnte in *E. coli*-Isolaten aus Kloakentupfern und Einstreu überhaupt eine Resistenz gegenüber ENR infolge der „Wasserverluste“ nachgewiesen werden. Der isolierte Eintrag des Wirkstoffes ENR in die Einstreu ist demnach im Hinblick auf die Resistenzentwicklung nicht vergleichbar mit dem Effekt einer antibiotischen Behandlung direkt über das Wasser. Eine Umstallung von Tieren in einen sauberen Bereich nach erfolgter antibiotischer Behandlung führte insgesamt zu einer deutlicheren Reduktion des Anteil zuvor auffälliger Isolate (intermediäre Resistenzsituation[1]).

Die Versuche zur Phase 2 auf dem LFG-Ruthe mit Broilern sind abgeschlossen. Ein Teil der eingestellten Tiere trug bereits am Tag 2 Resistenzen gegen alle (Durchgang 1) bzw. drei der vier untersuchten Antibiotika (Durchgang 2). Das Angebot eines Rostenbodens auf erhöhter Ebene (ca. 13 cm) zeigte keinerlei Vorteile im Hinblick auf eine Reduktion der Resistenzausbreitung im Verlauf der Mastperiode. Die Rostenebenen waren attraktiv für die Tiere, die Masthühner hielten sich dort häufig auf. Aufgrund der nur begrenzten

Fläche der erhöhten Ebenen war hier die Tieranzahl pro Flächeneinheit sehr hoch, was den Austausch von resistenten Keimen unterstützt befördert haben dürfte.

Die Fußballengesundheit war deutlich günstiger unter Verwendung der neuen Bodengestaltung auf ca. 25 % der Stallfläche. Am Tag 32 waren die Fußballen in der Kontrollgruppe häufiger verändert, wenngleich die Fußballengesundheit insgesamt auch hier sehr gut war (Kontrolle: 2,53; Versuch: 1,39). Der positive Effekt auf die Fußballengesundheit war vermutlich in erster Linie auf die bessere Einstreuqualität zurückzuführen (Einstreufeuchte am Mastende: Kontrollstall 39,4 %; Versuchsstall 22,9 %). Im Versuchsstall konzentrierte sich die Exkrementenmasse deutlich unter dem Rostenbereich (ca. Faktor 2,5 an Menge Einstreu-TS/qm im Vergleich zum eingestreuten Bereich).

#### **(Geplante) Verwertung**

Neben der ursprünglichen Zielsetzung, die Tiere nur in den Bereichen, in denen sie Futter und Wasser aufnehmen, von ihren Exkrementen zu trennen, ist im weiteren Verlauf des Projektes ebenfalls ins Auge gefasst, anstelle von Rosten unter den Futter- und Tränkebahnen nur „Laufstege“, d. h. erhöhte Ebenen mit Rosten als Enrichment zu nutzen. Unter diesen Ebenen – so die Hypothese – wird dann am Ende der Mastperiode ein erheblicher Anteil der Exkrementmassen zu finden sein. Die Einstreuqualität in den Bereichen, in denen die Tiere dann ohne mit einem Rostenboden in Kontakt treten zu müssen, Wasser und Futter aufnehmen können, dürfte dadurch deutlich besser werden.

1. Chuppava B, Keller B, Meißner J, Kietzmann M, Visscher C: Effects of different types of flooring design on the development of antimicrobial resistance in commensal *Escherichia coli* in fattening turkeys. *Veterinary microbiology* 2018, 217:18-24.
2. Chuppava B, Visscher C, Kamphues J: Effect of Different Flooring Designs on the Performance and Foot Pad Health in Broilers and Turkeys. *Animals* 2018, 8(5):70.

# Sektion 10: Herkunftsnachweis von Lebensmitteln II

„Non-Targeted Metabolom-Analyse mittels hochauflösender Massenspektrometrie zur Bestimmung der Authentizität von Lebensmitteln (FOODOMICS)“

“Non-targeted metabolomics approach for authenticity analysis by means of high resolution mass spectrometry (FOODOMICS)“

**Projektlaufzeit**

01.01.2016 bis 31.12.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Jürgen Kuballa  
GALAB Laboratories GmbH

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung von analytischen und chemometrischen Methoden zum sicheren Nachweis der geographischen Herkunft von Lebensmitteln.

### Realisierung

Dazu werden non-targeted Metabolom-Analysen ausgewählter pflanzlicher und tierischer Produkte mittels hochauflösender time-of-flight Massenspektrometrie (LC-QTOF-MS) durchgeführt und mit chemometrischen Methoden ausgewertet (multivariate Statistik). Die so erhaltenen charakteristischen Marker werden in einem weiteren Arbeitspaket identifiziert und in eine Datenbank eingespeist. Die entwickelten statistischen Modelle werden abschließend mit authentischen Proben aus verschiedenen Regionen Deutschlands sowie mit Blindproben validiert.

### **Ergebnisse**

In einer ersten Studie wurden deutschlandweit Äpfel und Kartoffeln aus ökologischen und konventionellem Anbau analysiert. Es gelang mittels PCA die Sorte, die Herkunft und die Anbauart zu unterscheiden. Es konnten charakteristische Marker identifiziert werden. In einer weiteren Studie wurden Kokosblütenzuckerproben aus den ostasiatischen Raum charakterisiert. Hier konnten mittels PCA und Markeranalyse Verfälschungen mit Rohrzucker nachgewiesen werden.

### **(Geplante) Verwertung**

Es ist geplant, die Metabolomanalyse zu einem neuen tragfähigen Geschäftsfeld des Unternehmens aufzubauen.

**„Entwicklung eines praxistauglichen Verfahrens zum Nachweis der geographischen Herkunft und Authentizität von marktrelevanten Gewürzen mittels 1H-NMR-Analytik (HAGen)“**

**“Development of a Practical Procedure Suitable to Determine the Geographical Origin and Authenticity of Spices with relevant Market by means of 1H-NMR-Analytic (HAGen)“**

**Projektlaufzeit**

01.04.2016 bis 30.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Stefan Kollenda, Dr. Wolfram Wendler  
arotop food & environment GmbH, Mainz

**Verbundpartner**

Bruker BioSpin GmbH, Rheinstetten

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Wertschätzung und letztlich der Preis eines Lebensmittels, insbesondere bei Gewürzen und Kräutern, sind in der Regel untrennbar mit seiner Herkunft verbunden. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass bestimmte Qualitätsmerkmale, wie Geschmack oder Aussehen, des Gewürzes direkt mit seiner Herkunft verknüpft sind. Eine Verschärfung der weltweiten Versorgungssituation hat in jüngerer Vergangenheit zu stark gestiegenen Rohstoffpreisen geführt, wodurch Produktfälschungen im Gewürzhandel immer häufiger zum Problem werden. Derzeit leidet eine ganze Wertschöpfungskette darunter, dass die Herkunft eines Gewürzes nicht überprüfbar ist. Daher ist es das Ziel dieses FuE-Projektes ein praxistaugliches und reproduzierbares Verfahren zum Nachweis der geographischen Herkunft und Authentizität von marktrelevanten Gewürzen zu entwickeln. Dieses Ziel soll unter Verwendung der Protonen-Kernresonanzspektroskopie (1H-NMR) ermöglicht werden. Damit wird es zum ersten Mal möglich sein, die geographische Herkunft von Gewürzen und deren Qualität mit einem schnellen, kosteneffizienten und hoch-reproduzierbarem Verfahren zu überprüfen und Gewürzfälschungen eindeutig nachzuweisen und somit zur Schaffung eines transparenteren Gewürzmarktes beizutragen.

Die Bruker BioSpin GmbH entwickelt in diesem Projekt erstmalig ein Verfahren auf Basis der 1H-NMR-Analytik, mit dem sich die geographische Herkunft und die Authentizität von Gewürzen eindeutig und mit hoher Reproduzierbarkeit nachweisen lassen. Die arotop food & environment GmbH wird eine geeignete und reproduzierbare Probenpräparations-Methodik für unterschiedliche Gewürze entwickeln und die notwendige

Referenzprobenbasis aufbauen. Entwicklungsrisiken sind vor allem darin zu sehen, dass erstmals Feststoffe und keine Flüssigkeiten (z.B. Wein) analysiert werden sollen. Es muss untersucht werden, wie zu extrahieren ist und welches die relevanten Stoffbestandteile sind, die einen eindeutigen Fingerprint ergeben.

### **Realisierung**

Im Rahmen der Umsetzung sind die Reisen um geografisch sichere Muster zu erhalten neben der Erstellung einer möglichst einfachen Extraktion, die der H-NMR-Messung voran geht, zentrale Aufgaben.

### **Ergebnisse**

Bei den Extraktionen lassen sich mit einer wässrigen und einer methanolischen Variante relativ gute, reproduzierbare Ergebnisse erstellen. Bei der lipophilen Mischung ( $\text{CDCl}_3$ /Cyclohexan) sind das richtige Mischungsverhältnis und der eventuelle Verdunstungsverlust zu berücksichtigen.

Erste Auswertungen beim Pfeffer zeigen schon mit den bisher gemessenen Mustern signifikante Unterschiede (siehe Abbildung 1), die allerdings noch zu verifizieren sind. Hier wurde auch nur der methanolische Extrakt, der von der Handhabung bisher am einfachsten und kostengünstigsten zur Probenaufbereitung zu sein scheint, zur chemometrischen Betrachtung herangezogen.

Bei der methanolischen Extraktion werden sowohl Hydrophile als auch Lipophile teilweise gelöst. Es besteht die Hoffnung, dass diese Extraktion mit nur kleinen Abweichungen für die meisten Kräuter und Gewürze geeignet ist. Allerdings müssen wir bis zur endgültigen Klärung des Sachverhaltes weiterhin alle drei Extraktionen durchführen.

Bei den Paprikapulvern wurde ein Kooperationsvertrag mit dem NAIIV in Ungarn getroffen, die mit den Proben ausführliche Produkt- und Analysedaten liefern und ein Interesse haben „Ungarischen Paprika“ ausloben zu können.

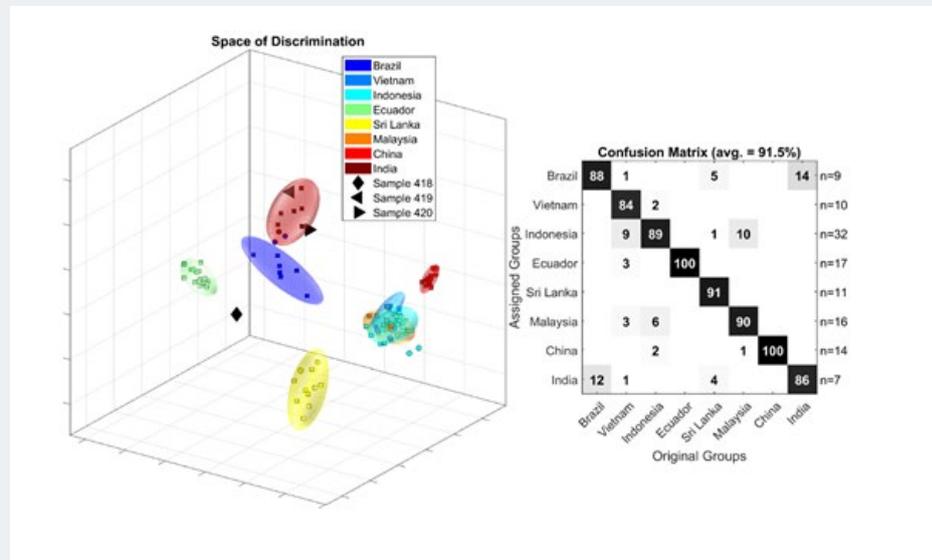


Abbildung 1: Gemessene Muster beim Pfeffer.

### (Geplante) Verwertung

Im Wesentlichen wird die Methode zum Nachweis der Identität herangezogen werden. Hier liegt ein elementares Interesse von Händlern und Verwendern vor die Authentizität zu gewährleisten. Die geographische Herkunft spielt zurzeit nur bei einigen Produkten eine entscheidende Rolle, wie zum Beispiel bei Ungarischem Paprika und Pfeffer aus Indien. Es zeigen sich jedoch erste Indizien, dass auch hier die Herkunft für die Verbraucher wichtiger wird.

**„Entwicklung und Validierung innovativer Methoden zur Rückverfolgbarkeit und Authentifizierung von tierischen Proteinen in Lebens- und Futtermitteln (Animal-ID)“**

**”Development and validation of innovative methods for tracing and authentication of animal proteins in food and feed (Animal-ID)“**

**Projektlaufzeit**

15.04.2016 bis 14.04.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Dr. Alfonso Lampen

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Abteilung Lebensmittelsicherheit, Berlin

**Verbundpartner**

Institut für Produktqualität GmbH (ifp), Berlin

Naturwissenschaftliches und Medizinisches Institut an der Universität Tübingen (NMI), Reutlingen

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Projekt verfolgt das übergreifende Ziel, verbesserte analytische Methoden für einen sicheren Nachweis tierischer Bestandteile auf Proteinebene bereitzustellen, wobei die Verfahren horizontal sowohl in Lebens- als auch Futtermitteln einsetzbar sein sollen. Die Methoden sind sowohl für die verarbeitende Industrie als auch für die amtliche Kontrolle von hoher Relevanz. Im Lebensmittelbereich sollen einfach einzusetzende, sensitive und effiziente Schnelltests entwickelt werden, welche eine Vor-Ort-Kontrolle, z. B. seitens von Zollbehörden oder in der Eingangskontrolle von Produktionsbetrieben, ermöglichen. Die derzeitigen analytischen Lücken in der Futtermittelanalytik sollen über innovative qualitative und quantitative massenspektrometrische Ansätze in Kombination mit immunologischen und molekularbiologischen Anreicherungsverfahren geschlossen werden. Da die verfügbaren Methoden die gesetzlichen Anforderungen nicht oder nur teilweise erfüllen, sind neue Verfahren erforderlich, um eine lückenlose und schnelle Warenkontrolle an allen kritischen Stellen – vom Acker bis zum Teller – zu ermöglichen.

### Realisierung

Der Arbeitsplan umfasst drei Schwerpunkte: i) Im Lebensmittelbereich sollen einfach einzusetzende und sensitive Schnelltests für bis zu neun Nutztierarten und zusätzlich drei relevante Wildtierarten entwickelt und validiert werden. ii) Die analytischen Lücken

in der Futtermittelanalytik sollen primär über innovative immunologische und molekularbiologische Anreicherungsverfahren geschlossen werden. iii) Die angereicherten Peptide werden anschließend massenspektrometrisch analysiert, wobei qualitative und quantitative Ansätze für die wichtigsten Nutztierarten entwickelt werden. Durch die Verzahnung der Projektteile werden die Erfolgsaussichten für alle Teilprojekte über den Austausch von Informationen und Antikörpern erhöht.

### **Ergebnisse**

Mit dem Einsatz von protein- und peptidspezifischen Antikörpern ist es am BfR und am NMI gelungen, Markerpeptide anzureichern und massenspektrometrisch zu analysieren. Als speziesspezifische Sequenzen wurden Abschnitte aus den Proteinen Hämoglobin, alpha 2 Makroglobulin, Complementfaktor 9, Serpinf2, HP252, Antithrombin, Serumalbumin, Cholinesterase und Koagulationsfaktor 8 nachgewiesen. Nach der immunologischen Anreicherung konnten Verunreinigungen in Bereichen von 0,05 % bis 1 % (w/w) mittels Quadrupole Time-of-Flight- oder Quadrupole Orbitrap-Massenspektrometrie nachgewiesen werden. Anhand dieser Analysen können Bestandteile wie sprühgetrocknete Plasmen, Blutmehle und Fleischknochenmehle in Abgrenzung von Milchpulver nachgewiesen werden. Die Methodvalidierung zum Nachweis von Produkten aus Schwein und Rind ist bereits weit fortgeschritten und wird nachfolgend für weitere Tierarten wie Geflügel, Schaf, Ziege und Pferd durchgeführt. Am ifp werden Antikörper gegen erhitztes Fleisch von Nutz- und Wildtieren für die Entwicklung von Lateral Flow Assays generiert. Um Antigene für die Immunisierung zu gewinnen wurden sechs Extraktionspuffer und zwei Extraktionsmethoden getestet. Anschließend konnten nach einer Immunisierung mit den gewonnenen Extrakten Hühnerspezifische Antikörper gewonnen werden. Da dies bisher noch nicht für andere Tiere gelang, sollen für weitere Immunisationsansätze spezifische Peptide verwendet werden. Dadurch soll eine Kreuzreaktion der gewonnenen Antikörper minimiert werden. Bei erfolgreicher Antikörpergenerierung können abschließend Schnelltests entwickelt werden.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Entwicklung, Standardisierung und EU-weite Implementierung alternativer Methoden zur PCR oder Mikroskopie ist ein vorrangiges Ziel des Nationalen Referenzlabors für tierisches Protein am BfR. Die Verwertung der entwickelten MS-basierten Methoden am BfR besteht im angestrebten zukünftigen Einsatz als amtliche Untersuchungsmethoden. Die Verwertung der entwickelten Schnelltestverfahren zur Lebensmitteluntersuchung wird über die ifp erfolgen. Für die am ifp entwickelten Peptid-Antigene zur Entwicklung speziesspezifischer Antikörper sollen Schutzrechte beantragt werden. Die Einführung des Produktes am Markt soll umgehend nach Patentierung durch Publikationen in Fachzeitschriften und Präsentation auf Messen und Fachkongressen erfolgen. Am NMI erfolgt die Vermarktung der entwickelten TXP-MS-basierten Immunoassays über die Ausgründung SIGNATOPE.

Bisher wurden Ergebnisse auf Fachtagungen wie der Eurotox, dem Proteomic Forum und dem Deutschen Lebensmittelchemikertag präsentiert. Des Weiteren wurde ein Artikel im Journal Analytical Chemistry publiziert, weitere Publikationen sind geplant.

**„Entwicklung eines Verfahrens zur Authentizitätsprüfung von Getreide (Sorte, Sortenreinheit, Herkunft, Anbauverfahren, unbekannte Verfälschung) mittels einer Kombination aus Stabilisotopenanalytik und verschiedenen spektralen Produktfingerabdrücken (AgrOr)“**

**“Development of a method for testing authenticity of grains (variety, purity of variety, geographic origin, cultivation method, unknown adulteration) by means of combination of stabile isotope analysis with different spectral product fingerprints (AgrOr)”**

**Projektlaufzeit**

15.09.2016 bis 14.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Paul Rösch  
ALNuMed GmbH, Bayreuth

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Stephan Schwarzinger  
Universität Bayreuth, FZ BIOMac; BayCEER-IBG; LS Bio- und Lebensmittelanalytik, Bayreuth

Dr. Holger Willms  
IREKS GmbH, Kulmbach

Dr. Andreas Bantle  
AGROLAB GmbH, Oberdorla

## Kurzfassung

### Projektziel

Getreide gehört zu den wichtigsten Lebensmitteln. Verbrauchertrends führen zur Bevorzugung bestimmter Sorten (Dinkel statt Weizen), Anbauweisen (bio statt konventionell) und regionaler Anbauggebiete. Für entsprechend ausgelobte Produkte werden deutlich höhere Erträge erlöst. Die Angaben sind chemisch-analytisch aber bisher nur eingeschränkt oder gar nicht prüfbar, sodass Getreide zu den am meisten von Lebensmittelbetrug betroffenen Lebensmitteln gehört. Die komplexe Frage nach der Echtheit eines Getreides bezüglich Gattung, Art, Sorte, Qualität, Anbaumethode und geographischer Herkunft lässt sich im Allgemeinen nicht an einzelnen analytischen Parametern festmachen. Ziel des Projektes ist daher, durch Auswahl bzw. Kombination geeigneter Analysetechniken eine Schnellmethode zur Echtheitsprüfung von Getreide zu entwickeln.

## Realisierung

Leitmethoden sind neben der Magnetresonanzspektroskopie (MR) und der Stabilisotopenanalytik (SIA) vor allem optische, auf Infrarot- (NIR/MIR) und Ramanstreuung basierende Verfahren. Da a priori nicht bekannt ist, welche Methode für welche Fragestellung am besten geeignet ist, werden Proben grundsätzlich mit jeder Einzelmethode untersucht, was letztendlich auch unabdingbare Voraussetzung für die Kombination der Methoden ist. Die Kombination von Methoden, so haben Erfahrungen aus anderen Projekten und Machbarkeitsstudien ergeben, wird für eine robuste und zuverlässige Analytik von großer Bedeutung sein.

Nicht minder wichtig als die ausgewählten Methoden ist die Auswahl der Proben. Zunächst erfolgte eine Einschränkung auf die Getreidesorten Weizen, Dinkel, Gerste und Roggen sowie auf die Regionen in Deutschland. Für die Erreichung der Ziele ist es erforderlich, eine Probendatenbank mit ausreichend großen und repräsentativen Zahlen von Proben der einzelnen Gattungen, Arten und Sorten aus den verschiedenen Hauptanbaugebieten und mit unterschiedlichen Anbaumethoden (bio, konventionell) über mehrere Erntejahre zu sammeln. Zur Qualitätssicherung werden Stichproben auf relevante Qualitätsparameter geprüft und diese Daten gemeinsam mit den übrigen Metadaten in eine Datenbank eingetragen. Für die Messung der Proben sind stringente Arbeitsanweisungen für jede Methode zu erstellen, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse im Rahmen der chemometrischen Auswertung zu gewährleisten. Diese Vorgehensweise erlaubt letztendlich die Erstellung einer spektralen Multiparameter-Referenzdatenbank, die statistisch definiert, welche Eigenschaften Getreide einer bestimmten Gattung, Herkunft, und/oder Anbauweise charakterisieren. Neben der gerichteten Echtheitsprüfung können so auch ungerichtete Prüfungen erfolgen, was die Entdeckung unbekannter und unerwarteter Fälschungen erlaubt.

## Ergebnisse

Seit Projektbeginn wurden über 1.900 Proben (Stand 04/18) mit über 3.800 zusätzlichen Begleitanalysen mit einem speziell hierfür entwickelten Probenmanagementsystem erfasst, welches eine effiziente, fragestellungsbezogene Probenauswahl ermöglicht. Für jedes der angewandten Messverfahren (MR, SIA, NIR/MIR, Raman) wurde eine robuste und höchst reproduzierbare SOP für die kritische Probenvorbereitung und die Messungen entwickelt und validiert. Bisher wurden etwa 2.500 Messungen an Referenzproben durchgeführt und hinsichtlich folgender Punkte ausgewertet:

- » Sortendifferenzierung: Insbesondere die MR-Spektroskopie, aber auch die SIA, eignet sich zur Prävention von Verschneidungen, etwa von Dinkel mit Weizen. Modellversuche lassen erwarten, dass auch eine quantitative Beurteilung des Beimischungsgrades möglich ist. Regionale Zuordnung von Gersten: SIA und MR eignen sich bevorzugt zur Differenzierung von Getreiden verschiedener regionaler Herkünfte. Dies wurde bereits erfolgreich an Proben aus den benachbarten Postleitzahlbereichen 9 und 0 gezeigt.

- » Korrelation mit konventionellen Qualitätsparametern: Dies ist ein wesentlicher Bestandteil eine Schnellprüfung und erlaubt wesentliche Kosten- und Zeitersparnisse. Vor allem MR und die optischen Prüfverfahren weisen Korrelationen mit den Parametern Aschegehalt, Kleberanteil, Fallzahl und Feuchte auf. Insbesondere die NIR-Methode eignet sich auch für Analysen mit ganzen Körnern.

Ferner konnten bereits erste Analysen zum Einfluss des Erntejahres/der Lagerdauer durchgeführt werden, ebenso wie erste Hinweise auf einzelne Markersubstanzen erbracht werden konnten.

Erste Backversuche zeigen, dass vor allem die SIA bei höher verarbeiteten Produkten eine Rückverfolgbarkeit der Rohstoffe erlaubt.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die gute Datenlage erlaubt bereits das Arbeiten an wissenschaftlichen Veröffentlichungen zur Anwendbarkeit der einzelnen Analysemethoden für die Herkunftsanalyse von Lebensmitteln. Die prinzipielle Beantwortbarkeit der einzelnen Fragen wurde belegt. Für die Umsetzung in ein kommerzielles Produkt sind noch weitere Proben, insbesondere über weitere Erntejahre, zu analysieren und entsprechende Auswertemodelle zu erstellen. Bereits unmittelbar verfügbar ist ein Verfahren zur Rückverfolgbarkeit von Proben auf der Basis spektraler Multimethoden-Fingerprints.

### „Analytische Werkzeuge zur experimentellen Überprüfung der Herkunft und Identität von Lebensmitteln (FoodProfiling)“

### “Analytical Tools for the Experimental Investigation of Food (FoodProfiling)“

#### Projektlaufzeit

01.10.2016 bis 30.06.2020

#### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr. Markus Fischer

Universität Hamburg, Institut für Lebensmittelchemie, Hamburg

#### Verbundpartner

Starter GmbH, Lübeck

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg

Universität Hohenheim, Stuttgart

Universität Tübingen, Tübingen

Leibniz-Institut für Lebensmittel-Systembiologie an der Technischen Universität München, Freising

AGROLAB Labor GmbH, Eching a.A.

LUFA-ITL GmbH, Kiel

La Bilancia Trüffelhandels GmbH, München

Institut Philipp Contrade-Qualitätssicherungslabor der EURObac GmbH, Winsen (Luhe)

SGS Germany GmbH, Hamburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Authentizität, d. h. die Echtheit oder Originalität von Lebensmitteln, ist ein zunehmend entscheidendes Qualitätsmerkmal sowohl für die Lebensmittelindustrie als auch für die Verbraucher. Besonders die geographische Herkunft von Lebensmitteln nimmt einen verstärkten Stellenwert bei der Kaufentscheidung ein. Die Kennzeichnung von Lebensmitteln mit bestimmten Sortenhinweisen, kann ebenfalls absatzsteigernd

wirken und bietet einen Anreiz für Fälschungen. Weiterhin unterscheiden sich Rohstoffe verschiedener Sorten oftmals in ihren Produkt- und Prozessqualitäten, sodass auch ein wirtschaftliches Interesse der produzierenden Industrie an einer eindeutigen Kennzeichnung der verwendeten Rohstoffe besteht. Das Ziel der Projektarbeiten dient deshalb dem Ausschluss (i) von falschen oder gefälschten Herkunftsangaben und (ii) von irreführenden Sortenhinweisen. Hierzu werden am Beispiel von Trüffeln (fettarm) und Walnüssen (fettreich) Muster, Handlungsstränge, technische Methoden und Standards zum experimentellen Nachweis des geographischen Ursprungs und Sorten entwickelt.

### **Realisierung**

Die sogenannten Omics-Technologien bieten aufgrund ihrer hypothesenfreien Anwendbarkeit ein enormes Potenzial bei der Klassifizierung bzw. Differenzierung von beliebigen Probenpopulationen. Die hierbei erzeugten molekularen Fingerabdrücke sind eindeutig und bieten die Möglichkeit zwischen einer Referenz und einer unbekannt Probe unterscheiden zu können. Jede beteiligte Forschungsstelle bildet ein Kompetenzzentrum für mindestens eine der Omics-Technologien (Genomics, Proteomics, Metabolomics, Isotopomics) und bearbeitet diese aus unterschiedlichen Blickwinkeln. Dabei arbeitet i. d. R. ein Institut/Universität mit einem Partner aus der Wirtschaft zusammen. Mit Hilfe hochauflösender Technologien werden zunächst Markersubstanzen/-sequenzen in unterschiedlichen Probenpopulationen identifiziert. Darauf basierend, werden anschließend einfache Applikationen entwickelt, sodass ein Transfer in die Wirtschaft mit überschaubarem Aufwand gewährleistet werden kann.

### **Ergebnisse**

Das Projekt ist zunächst mit der notwendigen Probenakquise von Trüffel und Walnuss angelaufen, für die zunächst ein entsprechendes Metadatenblatt erstellt wurde, um entsprechend relevante Parameter mit in die Analytik einfließen lassen zu können.

Derzeit werden Methoden zur Identifizierung von Markerverbindungen mittels hochauflösender Analysemethoden entwickelt. Darüber hinaus erfolgen umfassende Sequenzierungsarbeiten zur Identifikation spezifischer sorten- bzw. artenrelevanter Sequenzabschnitte. Dies umfasst zunächst die Validierung geeigneter Aufarbeitungsmethoden (Probenvermahlung und -extraktion), mit dem Ziel eine möglichst hohe Reproduzierbarkeit und gleichbleibende Ausbeute zu erreichen. Zudem müssen Geräteparameter und Methoden entsprechend optimiert werden. Gleichzeitig wurden von der bioinformatischen Gruppe aus Tübingen Analysetools, -pipelines und Klassifikationsalgorithmen implementiert sowie ein Webportal erstellt, auf das alle Verbundpartner zugreifen können, um in der Folge eine automatisierte Auswertung einrichten zu können. Weiterhin erfolgt in der aktuellen Projektphase ein direkter Technologie- und Wissenstransfer zwischen den Instituten und Unternehmen. Dazu erlernen Mitarbeiter aus den Unternehmen den Umgang mit den hochauflösenden Geräten, die üblicherweise nicht in Dienstleistungslaboren zu finden sind.

**(Geplante) Verwertung**

Im Rahmen der Entwicklungsarbeiten im Verbundvorhaben werden Protokolle sowie ausgewählte Applikationen für den Routine- bzw. Praxiseinsatz erstellt. Das Projekt ist darauf abgestimmt, dass die Umsetzung der Muster mit Hilfe, der in einem typischen Qualitätssicherungslabor vorhandenen Ausstattung bzw. mit überschaubaren Zusatzinvestitionen durchgeführt werden kann. Alternativ besteht für kleinere Unternehmen die Möglichkeit, die entsprechenden Analysen an Auftragslabore zu vergeben, wo die erforderliche Ausstattung üblicherweise vorhanden ist.

Daneben können die identifizierten Markerverbindungen oder spezifischen Sequenzen für die Entwicklung von Schnelltestsystemen auf der Basis von Papierstreifentest- (LFA, lateral flow assay) oder Mikroarray-Systeme verwendet werden. Weiterhin können die im Projekt entwickelten DNA-Sonden und Primer direkt für eine weitere Nutzung zugänglich gemacht werden.

# Sektion 11: Nachhaltige Düngung durch Nährstoffrück- gewinnung

„Karbondünger aus phosphorreichen Wirtschaftsdüngern durch Karbonisieren mit Stickstoffrückgewinnung (Karbondünger)“

„Carbon fertilizer from phosphorous-rich organic fertilizers by carbonisation with nitrogen recovery (carbonfertilizer)“

**Projektlaufzeit**

15.08.2017 bis 14.10.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Thomas Appel  
Technische Hochschule Bingen, Bingen am Rhein

**Verbundpartner**

PYREG GmbH, Dörth

Klass Filter GmbH, Türkenfeld

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenernährung, Gießen

Hochschule Geisenheim University, Geisenheim

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Projekt soll einen Beitrag leisten, die Nährstoffüberschüsse (insbesondere Phosphor) sinnvoll zu verwerten, die in Regionen mit intensiver Viehwirtschaft oder Biogasproduktion anfallen. Dafür sollen transportwürdige Karbondünger aus Gülle, Gärresten oder Hühnertrockenkot hergestellt und getestet werden. Hierzu werden bestehende Technologien verfahrenstechnisch neu kombiniert:

1. Separierung des Wirtschaftsdüngers in Permeat („flüssig“) und Retentat („fest“)
2. Trocknung des Retentats auf ca. 65 % TM-Anteil
3. Abluftwäsche durch Einfangen des beim Trocknen entweichenden Ammoniaks
4. Karbonisieren des getrockneten Retentats (thermische Behandlung bei ca. 550°C unter anoxischen Bedingungen)
5. Anreicherung des hergestellten Karbonisats mit Ammoniak aus der Abluftwäsche
6. Pelletierung des mit NH<sub>3</sub> angereicherten Karbonisats zum streufähigen Handelsdünger (Karbondünger)
7. Überprüfung der Düngewirkung in Pflanzenversuchen

Wegen ihres hohen Wassergehalts sind die Wirtschaftsdünger ohne eine Separierung in der Regel nicht über weitere Strecken transportwürdig. Nach Separieren und Trocknen des Retentats kann das Material mit der PYREG Technologie karbonisiert werden. Die für die Trocknung erforderliche thermische Energie soll im Wesentlichen aus den Wirtschaftsdüngern selbst im Zuge der Karbonisierung bereitgestellt werden. Darüber hinaus sollen die Karbonisate mit dem Stickstoff, der beim Trocknen entweicht, beladen werden. Die erzeugten Dünger enthalten neben Nährstoffen auch pyrolytischen Kohlenstoff, der zum einen möglicherweise die Bodenfruchtbarkeit steigert und zum anderen wegen seines inertem Charakters CO<sub>2</sub>-Emissionen mindert. Die Wirkung des Karbondüngers soll in Feld- und Gefäßversuchen geprüft werden.

### Realisierung

**Herstellung des Karbonisats:** Schweinegülle wurde mit einem Klass-Wendelfilter separiert. Im Labor-Trockenschrank wurde das Retentat der Separierung bei 70°C auf 93 % TM-Anteil getrocknet und dann mit einem Labor-Reaktor (Pyreka) bei ca. 500°C karbonisiert. Das Karbonisat wurde gemahlen (< 2 mm), analysiert und als Phosphordünger in einem Gefäßversuch eingesetzt.

**Analyse:** Das Karbonisat (97,6 % TM) enthielt 4,6 % P (mineralsäurelöslich, VDLUFA-Methode 4.1.1.4), davon waren 49,0 % neutralammoncitratlöslich. Die Elementaranalyse ergab 45,9 % C im Karbonisat und ein C:N-Verhältnis von 21,8. Der Glühverlust (=Anteil organischer Substanz) betrug 55,6 % der Trockenmasse (TM), der Ascheanteil demnach 44,4%.

**Gefäßversuch mit Mais:** Im Gewächshaus der TH Bingen wurden Kick-Brauckmann-Gefäße (ca. 9 Liter) mit 8 kg Boden (entspricht 6.638 g TM) befüllt. Der Boden stammte aus der Vulkaneifel (sandiglehmiger Schluff Uls). Boden aus der Krume (1,21 mg CAL-P / 100 g) und Unterboden (0,77 CAL-P / 100 g) wurde entnommen. Ober- und Unterboden wurden im Verhältnis 69 zu 31 gemischt und die Hälfte der Gefäße mit dem Gemisch befüllt. Bei der anderen Hälfte wurde die gleiche Menge an Boden eingefüllt, allerdings nicht gemischt, sondern geschichtet. Die untere Hälfte wurde mit Unterboden, die obere Hälfte mit Oberboden gefüllt. Der pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>) betrug 5,54 (Oberboden) bzw. 5,64 (Unterboden). Alle Gefäße wurden ausreichend mit Haupt- und Mikronährstoffen, mit Ausnahme von Phosphor gedüngt. Phosphor wurde in vier Varianten gegeben plus einer

Kontrolle ohne P-Düngung (Kontrolle 0 P). „TSP 1/3 P“ und „TSP 1 P“ erhielten 331,9 mg P bzw. 995,8 mg P je Gefäß in Form von gemahlenem Tripelsuperphosphat (TSP). „Kohle 1 P“ und „Kohle 3 P“ erhielt 995,8 mg P und 2.987,3 mg P in Form von mineralensäurelöslichem P als Karbondünger. In den Gefäßen der Varianten „gemischt“ wurde der Dünger zusammen mit dem Ober- und Unterboden gleichmäßig in den Gefäßen verteilt. In den „geschichteten“ Gefäßen wurde nur der Oberboden gedüngt. Die dem Boden je Gefäß zugeführte P-Menge entspricht umgerechnet für einen Bestand von 100.000 Maispflanzen je ha 76 kg  $P_2O_5$  / ha.

Nach einer Inkubationsphase von 2 Wochen wurden aus den Oberböden bzw. aus dem Bodengemisch mit einem kleinen Stechbohrer Bodenproben entnommen, um diese auf CAL-P und den pH-Wert zu untersuchen. Anschließend wurden fünf Maispflanzen je Gefäß gesät und die Gefäße im Gewächshaus als Blockanlage aufgestellt. Drei Wochen nach der Aussaat wurde auf drei Pflanzen je Gefäß vereinzelt. Die Wasserverluste wurden täglich mit entionisiertem Wasser ausgeglichen und alle Gefäße mindestens einmal pro Woche auf Gewicht gegossen. Sieben Wochen nach der Aussaat wurde der Pflanzenaufwuchs geerntet und die Trockenmasse ermittelt. Die P-Konzentration wurde gemessen und der P-Entzug ermittelt.

In die Böden der Gefäße erfolgte eine Woche später eine zweite Maisaussaat. Stickstoff, Kalium, Schwefel, Magnesium und Mikronährstoffe wurde dazu in flüssiger Form gedüngt. Der zweite Mais-Aufwuchs diente dazu, die Phosphor-Nachlieferung zu erfassen. Der zweite Mais-Aufwuchs wurde fünf Wochen nach der Aussaat geerntet. Zielgröße für die Überprüfung der Düngewirkung des Karbonisats waren die Düngeäquivalente verglichen mit Tripelsuperphosphat.

### **Ergebnisse**

Ohne P-Düngung wuchs der Mais schlecht aufgrund von P-Mangel. Die mit Phosphor gedüngten Pflanzen wuchsen signifikant besser (Daten nicht gezeigt). Je mehr P gedüngt wurde, umso höher war der P-Entzug (siehe Abbildung 1). Die Unterschiede zwischen den Varianten waren hochsignifikant.

In den Gefäßen, bei denen Ober- und Unterboden geschichtet eingefüllt wurden und nur der Oberboden gedüngt wurde, waren das Pflanzenwachstum und der P-Entzug höher als in den entsprechenden Varianten mit gemischtem Boden.

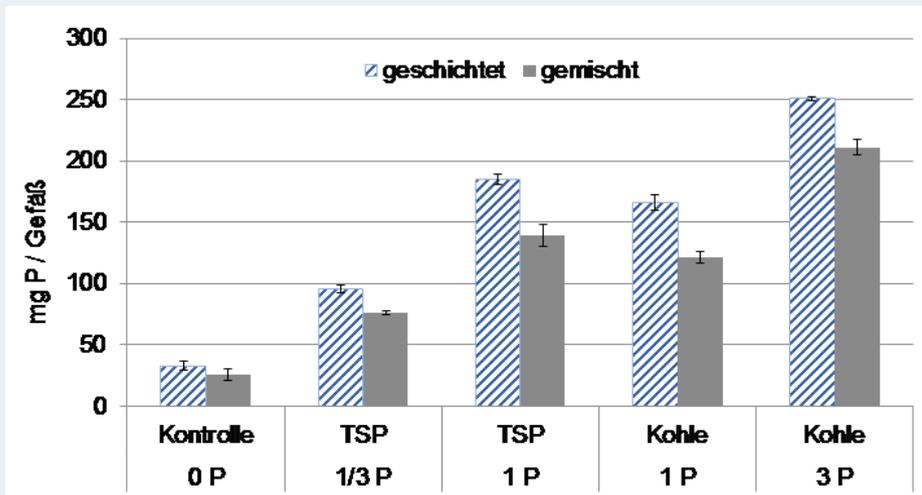


Abbildung 1: Phosphorentzug des ersten Maisaufwuchses in Abhängigkeit von der Düngung mit Tripelsuperphosphat (TSP) und Karbondünger aus Schweinegülle (Kohle).

Der mit dem Karbondünger applizierte Phosphor hatte (gemessen am P-Entzug der vier TSP-Varianten) eine Wirkung, die 77 % des mit dem TSP applizierten Phosphors entsprach. Der Karbondünger zeigte im Gefäßversuch also ein Düngeäquivalent von 77 % des TSP.

Möglicherweise wird der zunächst nicht verfügbare Phosphor des Karbondüngers langsamer verfügbar als der Phosphor des TSP. Der P-Entzug mit dem zweiten Maisaufwuchs wird das möglicherweise zeigen.

#### (Geplante) Verwertung

Die Ergebnisse zeigten, dass das Karbonisat aus Gülle eine (im Vergleich zu Klärschlammkarbonisaten in früheren Versuchen) sehr gute Düngewirkung besitzt. Es lohnt sich also, im nächsten Schritt des Projekts die Karbondünger mit Stickstoff aus der Trocknung zu beladen, zu pelletieren oder zu granulieren und sie dann in Feldversuchen zu testen.



**„Wirtschaftsdünger aus Gärresten durch Verminderung der Stickstoffemission und Anreicherung von Pflanzennährstoffen bei der Gärresttrocknung (DuenGaer)“****”Farm fertilizer from digestate by reducing nitrogen emissions and concentration of plant nutrients based on digestate drying (DuenGaer)“****Projektlaufzeit**

01.09.2017 bis 30.09.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Jochen Mellmann

Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam

**Verbundpartner**

Rapien &amp; Flietner Engineering GbR (R&amp;F), Potsdam

Lindenhof Agrar GmbH Brandenburg (LAG), OT Gollwitz

**Kurzfassung****Projektziel**

Das Vorhaben zielt auf die verfahrenstechnische Entwicklung und Praxiserprobung eines innovativen, kontinuierlichen Prozesses zur Gärresttrocknung ab. Im Fokus des Prozesses steht die Herstellung eines transportwürdigen Wirtschaftsdüngers mit möglichst hoher Stickstoff-Konzentration. Ziel ist deshalb die Entwicklung eines schonenden und effizienten Trocknungsverfahrens mit minimaler Ammoniak-Emission. Die zur Trocknung erforderliche thermische Energie soll vollständig aus der Abwärme des Biogas-BHKW bereitgestellt werden.

**Realisierung**

Der Schwerpunkt des Projekts liegt zunächst in der experimentellen Erforschung des Trocknungsprozesses unterschiedlicher Gärreste im Labor- und Technikumsmaßstab. Dabei werden die physikalischen Zusammenhänge zwischen geometrischen (konstruktiven), trocknungstechnischen und stofflichen Parametern sowie den N-Verlusten untersucht. Ziel der labortechnischen Untersuchungen ist die Ermittlung optimaler Trocknungsparameter bei minimaler  $\text{NH}_3$ -Emission und möglichst geringen N-Verlusten. Basierend auf diesen Ergebnissen wird eine Versuchsanlage im Technikumsmaßstab nach dem neuartigen Trocknungsverfahren aufgebaut. Mit Hilfe der Untersuchungen im Technikumsmaßstab werden die Trocknungsparameter validiert. Für die Entwicklung und Anpassung des Trocknungsverfahrens sind umfangreiche Durchmischungs-, Strö-

mungs- und Verweilzeitexperimente sowie Trocknungsversuche mit unterschiedlichen Gärresten erforderlich.

Basierend auf diesen Ergebnissen erfolgt ein Scale-up zur Auslegung und Dimensionierung des neuartigen Trocknerapparates, der als mobile, großtechnische Demonstrationsanlage ausgeführt wird. Die Praxiserprobung ist am Standort der Biogasanlage Gollwitz des Projektpartners LAG vorgesehen. Dabei werden Funktionalität, Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit des neuartigen Verfahrens bewertet.

Im Verlauf des Vorhabens finden Messmethoden und -geräte Anwendung, mit denen die Freisetzung von Ammoniak während des Trocknungsprozesses im Labor-, Technikums- und Praxismaßstab gemessen wird. Chemische Analysen der Gärreste vor und nach der Trocknung ergänzen die Messung der gasförmigen und Geruchsstoff-Emissionen bei variierenden Trocknungsparametern. Diese Messungen ermöglichen die Stickstoffbilanzierung des Trocknungsprozesses.

### Ergebnisse

Zur Istzustands-Analyse der Gärresttrocknung einschließlich Abluftwäsche wurden mehrere Gärrest-Trocknungsanlagen untersucht. Hierbei wurden u.a. Daten über den spezifischen thermischen Energiebedarf, den Stickstoffgehalt, die  $\text{NH}_3$ -Emissionen und zum spezifischen Wasserverbrauch der Abluftwäsche erhoben. Nach den bisher durchgeführten Untersuchungen variiert der spezifische thermische Energiebedarf bei der Gärresttrocknung zwischen 6 MJ/kg  $\text{H}_2\text{O}$  und 11 MJ/kg  $\text{H}_2\text{O}$  (etwa 1,7-3,1 kWh/kg  $\text{H}_2\text{O}$ ) entzogenem Wasser. In diese Untersuchungen wurden drei Anlagen mit Bandtrocknung einbezogen.

Im Rahmen des Vorhabens wurden Laboruntersuchungen zum Trocknungsverhalten von Gärresten mit Hilfe der Thermogravimetrischen Analyse (TGA) und an einem Labortrockner im Batchbetrieb durchgeführt. Folgende Gärreste wurden untersucht:

1. Gärreste aus < 60 % Maissilage und Ko-Substrat,
2. Gärreste aus > 30 % Gülle und Ko-Substrat.

Probenmaterial des Gärrestes 1 wurde durch den Projektpartner LAG von der Biogasanlage Gollwitz des Unternehmens bereitgestellt. Das eingesetzte Substrat bestand überwiegend aus Mais- und Luzernegrass-Silage (ca. 98 %) sowie Anteilen von Getreideschrot und Hühner-Trockenkot. Das Trocknungsverhalten des separierten Gärrestes 1 ist in Abbildung 1 exemplarisch für Trocknungstemperaturen von 40°C und 60°C dargestellt.

Die Untersuchungen zur Trocknungskinetik ergaben ein nicht-hygrokopisches Verhalten des separierten Gärrestes 1. Dies lässt sich daraus ableiten, dass die gemessenen Trocknungsverlaufskurven einen Gutfeuchtegehalt von null anstreben. Im Unterschied

dazu erreicht ein hygroskopisches Material gegen Ende der Trocknung die dem jeweiligen Luftzustand entsprechende Gleichgewichtsfeuchte.

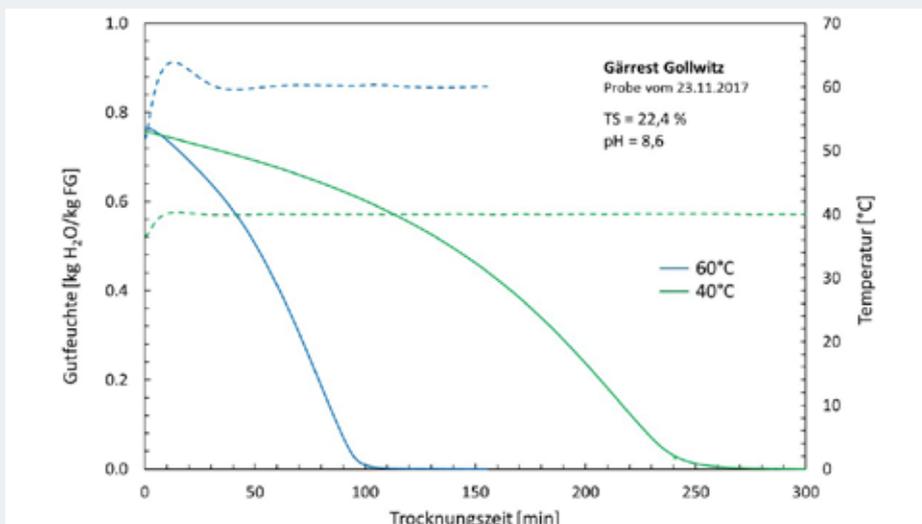


Abbildung 1: Trocknungsverhalten des separierten Gärrestes 1 (BGA Gollwitz), gemessen mittels Thermogravimetrischer Analyse (TGA).

Die Untersuchungen zur Trocknung der Gärreste 1 und 2 am Labortrockner im Batchbetrieb werden gegenwärtig im Rahmen einer Bachelorarbeit durchgeführt. Neben dem Trocknungsverhalten werden dabei das  $\text{NH}_3$ -Emissionsverhalten und die Stickstoffkonzentrationen der Gärreste analysiert. Für den kontinuierlichen Technikumstrockner wurde ein konstruktiver Entwurf in enger Abstimmung mit dem Projektpartner R&F erarbeitet. Der Trockneraufbau steht kurz bevor.

### (Geplante) Verwertung

Nach erfolgreicher Praxiserprobung des Trocknerdemonstrators ist mit einer Markteinführung nach Projektende zu rechnen. Es wird erwartet, dass der innovative Gärresttrockner den Konkurrenztechnologien hinsichtlich Energieeffizienz, Investitions- und Betriebskosten und Flexibilität durch modulare Bauweise deutlich überlegen sein wird. Das neue Trocknungsverfahren kann auch an andere landwirtschaftliche Trocknungsgüter angepasst werden. Potenzielle Nutzer der neuen technischen Lösung sind die

- » Biogasbranche.
- » Kläranlagen.
- » Landwirtschaft.
- » Lebens- und Futtermittelindustrie.

Die während des Projekts erstellte Pilotanlage bleibt nach Ablauf des Vorhabens im Besitz der Fa. R&F zu weiteren Forschungszwecken. Die Anlage ist so konzipiert, dass sie transportabel ist und somit schnell und einfach an unterschiedlichen Standorten in

verschiedenen Regionen Deutschlands eingesetzt werden kann, um weitere Daten von verschiedenen Produkten aufnehmen zu können. Die Anmeldung eines Patentbesitzes durch das Erfinderteam R&F und ATB ist vorgesehen.

Zum Wissenstransfer werden die Ergebnisse auf Fachmessen präsentiert und in Fachzeitschriften veröffentlicht. Es werden Informationsveranstaltungen für Landwirtschaftskammer und Berater vorgesehen. Nach erfolgreicher Praxiserprobung des großtechnischen Demonstrators werden die Ergebnisse auf einer fachspezifischen Tagung zur Gärrestverwertung bzw. Düngung einem breiten Publikum vorgestellt.

**„Nachhaltige Steigerung der Phosphat-Effizienz von Winterweizen durch eine effektive Wurzel-Boden-Interaktion (POEWER)“**

**”Sustainable increase of phosphate efficiency of winter wheat through effective root-soil-interaction (POEWER)“**

**Projektlaufzeit**

22.11.2016 bis 31.01.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Jens Léon

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), Professur für Pflanzenzüchtung, Bonn

**Verbundpartner**

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenernährung, Gießen

EuPhoRe GmbH, Altenberge

HGoTECH GmbH, Bonn

SECOBRA Saatzucht GmbH, Moosburg an der Isar

W. von Borries-Eckendorf GmbH & Co. KG (WvB), Leopoldshöhe

**Assoziierter Partner**

Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V. (GFPI), Bonn

**Kurzfassung**

**Projektziel**

Hauptziel des Forschungsvorhabens ist es, die P-Effizienz von Winterweizen zu erhöhen. Weitere Teilziele sind die Etablierung eines bodenähnlichen und standardisierbaren Substrates, mit dem naturnah verschiedene Bodenverhältnisse simuliert werden können, und ferner die Untersuchung der P-Verfügbarkeit eines thermo-chemisch nach dem EuPhoRe®-Verfahren entwickelten Recycling-Phosphat-Düngers.

Zur Erreichung dieser Ziele werden pflanzenbauliche/physiologische und züchterische/genetische Aspekte der P-Verwertung untersucht, welche zu einer Verbesserung der Aneignung, Aufnahme und Nutzung von P („P-Harvest-Index“) führen und so den Züchtungserfolg „P-Effizienz“ beschleunigen.

## Realisierung

An einem Sortiment von 200 größtenteils deutschen Winterweizensorten wird zur Erfassung der P-Effizienz die Aufnahme-, Aneignung-, sowie Nutzungseffizienz von unterschiedlich verwertbaren Phosphordüngern in belebten und unbelebten Bodensystemen untersucht. Bei den untersuchten Phosphat-Düngern handelt es sich um Triplesuperphosphat, Rohphosphat sowie einem thermo-chemisch nach dem EuPhoRe®-Verfahren hergestellten Recycling-Phosphat-Dünger.

Saisonale Unterschiede in den Klärschlammqualitäten könnten sich auf die Qualität der Phosphatdünger aus der Klärschlammbehandlung auswirken. Um im Jahresverlauf Recycling-Phosphat-Dünger mit gleicher Qualität zu gewährleisten, werden Maßnahmen zur Reduzierung der Variabilität der EuPhoRe®-Phosphate durchgeführt.

Die P-Nutzungseffizienz wird durch das Zusammenwirken mit symbiotischen Mikroorganismen und Mykorrhiza wesentlich beeinflusst. Daher wird die Untersuchung der Aufnahmeeffizienz der untersuchten P-Düngern mit und ohne belebten Bodensubstrat durchgeführt.

Das von HGoTech GmbH entwickelte bodenähnliche Substrat wird als Prüfsystem verwendet, um naturnahe und gleichbleibende Bodenverhältnisse zu simulieren, und um damit die Vergleichbarkeit der verschiedenen Behandlungsvarianten zu gewährleisten.

Ferner werden, sowohl unter Labor- als auch Feldbedingung, zahlreiche morphologische und physiologische Parameter, die nach Literaturangaben für die P-Effizienz relevant sind, eingehend untersucht.

Ein kleineres Subset von 20 Genotypen wird im Labor und Gewächshaus intensiv untersucht. Diese Analysen führen zu einem vertieften Verständnis über die Mechanismen der Aneignungs-, Aufnahme- und Nutzungseffizienz von Phosphor in Weizen.

Mehrortige und mehrjährige Versuche unter Feldbedingung runden die Evaluierung der 200 Sorten unter verschiedenen Umweltbedingungen in Bezug auf P-Effizienz ab.

Schließlich werden genomweite Assoziationsstudien zur Identifikation von QTL-Regionen bzw. Kandidatengene für P-Effizienz durchgeführt und molekulare Marker (z.B. CAPS und KASPar) für einen Einsatz in Züchtungsprogrammen entwickelt. Dadurch werden die Züchter in der Lage sein, im Hochdurchsatz-Verfahren zeit- und kostensparend die Selektion auf Phosphor-Effizienz in der Winterweizenzüchtung voranzubringen und damit nachhaltig, sowohl ökonomisch als auch ökologisch, den Einsatz von Phosphor in der Landwirtschaft zu reduzieren.

## Ergebnisse

Die P-Aufnahmeeffizienz der 200 Genotypen der Assoziationspopulation (AP) wurde zunächst im unbelebten Boden (ohne Zugabe von Mikroorganismen und Mykorrhiza) im Rahmen eines Screening-Versuchs in vier Dünger-Varianten untersucht.

Hierbei konnte festgestellt werden, dass es eine große genetische Diversität innerhalb der AP in Bezug auf die Aufnahmeeffizienz der untersuchten P-Dünger gibt. Dabei war die Variabilität in der Aufnahme der schwerer pflanzenverfügbaren P-Dünger, Rohphosphat und Recycling-Phosphat, größer als bei Triplesuperphosphat sowie unter Kontrolle (ohne P-Dünger) (siehe Abbildung 1).

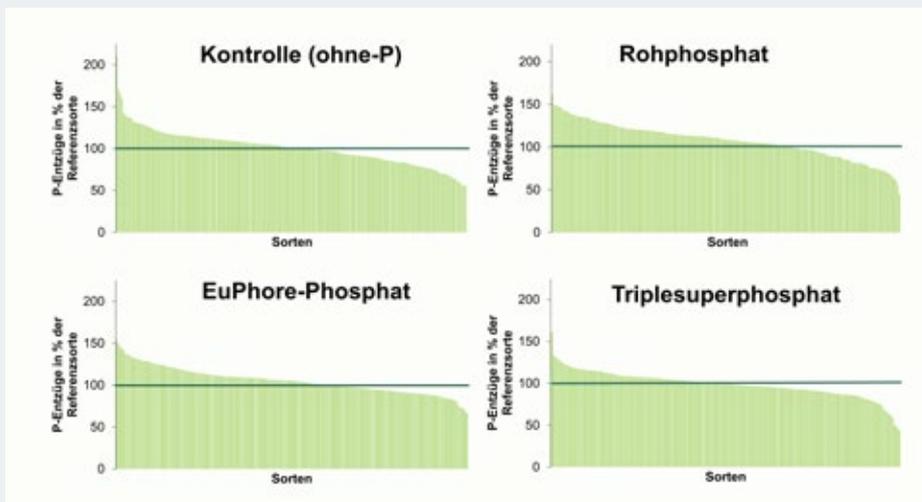


Abbildung 1: Untersuchung der P-Aufnahmeeffizienz der verschiedenen Behandlungsvarianten im Vergleich zur Referenzsorte Julius.

Anschließend wurde, basierend auf die P-Aufnahmeeffizienz sowie DNA-Markerinformation, ein Subset aus 20 kontrastierenden Genotypen selektiert, welches sowohl genetisch als auch in Bezug auf P- Aufnahmeeffizienz die gesamte AP repräsentiert (siehe Abbildung 2).

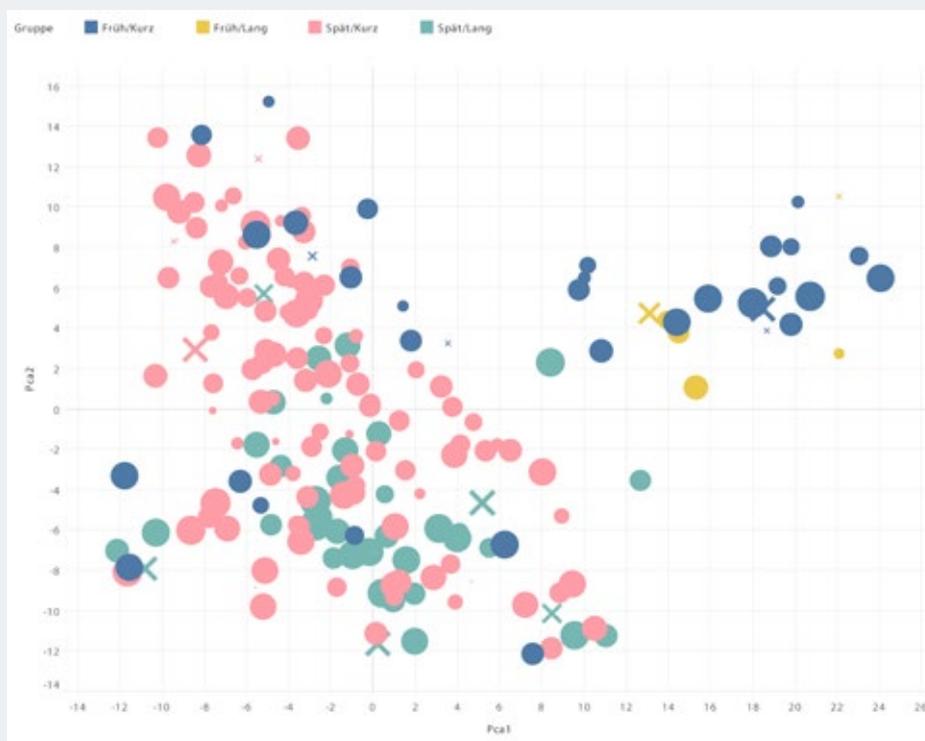


Abbildung 2: Markerbasierte Hauptkomponentenanalyse der Assoziationspopulation; die Größe der Zeichen gibt die P-Aufnahmeeffizienz wieder. Die Farben stehen für die vier Gruppen (frühblühend/langstrohig (FL), frühblühend/kurzstrohig (FK), spätblühend/langstrohig (SL), spätblühend/kurzstrohig (SK)); die selektierten Genotypen des Subset20 sind mit X gekennzeichnet.

### (Geplante) Verwertung

- » Das durch den Projektpartner HGoTech GmbH entwickelte, bodenähnliche und standardisierbare Prübsubstrat, das im Rahmen des Projektes auf Patentwürdigkeit und dessen mögliche Durchsetzbarkeit geprüft werden soll, erlaubt eine naturnahe Simulation von verschiedenen Bodenverhältnissen. Dadurch kann das Substrat als ein wertvolles Prüfsystem in vielfältigen Versuchsvorhaben eingesetzt werden.
- » Das nach dem patentierten EuPhoRe®-Verfahren aufgeschlossene Phosphat weist eine hohe Pflanzenverfügbarkeit und niedrige Schwermetallbelastung auf. Damit ist zu erwarten, dass dieser thermo-chemische Prozess zukünftig für eine Behandlung von Klärschlamm empfohlen werden kann.
- » Die extensiven Charakterisierungsstudien der 20 Weizensorten des Subsets werden wertvolle Grundlagen zum Verständnis der Phosphor-Aneignungs-, Aufnahmeeffizienz-, und P-Nutzungseffizienz liefern. Diese Grundlagen dienen für weitere wissenschaftliche Anschlussarbeiten und zur Verbesserung des allgemeinen Verständnisses
- » Die Evaluierung der 200 Sorten der Assoziationspopulation unter Feldbedingung durch die beteiligten Züchtungsunternehmen erlaubt das Aussprechen von Sortenempfehlungen mit hoher P-Effizienz.

### „Phosphor-Recycling – vom Rezyklat zum intelligenten langzeitverfügbaren Düngemittel (PRiL)“

### ”Phosphate-Recycling – from a phosphate recycilate to a smart slow release fertilizer (PRiL)“

#### Projektlaufzeit

01.08.2016 bis 31.01.2019

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Lars Zeggel

Fraunhofer Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie  
IWKS des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC, Alzenau

#### Verbundpartner

Fritzmeier Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Großhelfendorf

ICL Fertilizers Deutschland GmbH, Ludwigshafen

Münchener Stadtentwässerung, München

## Kurzfassung

### Projektziel

Im Rahmen des Forschungsprojektes PRIL entwickelt ein Konsortium der Firmen Fritzmeier Umwelttechnik GmbH & Co. KG und ICL Fertilizers Deutschland GmbH sowie der Fraunhofer Projektgruppe IWKS als Koordinator auf Basis des P-bac® Verfahrens der Firma Fritzmeier einen P-Recyclingdünger aus Klärschlammasche im Technikumsmaßstab. Grundlage des P-bac® Verfahrens bildet ein mikrobiologisch initiiertes, saures Auslaugen der Klärschlammasche (Bioleaching). Dabei übernehmen Mikroorganismen die Herstellung der für die Laugung der Asche nötigen Schwefelsäure.

Die Bakterien der Gattung *Acidithiobacillus* nutzen elementaren Schwefel, um daraus durch Oxidation ihre Energie zu gewinnen. Diesen auch in der Natur ablaufenden Prozess macht man sich seit Jahren bei der Gewinnung von Gold, Kupfer, Zink oder Uran zu Nutze. Der P-bac® Prozess bringt das Bioleaching erstmals bei der Rückgewinnung von Phosphor zur Anwendung. Doch nicht nur die Lösung des Phosphors erfolgt mikrobiologisch, auch die Rückgewinnung aus der Lösung erfolgt durch Bakterien, die unter bestimmten Umständen große Mengen an Phosphor in ihren Zellen speichern. Durch die mikrobielle Unterstützung reduziert sich der Einsatz von Chemikalien auf ein Minimum.

Die Funktion des Verfahrens im Labor sowie die Düngewirksamkeit des Rückgewinnungsproduktes konnte bereits in vorangegangenen Untersuchungen belegt werden.

Ziel des Projektes ist es, die Hürde („valley of death“) zwischen erfolgreicher Entwicklung eines Verfahrens im Labor und der großtechnischen Umsetzung unter Generierung eines qualitätsgesicherten Produktes zu überwinden. Dabei wird besonderes Augenmerk auf die chemischen wie physikalischen Eigenschaften des Düngemittels in Anlehnung an das Düngemittelrecht sowie auf die Verwendbarkeit der Reststoffe (gelaugte Asche, Schwermetallkonzentrat) gelegt.

### Realisierung

Das P-bac® Verfahren macht sich sowohl bei der Laugung als auch bei der Wiederfestlegung des Phosphats Mikroorganismen zu Nutze. In einem ersten Schritt wandeln chemolithotrophe, schwefeloxidierende Bakterien elementaren, in wässriger Lösung dispergierten Schwefel in Schwefelsäure um. Diese Bakteriensuspension mit einem pH-Wert kleiner 1 wird in einem Reaktor mit der Klärschlammasche vermischt. Hierbei geht sowohl das Phosphat als auch ein Teil der Schwermetalle in Lösung. Ein Teil des gelösten Phosphates wird in den Bakterien als Energiespeicher fixiert. Im nächsten Schritt wird die Leachingflüssigkeit von der Asche getrennt. Durch eine Änderung der Umgebungsbedingungen der Leachingflüssigkeit geben die Bakterien einen Teil des gespeicherten (Poly-)Phosphats ab. Das Phosphat wird teilweise unmittelbar an der Oberfläche der Bakterien als Eisenphosphat ausgefällt, so dass es die Mikroben inkrustiert. Dadurch bildet sich ein Niederschlag, der sedimentiert. Durch die mikrobiell induzierte Lösung und Fällung des Phosphates wird der Einsatz von Chemikalien auf ein Mindestmaß beschränkt. Ergebnisse aus der Aufskalierung belegen, dass weit mehr als 80 % des Phosphors aus der Klärschlammasche in Lösung gebracht werden.

Nach der Festlegung der optimalen Prozessparameter und Technologien zur Entwässerung der Restasche werden nun Vorkehrungen für eine möglichst 100 %ige Rückführung der Leachingflüssigkeit getroffen. Hierzu werden die Möglichkeiten einer Abtrennung von Salzen und Schwermetallen mittels Membranfiltration und Adsorption untersucht. Die abgetrennten Feststoffe sollen ebenfalls einer weiteren Verwertung zugeführt werden. Je nach Qualität und Quantität der im P-bac® Verfahren entstehenden Stoffströme (P-Dünger, Abwasser, Restasche, Metallkonzentrat) ergeben sich unterschiedliche Szenarien einer großtechnischen Umsetzung.

Da sich ein Gesamtkonzept nicht auf die Rückgewinnung des Phosphors allein beschränken kann, sondern unterschiedliche Pfade der Verwertung und Entsorgung aller Stoffe im Prozess berücksichtigen muss, wird die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit in Form eines modular aufgebauten Systems erfolgen (siehe Abbildung 1). In diesem werden einzelne Bausteine, wie beispielsweise „Entsorgung der Restasche“, „Einsatz der Restasche als Baustoff“, „direkte Verwertung des Recycling-Phosphats als Düngemittel“ oder „Zuschlag des Recycling-Phosphats zu konventionellem P-Dünger“ einzeln betrachtet. Diese und weitere Bausteine können dann in Abhängigkeit äußerer Anforderungen in

verschiedenen Kombinationen zusammengestellt werden. Damit wird die Bewertung einer Einsetzbarkeit des P-bac® Verfahrens in einem weiten Rahmen gewährleistet.

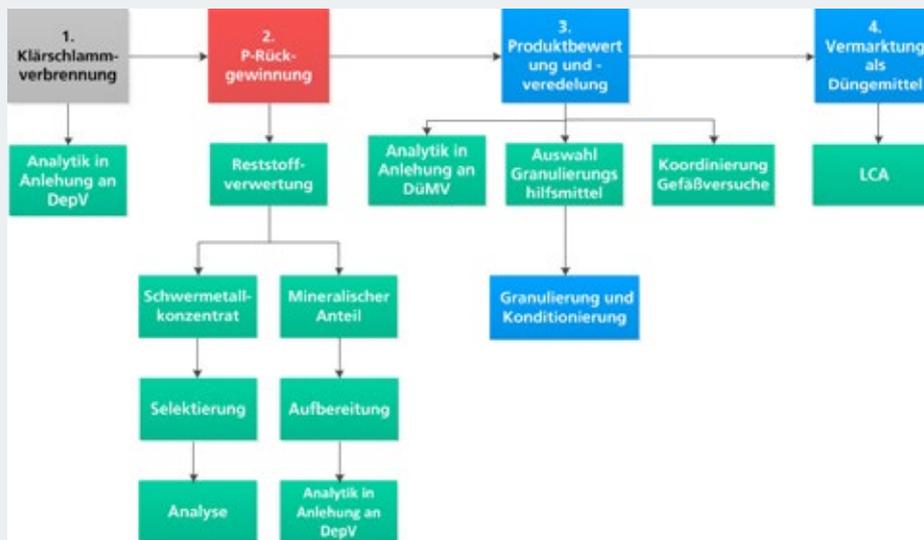


Abbildung 1: Struktur des PRIL-Projektes verdeutlicht die Mannigfaltigkeit notwendiger begleitender Arbeiten um von einer P-Rückgewinnung zum einen P-Recycling.

## Ergebnisse

### Das Bioleaching

In Abbildung 2 sind die Anteile der aus der Asche gelaugten Elemente dargestellt. Die Ergebnisse zeigen einerseits, dass das Leaching selektiv bestimmte Elemente in unterschiedlichem Grad erfasst. Dabei wird praktisch der gesamte Phosphor aus der Asche entfernt. Da die Masse der Asche durch die Laugungsprozesse um rund ein Drittel abnimmt, muss dieser Gewichtsverlust bei der Berechnung der Leachingraten berücksichtigt werden.

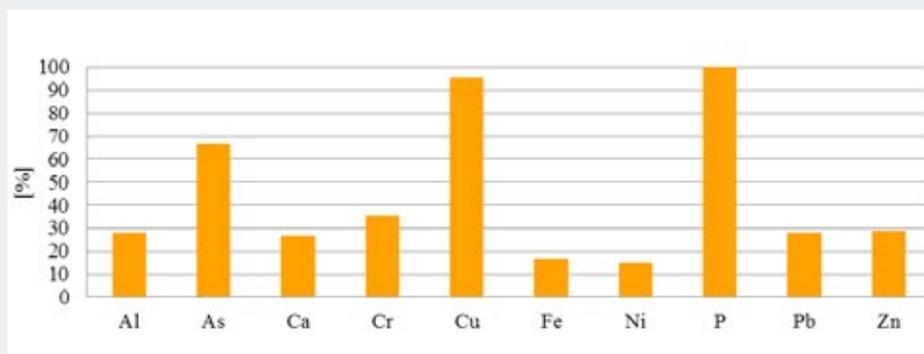


Abbildung 2: Durch das Leaching aus der Asche entfernter Anteil unter Berücksichtigung des Gewichtsverlustes der gelaugten Asche.

### Zusammensetzung des P-bac® Produkts

Chemisch gesehen wird das rückgewonnene Phosphat (mit ca. 30 %  $P_2O_5$ ) vor allem von Eisen und Aluminium begleitet (siehe Abbildung 3). Aufgrund des amorphen Charakters der Phosphate ergeben XRD-Messungen keine eindeutigen Aussagen zur Mineralogie. Die Grenzwerte für Schwermetalle nach Düngemittelverordnung (DüMV) werden in keinem Fall überschritten.

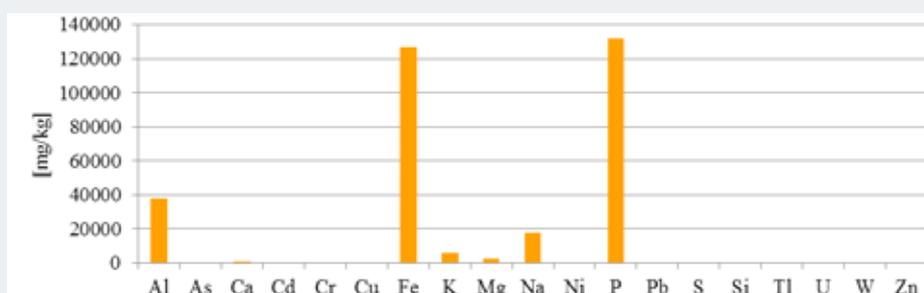


Abbildung 3: Die chemische Zusammensetzung des unbehandelten Rückgewinnungsprodukts wird dominiert von Phosphor und Eisen.

### Pflanzenverfügbarkeit des P-bac® Produktes

Das rückgewonnene Phosphat ist in Wasser nahezu unlöslich. In Citronensäure wird ebenfalls nur eine unzureichende Löslichkeit nachgewiesen. Der neutral Ammoniumcitrat-lösliche Anteil erreicht dagegen fast 100 % (siehe Abbildung 4). Eine im Projekt vorgesehene Konditionierung des „Rohproduktes“ soll die Löslichkeit weiter verbessern.

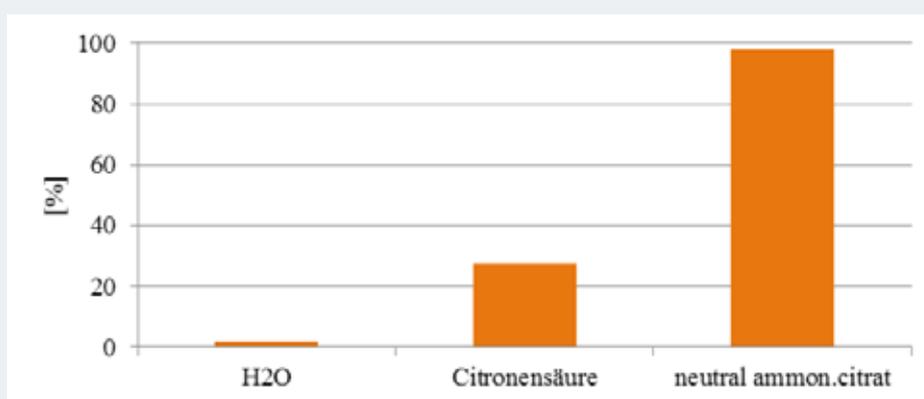


Abbildung 4: Pflanzenverfügbarkeit des P-bac® Produktes in Wasser, Citronensäure und neutral Ammoniumcitrat.

**(Geplante) Verwertung**

Durch die Novellierung der Klärschlammverordnung und der damit verbundenen Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm(-asche) ergibt sich eine hohe Dringlichkeit in der Etablierung wirtschaftlicher Rückgewinnungskonzepte. Das Projekt soll daher entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von der Rückgewinnung über die Reststoffverwertung bis zur Wiederaufbringung des Düngers auf den Ackerflächen, als Basis einer großtechnischen Umsetzung dienen.

# Sektion 12: Digitalisierung und Technik im Pflanzenschutz

## „Sensorgestützte online Detektion von Krankheiten im Getreide (FungiDetect)“

## ”Sensor-based online detection of diseases in cereals (FungiDetect)“

### Projektlaufzeit

01.08.2016 bis 31.07.2019

### Projektkoordinator, Institution

Dr. Karl-Heinz Dammer

Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam

### Verbundpartner

Agricon GmbH, Jahna

TOSS GmbH, Potsdam

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines sensorgestützten Verfahrens zur Erkennung von Gelbrost in Winterweizen. Dazu werden optische Fahrzeug- und UAV-getragene Sensoren getestet. Für eine krankheitsbezogene Bekämpfungsentscheidung ist neben der Detektion des Krankheitsnestes auch die Information über verschiedene Pflanzenparameter wie die Pflanzenoberfläche notwendig. Dies dient zur Beurteilung der lokalen Zielfläche, die von der Spritzflüssigkeit benetzt werden muss und der Beurteilung der Ertrags erwarten (Festlegen der lokalen Spritzmenge).

Ältere Blätter sind stärker mit Krankheiten befallen als jüngere. Vom Projektpartner TOSS wird ein Vertikalsensor im roten und infraroten Spektralbereich entwickelt, um innerhalb des Bestandes den Vitalitätszustand zu erfassen.

Es werden im Verbundprojekt mehrere Sensoren eingesetzt, die erhebliche Datenmengen ortsspezifisch erfassen. Diese Datenmengen müssen für den Landwirt für eine Bekämpfungsentscheidung aufbereitet und für eine spätere Anwendung bereitgestellt werden. Dazu wird ein Datenauswertungs- und Managementsystem auf der Basis von „Agri-PORT“ vom Projektpartner Agricon entwickelt.

### Realisierung

In Feldversuchen werden in drei aufeinanderfolgenden Projektjahren künstliche Infektionen mit einer Sporensuspension des Weizengelbrostes durchgeführt. Die Farbveränderungen an der Bestandsoberfläche (horizontal) werden mit Hilfe von Kameras in unterschiedlichen Skalenebenen (fahrzeuggestützt, UAV-Drohne) erfasst. Mit Hilfe von bildverarbeitenden Klassifizierungsalgorithmen werden zudem die Gelbrostsymptome auf Blattebene aufgrund ihrer formspezifischen Abgrenzung in Nahbildern erkannt. Pilzinfektionen erfolgen ausgehend von den älteren auf die jüngeren Blätter. Zur Erfassung von Farbänderungen unterhalb der Bestandsoberfläche, werden zwei Vertikalsensoren mit unterschiedlichem Wirkmechanismus, die an ein Trägerfahrzeug installiert sind, getestet (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Versuchstraktor mit Sensoren während der Messung.

### Hochauflösende Nahbildaufnahmen

In den Nah-RGB Bildern zur Identifikation von Gelbrostpusteln sind sowohl die Farb- als auch morphologische Informationen enthalten. Diese Datenfülle muss komprimiert werden, was eine Bildverarbeitung notwendig macht. In ersten Analysen wurden verschiedene Ansätze der modernen Bildverarbeitung getestet. Zum Beispiel ergab der „MSER-Blobdetektor“ Unterschiede zwischen Bildern mit und ohne Gelbrostbefall (siehe Abbildung 2). In dem Bild der Kontrollparzelle (links) ergaben sich fälschlicherweise als Gelbrost klassifizierte Bereiche, die jedoch im Vergleich zu der Parzelle mit Gelbrost (rechts) kleiner sind und sich meist nicht auf den Blättern befinden.

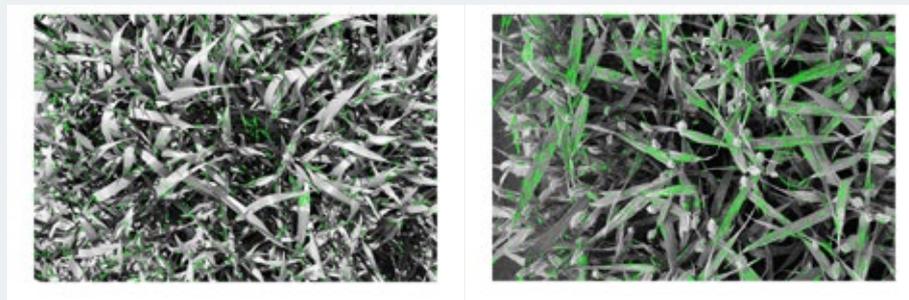


Abbildung 2: Anwendung des MSER-Detektors, grüne Bildpixel: als Gelbrost detektierte Bereiche. links: ohne, rechts: mit Gelbrostbefall.

### Multispektralkamera

Mit der Multispektralkamera kann der grüne Deckungsgrad und die „Grünintensität“ (NDVI) des Pflanzengewebes während der Fahrt ermittelt werden. Die gelbrostinfizierten Parzellen wiesen einen geringeren Deckungsgrad und einen geringeren NDVI auf (siehe Abbildung 3).

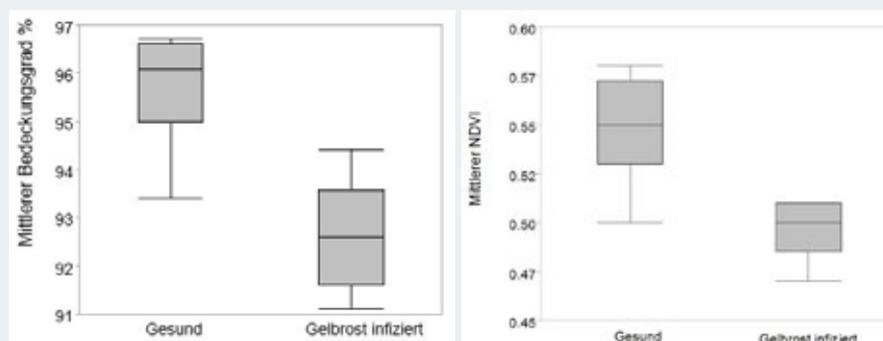


Abbildung 3: Mittlerer Bedeckungsgrad (links) und mittlerer NDVI (rechts) der Multispektralkamera.

### RGB-Vertikalsensor

Der RGB-Vertikalsensor misst die einfallende Lichtintensität in vier Spektralbereichen: Rot 580 – 950 nm, Grün 520 – 580 nm, Blau 400 – 520 nm und im gesamten visuellen Bereich von 450 – 950 nm. Abbildung 4 zeigt die Gegenüberstellung der reflektierten Lichtintensitäten von mit Gelbrost infizierten (rot) und gesunden Weizenpflanzen (grün) der Sorte Kanzler unter standardisierten Beleuchtungsbedingungen. Die infizierten können klar von den gesunden Pflanzen unterschieden werden. Während der ersten Messminute wurde der Topf mit den Pflanzen vor dem Sensor rotiert. Hierdurch ist erwartungsgemäß ein schlechteres Signal zu Rauschverhältnis zu beobachten.

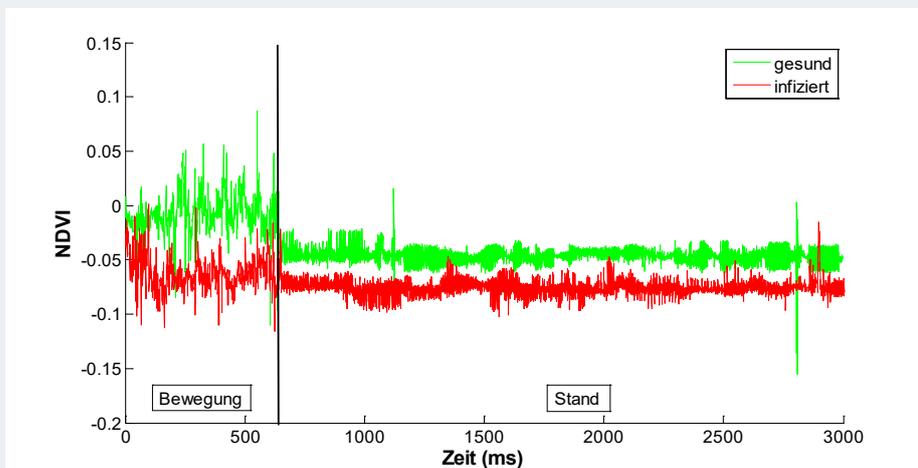


Abbildung 4: Normalisierte Reflexionssignale der Spektralbereiche Grün und Rot des RGB-Vertikalsensors.

Unter Freilandbedingungen während der Überfahrt treten wechselnde Sonneneinstrahlung in Intensität und spektraler Zusammensetzung sowie schnell wechselnde Umgebungsbedingungen, wie z.B. direkter Kontakt zu Pflanzenmaterial bzw. Abstände zu den Blättern auf. Die Sensorebene 3 befand sich etwa auf Höhe der Blattetage F-2, die an diesem Termin einen starken Befall von etwa 80 % aufwies. In diesem ersten Testversuch war eine eindeutige Unterscheidung zwischen infizierten und nichtinfizierten Parzellen nicht möglich. Die Messparameter, die Integrationszeit und die Fahrtgeschwindigkeit, werden in der Versuchsperiode 2018 optimiert.

### agriPORT Managementsystem

Im Menübereich „Planung“ kann „Pflanzenschutz“ und darin die „Fungizidapplikation“ ausgewählt werden. Danach erfolgt die Entscheidung, wonach die Fungizidapplikation gesteuert werden soll. Das zu entwickelnde Modul „Karteneditor“ kann danach angeklickt werden, wonach eine Darstellung erscheint, die in der Abbildung 5 als „Mockup“ abgebildet ist.

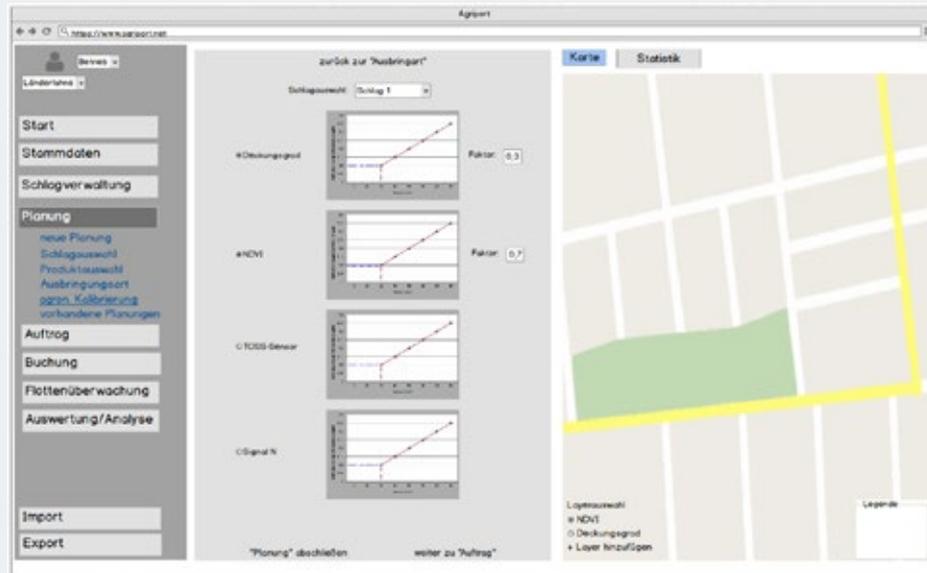


Abbildung 5: Karteneditor zur Verrechnung verschiedener Sensorinformationen.

Im rechten Informationsteil des Bildschirms wird eine Befallskarte entsprechend der Sensormessungen eines oder mehrerer Schläge angezeigt, wonach die teilflächenspezifische Spritzentscheidung abzuleiten ist.

### R/IR-Vertikalsensoren

Dieser Sensor erfasst die Reflexion im roten und infraroten Wellenlängenbereich auf 10 Ebenen und 5 Blickrichtungen im und über dem Bestand in Form einer Anzeige als Intensität sowie als Wert (siehe Abbildung 6).

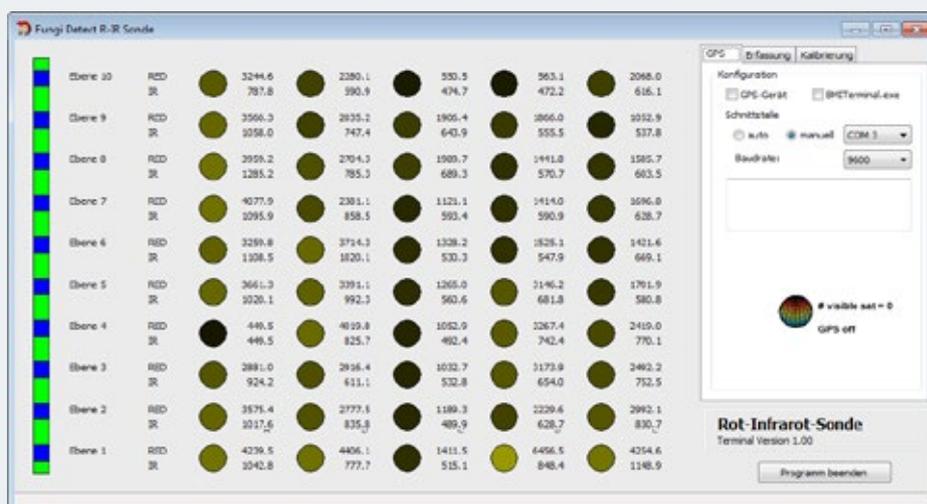


Abbildung 6: Steuerungsmodul und Ergebnisanzeige der Windowsapplikation „TOSS-Terminal R-IR-Sonde“ bei einer Testmessung.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Markteinführung der sensorbasierten Detektionssysteme für Krankheitsnester soll nach Abschluss des Projektes forciert werden. Die Anfragen aus der landwirtschaftlichen Praxis zur Detektion von Krankheitsnestern im Anfangsstadium belegen die Marktnachfrage für diese Problemlösungen.

Es ist geplant, die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse in Fachjournalen mit Peer Review, sowie in Form von Fachbeiträgen auf nationalen und internationalen Tagungen zu veröffentlichen.

Die bisher entwickelten Algorithmen sollen in Praxisversuchen weiter validiert und optimiert werden. Dies gilt insbesondere für

- 1) die Differenzierung von Gelbrost und gesunden Blattmaterial durch spektral differenzierte Intensitätsmessungen
- 2) die Erkennung von Gelbrostbefall aus Kameraaufnahmen mit Methoden des Data Science (z. B. Convolutional Neural Networks) sowie zur Identifizierung und Quantifizierung landwirtschaftlicher Parameter
- 3) die Bestimmung des Blattflächenindex unter Berücksichtigung von Transmissions- und Reflexionseigenschaften der Biomasse.

**„Entscheidungsunterstützung im Pflanzenschutz durch Schädlingserkennung mittels UAV (Schadinspektor)“**

**”Decision Support in Crop Protection: Pest and Disease Identification using UAV Technology (Damage Inspector)“**

**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 31.07.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Bernd Hoffmann

Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz, Bad Kreuznach

**Verbundpartner**

AGRO-SAT Consulting, Baasdorf

Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) e.V., Bad Kreuznach

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Bernburg

Luftfotos24, Ringstedt

## Kurzfassung

### Projektziel

Technologische Entwicklungen im Drohnen- (UAV) und Sensorikbereich sowie sinkende Kosten für deren Einsatz führen zu einer steigenden Bedeutung der luftgestützten Bestandsüberwachung im Ackerbau. Das Projekt Schadinspektor hat zum Ziel, den Mangel an praxistauglichen Verfahren zur Identifizierung und Lokalisierung von Schaderregern anhand von UAV-Bildern zu verringern. Am Beispiel von Feldmaus (*Microtus arvalis*) und Gelbrost (*Puccinia striiformis*) soll eine automatische UAV-Datenauswertung entwickelt werden, die den Befall der beiden räumlich dispers auftretenden Modell-Schaderreger in einer georeferenzierten Karte ausweist. Solche Befallskarten bilden die Grundlage für die teilflächenspezifische Anwendung von Pflanzenschutzmaßnahmen. Sie können somit zur Reduktion von Pflanzenschutzmitteln beitragen und ermöglichen ein ökonomischeres und ökologischeres Wirtschaften im Sinne des integrierten Pflanzenbaus.

### Realisierung

Bei der Realisierung des Projektes wird auf eine umfangreiche Datenaufnahme gesetzt, die die Entwicklung von statistisch validen Analysealgorithmen ermöglicht, die direkt in

der landwirtschaftlichen Praxis Anwendung finden können. Um eine hinreichend große Datengrundlage zu schaffen, werden in Sachsen-Anhalt und Rheinland-Pfalz Praxisflächen mit Befall ermittelt und an den entsprechenden Stellen georeferenzierte Bonituren zu Feldmausaufreten (Wieder-geöffnete-Löcher) und Gelbrost-Befallshäufigkeit und -stärke durchgeführt. Die Untersuchungsflächen werden parallel dazu, je nach Befallsentwicklung auch wiederholt, mit UAV befliegen und Bilder im sichtbaren und nahen Infrarot-Bereich gemacht.

Für die Feldmauserkennung wird eine objektbasierte Bildanalyse angewendet. Das heißt, dass die UAV-Bilder zunächst in Segmente unterteilt werden und jedes der Segmente spektral und räumlich charakterisiert wird. Anschließend werden die Segmente über ihre Lage mit den entsprechenden Boniturdaten verknüpft und anhand dieses Datensatzes ein Modell entwickelt, das basierend auf den Segmenteigenschaften Feldmausbefall prognostiziert.

Die Erkennung von Gelbrost ist aufwendiger, da der Farbunterschied zwischen gering befallenen Gelbrostnestern und gesundem Bestand zu klein ist, um beide mittels der oben genannten Segmentierung voneinander zu trennen. Daher werden mittels des Gradienten einer Vegetationsindexkarte (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) zunächst jene Stellen im Schlag ermittelt, die in irgendeiner Form gestresste Pflanzen aufweisen. Diese Zonen werden dann ähnlich der Segmente bei der Feldmausanalyse charakterisiert und anschließend mit den bonitierten Befallsstärken verknüpft. Abschließend wird analog zur Feldmauserkennung ein statistisches Modell genutzt, um Gelbrostnester zu identifizieren.

Parallel zur Entwicklung der automatisierten Schädlingserkennung wird daran gearbeitet, die auf den entsprechenden Algorithmen aufbauenden Entscheidungshilfen einzurichten, um sie zu Ende des Projektes auf [www.isip.de](http://www.isip.de) verfügbar zu machen.

## **Ergebnisse**

Bis ins Frühjahr 2018 erfolgten im Rahmen des Projektes über 50 UAV-Befliegungen und ein Vielfaches an Bonituren, einerseits zur Vorauswahl der Untersuchungsflächen, andererseits zur Dokumentation der in den Luftbildern erkennbaren Schäden. Erschwert wurde die Datenakquise im Frühjahr 2017 durch den sehr geringen Befall von Feldmäusen und dem zusätzlich sehr späten und vergleichsweise geringen Auftreten von Gelbrost, sodass für beide Schaderreger nur wenige Schläge mit entsprechendem Befall ausgemacht werden konnten.

Nichtsdestotrotz deutet die Auswertung der Luftaufnahmen der Saison 2016/2017 und des Frühjahres 2017/2018 darauf hin, dass die automatische Erkennung von Feldmausschäden im Rahmen des Projektes umsetzbar ist. Statistische Tests des im Frühjahr 2018 aktuellen Algorithmus erreichten eine Genauigkeit von über 95 %, das heißt, dass mehr als 95 % aller bonitierten Feldmausschäden als solche erkannt wurden und, dass über

95 % der vom Algorithmus als befallen ausgewiesenen Stellen auch tatsächlich Feldmausbesatz zeigten.

Die Arbeit an der Gelbrosterkennung ist noch nicht abgeschlossen. Derzeit wird ermittelt, wie groß die Abnahme des Vegetationsindexes in Abhängigkeit von der Gelbrostbefallsstärke ist, um diese Information im Rahmen der oben genannten NDVI-Gradientenanalyse weiter nutzen zu können.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die geplante Verwertung der Ergebnisse des Projektes Schadinspektor konzentriert sich derzeit auf die Umsetzung der entwickelten Erkennungsalgorithmen im Rahmen einer serverbasierten verfügbaren Entscheidungshilfe. Dafür ist vorgesehen, dass Nutzer eigene UAV-Bilder analysieren lassen können und eine Befallskarte des entsprechenden Schlages als Entscheidungshilfe für die weitere Pflanzenschutzplanung als Ausgabe erhalten.

**„Ressourceneffizienter Pflanzenschutz durch einen datenbasierten Multiskalenansatz für die Verfahrenskette: Krankheitserkennung – Entscheidungsunterstützung – bedarfsgerechte Pflanzenschutzmittel-Applikation (MartA)“**

**”Resource efficient plant protection based on a data driven multi-scale approach for the process chain: Diseases detection - decision support - demand specific fungicide application (MartA)“**

**Projektlaufzeit**

01.04.2016 bis 30.06.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Helmut Schomburg

Robert Bosch GmbH, Zentralbereich Forschung und Voraentwicklung,  
Renningen

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Simone Graeff-Hönniger

Universität Hohenheim, Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau, Stuttgart

Dr. René Michels

Cubert GmbH, Ulm

**Assoziierte Partner**

Tim-Randy Sia

AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG, Hasbergen-Gaste

Ole Peters

Bayer CropScience AG, Langenfeld

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Anwendung von sensor- und datenbasierten Methoden im Bereich Pflanzenschutz für eine umwelt- und ressourcenschonende Agrarproduktion gewinnt immer mehr an Bedeutung. Erste kommerziell erhältliche Softwareprogramme und Sensoren ermöglichen bereits die stichprobenartige und manuelle Bestimmung von Pflanzenkrankheiten vor der Applikation bzw. die Berechnung der notwendigen Menge an Pflanzenschutzmitteln während der Applikation. Die automatisierte Online-Erkennung von Krankheiten während der Applikation, die eine entsprechende spezifische Ausbringung von Fungiziden ermöglichen würde, ist jedoch kommerziell nicht verfügbar. Geeignete Sensorsysteme zur Erkennung verschiedener Pflanzenkrankheiten sind am Markt bislang nicht erhältlich.

Zentrale Projektziele sind

- » die Entwicklung einer Entscheidungsunterstützung zur Ermittlung des räumlich und zeitlich optimierten Einsatzes der notwendigen Pflanzenschutzmittel
- » die Identifizierung verschiedener Blattkrankheiten mittels geeigneter Sensorsysteme
- » die Entwicklung einer bildgebenden Identifikation und Anpassung einer geeigneten Multispektralkamera zur Datenaufnahme.

Sowohl die einzelnen Komponenten als auch das System sollen mit dem Fokus auf eine Industrialisierung im Projekt prototypisch dargestellt werden.

### Realisierung

In Abbildung 1 ist die Projektübersicht mit den beteiligten Partnern dargestellt.



Abbildung 1: Übersicht der Projektpartner und Aufgaben.

Um kontinuierlich Daten aufzunehmen, werden über die Laufzeit des Projekts sowohl Gewächshaus- als auch Feldversuche für die beiden Anwendungsfälle Winterweizen und Zuckerrüben konzipiert, angelegt und ausgewertet. Die Gewächshaus- und Feldversuche bilden die Grundlage, um eine breite Datenbasis für die im Projekt zu erarbeitenden Methoden zu schaffen.

Parallel hierzu wird das Hardwarekonzept erarbeitet. Es umfasst unter anderem eine Hyperspektralkamera, um die Daten im Projekt aufzunehmen und vorzuzerarbeiten.

Die Entwicklung der Blattkrankheitserkennung wird in verschiedene Schritte unterteilt. Mit Hinblick auf eine spätere Kommerzialisierung ist es erforderlich, dass aus Kostengründen nur wenige Wellenlängen für die zuverlässige Erkennung nötig sind. Hierzu muss zunächst geklärt werden, welche Wellenlängenbereiche relevant sind. Im Projekt wird dies zunächst mit einem Punktspektrometer mit einem Spektralbereich von 280 bis 2500 nm durchgeführt. Parallel hierzu werden in einem zweiten Schritt mit einer bildgebenden Hyperspektralkamera Daten im Spektralbereich von 450 bis 900 nm

aufgenommen, um die grundsätzliche Machbarkeit der Erkennung im Gewächshaus und im Feld nachzuweisen. Im dritten Schritt wird mit einer für das Projekt angepassten bildgebenden Multikanalkamera für die identifizierten Wellenlängen die Erkennung von Blattkrankheiten im Gewächshaus und im Feld durchgeführt.

Nach der prototypischen Umsetzung der Software- und Hardwarekomponenten werden in Feldtests die erarbeiteten Konzepte validiert und die Ergebnisse bewertet.

### Ergebnisse

Die bisherigen Ergebnisse zur Blattkrankheitserkennung sind sehr vielversprechend. Mit Hilfe der aufgezeichneten Daten aus den erfolgreich durchgeführten Gewächshaus- und Feldversuchen und des entwickelten Hardwarekonzepts konnte zunächst mit dem Punktspektrometer nachgewiesen werden, dass für unterschiedliche Krankheiten in den beiden Anwendungsfällen Winterweizen und Zuckerrüben der Spektralbereich von 450 bis 900 nm diejenigen Wellenlängen enthält, die für eine Unterscheidung der Krankheiten relevant sind. Ebenso konnte die Anzahl Wellenlängen, die für eine sehr gute Erkennung erforderlich sind, auf z. T. deutlich unter acht Wellenlängen reduziert werden.



Abbildung 2: Erste Ergebnisse mit dem Punktspektrometer auf Basis von Gewächshaus- und Felddaten.

In Abbildung 2 ist ein Überblick über die ersten Punktspektrometer Ergebnisse mit Winterweizen dargestellt. Die Reduzierung der berücksichtigten Wellenlängen vermindert die Erkennungsrate nur unwesentlich. Weiterführende Untersuchungen mit dem Spektrometer zur Unterscheidung von verschiedenen Krankheiten bestätigen diese Ergebnisse.

Die hyperspektralen Ergebnisse auf Basis der Gewächshausversuche sind ebenfalls sehr gut und zeigen eine nur unwesentliche Reduzierung der Erkennungsrate von Krankheiten in Winterweizen und Zuckerrüben bei der Verringerung der berücksichtigten Wellenlängen. Die Anwendung dieser Ergebnisse auf Daten auf dem Feld zeigt allerdings deutliche Schwierigkeiten, da zum einen die Lichtverhältnisse innerhalb einer Aufnahme auch unter Verwendung einer Abschattung erheblich schwanken und zum anderen die Blätter nicht mehr zwangsläufig orthogonal zur Kamera ausgerichtet sind, wie in Abbildung 3 dargestellt ist.

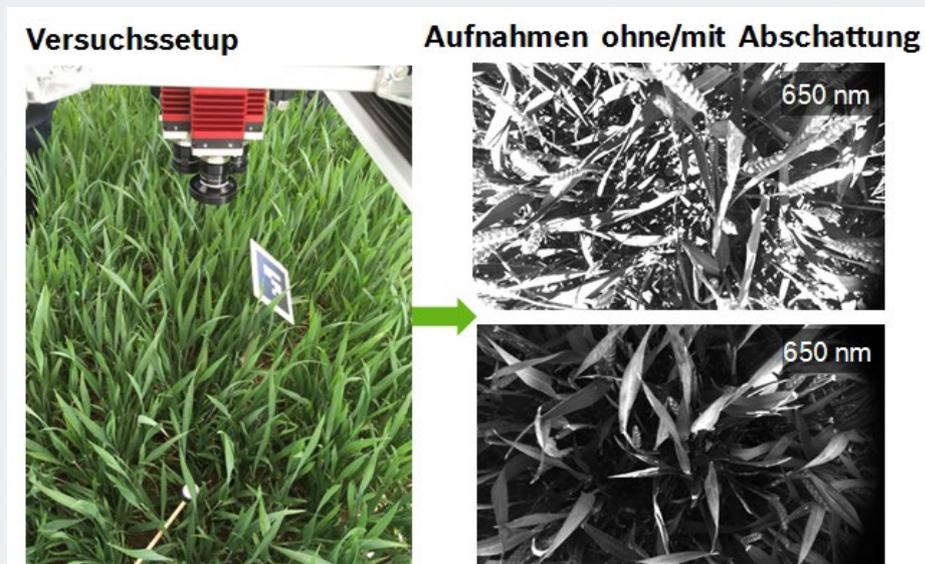


Abbildung 3: Setup im Feldversuch und Aufnahmen bei 650 nm ohne und mit Abschattung.

Im weiteren Verlauf des Projekts wird eine 3D Rekonstruktion von Pflanzen auf Basis von RGB und spektralen Daten umgesetzt, um die störenden Einflüsse der Reflexionen und Transmissionen in Abhängigkeit der unterschiedlichen Blattwinkel zu reduzieren und die lokale Blattgeometrie berücksichtigen zu können. Insgesamt soll die Zuverlässigkeit der Blattkrankheitserkennung auch unter Feldbedingungen signifikant verbessert werden.

#### **(Geplante) Verwertung**

Durch dieses Projekt wird es erstmals ermöglicht, diese einzelnen Komponenten wie z. B. die Blattkrankheitserkennung, die Multikanalkamera und eine Methode zur Ermittlung des räumlich und zeitlich optimierten Einsatzes der notwendigen Pflanzenschutzmittel speziell auch mit dem Fokus auf die Eignung auf eine anschließende Serienentwicklung und eine Industrialisierung prototypisch darzustellen.

Als Produkte kommen sowohl Softwaretools zur Entscheidungsunterstützung als auch Systeme zur Erkennung der Blattkrankheiten während der Applikation, für z. B. Landwirte, Agrarberater, Maschinenhersteller, Erstausrüster oder Lohnunternehmer in Frage.

### „Datafusion in der Pflanzenphänotypisierung am Beispiel von *Cercospora* in Zuckerrüben (DataPlant)“

”Datafusion in plant phenotyping using the example of *Cercospora* in sugar beets (DataPlant)”

#### Projektlaufzeit

04.05.2017 bis 31.10.2020

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Lars Hildebrand

Technische Universität Dortmund, Fakultät für Informatik, Dortmund

#### Verbundpartner

Technische Universität Clausthal, Institut für Energieforschung und Physikalische Technologien, Goslar

KWS SAAT SE, Einbeck

Bayer Digital Farming GmbH, Münster

Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG), Jülich

InfraTec GmbH, Infrarotsensorik und Messtechnik, Dresden

MG Optical Solutions GmbH, Utting/Ammersee

## Kurzfassung

### Projektziel

Blattgesundheit ist ein zentraler Faktor für den erfolgreichen Pflanzenanbau. Blattkrankheiten müssen nicht nur erkannt, sondern der Befall muss auch bewertet werden, so dass im Zuchtprozess Aussagen über Resistenzen getätigt, bzw. beim Anbau gezielte Gegenmaßnahmen getroffen werden können. *Cercospora beticola* ist in Deutschland die wichtigste Blattkrankheit der Zuckerrübe und kann bei extrem starkem Befall zu Ertragseinbußen von bis zu 50 % führen. Ihr Auftreten automatisiert zu detektieren und den Befall zu bewerten, ist Gegenstand des hier vorgestellten Projekts. Abbildung 1 zeigt zwei unterschiedliche Stadien des Befalls.



Abbildung 1: Beginnender und zunehmender Befall mit *C. beticola*.

Es gibt eine Vielzahl von Umwelteinflüssen, die einen Befall begünstigen, z. B. feucht-warme Witterung und ein Reihenschluss. Ziel dieses Projektes ist, Daten mit unterschiedlichen Sensoren zu erheben, zu korrelieren und Merkmale zu identifizieren, die eine automatisierte Bewertung des Befalls zulassen. Zunächst wird eine BigData-Plattform erstellt, welche die Rohdaten aufnimmt. Diese werden mit Methoden des maschinellen Lernens bearbeitet und es werden Merkmale identifiziert, die in die Modellbildung einfließen. Durch dieses Feedback können in einer frühen Phase Merkmale ausgeschlossen werden, die nicht zielführend sind.

Neben der Bearbeitung der Daten umfasst das Projekt jedoch auch die Bereitstellung dieser. Es kommen zum einen Sensoren nach Stand der Technik (Wetterstationen, Geodaten, Hyperspektraldaten im Sichtbaren) zum Einsatz, zum anderen wird aber auch eine Methode erarbeitet, den Befall mit *C. beticola* anhand von Spektroskopie im Infrarotbereich (IR) bildgebend zu detektieren. Nach Abschluss der Laboruntersuchungen wird ein Demonstrator erstellt, mit dem Testmessungen auf Versuchsfeldern durchgeführt werden.

Das Projekt DataPlant verbindet also Techniken des Datenhandlings und der Datenanalyse mit der Erarbeitung neuartiger Sensorik anhand von *C. beticola*. Die Ergebnisse sind in weiten Teilen auch auf andere Blattkrankheiten übertragbar, wenn eine geeignete Auswahl der Wellenlängen und eine Anpassung der Datenauswertung stattfindet.

### Realisierung

Das Projekt gliedert sich in vier Ebenen (Sensor-, Daten-, Analyse- und Nutzerebene), die teilweise parallel bearbeitet werden und im Verlauf des Projektes zusammengeführt werden. Ein zentrales Arbeitsgebiet ist die Sammlung und das Handling der von den Sensoren gelieferten Datenmengen und ihre Bereitstellung zur Analyse und zur Extraktion relevanter Merkmale als Eingabe für die Modelle. Im Folgenden werden die Arbeitsgebiete, sowie die zu verwendenden Methoden skizziert:

- » Sensorebene: Zunächst erfolgen Laboruntersuchungen mit einem weit durchstimmbaren Lasersystem und einem hochauflösenden IR-Messsystem als Detektor. Da

eine aktive „Beleuchtung“ durch den Laser erfolgt, muss die Geometrie des Aufbaus optimiert und den späteren Randbedingungen bei Montage auf einem Traktor angepasst werden. Basierend auf den Laboruntersuchungen und der Identifizierung der nötigen Parameter wird ein felddaugliches System aufgebaut, an einzelnen Pflanzen getestet und zuletzt bei Feldtests eingesetzt. Es erfolgt jeweils eine Validierung gegen derzeit eingesetzte Standardverfahren.

- » Datenebene: Erstellung einer BigData-Plattform basierend auf Apache Hadoop oder ähnlichen Lösungen, um unstrukturierte und große Daten aufzunehmen und nach dem MapReduce Prinzip zu verrechnen. Da Daten mit variierenden Geschwindigkeiten das System erreichen und zudem die Auswertungsdauer unterschiedlich ist, bietet sich parallel zum klassischen Batch-Layer (Hadoop) auch die Integration eines Stream-Layers (z. B. Apache Storm) an.
- » Analyseebene: Durch die großen Fortschritte im Bereich des maschinellen Lernens in den letzten Jahren stehen Methoden zur Verfügung, um große und komplexe Datensätze systematisch auf Zusammenhänge zu untersuchen. So ist es möglich, eine Vorhersage über die zu erwartende Befallstärke für einen bestimmten Pflanzenbestand an einem bestimmten Standort unter Berücksichtigung aller von den Sensoren erfassten Daten. Hier können z. B. interaktive Entscheidungsbäume zum Einsatz kommen. Zur Modellierung von unscharfen oder unsicheren Daten, bietet sich die Integration von possibilistischer und mehrwertiger Logik an.
- » Nutzerebene: Implementierung einer Visual Analytics Ebene, um Tendenzen und Zusammenhänge innerhalb der Daten graphisch aufzubereiten und den Nutzer mögliche Erkenntnisse zu präsentieren

### Ergebnisse

Erste Ergebnisse wurden im Bereich der Datenzusammenführung erzielt. Große Datenmengen aus dem Bereich der hyperspektralen Bildaufnahme können durch geeignete Werkzeuge auf Korrelationen bezüglich der Pflanzeigenschaften untersucht werden. Georeferenzierte Daten können ebenfalls in die Analyse eingebunden werden. Ein System zur Verarbeitung im Rahmen einer BigData-Anwendung befindet sich im Aufbau.

Im Bereich der Sensorik wurden vorab systematische Untersuchungen zur Abgrenzung verschiedener Pathogene (*C. beticola*, echter Mehltau, Rübenrost) auf Zuckerrüben mittels ATR-FT-IR-Spektroskopie vorgenommen. Die Abgrenzung gesunder Blattareale von Blattflecken, verursacht durch *C. beticola*, können nach Anregung mit einem durchstimmbaren QCL-Laser (IR-Bereich) hyperspektral dargestellt und unterschieden werden.

### (Geplante) Verwertung

Die wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse erfolgt im Wesentlichen in zwei Ebenen. Während das neu zu entwickelnde IR-Sensorsystem auch einzeln vertrieben werden kann, liegt bei KWS der Schwerpunkt in der Anwendung im landwirtschaftlichen Umfeld unter Ausnutzung der implementierten Datenplattformen. Nach er-

folgreich durchgeführter Förderphase hat der Demonstrator eine belastbare Machbarkeitsphase im Umfeld realer Feldeinsätze durchlaufen. Um ein marktfähiges Produkt anbieten zu können, ist eine anschließende Entwicklung zur Serienreife notwendig; hierfür werden ca. 3 Jahre veranschlagt.

Neben der Realisierung des Demonstrators erarbeiten die Partner InfraTec und MGOS wichtige Konzepte, die ihr firmeneigenes Portfolio sinnvoll ergänzen und neue Absatzmärkte für ihre Produkte eröffnen. Einzelne Komponenten des neu zu entwickelnden Sensorsystems können durch InfraTec einzeln bereits bei Projektabschluss vermarktet werden. Die Wettbewerbsfähigkeit der bereits bestehenden Produkte wird damit weiter verbessert und gesichert. Damit ist bereits bei Ende des Projektes eine unmittelbare Vermarktung von Projektergebnissen gegeben. Mit der geplanten Thermografieanwendung in der Landwirtschaft wird für InfraTec ein bisher nicht adressierter Markt mit wachsendem Potential erschlossen. MGOS erweitert das Portfolio von IR Hyperspektral Mikroskopen auf den makroskopischen Bereich.

**„Verfahren zur praktikablen Erfassung von Boniturdaten und Nutzung der Daten für den teilflächenspezifischen Pflanzenschutz im Ackerbau (BoniPS)“**

**”Method for the feasible acquisition of rating data and use of the data for site-specific plant protection in agriculture (BoniPS)“**

**Projektlaufzeit**

01.02.2017 bis 31.03.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Jürgen Schwarz

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow

**Verbundpartner**

Rene Kolbe

Pahren Agrar Verwaltungs- u. Vermarktungs GmbH & Co Produktion KG,  
Zeulenroda-Triebes

Bernd Damme

LACOS Computerservice GmbH, Zeulenroda-Triebes

**Assoziierter Partner**

Reinhard Götz

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena

## Kurzfassung

### Projektziel

Die sparsame Anwendung von Pflanzenschutzmitteln ist nicht nur aus ökonomischen Gründen, sondern auch aus Gründen des Natur- und Umweltschutzes dringend notwendig. Unser Anliegen ist es daher, ein Verfahren zu entwickeln, mit welchem Landwirte und Lohnunternehmen einfach und mit Hilfe von Software-Assistenten (App) Pflanzenbestände bonitieren können. Die Datendokumentation kann in Echtzeit durchgeführt werden und mit Hilfe der erhobenen Daten kann eine teilflächenspezifische Applikationskarte für den Pflanzenschutz erstellt und diese dann mit vorhandener Technik (Pflanzenschutzgerät mit GPS-Teilbreitenschaltung) verwendet werden.

## Realisierung

Die zu entwickelnde App soll für den Landwirt einfach beherrschbar sein und eine finanziell realisierbare Nutzung in der Breite der Anwender ermöglichen. Mit Hilfe des Software-Assistenten wird der Nutzer durch eine mehrschichtige Abfolge von notwendigen Schritten geleitet, die ein fachgerecht erstelltes Ergebnis von der Datenerfassung bis zur Erstellung der Applikationskarte sicherstellt. Durch die lückenlose und medienbruchfreie Erfassung, Verarbeitung und Nutzung der Daten von der Vorbereitung der Bonitur bis zur exakten teilflächenspezifischen Ausbringung wird eine völlig neue Qualität der situationsspezifischen und somit sparsamen und umweltschonenden Applikation der Pflanzenschutzmittel möglich. Der Zielstellung, der Begrenzung der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß, kann sich durch dieses Verfahren weiter genähert werden. Dazu sollen durchgängig digital Daten zur Bewertung der Bestandssituation gesammelt werden. Daten aus Prognose-Systemen, Warndienstmeldungen der Pflanzenschutzdienste, Einschätzungen aus vorher durchgeführten Überfahrten der Bestände, Luftbilddaufnahmen und Kenntnisse der Landwirte über Besonderheiten der Schläge können zur fachlichen Unterstützung der Entscheidungsfindung in den digitalen Assistenten einbezogen werden. Zukünftig können auch standortbezogene Wetter-, Klima- und Bodendaten aus eigenen Mess-Stationen berücksichtigt werden.

Dazu wurden Recherchen zu Bilddatenbanken und Bilderrechten für die App durchgeführt. In der App sollen eine Bestimmungshilfe der Schaderreger, inklusive Bilder und kurzer Beschreibung, sowie Schadensschwellen hinterlegt werden.

## Ergebnisse

Im ersten Jahr des Projektes stimmte sich die Projektgruppe sehr intensiv zu den notwendigen Inhalten, zur Benutzeroberfläche und Bedienungsführung ab. Es wurden Recherchen zu notwendigen Programmierwerkzeugen, Programmstruktur, Datenbankdesign, Schnittstellen zu Im- und Export von Daten angestellt und Festlegungen getroffen.

Aufgrund der Marktdurchdringungen wird die App für das Betriebssystem Android programmiert werden, ggf. noch im Betriebssystem iOS. Diese beiden Betriebssysteme haben auf dem Handy und Tablet-Markt eine große Verbreitung.

Nach der Bestätigung von Inhalt und Design des Assistenten durch die Projektgruppe wurde eine erste Testlösung mit der Kernfunktionalität entwickelt. Seit Mitte April 2018 wird diese Lösung in Pahren intensiv getestet.

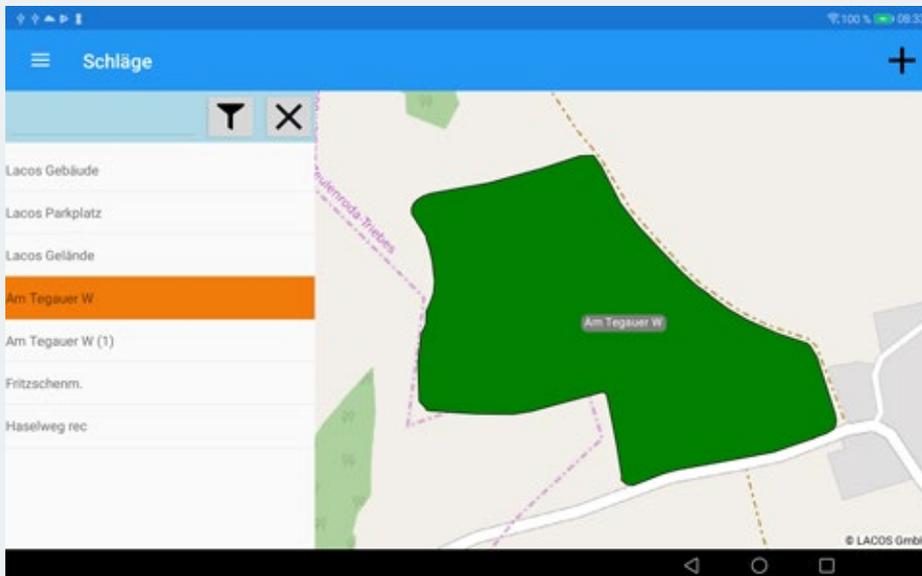


Abbildung 1: Screenshots der App (Test-Version).

### **(Geplante) Verwertung**

Es ist geplant, aus dem Projekt heraus ein Programm für Smartphone/Tablets zu entwickeln und zu vertreiben. Zielgruppe ist ein möglichst breiter Kreis von Landwirten und Lohnunternehmen. Der Vertrieb soll über die üblichen App-Shops, aber vor allem auch über die Hersteller der Pflanzenschutztechnik, die die GPS-Teilbreitenschaltung bereits in ihre Maschinen integriert haben, erfolgen. Zu diesen Herstellern (AMAZONE, Dammann, Horsch, ...) hat LACOS langjährige Lieferbeziehungen. Hier sehen wir eigentlich den größten Markt. Das Programm bietet beste Voraussetzungen, um diese Technik besser und effektiver einzusetzen.

Es wurde ein Geschäftsmodell für o. g. Zielgruppe entwickelt und ein erster Flyer für OEM (Original Equipment Manufacturer)-Partner entworfen. Für das Jahr 2018 sind die ersten Gespräche geplant.

**„Entwicklung einer Robotik-Lösung zur Schneckenbekämpfung in der Landwirtschaft (MSR-bot)“**

**“Development of a robotic solution to detect and fight slugs (MSR-bot)”**

**Projektlaufzeit**

01.11.2016 bis 31.10.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Oliver Hensel

Universität Kassel, Fachgebiet Agrartechnik, Kassel

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Jens Karl Wegener

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

Frank Hemmerich

KommTek Intelligente Lösungen GmbH, Osterburken

## Kurzfassung

### Projektziel

Nahezu jede Kulturart kann von Schnecken befallen werden, was zu empfindlichen Ertrags- und Qualitätsverlusten führen kann. Zudem sind Schnecken Schlüsselschädlinge in der extensiven Landwirtschaft. Pfluglose Bewirtschaftung und der Anbau von Zwischenfrüchten verschärfen die Schneckenproblematik, da diese Faktoren den Schnecken Möglichkeiten bieten, ganzjährig Nahrung und Rückzugsraum zu finden. Als Konsequenz der Massenvermehrung von Schnecken wird in den Rapsanbaugebieten Europas die Applikation von Schneckenködern als „Routine-Maßnahme“ durchgeführt. Allerdings werden bei der Applikation von Schneckenködern nur die Schnecken bekämpft, die sich auf der Bodenoberfläche befinden. Nacktschnecken, die sich im Boden befinden, werden nicht geschädigt, sodass diese Interventionsmöglichkeit ein nur unzureichendes Ergebnis erzielt.

Ziel des Projektes ist es, eine alternative Robotik-Lösung zu entwickeln, die Schnecken über Sensoren erkennt und sie bekämpft. Durch den gezielten Einsatz eines Roboters ist eine Steigerung des Bekämpfungserfolges zu erwarten. Neben der Möglichkeit die Umwelt zu schonen, können Betriebsmittel und Arbeitszeit eingespart werden.

## Realisierung

Im ersten Projektjahr wurde ein Trägerfahrzeug gebaut, welches autonom per GPS über eine Fläche navigiert. Zudem wurde ein Sensor zur Schneckenerkennung entwickelt, der über eine digitale Bildverarbeitung verfügt, um Schnecken auf dem Feld zu erkennen. Im zweiten Projektjahr wird der Sensor in Feldversuchen getestet. Dabei sollen Daten über das quantitative Schneckenverhalten gesammelt werden. In diesem Zusammenhang wurde eine intensive Literaturrecherche zum Schneckenverhalten durchgeführt, die als Grundlage für die antizipierende Steuerung der Robotik-Lösung dient. Im dritten Jahr werden die einzelnen Module zusammengefügt und die Funktionalität des Systems nachgewiesen. Weiterhin wird überprüft, ob das System zur Bekämpfung anderer Schädlinge (z. B. Mäuse) weiterentwickelt werden kann.

## Ergebnisse

Die Firma KommTek GmbH hat ein Trägerfahrzeug entwickelt. An das Trägerfahrzeug wird ein auf dem IGUS Linearantrieb basierender Manipulatorarm montiert. Der Roboter ist 1.130 mm lang, 2.428 mm breit und 710 mm hoch.

Das Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel befasst sich mit der Entwicklung eines Erkennungsmoduls zur Detektion von Schnecken. In Versuchen wurden die optischen Eigenschaften von Schnecken und verschiedener Böden ermittelt. Ziel des Versuches war es Unterschiede zwischen den Reflexionsspektren der Schnecken und ihrer Umgebung, den Ackerböden, zu finden. Es wird deutlich, dass die Schnecken bei 950 nm Lichtwellenlänge weniger stark reflektieren als die untersuchten Böden. Dies bietet die Möglichkeit, Schnecken zu segmentieren mit Hilfe eines Filters und dem Roboter für eine gezielte Bekämpfung sichtbar zu machen.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist die Entwicklung des Steuerungsmoduls für die Robotersteuerung. Für das Steuerungsmodul wurden verschiedene Optionen der Routenplanung erdacht, die ein lernendes Verhalten des Roboters ermöglichen. Der Roboter fährt, anhand von Erfahrungswerten des Anwenders, gezielt schneckengefährdete Bereiche an oder erkundet selbstständig im Zufallsmodus eine Fläche, sammelt Informationen und plant daraus seine Route selbstständig. Zum Erreichen der notwendigen Schlagkraft dient das Hotspot-Verfahren. Bei diesem Verfahren werden Bereiche mit hohem Schneckenauftreten definiert, zwischen denen sich der Roboter auf der kürzesten Route bewegt.

Das Julius Kühn-Institut hat als Grundlage für die Navigation des Roboters Daten zum Schneckenverhalten im Rahmen von intensiven Literaturrecherchen gesammelt. Es stellt sich heraus, dass der Lebenszyklus von Schnecken stark von Umweltfaktoren beeinflusst wird. Um Anhaltspunkte zur Aktivität und Populationsentwicklung der Schnecken zu erhalten, sind präzise Wetterdaten mit täglich aktuellen Werten Grundvoraussetzung.

Weiterhin wird anhand von Laborversuchen ein geeignetes Werkzeug (Manipulator) entwickelt, welches Schnecken sicher und energieeffizient bekämpft. Aus Gründen zukünftiger Anschaffungskosten des Endprodukts und aus Gründen der Energieeffizienz werden zunächst mechanische Werkzeuge auf ihre Eignung geprüft. Die zu überprüfenden Werkzeuge sind so konzipiert, dass verschiedene mechanische Bekämpfungsprinzipien (Schneiden, Stechen, Stanzen, Quetschen, etc.) getestet werden können.

#### **(Geplante) Verwertung**

Nach Projektende wird der MSR-bot von der Firma KommTek GmbH zur Serienreife weiterentwickelt. Das Ziel der Firma ist, über die Nische der Schädlingsbekämpfung auf den Markt zu kommen und mit ihrer Roboterplattform eine Grundlage für weitere agrarische Aufgaben zu schaffen.

Das Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel erhofft sich einen wissenschaftlichen Fortschritt im Bereich der digitalen Bildanalyse und der Sensorik-Aktorik Verknüpfung.

Das Julius Kühn-Institut nutzt die Erkenntnisse aus dem Projekt, um seine Expertise im Bereich der physikalischen und nichtchemischen Anwendungsverfahren im Pflanzenschutz auszubauen. Zudem kann das Institut neues Wissen und Erfahrungen im Bereich der Feldrobotik und Automatisierung generieren.

**„Entwicklung von Methoden zum präsymptomatischen und spezifischen Nachweis von Rebkrankheiten wie Esca, Phytoplasmosen und Virosen als Grundlage für ein regionales Monitoring im Weinberg und die Entwicklung von Bekämpfungsstrategien (BigGrape)“**

**”Development of pre-symptomatic and specific detection methods of grapevine diseases like esca, phytoplasmoses and viruses as a basis for regional monitoring of vineyards and the development of control strategies (BigGrape)“**

**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 30.06.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Reinhard Töpfer, Dr. Anna Kicherer  
Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof, Siebeldingen

Prof. Dr. Michael Fischer, Dr. Michael Maixner  
Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Siebeldingen

Steffen Kecke  
Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
Zentrale Datenverarbeitung, Quedlinburg

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Udo Seiffert  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.,  
Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF), Magdeburg

Henning Hühnemohr, Aron Kirschen  
Lilienthal Digitaler Weinbau GmbH, Wiesbaden

## Kurzfassung

### Projektziel

Im Laufe eines Jahres muss sich die Weinrebe, *Vitis vinifera* L., gegen eine Vielzahl an Schädlingen und Schaderregern behaupten. Für einige dieser Pathogene wie den Echten und Falschen Mehltau gibt es bereits wirksame Pflanzenschutzmittel – im Gegensatz dazu sind für Esca, Phytoplasmosen und Virosen bisher noch keine geeigneten Bekämpfungsmethoden vorhanden. Diese Pathogene können latent in Reben vorkommen, ohne Symptome zu zeigen, aber letztendlich zu Ertrags- und Qualitätsverlusten führen und teilweise auch zum Absterben des kompletten Rebstocks. Da die Pilze des Esca-

Komplexes, Phytoplasmen und Viren pfropfübertragbar sind, ist eine Verbreitung mit dem Pflanzgut nicht ausgeschlossen, weshalb die Frühdiagnose von besonderer Bedeutung ist. Ziel des BigGrape-Projekts ist deshalb die Entwicklung und Etablierung neuer Methoden zum präsymptomatischen und spezifischen Nachweis dieser Rebkrankheiten, welche dann als Grundlage für ein regionales Monitoring im Weinberg und die Entwicklung von entsprechenden Bekämpfungsstrategien dienen sollen.

### Realisierung

Die Frühdiagnose von Esca, Phytoplasmosen (Schwarzholzkrankheit) und Virosen (Blattroll- und Reisigkrankheit) soll nicht-invasiv durch den Einsatz von spektralen Sensoren erfolgen. Aus gesunden und infizierten Reben wurden Stecklinge hergestellt, welche im Gewächshaus unter kontrollierten und standardisierten Bedingungen von Hyperspektralkameras (400 – 2.500 nm) regelmäßig aufgenommen wurden. Parallel dazu wurden im Freiland ausgewählte Versuchsflächen erfasst. Hierzu wurde der Phenoliner – eine neue Phänotypisierungsplattform – etabliert. Ausgestattet ist er mit einem georeferenzierten (i) Multikamerasystem und (ii) dem hyperspektralen Sensorsystem. Der Phenoliner fungiert als fahrbarer Tunnel, wodurch im Inneren gleichmäßige Lichtbedingungen und ein einheitlicher Hintergrund gewährleistet sind. Dadurch werden Aufnahmen unter standardisierten Bedingungen im Feld ermöglicht.

Von den Versuchsflächen sowie weiteren Flächen aus der Weinbaupraxis wurden zudem luftgestützt per Drohne multispektrale Daten (475 – 840 nm, 5 spektrale Bänder) erhoben, um die Anwendbarkeit des Systems für die Weinbaupraxis, Rebenvermehrer und -züchter zu überprüfen. Die Aufnahme der Spektraldaten erfolgte mehrjährig in regelmäßigen Zyklen während der Vegetationsperiode.

Begleitend wurden visuelle Bonituren des Entwicklungsstadiums (BBCH) sowie des Gesundheitszustands der Reben durchgeführt. Der Gesundheitszustand der Gewächshaus- und Freilandreben wurde zudem molekular per PCR und/oder ELISA überprüft.

Als Grundlage für die Krankheitserkennung wurden verschiedene Rebsorten sowohl im Gewächshaus als auch im Freiland hyperspektral erfasst. Unterschiede zwischen deren Spektraldaten sollten detektiert werden und sofern vorhanden in die Krankheitsauswertung mit einfließen, sodass die korrekte Identifizierung der Pathogene mittels Spektralanalyse unabhängig von möglichen Sorteneinflüssen erfolgen kann.

### Ergebnisse

In Freilandtests des Phenoliners wurde gezeigt, dass Umwelteinflüsse keinen bzw. nur einen geringen Einfluss auf die Datenaufnahme haben. So können unabhängig von der Tageszeit und Aufnahmerichtung der Rebzeile hyperspektrale Bilddaten erhoben werden. Auch die multispektrale Erfassung der Flächen per Drohne kann aufgrund eines Aufsichtssensors unbeeinflusst von den herrschenden Lichtbedingungen erfolgen.

Zwischen den Spektren ausgewählter national und international bedeutender Rebsorten konnten Unterschiede nachgewiesen werden. Die einzelnen Sorten konnten nicht klar voneinander unterschieden werden, es kam im VNIR-Bereich allerdings zu Gruppierungen verschiedener Sorten mit ähnlichen Spektren. Im SWIR-Bereich kamen diese Gruppierungen nicht vor, hier konnten jedoch einzelne Sorten deutlich abgetrennt werden.

Die Detektion von Esca erfolgte nur im Freiland, da infizierte Gewächshaus-Stecklinge in der Regel keine Symptome zeigen. Die Symptome wurden hyperspektral erfasst und analysiert. Hierbei musste vor allem auf die Wahl des passenden Bildausschnittes unter Berücksichtigung der Bogenrichtung geachtet werden.

Phytoplasmosen (Schwarzholzkrankheit) und Virose (Blattrollkrankheit) wurden bisher nur anhand von Gewächshauspflanzen untersucht. Bei beiden Krankheiten konnte deutlich zwischen gesunden und infizierten Pflanzen unterschieden werden. Die Schwarzholz- und Blattrollkrankheit zeigen sehr ähnliche Symptome, weshalb die Spektren symptomatischer Pflanzen miteinander verglichen wurden. Dabei zeigte sich, dass die beiden Krankheiten deutlich voneinander zu unterscheiden sind. In einem nächsten Schritt sollen Phytoplasmosen und Virose auch im Freiland analysiert werden.

Aus den Multispektraldaten konnten bisher noch keine eindeutigen Ergebnisse gewonnen werden. Sobald jedoch Indices zur Erkennung der einzelnen Krankheiten aus den hyperspektralen Daten erstellt wurden, sollen diese auf die Multispektraldaten angewendet werden und deren Eignung zur Krankheitsdetektion nochmals überprüft werden.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die Ergebnisse des Vorhabens können in der Rebenzüchtung für die Entwicklung neuer Selektionsverfahren zur Charakterisierung genetischer Ressourcen verwendet werden. Die Forschung erhält durch die Ergebnisse verbesserte Informationen, welche zur Entwicklung von Bekämpfungsstrategien der untersuchten Rebkrankheiten verwendet werden können. Zusätzlich lassen sich so Handlungsempfehlungen für die Weinbaupraxis ausarbeiten.

Es ist vorstellbar, dass sich auch Anwendungen für die Praxis ableiten lassen. Dazu sind in einem nächsten Schritt Vereinfachungen der Methodik notwendig, wie der Einsatz von Multispektralsensoren aus der Luft oder am Fahrzeug montiert. Dies würde dem Weinbau die Optimierung des Monitorings (Bestandsführung) von aktuell nicht behandelbaren Rebkrankheiten ermöglichen sowie der Rebenvermehrung neue Möglichkeiten der phytosanitären Selektion bieten. So könnten infizierte Pflanzen vor der Vermehrung bereits frühzeitig aussortiert werden. Es ist ebenfalls vorstellbar, auf Basis der Ergebnisse dieses Projektes einen „Krankheitserkennungssensor für Weinreben“ zu entwickeln und kommerziell zu vermarkten. Dieser könnte drohnenbasiert oder als Handgerät umgesetzt werden.

**„Erprobung eines elektrischen Verfahrens zur Krautsikkation in Kartoffeln (ElektroSiKa)“**

**”Test of electrocution as a method for haulm desiccation in potatoes (ElektroSiKa)“**

**Projektlaufzeit**

16.08.2017 bis 31.07.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Gerhard Baumgärtel, Burkhard Wulf  
Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich 3.8 – Pflanzenbau,  
Saatgut, Hannover und Munster-Dethlingen

**Assoziierter Partner**

Dirk Vandenhirtz, Matthias Eberius  
Zasso GmbH, Aachen

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Krautminderung in Kartoffeln hat sich in den letzten Jahren zu einem mehrstufigen Verfahren entwickelt, das neben der eigentlichen Beendigung des Pflanzen- und Knollenwachstums durch die Austrocknung der Pflanzen auch weitergehende physiologische Aspekte zur Produktqualität berücksichtigt. In dieser Verfahrensgestaltung nehmen chemische Sikkative, vor allem jene mit dem Wirkstoff Deiquat, bei der physiologischen Umstellung der Pflanzen, der Öffnung des Blätterdaches und/oder der abschließenden Sikkation des Kartoffelbestandes eine zentrale Stellung ein. Angesichts der Unsicherheit bei einer Re-Registrierung chemischer Krautminderungsmittel sowie dem wachsenden Verbraucherwunsch nach einer umweltverträglichen Produktion sowie möglichst rückstandsarmen Nahrungsmitteln besteht ein Bedarf nach alternativen Sikkationsmöglichkeiten.

Vor dem Hintergrund ist es das Ziel dieses Projektes, die Kartoffelkrautsikkation durch Strom mit hoher elektrischer Spannung zu untersuchen. Hierzu wird die Wirksamkeit der Electroherb-Technik mit in der Praxis etablierten Verfahren verglichen sowie Auswirkungen dieser Stromapplikation auf die Knollenqualität, die Haltbarkeit und die spätere Verarbeitungsfähigkeit der Kartoffeln analysiert.

### Realisierung

Am Standort Dethlingen (S, AZ 22) erfolgte im Jahr 2017 die Anlage größerer Parzellen mit vorgekeimtem Pflanzgut zweier früher Kartoffelsorten für den Ersteinsatz der elekt-

rischen Krautminderung. Mit dem keimgestimmten Pflanzgut zweier später abreifender, mittelfrüher Sorten wurden randomisierte Parzellenversuche für den späteren Verfahrenvergleich (siehe Ergebnisse) angelegt. Die Bestandsführung der Versuchsflächen erfolgte betriebsüblich.

Im Vorfeld hat der Verbundpartner Zasso erste Tastversuche mit dem Ziel einer breitflächigen Berührung möglichst vieler Blätter bei gleichzeitiger Schonung der Pflanzen durchgeführt. Dabei erwiesen sich schmalgliedrige Schlaufenapplikatoren als am effektivsten, die zudem noch eine gute Anpassung an die Dammprofile erwarten ließen. Die Schlaufenapplikatoren wurden zu 0,2 m breiten Grundeinheiten zusammengefasst und für die sichere Einhaltung eines effektiven Stromflusses vom ersten Pol über die Pflanzen zum zweiten Pol in zwei Reihen mit einem Abstand von 0,8 m angeordnet (siehe Abbildung 1). Unter Berücksichtigung der Arbeitsbreite von 2,5 m und einer etwaigen Fahrgeschwindigkeit zwischen 1 und 5 km/h erschien eine im Heck des Traktors angebaute und zapfwellenbetriebene Einheit aus Generator und Transformator mit einer maximalen elektrischen Leistung von 60 kW ausreichend.



Abbildung 1: Krautminderungsgerät mit Applikatoren in Front- sowie Einheit aus Generator und Transformator im Heckanbau (bis 10.000 V, bis 100 A, Wechsel- oder Gleichstrom).

Im Ersteinsatz unter realen Feldbedingungen in den beiden vorgekeimten Kartoffelsorten wurde eine grobe Einstellung der elektrischen Leistung in die Stufen „gering/mittel/hoch“ vorgenommen und eine vergleichsweise geringe Fahrgeschwindigkeit von 1,2 km/h gewählt. Schwierigkeiten bereitete eine Wirksamkeitskontrolle an den Pflanzen, da direkt nach dem Einsatz des Stromes weder Verfärbungen noch strukturelle Veränderungen an den Pflanzenteilen auftraten.

## Ergebnisse

Zum eigentlichen Verfahrenvergleich gehörten im Jahr 2017 neun verschiedene Krautminderungsvarianten. Am Folgetag zeigten die mit Strom behandelten Pflanzen an den Stängeln vielfach erste weiße Flecken, die auf eine Schädigung des Chlorophylls hindeuteten. Zudem war ein sichtbarer Turgorverlust der Gesamtpflanze zu beobachten, der in Abhängigkeit von der abgegebenen elektrischen Energie anstieg und auf eine Schädigung der wasserführenden Zellen schließen ließ. Diese Austrocknungstendenzen setzten sich bei den weiteren Boniturterminen fort. Äußerlich sichtbare Knollenschädigungen waren nur feststellbar, wenn diese Kartoffeln durch eine fehlende Erdbedeckung in direktem Kontakt mit den stromführenden Schlaufenapplikatoren kamen. Während der anschließenden Bonituren zeigten alle Stromvarianten, unabhängig vom vorherigen Einsatz eines Krautschlägers (KS), ein mit den praxisüblichen Varianten vergleichbares Austrocknungsverhalten (siehe Abbildung 2).

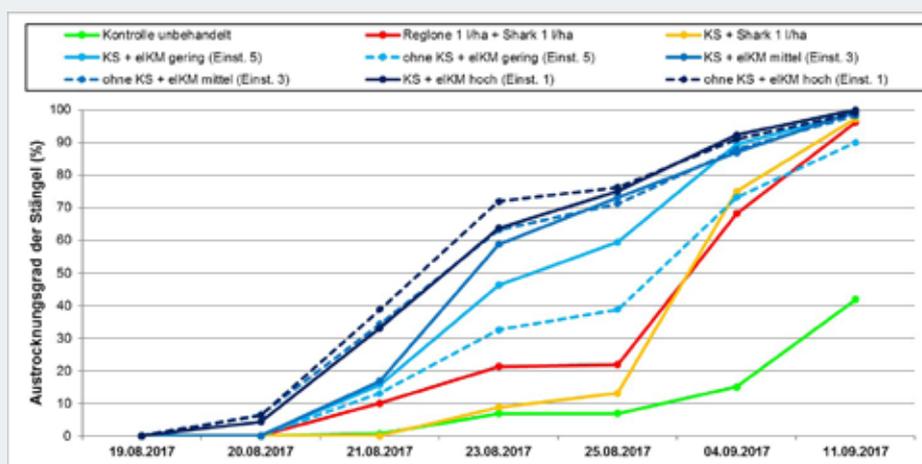


Abbildung 2: Entwicklung des Austrocknungsgrades der Stängel von Kartoffelpflanzen im Mittel von zwei Sorten in Abhängigkeit von der Krautminderung am Standort Dethlingen (2017).

Vier Wochen nach der Krautminderung war in drei Elektro-Varianten an einzelnen Pflanzen ein leichter Wiederaustrieb zu erkennen, der aber auch auf die (noch) unzureichende Arbeitsbreite des elektrischen Krautminderungsgerätes von 2,5 m zurückzuführen sein könnte.

Keine Unterschiede zu den chemischen Krautminderungsvarianten zeigten die sechs Strom-Varianten für die nachfolgenden ertrags- und qualitätsbestimmenden Parameter:

- » Schalenfestigkeit
- » Knollenertrag und Sortierfraktion innerhalb des Erntegutes
- » Stärkegehalt
- » Befall mit *Rhizoctonia*-Symptomen
- » Gehalt an reduzierenden Zuckern und Saccharose

- » Gehalt an Glykoalkaloiden
- » Keimverhalten.

Bei der weiteren Bonitur der gewaschenen, noch ganzen Knollen zeigte sich vor allem in den elektrisch krautgeminderten Varianten gegenüber der Kontrolle sowie den praxisüblichen Verfahren ein verstärktes Auftreten von Nabelendnekrosen. Die Unterschiede waren zwar nur in Einzelfällen statistisch absicherbar, aber es gab eine erkennbare Tendenz, dass die Befallshäufigkeit der äußerlich sichtbaren Nabelendnekrosen mit zunehmendem Stromeinsatz ansteigt und das Krautschlagen dann noch zu einer weiteren Verstärkung der Symptomausprägung führt. An den geschnittenen Knollen waren vergleichbare Tendenzen in der mittleren und hohen Energiestufe bei den Nabelendnekrosen zu beobachten. Zudem wurden an den Knollenhälften sowohl ausgeprägtere Gefäßbündelverbräunungen als auch z. T. deutliche Schädigungen des Kerngewebes festgestellt. Hierbei zeigte sich wiederum ein Einfluss der Energieintensität und des vorherigen Krautschlagens der Parzellen, wobei auch sortenspezifische Effekte nachzuweisen waren. Für die Gewebeschädigungen zeigte sich eine klare Dosis-Wirkung-Beziehung, so dass von einer nachhaltigen Reduktion auszugehen ist, wenn die aufgewendete elektrische Energie weiter reduziert und die kontinuierliche Einhaltung der vorgegebenen Energiedosis regeltechnisch verbessert werden können.

#### **(Geplante) Verwertung**

Mit den gewonnenen Erkenntnissen ist neben einer differenzierten, praxisnahen Einsatzempfehlung auch eine neutrale Bewertung der alternativen Krautminderungstechnik verbunden. Die Ergebnisse werden sowohl durch das bundesweite Netzwerk der Landwirtschaftskammer Niedersachsen als auch über die Union der Deutschen Kartoffelwirtschaft zeitnah und zielgerichtet an alle Beteiligten innerhalb der Kartoffelwertschöpfungskette weitergeleitet.

Die Erfolgsaussichten der elektrischen Krautminderung bei Kartoffeln hängen letztlich vom (weiteren) Auftreten der erwähnten inneren Qualitätsmängel, aber auch von den zu erwartenden Verfahrenskosten ab. Sofern letztere auf ein wettbewerbsfähiges Niveau gebracht werden können, wäre die Markteinführung dieser innovativen Technologie durch das Unternehmen Zasso GmbH die Folge.

# Sektion 13:

## Pflanzenzüchtung II

„Pilzresistenz in Mais durch Kombination genetischer und molekularer Ressourcen mittels Präzisionszüchtung (PRIMA)“

”Improving fungal resistance in maize by combining genetic and molecular resources using precision breeding (PRIMA)“

### Projektlaufzeit

19.05.2017 bis 18.05.2020

### Projektkoordinator, Institution

Dr. Thomas Presterl  
KWS SAAT SE, Einbeck

### Verbundpartner

Universität Hohenheim, Landesanstalten & Versuchsstation, Landessaatzuchtanstalt, Stuttgart

Georg-August-Universität Göttingen, Fachgebiet Allgemeine Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Göttingen

Universität Hamburg, Biozentrum Klein Flottbek, Hamburg

### Kurzfassung

#### Projektziel

Ziel des Projektes ist die Verbesserung der Resistenz von Mais gegenüber Kolbenfäulen, verursacht durch *Fusarium spp.*, und Turcicum-Blattdürre, verursacht durch den Pilz *Setosphaeria turcica*.

#### Realisierung

PRIMA kombiniert Methoden der Phytopathologie und der molekularen Züchtung und beinhaltet folgende Arbeitsfelder: i) Entwicklung neuer Methoden für die gezielte Nutzung tropischer genetischer Ressourcen in der Züchtung und Erhöhung der Biodiversität für Resistenz, ii) phytopathologische Studien zur Analyse von Arten- und Rassenspektren von *Fusarium spp.* und *S. turcica* und deren klimazonale Relevanz sowie Prüfung

der Temperaturabhängigkeit der Resistenzen in Maislinien und iii) Untersuchung der Wirksamkeit und biotechnologische Entwicklung einer neuartigen Resistenzquelle.

### **Ergebnisse**

Feld- und Laborarbeiten werden wie geplant durchgeführt und erste Ergebnisse sind im Herbst 2018 zu erwarten.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Zusammenführung aller Ansätze wird direkt zu innovativen Methoden für eine nachhaltige Resistenzzüchtung gegen pilzliche Erreger in Deutschland und auch international führen. Die Ergebnisse werden von den akademischen Partnern publiziert. Der Zuchtfortschritt wird durch den Wirtschaftspartner KWS den Landwirten innerhalb weniger Jahre nach Projektende zur Verfügung gestellt werden.

**„Verbesserung der Resistenz von Mais gegenüber dem *Fusarium*-Kolbenfäule-Komplex – relevantes Artenspektrum, Mykotoxinbelastung und Reaktion von Maisgenotypen (EarRot)“**

**“Improvement of resistance in maize to *Fusarium* ear rot: Relevant range of species, mycotoxin contamination and responses of maize genotypes (EarRot)“**

**Projektlaufzeit**

01.05.2017 bis 30.04.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Stefan Lütke Entrup

Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e.V. (GFPI), Bonn

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Andreas von Tiedemann, Annette Pfordt

Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Göttingen

Prof. Dr. Petr Karlovsky, Simon Schiwiek

Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Molekulare Phytopathologie und Mykotoxinforschung, Göttingen

## Kurzfassung

### Projektziel

Im Mittelpunkt des EarRot-Projektes steht die Erfassung der aktuell in Deutschland vorkommenden *Fusarium*-Arten an verschiedenen Maisorganen, deren genaue taxonomische Einordnung und phytopathologische Bewertung sowie eine Risikobewertung bezüglich der daraus resultierenden Mykotoxinbelastung erzielt werden soll. Ziel des EarRot-Projektes ist außerdem die Aufklärung der wesentlichen biotischen Komponenten der *Fusarium*-Kolbenfäule unter den gemäßigten Klimabedingungen Deutschlands im Körner- und CCM-Maisanbau, sowie die Identifikation von Maisgenotypen mit verbesserter Resistenz gegenüber den für die Kolbenfäule relevanten Arten.

### Realisierung

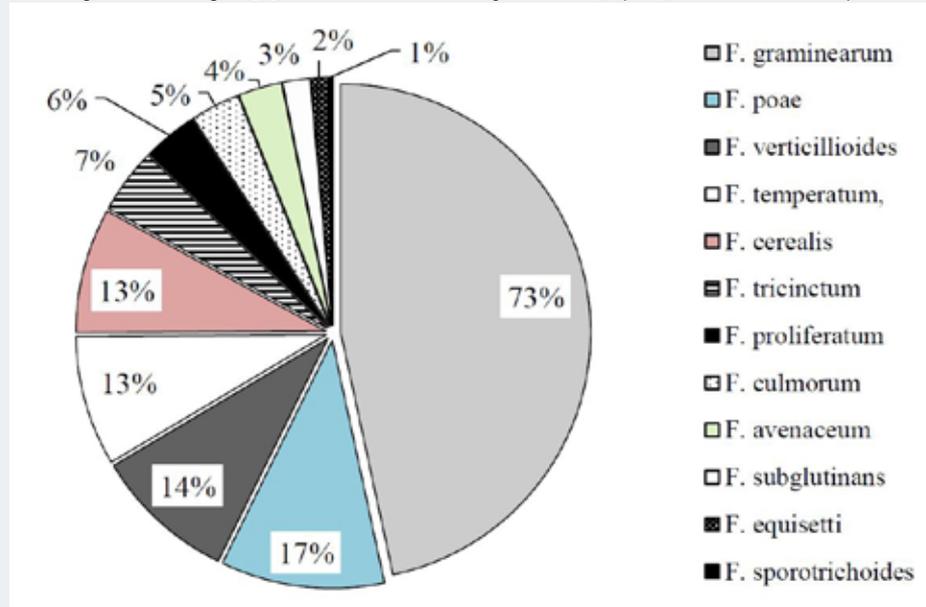
Von 42 Standorten in Deutschland wurden im Jahr 2017 insgesamt 189 Maiskolben- und 112 Stängelproben gesammelt und das vorhandene *Fusarium*-Artenspektrum sowie die Mykotoxinbelastung untersucht. Aufgeteilt in Körner, Spindel und Stängel dienten diese Proben als Ausgangsmaterial für die Isolation der vorhandenen *Fusarium*-Arten und wurden für die folgenden Analysen homogenisiert. Die Bestimmung einzelner Spezies erfolgt sowohl morphologisch als auch mittels molekulargenetischer Verfah-

ren. Dabei kommen artspezifische qPCR-Assays für die quantitative Bestimmung der Pilzbiomasse und in schwierigen Fällen die Sequenzierung taxonomisch informativer Bereiche zum Einsatz. Für ausgewählte Isolate wird außerdem mittels HPLC-MS/MS das Mykotoxinspektrum identifiziert. Vier der auf diese Weise charakterisierten Isolate der am häufigsten auftretenden *Fusarium*-Arten wurden daraufhin für Pathogenitätstests im Gewächshaus und für Klimakammerversuche ausgewählt. Anhand von zweijährigen Feldversuchen mit 20 Genotypen, vier verschiedenen *Fusarium*-Arten und zwei Inokulationsmethoden soll die Anfälligkeit der Maisgenotypen gegenüber der Kolben- und Stängelfäule im Freiland unter praxisnahen Bedingungen getestet werden. Schließlich sind Klimakammerversuche zur Untersuchung des Einflusses von Umweltfaktoren auf den Befall und die Mykotoxinbildung vorgesehen. Dabei sollen sowohl Schädwirkungen einzelner *Fusarium*-Arten als auch mögliche synergistische Wirkungen im Sinne eines Komplexbefalls bezüglich verschiedener Umweltbedingungen qualitativ und quantitativ genauer untersucht werden.

### Ergebnisse

Das Monitoring im Jahr 2017 zeigte einen Befall mit *F. graminearum* an 74 % aller untersuchten Kolben (180) und damit die vorherrschende Art. Am zweithäufigsten wurde ein Befall mit *F. poae* (17 %) festgestellt. Darauf folgten *F. verticillioides* (14 %) und *F. temperatum*, gleichauf mit *F. cerealis* (jeweils 13 %). Die Arten *F. tricinctum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. equiseti* und *F. sporotrichioides* waren seltener vertreten (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Befallshäufigkeit [%] mit den *Fusarium*-Arten *F. graminearum*, *F. poae*, *F. verticillioides*, *F. temperatum*, *F. cerealis*, *F. tricinctum*, *F. proliferatum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. subglutinans*, *F. equiseti* und *F. sporotrichioides* an 180 befallenen Kolben von 42 Standorten in Deutschland (Monitoring 2017).

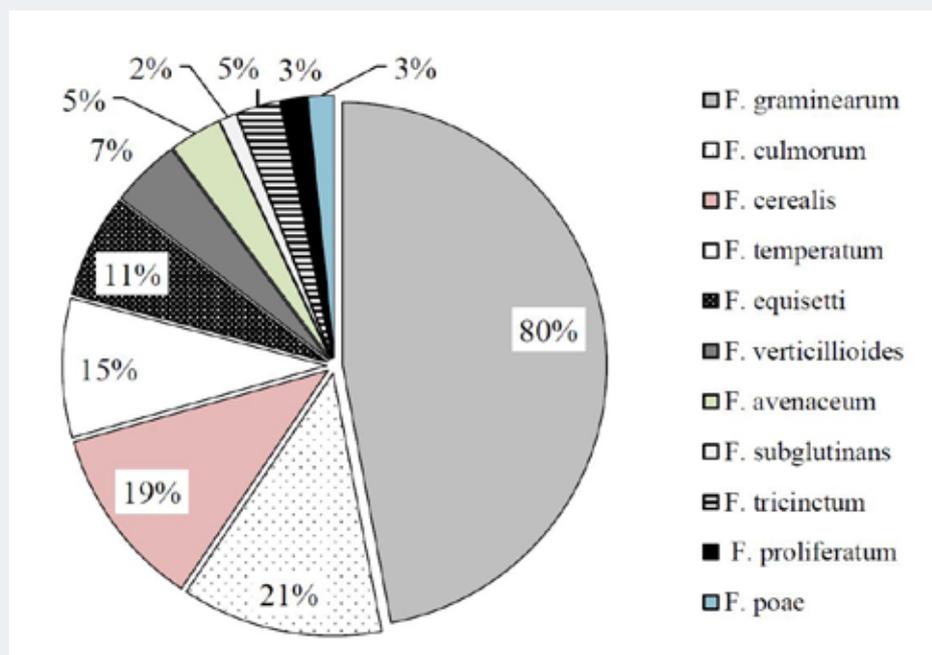


*F. cerealis*, *F. tricinctum*, *F. proliferatum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. subglutinans*, *F. equiseti* und *F. sporotrichioides* an 180 befallenen Kolben von 42 Standorten in Deutschland (Monitoring 2017).

An den untersuchten Stängelproben zeigte sich wiederum eine vollkommen andere Zusammensetzung des Artenspektrums als am Kolben. Ebenfalls dominierte der Befall

mit *F. graminearum* (80 %), jedoch folgten darauf *F. culmorum* (21 %), *F. cerealis* (19 %), *F. temperatum* (11 %) und *F. equiseti* (11 %) (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Befallshäufigkeit [%] mit den *Fusarium*-Arten *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. temperatum*, *F. equiseti*, *F. verticillioides*, *F. avenaceum*, *F. subglutinans*, *F. tricinctum*, *F. proliferatum* und *F. poae* an 110 befallenen



Stängeln (Monitoring 2017, Deutschland).

### (Geplante) Verwertung

Der mit dem großflächigen Maisanbau in Deutschland unweigerlich verbundene Befall mit den Erregern der *Fusarium*-Kolbenfäule ist ein internationales Problem für alle beteiligten Wirtschaftspartner, die auf internationalen Märkten agieren. Die mit dem EarRot-Projekt angestrebte Verbesserung der angebauten Sorten stellt eine nachhaltige und ressourcenschonende Form der Sicherung der Produktivität vor krankheitsbedingten Ernte- und Qualitätsverlusten dar und trifft damit den Kern des Problems. Die Ergebnisse aus den Befalls- und Mykotoxinuntersuchungen dienen zur Verbesserung der Resistenz der angebauten Sorten gegenüber dem Befall mit den aktuell relevanten Erregern der *Fusarium*-Kolbenfäule und ermöglichen eine Reduktion von Infektionsrisiko und Mykotoxinbelastung durch intensive, zielgerichtete Züchtung. Die Arbeit in diesem Projekt ermöglicht außerdem eine weitere Vertiefung des Wissens zur Infektionsbiologie der verschiedenen *Fusarium*-Arten in Stängel und Maiskolben. Darüber hinaus stellen die geplanten Klimakammerversuche eine Grundlage für die Entwicklung zukünftiger Risikoprognosemodelle für den *Fusarium*-Befall in Mais dar. Die neu gewonnenen Erkenntnisse schaffen somit eine Grundlage für die Entwicklung innovativer Sorten, die als Produkte auch international wettbewerbsfähig sein können.

**„Identifikation von *Wheat dwarf virus*-Toleranz im Gersten-Genpool und züchterische Erschließung (VIRTOGE)“**

**”Identification of *Wheat dwarf virus* tolerance in the barley genepool and their exploitation for breeding (VIRTOGE)”**

**Projektlaufzeit**

01.11.2016 bis 31.08.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Tanja Gerjets

Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e. V. (GFPi), Bonn

**Verbundpartner**

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Quedlinburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Ziel des Projektes VIRTOGE ist es, Gerstenakzessionen zu identifizieren, die eine *Wheat dwarf virus* (WDV)-Toleranz/Resistenz aufweisen. Die anschließende Einlagerung dieser Toleranz/Resistenz in aktuelles Zuchtmaterial ist die einzige und zugleich umweltfreundlichste Methode, um virusbedingte Ertragsverluste zu minimieren. Um auf WDV-Toleranz/Resistenz im praktischen Züchtungsprozess effektiv selektieren zu können, sollen molekulare Marker für den Nachweis dieses Merkmals entwickelt werden.

### Realisierung

In mehrjährigen und mehrortigen Feld- und Gewächshausversuchen werden 500 Gerstenakzessionen (*Hordeum vulgare* L. und *Hordeum bulbosum* L. Introgressionslinien) aus unterschiedlichen Herkünften auf WDV-Toleranz/Resistenz untersucht. Dies erfolgt sowohl unter natürlichem Virusbefall (Uffenheim, Deutschland; Lille, Frankreich; Zabcice, Tschechien; Thriplow, England) als auch mit künstlicher Inokulation durch virustragende Zwergzikaden der Art *Psammotettix alienus*. In diesen Versuchen wird die Toleranz im Vergleich zu einer nichtinfizierten Kontrollvariante (JKI, Quedlinburg) ermittelt. In den Feldversuchen erfolgt im darauffolgenden Frühjahr (März/April) die Symptombonitur und die Probenahme für den DAS-ELISA. In dem Versuch mit künstlicher Virusinokulation im Gazezelt in Quedlinburg wird nach einer ca. fünfwöchigen Inokulationsperiode und einer pflanzenweisen Probenahme die Infektionsrate der Akzessionen mittels DAS-ELISA ermittelt. Im Mai erfolgt die Bonitur des Zeitpunktes Ährenschieben in beiden Versuchsvarianten. Zum Nachweis einer WDV-Toleranz wird die Pflanzenlänge, die Anzahl Ähren/Pflanze, das Tausendkorngewicht (TKG) und der Kornertrag pro Pflanze

erfasst und die relative Leistung der Akzessionen in Vergleich zu der Kontrollvariante berechnet.

Auf der Grundlage der mehrjährigen Toleranz/Resistenzprüfungen wird eine Auswahl von ca. 250 virustoleranten und -anfälligen Genotypen mit dem 50k iSelect Chip (Trade Genetics, Gatersleben) genotypisiert und eine genomweite Assoziationsstudie (GWAS) durchgeführt. Ziel ist es, aus den so gewonnenen Daten molekulare Marker für den Nachweis von WDV-Toleranz und somit für eine effektive Selektion im praktischen Züchtungsprozess zu entwickeln.

### Ergebnisse

In den Feldversuchen 2016/2017 zeigte sich eine gute Differenzierung zwischen anfälligen und toleranten Genotypen (siehe Abbildung 1). In den Toleranz- und Resistenztests 2016/17 im Gazezelt konnten aufgrund der Witterungsbedingungen von den 250 Gerstenakzessionen 157 nicht mit WDV infiziert werden. Diese wurden daher erneut im Gewächshaus infiziert, wobei 13 vielversprechende Akzessionen identifiziert werden konnten (siehe Tabelle 1).

Die Auswertung der Ertragsdaten stellte sich z. T. als problematisch heraus, da es aufgrund starker Sommergewitter zum Lager der Versuchspartellen in den Gazezelten kam, wodurch viele Ähren abbrachen.



Abbildung 1: Differenzierung zwischen WDV-infizierten und befallsfreien Gerstenpflanzen im Gazezelt 2016/2017.

Aus diesem Grund wurden den geernteten infizierten Akzessionen Symptomboniturnoten (BN) von 1 bis 9 vergeben (1 entspricht einer gesund erscheinenden und 9 einer abgestorbenen Pflanze) und das komplette Erscheinungsbild bewertet. Diesem Umstand zufolge konnten 14 vielversprechend tolerante Gerstenakzessionen identifiziert werden (siehe Tabelle 1 [grau]).

Tabelle 1: Auswahl der Relativwerte der resistenten (weiß) und toleranten (grau) Akzessionen im Gazezeltversuch 2016/17.

Akzessions-Nr.	Relativwerte			BN	IR [%]
	Anzahl Ähren/ Pflanze	TKG	Pflanzenlänge		
H1	100.00	100.00	100.00	1	0
H2	69.70	96.39	98.83	1	0
H3	100.00	99.13	100.00	1	0
H6	36.54	83.63	82.90	1	0
H7	19.57	92.56	98.02	1	0
H8	17.32	91.82	93.30	1	0
H9	82.50	99.99	100.00	1	0
H10	88.29	100.00	100.00	1	0
H13	61.96	100.00	100.00	1	0
H14	96.85	72.65	79.31	4	100
H16	100.00	58.13	97.89	2	25
H17	30.99	70.82	96.60	2	17
H18	16.42	56.38	68.53	3	33
H19	23.03	70.40	62.02	4	25
H20	24.24	55.29	50.85	4	11
H21	57.38	38.80	68.99	3	13
H22	16.67	55.77	60.53	4	29
H24	22.86	96.91	100.00	2	14
H26	47.41	92.34	91.23	4	17

Im zweiten Versuchsjahr (2017/18) wurde ein Resistenz-/Toleranztest mit weiteren 250 Genotypen sowie einer zweifachen Wiederholung der resistenten und toleranten Akzessionen aus dem ersten Jahr durchgeführt. Des Weiteren wurden erstmalig die Akzessionen des ersten Versuchsjahres unter natürlichen Virusbefallsdruck in Lille, Thriplow, Zabcice und Uffenheim getestet. Eine Bonitur und der DAS-ELISA reduzierten die 14 vielversprechend resistenten Gerstenakzessionen auf 1, die sich somit nun schon 2 Jahre als WDV-resistent in 2 Gazezelt-, 4 Feld- und 3 Gewächshausversuchen erweist.

Aus dem neuem Sortiment entpuppten sich 6 Akzessionen als vielversprechend. Um Aussagen über die WDV-Toleranz der Akzessionen im diesjährigen Gazezeltversuch machen zu können, sind die noch zu erhebenden Erntedaten und deren Auswertung erforderlich.

**(Geplante) Verwertung**

Der Nachweis von WDV-resistenten/toleranten Gerstenakzessionen vorausgesetzt, ist geplant, dieses Merkmal in aktuelles leistungsfähiges Zuchtmaterial als Grundlage für eine spätere Sortenentwicklung einzulagern, um virusbedingte Ertragsverluste zu minimieren. Die effektive Selektion auf WDV-Toleranz/Resistenz im praktischen Züchtungsprozess soll durch die Entwicklung molekularer Marker ermöglicht werden.

**„Nutzbarmachung von Virusresistenzen aus *Hordeum bulbosum* für eine nachhaltige Gerstenzüchtung mit Hilfe von „GenOmics“ (BulbOmics)“**

**“The utilization of virus resistance derived from *Hordeum bulbosum* for a sustainable barley breeding by the help of „GenOmics“ (BulbOmics)“**

**Projektlaufzeit**

15.10.2016 bis 31.03.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Viktor Korzun, Dr. Jörg Großer, Dr. Neele Wendler  
KWS Lochow GmbH, Bergen

**Verbundpartner**

Julia Kretsch, Dr. Antje Habekuß, Dr. Dragan Perovic, Prof. Dr. Frank Ordon  
Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen,  
Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Quedlinburg

Dr. Hélène Pidon, Dr. Nils Stein

Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK),  
Gatersleben

## Kurzfassung

### Projektziel

Viruserkrankungen verursachen jährlich hohe Ertragsverluste im Gerstenanbau, da die Bekämpfung des blattlausübertragenen *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) durch eine insektizide Vektorenbekämpfung aufgrund der Resistenzentwicklung der Blattläuse gegenüber den Wirkstoffen und sich verschärfender Anwendungsbestimmungen zunehmend eingeschränkt wird und eine chemische Kontrolle des bodenbürtigen Protisten *Polymyxa graminis* - Überträger des *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV) und des *Barley mild mosaic virus* (BaMMV) - nicht möglich ist. Die züchterische Verbesserung der Resistenz gegenüber diesen Virose ist aus diesen Gründen von besonderer Bedeutung.



Abbildung 1: *H. bulbosum* Introgressionslinien nach künstlicher Inokulation mit BYDV-PAV (Habekuß).

Eine Quelle zur Erweiterung der in Kulturgerste (*Hordeum vulgare*) vorhandenen genetischen Basis der Resistenz/Toleranz gegen BaMMV/BaYMV bzw. BYDV stellt *Hordeum bulbosum* dar (siehe Abbildung 1). *H. bulbosum* kann nach Einkreuzung in *H. vulgare* genutzt werden, um virusbedingte Ertragsverluste im Gerstenanbau zu verhindern.

Ziel des Projektes BulbOmics ist daher die züchterische Nutzbarmachung der Virusresistenz bzw. -toleranz gegenüber BaMMV/BaYMV bzw. BYDV aus *H. bulbosum* unter Nutzung von -omics Technologien, wie Genotyping-by-Sequencing (GBS), Exome Capture, Resistance gene enrichment sequencing (RenSeq), kartengestützter Klonierung, BAC Bibliotheken und weiterer genomischen Ressourcen, mit dem Ziel die Introgressionsfragmente zu verkürzen, um Ertragseinbußen zu minimieren bzw. entsprechende Gene zu isolieren. Da die bis zu 14-fach verringerte interspezifische Rekombinationshäufigkeit innerhalb des eingekreuzten *H. bulbosum* Segmentes ein bedeutendes Hindernis bei der züchterischen Nutzung dieser genetischen Ressourcen darstellt, soll der Einfluss von Kreuzungen aus sich überlappenden Introgressionslinien sowie der Einfluss der Temperatur auf die Rekombinationshäufigkeit untersucht werden.

### Realisierung

In verschiedenen *H. bulbosum* Introgressionslinien konnten auf den Chromosomen 2HL und 6HL die Resistenzgene *Rym16<sup>Hb</sup>* und *Rym14<sup>Hb</sup>*, welche Resistenz gegen BaMMV/BaYMV vermitteln, lokalisiert werden und auf den Chromosomen 2HL und 3HL eine

Toleranz ( $Ryd_{203S11}^{Hb}$ ) und eine Resistenz ( $Ryd4^{Hb}$ ) gegenüber BYDV identifiziert werden. Um diese Introgressionen zu verkürzen und entsprechende Kandidatengene identifizieren und klonieren zu können, werden spaltende Populationen aus Kreuzungen von *H. bulbosum* tragenden Introgressionslinien mit Gerstensorten analysiert. Dafür werden mit Hilfe molekularer Marker Rekombinationsereignisse innerhalb der Introgressionsfragmente identifiziert und rekombinante Pflanzen anschließend phänotypisiert. Zudem werden die Resistenz-/Toleranzloci mit Markern abgesättigt. Mit diesem Vorgehen wird die Größe des Introgressionsfragmentes verringert und die Voraussetzung für die Isolation entsprechender Resistenzgene geschaffen.

Zur Erhöhung der interspezifischen Rekombinationshäufigkeit innerhalb des eingekreuzten *H. bulbosum* Segmentes werden F1-Pflanzen reziproker Kreuzungen der *H. bulbosum* Introgressionslinien mit verschiedenen Gerste-Elitesorten bei unterschiedlichen Temperaturen angezogen und geselbstet. Die daraus resultierenden F2-Pflanzen werden mit Hilfe von über das *H. bulbosum* Segment sowie über das gesamte Gerstengenom verteilten Markern (GBS) hinsichtlich der Rekombinationshäufigkeiten und Verteilung analysiert. Die unterschiedliche Nutzung der Kreuzungspartner jeweils als Mutter und Vater ermöglicht es, die Rekombination auf weiblicher und männlicher Seite zu analysieren.

### Ergebnisse

Zur Kartierung des BYDV-Toleranzlocus  $Ryd_{203S11}^{Hb}$  wurden bisher 1.350 F2-Pflanzen mit vier die Introgression abdeckenden molekularen Markern analysiert. Dabei wurden 5 rekombinante Pflanzen identifiziert. Für das BaMMV/BaYMV-Resistenzgen *Rym16* wurden 1.015 Kreuzungsnachkommen mittels molekularer Marker analysiert, jedoch noch nicht abschließend ausgewertet. Zur Absättigung der beiden Resistenzloci waren bereits 31, über die Introgression verteilte, molekulare Marker bekannt. Zusätzlich wurden 16 co-dominante Marker entwickelt, welche zur Feinkartierung genutzt werden können. Die Größe der Resistenz-/Toleranzintervalle konnte mit Hilfe des 50K Illumina Chips genauer analysiert werden, wobei sich eine Größe zwischen 4,2 und 10,14 Mb ergab.

In Kreuzungen zwischen *H. vulgare* und *H. bulbosum* co-segregiert ein Letalfaktor mit dem Resistenzgen  $Ryd4^{Hb}$ . Dieser führt bei rekombinanten Inzucht Linien (RILs) zum Absterben der Pflanze vor dem Ährenschieben, wenn das *H. bulbosum*-Allel homozygot vorliegt. Für die Kartierung von  $Ryd4^{Hb}$  wurden 3 Populationen genutzt: 3.700 DH-Linien aus resistenten RILs ohne den Letalfaktor, 10.000 F2-Pflanzen ohne Segregation zwischen dem Letalfaktor und  $Ryd4^{Hb}$ , sowie 6.000 F2-Pflanzen, bei denen der Letalfaktor und  $Ryd4^{Hb}$  segregieren. Diese Populationen wurden mit Hilfe von 4 KASPar-Markern genotypisiert, wobei einer der Marker im Bereich des Letalfaktors lokalisiert ist. Da lediglich vier rekombinante Pflanzen in einem Intervall von 13 Mb identifiziert werden konnten, ist die DH-Population nur begrenzt nutzbar. In der F2-Population ohne Letalfaktor wurden in einem Intervall von 13 Mb 76 rekombinante Pflanzen identifiziert. In der F2 Population, welche mit dem Letalfaktor segregiert, wurden 54 rekombinante Pflanzen in einem Intervall von 16,7 Mb identifiziert. Anschließend wurden 13 dieser

Pflanzen phänotypisiert und mit Hilfe von 11 neuen CAPS-Markern feinkartiert. Damit konnte das Intervall erfolgreich auf 4 Mb verkürzt werden.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die aus dem Projekt resultierenden Ergebnisse werden die züchterische Nutzung der im sekundären Genpool der Gerste vorhanden Resistenz/Toleranz gegenüber BaMMV/BaYMV und BYDV substantiell verbessern. Dies wird durch eine Verkürzung der Introgressionsfragmente und der damit verbundenen verringerten Übertragung agronomisch unerwünschter Eigenschaften erreicht. Mit Hilfe der parallel entwickelten, eng gekoppelten Marker können die Resistenzen in aktuelles Zuchtmaterial mittels Marker-gestützter Selektion übertragen werden, um letztendlich marktfähige Sorten zu erzeugen. Die Erkenntnisse zur Rekombinationshäufigkeit in Abhängig von der Temperatur sowie die Kreuzung von sich überlappenden Introgressionen werden einen wichtigen Beitrag zur zukünftigen Nutzung von Wildarten in der Gerstenzüchtung sowie weiterer Getreidearten leisten.

**„„Deep Phenotyping“ von Krankheitsresistenz im Hochdurchsatz anhand von hyperspektralen Sensoren und Data Mining Methoden (DePhenSe)“**

**““Deep Phenotyping“ of disease resistance in high throughput hyperspectral sensors and data mining methods (DePhenSe)“**

**Projektlaufzeit**

01.02.2017 bis 31.03.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Anne-Katrin Mahlein  
 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), Abteilung Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Bonn

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Kristian Kersting  
 Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Informatik, Darmstadt

**Assoziierter Partner**

Dr. Stefan Paulus  
 LemnaTec GmbH, Aachen

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung von Phänotypisierungsroutinen für die Pflanzenzüchtung mithilfe von hyperspektralen Sensoren. Dabei sollen unterschiedliche Resistenzmechanismen der Pflanzen gegenüber Schadpilzen anhand von Reflexionseigenschaften detektiert werden. Die Verfahren aus dem Bereich der Sensorik werden mit Verfahren der Automatisierung und Big Data vereint, um eine Implementierung in automatisierte Prozesse zu erreichen. Der Phänotyp einer Vielzahl von Genotypen soll damit zeitlich hoch aufgelöst bewertet werden. Die Interpretation der komplexen und hochdimensionalen hyperspektralen Daten wird über Verfahren des maschinellen Lernens prozessiert und analysiert. Damit kann eine objektive Phänotypisierung erzielt werden, die über eine rein manuell erfasste Krankheitsbonitur hinausgeht. Abläufe in der Pflanzenzüchtung und Pflanzenforschung können durch diese nicht-invasiven und computergestützten Verfahren effizienter werden. Zudem ergibt sich aus den Ergebnissen ein besseres Verständnis der zeitlichen und mechanistischen Entwicklungen und Prozesse von Wirt-Pathogen Interaktionen.

Frühe Wirt-Pathogen Interaktionen haben einen Einfluss auf die Bildung pflanzlicher Inhaltsstoffe, wodurch sich auch im UV-Bereich Veränderungen der Reflexionseigen-

schaften zeigen können. Der UV-Bereich wurde bisher nicht für die Phänotypisierung erforscht oder genutzt. Daher werden erstmals hyperspektrale UV-VIS Kameras in ein bestehendes Hochdurchsatzverfahren der Firma LemnaTec implementiert. Resistenzkriterien können durch die nicht-invasive Phänotypisierung zeitlich untersucht werden, wobei biotische (Pathogene) und abiotische (wie Trocken- oder Salzstress) Schadursachen betrachtet werden können.

Die Etablierung von automatisierten Sensorsystemen in Hochdurchsatzverfahren trägt dazu bei, Resistenzzüchtungen zu beschleunigen und zu optimieren, damit widerstandsfähige und ertragsstabile Sorten für die landwirtschaftliche Praxis zur Verfügung stehen.

### Realisierung

Die biologischen Systeme Zuckerrübe/ *Cercospora* Blattflecken (Erreger *Cercospora beticola*) und Zuckerrübe/ Rübenrost (Erreger *Uromyces betae*) sowie Gerste/ Echter Mehltau (Erreger *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) wurden für die Arbeiten im Projekt ausgewählt und Inokulationsverfahren etabliert. Zu Beginn des Projekts wurde ein Messprotokoll für hyperspektrale Messungen im UV-VIS-System mit Gersten- und Zuckerrübenpflanzen entwickelt. Besonders berücksichtigt wurde die Erfassung relevanter Messparameter wie Intensität der UV-Lampe, Belichtungszeit, Anzahl an aufgenommenen Bildern und dem zu messenden Bereich. Da Bestrahlungen mit UV-Licht phototoxische Effekte an Gerste- und Zuckerrübenpflanzen bewirken können, wurden Vorexperimente durchgeführt, um eine nicht gewebschädigende Lux-Stärke der UV-Lampe zu identifizieren. Erste Messungen im UV-VIS-System mit Zuckerrübenblättern inokuliert mit *Cercospora beticola* wurden bereits durchgeführt.

An der Universität Darmstadt wurde ein Framework „*Neural Conditional Gradient*“ entwickelt, das auf Frank-Wolfe-Netzwerke basiert und dadurch eine Ausweitung gelernter Optimierer auf Probleme mit Nebenbedingungen ermöglicht. Zur Erfassung von züchtungsrelevanten Pflanzenparametern durch Verfahren des „*Deep Learnings*“ wurden unterschiedlichste Ansätze zur Analyse hyperspektraler Daten evaluiert und bereits bestehende Arbeiten weiterentwickelt.

Die Firma LemnaTec integrierte eine UV-Hyperspektralkamera in einem Teststand mit VNIR/SWIR Kameras, wodurch bei Hyperspektralmessungen eine Kombination von UV und VIS Bereich möglich ist.

### Ergebnisse

Zur Etablierung des Messprotokolls wurden zunächst Messungen mit gesunden Gersten- und Rübenpflanzen durchgeführt. Nach Messungen im UV-VIS-System traten an Rüben- und Gerstenpflanzen Gewebeschäden auf, welche auf eine Bestrahlung mit UV-Licht in Abhängigkeit der Intensität zurückführen waren. Mikroskopische Untersuchungen zeigten, dass Zuckerrübenblätter bei Intensitäten von 300-1.000 Lux keine phototoxischen

Effekte aufwiesen, Gerstenblätter bei 300-1.250 Lux. Somit konnte für die biologischen Systeme Gerste und Zuckerrübe eine maximale Intensität der UV-Bestrahlung festgelegt werden.

Erste Messungen im UV-VIS-System mit Zuckerrübenblättern, inokuliert mit *Cercospora beticola*, zeigten hyperspektrale Veränderungen im UV-Bereich in unterschiedlichen Blattbereichen aufgrund der Infektion (siehe Abbildung 1). Gewebe, welches keine Krankheitssymptome aufwies, zeigte 28 Tage nach Inokulation (dai) eine niedrigere Reflektanz im spektralen Bereich von 250-500 nm, während die Reflektanz der Mittelrippe im spektralen Bereich über 350 nm deutlich höher war. Spektrale Signaturen der *Cercospora beticola* Symptome ließen eine hohe Reflektanz von 250-350 nm erkennen, wohingegen die spektralen Eigenschaften des Zentrums und des Randes des Symptoms nur im geringem Maße im spektralen Bereich über 350 nm voneinander abwichen.

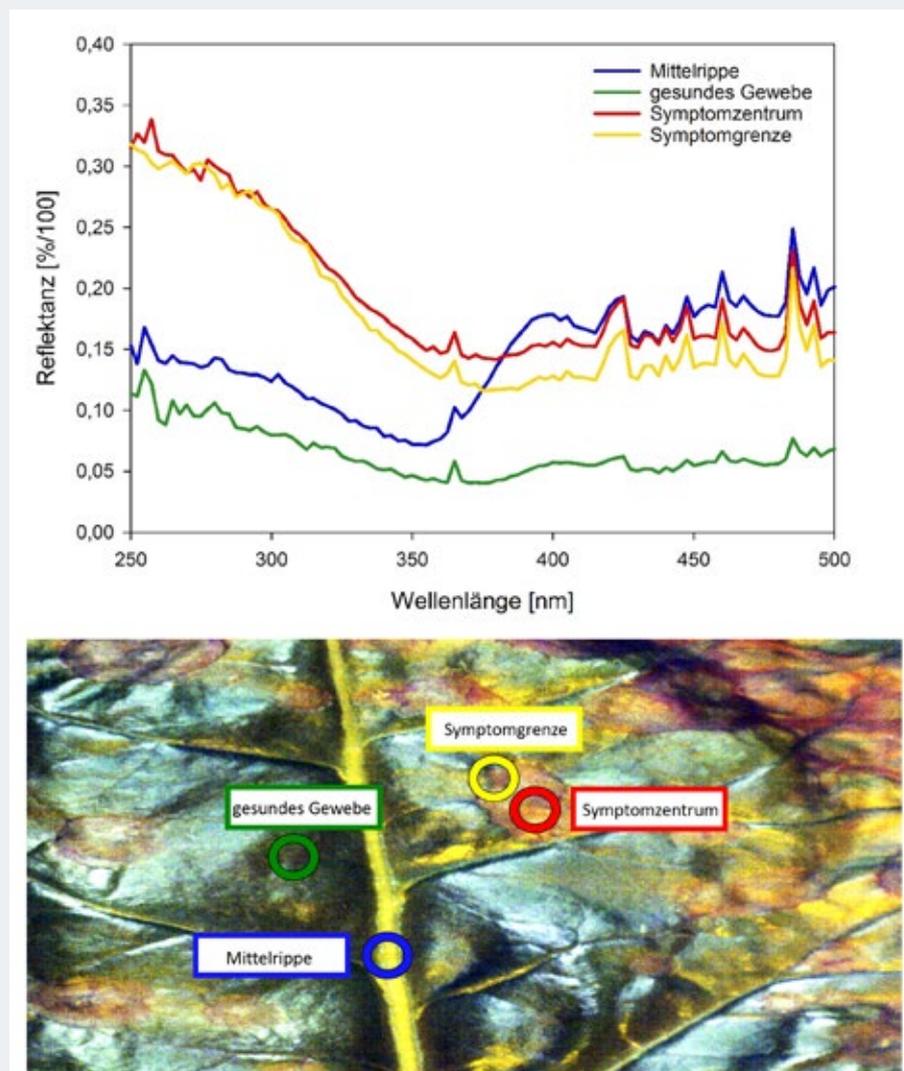


Abbildung 1: Spektrale Signaturen (oben) von Zuckerrübenblättern inokuliert mit *Cercospora beticola* 28 Tage nach Inokulation (dai) mit  $n=100$  Pixel. Das Pseudo-*RGB*-Bild (unten) setzt sich aus  $R=450\text{nm}$ ,  $G=400\text{nm}$  und  $B=300\text{nm}$  zusammen.

Das erstellte Framework der „*Neural Conditional Gradient*“ ermöglicht es, Standardklassifikationsmethoden mit mithilfe von „*Deep Learning*“-Ansätzen zu optimieren. Zu den Standard-Analysemethoden gehören neben dem Klassifikator *Support-Vector-Machine* auch *Simplex Volume Maximization* (effiziente Methoden zur Archetype-Analyse), welche sich bereits für die Phänotypisierung bewährt haben.

Aus einer Kooperation von LemnaTec und der TU Darmstadt entstand eine Schnittstelle zwischen den Skripten zur Phänotypisierung der TU Darmstadt und der Software „Lemna-Grid“. Aktuelle „*Deep Learning*“-Ansätzen zur Klassifikation hyperspektraler Daten wurden weiterentwickelt, wobei hyperspektrale Daten in Textdokumente umgewandelt und probabilistische Themenmodelle zur Phänotypisierung genutzt wurden. Für diesen Ansatz werden keine *ground-truth*-Daten mehr benötigt.

#### **(Geplante) Verwertung**

Neben Publikationen in wissenschaftlichen Journalen sowie Präsentationen und Diskussionen auf wissenschaftlichen Fachveranstaltungen kann das Projekt zur Beschleunigung von Züchtungsroutinen in der Resistenzzüchtung beitragen. Die benötigte Sensortechnologie wird dazu optimiert, exakt spezifiziert und die entwickelten Ansätze in die Softwareroutine von LemnaTec integriert.

**„Erweiterung der genetischen Basis und Entwicklung neuer (Selektions-) Strategien für die Hybridgerstenzüchtung (SpeedBarley)“**

**”Broadening the genetic base and developing new (Selection-) strategies for hybrid barley breeding (SpeedBarley)“**

**Projektlaufzeit**

06.10.2016 bis 31.03.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Jutta Förster  
Saaten-Union Biotec GmbH, Leopoldshöhe

**Verbundpartner**

Deutsche Saatveredelung AG, Käbschütztal

Nordsaat Saatzuchtgesellschaft mbH, Gudow-Segrahn

W. von Borries-Eckendorf GmbH & Co. KG, Leopoldshöhe

Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Pflanzenzüchtung, Gießen

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Quedlinburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Hybridsorten gewinnen verstärkt an Bedeutung und leisten einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung und Sicherung von Erträgen und Qualitäten, zur Steigerung der Nährstoff- und Wassernutzungseffizienz und damit der Schonung natürlicher Ressourcen im globalen Wintergerstenanbau. In SpeedBarley wird die genetische Breite der zukünftigen Wintergersten-Sortenentwicklung durch Kreuzungen mit Sommergerste erweitert und so ein signifikanter Fortschritt hinsichtlich der Poolbildung in der Gerstenhybridzüchtung erreicht. Kartierungspopulationen für die Charakterisierung blühbiologischer Eigenschaften – insbesondere der partiellen Fertilitätsrestauration – werden erstellt und unter definierten klimatischen Bedingungen getestet, um nachhaltige Erkenntnisse für eine zuverlässige Linien- und Hybridsaatgutproduktion zu gewinnen.

Des Weiteren wird eine innovative Strategie zur beschleunigten Erstellung einer Saate Eltern-Population entwickelt, die trotz der langjährigen Anwendung der Doppelhaploiden-Produktion (DH) diese Schlüsseltechnologie maßgeblich optimieren wird. Mit Fokus auf die Hybridzüchtung ist die Strategie gekennzeichnet durch den Einsatz der asymme-

trischen Protoplastenfusion zwischen *Hordeum vulgare* und *H. bulbosum*, anschließend gezielter Kreuzung mit aktuellem Zuchtmaterial und markergestützter Selektion gleich zu Beginn der Linienentwicklung.

Aufgrund des zu erwartenden Erkenntnisgewinns im genetischen und physiologischen Bereich und der zukünftigen Anwendung der neuen Strategie wird die wirtschaftliche nationale und internationale Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit aller beteiligten Wirtschaftspartner nachhaltig gestärkt.

### Realisierung

Für die Erweiterung der genetischen Basis für zukünftige Restorerlinien werden DH-Populationen durch Kreuzungen zwischen mehrzeiligen Restorerlinien und zweizeiligen Sommergerstensorten erstellt, selektierte DH-Linien genotypisiert und zur Erstellung von Testhybriden eingesetzt. Es folgt eine umfangreiche Phänotypisierung und die Entwicklung biostatistischer Modelle zur Vorhersage der Testhybridleistung. Parallel dazu wird die partielle Fertilitätsrestauration hinsichtlich der Umweltfaktoren Temperatur und Trockenstress sowie blühbiologischer Merkmale an einer aufzubauenden microNAM-Population bestehend aus 5 DH-Populationen (*Maintainer*<sup>rf</sup> × *Maintainer*<sup>rf</sup>) analysiert und genetisch kartiert.

Da auch der Aufbau eines umfangreichen Genpools an CMS-Linien (mütterliche Saaterlinien) sehr aufwändige Rückkreuzungen zur Einlagerung des Kerngenoms verschiedener Kandidaten in das msm1-Plasma verlangt, wird die asymmetrische Protoplastenfusion mit *H. bulbosum*-Kerngenom und *H. vulgare*-CMS-Organellen etabliert.

### Ergebnisse

Für die Erweiterung der genetischen Breite von Elternkomponenten zukünftiger Wintergerstenhybridsorten wurden aus Kreuzungen zwischen mehrzeiligen Restorerlinien und zweizeiligen Sommergerstensorten DH-Populationen und parallel dazu qualitativ hochwertige CMS-Linien aufgebaut, genotypisiert und vermehrt.

Für die Untersuchungen zur partiellen Fertilitätsrestauration an F1-Testhybriden wurden für dieses Merkmal spaltende DH-Populationen (*microNAM*) erstellt und in Gewächshausversuchen mit Eltern- und ersten F1-Linien blühbiologische Eigenschaften bei unterschiedlichen Temperaturregimen und unter Trockenstress erfasst. Hinsichtlich des Einflusses der Temperatur auf die partielle Fertilitätsrestauration konnten deutliche Sortenunterschiede zwischen den Elternlinien festgestellt werden. Teilweise zeigen die untersuchten CMS-Linien eine gesteigerte Fertilität unter erhöhter Umgebungstemperatur, während andere Linien wiederum sowohl unter Kontrollbedingungen als auch unter erhöhter Temperatur stabil steril blieben.

Im Rahmen erster Versuche mit/ohne Trockenstress konnten für alle drei geprüften Kornansatzparameter (Körner/Pflanze, Körner/Ähre, Körner/Spindelstufe) signifikante

bis hochsignifikante Unterschiede zwischen den getesteten CMS-Sorten festgestellt werden. Durch Trockenstress werden diese Merkmale jedoch nicht signifikant beeinflusst. Alle erhobenen physiologischen Parameter (SPAD, Osmolalität, Prolin, Zucker) dagegen werden durch Trockenstress hochsignifikant beeinflusst.

Für die asymmetrische Protoplastenfusion wurden verschiedene *H. bulbosum* und CMS-*H. vulgare* Zuchtlinien ausgewählt, da der Grad der Hybridisierung sowohl von der Kombination der Genotypen der jeweiligen Art als auch von Umweltfaktoren (Temperatur) beeinflusst wird. Von beiden Fusionspartnern liegen inzwischen Zellsuspensionskulturen vor, die als Ausgangsmaterial für die Protoplastenisolierung und -fusion eingesetzt werden.

#### **(Geplante) Verwertung**

SpeedBarley bietet den beteiligten Zuchtunternehmen die Möglichkeit mit einer neuen, sehr innovativen Strategie zukünftig kommerziell wertvolle Hybridgerstensorten mit einer guten Ertragsstabilität, Ertragssicherheit und Ressourcennutzung zu erzeugen und damit ihre Positionierung als Anbieter von Hybridgerste zu beschleunigen. Bei einem sehr positiven Verlauf könnten erste Sorten schon 2025 zur Zulassung kommen.

Das geplante Verfahren der asymmetrischen Protoplastenfusion wird bei der SU Biotec GmbH den Aufbau einer neuen technologischen Basis ermöglichen. Die entwickelte *H. bulbosum*-Inducer-Zelllinie mit CMS-Cytoplasma wird von der SU Biotec als Servicelinie erhalten werden. Das gesamte Verfahren wird als Service angeboten, um die Introgression züchterisch interessanter Eigenschaften, z. B. Resistenzen aus Wildarten in Gerste zu beschleunigen. Weitere F&E-Arbeiten zur möglichen Nutzung der etablierten Protoplastenarbeiten in anderen Kulturarten werden angestrebt.

Die Einbindung der wissenschaftlichen Partner ermöglicht den Pflanzenzuchtunternehmen die Erarbeitung von praxisrelevanten und nachhaltigen Methoden zur Bewertung der Fertilität des Materials. Bei einer erfolgreichen Entwicklung der neuen Selektions-(Strategie) werden alle beteiligten Unternehmen diese nachhaltig in ihre DH-Produktion aufnehmen.

**„Rekurrente genomische Selektion zur Kombination von Resistenzgenen und gleichzeitiger Verbesserung von Kornertrag und agronomischen Eigenschaften in Wintergerste (RGSGerste)“**

**”Recurrent genomic selection for combining resistance genes and improvement of yield and agronomic performance in winter barley (RGSGerste)“**

**Projektlaufzeit**

01.09.2016 bis 30.11.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Matthias Frisch

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Gießen

**Verbundpartner**

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Quedlinburg

Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG, Irlbach

LIMAGRAIN GmbH, Edemissen

Saatzucht Josef Breun GmbH & Co. KG, Herzogenaurach

Syngenta Seeds GmbH, Bad Salzungen

W. von Borries-Eckendorf GmbH & Co. KG, Leopoldshöhe

**Assoziierter Partner**

Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e. V. (GFPi), Bonn

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Projekts ist es (1) Methoden der genomischen Selektion auf die Anwendung in der Resistenzzüchtung bei Gerste zu erweitern, (2) diese zur rekurrenten Selektion von solchen Kandidatengenotypen zu verwenden, die einen hohen genotypischen Wert für Toleranz gegen das Gersten-Gelbverzwergungsvirus (*Barley yellow dwarf virus*, (BYDV)- und Netzfleckenresistenz (*Pyrenophora teres f. teres*) mit einem hohen genotypischen Wert für Leistung vereinen und (3) somit ertragsstarke Gerstenlinien zu entwickeln, die

Resistenzgene aus genetischen Ressourcen in Elite-Hintergrund für die Züchtung zur Verfügung stellen.

### **Realisierung**

Im Projekt entwickeln wir neue Methoden, um effizient und in wenigen Generationen das Potential genetischer Ressourcen zu erschließen, ohne dass dabei negative Effekte auf Agronomie und Kornertrag auftreten, die gewöhnlich bei Ein- und Rückkreuzung solchen Materials in Elitelinien zu beobachten sind. Es werden als genetische Ressourcen Linien aus Forschungsprojekten verwendet, welche bereits phänotypisch vorcharakterisiert wurden und Resistenzen tragen, die im Elitegenpool nur unzureichend vorhanden sind.

### **Ergebnisse**

Aus den beim Partner JKI zur Verfügung stehenden Resistenz-Donoren für BYDV und Netzfleckenresistenz wurden die folgenden 4 ausgewählt:

- » BAZ 2L\_101 (Resistenz gegen BYDV)
- » BAZ 2L\_146 (Resistenz gegen BYDV)
- » DH 33 (Netzfleckenresistenz)
- » DH 37 (Netzfleckenresistenz).

Weiterhin wurde die Sorte Antonella als Resistenz-Donor verwendet (Züchter: Nordsaat, zugelassene Sorte mit der besten Resistenzeinstufung).

Als Leistungseltern wurden 5 aktuelle mehrzeilige Wintergerstensorten ausgewählt, die hohe Ertragsleistung und relativ gute Resistenz haben:

- » KWS Meridian (KWS Lochow)
- » Quadriga (Secobra)
- » Jenny (Saatzucht Breun)
- » Etincel (Secobra)
- » Otto (W. von Borries-Eckendorf).

Von den am Projekt beteiligten Züchtern und dem JKI wurden Kreuzungen nach einem faktoriellen Schema durchgeführt und 250 DH-Linien erzeugt.

Die 250 Linien sowie die Elternlinien werden aktuell in einem 2-jährigen Feldversuch bei den beteiligten Züchtern auf Ertrag und agronomische Merkmale geprüft. Anhand dieser Daten werden genetische Effekte geschätzt. Basis für die Effektschätzungen sind zunächst einjährige Leistungsprüfungsdaten (2017), die auf einer Wiederholung an 5 Orten in einem Augmented Design beruhen. Anhand dieser Effekte wird der erste Zyklus der rekurrenten Selektion mit doppelter Dimensionierung (halber Selektionsintensität) durchgeführt. Hierdurch wird gewährleistet, dass trotz der geringeren Heritabilität

des einjährigen nicht wiederholten Versuchs, die besten Selektionskandidaten nicht verworfen werden. Das zweite Jahr der Leistungsprüfung (2018) wird mit zwei Wiederholungen an 5 Orten durchgeführt. Die genetischen Effekte werden mit diesem erweiterten Datensatz neu geschätzt. Diese neu geschätzten Effekte werden für die weiteren Selektionsschritte genutzt.

Um die Reaktion der DH-Linien gegenüber *Barley yellow dwarf virus* zu erfassen, wurden verschiedene Parameter bestimmt. Im Stadium zwischen Bestocken und Schossen (BBCH 23 - 30) wurde für jedes Prüfglied eine vergleichende Symptombonitur zwischen den Pflanzen der Kontrolle und der inokulierten Variante durchgeführt. Des Weiteren wurden für jedes Prüfglied der Termin des Ährenschiebens als der Zeitpunkt erfasst, zu dem 75 % der Ähren einer Linie das BBCH-Stadium 59 erreicht haben. Nach Abschluss des Ährenschiebens wurde die Wuchshöhe bestimmt und die Anzahl Pflanzen sowie die Anzahl ährentragender Halme pro Linie erfasst. Nach dem Dreschen der Ähren wurde der Kornertrag pro Linie und Wiederholung festgestellt sowie das Tausendkorngewicht (TKG) bestimmt. Das Toleranzniveau einer Linie wurde für metrische Merkmale wie folgt ermittelt:  $\text{Toleranz} = (\text{Leistung der infizierten Variante}) / (\text{Leistung der nichtinfizierten Variante}) \times 100 \%$

Die Resistenzprüfung von Gerste gegen *P. teres* im Feld wurde im so genannten ‚Sommerversuch‘ durchgeführt. Aussaatzeit der Versuche war Ende Juli bis Anfang August. Zu diesem Zeitpunkt sind die Infektionsbedingungen für den Pilz außerordentlich günstig und bedingt durch das Ausfallgetreide genügend Inokulum vorhanden. Um die Menge des Ausgangsinokulums zu beeinflussen, wurden zusätzlich zerkleinerte infizierte Stroh- und Blattstücke oberflächlich in den Boden eingearbeitet. Der Anbau der Prüfglieder erfolgte in Hills (Horsten) mit 50 cm Abstand zueinander, randomisiert in zwei Wiederholungen. Der resistente Standard wurde in regelmäßigen Abständen in die Reihen integriert. Die anfälligen Standards ‚Candesse‘ und der ‚Stamm 4046‘ wurden jeweils zu beiden Seiten der Hills als Infektionsstreifen angebaut. Mit der ersten Bonitur wurde mit dem Erscheinen deutlicher Symptome an den anfälligen Standards begonnen (meist mit dem Beginn der Bestockung, BBCH 21). Die Bewertung der Prüfglieder erfolgte durch die Erfassung des prozentualen Befalls der Blattfläche mit Nekrosen und Chlorosen und des Reaktionstyps nach Tekauz (1985). Der Krankheitsbefall wurde im September und Oktober dreimal erfasst. Basierend auf diesen Daten wurde die Fläche unter der Befallsverlaufskurve (AUDPC) berechnet.

#### **(Geplante) Verwertung**

Das Verbundprojekt ist im vorwettbewerblichen Teil der industriellen Forschung angesiedelt, speziell in den Bereichen (a) Materialentwicklung und (b) Methodentransfer. Im Bereich (a) werden die in früheren GFPi Projekten erschlossenen Resistenzquellen, die aus genetischen Ressourcen stammen, in Hochleistungs-Zuchtmaterial angereichert. Im Bereich (b) werden innovative Methoden der genomischen Selektion so erweitert, dass eine direkte Integration in die Resistenzzüchtungs-Programme der Projektpartner ermöglicht wird. Dies stellt den beteiligten Unternehmen die Mittel zur Verfügung, nach

Abschluss des Projekts die hier entwickelten und implementierten Methoden routinemäßig zur Integration von Resistenzen zu verwenden. Darüber hinaus sind resistente Sorten als deutlich ressourcenschonender zu beurteilen als Pflanzenschutzmaßnahmen.

**„Genombasierte Selektionssysteme für Backqualität und Resistenz in Elitezuchtmaterial bei Winterweizen unter moderater Stickstoffdüngung (QR-on-top)“**

**”Genome-based selection strategies for improving baking quality and resistance of elite breeding lines in winter wheat under moderate nitrogen fertilization (QR-on-top)“**

**Projektlaufzeit**

15.11.2016 bis 30.11.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Lorenz Hartl

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Freising

**Verbundpartner**

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Quedlinburg

Saatzucht Josef Breun GmbH & Co. KG (Breun), Herzogenaurach

SECOBRA Saatzucht GmbH (Secobra), Moosburg

Strube Research GmbH & Co. KG (Strube), Söllingen

## Kurzfassung

### Projektziel

Kornertrag, Backqualität und Krankheitsresistenz sind grundlegende Zuchtziele bei der Entwicklung neuer Weizensorten. Bedingt durch die Verschärfung der Düngemittelverordnung und dem Auftreten neuer Krankheitserreger steht die Pflanzenzüchtung vor der Aufgabe, Sorten zu entwickeln, welche auch bei moderater Stickstoffdüngung und reduzierten Fungizid-Applikationen einen hohen Kornertrag und eine gute Backqualität aufweisen. Im Verlauf des Projektes soll mit Hilfe einer Multiparent-Advanced-Generation-Intercross (MAGIC)-Population die genetische Architektur dieser Merkmale analysiert werden. Ein weiteres Ziel des Vorhabens ist die Validierung diverser genomischer Vorhersagemodelle, welche künftig zur genomischen Selektion angewandt werden können.

## Realisierung

Zur Ermittlung phänotypischer Werte für Kornertrag und Parameter, welche für die Mahl- und Backqualität entscheidend sind, wurden 400 Linien einer MAGIC-Population (bayerische MAGIC-Weizenpopulation; BMWpop) in Feldkirchen, Groß Lüsewitz, Roggenstein, Morgenrot, Söllingen und Frankendorf in Ertragsparzellen mit zwei Wiederholungen angebaut. Der Zeitpunkt des Ährenschiebens, die Pflanzenlänge, der Kornertrag und der Rohproteingehalt wurden für alle Prüfglieder bestimmt. Mischproben aus beiden Wiederholungen waren Grundlage für das Vermahlen und einen Rapid-Mix-Test (RMT) zur Erhebung folgender Merkmale: Mehlausbeute, Gesamtkleber, Glutendindex, Sedimentationswert, Fallzahl, Wasseraufnahme und Brotvolumen. Mehrjährige Feldversuche zur Phänotypisierung der BMWpop auf Resistenzen gegenüber Gelbrost, Braunrost und Septoria-Blattdürre (STB) wurden an den Standorten Lenglern, Söllingen und Quedlinburg mit jeweils zwei Wiederholungen angelegt. Um einen sicheren und einheitlichen Befall zu gewährleisten, wurde zusätzlich eine künstliche Inokulation mit Braun- und Gelbrost in Quedlinburg sowie mit STB an allen drei Standorten durchgeführt. Die Bonitur des Krankheitsverlaufs fand an zwei bis vier aufeinanderfolgenden Terminen statt, um die AUDPC (Fläche unter der Befallsverlaufskurve) und den AO (mittlere Befall je Teilstück) zu berechnen. Um Informationen zu erhalten, welche bereits bekannten Resistenzgene in der BMW-Population vorliegen, wurden die Elternlinien in Gewächshausuntersuchungen mit differenzierenden Sets von Isolaten der drei Pathogene in Blattsegmenttests (STB) und Ganzpflanzentests (Roste) analysiert. Die Bonitur der Blattsegmente erfolgte durch Erfassung des prozentualen Blattbefalls, während der Befall mit Rosten nach McIntosh (1995) bonitiert wurde. Für die genetische Analyse lagen genotypische Daten eines Illumina® Infinium® 20k Single-Nucleotide-Polymorphism (SNP)-Array, sowie eine genetische Karte der BMWpop vor. Zur Validierung der phänotypischen und genotypischen Daten wurde eine genomweite Assoziationsstudie mit der GRAMMAR-Methode durchgeführt (Aulchenko et al. 2007).

## Ergebnisse

Die Leistungsprüfung der BMWpop ergab eine vergleichsweise hohe Wiederholbarkeit, was auf gute Versuchsbedingungen und eine korrekte Versuchsdurchführung schließen lässt ( $\text{repKornertrag}_2 = 0,69-0,77$ ). Ergebnisse zum Zeitpunkt des Ährenschiebens, der Pflanzenlänge und des Kornertrags lagen von vier Umwelten vor. Vom Versuch in Feldkirchen 2016 wurden zudem bereits Back- und Mahlparameter erfasst. Die Population zeigte für alle Merkmale die gewünschte Variabilität. Für Kornertrag wurden Werte zwischen 61,2 und 104,4 dt/ha beobachtet. Der Rohproteingehalt und das Brotvolumen variierten zwischen 10,3 - 14,8 % beziehungsweise 458 - 831 ml. In einer ersten Assoziationsstudie, basierend auf einjährigen phänotypischen Daten, konnten die Loci *Rht1*, *Rht2*, *Rht24*, *Pinb-D1*, *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1*, sowie ein Late-Maturity- $\alpha$ -Amylase-Locus auf Chromosom 7BL detektiert werden. Dies lässt auf eine hohe Qualität der phänotypischen und genotypischen Daten schließen. Die Auswertung der Felddaten 2017 zeigte, dass signifikante Unterschiede im Befall zwischen den 400 Linien der BMW Population bei allen drei Pathogenen vorhanden sind ( $p < 0,0001$ ). Dabei entsprachen die Werte für

den Braunrost- und STB-Befall annähernd einer Normalverteilung, während gegenüber Gelbrost die meisten Genotypen resistent waren. Die mehrortig ausgewerteten AO-Werte für Braunrost betragen im Mittel zwischen 1,5 – 35 %. Beim Gelbrostbefall konnten Werte zwischen 0 und 65 % beobachtet werden, wobei knapp 65 % der Genotypen unter dem AO-Wert von 5 % lagen. Der prozentuale Blattbefall mit *Zymoseptoria tritici* belief sich in Quedlinburg im Mittel auf bis zu 39 %. Die statistische Auswertung der Blattsegmenttests zeigte, dass sowohl Genotyp ( $p < 0,0001$ ), Isolat ( $p < 0,0001$ ) als auch die Wechselwirkung beider Faktoren ( $p = 0,0120$ ) einen signifikanten Einfluss auf den Befall haben. So konnte zwischen hochaggressiven und weniger aggressiven Isolaten, die zwischen den Elternlinien deutlich differenzieren, unterschieden werden. Die Ergebnisse der Ganzpflanzentests mit Braunrostisolaten weisen darauf hin, dass mehrere effektive Braunrostresistenzen in den Elternlinien vorliegen, deren weiterer Nachweis derzeit mit bereits beschriebenen molekularen Markern erfolgt.

#### **(Geplante) Verwertung**

Identifizierte molekulare Marker, welche eng mit merkmalskodierenden Genen gekoppelt sind, liefern einen wichtigen Beitrag für die markergestützte Selektion und können außerdem in Modellen zur genomischen Selektion integriert werden. Genetische Zusammenhänge zwischen den Zielmerkmalen sind von großer Bedeutung für zukünftige Zuchtstrategien.

Aulchenko YS, de Koning DJ, Haley C (2007) Genomewide Rapid Association Using Mixed Model and Regression: A Fast and Simple Method For Genomewide Pedigree-Based Quantitative Trait Loci Association Analysis. *Genetics* 177(1):577-585

McIntosh RA, Wellings CR, Park RF (1995) *Wheat rusts - An atlas of resistance genes*. CSIRO Publications, Clayton, VIC

**„Untersuchung zur Thripsresistenz von Chrysanthemen und Implementierung der Ergebnisse zur Entwicklung thripsresistenter Genotypen (CHRYRES)“**

**”Investigation of thrips resistance in Chrysanthemum and implementation of results for development of thripsresistant genotypes (CHRYRES)“**

**Projektlaufzeit**

01.10.2016 bis 30.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Rainer Meyhöfer

Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Phytomedizin, Hannover

**Verbundpartner**

Hubert Brandkamp

Firma Hubert Brandkamp, Isselburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Im Rahmen eines Verbundprojektes zwischen dem Unternehmen Hubert Brandkamp und der Leibniz Universität Hannover soll das Resistenzpotential und die Resistenzmechanismen von verschiedenen Chrysanthemensorten gegenüber dem Kalifornischen Blüenthrrips (*Frankliniella occidentalis*), einem weltweit bedeutenden Schädling im Zierpflanzenbau, untersucht und in die praktische Pflanzenzüchtung integriert werden. Nach Ende des Projektes soll dem Züchter eine einfache und schnelle Methode zur Ermittlung der Resistenz in Chrysanthemen gegenüber Thripsen zur Verfügung stehen. Mit Hilfe der neuen Methoden können Sorten im Sortiment wie auch Neuzüchtungen leicht auf Insektenresistenz überprüft und klassifiziert werden.

### Realisierung

Im einem ersten Schritt wurde die Anfälligkeit von Chrysanthemen gegenüber *F. occidentalis* in einem großen Sortenscreening ermittelt. Dazu wurden 77 Sorten aus dem Sortiment der Firma Hubert Brandkamp und Deliflor Chrysanten (NL) in einem Gewächshausversuch auf Fraßschäden an den Blättern (generativer, vegetativer Zustand) und Anzahl Tiere (Weibchen, Männchen, Larven) in den Blüten untersucht. Der Versuch fand an zwei Standorten statt und wurde in den Frühjahr-/Sommer- und in den Sommer-/Herbstmonaten durchgeführt, um etwaige Unterschiede im Verhalten der Tiere zu unterschiedlichen Jahreszeiten auszuschließen.

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass der Blattschaden stark von der Jahreszeit und dem Standort abhängen. Es zeigte sich auch, dass sich die 77 untersuchten Chrysanthemen-sorten stark in ihrer Resistenz gegenüber dem Kalifornischen Blüenthrrips unterscheiden. Im Frühjahrsdurchgang wich der Fraßschaden an den Blättern um bis zu 1.000% vom Sortenmittel ab. Fast alle Sorten, die am Standort Hannover stärkere Fraßschäden aufzeigten, waren auch am Standort Isselburg anfälliger, auch wenn der Schaden dort wesentlich geringer ausfiel. Dies gilt ebenfalls für Sorten, die wenig Schaden aufwiesen. Die Sorten wurden auf Basis des Fraßschadens in „resistent“, „intermediär“ und „anfällig“ eingeteilt und 17 auffällige Sorten für gezielte Kreuzungen ausgewählt (6 anfällige, 8 intermediäre, 3 resistente Sorten).

Bei der Betrachtung der Tiere in den Blüten zeigte sich, dass Fraßschaden an den Blättern und Anzahl der Thripse nicht miteinander korrelieren. Selbst potentiell resistente Sorten können in den Blüten eine hohe Anzahl an Thripsen aufweisen. Es gab jedoch auch keine Sorte, bei der keine Thripse in den Blüten gefunden wurden. Die in der Literatur beschriebene Vermutung, dass die Tiere gelbe Blüten bevorzugen würden, konnte ebenso nicht bestätigt werden. Dieser Sachverhalt soll in zukünftigen Versuchen geklärt werden.

Da Blattinhaltsstoffe an der Resistenzausprägung gegenüber *F. occidentalis* beteiligt sind, wurden während des Sortenscreenings *in vivo* Messungen des Flavonolgehalts mit Hilfe eines einfachen optischen Messgeräts (DUALEX® SCIENTIFIC) durchgeführt. Da der Gesamtflavonolgehalt auf den ersten Blick nicht mit Fraßschaden korrelierte, wurden in einem Vorversuch die einzelnen phenolischen Blattinhaltsstoffe mit Hilfe von HPLC-Analysen quantifiziert. Die ersten Daten zeigen eine Tendenz zur Erhöhung der phenolischen Inhaltsstoffe in den resistenten Sorten. Vor allem 3 der untersuchten 15 Verbindungen liegen in resistenten Sorten erhöht vor und könnten damit potentiell zur Beurteilung von Neuzüchtungen herangezogen werden. Die Ergebnisse werden zurzeit im Rahmen von Versuchen unter kontrollierten Bedingungen abgesichert.

Auch von den gezielten Kreuzungen zwischen anfälligen und resistenten Sorten liegen bereits erste Ergebnisse vor. Da die verschiedenen Sorten unterschiedliche Mengen an Pollen produzieren, sind nicht bei allen Kreuzungspartnern fertile Nachkommen entstanden. Darüber hinaus variiert die Anzahl Nachkommen der verschiedenen Elternpflanzen sehr stark, d. h. von wenigen Nachkommen bis zu 270 Sämlingen (im Mittel 22 Sämlinge). Ob zum einen neue, resistente Pflanzen und zum anderen auch für den Markt vielversprechende Blütenfarben/-formen entstehen, wird sich erst im Spätherbst zeigen. In einem nächsten Schritt werden die Neukreuzungen im Rahmen von verschiedenen Biotest-Verfahren und Analysen von Pflanzeninhaltsstoffen auf Resistenzausprägungen untersucht werden. Dabei kommen neuartige Methoden, wie die videogestützte Analyse der Fraß- bzw. Saugaktivität von Thripsen am Chrysanthemenblatt oder die Orientierung in Richtung anfälliger Wirtspflanze im Olfaktometer zum Einsatz.

**(Geplante) Verwertung**

Durch die Charakterisierung der potenziellen Resistenzmechanismen ist eine gezielte Beurteilung von Neuzüchtungen auf ihr Resistenzpotential möglich. Die Identifizierung der Mechanismen erlaubt die Entwicklung von schnellen Biotest-Verfahren, die eine zeitnahe Einstufung der Resistenz von Neuzüchtungen zulässt.

Die Ergebnisse des Projektes sind von großer Bedeutung für den integrierten und biologischen Pflanzenschutz im Zierpflanzenanbau. Mit der gezielten Integration der Insektenresistenz als Zuchtmerkmal bei Neuzüchtungen kann der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis unmittelbar reduziert werden. Darüber hinaus wird die Klassifizierung der Sortenresistenz aber auch zur Weiterentwicklung von nachhaltigen Pflanzenschutzstrategien auf Basis von gemischten Anbausystemen zur gezielten Manipulation von Schadinsekten beitragen.

**„Entwicklung einer markergestützten Selektion bei Schnitt- und Topfnelken und deren Verwendung zur Züchtung ressourceneffizienter Sorten (CarMarSel)“**

**“Development of a marker-assisted selection for cut- and pot carnation and its use for breeding of resource-efficient varieties (CarMarSel)”**

**Projektlaufzeit**

01.01.2017 bis 31.12.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Hans-Peter Piepho

Universität Hohenheim, Fachgebiet Biostatistik (340c), Hohenheim

**Verbundpartner**

Klemm + Sohn GmbH & Co. KG, Stuttgart

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Ziel des vorliegenden Projektes ist die Etablierung der markergestützten Selektion für die Schnittnelken. Die markergestützte Selektion soll dann auf einen erweiterten Genpool der Topfnelken sowie auf Fusariumresistenz, ebenfalls bei Schnittnelken, ausgeweitet werden soll. Beide Merkmale haben herausragende Bedeutung für eine ressourcenschonende Produktion und den nachhaltigen Transport von Nelken.

### Realisierung

Für die Einführung der marker-gestützten Selektion bei Schnittnelken wurden fünf verschiedene Kreuzungspopulationen, aufspaltend hinsichtlich der Vasenhaltbarkeit, bonitiert. Die Bonitur der insgesamt 504 Kreuzungsnachkommen, die sich aufteilten in zwei Standardnelken-Populationen und drei Mininelken-Populationen, erfolgte im Rahmen eines zweiphasigen Designs. In der ersten Phase wurden die Mutterpflanzen im Gewächshaus in sogenannten Pflanzwannen mit je neun Pflanzpositionen im Rahmen eines unvollständigen Blockdesigns mit vier Wiederholungen kultiviert. Jeweils eine Pflanzwanne stellte einen unvollständigen Block der Größe neun dar. In der ersten Phase wurden die Merkmale Stiellänge in cm und Knospenanzahl pro Stiel ermittelt. Von jeder Pflanzposition wurden immer zwei Stiele geerntet, die das Entwicklungsstadium 2 erreicht hatten (Boxriker et al., 2017). Zufällig wurde ein Stiel mittels einer computergenerierten Zufallszahl ausgewählt und einer Transportsimulation unterzogen. Die Transportsimulation beinhaltete den Verschluss der geernteten Stiele in Transportboxen, welche typisch in der Produktion genutzt werden, für 14 Tage und bei 4°C. Der andere Stiel wurde direkt der Vasenhaltbarkeit im Labor unterzogen. Die Vasenhaltbar-

keit ist die Dauer in Tagen, die ein Stiel in der Vase verbringt bis die Blüte Welke zeigt. In der zweiten Phase wurde eine randomisierte Anlage verwendet, bei der die Vasen die Randomisationseinheit darstellten, welche in Trays zu je acht Vasen positionierten wurden. Die Randomisation von behandelten (einer Transportsimulation unterzogenen) oder unbehandelten Stielen zu den Vasen erfolgte im Labor mittels einer computergenerierten Zufallszahl. War bereits eine Vase durch einen Stiel belegt, wurde die nächst leere nebenstehende Vasen verwandt. Von zwei der fünf Familien wurden genomweite SNP-Daten mittels der ‚Diversity Arrays Technology‘ (DArT) generiert. Die generierten SNP-Daten wurden einer genotypischen Qualitätskontrolle unterzogen (Ausschluss von monomorphen Markern,  $MAF > 0.05 \%$ , genotype failure rate  $> 20 \%$ ) und mit den phänotypischen Daten mittels genomweiter Assoziationsstudien assoziiert, um signifikante Marker für Blütenhaltbarkeit und verwandte Merkmale zu identifizieren.

### **Ergebnisse**

Während der phänotypischen Datenauswertung konnte unter Berücksichtigung des Designs und der Verwandtschaftsverhältnisse aufgezeigt werden, dass die Ausprägung des Merkmals Blütenhaltbarkeit und Stiellänge unterschiedlich ausgeprägt werden. Bei Mininelken stellte sich heraus, dass die Stiellänge unabhängig von der Kreuzungskombination ausgeprägt wird, während die Ausprägung der Blütenhaltbarkeit stark von der Kreuzung abhängt. Bei den Standardnelken verhielt sich die Merkmalsausprägung in Abhängigkeit der Familien genau anders herum. Deswegen wurden weitere Analysen nur noch getrennt für Standard- und Mininelken vorgenommen. So wurden weitere Unterschiede in der Genotyp-Umwelt-Interaktion aufgrund von unterschiedlichen hohen Varianzkomponenten der Blockeffekte in Phase 1 und 2 gefunden. Bei Standardnelken waren die Varianzkomponenten der Blockeffekte in Phase 1 marginal, während die Blockeffekte in der zweiten Phase verhältnismäßig groß waren. Bei Mininelken zeigte sich hier ein gegenteiliges Ergebnis.

Die Anzahl identifizierter SNPs betrug 13.917, nach den Qualitätskontrollen 7.421 SNPs. Mittels der Assoziationsstudie konnte für alle drei Merkmale signifikante SNPs identifiziert. Für die Stiellänge und Knospenanzahl eine geringere Anzahl als für die Blütenhaltbarkeit. Vermutlich ist der Grund dafür, dass die Merkmale oligogen vererbt werden. Für die Blütenhaltbarkeit wurde eine deutlich größere Anzahl signifikanter SNPs identifiziert. Dies ist ein Hinweis darauf, dass in der Ausprägung des Merkmals eine deutlich größere Anzahl an Genen beteiligt sein kann als bisher angenommen wurde. Dies wird derzeit in weiteren Auswertungen genauer untersucht unter Anpassung bisheriger statistischer Methoden, welche auch die Anpassung der Parameter der Qualitätskontrolle betrifft.

### **(Geplante) Verwertung**

Im einem nächsten Schritt sollen die identifizierten Marker einer Validierung unterzogen werden, um mögliche ‚Falsch-Positive‘ auszuschließen und auf Grundlage der SNPs

und dazugehörigen Basenabfolgen Genotypisierungssassays zu designen, um die gefundenen Marker auf den erweiterten Genpool der Topfnelken anzuwenden.

Boxriker, M., Boehm, R., Krezdorn, N., Rotter, B. and Piepho, H. P. (2017). Comparative transcriptome analysis of vase life and carnation type in *Dianthus caryophyllus* L. *Scientia Horticulturae*. Elsevier B.V., 217,61–72. doi:10.1016/j.scienta.2017.01.015.

**„Entwicklung einer systematischen Züchtungsstrategie für Hortensie (*Hydrangea macrophylla* ssp. *macrophylla*) unter Berücksichtigung interploider Kreuzungen (Hortensienzüchtung)“**

**”Development of a systematic breeding strategy in *Hydrangea macrophylla* ssp. *macrophylla*) regarding interploidy crossings (HydrangeaBreeding)“**

**Projektlaufzeit**

01.02.2015 bis 30.06.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Philipp Franken, Dr. Conny Tränkner (in Vertretung von Prof. Dr. Annette Hohe)  
Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V., Erfurt

**Verbundpartner**

Frauke Engel  
KÖTTERHEINRICH – Hortensienkulturen, Lengerich

## Kurzfassung

### Projektziel

Eine Besonderheit in der Hortensienzüchtung stellt das Vorhandensein von diploiden und triploiden Sorten dar, wobei der Ploidiestatus nicht für alle Sorten bzw. Genotypen bekannt ist. Entgegen der allgemeinen Annahme einer weitgehenden Sterilität triploider Genotypen sind diese Sorten oft fertil und sogar mit diploiden Genotypen kreuzbar. Dennoch existieren in erheblichem Ausmaß Kreuzungsbarrieren zwischen einzelnen Genotypen, wodurch das Einkreuzen wichtiger Eigenschaften wie Remontanz, Doppelblütigkeit oder der Botrytisresistenz maßgeblich erschwert wird. Worauf diese Barrieren beruhen, ist nicht bekannt, entsprechend gibt es keine Lösungsansätze für deren Überwindung.

Es wird vermutet, dass die Problematik der Kreuzungsbarrieren eine Folge der interploiden Kreuzungen mit nachfolgender Entstehung aneuploider Genotypen ist. Diese Hypothese sollte im Projekt untersucht werden und darauf aufbauend eine Züchtungsstrategie für Hortensien entwickelt werden, die die spezielle Gegebenheit der interploiden Kreuzungen berücksichtigt.

### Realisierung

In Rahmen des Projektes wurde eine Sortensammlung mit über 800 Pflanzen der Gattung *Hydrangea* aufgebaut. Der DNA-Gehalt von über 150 Pflanzen der im Zierpflanzenbau bedeutenden Art *H. macrophylla* wurde bestimmt. Bei ausgewählten Sorten erfolgte eine Chromosomenzählung, um die DNA-Gehaltsmessungen zu verifizieren. Zudem wurden 120 Sortenherkünfte mittels SSR-Markeranalyse auf ihre Sortenechtheit geprüft.

Ausgehend von diesem charakterisierten Pflanzenmaterial wurden systematische Kreuzungen zwischen diploiden, triploiden und erstmalig identifizierten tetraploiden Pflanzen durchgeführt. Die erzeugten F<sub>1</sub>-Populationen wurden sämtlich auf ihren DNA-Gehalt untersucht. Ausgewählte Populationen wurden im Anschluss auf morphologische und Resistenzmerkmale hin geprüft und diese mit den entsprechenden DNA-Gehalten in Bezug gesetzt. Einzelne Nachkommen wurden anschließend hinsichtlich ihrer Kreuzungseigenschaften untersucht und bei Eignung in existierende Zuchtpläne überführt.

### Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurden diploide, triploide sowie erstmalig tetraploide als auch aneuploide Hortensiensorten identifiziert. Dabei stellte sich heraus, dass zum Teil diploide und triploide Pflanzen einer Sorte zugeordnet waren, obwohl dies aufgrund der vegetativen Vermehrung von Hortensien ausgeschlossen sein sollte. Die SSR-Markeranalyse belegte, dass 43 der 120 genotypisierten Pflanzen falsch benannt waren. Durch die molekulare Rekonstruktion des „Wädenswiler Stammbaums“, einer 30-jährigen Dokumentation zur Züchtung von Tellerhortensien, konnte bei 20 von 31 „Wädenswiler“-Sorten die Originalpflanze identifiziert werden, wogegen bei 11 „Wädenswiler“-Sorten der richtige Genotyp in der Sortensammlung fehlt oder es nicht möglich ist, eine Aussage darüber zu treffen, welcher der gesammelten Genotypen dem Original entspricht. Eine der wichtigsten Sorten der Sammlung, ‚Enziandom‘, scheint wie die Sorten ‚Papagei‘, ‚Taube‘ und ‚Speer‘ verschollen zu sein (Hempel et al., 2018).

Zur Untersuchung interploider Kreuzungen wurden Sorten unterschiedlicher Ploidiestufen miteinander gekreuzt. Die Varianten diploid x diploid (Kontrolle), diploid x triploid, diploid x tetraploid und triploid x tetraploid, sowie in reziproker Kreuzungsrichtung, waren mehrheitlich erfolgreich. Im Gegensatz dazu waren Kreuzungen zwischen triploiden Genotypen schwierig oder blieben erfolglos. Demnach begründen Unterschiede im DNA-Gehalt nicht per se Kreuzungsbarrieren bei Hortensien.

Die Analyse der F<sub>1</sub>-Nachkommen zeigte, dass bei Kreuzungen mit triploiden Eltern euploide und aneuploide Nachkommen entstehen, unabhängig davon, ob der triploide Elter als Samenträger oder Pollenspender eingesetzt oder ob die Kreuzung mit einem diploiden oder tetraploiden Partner durchgeführt wurde. Der DNA-Gehalt der einzelnen Nachkommen variiert dabei beträchtlich, liegt jedoch meist zwischen dem DNA-Gehalt der beiden Eltern. Dagegen entstehen bei Kreuzungen diploider mit tetraploider Sorten

ausschließlich triploide Nachkommen. Die Kreuzung diploider Sorten ergab erwartungsgemäß diploide Nachkommen. Überraschend resultierten jedoch einige Kreuzungen zwischen diploiden Sorten in diploiden und triploiden Nachkommen. Ebenso unerwartet entstanden pentaploide Nachkommen bei der Kreuzung einer tetraploiden mit einer triploiden Sorte. Dies deutet darauf hin, dass bestimmte diploide und triploide Genotypen zum Teil unreduzierte Gameten bilden und damit Nachkommen mit unterschiedlichen Ploidiestufen erzeugen.

Diploide und polyploide Pflanzen entwickelten sich überwiegend normal. Dagegen wiesen aneuploide Pflanzen einen stark variierenden und oft unnormalen Wuchs auf. Zum Teil war die Blüten- und Pollenentwicklung unzureichend. Allerdings gab es auch aneuploide Nachkommen mit guter Entwicklung, die bei Kreuzungen mit diploiden Sorten vitale Nachkommen hervorbrachten.



Abbildung 1: Das Sortenspektrum von Hortensien (*Hydrangea macrophylla*) umfasst diploide, triploide und tetraploide Genotypen, die für interploide Kreuzungen geeignet sind.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Charakterisierung der Sortensammlung ermöglicht in den nächsten Jahren eine deutlich bessere Auswahl an Genotypen für Kreuzungen. Dabei ist die Identifizierung des tetraploiden Genotyps und der Genotypen, die unreduzierte Gameten bilden, von entscheidender Bedeutung. Die im Projekt erlangten Erkenntnisse zu interploiden Kreuzungen werden eingesetzt, um zu einer Erhöhung des Saatgutansatzes zu gelangen und systematisch neue triploide und tetraploide Sorten zu erzeugen.

# Sektion 14: Ressourceneffiziente Düngung

**„Mobiles Bodenproben-Labor und Datenfusion für den ressourceneffizienten Pflanzenbau (soil2data)“**

**”Mobile soil sample lab and data fusion for resource-efficient crop production (soil2data)“**

**Projektlaufzeit**

15.06.2016 bis 14.06.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Arno Ruckelshausen  
Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik,  
Osnabrück

**Verbundpartner**

Andreas Möller  
Anedo Ltd., Eydelstedt

Walter Nietfeld  
Bodenprobetechnik Nietfeld GmbH, Quakenbrück

Daniel Mentrup  
iotec GmbH, Osnabrück

Dr. Frank Lorenz  
LUFA Nord-West, Oldenburg

Dr. Tino Mosler  
MMM tech support GmbH & Co KG, Berlin

## Kurzfassung

### Projektziel

Die kleinräumige Kenntnis von Bodeneigenschaften in Verknüpfung mit weiteren Informationen stellt eine wesentliche Grundlage für den Pflanzenbau dar und bestimmt maßgeblich den Ressourceneinsatz. Bisherige Verfahren – mit Labormessungen der Bodenproben – bieten keine Optionen für eine Online-Verifizierung der Messresultate und erfordern eine Bodenentnahme mit entsprechenden Transportprozessen. In dem Projekt soil2data wird ein mobiles Bodensensor-Modul für Trägerfahrzeuge entwickelt, welches während der Überfahrt die Bodenanalyse durchführt und den Boden nach der Messung auf dem Feld belässt. Der hohe Automatisierungsgrad und das lokale Datenmanagement mit der Anbindung an externe Datenplattformen schaffen Flexibilität in Verbindung mit ökologischen und ökonomischen Verbesserungen. Auch eine dynamische Anpassung der Bodenbeprobungsplanung ist möglich. Neben der automatischen Bewertung der Daten durch Sensor-Daten-Fusion bieten sich Potenziale für individuelle Auswertungen zur Beratung, z. B. das Ertrags- und Düngemanagement.

Innovative ionensensitive Feldeffekttransistoren (ISFETs, siehe soil2data-Sensor in Abbildung 1) stellen die Sensorschlüsselkomponente des Moduls dar, hier konnte in den letzten Jahren ein „Lab on Chip“ realisiert werden. Im Projekt werden diese Sensoren zur Messung der Nährstoffe (N, P, K), des pH-Wertes und der Leitfähigkeit genutzt. Die elektronische und digitale Anbindung an das lokale Datenmanagement integriert die Komponenten zu einem Sensorsystem, welches Bestandteil des „Field-Lab“ zur Probenaufbereitung ist. Das Modul ermöglicht einen flexiblen Einsatz in der Praxis. Die Bodenprobenaufnahme und -abgabe wird für autonome und personengebundene Trägerfahrzeuge genutzt. Mit am Markt verfügbaren Systemen des Kooperationspartners Bodenprobetechnik Nietfeld werden personengebundene Lösungen realisiert, die auch für Traktoren oder feldtaugliche PKWs geeignet sind. Am Beispiel der Forschungsplattform BoniRob wird ein autonomer Lösungsansatz realisiert.



Abbildung 1: soil2data-Sensor mit ionensensitiven Feldeffekttransistoren (ISFETs) zur Messung von Bodennährstoffen.

## Realisierung

Der Arbeitsplan beinhaltet als technologische Schwerpunkte die Entwicklung des Sensorsystems und des Field-Labs, die Integration in die verschiedenen Typen von Trägerfahrzeugen zur Bodenprobenaufnahme und das Datenmanagement (siehe Abbildung 2). Das Arbeitspaket Praxisevaluation schließt den technologischen und den bodenkundlichen Part sowie eine Skalierungsevaluation ein.

Die Arbeitspakete fokussieren sich auf folgende Inhalte: Auf Basis der ionenselektiven Feldeffekttransistoren wird ein funktionsfähiges Sensorsystem zur Flüssigkeitsanalyse aufgebaut. Dieses wird zusammen mit der Aufbereitung von trockenem Bodenmaterial zur Flüssig-Extraktion von Nährstoffen sowie der entsprechenden Elektronik und Steuerung zum „Field-Lab“ integriert. Hinzu kommen Kalibrier- und Evaluationsverfahren. Die Integration des Moduls und der Bodenprobeaufnahme wird für die verschiedenen Trägerplattformen (Systeme des Kooperationspartners Bodenprobetechnik Nietfeld, autonome Feldroboterplattform BoniRob) realisiert, zu den unterschiedlichen Applikationen des Field-Labs werden entsprechende Mensch-Maschine-Schnittstellen entwickelt. Die Verknüpfung der Bereiche ist Hauptaufgabe im Teilprojekt Datenmanagement: Dies bezieht sich einerseits auf das lokale Datenmanagement zur Prozessverknüpfung von Sensorsystem, Field-Lab und Trägerfahrzeug. Darüber hinaus ist die Bodenbeprobungsplanung enthalten, die aufgrund der Online-Erfassung der Parameter dynamisch angepasst werden kann. Die Ankopplung externer Datenplattformen zur Nutzung der Daten sowie die Fusion (offline oder online) mit externen Daten (z.B. GPS- oder Sensordaten) sind weitere Aufgaben. Die technologischen Ergebnisse sowie insbesondere die Erkenntnisse im Arbeitspaket Praxisevaluation bestimmen die vielfältigen Möglichkeiten zur Nutzung des Systems.

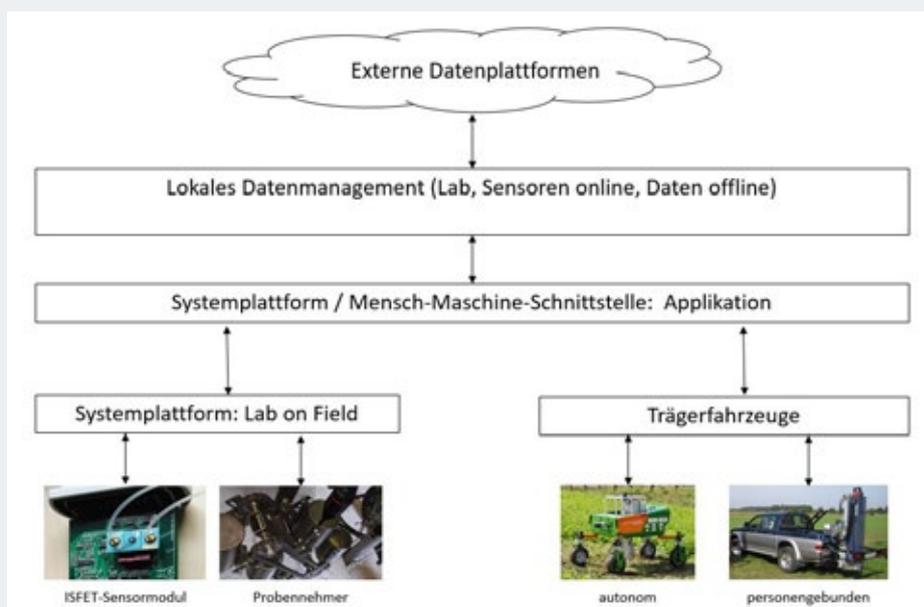


Abbildung 2: Übersicht der soil2data-Technologien.

## Ergebnisse

In den ersten Phasen des laufenden Projektes wurden die analogen Chips mit den ISFET-Sensoren auf Grundlage vorhandener Forschungserfahrungen des Chip-Herstellers kundenspezifisch bestellt und geliefert (siehe Abbildung 1). Die analogen Schaltungen und das digitale Board zur Integration der Sensoren, Signalverarbeitung und Kommunikation wurden entwickelt, im Labor wurden Messungen der Nährstoffe zur Kalibrierung und Systemkonfiguration durchgeführt. Zur Bodenprobenentnahme, Filterung, Aufbereitung der Proben und Integration in die Trägerfahrzeuge wurden die geplanten Konzepte umgesetzt und auf Grundlage umfangreicher Versuche optimiert. Für die Beprobungsplanung wurde eine flexible Software unter Integration von Anwender-Feedback realisiert. Die Zusammenführung der Hardware- und Softwarekomponenten zum „Field-Lab“ und die Einbindung in die Trägerfahrzeuge sind aktuelle Arbeiten für die ersten Feldtests des Gesamtsystems.

## (Geplante) Verwertung

Der Einsatz ionenselektiver Feldeffekttransistoren auf dem Feld eröffnet erhebliche Potenziale zum Einsatz solcher Sensoren in der Landwirtschaft und in benachbarten Bereichen (z. B. Gartenbau, Lebensmittel). Dabei geht es nicht nur um Teilaspekte der Automatisierung, Ressourceneinsparung oder Qualitätsverbesserung, vielmehr ermöglichen derartige Sensoren neue Prozessabläufe gegenüber dem Status quo: Die relevanten Informationen werden gewonnen, der Boden verbleibt auf dem Acker. Die Verwertung und die Potenziale der Technologien wurden daher bereits im Projektplan als Arbeitspaket integriert. Dies betrifft die Datennutzung, Ressourceneinsparung, die Sensor- und Datenfusion sowie den Technologietransfer. Die Zusammensetzung des Konsortiums bietet mit einem Unternehmen der Bodenprobetechnik (Nietfeld) und den Unternehmen der Sensor-, Schaltungs- und Softwareentwicklung für landwirtschaftliche Applikationen (Anedo, iotec, MMM tech) gute Rahmenbedingungen zur Umsetzung der Forschungsergebnisse in produktnahe Lösungen. Die Partner LUFA Nord-West und Hochschule Osnabrück ergänzen diese Perspektiven durch die Bezüge zur Praxis und Wissenschaft.

**„Einfach zu handhabendes, robustes und mobiles Handanalysegerät für NPK, pH und EC Wert für ressourceneffizienten Pflanzenbau (NutriLab)“**

**“Simple, robust mobile Handmeter for NPK, pH and EC values for environmentally sustainable plant production (NutriLab)“**

**Projektlaufzeit**

01.08.2016 bis 31.07.2018

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Tino Mosler

MMM tech support GmbH & Co KG, Berlin

**Verbundpartner**

Arcus-EDS GmbH, Berlin

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung der NutriLab Hardware und eines einfach zu handhabenden, robusten und mobilen Handanalysegeräts, das den Gehalt der Nährstoffe Nitrat, Phosphat, Kali sowie pH und EC Wert des Probenmaterials in einem Messvorgang ermittelt. Das Messgerät soll sowohl aufgeschlammte Böden und Substrate, sowie direkt entnommene Bodenlösung wie auch Presssäfte von Pflanzenorganen verarbeiten können. Die Messwerte werden nach dem Messvorgang auf einem Display angezeigt und in einem Datenspeicher abgelegt.

Parallel dazu soll die NutriLab Software / App entwickelt werden, die die gewonnenen Daten mittels einer hinterlegten Datenbank, die optimale Nährstoffgehalte im Presssaft für wichtige Kulturpflanzen in deren Entwicklungsstadien enthält, selbständig interpretieren und eine Grundrichtung in der Bemessung von Düngergaben vorschlagen kann. Diese Datenbank ist als „lebendiges“, wachsendes „Crowd based“ Projekt konzipiert. Sie ist mit offener Architektur geplant, die eine Anpassung durch den Nutzer ermöglicht. Die optimalen Nährstoffniveaus sollen erweiterbar und an spezifische Standortbedingungen anzupassen sein, und weitere Kulturpflanzen sollen hinzugefügt werden können. Darüber hinaus ist die NutriLab Software / App systemoffen angelegt, so dass sie auch mit anderer Messtechnik eingesetzt werden kann.

### Realisierung

Ein Demonstrator des NutriLab Handanalysegerätes wurde entwickelt. Die Messung selbst wird in einem verkapselten Messmodul, dem Nutri\_STAT Lab-on-Chip realisiert, in dem ISFET Sensoren für  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{P}_2\text{O}_4^{3-}$ ,  $\text{K}^+$ - und  $\text{H}^+$ -Ionen verbaut sind. Darüber hinaus

sind zwei Kontakte für die EC-Messung integriert. Das Messgerät kommuniziert per Bluetooth mit einem Smartphone, auf dessen Display die Messwerte nach dem Messvorgang angezeigt werden. Über dieses Smartphone werden die Messwerte in eine Datencloud gesendet und dort abgelegt. Die Kalibrierfunktion und -routine für Nutri\_STAT wurden entwickelt.

Die NutriLab Software / App wurde entwickelt. Die NutriLab Software interpretiert selbstständig gemessene Nährstoffgehalte in Pflanzenpresssäften mittels der hinterlegten Datenbank. Momentan enthält die Datenbank 66 Kulturen mit 229 Optimalwerten. Die Entwicklungsstadien der Pflanzen wurden gemäß der BBCH Monographie eingeordnet. Die Datenbank ist mit offener Architektur angelegt, so dass eine Anpassung durch Nutzer möglich wird. Die optimalen Nährstoffniveaus sind erweiterbar, können an spezifische Standortbedingungen oder Sorten angepasst werden, und weitere Kulturpflanzen können hinzugefügt werden. Die NutriLab Software / App ist systemoffen angelegt, so dass sie auch mit anderer Messtechnik eingesetzt werden kann. Zum jetzigen Zeitpunkt liegt die Software als Smartphone kompatibles Web-Interface vor, und wird noch durch eine „reinrassige“ App ergänzt werden.

### **Ergebnisse**

Die Projektarbeiten führten weitgehend zum geplanten Ergebnis. Ein funktionsfähiger Demonstrator der NutriLab Hardware wurde entwickelt und gebaut. Auch die NutriLab Software wurde erstellt, allerdings konnte aufgrund der begrenzten Zeit bisher nur die selbstständige Interpretation von Messwerten von Pflanzenpresssäften realisiert werden. NutriLab Soft- wie Hardware wurden in ersten Praxistests geprüft. In nachfolgenden Arbeiten sollen diese Praxistests fortgeführt und erweitert werden, und bei diesen Tests zutage tretende Schwachstellen sowohl bei Hard- wie Software behoben werden.

### **(Geplante) Verwertung**

Der geplante Verwertungsschwerpunkt liegt bei dem Vertrieb der NutriLab Hard- und Software. Es ist geplant, die Hardware zu verkaufen. Die Vermarktung der Software ist über ein mehrstufiges Abonnement-Modell geplant.

Als potentiell wichtigster Markt wird der praktische Anbau erwartet. Darüber hinaus sind auch die Vermarktung an Beratung und Forschung sowie Vermarktung an, oder Nutzungsverträge mit der Düngemittelindustrie in der Diskussion.

Insbesondere für Anbauer, die in einem Umfeld arbeiten, in dem eine gut ausgebaute Infrastruktur an landwirtschaftlichen Analyselabors und eine funktionierende Beratung fehlen oder nur schwer zugänglich sind, kann sich das NutriLab System zu einer wichtigen Hilfe für den sinn- und verantwortungsvollen Einsatz von Düngemitteln entwickeln.

Vor der Markteinführung des NutriLab Systems sind jedoch weitere Arbeiten zwingend notwendig, um ein marktreifes Produkt zu erreichen und somit den erfolgreichen Transfer in die Praxis zu gewährleisten.

**„Entwicklung einer kostengünstigen und miniaturisierten  
Mittelinfrarot(MIR)-Sensorik für integriertes, flächendeckendes Güllema-  
nagement (BigSIGMA)“**

**”Development of a low-priced miniaturized mid-infrared (MIR)-Sensor for  
integrated area-wide slurry management (BigSIGMA)”**

**Projektlaufzeit**

01.04.2016 bis 31.05.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Daniel Sellin

IRPC Infrared-Process Control GmbH, Hamburg

**Verbundpartner**

Andreas Fastenau

Vogelsang GmbH & Co. KG, Essen (Oldenburg)

Dr. Benjamin Wiesent

Comline Elektronik – Elektrotechnik GmbH, Wackersdorf

Prof. Dr. Andreas Liese

Technische Universität Hamburg, Institut für Technische Biokatalyse,  
Hamburg-Harburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Projekts ist die Steigerung der Ressourceneffizienz im Bereich der Landwirtschaft und die Entwicklung, Konstruktion und Integration kostengünstiger, miniaturisierter, stationärer und mobiler Sensoren sowie die dazugehörige Mess- und Regeltechnik als auch eine Dateninfrastruktur um ein flächendeckendes Güllemanagement zu realisieren. Die entwickelten Sensoren nutzen hierzu Licht im mittelinfraroten (MIR) Bereich, wo im Vergleich zum Nahinfrarot (NIR) detailliertere Informationen zugänglich sind. Als Messprinzip wird die abgeschwächte Totalreflexion (ATR) eingesetzt. Durch die Onlinebestimmung des Gehalts an Pflanzennährstoffen (v.a. Stickstoff, N, Phosphor, P und Kalium, K) in flüssigem Wirtschaftsdünger kann eine Überdüngung vermieden und eine Umsetzung der steigenden Anforderungen an die Landwirte durch die neue Düngeverordnung zu einer nachhaltigen Agrarwirtschaft erleichtert werden. So steigert das Projekt die Ressourceneffizienz und ebnet den weiteren Weg der Präzisionslandwirtschaft.

## Realisierung

Gülleproben unterschiedlicher Tierspezies, wie Schwein und Rind, werden im nasschemischen Analyselabor untersucht und parallel dazu werden ATR-MIR-Spektren mit den neuartigen MIR-Sensoren aufgenommen. Die miniaturisierten Sensoren nutzen linear variable Filter im mittelinfraroten Bereich um eine Unterscheidung und Detektion der Inhaltsstoffcharakteristischen und intensiven Signale zu ermöglichen. Durch Verknüpfung der nährstoffspezifischen Signale in den ATR-MIR-Spektren mit den nasschemischen Analysewerten, wie z.B. N-Gesamt wird mittels computergestützter Auswertung ein chemometrisches Modell erzeugt. Bei einer hinreichend großen Stichprobe von verschiedenen Gülleproben und Abdeckung des natürlichen Nährstoffgehaltbereichs können dann mit Hilfe von Regression über das chemometrische Modell in Echtzeit aus ATR-MIR-Spektren die Nährstoffkonzentrationen der unbekanntenen Gülleproben ermittelt werden. Für den Feldeinsatz werden die kostengünstigen und miniaturisierten MIR-Sensoren beispielsweise an Fassfüllstationen oder Fasswagen in den Durchfluss integriert und Systeme entwickelt, die Ergebnisse der online MIR-Nährstoffbestimmung für Regelung und Dokumentation des Nährstoffflusses nutzbar machen. Außerdem wird für Vor-Ort-Messungen durch entsprechend adaptierte Handheld-Sensoren (z. B. als Messkoffer) eine Nährstoffschnellbestimmung realisiert, mit deren Hilfe die Dokumentation einwandfrei überprüft werden kann. Im Feldtest werden die Ergebnisse der online MIR-Nährstoffbestimmung hinsichtlich deren Möglichkeiten weiterentwickelt.

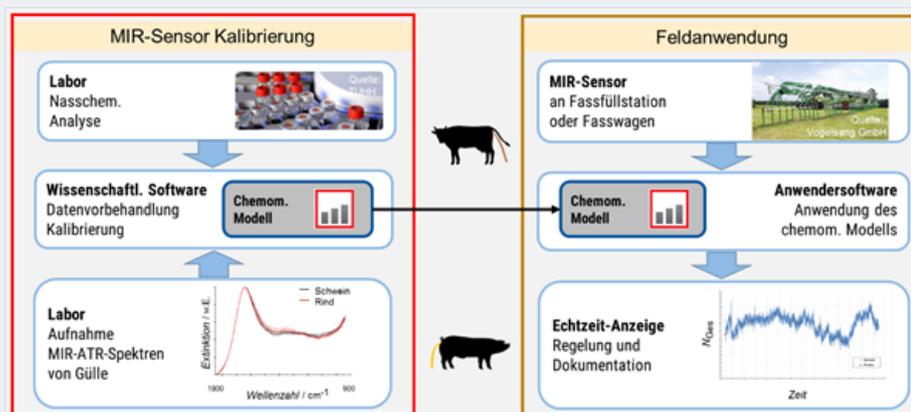


Abbildung 1: Übersichtstafel der Realisierung einer Entwicklung von Güllesensoren.

## Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts wurde anhand statischer Messungen verschiedener Schweine- und Rindergüllen mit Forschungs-ATR-MIR-Geräten und miniaturisierten ATR-MIR-Sensoren die Datengrundlage für die chemometrischen Modelle zur Nährstoffbestimmung generiert. Die verschiedenen Güllen sind komplexe Flüssig-Feststoff-Gemische mit jeweils unterschiedlichen Feststoffgehalten, welche unterschiedlich gut in den Güllen aufgeschwemmt sind. Die Feststoff-Sedimentation auf der optischen Messfläche

bei den statischen Messungen wurde mit Zunahme der Absorbanz über der Zeit in wichtigen spektralen Bereichen verfolgt und der Einfluss der Probenhomogenität nachgewiesen. Die Machbarkeit der Echtzeit-MIR-Analyse von Schweinegülle und Gärresten wurde durch die Kreuzvalidierung der auf MIR-Kompakt-Spektrometrie basierenden chemometrischen Modelle gezeigt. Die tierspezifischen Nährstoffkorrelationen wurden im Projekt untersucht und der Einfluss auf Messungen sowie das chemometrische Modell abgeschätzt. Verschiedene miniaturisierte Sensortypen und Adaptierungen (Lab-in-a-Box, Seriensensor, Durchflusszelle) zur Vor-Ort-Messung oder zur Installation auf Fasswagen oder Fassfüllstationen wurden entwickelt und befinden sich in der Erprobung. Dynamische Messungen, unterstützt durch Strömungssimulationen führten zu einer erfolgreichen Integration sowohl des stationären als auch des Seriensensors in gülleführende Leitungen. Zur Regeneration der Sensoroberfläche wurde eine integrierte Reinigungsmethode entwickelt und erfolgreich getestet.

Weiterhin wurden diverse Tools zur Auswertung der spektralen Gülledaten entwickelt und kommen bereits im Rahmen des Projekts zum Einsatz: Neben Methoden zur Vergleichbarkeit von Sensoren und zur Überwachung der Performanz wurden nützliche Tools zur Vergleichbarkeit von Güllelaboren mittels optischer Messtechnik und Chemometrie entwickelt. Darüber hinaus wurden Softwaretools zur automatisierten Datenverarbeitung von MIR-Spektren und Güllemetadaten entwickelt.

#### **(Geplante) Verwertung**

Belastbare chemometrische Modelle für die Handheld-Sensoren werden ab 2019 verfügbar sein und mit einem robusten Messkoffer und anwenderfreundlicher Bediensoftware für den Feldeinsatz angeboten werden.

Die Onlinesensorik für Fasswagen und/oder Fassfüllstationen wird voraussichtlich 2019 die Marktreife erreichen. Die anforderungsgerechte Kalibrierung und Einbindung der Sensorik wird in diesem Zuge ab 2020 stattfinden. Für die Erfassung und ggf. Bereitstellung von flächendeckenden Gülledaten sollen moderne Techniken für spaltenbasierte Datenbanken zum Einsatz kommen, welche zur Zeit in der Entwicklung sind und die Güllerohdaten nach und nach in solche Systeme übertragen werden.

**„Smartphone-basierte optische Verfahren zur Charakterisierung von Einzelkomponenten bei der Herstellung von mineralischen Mischdüngern und Ableitung von Streueigenschaften zur optimierten Streueinstellung bei Zentrifugalstreuern (OptiBlend)“**

**“Smartphone-based optical methods for characterizing fertilizer components in bulk blends and derivation of their physical properties in order to optimize centrifugal spreader settings (OptiBlend)“**

**Projektlaufzeit**

15.09.2016 bis 31.12.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Hans-Werner Olf  
Hochschule Osnabrück, Professur für Pflanzenernährung / Pflanzenbau,  
Osnabrück

**Verbundpartner**

iotec GmbH, Osnabrück

**Assoziierter Partner**

Amazonen Werke H. Dreyer GmbH & Co.KG, Hasbergen-Gaste

## Kurzfassung

### Projektziel

Das Projekt „OptiBlend“ will den Einsatz mechanisch gemischter Dünger (Bulk Blends oder Mischdünger) in der Landwirtschaft mittels einer Smartphone-App verbessern. Die Schwierigkeit beim Mischen der verschiedenen Düngereinzelnkomponenten liegt darin, dass aufgrund ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften nicht alle Komponenten sinnvoll miteinander zu vermischen sind. Werden unpassende Mischungspartner gewählt, kommt es zum Entmischen beim Lagern, Transportieren und Ausbringen. Dies hat den Nachteil, dass sich die ausgebrachten Nährstoffe ungleichmäßig auf dem Acker oder Grünland verteilen. Für die individuell hergestellten Mischungen liegen zudem in der Regel keine Einstellwerte für die eingesetzten Zentrifugaldüngerstreuer vor, an denen sich der Landwirt orientieren kann, um eine gute Querverteilung der Dünger zu erreichen. Mittels der App sollen Düngermischer geeignete Düngerkomponenten effizient auswählen können und Landwirte die Möglichkeit bekommen, die Verteilgenauigkeit der gemischten Dünger zu verbessern.

## Realisierung

Im Rahmen des Projektes wird eine Smartphone-App zur Erkennung von Einzeldüngern anhand ihrer optischen Eigenschaften (z. B. Farbe, Form, Textur) entwickelt (siehe Abbildung 1). Dabei arbeitet die App mit einer sich kontinuierlich erweiternden Datenbank, die Informationen zu den optischen, chemischen (Nährstoffgehalte) und physikalischen (z. B. Dichte, Korngrößenverteilung, Abwurfwinkel) Eigenschaften der Einzeldünger enthält. Durch den Abgleich der vorliegenden Dünger-Daten kann die App die Empfehlung geben, ob sich die mit dem Smartphone fotografierten Dünger sinnvoll mischen lassen und wie der Zentrifugalstreuer einzustellen ist, um ein optimales Streubild zu erzielen.

Um sicherzustellen, dass die untersuchten Einzeldünger und Mischungen in der Praxis von Bedeutung sind, werden umfangreiche Interviews mit Düngermischern in verschiedenen Regionen Deutschlands durchgeführt. Düngerstreuerexperimente mit gängigen Mischungen in einer Streuhalle („Laborbedingungen“) und auf dem Feld („Praxisbedingungen“) sollen wichtige Infos über das Verhalten von Einzeldüngern und Mischungen beim Streuvorgang liefern sowie die App auf ihren Einsatz in der Praxis testen.

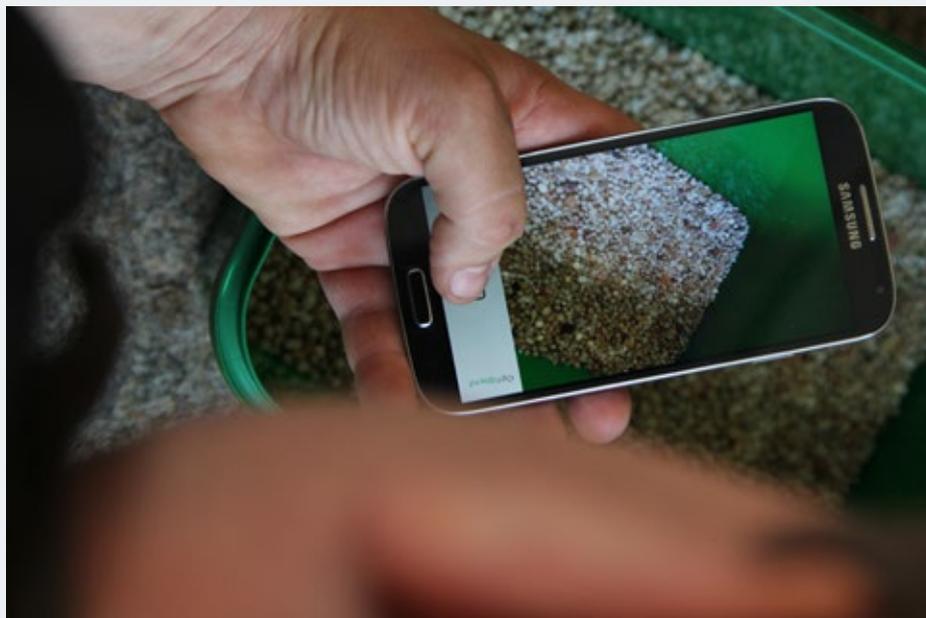


Abbildung 1: Optische Erkennung von Einzelkomponenten in Mischdüngern mittels App.

## Ergebnisse

Im Rahmen der Experteninterviews mit Mitgliedern des Bundesverbandes der Düngermischer ließen sich umfangreiche Infos über die Auswahl der Düngerkomponenten, praxisübliche Mischungen und gängige Mischtechnik sammeln. Dabei zeigte sich, dass es je nach Region deutliche Unterschiede in der Zusammensetzung der üblichen Dünger-

mischungen gibt. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Standortgegebenheiten, wie z.B. Böden und angebaute Kulturen sowie die Intensität der Tierhaltung. Die Wahl der Einzeldünger erfolgt nach Angaben der Befragten vor allem nach der Qualität der Produkte, die vor allem durch die Korngrößenzusammensetzung definiert wird.

Durch die Gespräche ergab sich zudem eine Auswahl von 67 typischen Einzelkomponenten, die anschließend chemisch (Labor Hochschule Osnabrück) und physikalisch (Labor Amazonen Werke H. Dreyer GmbH & Co.KG) analysiert wurden. Die physikalischen Tests zeigten je nach Dünger Unterschiede in Schüttdichte, Korngrößenspektrum, Reib- und Roll-Verhalten sowie der spezifischen Wurfweite. Dabei steht die durchschnittliche Korngröße und die Schüttdichte in engem Bezug zur Wurfweite.

Das Separieren der Düngerproben in 11 Korngrößen gab zudem die entscheidende Idee für die optische Erfassung der Dünger unter Laborbedingungen. Zusammen mit der iotec GmbH wurde dafür ein Fotoaufbau mit Spiegelreflexkamera und LED-Leuchten entwickelt, sodass von jedem Dünger die Korngrößen einzeln aufgenommen werden konnten. Diese Vorgehensweise ermöglichte es geeignete Algorithmen zu entwickeln, um die Einzeldünger anhand optisch erfassbarer Eigenschaften zu unterscheiden.

Für die Entwicklung der Algorithmen wurden 6.248 Laborfotos maschinell ausgewertet. Dabei wurden verschiedene optische Merkmale, wie Farbe, Textur und Form der Körner, mathematisch analysiert. Durch diese Merkmale konnten statistische Modelle erstellt werden, die es ermöglichen, die Einzelkomponenten anhand ihrer Erscheinung in 81,4 % der Fälle voneinander zu unterscheiden. Neben klassischen Verfahren des maschinellen Lernens (Random Forests, Support Vektor Maschinen), wurden auch Methoden aus dem Bereich des Deep Learning (Convolutional Neural Nets) mit den Düngerkornbildern trainiert. Diese Methoden können die vorher spezifisch für dieses Problem entworfenen Merkmalsberechnungen automatisch selbst lernen und auch die Klassifizierung übernehmen. Sie stellen somit eine Alternative für den klassischen Ansatz dar.

Anhand von 89 Düngerstreutests ließen sich in der Strehalle Horsens (Dänemark) ausgewählte Praxismischungen in ihren Streueigenschaften charakterisieren. Die bereits vorliegenden Ergebnisse der chemischen Analyse der in Wiegezellen aufgefangenen Düngerproben belegen, dass eine optimale Querverteilung der Düngermenge nicht immer gleichbedeutend mit einer gleichmäßigen Verteilung der Nährstoffe einhergeht.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die Amazonen Werke H. Dreyer GmbH & Co.KG stellen Düngermischern und Landwirten die Smartphone-App nach Projektende kostenlos zur Verfügung. Damit erweitert der Projektpartner seinen Düngerservice um den Bereich „Mischdünger“. Landwirte, die Amazone Düngetechnik einsetzen, können ab dann ihren Düngerstreuer gezielt für Mischdünger einstellen. Für den Projektpartner iotec GmbH dient dieses Projekt zur Vertiefung der Geschäftsfelder Bildverarbeitung und App-Entwicklung. An der Hochschule Osnabrück haben die Studierenden die Möglichkeit, moderne Düngetechnik direkt zu erlernen. Zudem eröffnen die Ergebnisse des Projektes weitere Forschungsfelder für die Hochschule.

**„Optimierte Oberflächen zur Verbesserung der Effizienz innovativer Injektionsgeräte für Dünger (EffID)“**

**“Increased efficiency through surface optimization for innovative fertilizer injection equipment (EffID)“**

**Projektlaufzeit**

25.01.2017 bis 24.01.2021

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Christian Schröder

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg

**Verbundpartner**

Dr. Frank Grote

FRANK Walz- und Schmiedetechnik GmbH, Hatzfeld (Eder)

Jürgen Maier

cult-tec Maier & Müller-Sämann GbR, Freiburg

Dr. Andreas Baranyai

inprotec AG, Heitersheim

Martin Hörner

ANNA - Agentur für Nachhaltige Nutzung von Agrarlandschaften, Partnerschaft Müller-Sämann & Hölscher Ingenieure, Freiburg

Prof. Dr. Hariolf Kurz

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising

**Assoziierter Partner**

Rauch Landmaschinenfabrik GmbH, Sinzheim

## Kurzfassung

### Projektziel

Die in der landwirtschaftlichen Praxis am meisten verbreiteten Düngeverfahren für Stickstoff sind durch erhebliche Verluste gekennzeichnet. Nach flächiger Ausbringung treten gasförmige Verluste in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen in Form von Ammoniak und Lachgas auf. Verluste durch Oberflächenabfluss und durch Nitratauswaschungen mit dem Sickerwasser treten als Folge von Starkregen nach Düngemaßnahmen auf. Der in die Luft oder ins Wasser entweichende Stickstoff steht der Pflanze nicht mehr zur Ertragsbildung zur Verfügung und belastet die Umwelt. Darüber hinaus

führen Nitratausträge zur Eutrophierung von Oberflächengewässern und beeinträchtigen die Trinkwasserqualität des Grundwassers. Die platzierte Depotdüngung ist daher eine geeignete Methode, den Nährstoffverlusten und der Umweltbelastung entgegenzuwirken. Hierzu wird der Düngebedarf im Boden in ausreichender Tiefe platziert, um für die wachsenden Wurzeln unabhängig von der Witterung gut zugänglich zu sein und die biologische Umwandlung in die verlustgefährdeten Stickstoffverbindungen zu reduzieren. Eines der größten Hemmnisse zur Einführung einer verlustarmen Depotdüngung ist der hohe Zugkraft- und Energiebedarf bei der Ausbringung in einer ausreichenden Tiefe. Dadurch geht ein Großteil der bei der Bodenbearbeitung eingesetzten Energie durch Reibung zwischen Erde und Stahl verloren. Ziel dieses Vorhabens ist es, die Schlagkraft der Applikationswerkzeuge von innovativen Injektionsgeräten für feste oder flüssige Dünger deutlich zu erhöhen.

### **Realisierung**

Ziel ist die Entwicklung eines Depotdüngerwerkzeugs mit stark reduzierter Reibung. Dies soll über unterschiedliche Beschichtungen und Geometrieoptimierungen erreicht werden, wobei neben der niedrigen Reibung auch die technische Nutzbarkeit und die Lebensdauer der Werkzeuge zu beachten sind. Kernpunkte der Realisierung sind:

1. Aufklärung der Reib- und Verschleißmechanismen
2. Hartmetall- bzw. Keramikeinsätze für den hoch belasteten Spitzen- bzw. Schneidbereich der Werkzeuge
3. Beschichtung der Einsätze mit kristallinen Diamantschichten
4. Beschichtung der Werkzeugflanken mit diamantähnlichen Kohlenstoffschichten (DLC)
5. Auslegung und Geometrieoptimierung der Multimaterialwerkzeuge über numerische Simulation nach der Aufklärung der Reibmechanismen und des Reibanteilverhältnisses Flanken/Spitzen
6. Zugkraftmessung der optimierten Werkzeuge und Vergleich mit bisherigem Stand der Technik
7. Weiterentwicklung der Applikationswerkzeuge, Fertigung von Versuchsprototypen

In Feldversuchen werden die verschiedenen Multimaterialwerkzeuge mit Demonstratorgeometrien erprobt. Die Qualität der Depotablage wird anhand von Bodenprofilanalysen genau untersucht. Die Düngewirksamkeit der generierten Depots wird in Feldversuchen mit Ertrags- und Qualitätsfeststellungen geprüft.

### **Ergebnisse**

In einem Abrasionsprüfstand wurde das Reib- und Verschleißverhalten von verschiedenen Materialvarianten untersucht. Hierbei wurden u. a. DLC-beschichtete Stähle und Hartmetalle abrasiv bei konstanter Gleitgeschwindigkeit und Anpresskraft mit trockenem Sand (definierte Korngröße) beansprucht. Aus Abbildung 1 geht eine schematische Darstellung des Prüfaufbaus hervor.

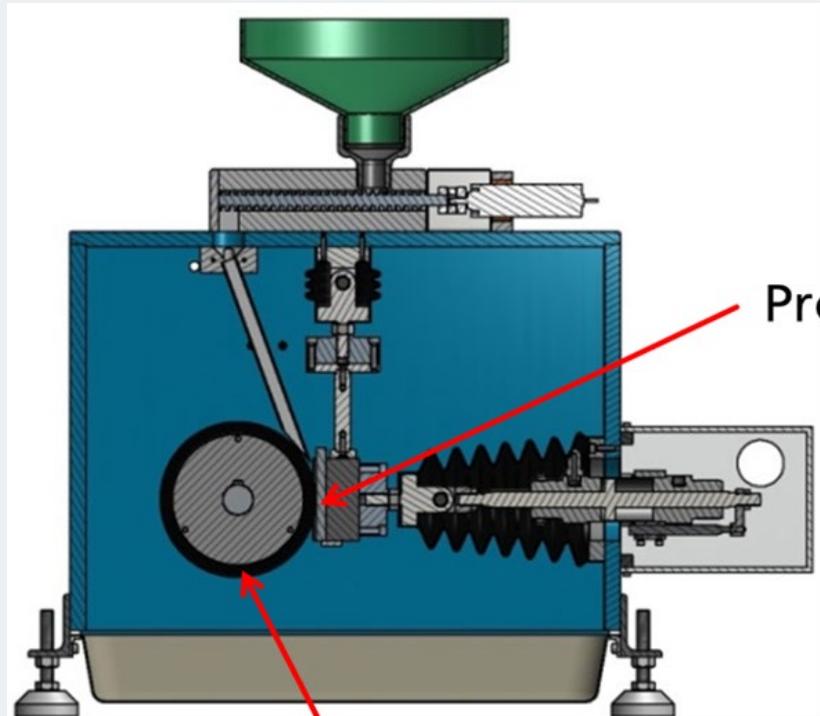


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Abrasionsprüfstands.

Die Prüfungen erfolgten in Anlehnung an die Norm ASTM G65-04. Anschließend wurden die Verschleißspuren mit 3D-Laserscanmikroskopie analysiert. Wie Abbildung 2 zeigt, können je nach eingesetztem Beschichtungssystem deutliche Verringerungen von Reibung und Verschleiß erreicht werden.

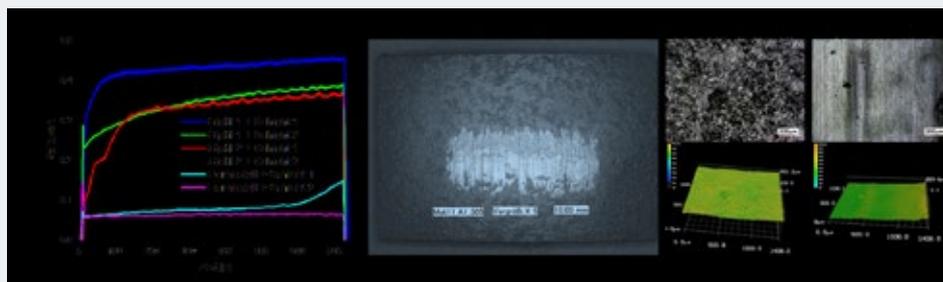


Abbildung 2: Reibverhalten von unterschiedlich beschichteten Stählen und Hartmetallen (links), Darstellung einer Verschleißspur (Mitte) sowie der Oberflächenbeschaffenheiten vor und nach Versuchsdurchführung bei Variante Stahl 1 + Schicht 2 (rechts).

Ebenfalls zeigen sich verbesserte tribologische Eigenschaften mit beschichteten Hartmetallen.

Im Fokus der Untersuchungen steht auch die numerische Simulation von Bauteilbeanspruchungen. In Abbildung 3 ist die Finite-Elemente-Modellierung (FEM) einer Injektoreinheit dargestellt.

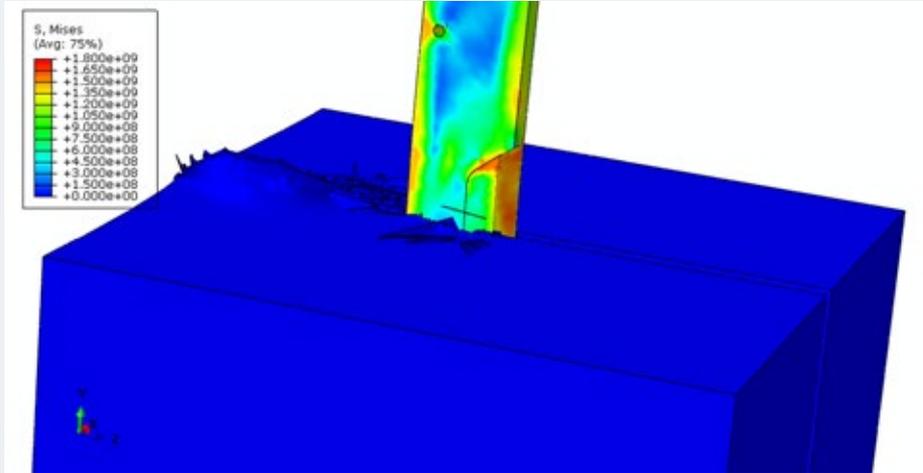


Abbildung 3: Numerische Simulation einer Injektoreinheit mit FEM.

Die Zugbeanspruchung und die modellierten Eigenschaften des Bodens bzw. des Werkzeugs erzeugen lokale Spannungserhöhungen, die für die Auslegung des Bauteils wichtig sind. Eine Reduktion der Reibung durch geeignete Beschichtungssysteme würde zu einer Spannungsreduktion führen und somit potenziell die Lebensdauer der Komponente verbessern.

Des Weiteren wurde ein Zugkraftmessgerät fertiggestellt, das zur Prüfung des Zugkraftbedarfs der optimierten Werkzeuge unter praxisnahen Bedingungen eingesetzt wird.

#### **(Geplante) Verwertung**

Erste Vorversuche an Werkzeugen mit Keramik-Inlays zeigten bereits das große Potential, das in der Kombination aus reibarmen Beschichtungen und lebensdauersteigernden Inlays steckt. Mit den erhofften Zugkrachteinsparungen (bei einer gleichzeitig erhöhten Lebensdauer) sollten deutlich größere Arbeitsbreiten für die Düngereinjektion möglich sein, was zu einer Markteinführung absolut notwendig ist.

Die Zusammensetzung des Konsortiums mit der kompletten Wertschöpfungskette vom Werkzeughersteller über Beschichter bis hin zum Endanwender in Kombination mit zwei Forschungsinstituten garantiert eine anwendungsorientierte Entwicklung der neuen Werkzeuge sowie im Erfolgsfall auch eine schnelle Umsetzung in Produkte am Markt.

In einem ersten Schritt könnten im Erfolgsfall innerhalb von 2 Jahren nach Projektende erste Produkte auf den Markt gebracht werden. Durch den so erzielten, deutlichen Technologievorsprung vor konkurrierenden Mitbewerbern könnten erhebliche Marktanteile weltweit gewonnen werden.

Für das Fraunhofer IWM ergeben sich vor allem wissenschaftliche und technologische Chancen in der Übertragung der entwickelten Technologien auf andere Arbeitsfelder

mit hohen Anforderungen an die Verschleißfestigkeit wie z. B. auf andere Bodenbearbeitungsgeräte, Baumaschinen, Tunnel- und Tiefbohrer und Werkzeuge für den Bergbau, aber auch auf Schleif- und Fräswerkzeuge.

**„Elektrisch angetriebene Einarbeitungswerkzeuge zur kombinierten Wirtschaftsdüngerausbringung und Bodenbearbeitung für eine mehrlagige, definierte Einbringung bei reduziertem Zugkraftbedarf (KombiWkz)“**

**”Implementation of driven, controlled and traction force-generating soil processing tools in application units for liquid farm fertilizer (KombiWkz)“**

**Projektlaufzeit**

01.08.2017 bis 31.07.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Thomas Herlitzius

Technische Universität Dresden, Institut für Naturstofftechnik, Dresden

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Heinz Bernhardt

Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Freising

ZF Friedrichshafen AG, Passau

Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH, Essen (Oldenburg)

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel des Innovationsprojekts KombiWkz ist die Entwicklung und Erprobung einer Applikationseinheit mit reduziertem Zugkraftbedarf für Wirtschaftsdünger und Gärreste aus Biogasanlagen. Elektrisch angetriebene Traktionswerkzeuge sollen Einsparungen bei Treibstoffverbrauch an der Zugmaschine und Emissionen aus Abgasen, sowie eine Expansion von Einsatzmöglichkeiten für das Kombinationswerkzeug bewirken. Durch die sofortige Wirtschaftdüngereinarbeitung kann eine Minderung der Geruchsbelästigungen und die Reduktion der gasförmigen Stickstoffverluste erreicht werden.

### Realisierung

In mehreren Stufen findet die Erprobung der einzelnen Funktionselemente statt. Zunächst wird in der Bodenrinne die Optimierung der Gülleschare untersucht, um widerstandsarme Werkzeugkombinationen zum Einsatz zu bringen. Gleiches wird mit den geplanten Antriebsselementen der Traktionseinheit durchgeführt. Hier finden Freilandversuche statt, die die Triebkraftbeiwerte der jeweiligen Elemente ermitteln. Dies alles findet in der Konstruktion eines reduzierten Versuchsträgers Anwendung, der erste Untersuchungen unter Realbedingungen ermöglicht und bereits eine Arbeitsbreite von

2,5 m hat. Die Ergebnisse hieraus fließen in die Konstruktion des finalen Funktionsmusters ein.

Da sich der Bestand von Zugmaschinen mit bereits fest eingebautem elektrischen Generator nur langsam entwickelt, arbeiten die Kooperationspartner bei ihren Versuchen mit dem Powerpack der TU Dresden, welches an der Frontzapfwelle des Zugfahrzeugs angebracht wird und die benötigte Leistung zur Verfügung stellt. Es sind Elektromotoren zur Prüfung eingeplant, die für die bodenbearbeitenden und die Zugkraft unterstützenden Anwendungen kein limitierender Faktor sind. Der Aufwand für Kühlleistung und Mechanik bis hin zur anzutreibenden Traktionseinheit bleiben gering. Das Gesamtsystem orientiert sich an sicherheitsrelevanten Erfordernissen und steht als fertig steuerbare Systemlösung dem Projekt KombiWkz zur Verfügung.

### **Ergebnisse**

Aus den Versuchen in der Bodenrinne gehen Anforderungen zur Anpassung hervor. Dies reduziert die Auswahl der Einbringelemente, die zu den Feldversuchen herangezogen werden. Die Triebkraftversuche ergeben hohe Werte. Hier stehen Reifen und Stachelwalze gleichauf, wogegen der Sternpacker als Element auf der Antriebseinheit so große Zugkräfte generiert, dass auch eine Begrenzung am späteren Funktionsmuster vorzusehen sein kann.

Konzeptionell ergibt sich aus der Potential- und Nutzenanalyse, dass zwei Werkzeugzusammenstellungen für den reduzierten Versuchsträger und das endgültige Funktionsmuster zum Einsatz kommen können: Eine Gerätekombination mit Bearbeitung ausschließlich in oder zwischen den Reihen landwirtschaftlicher Kulturen und eine Anwendungsmöglichkeit mit Traktionsunterstützung und gleichzeitig vollflächig bodenbearbeitenden Eigenschaften.

Die Sensordaten aus den Feldversuchen an der TU München liefern Ergebnisse zur Traktionsunterstützung. So führt die Zugkraftbedarfsreduzierung des Versuchsträgers trotz gleichzeitiger Erzeugung der elektrischen Energie aus dem Powerpack an der Frontzapfwelle zur Reduzierung des Dieserverbrauchs. Unter verschiedenen Fahrzuständen wird eine Begrenzung notwendig, um keinen Schub des Kombinationsgeräts auf das ziehende Fahrzeug zu erzeugen.

In der Auswertung zeigt sich, dass der Versuchsträger mit reduzierter Arbeitsbreite gut auf schwereren Böden eingesetzt werden kann. Die Gülleablage erfolgt gleichmäßig bis in 20 cm Bodentiefe. Damit werden die Ziele des Projekts KombiWkz erreicht.

### **(Geplante) Verwertung**

Das geplante Funktionsmuster wird eine Arbeitsbreite von 4,5 m oder 6 m haben und entspricht damit bereits üblichen Arbeitsbreiten in der Wirtschaftdüngerausbringung mit sofortiger Bodenbearbeitung. Da die zu diesem Zeitpunkt erhobenen Ergebnisse

neues Einsatzpotential auf bislang nicht in dieser Weise bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen zeigt, steht einer späteren Markteinführung aus jetziger Sicht nichts im Wege. Für das Projekt KombiWkz sehen die Verbundpartner weitere Möglichkeiten mit elektrischer Unterstützung Elemente der Bodenbearbeitung und Gülleausbringtechnik weiter zu entwickeln und zur Marktreife zu führen.

**„Punktgenaue Düngerapplikation zur Maisaussaat (PUDAMA)“****“Precise fertilizer application for maize sowing (PUDAMA)“****Projektlaufzeit**

05.10.2016 bis 04.10.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr.-Ing. Till Meinel

Technische Hochschule Köln, Institut für Bau- und Landmaschinentechnik,  
Köln**Verbundpartner**

Kverneland Group Soest GmbH, Soest

**Kurzfassung****Projektziel**

Eine optimal gewählte Unterfußdüngung zur Maisaussaat ermöglicht die schnelle und bedarfsgerechte Bereitstellung der notwendigen Nährstoffe. Dadurch kann die Gefahr von Nährstoffmangel in den ersten Vegetationswochen der jungen Maispflanzen reduziert werden. Durch diese gute Nährstoffversorgung in der Jugendentwicklung legt man den ersten Grundstein für einen hohen Ertrag [1].

Ein übermäßiger Einsatz von organischen und anorganischen Düngemitteln ist weder ökologisch, noch ökonomisch vertretbar [2]. Auch aufgrund der novellierten Düngeverordnung steigt die Bedeutung einer effizienten Düngernutzung, um das Ertragsniveau halten oder sogar ausbauen zu können.

Der aktuelle Stand der Technik sieht die Verwendung von Reihendüngerstreuern zur Applikation einer mineralischen Düngergabe bei der Maisaussaat vor. Bisher realisieren diese Systeme eine kontinuierliche Düngerablage in definierter Entfernung zur Säreihe. Im Rahmen des Forschungsprojektes PUDAMA entwickeln Mitarbeiter der TH Köln und der Kverneland Group Soest GmbH ein System, welches eine punktgenaue und zur Kornablage synchrone Düngerapplikation ermöglicht. Durch dieses System soll das Düngerband zwischen zwei Saatkörnern unterbrochen und der lokale Nährstoffgehalt in diesem Bereich gesenkt werden.

Durch die punktuelle Düngerapplikation und die damit einhergehende direkte Verfügbarkeit des Düngers soll eine Düngereinsparung von 25 % bei konstantem Ertragsniveau realisiert werden.

## Realisierung

Anhand einer systematischen Analyse werden die marktüblichen Systeme aus den Bereichen Aussaat- und Düngetechnik für die Maisaussaat betrachtet und daraus Anforderungen und Randbedingungen definiert. Bei der anschließenden Erarbeitung möglicher Konzepte werden auch Techniken aus anderen Industriezweigen, wie beispielsweise der Lebensmittelproduktion, betrachtet und auf ihre Eignung bewertet. Aus der Bewertung der möglichen Konzepte ergibt sich die zu wählende Vorzugslösung.

Auf Basis der gewählten Vorzugslösung erfolgt die konstruktive Ausarbeitung und iterative Optimierung der Portionierungseinheit. Neben der klassischen Untersuchung physischer Funktionsmuster unter Prüfstandsbedingungen kommen bei der Optimierung auch softwarebasierte Hilfsmittel wie DEM- und CFD-Simulationen zum Einsatz. Basierend auf den Erkenntnissen erfolgen die Weiterentwicklung der Funktionsmuster und der Aufbau eines funktionsfähigen Prototyps auf Basis einer handelsüblichen Einzelkornsämaschine.

Das Projekt schließt auch die Anlage und Auswertung von Feldversuchen ein. Diese Feldversuche dienen dem Nachweis der pflanzenbaulichen Relevanz des zu entwickelnden Systems. Folgende Hypothesen sollen durch die Feldversuche geprüft werden:

1. Bessere Jugendentwicklung der Maispflanzen durch punktgenaue Düngerapplikation
2. Ertragsneutrales Düngereinsparpotential durch punktgenaue Düngerapplikation
3. Steigerung des Ertragspotentials bei konstantem Düngeraufwand
4. Erhöhtes Einsparpotential bei Engsaat gegenüber Normalsaat durch punktgenaue Düngerapplikation

Zur Verifizierung der aufgestellten Hypothesen wird insbesondere die Entwicklung der Varianten während der Jugendentwicklung dokumentiert und bewertet. Die Beerntung und Ertragsfassung der Versuchsvarianten erfolgen als Silo- und als Körnermais.

## Ergebnisse

Die in der Vegetationsperiode 2017 angelegten Feldversuche haben trotz eines warmen und trockenen Frühjahrs und eines überdurchschnittlich feuchten Sommers aufschlussreiche Erkenntnisse zu den Vorteilen einer punktgenauen Düngerapplikation erbracht.

Die Jugendentwicklung der gesäten Maisbestände konnte auf den Versuchsstandorten durch die punktgenaue Düngerapplikation signifikant verbessert werden. Dies hat sich zum einen in einem schnelleren Wachstum in den ersten Vegetationswochen, zum anderen durch eine deutliche Reduzierung der aufgetretenen Phosphormangelercheinungen gezeigt. Trotz des ausreichenden Bodenvorrates an Phosphor auf einigen Versuchsflächen und einem sehr warmen Frühjahr, kam es auch hier zu Phosphormangelercheinungen

bei den klassisch gedüngten Varianten. Die punktgenau gedüngten Varianten zeigten über alle Flächen keine oder nur deutlich reduzierten Mangelerscheinungen.

Im Rahmen der 2017 angelegten Feldversuche wurde eine punktgenaue Düngung (Düngungsniveau: 75 %) mit der üblichen Unterfußgabe (Düngungsniveau: 100 %) verglichen. Dabei hat sich gezeigt, dass die punktgenau gedüngten Varianten mit um 25 % reduzierter Düngermenge mindestens das Ertragsniveau der klassisch gedüngten Referenzvariante erreicht haben. In der Jugendentwicklung zeigten sich sogar signifikante Vorteile durch die punktgenaue Düngerapplikation. Die angenommenen 25 % Einsparpotential haben sich im Jahr 2017 bestätigt.

Bei konstantem Düngerniveau konnte durch die punktgenaue Düngerapplikation das Ertragspotential im Anbaujahr 2017 gesteigert werden. Flächenübergreifend zeigte sich die mit 100 % Aufwandmenge punktgenau gedüngte Variante als ertragsstärkste Variante. Standortabhängig konnte der Ertrag um bis zu 14 % im Silomais und um bis zu 9 % im Körnermais gegenüber den klassisch gedüngten Varianten bei konstanter Düngermenge gesteigert werden.

Die im Versuchsjahr 2017 gewonnenen Erkenntnisse über den Wachstumsverlauf und das Erntergebnis lassen auf einen positiven Effekt durch die punktgenaue Düngergabe schließen. Offensichtlich bietet die gesteigerte Nährstoffkonzentration in direkter Nähe zum Saatkorn eine verbesserte Versorgung zum Vegetationsstart.

#### **(Geplante) Verwertung**

Nach erfolgreicher Entwicklung und Verifikation soll eine technische Lösung zur Portionierung von granuliertem Mineraldünger vorliegen. Eine industrielle Umsetzung der Entwicklung ist durch die Verbundpartner vorgesehen. Dies schafft die Möglichkeit einer Ausweitung des Anwendungsbereiches in der Landtechnik und weiteren Industriezweigen.

Der Nachweis der pflanzenbaulichen Vorzüge einer punktgenauen Düngerapplikation für Mais soll die Grundlage für weitere Untersuchungen in anderen Reihenkulturen (z. B. Kartoffeln, Rüben) bilden.

Für die Abschätzung der volkswirtschaftlichen Bedeutung der neuartigen Technik dient eine Beispielrechnung. Bei einer heutigen Maisanbaufläche von 2,5 Mio ha und einer durchschnittlich zu Mais applizierten Düngermenge von 120 kg/ha Diammonphosphat ergibt sich ein jährlicher Düngerbedarf von 300.000 t. Die angestrebte Einsparung von 25 % kann den jährlichen Düngerbedarf somit um bis zu 75.000 t reduzieren. Bei einem Preis von 400 €/t für Diammonphosphat ergibt sich durch die mögliche Düngerreduzierung eine monetäre Einsparung von 30 Mio € /a in Deutschland



[1] F. Heinitz, K. Farack und E. Albert, „Verbesserung der P-Effizienz im Pflanzenbau,“ LfULG-Schriftenreihe, 09 2013.

[2] M. Pickert, Effiziente Versorgung von Maisbeständen mit Stickstoff und Phosphor mittels Unterfußdüngung, Neubrandenburg: Hochschule Neubrandenburg, 2011.

**„Entwicklung eines effizienten, verlustarmen Phosphat-Düngesystems für Getreide und Raps auf düngungswürdigen Flächen unter Minimalbodenbearbeitung (Phosphat-Effizienz)“**

**“Development of an efficient, low-loss fertilization system for phosphates in cereals and oilseed rape on dignified soil under conditions of minimal tillage (phosphate efficiency)“**

**Projektlaufzeit**

19.08.2016 bis 31.12.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Siv Ahlers

DLG e. V., Internationales DLG-Pflanzenbauzentrum, Bernburg

**Verbundpartner**

Horsch Maschinen GmbH, Schwandorf

## Kurzfassung

### Projektziel

Phosphat steht als wichtiger Nährstoff für Pflanzen seit Jahren in der Diskussion bezüglich seiner Endlichkeit an natürlichen Ressourcen und gleichzeitig ungewollter P-Austräge aus Ackerflächen. Während Anbausysteme im Bereich der Minimalbodenbearbeitung zum Bodenschutz beitragen, erhöhen sie in Kombination mit der traditionell oberflächlichen Phosphatdüngung die Gefahr einer P-Anreicherung im oberen Krumbereich und hohem Austragsrisiko. Ziel dieses Vorhabens ist die Entwicklung eines effizienten, verlustarmen Phosphat-Düngesystems auf Flächen unter Minimalbodenbearbeitung. Das Düngesystem zielt dabei auf die Kulturen Winterweizen und Winterraps (Flächenanteile, Marktrelevanz) ab.

Folgende Fragen sind zu beantworten:

1. Lässt sich die Effizienz der P-Düngung für Winterweizen und Winterraps auf düngungswürdigen Standorten durch Platzierung und Kombination des Düngers steigern?
2. Kann durch die erhöhte Düngeneffizienz der für die Optimalversorgung benötigte Phosphorbedarf gesenkt werden?
3. Wird durch die Platzierung des Nährstoffs und Senkung der Düngermenge das Risiko an P-Austrägen reduziert?
4. Welchen Einfluss hat die Ablagetiefe und Nährstoffkombination auf die Phosphatverfügbarkeit des Pflanzenbestands?

5. Welchen Einfluss hat der Vorgang der Platzierung selbst (Lockerung des Bodenbereichs unter dem Saathorizont und konzentrierte Nährstoffablage) auf die Pflanzenentwicklung in Trockenregionen?

Der Einsatz praxismwürdiger Technik auf Großparzellenversuchen ermöglicht die schnelle Umsetzung von Ergebnissen in die landwirtschaftliche Praxis. Dies resultiert in einer erhöhten Anbauqualität von Marktfrüchten unter Berücksichtigung von Bestandesgesundheit und Erntegutqualität bei gleichzeitiger Minimierung von negativen Umwelteinflüssen. Diese Untersuchungen leisten somit wertvolle Beiträge zu den Zielen der Richtlinie zur Förderung von Innovationen zur effizienten und umweltschonenden Nutzung von Düngemitteln und insbesondere der umwelt- und ressourcenschonenden, energieeffizienten Lösungen und Verfahren zur Düngung und gewässerschonender Ausbringungstechnik.

### Realisierung

In einer Winterraps – Winterweizen – Winterweizen – Fruchtfolge wurde der Versuch im Herbst 2016 in Kooperation mit der Horsch Maschinen GmbH angelegt. Zur Beantwortung der Versuchsfragen werden die 3 Fruchtfolgeglieder in jeweils 14 Varianten der Phosphatdüngung angelegt:

Tabelle 1: Versuchsvarianten in Abhängigkeit der Untersuchungsfaktoren.

Faktor 1	Düngungshöhe								
		ungedüngt	Richtwert (Zuschlag für Aufdüngung)	Abfuhr					
Faktor 2	Art der Applikation								
	breitwürfig	platziert tief	breitwürfig	platziert halb/halb	platziert tief	breitwürfig	platziert halb/halb	platziert tief	
Faktor 3	Düngeart								
	Triple-Superphosphat Diammonphosphat (Raps) Phosphor/Kallium (Weizen)	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8
		Variante 9	Variante 10	Variante 11	Variante 12	Variante 13	Variante 14		

Die Aussaat erfolgt in allen Varianten mit einer Horsch Focus 3TD. Dabei wird die Düngerapplikation in den platzierten Varianten mit der Aussaat kombiniert. Der Dünger wird in oder unter den Saatreihen abgelegt: i) tief in den Bodenhorizont ii) in jeweils halber Menge platziert oben auf und als Unterfußdüngung.

### Ergebnisse

Bodenproben direkt nach der Bodenbearbeitung und Aussaat zeigen in der oberen Bodenschicht bis 10 cm deutlich niedrigere P-Gehalte in den platziert gedüngten Varianten als in den oben auf gedüngten Varianten. Das Risiko des Nährstoffaustrags und damit der Eutrophierung kann somit durch eine direkte Platzierung des Düngers in den Boden minimiert werden.

Tabelle 2: Düngermenge in Relation zum Nährstoffentzug.(RW–Richtwert; AF–Abfuhr; br–breitwürfig; ti–tief platziert; h/h–platziert halb tief/halb oben auf; TSP–Triple-Superphosphat, DAP–Diammonphosphat).

Winterraps	kg P/ha													
	ungedüngt			TSP			DAP			AF				
	br	ti	br	RW h/h	ti	br	h/h	ti	br	RW h/h	ti	br	h/h	ti
Düngung	0	0	89,16	89,16	89,16	39,24	39,24	39,24	89,16	89,16	89,16	39,24	39,24	39,24
Entzug durch Korn	18,40	17,52	21,98	19,79	17,73	20,04	20,32	19,76	23,67	18,38	23,34	18,31	18,12	22,04
Verbleib durch Stroh	2,26	3,49	5,50	5,51	5,02	4,15	4,97	4,34	6,20	5,38	6,94	4,05	3,65	3,81

Winterweizen 1	kg P/ha													
	ungedüngt			TSP			DAP			AF				
	br	ti	br	RW h/h	ti	br	h/h	ti	br	RW h/h	ti	br	h/h	ti
Düngung	0	0	77,91	77,91	77,91	27,90	27,90	27,90	77,91	77,91	77,91	27,90	27,90	27,90
Entzug durch Korn	12,03	13,16	16,28	14,61	16,18	13,80	14,87	13,00	16,03	16,06	14,40	13,75	15,61	13,82
Verbleib durch Stroh	1,29	1,42	1,84	1,91	1,60	1,54	1,34	1,45	2,00	1,85	1,57	1,44	1,47	1,48

Winterweizen 2	kg P/ha													
	ungedüngt			TSP			DAP			AF				
	br	ti	br	RW h/h	ti	br	h/h	ti	br	RW h/h	ti	br	h/h	ti
Düngung	0	0	77,91	77,91	77,91	27,90	27,90	27,90	77,91	77,91	77,91	27,90	27,90	27,90
Entzug durch Korn	12,58	12,02	14,71	11,80	12,05	12,86	12,37	11,73	13,57	12,65	12,47	13,37	11,90	13,39
Verbleib durch Stroh	1,02	1,13	1,92	1,39	1,13	1,85	1,21	1,04	1,85	1,65	1,49	1,35	1,18	1,57

Im Weizen zeigen sich in der Jugendentwicklung Unterschiede in der Bestandesentwicklung. Nicht Phosphat gedüngte Bestände erschienen weniger vital, mit schwachen Bestockungstrieben und somit geringerem Bodendeckungsgrad. Im Winterraps werden zur Bestimmung der Vorwinterentwicklung Pflanzenproben auf oberirdische Frischmasse, Wurzelmasse und Wurzelhalsdurchmesser untersucht. Hier zeigen ungedüngte Bestände und teilweise oben auf gedüngte Bestände eine verzögerte Jugendentwicklung.

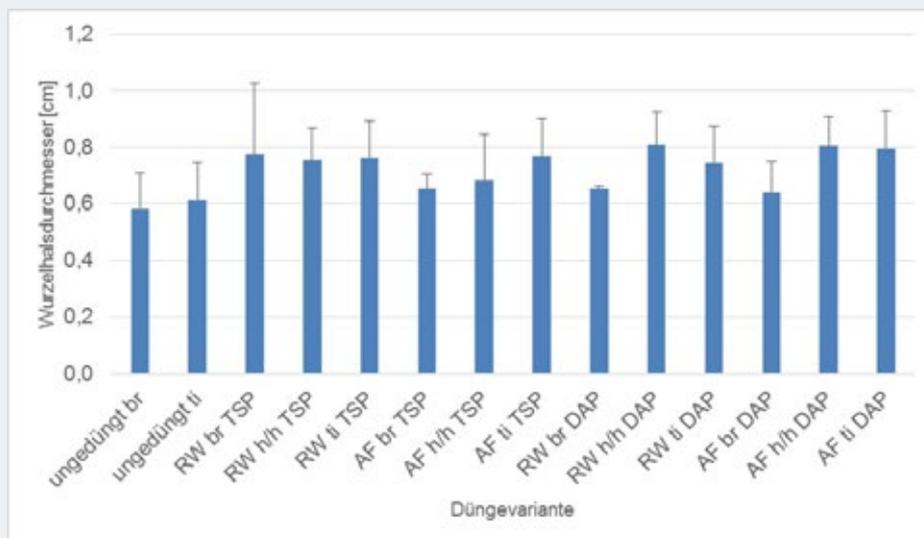


Abbildung 1: Wurzelhalsdurchmesser [cm] zu Vegetationsende im Winterraps im Erntejahr 2018 (RW–Richtwert; AF–Abfuhr; br–breitwürfig; ti–tief platziert; h/h–platziert halb tief/halb oben auf; TSP–Triple-Superphosphat, DAP–Diammonphosphat).

Augenscheinlich reifen ungedüngter Raps und Weizen zeitiger ab. Signifikante Ertragsunterschiede konnten im ersten Erntejahr nicht dargestellt werden. Durch die Platzierung kann möglicherweise die absolute Düngermenge verringert werden. Neben der Kosteneinsparung wäre so auch eine Schonung der Ressource erreicht. Die Entwicklung der effizienten und verlustarmen P-Düngung kann zudem ein Baustein für die Erfüllung der engen Rahmenbedingungen der Düngeverordnung sein.

#### **(Geplante) Verwertung**

Die Versuchsergebnisse wurden im vergangenen Jahr zahlreichen Besuchergruppen mit insgesamt mehr als 200 Interessierten vorgestellt. Der Versuch ist mit seinen Ergebnissen in einer jährlich im November veröffentlichten Broschüre (auch online veröffentlicht) sowie dem DLG-Newsletter dargestellt und darüber Landwirten, Beratern und Interessierten frei zugänglich. Die Diskussion und der Transfer der Ergebnisse erfolgt zudem in den und durch die Fachausschüsse der DLG (Ausschuss für Ackerbau und für Pflanzenernährung), die mit Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern als Multiplikatoren besetzt sind. Während der DLG-Feldtage 2018, mit bis zu 30.000 Besuchern, wurden die Ergebnisse am DLG-Stand präsentiert. Seitens HORSCH wurden die ersten Ergebnisse im Rahmen der Seminarreihe 2018 mit dem Fachpublikum an mehreren Standorten präsentiert und diskutiert. Als weiterer Schritt erfolgte im Juni 2018 eine Veröffentlichung der ersten Ergebnisse des Projektes in der HORSCH Kundenzeitschrift TerraHorsch im In- und Ausland. Über das Jahr verteilt finden Veranstaltungen zur Düngertechnik statt, auf denen ebenfalls die Ergebnisse gezeigt und besprochen werden.

**„N-Stabilisierung und wurzelnahe Platzierung als innovative Technologien zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der Harnstoff-Düngung (StaPlaRes)“**

**”Nitrogen Stabilization and Subsurface Placement as Innovative Technologies Enhancing the Resource Efficiency of Fertilized Urea (StaPlaRes)“**

**Projektlaufzeit**

01.07.2016 bis 30.06.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Thomas Kreuter

SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH, Landwirtschaftliche Anwendungsforschung, Cunnersdorf

**Verbundpartner**

Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Freising

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften / Allgemeiner Pflanzenbau, Ökologischer Landbau, Halle (Saale)

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Institut für Landschaftsbiogeochemie, Müncheberg

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Agrartechnologie, Braunschweig

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Agrarökologie, EU-Begleitmonitoring, Bernburg

Rauch Landmaschinenfabrik GmbH, Sinzheim

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Pflanzenbau, Dresden

## Kurzfassung

### Projektziel

Das F&E-Verbundvorhaben StaPlaRes entwickelt, untersucht und bewertet neuartige Technologien im Rahmen der Harnstoff-Düngung mit dem Ziel größtmöglicher Ressourceneffizienz und Umweltschonung. Geprüft werden zwei innovative Verfahren:

(1) Stabilisierung: Die kombinierte N-Stabilisierung mit Urease- und Nitrifikationsinhibitoren (UI+NI) soll eine signifikante Minderung von N-Verlusten bewirken. Gleichzeitig können weitere agronomische Vorteile der N-Stabilisierung genutzt werden.

(2) Injektion: Durch ein spezielles Side-Dressing, bei dem Harnstoff in stehenden Beständen unter der Bodenoberfläche platziert werden kann, sollen  $\text{NH}_3$ -Verluste gemindert werden. In Verbindung mit einem Striegel-Einsatz ergeben sich weitere agronomische Vorteileffekte.

Die genannten Wirkungen werden im Rahmen von Fruchtfolgeversuchen mit integrierten Gasmessungen ( $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$ ) unter Praxisbedingungen geprüft. Begleitend werden das verlustmindernde und ertragssteigende Potenzial der innovativen Technologien sowie grundlegende Effekte der Verfahren auf die N-Umsatzprozesse analysiert.

Zentrales Ziel aller Maßnahmen ist die signifikante Erhöhung der N-Effizienz und eine deutliche Senkung der Dünger-N-Verluste. Die Bewertung der Verfahren erfolgt über die Berechnung flächenbezogener N-Verlustraten und dreijähriger N-Bilanzen sowie mittels Ökoeffizienzanalysen. Aus den Ergebnissen sollen umwelt- und ressourcenoptimierte Harnstoff-Düngungssysteme abgeleitet werden.

### Realisierung

Nach fachlichen Gesichtspunkten wurden sechs Arbeitspakete (AP) definiert, die eine umfassende Bewertung ermöglichen. Das zentrale Versuchsmodul ist ein dreigliedriger randomisierter Fruchtfolgeversuch, in dem die genannten Verfahren zum Einsatz kommen. Ertragsparameter und die Dünger-N-Effizienz werden ermittelt (AP 1).

Während der Vegetations- und Düngungsperiode werden  $\text{NH}_3$ -Verluste gemessen (AP 2). Ganzjährig werden  $\text{N}_2\text{O}$ -Verluste gemessen (AP 3).

In begleitenden Gewächshaus-, Labor- und Lysimeterversuchen werden Effekte der Stabilisierung und Injektion auf N-Umsatzprozesse untersucht. Grundlegende Prozesse und Zusammenhänge werden beschrieben und quantifiziert (AP 4).

Bewertungen erfolgen über die Erstellung von Emissionsfaktoren ( $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$ ) und N-Bilanzen sowie durch Ökobilanzen bzw. Ökoeffizienzanalysen (AP 5). Der Verbund nutzt

geeignete Strukturen und Werkzeuge für einen zeitnahen Transfer der Erkenntnisse in die landwirtschaftliche Praxis (AP 6).

Die wirtschaftliche Verwertung hängt von den zukünftigen ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen ab.

### Ergebnisse

Arbeitspakete 1-3: Die beteiligten Firmen stellten die zu prüfenden Innovationen pünktlich und in geeigneter Form für den randomisierten Parzellenexaktversuch zur Verfügung, so dass sowohl der pflanzenbauliche Hauptversuch als auch die anspruchsvollen Gasmessungen ( $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$ ) auf allen drei Standorten in zwei Jahren durchgeführt werden konnten. Ein beträchtliches effizienzsteigerndes und verlustminderndes Potenzial ließ sich bislang sowohl für die Stabilisierung mit Nitrifikations- und Ureaseinhibitoren als auch für die wurzelnaher Platzierung im Side-Dressing-Verfahren feststellen. Dieses Potenzial ließ sich jedoch noch nicht generell in allen Kulturen ausschöpfen. Dazu bedarf es angepassten Anwendungsempfehlungen, die im weiteren Projektverlauf entwickelt werden. Es wurde weiterhin festgestellt, dass sowohl  $\text{NH}_3$ - als auch  $\text{N}_2\text{O}$ -Verluste aus der N-Düngung unter praxisnahen Bedingungen auf allen Standorten weit unter den verbindlich anzusetzenden EMEP/EEA- bzw. IPCC-Emissionsfaktoren lagen.

Arbeitspaket 4: In Gefäßversuchen konnten die Verbesserung der N-Effizienz von Harnstoff bei „wurzelnaher Platzierung“ und „Stabilisierung“ eindeutig demonstriert werden. Der kombinierte UI+NI-Einsatz konnte speziell unter Auswaschungsbedingungen Nitrat-Verluste deutlich reduzieren. Auf Basis früherer Messreihen zu  $\text{NH}_3$ -Emissionen nach Harnstoff-Düngung wurde geprüft, wie gut diese N-Verluste durch zwei vorhandene Modellierungsansätze abgebildet werden. Es wurden Arbeitsalgorithmen erstellt, um die Übernahme von Daten aus der StaPlaRes-Datenbank in diese Modellierungsansätze zu optimieren. Die Modelle sollen sukzessive validiert und angepasst werden. Als Grundlage für zukünftige Anwendungsstrategien erfolgte für die drei Standorte eine agrarmeteorologische Charakterisierung im Hinblick auf den Sickerwasseranfall und die statistische Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Extremwetterereignissen.

Arbeitspaket 5: Es wurde eine zentrale Datenbank mit mehreren Templates für Messdaten (Pflanzendaten, Bodendaten, Gaskonzentrationen und Flussraten), Standort- und Bodenprofilinformationen erarbeitet. Ferner wurde die Erstellung einer Methodenliste für die Datentemplates vorangetrieben. Im Rahmen der geplanten Ökoeffizienzanalyse erfolgten Literaturrecherchen und die Sammlung generischer Inventardaten zur Erstellung eines ortsunabhängigen Referenzsystems. Es wurden Daten zur Ermittlung des Carbon Footprint Harnstoff erhoben. Die Dünger-N-Form Harnstoff wurde anhand von Literaturdaten mit anderen N-Düngern verglichen. Ökobilanzen zu den Feldversuchen konnten vorbereitet werden.

### **(Geplante) Verwertung**

Arbeitspaket 6: Angestrebt wird ein zeitnaher Transfer von Erkenntnissen in die landwirtschaftliche Beratung und Anwendungspraxis. Als ein mögliches Werkzeug wird z.B. das neue Bilanzierungs- und Empfehlungssystem Düngung (BESyD) gesehen.

Getrieben durch die aktuelle agrar- und umweltpolitische Vorgaben, erfolgte in der Düngungssaison 2017/2018 die Markteinführung eines neuen N-stabilisierten Harnstoffdüngers durch die SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH.

Da biostatistisch analysierte Daten aus dem StaPlaRes-Arbeitsprogramm noch nicht vorlagen, fokussierte sich die konkrete Verwertung von Projektergebnissen bislang auf die Vorstellung des Verbundvorhabens vor Fachpublikum.

**„Steigerung der Stickstoffdüngeneffizienz und Abbau der Stickstoffbilanzüberschüsse in der Backweizenerzeugung durch Ausnutzung neuer spezifischer Sorteneigenschaften (N-decrease)“**

**“Increasing nitrogen fertilizer efficiency and reducing nitrogen balance surpluses in baking wheat production by using new specific variety characteristics (N-decrease)”**

**Projektlaufzeit**

01.10.2016 bis 30.09.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Gerhard Rühl

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

**Verbundpartner**

Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Detmold

**Assoziierter Partner**

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Bernburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Übergeordnetes Ziel des Projekts N-DECREASE ist ein Beitrag zur Steigerung der Effizienz des Stickstoffs (N)-Einsatzes und damit die Verbesserung der N-Bilanz bei der Backweizenerzeugung unter Beibehaltung des Ertrags- und Qualitätsniveaus im Sinne der Umsetzung der Nitratrichtlinie in nationales Recht, der damit verbundenen Novellierung der Düngeverordnung (Dünge-VO) und der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung.

Die derzeitig teilweise überhöhten Anforderungen an den Rohproteingehalt, die oftmals mit einer in ihrer Höhe zu hinterfragenden und ökologisch problematischen N-Spätdüngung erzielt werden, verursachen hohe N-Bilanzüberschüsse. Zusätzlich wird durch das Festhalten am Rohproteingehalt als Hauptbewertungskriterium der Einstieg von Sorten, die auch bei deutlich geringeren Proteingehalten sehr gute Backvolumina und -qualitäten erzielen, in die landwirtschaftliche Praxis erschwert.

Folgende wissenschaftliche und technische Arbeitsziele werden daher im Rahmen des Projekts verfolgt:

- » Erweiterte Charakterisierung der Proteinqualität von Weizensorten
- » Bewertung der Bedeutung des Glutenin-Makropolymer (GMP)-Anteils und des Feuchtklebergehalts für die Backqualität
- » Prüfung des Aufmischpotentials aktueller Sorten
- » Entwicklung von angepassten Düngestrategien
- » Verbesserung der Kalibrationen zur Schnellabschätzung der Backqualität mittels NIRS und Probelauf bei den Wirtschaftsbeteiligten
- » Informationstransfer der Ergebnisse in die Praxis.

### Realisierung

Bezüglich der derzeitigen Anforderungen an den Rohproteingehalt werden zusätzliche Parameter zur Sortencharakterisierung (GMP-Anteil, Aufmischwert, Feuchtklebergehalt) erhoben und die Diskussion mit Vertretern der gesamten Backweizenwertschöpfungskette zur Qualitätsbewertung und den jeweiligen Anforderungen an die Rohstoffe intensiviert. Die Prüfung dieser Qualitätsparameter wird in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung (Menge und Verteilung) durchgeführt. Dazu wurde ein zweijähriger Feldversuch in den Jahren 2016 und 2017 an den Standorten Braunschweig und Bernburg mit zwölf Sorten (jeweils 4 E-, A-, und B-Sorten) und zehn N-Düngungsstufen (60 bis 315 kg N ha<sup>-1</sup>, exkl. N<sub>min</sub>) angelegt. Backversuche sowie verschiedene backtechnologische Untersuchungen werden von den Verbundpartnern MRI und LLG durchgeführt.

### Ergebnisse

Die Ermittlung der alternativen Indikatoren zur Sortencharakterisierung und der Backvolumina am Material beider Versuchsjahre wird im Herbst 2019 komplettiert.

Dennoch lassen Ergebnisse aus bilateralen Treffen und Projektworkshops mit Projektpartnern und Vertretern der gesamten Wertschöpfungskette erste Erkenntnisse bezüglich erweiterter Indikatoren zur Bewertung der Backqualität zu. Die vollständige Ablösung des Handelsparameters „Proteingehalt“ als Kriterium für die Bewertung von Weizenpartien ist weder realistisch noch sinnvoll. Jedoch treten in der Verarbeitung verstärkt die Proteinqualität und diesbezüglich insbesondere die Kleberqualität und -quantität in den Vordergrund. Auch die Verhältniszahl zwischen Feuchtklebergehalt im Mehl und Rohproteingehalt im Korn kann eine entscheidende Rolle spielen. Wenn es also gelingt, Sorten mit bestimmter Proteinqualität zu Qualitätsclustern zu gruppieren, wäre es möglich, die bislang in der Erzeugung geforderten hohen Rohproteingehalte zu reduzieren, ohne Einbußen in der geforderten Backqualität zu riskieren. Dies wird allerdings zurzeit nur beim inländischen Handel auf regionaler Ebene bzw. im Vertragsanbau realisiert, da als Grundlage eine sortenreine Lagerung und Anlieferung zum Erfassungshandel bzw. direkt zur Mühle erforderlich ist.

Die Akzeptanz von Weizensorten, die auch bei deutlich geringeren Proteingehalten sehr gute Backvolumina und -qualitäten erzielen, ist wesentlich von der Möglichkeit einer zuverlässigen und kostengünstigen analytischen Untersuchung und Bewertung

der Handelspartien abhängig. Als Grundlage dafür ist ein robuster Schnelltest für die Abschätzung der Backqualität mit Hilfe der NIR-Spektroskopie erforderlich.

### **(Geplante) Verwertung**

Eine Vielzahl an Adressaten kann von den angestrebten Ergebnissen profitieren:

- » die Politik aufgrund der Prüfung der im Rahmen der Novellierung der Düngeverordnung vorgesehenen Vorgaben für die Bedarfsermittlung der Stickstoffdüngermenge
- » die Umwelt aufgrund einer standortangepassten, ressourcenschonenden und ressourceneffizienten N-Düngung
- » die Pflanzenzüchter durch die erweiterte Bewertung ihrer Sorten, die erhöhte Akzeptanz „N-effizienter“, qualitätsstabiler Sorten und die Nutzung der NIRS zur Schnellabschätzung der Backqualität im Rahmen ihrer Zuchtprogramme
- » das Bundessortenamt durch eine erweiterte Kenntnis über die Backweizensorten und die Bedeutung weiterer Sortenkriterien für die Backqualität
- » der Landwirt aufgrund verlässlicher Vorgaben für die geeignetsten standortangepassten Sorten, einer Kosteneinsparung durch reduzierten N-Einsatz, die Schonung ihrer Ressource Boden und die Schaffung einer fairen Bezahlungsgrundlage für seine Weizenpartien
- » die Erfasser durch verbesserte Sortenkenntnis, zusätzliche Parameter für die Bewertung des angelieferten Backweizens und die Nutzung der NIRS zur Schnellabschätzung der Backqualität
- » die Müllereibetriebe durch zusätzliche Qualitätsparameter und die Nutzung der NIRS zur Schnellabschätzung der Backqualität
- » die Bäckereibetriebe durch eine bessere Mehlqualität, die zum Verzicht oder zumindest Reduktion des Einsatzes von Backhilfsstoffen beiträgt, und die Möglichkeit, ihre Produkte als „aus zertifiziertem Anbau“ oder „aus nachhaltiger Produktion“ bewerben zu können.

**„Steigerung der Phosphor-Ausnutzungseffizienz von Wirtschaftsdüngern in der konventionellen und ökologischen Landwirtschaft (WiP)“**

**“Raising up the phosphor efficiency of slurry in the conventional und organic landusing systems (WiP)”**

**Projektlaufzeit**

01.02.2017 bis 31.01.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Markus Heinz

Landwirtschaftliche Lehranstalten Triesdorf, Weidenbach

**Verbundpartner**

Zunhammer GmbH, Traunreut

m-u-t GmbH, Wedel

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Quantifizierung der im Wirtschaftsdünger enthaltenen Nährstoffe ist ein wesentlicher Beitrag, um die Effizienz von organischen Düngern zu steigern. Die Unterschiede der Nährstoffzusammensetzungen verschiedener Herkünfte und Jahre lassen sich durch Nährstoffanalysen leicht erfassen. Unterschiede in einem Lagerraum werden durch stichprobenartige Analysen allerdings nicht abgebildet. Diese Variationen können bei Phosphor im Extremfall bis zu 20 % betragen (Kowalewsky, 2009) (eigene Vorarbeiten). Aus diesem Grund sollen mit dem NIR-Sensor der Firma Zunhammer GmbH weitere Proben analysiert und die dafür notwendigen Kalibrierungsdaten erstellt werden. Im Rahmen des Vorhabens soll der Sensor in den nächsten drei Jahren zur Marktreife gebracht werden.

### Realisierung

In diesem Projekt soll die Nutzungseffizienz von Nährstoffen in flüssigen Wirtschaftsdüngern unter Praxisbedingungen verbessert werden. Der Fokus liegt dabei auf Phosphat, da dies (i) langfristig eine endliche Ressource darstellt (Cordell, Drangert, & White, 2009) (Gilbert, 2009), (ii) eine Anreicherung von P auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ein erhöhtes Risiko des P-Austrags in Gewässer und andere Ökosysteme bedingt (Correll, 1996) und (iii) die P-Nutzungseffizienz je nach Kulturpflanze und Wirtschaftsdünger in der Praxis sehr limitierend sein kann (Marschner H., 1995). Zur Steigerung der Nährstoff-Nutzungseffizienz soll die Online-Nährstoffanalyse bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern verbessert werden. Zentraler Ansatzpunkt ist die Optimierung

eines Tools zur Erfassung der real ausgebrachten Nährstoffmengen aus flüssigen Wirtschaftsdüngern, um Schwankungen in deren Zusammensetzung bei der Applikation auszugleichen.

Mit dem vorgestellten integrierten Ansatz, die Ausnutzung von Stickstoff und Phosphaten aus flüssigen Wirtschaftsdüngern effizienter zu gestalten, ist das Vorhaben auf die Ziele der neuen Düngeverordnung zugeschnitten. Durch die Erfassung der real ausgebrachten Mengen an Stickstoff, Kalium und vor allem P-Mengen kann eine lokale/kleinräumige Überversorgung durch schwankende Konzentrationen in der Gülle bei gleichbleibender volumetrischer Ausbringung vermieden werden. Dadurch lässt sich das Austragspotential von P durch Erosion aus Ackerflächen verringern. Zudem hilft das Verfahren, Düngung ressourceneffizient und somit umweltschonend zu gestalten. Langfristig führt der effiziente Einsatz von Wirtschaftsdüngern zu einem Rückgang der Nährstoffimporte auf Betriebsebene. Dies gilt sowohl für den Zukauf von wasserlöslichen Phosphaten in der konventionellen Landwirtschaft als auch für den Einsatz von Rohphosphaten in der ökologischen Landwirtschaft.

### **Ergebnisse**

Während der Projektlaufzeit werden jährlich 200 Proben von Gülle unterschiedlicher Tierarten sowie aus Biogasanlagen mit verschiedenen Einsatzstoffen gezogen. Für jede einzelne Gülleprobe werden neben der Aufzeichnung der NIR-Spektren auch nasschemische Analysen in Dreifachbestimmung durchgeführt. Die Ergebnisse von Labor und Sensor werden jährlich verglichen und die Abweichungen statistisch verrechnet. Anschließend werden die gewonnenen Daten in ein Rechenmodell integriert und neue Kalibrierungskurven erstellt. Während beim Sensor der ersten Generation (Vorarbeiten von 2012 bis 2016) noch für jede Tierart und Biogasgülle eigene Kalibrierungsdaten erforderlich waren, konnten mit Abschluss der ersten Projektphase alle Daten zur einer einheitlichen Kalibrierung zusammengefasst werden. Erste Auswertungen zeigen für die Parameter Trockensubstanz, Gesamt- und Ammoniumstickstoff sowie Kalium eine solide Korrelation zwischen nasschemischer Analytik und Sensorwert. Beispielhaft erfolgt die Darstellung für den Parameter Trockensubstanz (siehe Abbildung 1 und Tabelle 1).



Abbildung 1: Korrelation von Sensor und nasschemischer Analyse für den Parameter Trockensubstanz.

Tabelle 1: Einzelwerte des Parameters Trockensubstanz.

Parameter	TS
Minimum Labor	0,64
Maximum Labor	9,93
Durchschnitt Labor	4,11
Minimum Sensor	0,7
Maximum Sensor	9,05
Durchschnitt Sensor	3,92
$\sigma$ -Abweichung	0,94
$\sigma$ -Relative Abweichung	29%
Varianz	1,7
Standardabweichung	1,3
Korrelation	86%

Ausschließlich beim Parameter Phosphor traten höhere Abweichungen auf. Diese Erkenntnis deckt sich auch mit den Ergebnissen des DLG- Tests aus dem Jahr 2017.

### (Geplante) Verwertung

Die DLG-Zertifizierung als Qualitätsnachweis ist ein erster Schritt hin zur Marktreife des NIR-Sensors für den Bereich flüssige Wirtschaftsdünger. Anzustreben ist eine amtliche Anerkennung der Technik, damit Landwirte eine nährstoffbasierte Gülleausbringung durchführen und gleichzeitig ihren Dokumentationspflichten nachkommen können. Des Weiteren könnten damit die Auflagen der Wirtschaftsdünger-Verbringensverordnung erfüllt, Qualitätsnachweise für die Inhaltstoffe offen gelegt und gleichzeitig nährstoffbasierte Abrechnungssysteme für den überbetrieblichen Nährstofftransfer ermöglicht werden. Zukünftig könnten durch Telemetrie, in Verbindung mit dem Sensor, alle Nährstoffströme aufgezeichnet und dokumentiert werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass diese Technik auch vor dem Hintergrund verschärfter Auflagen bei der Düngung in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.

Garg, S., & Bahl, G. (2008). Phosphorus availability to maize as influenced by organic manure and fertilizer P associated phosphatase activity in soils. *Bioresource Technology*, 13, S. 5773-5777.

Gilbert, N. (2009). The disappearing nutrient. *Nature*, 461, S. 716-718.

Kowalewsky, N. (2009). Gülleaufbereitung und -Ausbringung. Vortrag .

Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of higher Plants*. Academic Press .

# Sektion 15: Sensor- und Managementsysteme in der Tierhaltung

**„Go-2-market eines prädiktiven Agrartools zur Identifikation behandlungsbedürftiger Milchkühe mittels Sensordaten (PaRADIgMa)“**

**”Go-2-market of a predictive sensor data based agri-tool for the identification of dairy cows requiring treatment (PaRADIgMa)“**

**Projektlaufzeit**

01.04.2017 bis 31.03.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Ute Müller

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Bonn

**Verbundpartner**

Dr. Ulla Treitel

GEA Farm Technologies GmbH, Bönen

Karl-Heinz Krudewig

365FarmNet Group GmbH & Co. KG, Berlin

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Erkennung gesundheitlicher Probleme von Milchkühen durch den Betriebsleiter oder das verantwortliche Personal ist eine wesentliche Voraussetzung für das Wohlbefinden sowie eine lange Nutzungsdauer der Kühe. Auf größer werdenden Betrieben sind die Überwachung und das Identifizieren einzelner Tiere nicht mehr ohne den Einsatz von Sensoren und Managementsystemen denkbar. Bei der Auswertung und Nutzung der anfallenden Sensordaten ergibt sich aber oft das Problem, dass die Milchviehhalter die Anzahl der als behandlungsbedürftig eingestuften Kühe falsch interpretieren und mehr richtig positive Tiere erwarten, als sie dann bei den notwendigen weiteren Untersuchun-

gen finden. In der Folge werden Positivlisten nicht mehr vollständig abgearbeitet. Dies ist sowohl aus tierschutz-, als auch aus lebensmittelrechtlicher Sicht bedenklich.

Die meisten wissenschaftlichen Arbeiten, die sich bisher mit der Klassifizierung behandlungsbedürftiger Tiere mithilfe von Sensordaten befassten, haben die Gültigkeit dieser Algorithmen vorrangig mithilfe der Sensitivität und Spezifität retrospektiv beurteilt. Diese Kennzahlen berücksichtigen jedoch nicht die Auftretenshäufigkeit des jeweils vorhergesagten Gesundheitsproblems in dem individuellen Betrieb. Während in Studien meistens Gruppen mit ähnlicher Auftretenshäufigkeit zwischen behandelten und nicht-behandelten Tieren zu finden sind, liegt die Häufigkeit des Auftretens einer Behandlung in der Praxis deutlich darunter (< 1 % Behandlungen pro Milchviehherde und Tag). Dadurch sinkt der positive Vorhersagewert, d.h. der Anteil richtig positiver von allen als positiv erkannten Tieren und führt zu den oben beschriebenen Fehlinterpretationen. Die Herausforderung liegt nun zum einen darin, die richtig positiv klassifizierten Tiere mithilfe zusätzlicher Informationen weiter von den falsch positiven Tieren abzugrenzen, und zum anderen die bis zu einem gewissen Grad unvermeidlich hohe Anzahl falsch positiver Tiere auf der Positivliste dem Anwender nachvollziehbar zu vermitteln (zum Beispiel durch eine Rangierung der positiv eingestuften Tiere anstatt einer strikten positiv/negativ-Einteilung).

Auf diesen Überlegungen basierend hat sich das Vorhaben PaRADiGMa die Entwicklung eines Managementtools (einer App) zur Identifikation behandlungsbedürftiger Kühe basierend auf der Anwendung von Sensor- und Algorithmenkombinationen der anfallenden Daten von Versuchsmilchviehherden zum Ziel gesetzt.

### **Realisierung**

Realisiert wird das Forschungsvorhaben PaRADiGMa durch die Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn sowie die Wirtschaftspartner GEA Farm Technologies GmbH und 365FarmNet Group GmbH. Ziel der ersten Projektphase ist die Anpassung bekannter und erweiterter Sensor- und Analysekombination auf retrospektive Datensätze von fünf deutschen Versuchsbetriebs-Milchviehherden, die dem webbasierten Datenbanksystem „KuhDaM“ der Firma TiDa GmbH (Kiel) als Vollmitglieder angeschlossen sind. Bei der Plausibilisierung der Rohdaten, der Entwicklung der Algorithmen sowie der statistischen Auswertung arbeitet die Universität Bonn mit der GUX Gesellschaft für User Experience mbH (Köln) zusammen. Die Projektpartner GEA und 365FarmNet (mit Unterstützung durch die iDIGMA GmbH, Hamburg) stehen mit ihrem Know-How zur Verfügung und schaffen zeitgleich die technischen Voraussetzungen für die marktreife Umsetzung des Vorhabens. Dabei geht es um den Aufbau einer Analyseplattform sowie der Integration der Algorithmen in die bestehenden Datendreh scheiben und Managementprogramme der beiden Wirtschaftspartner.

In der zweiten Projektphase steht dann die Entwicklung eines Tools zur Identifikation behandlungsbedürftiger Kühe im Vordergrund. Dies erfolgt auf Basis der Erkenntnisse aus Algorithmenanwendungen in den KuhDaM-Betrieben und im Wesentlichen durch

die Wirtschaftspartner dieses Projektes aufgrund ihrer Expertise in den Bereichen Digitalisierung und webbasierte Anwendungen.

### **Ergebnisse**

Der erste Test- und Trainingsdatensatz von einem der KuhDaM-Betriebe (mit rund 50.000 Datensätzen, zunächst plausibilisiert und bereinigt) besteht aus den tierindividuellen Daten (Stammdaten, Laktationsdaten etc.), den Behandlungsdaten sowie aus den Sensordaten, welche in jedem sensorbasierten Milchviehbetrieb eingesetzt werden (Aktivitätssensoren, Melkdaten, Kraftfutterdaten etc.), d.h. ohne Verwendung zusätzlicher und/oder neuerer Sensortechnologien. An diesen Testdatensatz konnten die aus Vorarbeiten bekannten Algorithmenanwendungen (mittels multivariaten logistische Regressionsanalysen) angepasst und weiterentwickelt werden. Dabei wurden mit Hilfe verschiedener Indikatoren (für jeden Fall/Kuh-Tag) Wahrscheinlichkeiten vorhergesagt, zu welchen das Ereignis (zunächst die Klauenbehandlungen) für diesen Fall (an diesem Tag) eintritt. Die Modellparameter (Koeffizienten) wurden so berechnet, dass die Anpassung der vorhergesagten Wahrscheinlichkeiten an die tatsächlichen Ereignisse maximal war (Berechnung durch Maximum Likelihood Estimation). Anhand verschiedener Gütekriterien konnte die Anpassung verschiedener Modelle eingeschätzt werden (z.B. pseudo R-quadrat, AIC, etc.). Für die Modellselektion wurde McFadden's R-quadrat verwendet. Die Klassifizierung konnte in Kreuztabellen (vorhergesagte vs. tatsächliche Behandlungen) dargestellt und mit verschiedenen Kriterien (Sensitivität, Spezifität, Fehlalarmrate, etc.) beurteilt werden. Die mit den entwickelten Modellen erzielten diagnostischen Werte für Sensitivität und Spezifität liegen mit rund 80 % und rund 40 % in Bereichen, die mit Angaben aus der Literatur bei ähnlichen Fragestellungen vergleichbar sind. Dabei muss betont werden, dass diese Genauigkeiten ohne zusätzliche Sensortechniken, wie in Studien mit vergleichbaren Fragestellungen, erzielt werden konnten.

Auf diesem Entwicklungsstand aufbauend wird nun die eigentliche Herausforderung bearbeitet: die hohe Fehlerrate aufgrund der eingangs erwähnten geringe Auftretenshäufigkeit von Behandlungen. Erste Ergebnisse dazu können ggfs. im Rahmen der BLE-Innovationstage 2018 gezeigt werden.

### **(Geplante) Verwertung**

Im Rahmen des Projekt „PaRADiGma“ wird eine mobile Applikation (App) für den Milchviehhalter entwickelt, welche ihm den Status der Milchviehherde und den Behandlungsbedarf einzelner Tiere jederzeit übersichtlich und nachvollziehbar anzeigen. Der Milchviehhalter soll dabei vor allem in Bezug auf die Notwendigkeit weiter eingrenzender Untersuchungen der als positiv erkannten Tiere sensibilisiert werden.

Der wesentliche Nutzen der zu entwickelnden App ist die frühere Erkennung behandlungsbedürftigen Milchkühe in Betrieben mit einem entsprechenden Automatisierungsgrad und damit die Schaffung einer Voraussetzung zur Einleitung weiterer Maßnahmen, damit tatsächlich erkrankte Tiere erkannt und fachgerecht behandelt werden können.

**„Ein Tool zur Überwachung des Tierwohls in Milchviehherden (Cow-Alarm)“****“A monitoring tool for animal welfare in dairy cattle (Cow-Alarm)”****Projektlaufzeit**

16.02.2017 bis 15.04.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Joachim Krieter

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Kiel

**Verbundpartner**

Dr. Beate Maassen-Francke

GEA Farm Technologies GmbH, Bönen

Karl-Heinz Krudewig

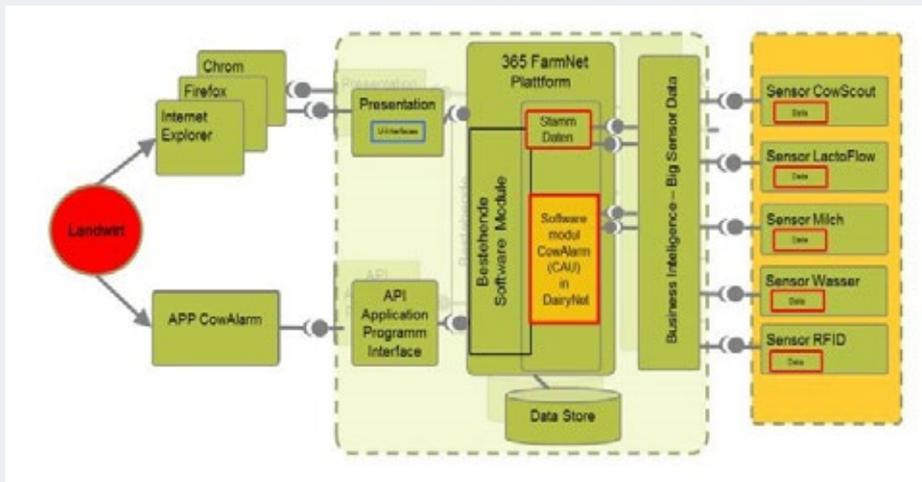
365FarmNet Group GmbH Co. KG, Berlin

**Kurzfassung****Projektziel**

Der Fokus von Politik und Gesellschaft liegt zunehmend auf Tierschutz- und Tierwohlaspekten. Grundlegend für das komplexe, mehrdimensionale Konzept des Tierwohls sind eine gute Tiergesundheit und die Möglichkeit, tiergerechtes Verhalten auszuüben. Hierzu werden tägliche Tierkontrollen durchgeführt und die Prozessdaten überwacht. Dabei fehlt es jedoch an computergestützten Monitoringsystemen, welche das Betriebspersonal in seinen Überwachungsaufgaben effektiv unterstützen. Das Projekt CowAlarm zielt daher auf die Entwicklung eines Monitoringtools ab, welches dem Landwirt eine wirkungsvolle Kontrolle sowohl auf Herden- als auch auf Einzeltierebene ermöglicht. Auf Herdenebene werden dazu Veränderungen in den Betriebskennzahlen hinsichtlich Schwachstellen analysiert, auf Einzeltierebene Informationen zur Tiergesundheit und Bewegungsaktivität durch serielle Informationen (marktübliche Sensoren) ergänzt. Des Weiteren werden Verhaltensparameter erfasst, welche Auskunft über das Wohlbefinden der Tiere geben. Basierend auf diesen Merkmalen sollen Auswertungsalgorithmen entwickelt werden, die frühzeitig auffällige Verhaltensmuster identifizieren und entsprechend Warnmeldungen für das Betriebspersonal generieren.

Die geplante Softwarearchitektur (Abbildung 1) des Vorhabens sieht vor, die Sensorinformationen (GEA) zusammenzuführen und auf eine Web-Plattform zu transferieren (365FarmNet, GEA), wo sie analysiert und bewertet werden können (CowAlarm, CAU). Es wird so eine Entscheidungshilfe für den Landwirt generiert, welche „just in time“ über das Internet auf das Endgerät gesendet werden kann (365FarmNet).

Abbildung 1: Softwarearchitektur für das geplante Forschungsvorhaben.



### Realisierung und erste Ergebnisse

Für die Erfassung der Daten wurde ein Betrieb in Sachsen mit rund 480 melkenden Kühen ausgewählt, welche in vier Leistungsgruppen eingeteilt sind und im automatischen Melkkarussell (DairyProQ, GEA) gemolken werden. DairyProQ verfügt über eine Einzeltiererkennung und erfasst tierindividuelle Leistungsparameter. Zusätzlich werden verschiedene Verhaltensparameter rund um die Aktivität und Futteraufnahmeverhalten dokumentiert. Für die Erfassung dieser Merkmale stehen zwei Sensoren des Typs CowScout (Vorderbein und Hals, GEA) zur Verfügung. Beide Sensortypen messen die physische Aktivität, CowScout I hat zudem einen Fokus auf das Ruheverhalten, CowScout S auf das Futteraufnahmeverhalten. Die generierten Daten werden im Betriebsmanagementsystem (DairyNet, GEA, 365FarmNet) gesammelt und automatisch an die CAU übermittelt. Des Weiteren werden die Gesundheitsdaten durch den Betriebsarzt zur Verfügung gestellt (Zentraler Tiergesundheitschlüssel).

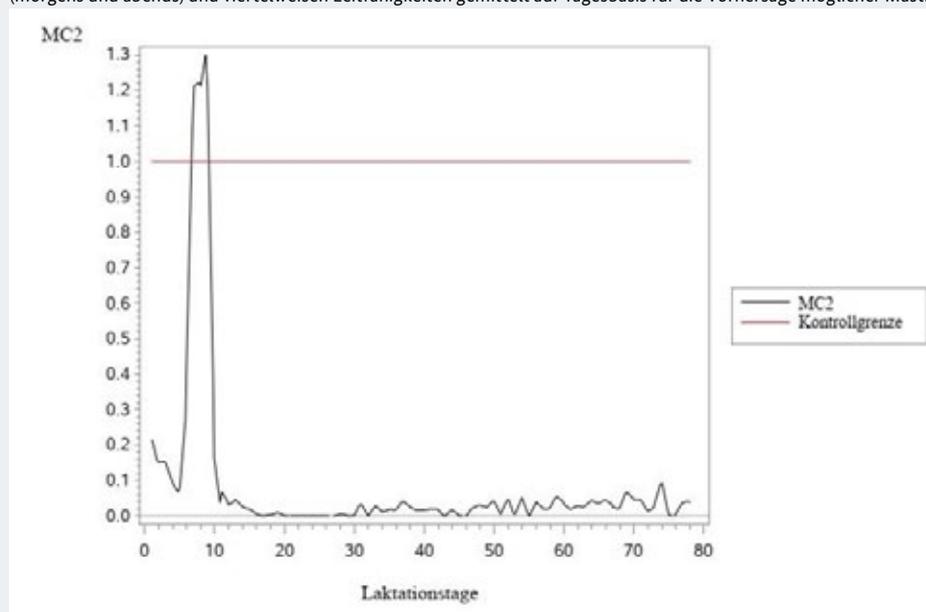
Zur Produktionskontrolle und Einzeltierüberwachung werden multivariate Control-Charts (statistische Prozesskontrolle) genutzt, die flexibel und onlinefähig sind und außerdem eine grafische Oberfläche bieten. Ein multivariates Chart lässt die simultane Analyse mehrerer Sensoren zu. Zunächst wurden milchbezogene Daten mit Hilfe deskriptiver statistischer Verfahren untersucht und für die Nutzung in einem multivariaten Control Chart (MCUSUM) vorbereitet, in denen verschiedene Einflussgrößen wie Gemelksmengen und viertelindividuelle Leitfähigkeiten gleichzeitig einbezogen wurden, um präzise Vorhersagen zu erzeugen.

Auf Basis dieser Methode ist es möglich, Schwankungen in Leistungs- und Qualitätsparametern zu klassifizieren. Unter Einbeziehung der Gesundheitsdaten des Betriebs (Goldstandard) kann eindeutig zwischen krankheitsbedingten und natürlichen Schwankungen unterschieden werden und die Methode kalibriert werden. Der erste Schritt

zielte dabei auf die frühe Erkennung von Mastitiserkrankungen ab und soll unter Einbeziehung der genannten Einflussgrößen einen Alarm im MCUSUM erzeugen. Zur Vorbereitung der Berechnung des MCUSUM wurden die verschiedenen skalierten Gemelksmengen und Leitfähigkeiten standardisiert (gewählte Methode: Z-Transformation). Durch die Standardisierung wird die Voraussetzung der Skalengleichheit für das MCUSUM sichergestellt, welche für eine optimale Funktion der Methodik notwendig ist.

Die berechneten Werte des MCUSUM sind beispielhaft für ein Tier der Leistungsgruppe 1 (Frischmelker) in Abbildung 2 grafisch dargestellt. In den ersten 100 Laktationstagen wurde bei diesem Tier eine Mastitiserkrankung diagnostiziert, welche durch das multivariate Chart mittels Überschreitung der Kontrollgrenze dargestellt wird. Dieser Alarm kann somit als wahr positiv klassifiziert werden.

Abbildung 2: Darstellung des MCUSUM eines Tieres mit den Parametern  $k=0.1$ ,  $h=1$  für die Einflussgrößen Gemelke (morgens und abends) und viertelweisen Leitfähigkeiten gemittelt auf Tagesbasis für die Vorhersage möglicher Masti-



tiserkrankungen. MC2: Berechneter Wert des MCUSUM; UCL: Obere Kontrollgrenze, wird diese Grenze überschritten, so wird ein Alarm erzeugt. Die Y-Achse bildet die Laktationstage (Zeit) ab.

Aus Abbildung 2 wird außerdem ersichtlich, dass die Werte des MCUSUM nach Abklingen der Mastitis auf ein Niveau nahe Null absinken. Die erkennbaren Ausschläge beruhen auf natürlichen Schwankungen in den Gemelksmengen und Leitfähigkeiten und bewegen sich deutlich unterhalb der Kontrollgrenze.

### **(Geplante) Verwertung**

Im weiteren Projektverlauf werden zunächst kontinuierlich weitere Daten erhoben. Dabei werden weitere Sensoren (GEA) einbezogen, welche viertelweise Milchleistungen und Milchflusskurven generieren. Es ist weiterhin vorgesehen, durch die schrittweise Ergänzung der Einflussgrößen die Klassifikationsgenauigkeit des MCUSUM sowohl auf Herden- als auch auf Einzeltierebene zu optimieren. Zudem sollen neben Mastitiserkrankungen andere wichtige Produktionskrankheiten, vorrangig Stoffwechselstörungen und Lahmheiten, mit in die Klassifizierung einbezogen werden, wobei als Indikatoren Verhaltensauffälligkeiten genutzt werden.

Der Softwarearchitektur (Abbildung 1) folgend werden dann Softwaremodule entwickelt, welche zum Betrieb von CowAlarm über das webbasierte und betriebszweigübergreifende 365FarmNet Managementportal verwertet werden. Den landwirtschaftlichen Endanwendern werden die Softwaremodule innerhalb des Farmmanagementportals bereitgestellt. Dabei können entsprechend ausgerüstete Betriebe der GEA die Module über das 365FarmNet Webportal nutzen. Durch die modulare Struktur des Farmmanagementportals ist es für den landwirtschaftlichen Endnutzer möglich, nur die Module zu erwerben, welche für seinen landwirtschaftlichen Betrieb benötigt werden.

**„Entwicklung eines integrierten Farm-Management-Systems für die kombinierte Milch- und Energieproduktion in landwirtschaftlichen Betrieben und Vernetzung in ein regionales Energienetz (CowEnergy)“**

**”Development of an integrated farm management system for combined milk and energy production in agricultural companies and interconnection within a regional energy grid (CowEnergy)“**

**Projektlaufzeit**

01.12.2016 bis 28.02.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. agr. Heinz Bernhardt  
Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik,  
Freising

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Jörn Stumpfenhausen  
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising

Hans-Jürgen Krieg  
BEDM GmbH, Friedberg

**Assoziierter Partner**

Lorenz Frech  
Rudolf Hörmann GmbH & Co. KG, Buchloe

## Kurzfassung

### Projektziel

Ziel dieses Verbundforschungsvorhabens ist es, ein autonomes Energie- und Produktionsmanagementsystem (EMS) für Milchviehställe als industriellen Prototyp, durch die Kombination von vorhandenen und noch zu verbessernden Technologien zu entwickeln.

Das Energie- und Produktionsmanagementsystem soll eine gleichzeitige ausgewogene und nachhaltige Produktion von Energie und Milch ermöglichen. Die damit erstellte Innovation in der Agrartechnik dient somit zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Über die Analyse der Daten vorhandener und neu zu integrierender Sensoren im Gesamtsystem sollen über die Big Data Datenanalyse Entscheidungsalgorithmen zur effektiven Steuerung des EMS erstellt werden. Im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion sollen dadurch sowohl Milch und Fleisch, als auch Energie produziert werden. Die Energie dient dabei zur Eigenversorgung als auch zur Bedarfsdeckung eines regionalen

Energienetzes. Teilbereiche und Eingliederung eines solchen Systems sowie wichtige und zu vernetzende Komponenten sind in Abbildung 1 dargestellt.

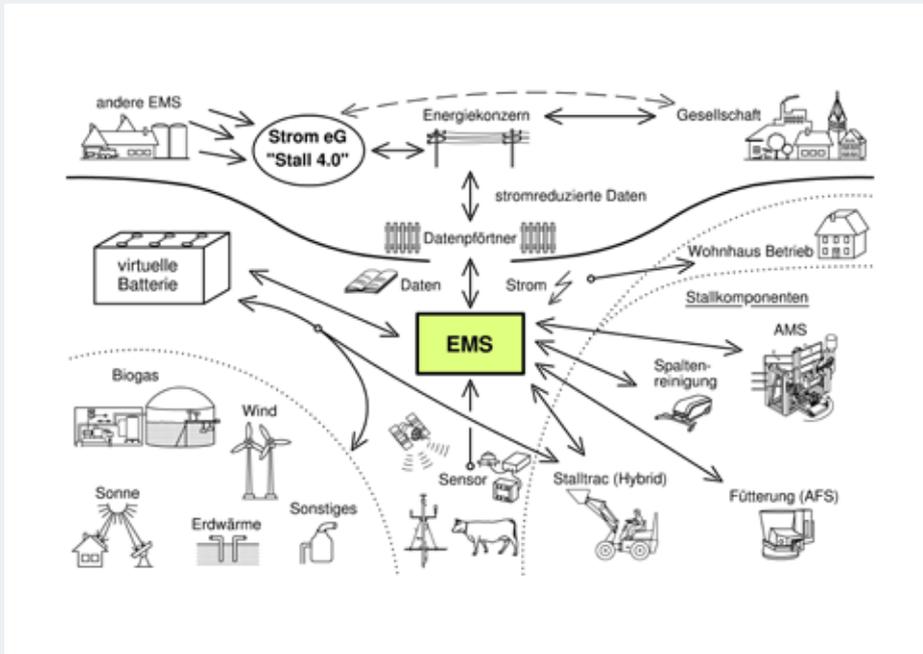


Abbildung 1: Schematische Integration des Cow Energy EMS in die Produktionsabläufe und Betriebszweige eines landwirtschaftlichen Milchviehbetriebs (Bernhardt und Berchtold, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik TUM 2015).

Die wissenschaftlichen Arbeitsziele des Projektes sind die Erfassung der aktuell in den Stallanlagen zur Verfügung stehenden Daten im Bereich der Milchproduktion, des Energieverbrauchs und der Energieerzeugung, der Energiespeicherung, sowie die Eingrenzung noch notwendiger Daten und die damit zusammenhängende Datenvernetzung. Aus dieser Datenvernetzung sollen Algorithmen entwickelt werden, die Entscheidungsregeln ermöglichen, die eine nachhaltige und am Tierwohl orientierte Produktion ermöglichen. Diese Entscheidungsregeln werden dann in das EMS implementiert. Hier ergibt sich damit die Schnittstelle zum technischen Arbeitsziel. Dies beinhaltet die Entwicklung des EMS und den stufenweisen Test bis zum industriellen Prototyp. Dabei ist die erste Testebene die Regelung von Einzelkomponenten, die zweite die Regelung der Systeme auf Betriebsebene und die dritte Ebene die regelungstechnische Verknüpfung mit dem regionalen Energienetz.

### Realisierung

Um die genannten Ziele zu erreichen, spielen vor allem Daten zum Energieverbrauch, der Energieproduktion sowie der Energiespeicherung am Betrieb eine wichtige Rolle. Dazu werden diese systematisch erfasst und auf wiederkehrende Lastmuster untersucht. Die Analyse der Energieverbräuche erfolgt durch Messung für jeden Verbraucher im Produktionsprozess. Grundlagen im Bereich des Energieverbrauchs von Milchviehställen

wurden und werden bereits erarbeitet. Am Versuchsstandort Triesdorf werden Langzeit-Energieverbrauchsmessungen durchgeführt, um Verbrauchsdaten über ein komplettes Jahr zu erhalten.

Des Weiteren werden Produktionsprozesse in automatisierten Milchviehställen modelliert, wobei Speicher und Flexibilitätspotentiale besonders berücksichtigt werden, um eine stärkere Flexibilisierung des Energieverbrauchs zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang wird daran gearbeitet die benötigten Flexibilitätspotentiale und damit verbundenen Speicherkapazitäten zu dimensionieren. Die Energieproduktion wird basierend auf Wetterdaten sowie technischen Voraussetzungen und Gegebenheiten prognostiziert. Diese Daten müssen in die Steuerungs- und Entscheidungsalgorithmen integriert werden. In diesem Zusammenhang muss untersucht werden, ob die zeitliche und lokale Genauigkeit der derzeitigen erhällichen Daten ausreichend ist und wie mit Abweichungen umgegangen werden kann. Die mögliche Energiebereitstellung aus einem Milchviehstall mit 120 Kühen durch Biogas- und Dach-PV-Anlage, wird im Rahmen einer Abschlussarbeit erforscht.

Zur Vernetzung der einzelnen Teilsysteme fehlen aktuell noch standardisierte Schnittstellen daher könnten z. B. eigene intelligente Gateways zum Auslesen von Daten notwendig sein. In diesem Kontext könnte es besonders im Bereich der Steuerung von Verbrauchern zu Problemen kommen, wenn Hersteller keine Möglichkeiten dazu schaffen wollen bzw. aus rechtlicher Unsicherheit (z. B. Haftung) verweigern.

### **Ergebnisse**

Erste Versuche werden derzeit mit einem, im Rahmen des Projekts erstellten, Simulationsmodell geplant und durchgeführt. Dabei steht die Steuerung der Belüftungseinrichtungen und der Entmistung im Vordergrund. Eine Ausweitung auf andere Komponenten ist im Anschluss geplant. Es geht in dieser Versuchsreihe vor allem um den Test von Teilsystemen und einzelnen Steuerungseinrichtungen. Dies dient der Vorbereitung für die Anwendung und Test des Prototypsystems.

Es ist geplant in Zusammenarbeit mit einem Pilotbetrieb den Bau eines hoch automatisierten Milchviehstalls zu realisieren. In diesem Betrieb soll das fertige System unter realen Praxisbedingungen getestet werden.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Forschungsergebnisse können in folgenden Untersuchungen zur Digitalisierung verwendet werden. Zusätzlich sind Erweiterungen auf den gesamten innenwirtschaftlichen Bereich der Tierhaltung – also auch Schweine und Geflügelhaltung – denkbar. Auch eine weitere Bearbeitung im Bereich des Datenmanagements unter der besonderen Berücksichtigung von Datensicherheit und Zugriffsrechten ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Des Weiteren könnten die Forschungsergebnisse im Bereich der nachhaltigen Entwicklung sowie des Betriebs von Stallanlagen weitergenutzt und interpretiert

werden. Mögliche weitere Entwicklungen zur Netzdienlichkeit sind im Bereich der Schwarzstartfähigkeit sowie Frequenzstabilisierung möglich.

Primäres wirtschaftliches Ziel des Forschungsvorhabens ist es, aus dem entwickelten Prototyp marktfähige Produkte abzuleiten. Im Anschluss an das Projekt sollen deshalb gemeinsam mit den Projektpartnern ein oder mehrere distribuierbare(s) Produkt(e) entwickelt und vermarktet werden. Die dazu notwendigen Maßnahmen werden sich voraussichtlich über einen Zeitraum von einem halben bis zu einem Jahr erstrecken.

**„Entwicklung und Erprobung eines Farmmanagementsystems zur Automatisierung betrieblicher Abläufe unter Nutzung gebäudereferenzierter Raumzeitdaten am Beispiel der Milcherzeugung (SpaceDataMilking)“**

**“Development and testing of a farm management system for automation of operational processes using building referenced space-time data on the example of the milk production (SpaceDataMilking)”**

**Projektlaufzeit**

05.12.2016 bis 04.02.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Sebastian Schäfer

Schneider Elektronik GmbH & Co.KG, Großharthau

**Verbundpartner**

Falk Hagemann

SAW COMPONENTS Dresden GmbH, Dresden

Dr. Werner Feucker

Data Service Paretz GmbH, Ketzin

Thomas Ostertag

RSSI GmbH, Geretsried

Prof. Dr. Wolfgang Büscher

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik,  
Bonn

Dr. Ralf Fischer

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Köllitsch

## Kurzfassung

### Projektziel

Bei immer größer werdenden Betrieben in der Milchviehhaltung können neue Systeme zur Ortung von Tieren, Aggregaten und Akteuren in Stallanlagen die Landwirte dabei unterstützen, tierindividuelle Managemententscheidungen zu treffen, und betriebliche Abläufe zu automatisieren.

Ziel des „Space Data Milking“-Projektes ist es, ein Farmmanagementsystem zu entwickeln, das tierindividuelle Raum-Zeit-Daten mit den jeweiligen Leistungs-, Stamm- und Gesundheitsdaten der Milchkühe verknüpft und daraus verhaltensspezifische Merk-

male und tierphysiologische Zustände auf Einzeltierebene ableitet. Dadurch, dass z. B. Krankheiten oder andere Störfaktoren frühzeitig und ortsgenau erkannt und behandelt werden können, wird eine Steigerung des Tierwohls, der Tiergesundheit und somit auch der Produktivität erwartet.

### **Realisierung**

Das entwickelte Ortungssystem zur Gewinnung von tierindividuellen Raum-Zeit-Daten basiert auf passiven SAW-Transpondern (surface acoustic wave) und elektronisch schwenkbaren Antennen. SAW-Transponder benötigen keine eigene Stützenergie, zeichnen sich dadurch aus besonders robust und langlebig zu sein, und zeigen auch unter Stallbedingungen mit viel Metall, elektromagnetischen Störquellen und hoher Luftfeuchtigkeit solide Erkennungsraten. Die verwendeten Transponder erhalten die erforderliche Sendeenergie aus dem Abfrageimpuls der Readereinheit (Sender und Empfänger). Die im Rahmen des Projekts entwickelte Readereinheit arbeitet im öffentlich nutzbaren 2,4 GHz ISM-Band, ist energiesparend und nahezu verschleißfrei. So wird ein System zur drahtlosen Tierortung und -identifizierung im Indoor-Bereich mit einer Reichweite von bis zu 15 m entstehen.

Aus den ermittelten Raum-Zeit-Daten können eine Vielzahl von Größen zur weiteren Analyse abgeleitet werden. Zunächst werden die gemessenen Raum-Zeit-Daten den Funktionsbereichen Laufen, Liegen und Fressen zugeordnet und dadurch tierindividuelle Aufenthaltsdauern in den jeweiligen Funktionsbereichen pro Tag berechnet. Diese können als Indikator für die verschiedenen Verhaltensweisen Aktivität, Liegen und Fressen gesehen werden, und lassen somit Rückschlüsse auf das Aktivitäts-, Liege- und Fressverhalten der Tiere zu. Zusätzlich können Bewegungsprofile der Milchkühe erstellt werden. Über mehrere Tage hinweg kann so in Zusammenfügung mit weiteren Prozess- und Stammdaten ein zeitliches und räumliches, tierindividuelles „Normalverhalten“ gelernt werden. Detektierte Abweichungen von diesem Normalverhalten wiederum können auf tierphysiologische Veränderungen hindeuten. Ursache einer vermehrten Aktivität kann eine Brunst sein, eine verminderte Aktivität in Zusammenhang mit verlängerten Liegephasen kann Anzeichen für eine Lahmheit sein. Neben der Definition und Überprüfung solcher Sachverhalte liegt die Herausforderung in der retrospektiven Verarbeitung aller Tier- und Prozessdaten in einer Wissensdatenbank zur Fortschreibung der tierindividuellen Normalzustände und der Detektion der aktuellen Abweichungen zur Ableitung von personalisierten, abgestuften Handlungsempfehlungen für die zuständigen Akteure. Letztere werden dem Nutzer durch übersichtliche Visualisierungen und in Form von Alarmlisten über das Herdenmanagementsystem zur Verfügung gestellt.

Zudem bietet das Ortungssystem die Möglichkeit zur Navigation im Stall auf mobilen Endgeräten.

## Ergebnisse

Derzeit laufen erste Versuche zur Validierung des komplett überarbeiteten SAW-TierOrtungs-Systems unter Stallbedingungen mit mechanisch schwenkbaren Antennen. Die neue Generation der Antriebsaggregate, Lager und Gehäusekonstruktion der Antenneneinheit sind auf die rauen Stallklimabedingungen angepasst worden. Damit wurde die Spurtreue und mechanische Funktionssicherheit im Dauerbetrieb deutlich erhöht, was zugleich auch ein Gewinn für die funktechnische Signalverarbeitung darstellt und die Signalgüte deutlich erhöht.

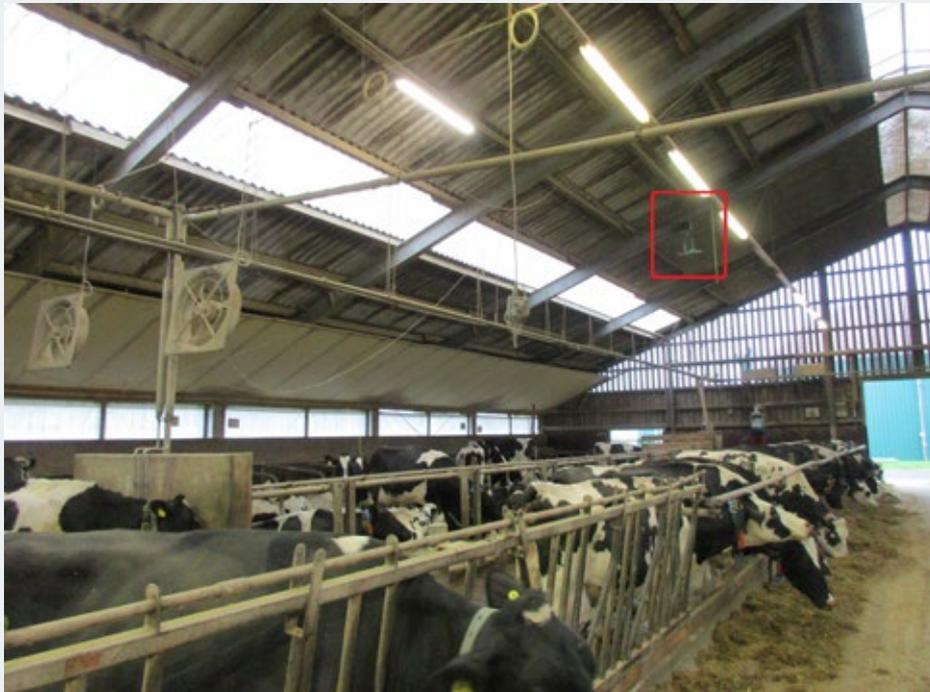


Abbildung 1: Anbringung der Readereinheit im Stall.

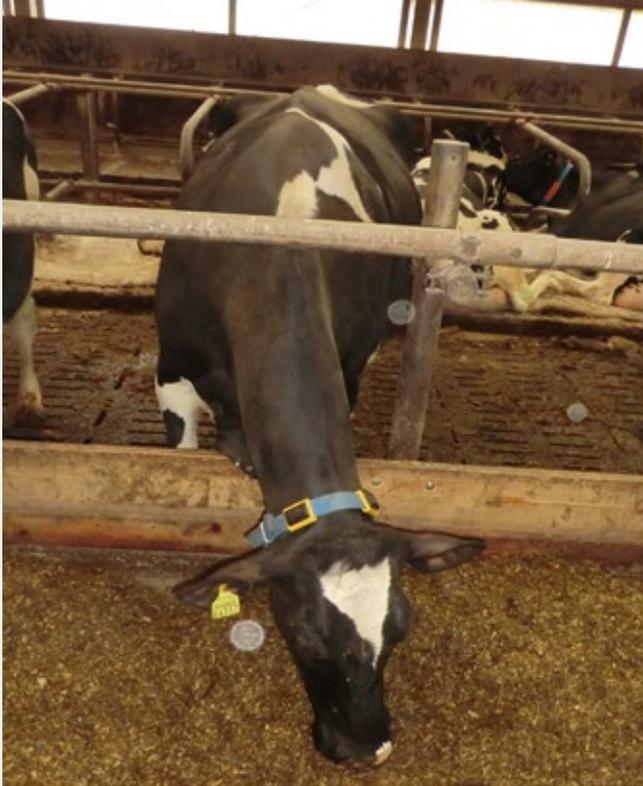


Abbildung 2: SAW-Transponder am Halsband einer Milchkuh.

Ebenso wurde das technische Konzept der SAW-Halsband-Transponder grundsätzlich überarbeitet, um mit einem neuen Antennendesign eine deutlich bessere Raumabstrahlung des zu lokalisierenden Antwortsignals zu erzielen. Der bisher im SAW-Tierortungsprojekt verwendete kommerzielle SAW-Reader wurde durch eine auf die Funktionalität der Indoor-Lokalisierung spezialisierte Firmware ausgetauscht. Damit wurde die Performance der Readereinheit um den Faktor 5 erhöht.

In den laufenden Versuchsreihen zur Systemvalidierung werden spezielle Referenztransponder an äquidistant verteilten Referenzpunkten in den verschiedenen Funktionsbereichen im Stall platziert und die gemessenen Punkte mit den tatsächlichen Messpunkten verglichen. Aus den ersten Ergebnissen erwarten wir eine Genauigkeit von  $< 1$  m, die mit der anderer Ortungssysteme auf dem Markt vergleichbar ist.

Ergebnisse zu Bewegungsprofilen und tierphysiologischen Zuständen sowie zur Visualisierung der detektierten Abweichung von den tierindividuellen Normalverhalten werden im Vortrag vorgestellt.

**(Geplante) Verwertung**

Der potenzielle Markt für ein solches Farmmanagementsystem ist groß. Insbesondere größere Betriebe setzen vermehrt auf den Einsatz von Sensortechnik, um ihre Effizienz zu steigern. Mit einem neuen Ortungsverfahren, das auf passiven Transpondern basiert und direkt in ein Herdenmanagementsystem integriert ist, sehen wir dabei großes Potenzial und eine hohe Wettbewerbsfähigkeit.

Neben der Tierortung können die beteiligten Wirtschaftspartner das im Projekt entwickelte Ortungssystem auch im Bereich Logistik und Warenverkehr vermarkten. Dort liegen Verfahren zur Ortung von Objekten zum Beispiel in der Automobilproduktion und in der Mikroelektronik im Trend der industriellen Forschung. Die wissenschaftlichen Projektpartner werden den Wissenstransfer in die landwirtschaftliche Praxis gewährleisten und die Ergebnisse in wissenschaftlichen Journalen veröffentlichen.

**„Umsetzung und Praktikabilitätsprüfung eines branchenbezogenen Konzeptes zur nachhaltigen Entwicklung der Milcherzeugung in Deutschland (Nachhaltigkeitsmodul-Milch)“**

**”Implementation and feasibility of a sector-specific concept for the sustainable development of dairy production in Germany (Nachhaltigkeitsmodul-Milch)“**

**Projektlaufzeit**

22.02.2017 bis 21.04.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Dir. u. Prof. Dr. Hiltrud Nieberg, Dr. Birthe Lassen  
 Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für  
 Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Betriebswirtschaft,  
 Braunschweig

**Verbundpartner**

Ludwig Börger  
 QM-Milch e.V., Berlin

Dr. Heike Kuhnert  
 Projektbüro Land und Markt, Hamburg

## Kurzfassung

### Projektziel

Das „Nachhaltigkeitsmodul Milch“ ist ein sogenanntes Basistool zur Erfassung und Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten der Milcherzeugung in landwirtschaftlichen Betrieben. Es dient der ersten Abbildung von Nachhaltigkeitsaspekten in der Milcherzeugung und ist als ein Auftakt und Instrument für einen kontinuierlichen Lern- und Entwicklungsprozess zu sehen. Mit Hilfe eines Fragebogens werden Daten zu rund 70 Kriterien aus den Nachhaltigkeitsbereichen Ökonomie, Ökologie, Soziales und Tierwohl in Milchviehbetrieben erfasst. Das Modul wurde 2016/2017 vom Thünen-Institut für Betriebswirtschaft zusammen mit dem Projektbüro Land und Markt im Auftrag vom QM-Milch e.V. erarbeitet. In die Entwicklung war die Milchwirtschaft (Landwirte, Molkerereivertreter, Deutscher Bauernverband, Milchindustrie-Verband, Deutscher Raiffeisenverband) im Rahmen von regelmäßigen Expertengesprächen intensiv eingebunden. Darüber hinaus haben im Rahmen von Workshops weitere Experten aus Wissenschaft und Beratung, Lebensmittelhandel und -verarbeitung sowie von Tier- und Naturschutzverbänden ihre Kenntnisse und Erfahrungen eingebracht.

Ziele des Projektes sind, das „Nachhaltigkeitsmodul Milch“ bundesweit in der Praxis einzuführen und seine praktische Umsetzbarkeit zu überprüfen. Zudem wird die Akzeptanz des Moduls bei Milcherzeugern, Molkereien, der weiterverarbeitenden Industrie, beim Handel und bei verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen untersucht. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse findet im letzten Projektjahr eine Weiterentwicklung des Moduls statt, um zu einer bundesweit einsatzfähigen und breit akzeptierten Branchenlösung für die deutsche Milchwirtschaft zu gelangen.

### Realisierung

Die Arbeitsbausteine der dreijährigen Pilotphase des „Nachhaltigkeitsmodul Milch“ sind in der folgenden Abbildung skizziert.

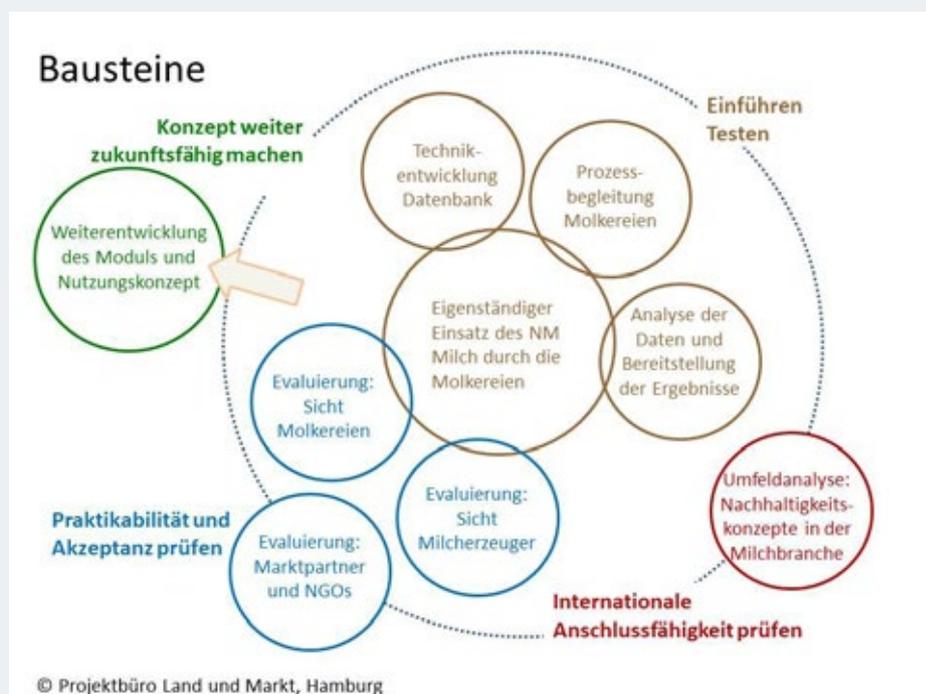


Abbildung 1: Bausteine der Pilotphase des „Nachhaltigkeitsmodul Milch“.

Das „Nachhaltigkeitsmodul Milch“ wird im Rahmen des Projektes bundesweit von 34 beteiligten Molkereiunternehmen eigenständig eingesetzt. Bei den Praxispartnern handelt es sich um Unternehmen sehr unterschiedlicher Größe und Marktausrichtung. Die Molkereien führen mit dem Originalfragebogen Datenerhebungen bei ihren Milchlieferanten durch und stellen die Daten in einer zentralen Datenbank beim Landeskontrollverband NRW zur Verfügung. Die Datenanalysen werden vom Thünen-Institut durchgeführt und folgende Ergebnisse bereitgestellt:

- » Molkereibericht: Jede Molkerei erhält einen Bericht, in dem die Befragungsergebnisse ihrer Milcherzeuger in anonymisierter Form ausführlich dargestellt sind. Dieser Molkereibericht ist vertraulich und für interne Diskussionen bestimmt.
- » Benchmarking für Milcherzeuger: Wenn die Nachhaltigkeitsbefragung von der Molkerei namentlich – also nicht anonym – durchgeführt wurde, können die Milcherzeuger eine individuelle Ergebnisrückmeldung (Benchmarking) von ihrer Molkerei bekommen. Ob dieses erfolgt, entscheidet jede Molkerei für sich.
- » Bundesweiter Ergebnisbericht: Einmal jährlich gehen die anonymisierten Daten aller im Rahmen des Projektes befragten Erzeuger in eine Gesamtauswertung ein. Zudem sollen vertiefende wissenschaftliche Analysen erfolgen, deren Fragestellungen gemeinsam mit den Projektpartnern abgestimmt werden. Ausgewählte Ergebnisse werden über Fachartikel und weitere Medien der Verbundpartner kommuniziert. Ein Rückschluss auf die beteiligten Molkereien und Milcherzeuger ist selbstverständlich nicht möglich.

In der Umfeldanalyse werden ausgewählte Nachhaltigkeitskonzepte von Molkereien in den Niederlanden, Irland und Neuseeland sowie internationaler Akteure wie z.B. die Sustainable Agriculture Initiative (SAI) und die Global Dairy Agenda for Action untersucht. Die seitens der Kunden an die Molkereiunternehmen formulierten Anforderungen und deren Abdeckung über das Modul werden ebenfalls innerhalb der Umfeldanalyse betrachtet. Auf diese Weise sollen wichtige internationale Entwicklungen im Themenfeld nachhaltige Milcherzeugung beobachtet werden, um das „Nachhaltigkeitsmodul Milch“ im nationalen und internationalen Kontext einordnen und entsprechend weiterentwickeln zu können.

### **Ergebnisse**

Die Praxispartner führen die Nachhaltigkeitsbefragungen in sehr unterschiedlicher Art und Weise durch: Einige Unternehmen haben bereits hohe Anteile ihrer Milchlieferanten in die Befragung integriert, andere haben zunächst mit Testgruppen von ausgewählten Erzeugern – meist Gremienmitglieder der Genossenschaften oder Vertreter von Liefergemeinschaften – Erfahrungen gesammelt und starten darauf aufbauend in die nächste Erhebungsphase. Entsprechend variiert der Umfang der Stichproben in den bislang für die Molkereien erstellten Ergebnisberichten. Die erste Gesamtauswertung aller vorliegenden Datensätze wird aller Voraussicht nach im vierten Quartal 2018 möglich sein. Ende April 2018 lagen knapp über 4.000 Datensätze in der zentralen Datenbank des „Nachhaltigkeitsmodul Milch“ vor.

### **(Geplante) Verwertung**

Nach Projektabschluss soll das „Nachhaltigkeitsmodul Milch“ in der Obhut des QM-Milch e.V. liegen, der ein Konzept für die zukünftige Umsetzung und Finanzierung des Moduls erarbeiten wird. Das Modul besteht aus: Set von Kriterien in den Nachhaltigkeitsbereichen Ökologie, Tierwohl, Ökonomie und Soziales, Fragebogen für Milcherzeuger

ger, Datenbank mit Web-Frontend für Dateneingabe und Schnittstellen für Datenauslese seitens der berechtigten Nutzer.

Die Gesamtauswertung der Daten und vertiefte Analysen gehen in wissenschaftliche Artikel zur nachhaltigen Entwicklung in der Milcherzeugung ein. Zudem sind Fachartikel und Vorträge zum Thema „Internationaler Vergleich von Nachhaltigkeitskonzepten in der Milchwirtschaft“ geplant.

Für Molkereien wird ein Praxisleitfaden zur nachhaltigen Entwicklung der Milcherzeugung erstellt, der über den QM-Milch e.V. verbreitet wird.

**„Schweinehaltung fit für das Tierschutz-Label: Integrierte Entwicklung von Haltung- und Verfahrenstechnik zur Transformation konventioneller Ställe (LABEL-FIT)“**

**”Making pig husbandry fit for Animal Welfare Label: Integrated development of housing systems and process technology for the transfer of conventional housings (LABEL-FIT)”**

**Projektlaufzeit**

15.01.2017 bis 14.01.2020

**Projektkoordinator, Institution**

Hansjörg Schrade  
Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg (LSZ), Boxberg

**Verbundpartner**

apl. Prof. Eva Gallmann  
Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, (UHOH), Stuttgart

Dr. Lars Schrader  
Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierschutz und Tierhaltung, Celle

Dr. Brigitte Rusche  
Deutscher Tierschutzbund e.V. (DTschB), Bonn

**Assoziierter Partner**

Dr. Gereon Schulze Althoff  
Vion GmbH (VION), Hilden

## Kurzfassung

### Projektziel

Die Vermarktungsstrategie Tierschutzlabel hat eine nachhaltige Entwicklung für höhere Tierschutzstandards sowie Beiträge zu Klimaschutz und besserer gesellschaftlichen Akzeptanz der Schweinehaltung zum Ziel. Das Vorhaben fokussiert auf die integrierte Entwicklung von Haltung- und Verfahrenstechniken zur Transformation konventioneller Schweineställe für die Einstiegsstufe des Tierschutzlabels und ist in fünf Teilprojekte (TP) untergliedert. Ziele sind die Entwicklung und Validierung 1. Funktionssicherer, verfahrenstechnischer Lösungen für Komfortliegebereiche in der Aufzucht und Mast zur Umsetzung der Kriterien des Tierschutzlabels (inkl. Verzicht auf Schwanzkupieren) (TP 1), 2. Von Möglichkeiten der Attraktivitätssteigerung von Beschäftigungsmaterialien durch Geruchs-/ nutritive Zusätze (TP 2), 3. Von Möglichkeiten des Angebotes größerer

Mengen an faserreichem Einstreu- und Beschäftigungsmaterials und deren funktionsicheren Flüssigentmischung (TP 3), sowie 4. der zielgruppengerechte Wissens- und Praxistransfer (TP 4 und TP 5).

### **Realisierung**

Alle Untersuchungen in der Versuchsphase finden in den Stallungen der LSZ mit nicht kupierten Schweinen sowohl in der konventionellen Aufzucht als auch in der Mast statt. Die Stallungen werden zu diesem Zwecke selber einer Transformation im Sinne des Tierschutzlabels unterzogen, d.h. entsprechende Ein- und Umbauten für die Integration der notwendigen Haltungs- und Verfahrenstechnik sowie Messtechnik sind notwendig. Da der Verzicht auf das Schwanzkupieren das entscheidende Kriterium sowohl für das Wohlbefinden der Tiere als auch für die Vermarktungsstrategie des Tierschutzlabels ist, werden regelmäßig Bonituren mit dem deutschlandweiten einheitlichen Boniturschlüssel für Schwänze und Ohren (DSBS) durchgeführt.

Im TP 1 Liegekomfort wurden insgesamt vier Mast- und zwei Aufzuchtteile umgebaut. In zwei Mastabteilen (B1 und B2) wird der Effekt einer Kühlung bzw. Heizung der Liegeflächen auf das Liege- und Eliminationsverhalten der Schweine untersucht (siehe Abb. 1). In weiteren zwei Mastabteilen (C1 und C2) werden verschiedene Buchtenstrukturen und Oberflächenmaterialien und der Effekt einer erhöhten Lichtstärke im Spaltenbereich untersucht. In den Aufzuchtteilen wird der Einfluss einer Kühlung und Heizung über den Boden bzw. über eine Abdeckung verglichen. Regelmäßig wird das Liegeverhalten sowie die Verschmutzung und Tiergesundheit erfasst. Es werden kontinuierlich die Lichtstärke, Umgebungs-, Oberflächen- und Außentemperatur, Luftfeuchtigkeit und -geschwindigkeit, sowie Wasser- und Futterverbrauch erhoben. Die Beschäftigungsaktivität der Tiere soll in der Mast über Bewegungssensoren an den Heukörben und in der Aufzucht über ein Radio-Frequency Identification (RFID) - System aufgenommen werden.

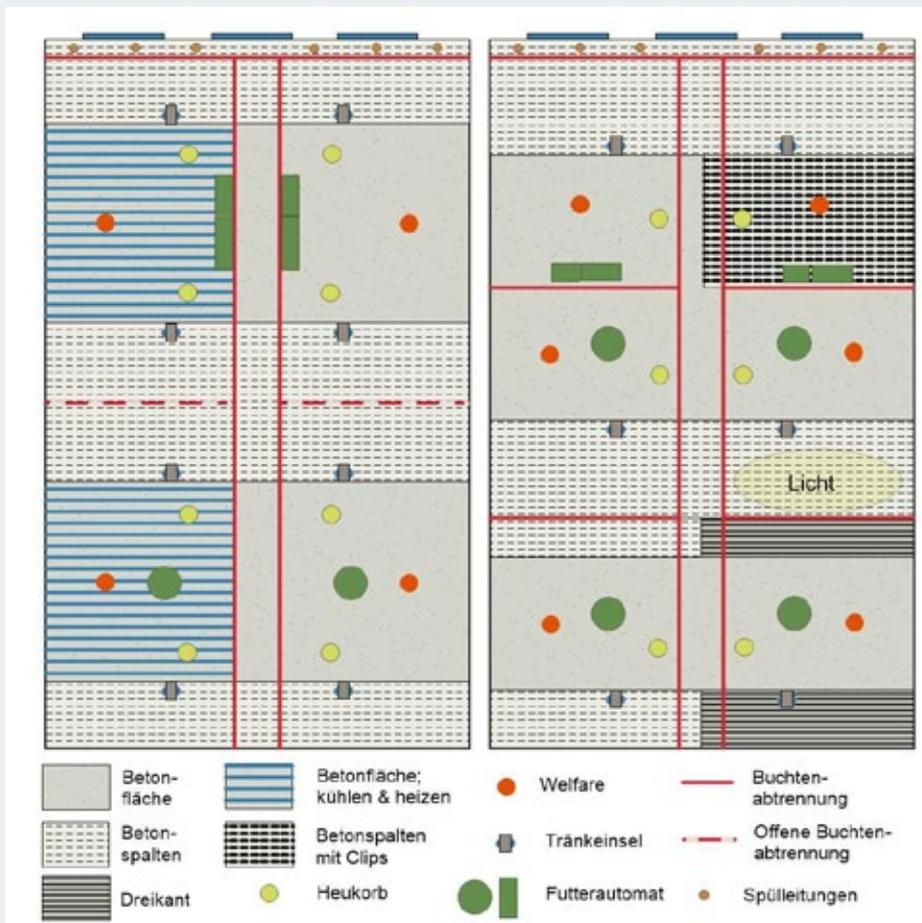


Abbildung 1: Links Umbauplan der Mastabteile B1 und B2; rechts Umbauplan der Mastabteile C1 und C2.

In TP 2 wird zur individuellen Bestimmung der Aktivitäten am Beschäftigungsturm ebenfalls ein RFID-System eingesetzt (siehe Abb. 2). Die Untersuchungen zur Attraktivität verschiedener Strukturen organischer Beschäftigungsmaterialien konnte im Mai 2018 abgeschlossen werden. Im September 2018 werden die Untersuchungen zur Attraktivitätssteigerung von Beschäftigungsmaterialien durch verschiedene Aromen abgeschlossen. Die Untersuchungen zu nutritiven Zusätzen werden zwischen Juni 2018 und Anfang 2019 durchgeführt. Parallel wurden Wahlversuche zur kurzfristigen Attraktivität verschiedener Beschäftigungsmaterialien durchgeführt.

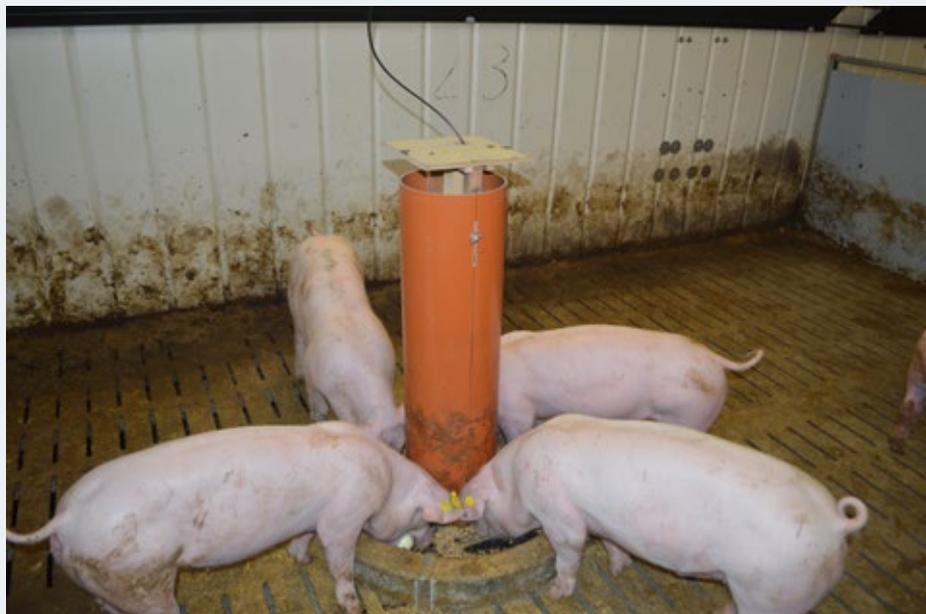


Abbildung 2: Schweine am Beschäftigungsturm im Lesefeld der UHF-Antenne.

Die Untersuchungen in TP 3 sind wie folgt gegliedert:

1. Sink- und Schwimmschichtversuche mit Schweinegülle und organischem Beschäftigungsmaterial an der LSZ für die Ermittlung von Schichthöhen und Rührereigenschaften.
2. Prüfen der rheologischen Eigenschaften von Schweinegülle mit unterschiedlichen Anteilen an organischem Material (Heu, Stroh, Strohpellets und Luzernecobs).
3. Entwicklung eines Modellfluids als Substitut für Schweinegülle für den Einsatz im Versuchstand an der UHOH. Zum Einsatz kommen verschiedene natürliche und synthetische Verdicker mit strukturviskosen Fließeigenschaften.
4. Konzipierung und Realisierung eines Versuchstandes an der UHOH im Maßstab 1:2 für die Erprobung verschiedenster Entmistungsmethoden, Spülintervalle und Modulen für die Bekämpfung von Sink- und Schwimmschichten.
5. Übertragung der Erkenntnisse aus dem Modellversuch in den Realmaßstab an der LSZ. Geplant sind zudem Schadgasmessungen während den Entmistungsvorgängen.

Im Rahmen des TP 4 findet die Erprobung, die Bewertung und der Transfer der Ergebnisse in die Praxis statt. In Verantwortung des DTschB liegt die finale Zusammenführung und Aufbereitung der Ergebnisse für verschiedenen Interessengruppen (TP5).

### Ergebnisse

Erste Ergebnisse aus dem TP 1 zeigen, dass eine gesteigerte Lichtstärke über dem Spaltenbereich dazu führt, dass signifikant mehr Schweine auf der Liegefläche liegen. Eine

deskriptive Betrachtung der Ergebnisse zeigt zudem, dass die Liegeflächen in diesen Buchten weniger verschmutzt sind. In den ersten zwei Durchgängen erwiesen sich die Spaltenclips in Bezug auf Liegekomfort und Sauberkeit als eher ungeeignet.

Zu den Möglichkeiten der Attraktivitätssteigerung von Beschäftigungsmaterialien liegen Ergebnisse aus zwei separaten Wahlversuchen aus TP 2 vor. Hierfür wurden den einzelnen Tieren jeweils simultan sechs verschiedene Materialien in sechs Boxen für 150 Sekunden in einer Testarena angeboten (siehe Abb. 3). Im ersten Experiment wurde die Präferenz für unterschiedliche Strukturen untersucht. Schweine bevorzugten signifikant Stroh- und Luzernepellets gegenüber gehäckseltem Stroh und Heu (Friedman Test,  $n=56$ ,  $\text{Chi}^2=118.09$ ,  $\text{df}=5$ ,  $p<0.0001$ ). Im zweiten Experiment wurde gehäckseltes Stroh mit verschiedenen nutritiven Zusätzen angereichert. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich eine signifikante Attraktivitätssteigerung durch z.B. die Zugabe von Mais und Rosinen erzielen lässt (Friedman Test,  $n=65$ ,  $\text{Chi}^2=46.73$ ,  $\text{df}=5$ ,  $p<0.0001$ ).



Abbildung 3: Tier in der Testarena, gehäckseltes Stroh mit unterschiedlichen nutritiven Zusätzen.

Erste Praxisbetriebe, die die Anforderung der Einstiegsstufe des Tierschutzlabels in Aufzucht und Mast erfüllen, sind für die Umsetzung und Überprüfung von Zwischenergebnissen aus TP 1 und 2 rekrutiert.

In TP 3 sind die vorläufigen Schichtversuche und Flüssigmistanalysen abgeschlossen; die Erkenntnisse werden nun im Versuchstand validiert. Der Versuchstand ist konzipiert (siehe Abb. 4) und wird bald fertiggestellt. Zudem werden verschiedene Ansätze zur Erstellung eines geeigneten Modellfluides getestet.

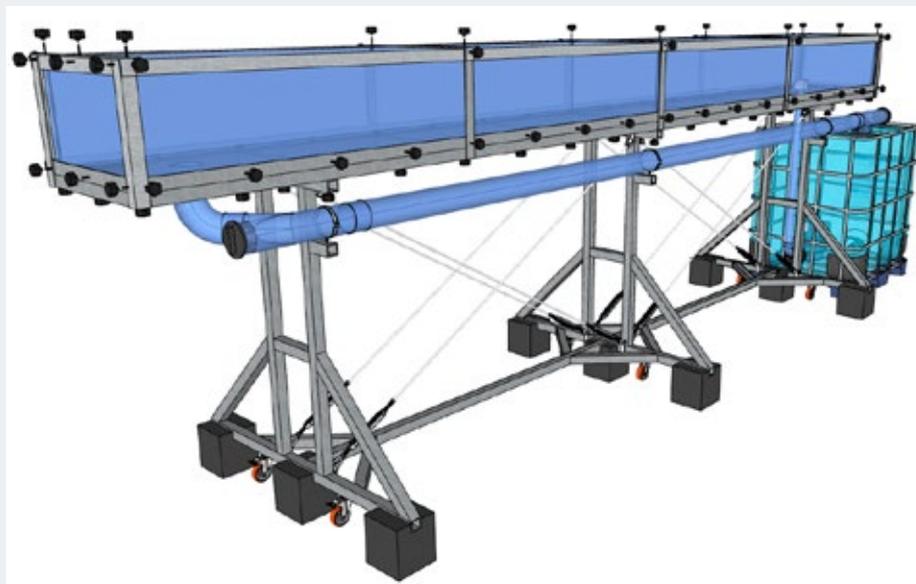


Abbildung 4: Konzeptzeichnung des Versuchstandes für die Erprobung verschiedener Entmistungsmethoden, gezeichnet in SketchUp (Trimble Navigation Ltd.); eigene Darstellung.

### **(Geplante) Verwertung**

Dieses Projekt gewährleistet durch die Einbeziehung von Praxisbetrieben einen unmittelbaren Transfer der entwickelten Technologie und der erarbeiteten Ergebnisse in die Praxis. Darüber hinaus werden die Ergebnisse durch die Projektpartner LSZ, DTSCB und VION in die von diesen Partnern betriebene Praxisberatung einfließen. Zudem werden die Erkenntnisse durch die Projektpartner FLI, VION und LSZ in der Arbeitsgruppe „Entwicklung von Kriterien für ein Tierschutzlabel Schwein“ des DTSCB über deren Mitgliedschaft direkt in die Richtlinien eingebracht. Die Erkenntnisse werden im Rahmen der praxisorientierten Bildungsarbeit (Lehrgänge und Workshops) der Landesanstalten und Landwirtschaftskammer eingesetzt (Kooperationsabkommen) und in Form von Beratungsunterlagen, Veröffentlichungen und Vortragsveranstaltungen weitergegeben. Schließlich fließen die wissenschaftlichen Methoden und Ergebnisse in die Lehre und Forschung an der UHOH ein. Im Rahmen der Politikberatung werden die Ergebnisse genutzt, um Empfehlungen zu den Kriterien der Agrarinvestitionsförderung (AFP) oder des Förderprogramms für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl (FAKT) auszusprechen und für Demonstrationszwecke im Rahmen der Weiterentwicklung konventioneller Betriebe zu mehr Tierwohl im Rahmen des Tierschutzlabels als auch für die Initiative Tierwohl eingesetzt.

**„Die Entwicklung von innovativen und auch in Zukunft gesellschaftlich akzeptablen Stallkonzepten für die Schweinehaltung auf Basis eines wissenschaftlich begleiteten Diskurses zwischen Agrarwirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft (Stall der Zukunft)“**

**”The development of innovative concepts for pig pens that will be socially acceptable also in the future based on a scientifically supported discourse of agribusiness, civil society and scientific actors (Stall der Zukunft)“**

**Projektlaufzeit**

01.10.2017 bis 31.05.2019

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Achim Spiller

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarpolitik und Rurale Entwicklung, Marketing für Lebensmittel und Agrarprodukte, Göttingen

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarpolitik und Rurale Entwicklung, Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness, Göttingen

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Joachim Krieter

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Kiel

Prof. Dr. Peter Kenning

Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, Düsseldorf

Dr. Karl-Heinz Tölle

ISN-Projekt GmbH, Damme

Dr. Richard Hölscher

Richard Hölscher GmbH & Co. KG, Emsbüren

**Kurzfassung**

**Projektziel**

Ziel des Projektes ist es, losgelöst von bisher verbreiteten Systemen einen auf die Entwicklung von innovativen Stallkonzepten für die Schweinehaltung hin ausgerichteten Diskurs zwischen Agrarwirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft anzustoßen und

wissenschaftlich zu begleiten. Abgeleitet von den Präferenzen wichtiger Stakeholder werden Stallbaukonzepte und -elemente abgeleitet, mit denen Schweine zukünftig gesellschaftlich akzeptabel, gehalten werden können. Hierbei kann der Innovationsgrad sehr unterschiedlich ausfallen. So soll es am Projektende nicht nur einen virtuellen Stall der Zukunft, sondern verschiedene Entwürfe angepasst an die unterschiedlichen Bedürfnisse von Tieren, Landwirten und der Gesellschaft geben.

### **Realisierung**

Das Projekt ist als Multi-Stakeholder Diskurs im Rahmen einer Zukunftswerkstatt organisiert. Es werden die Phasen Vorbereitung, Kritik, Utopie und Verwirklichung mit jeweils unterschiedlicher Teilnehmerzusammensetzung durchlaufen. Alle Workshops werden dabei durch die beteiligten Projektpartner inhaltlich vorbereitet, professionell moderiert, graphisch begleitend skizziert und deren Ergebnisse anschließend fachlich bewertet.

### **Ergebnisse**

Als Ergebnis des Projektes sollen umfangreiche, aus fachlicher (Wirtschaftlichkeit, Praxistauglichkeit, etc.) und gesellschaftlicher Sicht beurteilte virtuelle Stallbaukonzepte mit entsprechender Folgenabschätzung für deren Umsetzung für die Schweinehaltung zur Verfügung stehen. Dadurch wird dem übergeordneten Ziel einer langfristig akzeptierten, zugleich aber durch LandwirtInnen realisierbaren Nutztierhaltung in Deutschland entsprochen. Das Besondere an dem hier vorgestellten Ansatz ist die hohe Interdisziplinarität (Einbezug von Praxis und verschiedenen wissenschaftlichen Fachdisziplinen sowie diversen gesellschaftlichen Sichtweisen) des Diskussionsprozesses sowie der anschließenden fachlichen Bewertung der erarbeiteten Stallbaukonzepte, welche u. a. mittels der in der „Consumer Neuroscience“ angewandten Methodik, der funktionalen Nahinfrarotspektroskopie, stattfindet.

Die Ergebnisse des Vorhabens sollen wie ein Katalysator wirken, um

- » die Forschungs- und Stallbauplanung,
- » die Innovationsaktivitäten der Marktteilnehmer sowie die
- » einschlägigen politischen Gestaltungsoptionen (inkl. Forschungsförderung)

künftig noch besser auf eine messbare Verbesserung der Nutztierhaltung hin ausrichten zu können.

### **(Geplante) Verwertung**

Die Projektergebnisse kommen bisher nach Alternativen suchenden PraktikerInnen im Bereich der Schweinehaltung direkt zugute, da die Ergebnisse in transdisziplinärer Form Impulse für Haltungssysteme im Schnittfeld gesellschaftlicher und fachlicher Ansprüche an eine akzeptable Nutztierhaltung liefern.



Neben geplanten wissenschaftlichen Veröffentlichungen ist vor allem die graphische Aufbereitung der virtuellen Ställe der Zukunft Kernergebnis und Output des Projektes.



# Impressum

## Herausgeberin

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung  
Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn

## Ansprechpartner

BLE  
Referate 313 A und 313 B – Innovationsförderung  
Deichmanns Aue 29 | 53179 Bonn  
Internet: [www.ble.de/innovationstage/](http://www.ble.de/innovationstage/)  
E-Mail: [innovationstage@ble.de](mailto:innovationstage@ble.de)

## Stand

Oktober 2018

## Layout

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung  
Referat 422 – Medienkonzeption und -gestaltung

## Bildnachweis

Titelbild und Projekt BeeID: INGO ARNDT PHOTOGRAPHY;  
Alle weiteren Bilder wurden von den jeweiligen Projekten zur  
Verfügung gestellt

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

