



# Innovationstage 2010



Forschungs- und Entwicklungsprojekte



# Einleitung

Die zunehmende Globalisierung hat auch die deutsche Agrar- und Ernährungsbranche erfasst. Sie kann im globalen Wettbewerb nur bestehen, wenn Innovationen forciert werden. Mit fundiertem produktionstechnischem Wissen, neuartigen Technologien, dem effektiven Einsatz von Betriebsmitteln und der nachhaltigen Nutzung unserer Ressourcen kann die Produktivität unserer Landwirtschaft und der nachgelagerten Bereiche erhöht werden. Dabei müssen das Tierwohl und die Umwelteinflüsse berücksichtigt werden. Nur so kann ein nachhaltiger unternehmerischer Gewinn für alle Marktbeteiligten sichergestellt werden.

Ziel des Programms zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) ist die Unterstützung von technischen und nicht-technischen Innovationen in Deutschland. Durch Stärkung der wirtschaftlichen Innovationskraft, Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen, Schonung natürlicher Ressourcen und Verbesserung der Arbeitsbedingungen soll die Wettbewerbsfähigkeit in den Sektoren Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz gestärkt werden.

Das Programm zur Innovationsförderung wird seit 2006 durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) als Projektträger umgesetzt. Über 1.600 Unternehmen und kooperierende Forschungspartner haben in den vergangenen vier Jahren Ideenskizzen beim Projektträger eingereicht. Bislang konnten über 150 richtungsweisende Forschungsprojekte, in der Regel Verbünde, mit einem Gesamtvolumen von rund 95 Millionen Euro realisiert werden.

Im Jahr 2010 veranstaltet die BLE zum dritten Mal Innovationstage. Im Mittelpunkt stehen dieses Jahr Projekte aus allen Bereichen der Innovationsförderung, welche sich bereits in einer fortgeschrittenen Projektphase befinden oder bereits erfolgreich abgeschlossen wurden. Neben der Vorstellung zu den laufenden Aktivitäten im Agrar- und Ernährungsbereich können Forscher und Unternehmensvertreter die Gelegenheit auch für interdisziplinären Austausch nutzen. Dieses Jahr hat erstmals ebenso die interessierte Öffentlichkeit die Möglichkeit, sich über den Stand der Innovationsförderung in den Bereichen Pflanzenproduktion, Nutztierwissenschaften, Agrartechnik, Ernährungstechnik und Allergien zu informieren.

Das Team des Projektträgers Innovationsförderung freut sich auf eine intensive Diskussion und Erfahrungsaustausch mit allen beteiligten Akteuren!

## **Projektträger Innovationsförderung**

# Inhalt

Einleitung .....	3
------------------	---

Exemplarische Projekte aus verschiedenen Bereichen der Innovationsförderung.....	11
--	----

- Sterile Aufbereitung von Lebensmitteln durch optisch kontrollierten Wasserstrahlschnitt (OptoWa)..... 11
- Nanobiotechnologische Detektion von *Phytophthora*-Arten mittels elektrisch auslesbarer DNA-Biochips ..... 13
- Möglichkeiten der *In ovo*-Geschlechtsbestimmung beim Haushuhn (*Gallus gallus f. dom.*) als Alternative zur routinemäßigen Tötung männlicher Eintagsküken aus Legehennenlinien ..... 15
- Qualitätssicherung in der Getreideernte – Verbundforschung Wissenschaft-Industrie im Dienste der Verfahrensinnovation ..... 18

Sektion 1: Pflanzenzüchtung .....	20
-----------------------------------	----

- Gesunde Gerste - eine biotechnologiegestützte Züchtungsstrategie zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen *Ramularia*-Blattflecken ..... 20
- Umfassende *Rhynchosporium secalis* Resistenz bei Gerste – von der Kartierung über die Entwicklung diagnostischer Selektionsmarker zum Pre-Breeding Material.....23
- Kartierung und züchterische Nutzung neuer Resistenzquellen gegen die Netzfleckenkrankheit (*Pyrenophora teres f. teres*) der Gerste .....25
- Analyse und Integration wirksamer Mehltairesistenzen in Triticale .....26
- Ährenfusarioisen bei Triticale – Einsatz neuer Methoden zur züchterischen Verbesserung der Resistenz .....28
- Kartierung und züchterische Nutzung neuer Resistenzquellen gegen die Weizenblattdürre (*Pyrenophora tritici-repentis*)..... 30
- Züchterische Verbesserung der Resistenz von frühreifem Mais gegen Kolbenfusariosen durch QTL-Kartierung in Mehrlinienkreuzungen..... 31
- Pyramidisierung von QTL im Hinblick auf eine Verbesserung der *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) Toleranz der Gerste und genetische Analyse der Toleranz gegenüber *Wheat dwarf virus* (WDV) .....33
- Charakterisierung von Resistenzquellen gegen das Soil-borne cereal mosaic virus - SBCMV und das Wheat spindle streak mosaic virus - WSSMV in genetischen Ressourcen des Roggens sowie deren Nutzung für die Züchtung virusresistenter Sorten .....35
- Funktionelle Analyse von Introgressionslinien zur Erweiterung der genetischen Diversität des Roggens ..... 37
- Selektion und Charakterisierung von Gerste mit Resistenz gegen freilebende Nematoden .....39
- Entwicklung und Einsatz innovativer Züchtungsstrategien zur Sicherung und Erhöhung des Ertrages und der Anbaubedeutung der Blauen Süßlupine (*Lupinus angustifolius L.*) ..... 40
- Identifikation der Signalfunktion von Sekundärmetaboliten und Selektion auf ein günstiges Inhaltsstoffspektrum am Beispiel des Wirt/Erreger-Komplexes Lupine/Blattrandkäfer“ .....42

• Verbesserung der Resistenz von Winterrapsorten gegenüber <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	44
• <i>Brassica</i> -Wildarten als neue genetische Ressource für die Rapszüchtung .....	45
• Untersuchungen zur Resistenz des Weizens ( <i>Triticum aestivum</i> ) gegen die Orange ( <i>Sitodi-plois mosellana</i> ) und Gelbe ( <i>Contarinia tritici</i> ) weizengallmücke .....	46
• Entwicklung einer effizienten Weizenmikrosporenkultur für adaptiertes deutsches und europäisches Winterweizenzuchtmaterial.....	47
• Evaluierung genetischer Ressourcen der Kartoffel durch innovative Analysen von Inhaltsstoff- und Qualitätsparametern der Knolle .....	49
• Terahertz-Messung zur <i>in vivo</i> -Analyse des Trockenstresses bei Nutzpflanzen: Optoelektronisches Messwerkzeug zur selektiven Züchtung und Kultivierung.....	51
• Entwicklung standardisierter Screening-Verfahren zur Identifizierung und Bewertung trockenstresstoleranter Genotypen von Zierpflanzen .....	53
• Verbesserung der abiotischen Stresstoleranz ausgewählter Zierpflanzen durch die Expression von Transkriptionsfaktoren .....	55
• Entwicklung resistenter, homogener und ertragreicher Sorten von <i>Helleborus spec.</i> ....	56
• Nutzung neuer molekularer Methoden zur Effizienzsteigerung der Züchtung von Knospenblühern bei <i>Calluna vulgaris</i> L. (Hull.): ein interdisziplinärer Ansatz zur Stärkung von Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit .....	59
• Biotechnologische und molekulare Methoden zur züchterischen Nutzbarmachung von Bakterienresistenz ( <i>Xanthomonas hortorum pv. pelargonii</i> , <i>Ralstonia solanacearum</i> ) bei Pelargonien.....	61
• Erschließung neuer Resistenzquellen in der Gattung <i>Gaultheria</i> gegen den Pilz <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	61
• Analyse von <i>Thinopyrum</i> -Arten als Donoren von Resistenzgenen gegen wichtige Pathogene im Winterweizen ( <i>Triticum aestivum</i> L.) unter besonderer Berücksichtigung der Resistenz gegen die Erreger der Halmbruchkrankheit ( <i>Oculimacula</i> spp.) .....	62
• Analyse und Nutzung genetischer Ressourcen zur Erstellung neuer Diversität in Futter- und Rasengräsern .....	64
• Entwicklung neuer hoch anthozyanhaltiger Karottentypen zum Anbau in Deutschland und zur Herstellung eines natürlichen Lebensmittelextraktes .....	65
• Entwicklung, Charakterisierung und züchterische Nutzung von Petersilienlinien ( <i>Petroselinum crispum</i> ) mit Resistenz gegen den Erreger der Septoria-Blattfleckenkrankheit ( <i>Septoria petroselinii</i> ) .....	66
• Entwicklung von Zuchtmaterial von Basilikum ( <i>Ocimum basilicum</i> ) mit Resistenz gegen Falschen Mehltau ( <i>Peronospora</i> sp.) und erhöhter Kältetoleranz .....	69
• Züchtung von resistenten Hopfen mit besonderer Eignung für den Anbau in Niedrigerüstanlagen .....	71
• Entwicklung resistenter Unterlagen zur Kontrolle des Birnenverfalls im Erwerbsobstbau .....	73
• Resistenzzüchtung bei der Europäischen Pflaume ( <i>Prunus domestica</i> ) gegen das Scharkavirus auf Basis der Hypersensibilitätsresistenz unter Nutzung neuartiger hochsensibler Pathogen-Diagnostik .....	75
• Identifizierung und funktionelle Charakterisierung des Co (Kolumnar) – Gens bei kolumnaren Apfelsorten zur systematischen Nutzung in der Züchtung .....	77

## Sektion 2: Lebensmittel ..... 78

- Sterile Aufbereitung von Lebensmitteln durch optisch kontrollierten Wasserstrahlschnitt (OptoWa) ..... 78
- Entwicklung innovativer, energieeffizienter Verfahren zur Herstellung hochwertiger Kräuter- und Gewürzprodukte ..... 80
- Anwendung von Plasmaverfahren zur schonenden Haltbarmachung am Beispiel verderblicher Lebensmittelprodukte in der Nachernte (FriPlas) ..... 82
- Einsatz der Hochdrucktechnologie in Kombination mit einer neuen Verpackung zur Herstellung sicherer, qualitätsoptimierter Frischeprodukte mit verlängerter Haltbarkeit ..... 85
- Entwicklung eines Verfahrens zur Cronobacter sakazakii freien Herstellung von sprühgetrockneten milch- und zerealienbasierten Lebensmittelpulvern ..... 86
- Verbesserung der hygienischen Qualität und Sicherheit von Cateringprodukten ..... 86
- Entwicklung neuartiger Backmittel auf der Basis von Gluconobacter-Fermentationen ..... 88
- Entwicklung geeigneter Backmittel zur Verbesserung und Erweiterung des Backwarenangebots für Menschen mit Zöliakie ..... 88
- Entwicklung von innovativen Schnelltest- und Screeningverfahren zum Nachweis von Lebensmittelallergenen vor Ort in der Produktentwicklung und -kontrolle ..... 89
- Entwicklung eines Schnellnachweissystems auf Basis der real-time PCR zur quantitativen Allergenüberwachung in der gesamten Lebensmittel-Produktionskette ..... 91
- AIDA-Allianzen für Informations- und Dienstleistungsagenturen zur horizontalen Bündelung von Koordinierungsaufgaben im Qualitäts-, Gesundheits- und Risikomanagement der Fleischwirtschaft ..... 92
- Verbesserung von Qualitäts- und Risikomanagementsystemen mit Hilfe einer Informationsplattform für die Vieh- und Fleischwirtschaft zur Reduzierung von Eintragsquellen in die fleischerzeugende Produktionskette ..... 95
- Objektive Bewertung der Qualität von Frisch- und Tiefkühlfleisch mittels Hochfrequenztechnologie ..... 97
- Entwicklung, Erstellung und Einführung eines umfassenden Verbraucher-Informationssystems zur Deklaration allergener Stoffe bei loser Ware im Fleischerhandwerk ..... 99

## Sektion 3: Elektronik ..... 101

- Echtzeit-Ethernet Kommunikation zwischen Traktor und Gerät zur Automatisierung von Traktor-Gerät-Applikationen ..... 101
- Landwirtschaftliches, selbstkonfigurierendes Kommunikationssystem zur Überwachung, Optimierung und Dokumentation von Ernteprozessen (LaSeKo) ..... 103
- Elektronische Deichsel für landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen (EDA) ..... 105
- Autonomer Feldroboter zum Einzelpflanzen-basierten Versuchswesen (BoniRob) ..... 107
- Entwicklung einer Hochdurchsatz-Sensorik zum Screening agronomischer und physiologischer Eigenschaften von Kulturpflanzen im Feldversuchswesen ..... 109
- Qualitätsdifferenzierte Getreideernte – Trennung des Erntegutstroms nach definierten Qualitätsparametern während des Mähdruschs ..... 110
- Stickstoff- und Kohlenhydratstatus von Zierpflanzenstecklingen unter Praxisbedingungen als Basis zur Beurteilung des Bewurzelungspotentials mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie ..... 112

• Akustische Resonanzanalyse zur automatischen Zustandsanalyse von gartenbaulichen Produkten – am Beispiel von hohlem Spargel und mehligem Kern- und Steinobst.....	114
• Erfassung und Verteilung von Saatgut in Drillmaschinen.....	116
• Mobiles Sensorsystem für die Berücksichtigung von Bodenunterschieden bei der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung in Landwirtschaft und Gartenbau .....	118
• SmartForest - Einsatz von Transponder-Technologie und drahtlosen Sensornetzen in der Forstwirtschaft .....	119
• Intelligentes Holz - RFID in der Rundholzlogistik.....	121
• Einsatz von Reifendrucktranspondern mit kontaktloser Energie- und Datenübertragung in Reifendruckregelsystemen für landwirtschaftliche Fahrzeuge.....	123
• Entwicklung eines Gerätes zur vollautomatischen Drahtaufhängung im Hopfenanbau .....	125
• Vereinfachung des Datenmanagements und -austauschs im InVeKoS-Antragsverfahren durch Nutzung von agroXML .....	126
• Intelligenter optischer Sensor für den teilflächenspezifischen Herbizideinsatz im Online-Verfahren (H-Sensor) .....	128
• Entwicklung einer Sensorsteuerung zum Einsatz in der Abflammtchnik.....	130
• Entwicklung eines Regensensors für kinetische Energie und Wasserbenetzung zur Verbesserung der Schorfprognose im Apfelanbau .....	131
• Reduzierung der Pflanzenschutzmittel-Aufwandmenge durch Anpassung an die Laubdichte .....	133
• Optimierung der Sensortechnik zur Zielobjektorientierten Steuerung von Sprühgeräten im Weinbau – Reduzierung von Pflanzenschutzmittelmengen und Abdrift .....	134
• Aufbau und Untersuchung eines echtzeitfähigen, dezentralen Direkteinspeisungssystems zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln in landwirtschaftlichen Kulturen.....	136

#### **Sektion 4: Tierzucht und -haltung ..... 138**

• Entwicklung von Instrumenten zur genetischen Qualitätssicherung von Zuchtprogrammen (QS@Breeding) .....	138
• Innovative Verfahren der Leistungsprüfung beim Milchrind als Grundlage des modernen Zuchtprogramms der Nord-Ost-Genetic.....	140
• Neue Wege der züchterischen Verbesserung der Gesundheit der Milchkuh rund um die Abkalbung.....	142
• Erfassung und züchterische Bewertung von Krankheitsdiagnosen in Milchviehbetrieben zur Selektion auf Gesundheit und Langlebigkeit.....	144
• Entwicklung und Nutzung neuer On-Farm-Verfahren zur Leistungsprüfung auf Gesundheitsstabilität und Fruchtbarkeit beim Deutschen Holstein - Kurztitel: On-Farm-Recording (Breeding).....	145
• Entwicklung und Bewertung eines automatischen optischen Sensorsystems zur Körperkonditionsüberwachung bei Milchkühen .....	147
• Prüfbullenauswahl durch genomische Selektion beim Braunvieh.....	149
• Entwicklung eines schnellen und sensitiven Diagnostikums zur frühzeitigen und sicheren Feststellung der Trächtigkeit beim Rind anhand des Nachweises von "pregnancy-associated glycoprotein" (PAG) .....	151
• Optimierung Fruchtbarkeitsmanagement bei Rindern .....	152

- Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur elektronischen Tierkennzeichnung auf der Grundlage der SAW-Technologie zur Erhöhung der Identifikationssicherheit ..... 153
- Vermeidung von Ebergeruch durch züchterische Maßnahmen und neuartige messtechnische Erfassung ..... 155
- Untersuchungen zu den Möglichkeiten der Integration von Verhaltensmerkmalen in Schweinezuchtprogramme ..... 157
- Innovatives Aufruf-Fütterungssystem für Tier- und produktionsgerechte Sauenhaltung ..... 159

## **Sektion 5: Pflanzenschutz ..... 161**

- Entwicklung von Leitlinien für den integrierten Pflanzenschutz in Zuckerrüben und exemplarische Ermittlung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen von innovativen Anwendungen von Pflanzenschutzmitteln ..... 161
- Entwicklung eines innovativen Prognosemodells zur Bekämpfung des Echten Mehltaus (*Podosphaera macularis*) im Hopfen (*Humulus lupulus*) ..... 164
- Erstellung eines Softwaregestützten Prognosemodells für die effektive Bekämpfung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) ..... 165
- Prognosemodell für Massenvermehrungen von Feldmäusen ..... 167
- Erweiterung des Prognose- und Simulationsmodells SIMSEPT durch ein Sortenmodul zur optimierten Bekämpfung von *Septoria tritici* und *Stagonospora nodorum* in Winterweizen ..... 169
- Einsatz von Geografischen Informationssystemen zur Optimierung von Online-Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz ..... 170
- Validierung von Radarniederschlagsdaten zum Einsatz in Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz (RADOLAN-OP) ..... 172
- DC CATVI Diagnosechip for Computer-Aided Thrips and Virus Identification – Entwicklung, Erprobung und Herstellung eines Diagnosechips als Bestandteil eines innovativen, durch multimediale Computertechnik unterstützten Werkzeuges ..... 173
- Entwicklung physikalischer und chemischer Verfahren zur Vergrämung von Schermäusen ..... 175
- Optimierung der Biofumigation zur nicht-chemischen Bekämpfung bodenbürtiger Schaderreger ..... 176
- Biotechnische Kontrolle von Kirschfruchtfliegen (*Rhagoletis cerasi* u. *R. cingulata*) unter Minimierung des Insektizideinsatzes ..... 179
- Einsatz von *Trichogramma*-Schlupfwespen gegen den Apfelwickler *Cydia pomonella* ..... 181
- Samen- und bodenbürtige Pathogene im generativen Zierpflanzenbau - Alternativstrategie zum konventionellen Einsatz von chemischen Beiz- und Pflanzenschutzmitteln in Form neuartiger Saatgutprodukte ..... 184
- Entwicklung eines Verfahrens zum biologischen Abbau des Inokulums strohbürtiger pilzlicher Pathogene im Getreide- und Rapsanbau auf Basis des pilzlichen Antagonisten *Microsphaeropsis ochracea* ..... 185
- Nanofasern als neuartige Träger für flüchtige Signalstoffe zur biotechnischen Regulierung von Schadinsekten im integrierten und ökologischen Landbau ..... 187

<b>Sektion 6: Weinbau.....</b>	<b>189</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifizierung und Charakterisierung von Mehltaresistenz bei Reben mittels subtraktiver EST-Arrays ..... 189</li> <li>• Erhöhung des Anteils positiver und Verminderung des Anteils negativer Inhaltsstoffe in Weinbeeren (<i>Vitis vinifera</i>)..... 189</li> <li>• Optisch-maschinelle Entfernung von qualitätsmindernden Partikeln aus Vollernter-Lesegut als Qualitätssicherungsmaßnahme für den Steillagenweinbau.....191</li> <li>• Weiterentwicklung des Steillagen-Vollernters für den Einsatz als Pflanzenschutzgerät und Geräteträger in Weinbausteillagen ..... 193</li> <li>• Entwicklung eines selbstfahrenden Transport- und Antriebsfahrzeuges zur Unterstützung von Arbeiten in Weinbausteillagen ..... 195</li> <li>• Entwicklung einer Stabilisierungseinrichtung für Anbaugeräte an Traktoren ..... 196</li> <li>• Ressourcenmanagement - Umsetzung moderner Strategien der Bewässerung zur Qualitätssicherung in weinbaulichen Großprojekten ..... 198</li> <li>• Integriertes Pflanzenmanagement durch drahtlose Sensornetze – Teilflächenspezifisches Bewässerungsmonitoring von Sonderkulturen (IPM) ..... 199</li> </ul>	
<b>Sektion 7: Bienen .....</b>	<b>200</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EvA - Entwicklung von Anti-Nosemose-Wirkstoffen über ein 2-Stufen-Testsystem ..... 200</li> <li>• Implementierung verbesserter Betriebsweisen in der Imkerpraxis zur allgemeinen Krankheitsprävention als nachhaltiger Schutz vor Bienenvölkerverlusten..... 201</li> <li>• Entwicklung von Kryotechniken zur Zucht von Honigbienen ..... 203</li> </ul>	
<b>Posterpräsentation.....</b>	<b>205</b>



## Exemplarische Projekte aus verschiedenen Bereichen der Innovationsförderung

„Sterile Aufbereitung von Lebensmitteln durch optisch kontrollierten Wasserstrahlschnitt (OptoWa)“

“Sterile preparation of foodstuffs using optically controlled water jet cutting technology”

### **Laufzeit**

01.10.2008 bis 31.10.2010

### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Werner Hofacker  
Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung - Institut für Angewandte Forschung

### **Verbundpartner**

Dr. Albert Esper  
Innotech Ingenieursgesellschaft mbH

### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Haltbarkeit von Agrarprodukten ist gegenwärtig eines der wichtigsten Themen der Nahrungsmittelindustrie und zentrale Fragestellung zahlreicher Forschungsarbeiten. Einige Arbeiten beschäftigen sich beispielsweise mit der Nutzung von komplexer Software zur Sicherung der Qualität der Nahrungskette (Martins et al., 2008), andere mit dem Einsatz von hydrostatischem Druck in der Nahrungsmittelindustrie mit dem Ziel, die Haltbarkeit der behandelten Produkte zu verlängern (Norton & Sun, 2007). Auch mit dem hier vorgestellten Projekt wird versucht die Qualität und Haltbarkeit von Agrarprodukten zu verbessern, jedoch soll diese Verbesserung durch die Weiterentwicklung eines Prozessschrittes der Nacherntetechnik, nämlich des Schneidens realisiert werden, indem die hygienischen Randbedingungen und damit die Produktqualität, in diesem Fall für das Schälen von tropischen Früchten, verbessert wird.

Für die Qualitäts- und Hygienesicherheit ist das Verarbeitungsverfahren eine wesentliche Einflussgröße und bestimmt die Güte des Produktes maßgeblich. Qualitätsverluste sind größtenteils eine direkte Konsequenz von inadäquater Verarbeitung (Arpaia M., 2004). In diesem Zusammenhang gibt es beim Schneiden von Agrarprodukten verschiedene Parameter, die einen starken Einfluss auf die Oberflächenqualität haben. Beispielsweise haben beim Einsatz eines Küchenmesser die Art der Schneide, deren Schärfe und der Schneidwinkel [Barry-Ryan und O’Beirne, 1998; Hodges und Toivonen, 2008; Baeza, 2007] einen starken Einfluss auf die Qualität der Schnittfläche und die Geschwindigkeit chemischer und biochemischer Reaktionen an der Produktoberfläche sowie auf die Lagerfähigkeit des Produktes [Adams und Brown, 2007; Toivonen und Brummell, 2008; Soliva-Fortuny und Martin-Belloso, 2003].

Der fortlaufende Einsatz eines Schneidewerkzeugs ohne adäquate Reinigung verringert die Produktqualität und vergrößert das Risiko einer Kontamination mit Mikroorganismen. Hier ist das Schneiden mit Hochdruckwasserstrahl eine hygienische Alternative für den Schneidprozess ohne Werkzeug im herkömmlichen Sinn.

Ebenso wie die klassischen Schneideverfahren ist das Wasserstrahlschneiden in der Norm DIN 8580 standardisiert und gehört zur 3. Hauptgruppe „Trennen“ und dort zur Gruppe „Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden“, „Strahlspanen“ DIN 8200. Neben den klassischen Schneideparameter wie Geschwindigkeit und Schneidwinkel müssen zusätzliche Parameter, die direkt mit der Energie des Schneidvorgangs zusammenhängen, berücksichtigt werden. Dies sind die Wassergeschwindigkeit und –menge am Ausgang der Düse.

Linke & Liebers (1992) untersuchten den Einfluss verschiedener Parameter für das Schneiden mit Wasserstrahl auf die Qualität von Zuckerrüben. Brüser & Harms (2005) und Ligocki (2005) erforschten den Einsatz der Wasserstrahlschneidetechnologie in Landmaschinen als alternative Methode für die Ernte von Agrarprodukten. Nichtsdestotrotz wurde die Wasserstrahltechnologie bisher noch nicht dafür eingesetzt die Qualität von Agrarprodukten wie Obst und Gemüse zu verbessern. Ein detaillierter Überblick von González-Aguilar et al. (2010) beschreibt den Einsatz neuer Technologien zum Schutz der Qualität von frischen Früchten und macht deutlich, dass die Entwicklung von wirtschaftlichen Technologien, die, wie in diesem Projekt angestrebt, dazu beitragen können die Qualität von Agrarprodukten in Schneideprozessen zu garantieren, notwendig ist.

In diesem Projekt wurde durch Kombination von Robotik, Wasserstrahlschneidetechnik und Bildverarbeitung ein Prototyp zum Schälen und Schneiden tropischer Früchte entwickelt [Carreño-Olejua & Hofacker, 2009; Carreño-Olejua et al., 2010]. Ziel der Arbeit ist die Suche der optimalen Schneideparameter für das Wasserstrahlschneiden zur Implementierung des computergesteuerten Schälprozesses für Agrarprodukte mit dem Zweck Prozessverluste zu minimieren, sowie die Qualität so zu verbessern, dass die von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) geforderten Hygienenormen stets eingehalten werden können.

Die bisher erhaltenen Ergebnisse bestätigen das Potential des Systems zur Verbesserung der Qualität von Nachernteprozessen und zur Verbesserung der Verarbeitung von Agrarprodukten wie Obst und Gemüse.

## Literatur

**Adams, J. B., & Brown, H. M. (2007).** Discoloration in raw and processed fruits and vegetables, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 47, 319-333.

**Arpaia M., Rooyen, Bower, Hofman, & Woolf. (2004).** Grower Practices Will Influence Post-harvest Fruit Quality, 2\_ Seminario Internacional de Paltos, Chile, Available from: [http://www.avocadosource.com/Journals/2\\_Seminario/2\\_Seminario\\_TOC.htm](http://www.avocadosource.com/Journals/2_Seminario/2_Seminario_TOC.htm) site Accessed: 2008-07-14

**Baeza, R. (2007).** Comparison of technologies to control the physiological, biochemical and nutritional changes of fresh cut fruit, Food Science Graduate Program, College of Agriculture, Kansas State University, Manhattan, Kansas, Ph.D. Dissertation.

**Barry-Ryan, C., & O'Beirne, D. (1998).** Quality and Shelf-life of Fresh Cut Carrot Slices as Affected by Slicing Method, *Journal of Food Science*, Vol. 63(5), 1-6.

**Brüser, C., & Harms, H.-H. (2005).** Alternative Cutting Technologies for Separating Organic Material - Alternative Schneidetechniken zum Trennen organischer Güter, *Landtechnik*, Vol. 60(5), 254-255.

**Carreño-Olejua, R., & Hofacker, W. (2009).** Use of water jet cutting technology in agriculture - Einsatz der Wasserstrahlschneidetechnik in der Landwirtschaft. *Forum HTWG*, ISSN 1619-9812, 60-68.

**Carreño-Olejua, R., Hofacker, W., & Hensel, O. (2009).** Use of Image Analysis in Process Control of High Pressure Water-Jet Peeling and Cutting of Fruits. ASABE International Meeting. Reno, Nevada (USA), June 21 - 24, 2009, paper # 096446.

**González-Aguilar, G. A., Ayala-Zavala, J. F., Olivas, G. I., de la Rosa, L. A., & Álvarez-Parilla, E. (2010).** Preserving quality of fresh-cut

products using safe technologies. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*. Vol.(5): 65-72.

**Hodges, D. M., & Toivonen, P. M. A. (2008).** Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 48, 155-162.

**Ligocki, A. (2005).** Cutting agricultural goods with high pressure water jet - Schneiden Landwirtschaftlicher Güter mit Hochdruckwasserstrahl, Ph.D. Dissertation, ILF, TU-BS, 2005, ISBN 3-8322-3941-3.

**Linke, L., & Liebers, H. (1992).** Quality demands for the cutting of fruits and vegetables, *Lebensmitteltechnik*, Vol. 6, 24-29.

**Martins, R. C., Lopes, V. V., Vicente, A. A., & Teixeira, J. A. (2008).** Computational Shelf-life Dating: Complex System Approaches to Food Quality and Safety. *Food and Bio-process Technology*, Vol. 1(3): 207-222.

**Norton, T., & Sun, D-W (2007).** Recent Advances in the Use of High Pressure as an Effective Processing Technique in the Food Industry. *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 1(1), 2-34.

**Soliva-Fortuny, R. C., & Martin-Belloso, O. (2003).** New Advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review, *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 14, 341-353.

**Toivonen, P. M. A., & Brummell, D. A. (2008).** Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh cut fruit and vegetables, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 48(1), 1-14.

„Nanobiotechnologische Detektion von *Phytophthora*-Arten mittels elektrisch auslesbarer DNA-Biochips“

“Nanobiotechnological detection of *Phytophthora* species by means of biochips with electrical signal read-out”

#### **Laufzeit**

01.07.2007 bis 31.07.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Antje Breitenstein  
BECIT GmbH

#### **Verbundpartner**

Dr. Thomas Henkel  
Institut für Photonische Technologien e. V.

Dr. Sabine Werres  
Julius Kühn-Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen - Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Gattung *Phytophthora* gehört mit weltweit mehr als 80 Arten zu den bedeutendsten Phytopathogenen, vor allem im Gehölzbereich. Viele der wirtschaftlich bedeutenden *Phytophthora*-Arten weisen ein sehr weites Wirtspflanzenspektrum auf (z. B. *P. cinnamomi*, *P. ramorum*, *P. kernoviae*, *P. plurivora*, *P. multivora*, *P. cambivora* und *P. cactorum*). Daneben gibt es aber auch einige hoch spezialisierte Arten, die nur wenige bzw. nur eine einzelne Pflanzenart als Wirt besiedeln (*P. alni*, *P. fragariae*, *P. lateralis*). Einige *Phytophthora*-Arten wurden inzwischen in der EU und/oder in anderen, nicht-europäischen Ländern unter Quarantäne gestellt, um ihre Ausbreitung und Verschleppung zu verhindern. Die jeweiligen Quarantäneregelungen schreiben u.a. strenge Pflanzenkontrollen vor. Um sicher und schnell nachzuweisen, dass eine verkaufsfertige Pflanze oder Pflanzenmaterial befallsfrei ist, werden hoch spezifische und empfindliche Diagnosemethoden gefordert. Diese Methoden stehen zur Verfügung, sind aber entweder sehr zeitaufwändig oder können nur

in spezialisierten Labors durchgeführt werden. Das Ziel des Projektes war daher eine Methode zu entwickeln, mit der die Erreger zuverlässig vor Ort im Pflanzenbestand innerhalb kürzester Zeit nachgewiesen werden können.

Das im Rahmen dieses Beitrages vorgestellte Lab-on-a-Chip System integriert die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) und eine DNA-Mikroarray-Technologie zu einem Komplettsystem für die schnelle und spezifische Nukleinsäure-Analytik (Abb. 1). Mit diesem System ist eine vor Ort-Diagnose von *Phytophthora*-Arten möglich. Der Chip besteht aus einer silikonbasierten, mikrofluidischen Komponente mit integrierten Mikrokanal- und Mikro-kammerstrukturen sowie aus einem planaren Glas-Chip mit speziellen Elektrodenstrukturen, für die elektrische Detektion der DNA. Die zur Analyse notwendigen Reagenzien werden

durch Kanäle in die beiden Reaktionskammern gepumpt (Abb. 2). Die beiden Chip-Komponenten (PCR-Chip und Microarray) werden in einer Baugruppe mit Heiz- und Temperatursensorelementen positioniert. Die Detektion der auf dem Mikroarray hybridisierten DNA erfolgt über enzymatische Silber-Abscheidung an den in Elektrodenspalten lokalisierten Spots. Dadurch wird neben einer grauwertbasierten, optischen Auslesung auch eine elektrische Detektion ermöglicht.

Im Rahmen des Projekts wird ein Labormuster des Chip-Systems für die Bestimmung wirtschaftlich wichtiger *Phytophthora*-Arten im Gehölbereich erarbeitet. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die neue Technik grundsätzlich für den Einsatz im Bereich Phytopathologie eignet.

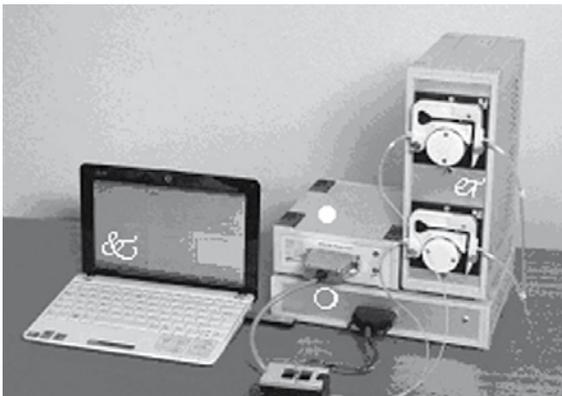


Abb. 1: Labormuster des kompletten Lab-on-a-Chip Systems

- ☞ Pumpen
- ⌘ Computer
- Elektrische Auslesung
- Temperaturregler
- Baugruppe für den Chip

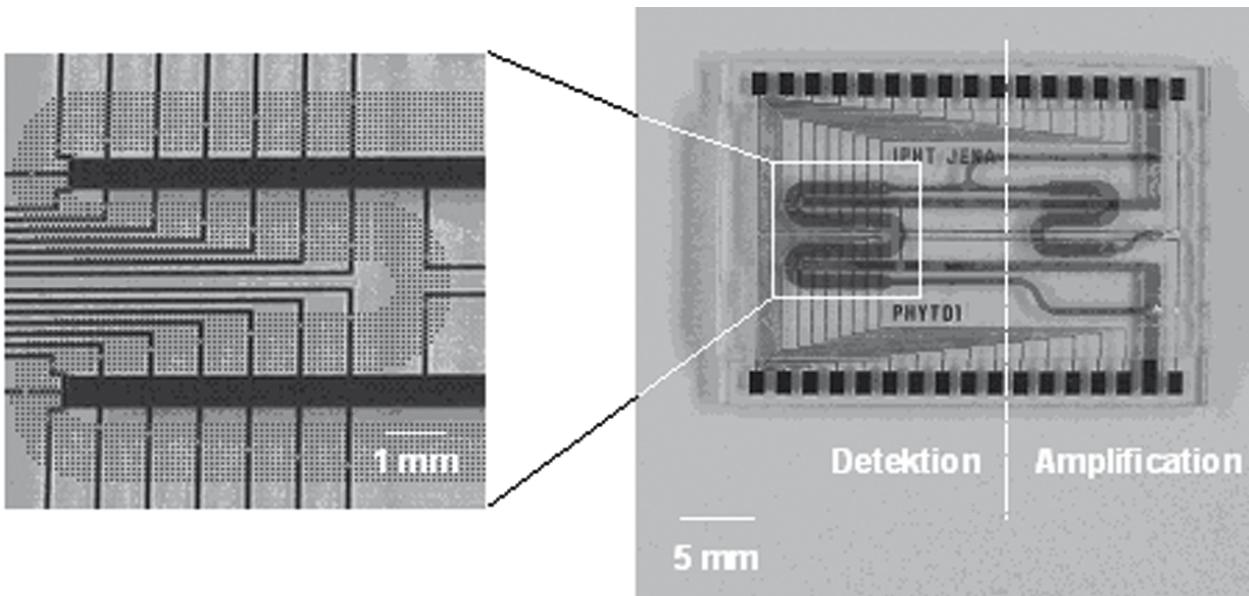


Abb. 2: Chip mit gefüllten Kanälen und Kammern

„Möglichkeiten der *In ovo*-Geschlechtsbestimmung beim Haushuhn (*Gallus gallus f. dom.*) als Alternative zur routinemäßigen Tötung männlicher Eintagsküken aus Legehennenlinien“

Possibilities of *in ovo* sex determination in domestic chickens (*Gallus gallus var. dom*) as an alternative to routine killings of male day-old chicks of laying breeds

**Laufzeit**

01.04.2008 bis 30.06.2011

**Projektkoordination, Institution**

Prof. Dr. Maria-Elisabeth Krautwald-Jung-hanns, Universität Leipzig - Klinik für Vögel und Reptilien

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Almuth Einspanier  
Universität Leipzig - Veterinärmedizinische Fakultät - Veterinär-Physiologisch-Chemisches Institut

Prof. Jürgen Popp  
Friedrich-Schiller-Universität Jena - Institut für Physikalische Chemie

Rolf Sydow  
ARXES Information Design Berlin GmbH - Geschäftsstelle Eberswalde

Prof. Edmund Koch  
Technische Universität Dresden - Abt. Klinisches Sensing und Monitoring, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus

Björn Fischer  
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren e.V.

Prof. Rudolf Preisinger  
Lohmann Tierzucht GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Bei keinem anderen landwirtschaftlichen Nutztier hat die Spezialisierung im Nutzungsziel ein vergleichbares Maß erreicht wie beim Huhn. „Zweinutzungshühner“ spielen nur noch eine untergeordnete Rolle, etwa in Hobbyhaltungen. Sie wurden von auf raschen

Fleischansatz selektierten Broilerherkünften bzw. Hybriden mit hohen Legeleistungen abgelöst. Aus dieser Entwicklung resultieren jedoch auch Probleme, da in der Legehennenproduktion neben den erwünschten Hennenküken etwa ebenso viele männliche Küken anfallen. Antagonismen zwischen Legeleistung und Muskelmasseansatz machen ihre Nutzung jedoch unprofitabel. Die Mast männlicher Legehybriden („Stubenküken“) wird daher gegenwärtig nur in geringem Umfang durchgeführt. Allein in Deutschland werden daher jährlich etwa 40.000.000 männliche Eintagsküken anhand geschlechtsspezifischer Merkmale aussortiert und gemerzt. Diese routinemäßige Tötung betrifft dabei sämtliche Bereiche der Legehennenhaltung einschließlich des Bio-Sektors, stößt jedoch zunehmend auf ethische und rechtliche Bedenken. Praxistaugliche Alternativen stehen bislang allerdings nicht zur Verfügung.

Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes werden gegenwärtig neue Verfahren für eine *In ovo*-Geschlechtsbestimmung getestet. Im Fokus stehen neben der Anwendbarkeit endokrinologischer Methoden insbesondere die Einsatzmöglichkeiten optischer Verfahren sowie schwingungsspektroskopischer Analysemethoden.

Es ist bekannt, dass sich bei bebrüteten Eiern eine Geschlechtsbestimmung anhand des Estradiol-Gehalts in der Allantoisflüssigkeit vornehmen lässt. Zur Praxisreife wurde dieser Ansatz allerdings bisher nicht entwickelt. Untersuchungen ergaben, dass sich die benötigte Flüssigkeit bereits ab dem 8. Bebrütungstag durch Punktion gewinnen lässt. Die Estradiol-Gehalte weiblicher Haushuhnembryonen liegen zu diesem Zeitpunkt deutlich oberhalb der Nachweisgrenze, während bei männlichen Embryonen noch kein Estradiol nachgewiesen werden kann. Der Estradiol-Gehalt der Allantoisflüssigkeit kann daher bei bebrüteten Eiern als geschlechtsspezifischer Indikator herangezogen werden. Ihre Entnahme beeinträchtigt allerdings die Schlupfrate, wobei offenbar das

Entnahmeevolumen eine große Rolle spielt. Das zur Analyse benötigte Flüssigkeitsvolumen muss also möglichst gering gehalten werden, um negative Effekte auf das Brutresultat zu vermindern bzw. gänzlich zu vermeiden.

Ein weiterer Forschungsansatz befasst sich mit der Geschlechtsdiagnose am unbebrüteten Ei. In einem befruchteten Hühnerei befindet sich bereits bei der Eiablage ein früher Embryo in Form der ca. 40.000 Zellen umfassenden Keimscheibe. Diese liegt auf der Oberfläche der mittels der Hagelschnüre beweglich aufgehängten Dotterkugel und richtet sich tendenziell zum höchsten Punkt des Eies aus. Ihre Zellen sind bereits geschlechtlich determiniert, weshalb sich daran eine Geschlechtsdiagnose vornehmen lässt, wenn die genaue Position der Keimscheibe im Ei bekannt ist. Genutzt werden hierzu die darstellenden und analytischen Möglichkeiten von Licht. Da die Kalkschale hierbei bislang eine unüberwindbare Barriere bildet, sind die folgenden, aufeinander abgestimmten Schritte für eine Geschlechtsbestimmung nötig, nämlich eine Perforation der Kalkschale, gefolgt von einer präzisen Lagebestimmung der Keimscheibe und anschließend der Geschlechtsdiagnose anhand spezifischer Schwingungsspektren.

Ein Zugang in der Kalkschale kann berührungsfrei durch den Einsatz geeigneter Laser geschaffen werden. Mittels dieser Laser lässt sich eine definierte Öffnung in der Kalkschale erzeugen. Dabei muss gerade nur so viel Material abgetragen werden, dass ein dünner Steg der Kalkschale erhalten bleibt. So kann eine Schädigung des frühen Embryos ausgeschlossen werden, da keine Strahlung in das Ei gelangt.

Eine präzise Lagebestimmung der Keimscheibe kann mittels Optischer Kohärenztomographie (OCT) erfolgen. Mit diesem Verfahren lassen sich Oberflächen und Strukturen in streuenden Medien darstellen. Die OCT benutzt Strahlung im nahen infraroten Bereich und arbeitet ohne direkten Kontakt zur Probe, wodurch sich eine

Kontamination des Untersuchungsobjektes vermeiden lässt. Erste Ergebnisse zeigen, dass sich die Keimscheibe mittels OCT nach dem Schlüssellochprinzip, d. h. über eine kleine zylindrische Öffnung in der Eischale problemlos darstellen lässt.

Die eigentliche Geschlechtsdiagnose soll mittels schwingungsspektroskopischer Verfahren vorgenommen werden. Dabei stehen gegenwärtig zwei Verfahren im Mittelpunkt: zum einen die UV-Resonanz-Raman (UVR)-Spektroskopie, zum anderen die Fourier-Transform-Infrarot (FTIR)-Spektroskopie. Bei einer Raman-spektroskopischen Messung wird Licht einer definierten Wellenlänge auf das Untersuchungsobjekt eingestrahlt und anschließend das Spektrum des gestreuten Lichtes aufgezeichnet. Da inelastisch gestreutes Licht eine vom einfallenden Licht abweichende Energie hat, treten Verschiebungen in der Frequenz des Lichtes auf, die sich für die Identifizierung einer Substanz nutzen lassen. Gesuchte Substanzen können anhand von Referenzbanden identifiziert werden. In Versuchen konnten bereits geschlechtsspezifische spektrale Unterschiede in Gewebeproben von Haushühnern mittels UVR-Spektroskopie nachgewiesen werden. Gegenwärtige Untersuchungen befassen sich damit, das Verfahren auch für eine Geschlechtsdiagnose an Keimscheiben anzupassen.

Die FTIR-Spektroskopie ist eine weitere Methode der optischen Schwingungsspektroskopie, die sich wie die Raman-Spektroskopie zur Strukturaufklärung von Molekülen einsetzen lässt. Auch die FTIR-Spektroskopie, insbesondere die FTIR-Imaging-Spektroskopie, bei der definierte Probenflächen chemisch kartiert werden, kann beim Huhn erfolgreich für eine Geschlechtsbestimmung anhand von DNA-haltigen Zellproben genutzt werden (Abb. 1). Für die Klassifizierung der Spektren werden spezielle mathematische Methoden eingesetzt. Trotz der komplexen chemischen Zusammensetzung von Zellen und der Variabilität zwischen den

Proben lässt sich das Geschlecht eindeutig anhand der FTIR-Spektren identifizieren. In Abb. 2 ist das Ergebnis einer FTIR-spektroskopischen Klassifizierung von 23 Hühnereiern dargestellt. Dabei wurde jeweils eine geringe Menge von Zellen der Keimscheibe gemessen. Für jede Probe wurde das Geschlecht anhand der FTIR-Spektren richtig zugeordnet.

durchgeführt, die neue Erkenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten der geschilderten Analysemethoden liefern sollen. Zusätzlich müssen auch noch die Effekte der Untersuchungsschritte auf die Tiergesundheit analysiert werden. Ziel ist es, mittelfristig eine praxistaugliche Methode zu entwickeln, die eine präzise Geschlechtsdiagnose ermöglicht, ohne Schlupfrate, Tiergesundheit und Leistungsvermögen der Legehennen zu beeinträchtigen.

Zurzeit werden weiterführende Studien

## Abbildungen

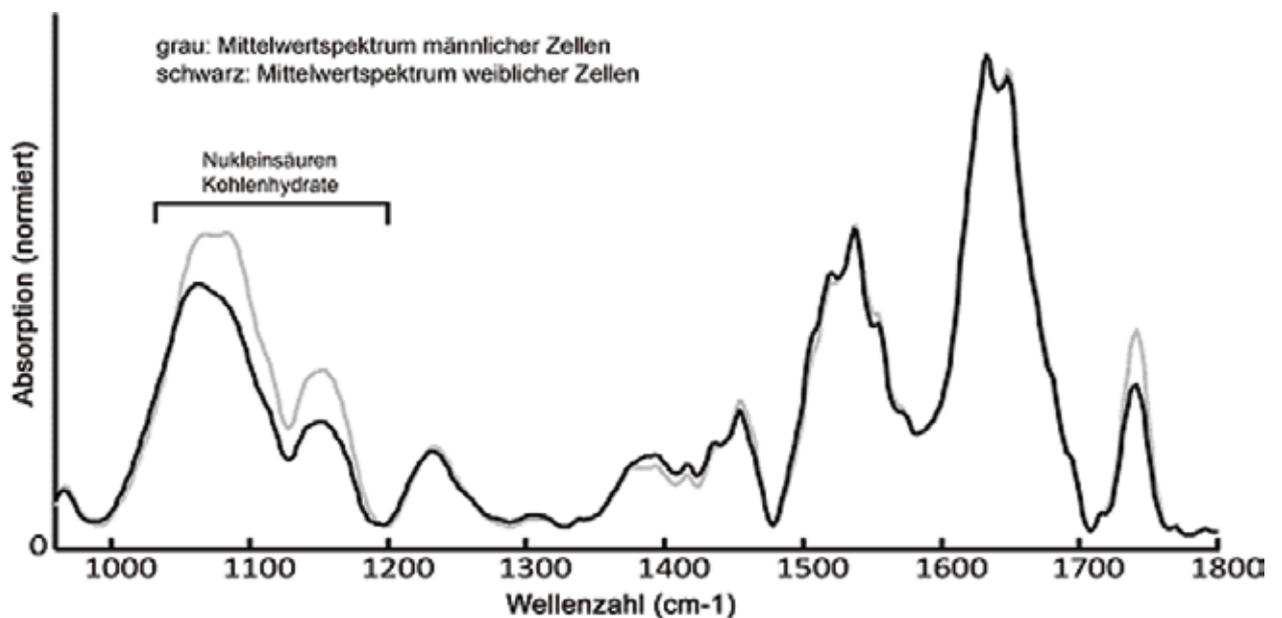


Abb. 1: FTIR-Spektroskopie. Mittelwertspektren von Blastodermzellen. Die Spektren wurden auf die Amid-I-Bande ( $1650\text{ cm}^{-1}$ ) normiert. Signifikante, zur Geschlechtsdiagnose nutzbare Unterschiede finden sich vor allem im Bereich der Nukleinsäuren (verschiedene Schwingungen der DNA und RNA).

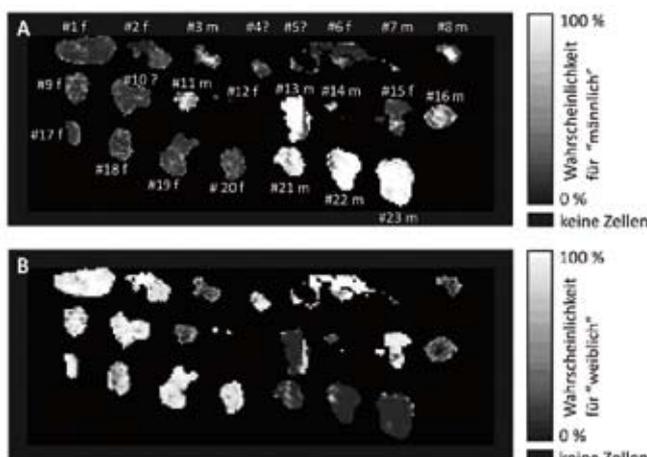


Abb. 2: FTIR spektroskopische Klassifizierung von Blastodermzellen. Von den 23 Proben wurden mehrere tausend FTIR-Spektren mittels Imagingspektroskopie gleichzeitig aufgenommen und klassifiziert. Die berechnete Wahrscheinlichkeit für ein Geschlecht ist als Grauwert dargestellt.

A) Wahrscheinlichkeit, dass es sich um männliche Zellen handelt. Die Angaben des Geschlechts beruhen auf DNA-PCR Referenzuntersuchungen.

B) Wahrscheinlichkeit, dass es sich um weibliche Zellen handelt.

„Qualitätssicherung in der Getreide-  
ernte – Verbundforschung Wissen-  
schaft-Industrie im Dienste der Verfah-  
rensinnovation“

„Quality Assurance in Grain Harvesting –  
Networking for Process Innovation“

#### **Laufzeit**

01.12.2007 – 28.02.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. i. R. Dr. Jürgen Hahn, Hilke Risius  
Humboldt-Universität zu Berlin - Landwirt-  
schaftlich-Gärtnerische Fakultät -  
Fachgebiet Biosystemtechnik

#### **Verbundpartner**

Dr. Hubert Korte  
CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen  
GmbH

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

##### *Das Projekt*

Moderne Mähdrescher erledigen eine Viel-  
zahl von Trennfunktionen, um hochwertiges  
Erntegut bereitzustellen; intelligente Mecha-  
tronik unterstützt dabei. Was sie bislang nicht  
können, das ist das Trennen „nach den inneren  
Werten“, nach Qualitätseigenschaften der  
Getreidepartien. Nachweislich zeigen Getrei-  
debestände, in Abhängigkeit von der Standort-  
heterogenität, eine ausgeprägte Variabilität  
des Rohproteingehaltes. Dieser wiederum  
bestimmt die Zuordnung zu Qualitätsgruppen  
von Weizen und Braugerste und ist somit maß-  
geblich für die erzielbaren Erlöse.

Akzeptiert man die durch Bodenart, Mikro-  
klima, Nährstoff-, Licht- und Wasserdargebot  
gegebene Standort- und Bestandesheterogeni-  
tät, dann kann man mit dem projektgemäßen  
Verfahren der qualitätsdifferenzierten Getrei-  
deernte die relevanten Güteparameter von  
Druschfrüchten während des Mähdruschs in  
Echtzeit erfassen und Aktoren zur Gutstrom-

trennung steuern. Für die Sensorik wird das  
bewährte Verfahren der Nah-Infrarot-Spek-  
troskopie (NIRS) genutzt. In Verbindung mit  
einem geteilten Korntank, den Zwillings-Be-  
füllschnecken und einem Probenahmesystem  
entsteht somit eine innovative Technologie zur  
Qualitätssicherung und Rückverfolgbarkeit der  
Gutströme von Nahrungs-, Futter und Energie-  
getreide<sup>1</sup> (Abb. 1 und 2).

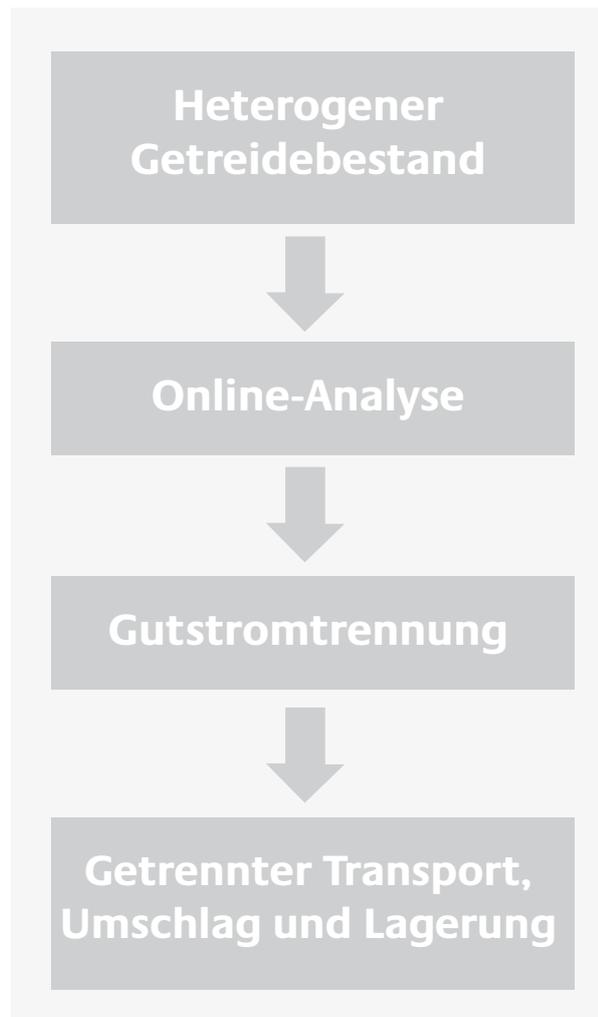


Abb. 1: Schema der qualitätsdifferenzierten Getreideernte



Abb. 2: Abtransport des Erntegutes (Foto: Hahn, 2008)

<sup>1</sup> Die technische Realisierung des Projektes wird im Beitrag H. Risius: „Qualitätsdifferenzierte Getreideernte – Trennung des Erntegutstroms nach definierten Qualitätsparametern während des Mähdruschs“ in diesem Tagungsband näher behandelt.

Die im Verbundprojekt gefundenen Resultate zeigen, dass das Verfahren der Nah-Infrarot-Spektroskopie nicht nur zur Online-Detektion von Inhaltsstoffen während des Mähdruschs genutzt werden kann, sondern geeignet ist, die Steuerung des Getreidegutstroms nach definierten Qualitätsgrenzwerten unter robusten Praxisbedingungen zu realisieren.

Berücksichtigt man, dass Nachhaltigkeit in den Wertschöpfungsketten für Lebensmittel erst dann umsetzbar ist, wenn messbare Kriterien und Indikatoren für die ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekte vorliegen, dann kann die vorgestellte Verfahrensinnovation sowohl dafür als auch für die Qualitätssicherung nach EU-Richtlinie 178/2002 einen wesentlichen Beitrag leisten. Qualitätsbedingt höhere Erlöse steigern zudem die Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Unternehmen.

#### *Der Verbund*

Der Industriepartner stellte die Versuchsmaschine bereit. Die daran ausgeführten konstruktiven Veränderungen betreffen u.a. die Aufnahme der Sensoren und die Gutzuführung zum automatisierten Probenahmesystem am Kornelevator, die hydraulisch geschaltete Weiche sowie umfangreiche Umbauten im Korn-tankbauraum (Teilung, Befüllung, Entleerung, Überwachung, ...). So beschrieben, erscheint der Industriebeitrag als bloße maschinenbauliche Forschungsdienstleistung.

In Wirklichkeit steht die durch Kooperationsvertrag fixierte Zusammenarbeit als ein Musterbeispiel für die beiderseits nützliche Symbiose<sup>2</sup> zwischen dem Hochschulinstitut und der Abteilung Vorentwicklung des Industrieunternehmens CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH. Der Vertrag enthält alle zutreffenden Regelungen mit einer ausgewogenen Verteilung von Rechten und Pflichten zur Benutzung und Verwertung von Wissen und Ergebnissen. Er enthält auch alle notwendigen Festlegungen zur Zusammenarbeit mit Dritten.

In der praktischen Umsetzung suchen die Projektpartner gemeinsam in einem sehr weiten Innovationsfeld nach Bestlösungen, deren vorzügliche nach Filterung und Fokussierung rasch in ein Vorentwicklungsprojekt überführt werden kann. Dann werden Patent- und Wettbewerbsanalysen erstellt und das mögliche Produkt wird auf Distanz zur Marktreife, Herstellbarkeit und Herstellungskosten überprüft. Für die notwendigen Grundlagenarbeiten verzahnen sich industrielle Forschung und Hochschulforschung noch weit vor dem Stadium der vorwettbewerblichen Forschung mit dem Ziel, möglichst schnell zu einer überführungsreifen Lösung zu kommen.

#### *Die weiteren Ziele*

Mit der inzwischen bewilligten BLE-Anschlussfinanzierung werden die Projektpartner in die Lage versetzt, die erfolgreiche Zusammenarbeit im Segment „Innovative Prozessanalytik für eine höhere Produkt- und Prozessqualität in der Getreideernte“ fortzusetzen.

Dabei werden die Weiterentwicklung von Sensortechnik, Signalverarbeitung, Prozesssteuerung und Prozessvalidierung sowie die Anpassung der Steueralgorithmen im Fokus stehen. Darüber hinausgehend wird angestrebt, den derzeitigen Erkenntnisstand zur Echtzeiterfassung von qualitätsrelevanten Parametern auf das Detektieren von Schadbelastungen von Nahrungs-, Futter- und Energiegetreide mit Fusarien und deren Toxinen zu erweitern.

Die Arbeiten zur qualitätsgeleiteten Erntegutlogistik als Voraussetzung für ein durchgängiges Qualitätssicherungssystem sowie zur ökonomischen Bewertung und zur Risikoabschätzung mit Prüfung der Auswirkungen auf Prozessstabilität und Rückverfolgbarkeit, einschließlich möglicher Auswirkungen auf der Verarbeitungsseite (Nahrung, Mälzerei; Energiegetreide) sind fortzuführen. Eine Empfehlung zur Markteinführung wird angestrebt.

<sup>2</sup> Vgl. gemeinsames Positionspapier von VDI-MEG und VDMA Landtechnik

"Innovative Agrartechnik - Verantwortung für Industrie und Hochschulen" vom Oktober 2006.

# Sektion 1: Pflanzenzüchtung

„Gesunde Gerste - eine biotechnologiegestützte Züchtungsstrategie zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen *Ramularia*-Blattflecken“

“Biotechnological based breeding strategy to strengthen the resistance of barley against *Ramularia*“

## Laufzeit

01.04.2008 bis 31.07.2011

## Projektkoordinator, Institution

Dr. Brigitte Ruge-Wehling  
Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen - Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen

## Verbundpartner

Prof. Dr. Andreas von Tiedemann  
Georg-August-Universität Göttingen,  
Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz

Dr. Markus Herz  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Dr. Carl Bulich  
Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

## Kooperationspartner

Deutsche Saatveredelung AG

Saatzuchtgesellschaft Strengs Erben GmbH & Co. KG

Nordsaat Saatzucht GmbH

Dr. J. Ackermann & Co

Saatzucht Joseph Breun GdbR

## Kurzfassung der Ergebnisse

*Ramularia collo-cygni* (RCC) ist innerhalb weniger Jahre in vielen Regionen zur dominierenden Krankheit bei Gerste geworden. In intensiven Getreideanbaugebieten werden die durch RCC hervorgerufenen Ertragseinbußen auf 15–25% geschätzt (Huss 2000). Wurde ein stärkerer Befall Ende der achtziger Jahre zuerst in Österreich und Bayern nachgewiesen (Huss et al. 1987), so konnte eine ähnliche Entwicklung Ende der neunziger Jahre auch in Schottland sowie Irland und auch in Norwegen beobachtet werden (Millar 1998; Burke et al. 2000; Salamati 2001).

Inzwischen ist der Pilz in ganz Deutschland sowohl in Wintergerste wie auch in Sommergerste nachgewiesen und hat sich auf einem hohen Niveau in der Gerste etabliert. Zur Resistenz von Sorten existieren noch keine systematischen Erhebungen. Daher ist das Gesamtziel des Vorhabens, in einer gemeinsamen Anstrengung von Kooperationspartnern aus Pflanzenzüchtung (KMU der GFP-Abteilung 'Getreide'), Züchtungsforschung (Julius Kühn-Institut – Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) – Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung IPZ 2b) und Phytopathologie (Georg-August-Universität Göttingen – Abt. Allgemeine Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz) die Resistenz deutschen Gerstenzuchtmaterials gegen diese wichtige und in ihrer Bedeutung künftig noch zunehmende Pilzkrankheit zu verbessern bzw. überhaupt erst herzustellen. Daraus ergeben sich folgende Ziele: (1) Die Entwicklung und Bereitstellung von Methoden zur Phänotypisierung von Gerstepflanzen; (2) Die Entwicklung von molekularen Markern zur Charakterisierung von spaltenden Populationen und Entwicklung von Selektionsmarkern (F3, DH-Linien); (3) Klärung

der genetischen Ursachen von RCC-Befall und nichtparasitärer Blattverbräunung für eine praxisrelevante Phänotypisierung von RCC im Feld.

Für die Identifizierung von Sorten und Linien mit Resistenz gegenüber RCC standen Sortimente von Sommergersten (n= 40) und Wintergersten (n= 36) sowie eine DH-Population (IPZ-Stamm x 'Barke'), für die es bereits Hinweise auf eine mögliche Toleranz gegenüber RCC gab, zur Verfügung. Das Sommergerstensortiment wurde in den Jahren 2008/2009 an den vier Versuchsorten der Züchter sowie an der LfL mit jeweils drei Wiederholungen angebaut. Aufgrund des hohen Befallsdrucks konnten in beiden Jahren die Versuchsorte Lenglern (SZ Breun) und Frankendorf (LfL) ausgewertet werden. Die Boniturergebnisse des Versuchsortes Frankendorf zeigten eine deutliche Differenzierung zwischen wenig und hoch anfälligen Sorten. Die IPZ-Linie und die norwegische Sorte 'Gaute' wiesen einen geringeren Befall (Boniturnote 3) im Vergleich zu den Sorten 'Victoriana', 'Lisanne', 'Barke', 'Hatifa' und der norwegischen Sorte 'Lanfeust' auf (Boniturnote 6-8). Die Sorte 'Marthe' war durch ein mittleres Befallsniveau gekennzeichnet. Die Ergebnisse der Feldversuche decken sich im Wesentlichen mit den bei künstlicher Inokulation von Gewächshauspflanzen erhaltenen. Der Anteil nekrotischer Blattfläche war in der IPZ-Linie deutlich geringer als in den Sorten 'Barke', 'Hatifa' und 'Lisanne' (Abb. 1). Der hohe Befall von 'Lisanne' (Abb. 1) zeichnet sich in diesem Jahr auch am Standort Lenglern im Feldversuch ab. Die Abbildung zeigt deutlich die Abhängigkeit der RCC-Symptome vom Entwicklungsstadium der Pflanze. Bis zum Stadium GS33/35 wurde kein makroskopisch sichtbarer Befall an den Wirtspflanzen beobachtet. Eine deutliche Symptomausprägung in den Blättern (F-1) ist 18 dpi im GS 49/51 zu erkennen (Abb.1). Die Entwicklung des Befalls auf dem Blatt liegt in guter Übereinstimmung mit der Quantifizierung des Pilzes in toleranten und anfälligen Sorten durch Real-Time-PCR. In diesen Experimenten

konnte gezeigt werden, dass in der wenig befallenen IPZ-Linie nur etwa 2 ng Pilz/100 mg Frischmasse (Blatt) im Vergleich zu etwa 10 ng Pilz in Blättern der Sorte 'Victoriana' nachweisbar sind.

Die DH-Population wurde 2008/2009 an den Standorten Lenglern und Frankendorf in zwei Wiederholungen angebaut und auf RCC-Befall bonitiert. Die 142 DH-Linien differenzierten mit mittleren Boniturnoten zwischen 3,5 und 8,0 (nicht gezeigt). Im Versuchsjahr 2008 wurden 20 *H.-bulbosum*-Introgressionslinien an vier Züchterstandorten in zwei Wiederholungen geprüft. Diese erwiesen sich als komplett anfällig gegenüber RCC. Um eine Aussage zur Reaktion der Wintergerste auf RCC treffen zu können, wurde 2009 ein repräsentatives Wintergerstensortiment in Lenglern (SZ Breun) und Thüle (DSV) mit zwei Wiederholungen ausgesät. Am Standort Lenglern konnte die Bonitur bereits am 01.07.2010 abgeschlossen werden. Die Boniturnoten variieren zwischen 4,0 und 8,0 (Boniturnote 9= hoch anfällig), welches auf einen hohen Befallsdruck und eine gute Differenzierung am Standort Lenglern schließen lässt.

Die Ergebnisse aus den Feld- und/oder Gewächshausversuchen dienten als Basis zum Aufbau von Kartierungspopulationen, die für RCC-Anfälligkeit aufspalten. Es wurden F1-Familien von wenig befallenden und anfälligen Eltern erstellt, aus denen 10 F2-Familien bzw. DH-Populationen hervorgegangen sind. F3-Familien aus der Kreuzung 'Marthe' x 'Victoriana', 'Westminster' oder 'Maltasia' werden im Jahr 2010 an drei verschiedenen Standorten auf Ramulariabefall geprüft. Eine einfachere und sichere Bonitur ermöglichen DH-Populationen, die an der LfL aus fünf verschiedenen F1-Familien erstellt wurden und 2011 in Lenglern und Frankendorf bonitiert werden. Die Phänotypisierungsdaten werden dann mit den Markerdaten in einer QTL-Analyse verrechnet. Für die Kartierung stehen bisher ca. 250 polymorphe Marker (SSR, STS, CAPS, TC, SNP) zur Verfügung.

Auf der Grundlage der Makro-Kolinearität des Gerstengenoms mit dem Modellgenom von Reis können zusätzlich zu den bereits im Gerstengenom kartierten Ankermarkern eine Reihe von neuen, EST-basierten TC-Markern für die Genotypisierung eingesetzt werden. Neben

der Spaltungsanalyse wird der Satz an polymorphen Markern dazu genutzt, mit RCC-Resistenz korrelierte Genomabschnitte im Rahmen einer Assoziationsstudie an der verwendeten Sommergerstenkollektion zu identifizieren.

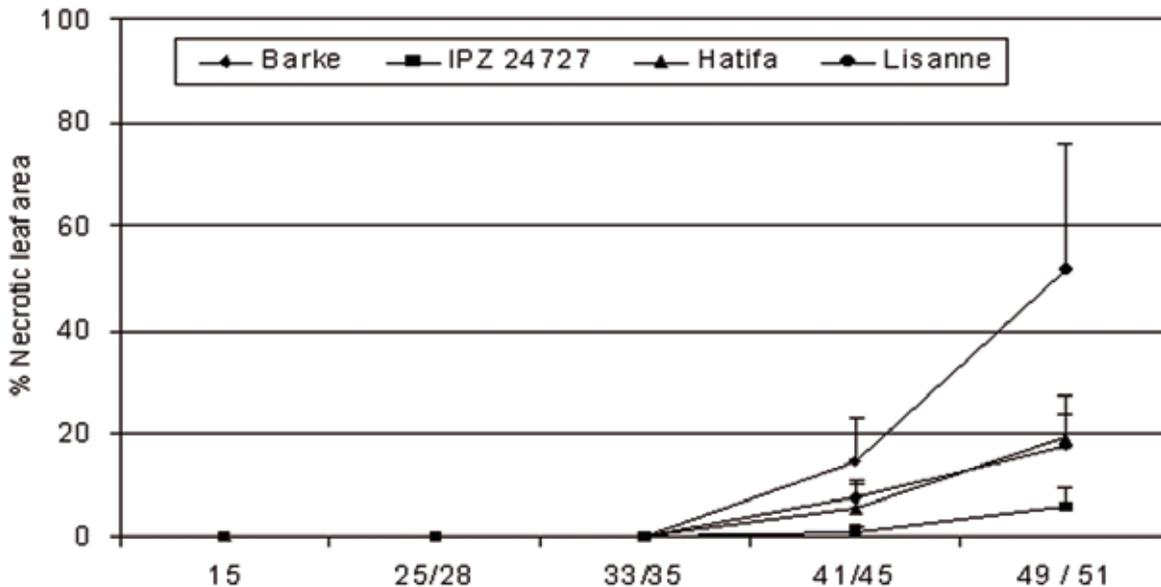


Abb. 1: Prozent nekrotisierter Blattfläche (Ordinate) der Sommergersten Barke, IPZ 24727, Hatifa und Lisanne 18dpi nach *Ramularia collo-cygni* Inokulation im Gewächshaus in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium (Abzisse) der Genotypen.

## Literatur

**Bistrich H, Breun J, Emmert G, Fleck A, Jaiser H, Kempe H, Lemmens M (2007)** Screening for leaf spot re-sistance – results and impact on practical breeding. Proceedings of the 1st European *Ramularia* Work-shop, March 2006, Göttingen, Germany, 83-85

**Burke JI, O'Reilly B, Thomas TM (2000)** Overcoming the spotting disorder and fungicide use in spring barley. Teagasc National Tillage Conference 2000 Program pp.7. <http://www.teagasc.ie/publications/ntc2000/paper01.htm>

**Huss H (2000)** Ist die Sprenkelkrankheit der Gerste bekämpfungswürdig? *Der Pflanzenarzt* 53:4-6

**Huss H, Mayrhofer H, Wetschnig W (1987)** *Ophiocladium hordei* CAV. (Fungi imperfecti), ein für Österreich neuer parasitischer Pilz der Gerste. *Der Pflanzenarzt* 40:167-169

**Salamati S (2001)** Spraglefleck på bygg. *Grønn Forskning* 17:1-9

„Umfassende *Rhynchosporium secalis* Resistenz bei Gerste – von der Kartierung über die Entwicklung diagnostischer Selektionsmarker zum Pre-Breeding Material“

„*Rhynchosporium secalis* resistance in barley - from mapping to marker development and pre-breeding material“

**Laufzeit**

01.10.2007 bis 30.09.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Günther Schweizer  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

**Verbundpartner**

Dr. C. Bulich  
Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Blattfleckenkrankheit, ausgelöst durch den Schaderregerpilz *Rhynchosporium secalis*, führt bei Gerste zu enormen Ertrags- und Qualitätseinbußen. Der Züchtungsfortschritt ist durch den Mangel an geeigneten Resistenzdonoren sowie diagnostischen Selektionsmarkern für „smart breeding“-Programme deutlich hinter den Möglichkeiten zurückgeblieben.

Ziel des Verbundprojektes war es, die Widerstandsfähigkeit der Gerste in einem umfassenden genetischen Ansatz mit Hilfe neuer und definierter Resistenzgene gegen *Rhynchosporium secalis* zu erhöhen, diagnostische Selektionsmarker für Major-Resistenzgene zu entwickeln und den Züchtungsfortschritt über eine sichere und effektive MAS (*marker assisted selection*) zu beschleunigen.

Für das Projekt wurden fünf verschiedene Resistenzdonoren internationaler Herkunft ausgewählt. Eine Übersicht gewährt Tabelle 1.

**Tabelle 1:** Übersicht über die im Projekt verwendeten DH-Populationen

	DH	Resistenzdonor	Herkunft	a-Elter	Umfang
a	761	CIho 3515	Spanien	Steffi	65
b	757	CIho 1225	Äthiopien	Steffi	85
c	32783	CNE 145	Spanien	Beatrix	523
d	824	Escaladura 15	Uruguay	Hendrix	167
e	186-188	Pewter	England	Hendrix	348

Die Resistenz des Donors CIho 1225 (b) erwies sich frühzeitig als quantitativ. Die DH-Population wurde daher in allseitigem Einvernehmen aus dem Projekt genommen, da sich eine quantitative Resistenz nicht mit den Projektzielen vereinbaren lies.

Escaladura 15 (d) und Pewter (e) konnten als Träger des *Rrs2*-Locus auf Chromosom 7Hs identifiziert werden. Dieser Locus wurde im Projektzeitraum in Kooperation mit dem IPK Gatersleben, AG Dr. M. Röder, bearbeitet und die erreichten Ergebnisse samt eng gekoppelter Marker in Hanemann et al. 2009 veröffentlicht.

In der DH 32783 (CNE145 x Beatrix, c) konnte der im Feld sehr gut wirksame *Rrs1*-Locus kartiert werden. Für eine Feinkartierung dieses Locus wurden gezielt ca. 150 SSR- und SNP-Marker auf Polymorphie untersucht. 42 dieser Marker konnten auf Chromosom 3H kartiert werden.

Zusätzlich wurde ein Teil der Population in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Dr. E. Igartua über den Barley OPA1 genotypisiert und SNP-Marker ermittelt, die ebenfalls in den engeren Bereich um den Resistenzlocus *Rrs1* kartieren. Der derzeitige Abstand zwischen dem Resistenzlocus und den flankierenden Markern liegt proximal bei 2,5 und distal bei 2,0 CentiMorgan. Die Anwendung der SNP-Marker ergibt trotz des noch bestehenden Abstandes einen beträchtlichen Selektionserfolg (Abb.1).

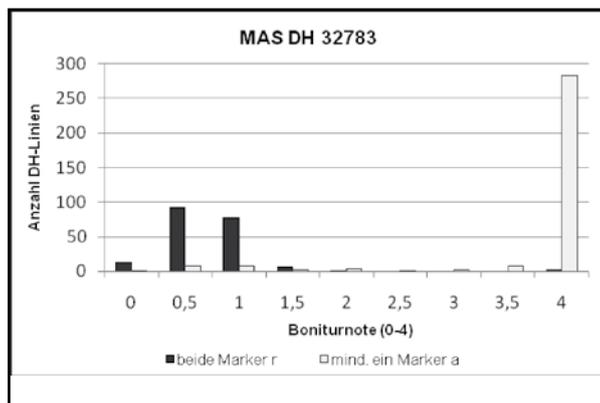


Abb. 1: Markergestützte Selektion in der DH 32783 – CNE145 x Beatrix. Dunkel dargestellt wurden die DH-Linien, die nach Selektion mit den flankierenden SNP-Markern resistent sein sollten. Hell dargestellt sind die DH-Linien, die wenigstens für einen der Marker das anfällige Allel tragen.

Bonitur: 0-1=res; 3- 4= anf.

Der fünfte Donor des Projektes, CIho 3515, erwies sich als Träger zweier Resistenzloci. Der eine konnte frühzeitig als *Rrs1* identifiziert werden. Um den zweiten Locus zu finden, wurde in der Population mittels des SSR-Markers HVM27 auf *Rrs1* selektiert, und mit den verbleibenden resistenten und einigen anfälligen Linien ein AFLP-Poolscreening durchgeführt. Ein kosegregierendes Fragment konnte auf den kurzen Arm von Chromosom 6H kartiert werden. Eine anschließende QTL-Analyse bestätigte die Loci

auf 3H (*Rrs1*) und 6HS, sodass es sich bei dem zweiten Locus um das bisher nur in Wildgerste (*Hv. spontaneum*) bekannte *Rrs13*-Gen handeln dürfte. Da die Population mit nur 65 Linien für eine Feinkartierung zu klein war, wurde der Donor erneut gekreuzt, und eine neue DH-Population erstellt. Die Ergebnisse zu der 245 DH-Linien umfassenden Population bestätigen die bisherigen Ergebnisse. Auch für den *Rrs13*-Locus ist eine markergestützte Selektion mit einigen wenigen Markern möglich.

„Kartierung und züchterische Nutzung neuer Resistenzquellen gegen die Netzfleckenkrankheit (*Pyrenophora teres f. teres*) der Gerste.“

„Mapping and exploitation of new sources of resistance to the net form of net blotch (*Pyrenophora teres f. teres*) in barley“

**FKZ**

28-1-43.031-07

**Laufzeit**

01.03.2008 bis 14.04.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Carl Bulich  
Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e. V.

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Frank Ordon  
Julius Kühn-Institut - Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz

**Kooperationspartner**

Saaten-Union Resistenzlabor GmbH  
W. von Borries-Eckendorf GmbH & Co. KG  
Deutsche Saatveredelung AG - Standort Salzkotten / Thüle

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Ziel des Projektes ist die Aufklärung der Genetik der Resistenz der Gerste gegenüber Netzflecken in verschiedenen Resistenzdonoren und basierend auf diesen Ergebnissen die Kartierung entsprechender Resistenzen im Gerstengenom und die Entwicklung molekularer Marker, welche eine effektive Selektion auf Netzfleckenresistenz ermöglichen.

Die Netzfleckenkrankheit wird durch den pilzlichen Erreger *Pyrenophora teres f. teres* (Died.) Drechsler (anamorph (*Drechslera teres f. teres* (Sacc.) Shoemaker) verursacht und ist eine der bedeutendsten Krankheiten der Gerste (*Hordeum vulgare*) weltweit. Der durch diese

Krankheit verursachte Ertragsverlust in anfälligen Sorten kann 40-45% betragen (Steffenson et al. 1991). Im Rahmen dieses Projektes werden drei doppelhaploide-Populationen (DH) mit unterschiedlichen Resistenzträgern analysiert, d.s. Uschi x HHOR3073 (133 DH-Linien), (Post x Viresa) x HHOR9484 (85 DH-Linien) und MBR1012 x Scarlett (93 DH-Linien). Die Resistenz wird in Feldprüfungen sowohl im Winter- als auch in Sommersversuchen an den Standorten Quedlinburg, Leopoldshöhe und Thüle erfasst. Der Winterversuch wurde in einfaktorieller randomisierter Blockanlage mit jeweils zwei Wiederholungen angelegt. Da Netzflecken nicht in jedem Jahr mit hinreichender Sicherheit auftreten, wie z.B. in der Vegetationsperiode 2008/09, wurde zusätzlich ein Sommersversuch Anfang August in sogenannten Hills mit 50cm Abstand angelegt, da zu dieser Zeit generell ein sicherer und höherer Befall mit Netzflecken zu beobachten ist. In den bisherigen Feldversuchen zeigten die drei Elternpaare eine ausreichende Differenzierung, um die Netzfleckenresistenzen in den vorhandenen DH-Populationen zu kartieren. Weiterhin zeigten die drei DH-Populationen hinsichtlich ihres mittleren Befalls eine kontinuierliche Verteilung, die jedoch keiner Normalverteilung entspricht (Kolmogorov-Smirnov-Test,  $p < 0,01$ ). Zwischen den Standorten Thüle und Quedlinburg zeigte sich eine hohe Korrelation (Pearson-Test,  $r > 0,8$ ), während am Standort Leopoldshöhe nur ein sehr schwacher Befall auftrat, so dass eine Differenzierung der DH-Linien nicht hinreichend möglich war. Zwischen den einzelnen Versuchsjahren 2008 und 2009 konnte ebenfalls eine gute Korrelation (Pearson-Test  $r > 0,7$ ) nachgewiesen werden. Basierend auf diesen Versuchsergebnissen wurden die folgenden Heritabilitäten berechnet: Uschi x HHOR3073  $h^2 = 0,86887$ , (Post x Viresa) x HHOR9484  $h^2 = 0,53924$  und MBR1012 x Scarlett  $h^2 = 0,49061$ . Die Genotypen wurden zusätzlich im Blattsegmenttest (BST) mit mehreren Einzelisolaten des Netzfleckenerragers charakterisiert. Hierzu wurden bis jetzt 13 Isolate erfolgreich zur Konidienbildung angeregt und

aus ihnen Monokonidiallinien entwickelt. Die Eltern Uschi und HHOR3073 konnten mit vier Einzelisolaten differenziert werden, (Post x Viresa) und HHOR9484 mit zwei Einzelisolaten und Scarlett und MBR1012 mit drei Einzelisolaten. Die unterschiedliche Anzahl der zwischen den Eltern differenzierenden Monokonidiallinien spiegelt die hohe Variabilität der verschiedenen Pathotypen von *Pyrenophora teres f. teres* und gleichermaßen die vermutlich unterschiedlichen genetischen Resistenzgrundlagen der verschiedenen Eltern wider.

Um diese Resistenzen im Gerstengenom zu kartieren und effektive molekulare Marker zu entwickeln, wurden bisher 102 Single Nucleotide Polymorphisms (SNP)- und 289 Simple Sequence Repeat (SSR)-Marker im Hinblick auf Polymorphismen zwischen den Eltern analysiert. Von diesen waren 110 Marker zwischen Uschi und HHOR3073 polymorph, 96 Marker zwischen Scarlett und MBR1012 und 105 Marker zwischen Post x Viresa und HHOR9484. Basierend auf diesen Daten wurden inzwischen erste Skelettkarten erstellt, welche momentan mit DArT-Markern (Diversity Array Technology) vervollständigt werden und in einem letzten Schritt die Lokalisierung entsprechender QTL im Gerstengenom ermöglichen und die markergestützte Übertragung dieser QTL in adaptiertes Zuchtmaterial.

Steffenson, B. J., Webster, R. K., & Jackson, L. F. (1991). Reduction in yield loss using in-complete resistance to *Pyrenophora teres f. teres* in Barley. *Plant Disease* 75, 96–100.

## „Analyse und Integration wirksamer Mehлтаuresistenzen in Triticale“

### „Analysis and integration of effective resistances to powdery mildew in triticale“

#### **Laufzeit**

01.05.2007 bis 31.12.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Kerstin Flath, Dr. Bettina Klocke  
Julius Kühn-Institut - Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

#### **Verbundpartner**

Dr. M. Herrmann  
Julius Kühn-Institut - Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen

Dr. C. Bulich  
Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

Dr. R. Schachsneider  
Nordsaat Saatzuchtgesellschaft mbH - Saatzucht Langenstein

Dr. A. Jacobi  
W. von Borries-Eckendorf GmbH & Co KG

Andrea Maune, F. Hasselfeld  
Kruse Saatzucht GmbH & Co KG / Syngenta Seeds GmbH

Rita Elstermann  
SW Seed Hadmersleben GmbH

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Nach ersten Epidemien im Jahr 2004 wird Triticale in den letzten Jahren zunehmend von Ephemem Mehltau befallen. Fungizidbehandlungen sind häufig die einzige Möglichkeit, um Ertragsausfälle zu verhindern. Dies führte jedoch bereits zum Auftreten Strobilurin-resistenter Triticalemehltauisolate. Aus diesem Grund sind sowohl eine gezielte Resistenzzüchtung als auch die Überwachung der Pathogenpopulation notwendig, um die Krankheit umweltfreundlich mit resistenten Sorten eindämmen zu können.

Ziel des Projektes war es, neues mehлтаuresistentes Ausgangsmaterial für die praktische Züchtung bereitzustellen und eine bundesweite Analyse der Virulenzstruktur, Diversität und Komplexität der Triticalemehltaupopulation durchzuführen. Des Weiteren sollte die Übertragbarkeit von Mehлтаuresistenz aus Weizen und Roggen in primäre Triticale untersucht und Resistenzgene ausgewählter Triticalelinien chromosomal lokalisiert werden.

Ein Screening von 826 auf Mehлтаuresistenz vorselektierten Triticalestämmen der am Projekt beteiligten Zuchtfirmen sowie des JKI mit sechs hochvirulenten Isolaten im Blattsegmenttest zeigte, dass noch 16 Stämme (2%) vollständig resistent reagierten. Diese wiesen neben ihrer Keimpflanzenresistenz auch eine wirksame Adultpflanzenresistenz in 4-jährigen Feldprüfungen mit künstlicher Inokulation an den JKI-Standorten in Berlin-Dahlem und Groß Lüsewitz auf. Diese potenziellen Resistenzquellen können zukünftig zur Erzeugung neuer, widerstandsfähiger Triticalesorten genutzt werden.

Zur Analyse der Virulenzsituation des Triticalemehltaus in den wichtigsten deutschen Anbauregionen wurden 694 Einpustelisolat (EPI) hergestellt. Blattsegmenttests mit einem Differentialsortiment aus 20 Triticalesorten konnten die untersuchten EPI insgesamt 272 unterschiedlichen Pathotypen zuordnen. Vollständig resistent gegenüber allen getesteten Isolaten erwies sich nur die Sorte Grenado. Die Komplexität (=Anzahl der Virulenzfaktoren) der Isolate schwankte zwischen 6 und 19 von 20 möglichen Virulenzen. 80% der im Jahr 2009 gesammelten Isolate wiesen mindestens 14 Virulenzen auf und müssen demzufolge als hoch virulent eingestuft werden. Regionale Unterschiede konnten nicht festgestellt werden. Als Maßzahl für die Verschiedenheit aller getesteten EPI wurde der Simpson-Index berechnet, der mit einem Wert von 0,97 eine hohe Diversität der deutschen Triticalemehltaupopulation dokumentiert.

Aus den gewonnenen Isolaten ließ sich ein Sortiment von 20 Isolaten mit unterschiedlicher Virulenz zusammenstellen, das zur Identifizierung rassenspezifischer Triticalemehltau-Resistenzgene und zur Überprüfung der Wirksamkeit von Resistenzdonoren genutzt werden kann.

Untersuchungen zur Übertragbarkeit der Mehлтаuresistenz aus Weizen und Roggen in primäre Triticale zeigten, dass die Wirkung dieser Resistenzgene in Triticale nicht vorhersagbar ist und dass die Resistenzausprägung stark vom Roggengenom beeinflusst wird.

Gemäß Projektplan wurde seitens des Institutes für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen die Genetik der Mehлтаuresistenz ausgewählter Triticalestämmen untersucht. Für sechs rassenspezifisch unterschiedlich resistente Triticalestämmen wurden geeignete spaltende Populationen erzeugt und zur genetischen Analyse genutzt. Anhand von validierten F2-Spaltungsdaten konnte in fünf Sorten bzw. Zuchtstämmen jeweils ein monogen-dominanter Vererbungsmodus der Mehлтаuresistenz festgestellt werden. In zwei Zuchtstämmen wurden die Resistenzgene mit Hilfe molekularer Marker den Chromosomen 1R bzw. 6R zugeordnet.

Die Untersuchungen zur Virulenzfrequenz und Komplexität der Mehлтаuisolate zeigen, dass sich die Mehлтаupopulation an die Mehrzahl der rassenspezifischen Resistenzen aktueller Sorten kontinuierlich anpasst und der Anteil hochkomplexer Mehлтаuisolate steigt. Lediglich die Sorte Grenado erwies sich als vollständig resistent gegenüber allen geprüften Isolaten. Im aktuellen Triticale-Zuchtmaterial sind noch einige wenige Resistenzquellen mit wirksamer Keim- und Adultpflanzenresistenz verfügbar, die im Rahmen des Forschungsprojektes näher charakterisiert und für die praktische Züchtung bereitgestellt wurden. Aufgrund der hohen Diversität der Triticalemehltaupopulationen sollten in der Züchtung

zukünftig möglichst Stämme mit pyramidisier-ten Resistenzgenen oder dauerhaften Adult-pflanzenresistenzen eingesetzt werden, um somit die Erträge sowie die Wirtschaftlichkeit des Triticaleanbaus langfristig zu sichern.

„Ährenfusarioisen bei Triticale – Einsatz neuer Methoden zur züchterischen Verbesserung der Resistenz“

“Fusarium Head blight in Triticale – Implementation of new methods for the genetic improvement of resistance”

**Laufzeit**

01.05.2007 bis 31.08.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. T. Miedaner, Dr. H.P. Maurer  
Universität Hohenheim,  
Landessaatzuchtanstalt

**Verbundpartner**

Dr. C. Bulich  
Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

Dr. E. Weissmann  
Saatzucht Dr. Hege GbRmbH

Dr. G. Wahle; Dr. C. Reinbrecht  
Pflanzenzucht SaKa GbR

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Ährenfusarioisen sind auch bei Triticale eine der wichtigsten Ährenkrankheiten. Der Befall führt zu Ertragseinbußen und Mykotoxinen im Erntegut, insbesondere von Deoxynivalenol (DON). Mykotoxine sind schädlich für Mensch und Tier. Seit dem 1. Juli 2006 gelten für die EU definierte Höchstgehalte für die Verwendung von Getreide als Lebensmittel. Für Futtermittel wurden Richtwerte herausgegeben. Die Züchtung resistenter Triticale-Sorten ist eine nachhaltige Strategie zur Lösung der Fusarium- und Mykotoxinproblematik. Die Resistenz gegen Ährenfusarioisen

wird auch bei Triticale quantitativ vererbt und ist deshalb nur durch mehrortige und mehrjährige Feldprüfungen sicher zu erfassen. Durch den Einsatz neuer innovativer Techniken und Zuchtmethoden wird es mittelständischen Pflanzenzüchtern gelingen, Zuchtfortschritt bei der Resistenzzüchtung schneller und effizienter zu erreichen.

Es wurden vier biparentale Kreuzungen mit einer Populationsgröße von 100-250 Linien an drei von vier Standorten (Stuttgart-Hohenheim, Grabau/Lüneburger Heide, Bohlingen/Bodensee, Ranzin/Ostvorpommern) mit jeweils drei Wiederholungen in Mikroparzellen mit *Fusarium culmorum*, einem wichtigen Erreger von Ährenfusarioisen künstlich infiziert. Als Merkmale wurden Ährenschieben, Wuchshöhe, Ährenbefall (0-100 %) und die Kornbonitur ermittelt.

Die künstliche Inokulation führte an allen Standorten zu einem mittleren Ährenbefall mit *Fusarium* zwischen 16 und 31%. Die Mittelwerte des Ährenbefalls der Versuchsstandorte unterschieden sich signifikant voneinander. Singen-Bohlingen und Hohenheim zeigten einen höheren mittleren Befall, als Ranzin. LASKO, der resistenterer Elter, zeigte an allen Versuchsstandorten übereinstimmend einen niedrigeren Ährenbefall als der anfällige Elter ALAMO. Der sehr auffällig anfällige Standard TRIMESTER differenzierte die Orte am besten. Die Inokulation führte bei den drei weiteren Populationen im Jahr 2009 zu mittleren Befallswerten zwischen 17 und 19%. Die Spannweite der Population LUPUS x SWTALENTRO war mit neun bis 27% Befall am größten. Die Nachkommen aller Kreuzungen ergaben eine quantitative Verteilung des mittleren Ährenbefalls über die Orte und Jahre, in der Kreuzung LASKO x ALAMO war erwartungsgemäß LASKO der beste Genotyp (Abb. 1). Es gab jedoch auch Nachkommen, die einen signifikant höheren Befall hatten als der anfällige Elter ALAMO. Solche Transgressionen sind ein deutlicher Hinweis auf das Vorliegen additiver Vererbung.

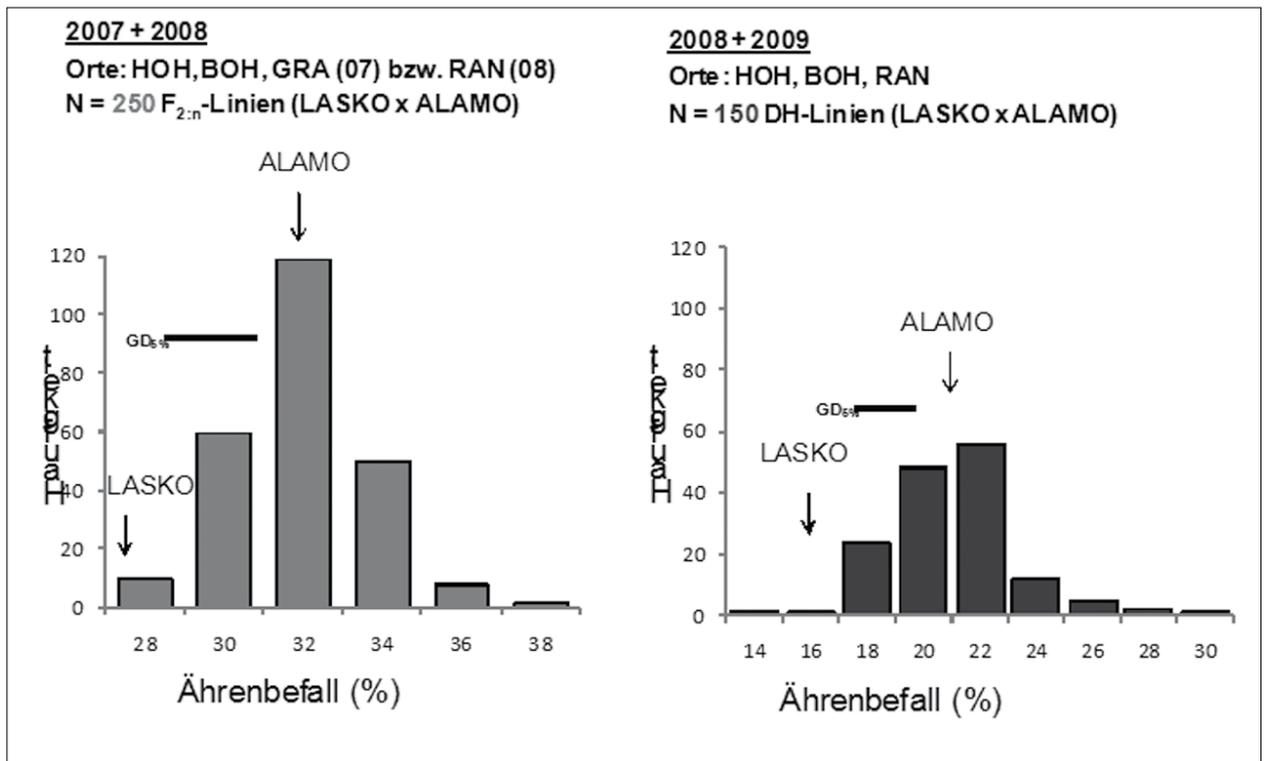


Abb. 1: Häufigkeitsverteilungen der F<sub>2:n</sub>- bzw. DH-Linien über drei Orte (HOH, BOH, GRA/RAN) und zwei Jahre; Pfeile bezeichnen die Leistung der Eltern; GD5% gibt die Grenz-differenz an

Zwischen dem mittleren Ährenbefall und der Wuchshöhe ( $P \leq 0,01$ ) gab es eine geringe und zwischen dem Ährenbefall und der Bonitur des Ährenschiebens keine signifikanten Korrelationen ( $P > 0,1$ ). In der Varianzanalyse ergaben sich für alle Linien signifikante genotypische Unterschiede innerhalb der Population für alle drei Merkmale. Die Varianzkomponentenschätzwerte zeigten für alle spaltenden Populationen für den Ährenbefall signifikante ( $P < 0,01$ ) genotypische Varianzen, aber auch bedeutende Genotyp x Umwelt-Interaktionsvarianzen. Es ergaben sich mittlere bis hohe Heritabilitäten ( $h^2 = 0,70-0,92$ ).

Der DON-Gehalt der 10% besten und schlechtesten Genotypen der 250 F<sub>2:n</sub>-Linien bzw. 150 DH-Linien von LASKO x ALAMO wurde mit einem kommerziellen Immunotest bestimmt. Sowohl im mittleren Ährenbefall, als auch im mittleren DON-Gehalt lag LASKO auf niedrigerem Niveau als ALAMO, dasselbe gilt für die Kornbonitur. Bei der Beziehung zwischen der Kornbonitur und dem DON-Gehalt bzw.

zwischen dem mittleren Ährenbefall ergaben sich mittlere bis geringe Korrelationen.

Zusätzlich zu den Feldversuchen erfolgte die Erstellung einer genetischen Karte der Kreuzung LASKO x ALAMO mit Hilfe von SSR- und DaRT-Markern. Für die Markeranalysen wurden die Eltern der jeweiligen Populationen mit insgesamt 1201 SSR-Markern von Weizen und Roggen auf Polymorphismus gescreent. Da die vollständige Abdeckung der Chromosomen durch SSR-Marker allein nicht ausreichend war, wurden DaRT-Marker hinzugezogen. Dadurch konnte sowohl die Zahl der Marker als auch der Polymorphiegrad von 12% auf 18% erhöht werden. Für die Population LASKO x ALAMO waren insgesamt 1.328 polymorph, davon konnten aufgrund der ausgeprägten Clusterbildung 350 Marker kartiert werden. Für die Population LASKO x TRIMESTER wurden 631 polymorphe Marker gefunden und 310 davon in die Karte integriert. Die jeweiligen Karten haben eine Länge von 1.815 cM bzw. 1.407 cM mit einem

durchschnittlichen Markerabstand von 5,19 cM bzw. 4,54 cM, was von dichten Karten zeugt.

In der anschließenden QTL-Kartierung wurden für die Kreuzungspopulation LASKO x ALAMO insgesamt sechs QTL für Ährenschieben, vier QTL für Wuchshöhe, ein QTL für DON-Gehalt und vier QTL für Ährenbefall gefunden. Von letzteren stammten zwei aus dem Roggengenom. In der Kreuzungspopulation LASKO x TRIMESTER wurden für das Merkmal Ährenschieben zwei QTL, für Wuchshöhe ein QTL und für den Ährenbefall zwei QTL detektiert. Einzelne QTL erklärten bis zu 20 % der phänotypischen Varianz für die Resistenz gegen Ährenfusariosen, alle QTL zusammen erklärten in beiden Population jeweils rund 40 % der phänotypischen Varianz.

Damit sind die wesentlichen Grundlagen für eine effiziente Züchtung von Triticale auf Resistenz gegen Ährenfusariosen gelegt. Die genetische Variation in Kreuzungen ist breit genug, um überlegene Genotypen zu selektieren und durch Rekurrente Selektion zu verbessern. Ergänzend dazu können QTL mit größeren Effekten in die Populationen eingekreuzt werden.

„Kartierung und züchterische Nutzung neuer Resistenzquellen gegen die Weizenblattdürre (*Pyrenophora tritici-repentis*)“

“Mapping and exploitation of new sources of resistance to tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) in wheat”

**Laufzeit**

01.12.2006 bis 31.03.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. F. Ordon, Uta Engelmann  
Julius Kühn-Institut - Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz

**Verbundpartner**

Dr. C. Bulich  
Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung

**Kooperationspartner**

Deutsche Saatveredelung  
Saatzucht Strube (Söllingen)  
Limagrain (Peine/Rosenthal)  
Syngenta Seeds (Feldkirchen)  
Saaten-Union Biotec GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Weizenblattdürre, welche von dem pilzlichen Krankheitserreger *Pyrenophora tritici-repentis* hervorgerufen wird, ist eine der bedeutendsten Blattkrankheiten des Weizens. Sie tritt weltweit auf und nimmt an Bedeutung aufgrund der sich wandelnden klimatischen Bedingungen und Veränderungen im ackerbaulichen Produktionsprozess stetig zu. Ertragsverluste bis zu 50% konnten festgestellt werden. Außerdem sind Resistenzbildungen gegenüber verschiedenen fungiziden Wirkstoffklassen nachgewiesen worden. Daher ist es unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten anzustreben, die Genetik der Resistenz gegenüber *Pyrenophora tritici-repentis* aufzuklären und molekulare Marker zu

entwickeln, die eine effektive Nutzung dieser Resistenzen im Züchtungsprozess erlauben. Im Rahmen des Projektes wurden 4 DH-Populationen (zwischen 80 bis 121 DH-Linien) mit drei verschiedenen Resistenzträgern („Jenga“, „Solitär“ und „K56822“) genotypisch und phänotypisch analysiert. Es wurden Gewächshausversuche mit 2 unterschiedlichen Pilzisolaten durchgeführt. Die Infektion erfolgte im Dreiblatt-Stadium und während der Bestockung (dritter Bestockungstrieb) mittels Sprühinokulation einer Konidiensuspension (konz. 3000 Konidien/ml) bei 100%iger Luftfeuchtigkeit. Die prozentual befallene Blattfläche wurde 14 Tage nach Inokulation bonitert. Zusätzlich wurden 2-jährige Feldversuche an vier Standorten in zweifacher Wiederholung angelegt. Um den Befallsdruck mit *Pyrenophora tritici-repentis* zu erhöhen, wurde künstlich mittels infizierter Körnerbrut und Strohresten, welche im Winter ausgebracht wurden, inokuliert. Das Schadbild in prozentual befallener Blattfläche wurde zwischen April bis Juli mehrfach bonitert und die AUDPC berechnet. Zur Erfassung der genotypischen Daten wurden verschiedene molekulare Markersysteme (SSRs, AFLPs und DArTs) genutzt. Die Erstellung der genetischen Karten erfolgte mit JoinMap4. Für die DH-Population ´Ritmo´ x ´K56822´ konnte basierend auf diesen Markern eine 1524cM umfassende genetische Karte und für die Population ´Solitär´ x ´Türkis´ eine Karte mit 1613 cM erstellt werden. Unter Nutzung dieser Karten und entsprechender phänotypischer Daten wurde eine QTL-Analyse unter Verwendung von MapQTL5 durchgeführt. In beiden Populationen konnten für die verschiedenen phänotypischen Datensätze 4 QTL auf den Chromosomen 1A, 4B, 4B, 5B (´Solitär´ x ´Türkis´) und den Chromosomen 3B, 6A und 7A (´Ritmo´ x ´K56822´) identifiziert werden. Diese erklären zwischen 13% und 21% der phänotypischen Varianz des Befalls mit *Pyrenophora tritici-repentis*.

„Züchterische Verbesserung der Resistenz von frühreifem Mais gegen Kolbenfusariosen durch QTL-Kartierung in Mehrlinienkreuzungen“

„Genetic improvement of resistance to ear fusariosis in early maturing maize by QTL mapping in multi-line crosses “

#### **Laufzeit**

15.02.2008 bis 30.04.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Albrecht E. Melchinger  
Universität Hohenheim - Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik

Prof. Dr. Thomas Miedaner  
Universität Hohenheim  
- Landessaatzuchtanstalt

#### **Verbundpartner**

Frau Dr. Milena Ouzunova  
PLANTA Angewandte Pflanzengenetik und Biotechnologie GmbH

#### **Kooperationspartner**

KWS SAAT AG

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Kolbenfusariosen bei Mais bereiten in der Landwirtschaft und verarbeitenden Industrie große Probleme, da die Kontamination des Erntegutes mit Mykotoxinen eine massive Gesundheitsgefährdung für Mensch und Tier darstellt. Unter den Anbaubedingungen in Deutschland findet man vor allem die Toxine Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA) in hohen Konzentrationen. Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, genomische Bereiche (QTL = quantitative trait loci) in einheimischem Maiszuchtmaterial zu identifizieren, die für eine erhöhte Resistenz gegenüber Kolbenfusariosen und eine verringerte Mykotoxinkontamination verantwortlich sind.

Für die QTL-Kartierung wurden fünf Populationen bestehend aus doppelt-haploiden (DH)

Maislinien verwendet. Zur Erstellung der Populationen wurden sogenannte „Ringkreuzungen“ mit zwei resistenten (UH006 = R1, UH007 = R2) und zwei anfälligen (D152 = S1, F055 = S2) Maisinzuchtlinien aus dem Zuchtprogramm der Universität Hohenheim durchgeführt: R1×R2, R1×S1, R1×S2, R2×S1 und R2×S2. Die Resistenzprüfungen fanden an den Versuchsstandorten Stuttgart-Hohenheim und Eckartsweier bei Offenburg in den Jahren 2008 und 2009 statt. Es wurden insgesamt 704 DH-Linien auf ihre Resistenz gegen Kolbenfusarium und gegen die Anreicherung von Mykotoxinen in den Maiskörnern geprüft. Hierzu wurden künstliche Infektionen mit Sporen des Pilzes *Fusarium graminearum* zur Kolbenblüte durchgeführt. Zum Zeitpunkt der physiologischen Reife wurde der oberflächlich sichtbare Befall der Maiskolben prozentual geschätzt. Zusätzlich wurden die geernteten Maiskörner Mykotoxinanalysen auf DON und ZEA unterzogen. Die Genotypisierung der DH-Linien mit 363 SSR-Markern ergab je nach Population zwischen 95 und 138 polymorphe Markerpunkte. Aus diesen wurden zunächst fünf separate genetische Kopplungskarten erstellt, die anschließend zu einer gemeinsamen integrierten Kopplungskarte verbunden wurden. Die QTL-Analysen in den einzelnen Populationen, sowie über mehrere Populationen hinweg, erfolgten mit dem Programm PlabMQTL.

Der mittlere Befall durch Kolbenfusarium lag über beide Versuchsjahre hinweg zwischen 41% und 73% in Abhängigkeit von der Population. Die besten Resistenzen wiesen dabei erwartungsgemäß vor allem Genotypen aus der Population R1×R2 auf. In allen Populationen konnte eine signifikante genetische Variation sowohl bezüglich der Resistenz gegen Kolbenfusarium als auch gegen die Anreicherung der Mykotoxine DON und ZEA festgestellt werden. Daneben waren signifikante Genotyp-Umwelt-Interaktionsvarianzen zu beobachten. Die operativen Heritabilitäten für die Resistenz gegen Kolbenfusarium lagen je nach Population zwischen 0,72 und 0,88. Ähnliche Heritabilitäten

wurden sowohl für das Toxin DON als auch für das Toxin ZEA ermittelt. Aufgrund dieser recht hohen Werte sind aus züchterischer Sicht damit die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Selektion resistenter Genotypen gegeben, sofern künstliche Inokulationen durchgeführt werden. Darüber hinaus konnte eine enge genetisch bedingte Korrelation zwischen dem visuell sichtbaren Befall mit Kolbenfusarium und dem Gehalt an Mykotoxinen in den Körnern festgestellt werden.

Die QTL-Kartierung für die Resistenz gegen Kolbenfusarium ergab insgesamt 12 QTL, die einzeln zwischen 6% und 23% der phänotypischen Varianz in den einzelnen Populationen erklären konnten. In den Populationen R1×R2 und R1×S2 sowie R1×R2 und R2×S1 wurden jeweils ähnliche große Resistenz-QTL an homologen Stellen auf dem kurzen Arm bzw. am Ende des langen Armes des zweiten Maischromosoms gefunden. Neben diesen QTL auf Chromosom 2 lieferten verbundene Analysen mehrerer Populationen noch zusätzliche Abschnitte auf den Chromosomen 6, 9 und 10, die Effekte auf die Resistenzausprägung aufwiesen. Die QTL-Kartierung für die Resistenz gegen Mykotoxinkontamination zeigte, dass vor allem die Gehalte an DON und zum Teil auch die Gehalte an ZEA durch ähnlich lokalisierte QTL wie die Resistenz gegen sichtbaren Befall mit Kolbenfusarium gesteuert werden. In der Population R1×R2 wurde für die Resistenz gegen Kolbenfusarium, DON- und ZEA-Anreicherung ein gemeinsames QTL auf Chromosom 1 gefunden, welches 20%, 13% bzw. 22% der phänotypischen Varianz des jeweiligen Merkmals erklärte.

Die bisherigen Versuche und Analysen deuten darauf hin, dass züchterisch nutzbare genetische Variation für die Resistenz gegen den Befall mit Kolbenfusarium in frühreifem Maismaterial vorhanden ist. Genotyp-Ort-Interaktionen zeigten jedoch die Notwendigkeit, Resistenzversuche über mehrere Orte und Jahre durchzuführen. Außerdem sind Resistenzversuche im herkömmlichen Zuchtbetrieb nur

mit relativ großem Aufwand durchzuführen, da eine effektive phänotypische Selektion nur nach vorherigen künstlichen Inokulationen durchführbar ist. Ferner können bei einer systematischen Analyse infizierter Maiskörner auf Mykotoxine zusätzlich erhebliche Kosten anfallen. Daher ist die markergestützte Selektion auf Resistenz-QTL gegen Kolbenfusarium und Mykotoxinanreicherung als sinnvolle Ergänzung der traditionellen phänotypischen Selektion. In der vorliegenden Studie wurden in unterschiedlichen Populationen gemeinsame QTL gefunden, die ähnlich großen Einfluss auf die Resistenzausprägung besitzen. Daneben stellte sich heraus, dass die meisten QTL für Resistenz gegen Mykotoxinanreicherung auch die Resistenz gegen Kolbenfusarium beeinflussen. Für eine effektive Nutzung der gefundenen Resistenz-QTL ist allerdings eine gute Markera- bdeckung der Chromosomen notwendig, die in den verwendeten Populationen nicht immer gegeben war.

„Pyramidisierung von QTL im Hinblick auf eine Verbesserung der *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) Toleranz der Gerste und genetische Analyse der Toleranz gegenüber *Wheat dwarf virus* (WDV)“

“Pyramiding of QTL for tolerance against *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) in barley and genetic analysis of tolerance to *Wheat dwarf virus* (WDV)”

#### **Laufzeit**

01.12.2006 bis 28.02.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Carl Bulich

Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung

#### **Verbundpartner**

Prof. Dr. Frank Ordon

Julius Kühn-Institut - Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz

#### **Kooperationspartner**

Nordsaat Saatzüchtgesellschaft mbH

Dr. J. Ackermann & Co. – Saatzücht Irlbach

KWS Lochow GmbH

Saaten-Union Biotec GmbH

#### **Kurzportrait**

Das blattlausübertragene *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) und das zikadenübertragene *Wheat dwarf virus* (WDV) gehören durch ihr periodisch-epidemisches Auftreten und die verursachten Ertragsverluste (bis zu 40%) zu den wirtschaftlich wichtigsten Pathogenen im Gerstenanbau, deren Bedeutung infolge der globalen Erwärmung zukünftig weiter steigen wird. Die phänotypische Selektion auf Toleranz gegen diese Viren ist aufgrund der ausschließlichen Übertragung durch die Vektoren im praktischen Zuchtgang nahezu unmöglich, so dass molekulare Marker effektive Hilfsmittel für die Selektion darstellen. Ziel der Arbeit war es, durch die markergestützte Kombination (Pyramidisierung) der bekannten Toleranzallele *Ryd2*[1], *Ryd3*[2] und dem QTL auf Chromosom

2HL aus der Sorte `Post` [3] Erkenntnisse über die additive Wirkung dieser Loci zu gewinnen und Genotypen mit verbesserter Toleranz gegenüber BYDV als Basis für die züchterische Bearbeitung zu selektieren. Des Weiteren galt es, die Genetik der WDV-Toleranz der Sorte `Post` aufzuklären und basierend auf phänotypischen Daten und der bereits für die Population `Post` x `Vixen` vorhandenen genetischen Karte [3] eine QTL Analyse durchzuführen. Um die genetische Basis der BYDV- und WDV-Toleranz zu verbreitern, wurden außerdem *H. bulbosum* Introgressionslinien sowie *H. spontaneum* Linien hinsichtlich ihres Toleranzniveaus untersucht.

Für die Pyramidisierung der Toleranzallele gegen BYDV wurden von der KWS Lochow GmbH bzw. der Saaten-Union Biotec GmbH 474 DH-Linien der Wintergerstenkreuzung `RIL K4-56` (*Ryd3*) x `DH136` (*Ryd2*, QTL auf 2H) und 295 DH-Linien der Sommergerstenkreuzung `RIL K4-56` (*Ryd3*) x `Coracle` (*Ryd2*) hergestellt. Diese wurden mit den für die entsprechenden Loci bekannten Markern [4,3,2] genotypisiert. Um den Bereich des QTL auf Chromosom 2H weiter einzugrenzen wurde eine Markerab-sättigung mit SSR- und SNP-Markern durchgeführt, wodurch der Markerabstand von 15,3 auf 8,6 cM verkleinert werden konnte. Eine erneute QTL-Analyse bestätigte den bisher verwendeten SSR HVCSG als geeigneten Marker für den Nachweis des QTLs.

Die Genotypisierung der Pyramidierungs-Populationen ergab für die Sommergersten die erwartete gleichmäßige Aufspaltung auf die 4 möglichen Allelkombinationen, wohingegen sich bei den Wintergersten (8 Allelkombinationen) eine deutliche Abweichung zeigte. Von jeder Population wurden 200 DH-Linien für die Phänotypisierung ausgewählt. Es wurden pro DH-Linie zehn Pflanzen in zwei Wiederholungen für vier Standorte (insgesamt 16000 Pflanzen je DH-Population) im Gewächshaus mit BYDV-tragenden Blattläusen (*Rhopalosiphum padi*) infiziert und anschließend mit den

nicht infizierten Kontrollen in Quedlinburg (JKI), Bernburg (KWS Lochow GmbH), Gudow (Nordsaat) und Irlbach (Saatzucht Ackermann) ausgepflanzt. In zwei Versuchsjahren wurden die Linien hinsichtlich ihres Toleranzverhaltens (Wuchs- und Ertragsparameter, Viruskonzentration) charakterisiert. Die Kombination von *Ryd2* und *Ryd3* führte sowohl in den Wintergersten- als auch in den Sommergersten-DH-Linien zu einer signifikanten Verringerung des Virusgehaltes (DAS-ELISA) gegenüber den genotypisch anfälligen Linien (*ryd2/ryd3*) und solchen mit den entsprechenden einzelnen positiven Allelen. Ebenso konnte in DH-Linien der Sommergerstenkreuzung für die Kombination (*Ryd2/Ryd3*) eine höhere Leistung bei den Merkmalen relativer Kornertrag pro Pflanze, relative Anzahl Ähren pro Pflanzen und Tausendkorngewicht gegenüber den anderen Genotypen nachgewiesen werden. Der QTL auf Chromosom 2H hatte allgemein nur eine geringe Toleranzwirkung. Zusammenfassend zeigen diese Ergebnisse, dass insbesondere die Kombination von *Ryd2* und *Ryd3* zu einem höheren Toleranzniveau führt. Aufgrund der verminderten Viruskonzentration besitzen die Linien mit dieser Allelkombination „quantitative Resistenz“ gegenüber BYDV-PAV.

Zur Aufklärung der WDV-Toleranz der Sorte `Post` wurden 79 DH-Linien der Kreuzung `Post` (tolerant) x `Vixen` (anfällig) [1] zur Phänotypisierung im Feldversuch mit Hilfe von virustragenden Zikaden (*Psammotettix alienus*) infiziert und ihre Toleranz in zwei Versuchsjahren ermittelt. Die Toleranz der Sorte `Post`, ebenso wie die Anfälligkeit der Sorte `Vixen` wurde in allen Versuchen bestätigt. In den analysierten DH-Linien zeigte sich eine erhebliche Variation, wobei der überwiegende Teil der Linien bezüglich der relativen Ertragsleistung im Bereich des anfälligen Elters lag. Eine Anpassung an eine Normalverteilung ergab sich für die relative Wuchshöhe. Für dieses Merkmal wurden QTL auf Chromosom 4H (LOD 11,41; 32,5%), 2H (LOD 4,89; 11,8%) und 1H (LOD 3,22; 6,8%) identifiziert. Außerdem wurden an

übereinstimmenden Positionen von 4H (LOD 7,8; 25,6%) und 2H (LOD 3,87; 11,7%) QTL für die Symptombonitur nachgewiesen.

Die fünfzehn *H. bulbosum* Introgressionslinien und zwei *H. spontaneum* Linien zeigten in beiden Testjahren ein unzureichendes Toleranzniveau gegenüber WDV und BYDV.

#### Literatur

[1] SCHALLER, C.W.; RASMUSSEN D.C.; QUALSET C.O. 1963: Sources of resistance to the yellow-dwarf virus in barley. *Crop Science* 4:544-548

[2] NIKS, R.E.; HABEKUSS, A.; BEKELE, B.; ORDON, F. 2004: A novel major gene on chromosome 6H for resistance of barley against the barley yellow dwarf virus. *Theor. Appl. Genet.* 109, 1536 – 1543

[3] SCHEURER, K.S.; FRIEDT, W.; HUTH, W.; WAUGH, R.; ORDON, F. 2001: QTL analysis of tolerance to a German strain of BYDV-PAV in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Theor. Appl. Genet.* 103, 1074 – 1083

[4] FORD, C.M.; PALTRIDGE, N.G.; RATHJEN, J.P.; MORITZ, R.L.; SIMPSON, R.J.; SYMONS, R.H. 1998: Rapid and informative assays for Yd2, the barley yellow dwarf virus resistance gene, based on the nucleotide sequence of a closely linked gene. *Molecular Breeding* 4, 23 – 31

„Charakterisierung von Resistenzquellen gegen das Soil-borne cereal mosaic virus - SBCMV und das Wheat spindle streak mosaic virus - WSSMV in genetischen Ressourcen des Roggens sowie deren Nutzung für die Züchtung virusresistenter Sorten“

„Characterization of resistance donors against the Soil-borne cereal mosaic virus – SBCMV and the Wheat spindle streak mosaic virus – WSSMV in genetic resources of rye and their use for breeding of virus resistant cultivars „

#### Laufzeit

16.11.2007 bis 15.06.2011

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Carl Bulich

Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

#### Verbundpartner

Dr. Ute Katirr

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen - Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik

Dr. Eva Bauer

Technische Universität München - Wissenschaftszentrum Weihenstephan

Bergen Britta

KWS Lochow GmbH

#### Kurzfassung der Ergebnisse

Dieses Forschungsvorhaben ist von großer Bedeutung für die Erschließung des Wertschöpfungspotentials in der Agrarwirtschaft durch die Sicherung der Roggenproduktion in den traditionellen Anbaugebieten. Die Erschließung des Merkmals Virusresistenz in dieser Kulturart trägt wesentlich zum Wettbewerbsvorteil der Roggenzüchter auf dem nationalen und internationalen Markt bei. Der Transfer von aktuellem Wissen zur Virusresistenz wird den unmittelbaren Zuchtprozess beschleunigt.

gen und die Innovationsfähigkeit durch die Bereitstellung neuer Züchtungstechnologien steigern. Die Einbeziehung genetischer Ressourcen des Roggens in die Sortenzüchtung erweitert die genetische Diversität des Zuchtmaterials. Ein wichtiges Projektziele besteht in der Evaluierung von Resistenzquellen. Mit charakterisierten Resistenzdonoren werden neue spaltende Populationen erzeugt und für Allelietests spezifische Kreuzungen hergestellt. Anhand phänotypischer Daten erfolgt die Identifizierung für die Virusresistenz relevanter Genombereiche mittels molekularer Marker. Im Bereich der Resistenzforschung werden neue Erkenntnisse zur Virusresistenz im Roggen erstellt. Im Rahmen dieses Verbundprojektes werden vom Wirtschaftspartner KWS LOCHOW GMBH Zuchtmaterial mit Virusresistenz und spaltende Roggenpopulationen erstellt, vom Wissenschaftspartner des Julius Kühn-Institutes wird die Evaluierung und Phänotypisierung von Resistenzquellen durchgeführt und durch den Wissenschaftspartner der Technischen Universität München erfolgt die molekularbiologische Identifizierung der Virusresistenz und die Erstellung molekularer Marker für die Resistenzzüchtung. Vom Wirtschaftspartner wurden F2-Populationen mit F3-Linien zum Anbau an drei Befallsstandorten zur Verfügung gestellt. In den ersten beiden Projektjahren wurden drei Kartierungspopulationen mit je 100 F3/F4-Linien in zwei Wiederholungen je Standort hinsichtlich der Virusresistenz geprüft und vermehrt. In der dritten Vegetationsperiode wurde die Resistenzbewertung in zwei Kartierungspopulationen mit F5-Linien an vier Befallsstandorten fortgeführt und im Feld ohne Befallsbedingungen angebaut. Es wurden gezielte Kreuzungen zum Aufbau neuer spaltender Populationen angefertigt und eine Kartierungspopulation mit F5-Linien im Feld angebaut. Die Resistenzreaktionen dieser Populationen wurden mittels DAS-ELISA phänotypisiert. Um die Datenstreuung zu minimieren, wurde ein semiquantitatives Nachweisverfahren unter Einsatz standardisierter Positivkontrollen und

quantitativ vergleichbarer Blattproben etabliert. Die statistische Verrechnung der phänotypischen Daten erfolgte unter Verwendung der direkten Extinktionswerte im Zuchtbetrieb. Der Differenzierungsgrad der Populationen für das Merkmal SBCMV-Titer ist über die Ort-Jahr-Kombinationen relativ konstant, während dieser für den WSSMV-Titer größeren Schwankungen unterliegt. Das Merkmal WSSMV-Titer weist über alle Populationen eine geringere Heritabilität als der SBCMV-Titer auf. Die höchsten Heritabilitäten haben Population 2 und 3 mit  $h^2$  von 0.66 und 0.51. Sie würden sich daher für eine erfolgversprechende QTL-Kartierung für SBCMV-Titer anbieten. Die Arbeiten zur Feinkartierung und Identifizierung gekoppelter Marker wurden in spaltenden Nachkommenschaften durchgeführt. Bisher wurden 148 genomweit verteilte SSR-Marker untersucht. Der Anteil polymorpher Marker lag bei 21% für Population 1, 3% für Population 2 und 13% für Population 3. Für eine bessere Absättigung des Genoms mit Markern wurde in Population 1 und 2 mit AFLP-Analysen begonnen. Eine vorläufige QTL-Analyse mit Mittelwerten über drei Umwelten ergab Hinweise auf einen QTL für SBCMV-Resistenz in Pop1 auf Chromosom 2R. Für WSSMV-Resistenz wurde ein QTL mit hohem LOD ( $>20$ ) auf 7R gefunden, sowie ein weiterer QTL mit einem bisher ungekoppelten Marker (RMS1154), der vermutlich auf 4R liegt. Werden nur die adjustierten Mittelwerte für den Standort Walternienburg verwendet, wird in Population 1 ein weiterer QTL auf 7R detektiert, der ca. 15% der phänotypischen Varianz erklärt. Der QTL für WSSMV-Resistenz auf 7R wird in der Einzelort-Analyse bestätigt. Für Population 3 wurde mit den Daten vom Standort Walternienburg ein QTL für SBCMV-Resistenz auf 5R gefunden, sowie zwei QTL für WSSMV-Resistenz. Einer dieser QTL liegt auf 2R, der zweite in der Nähe eines ungekoppelten Markers, für den noch keine chromosomale Zuordnung bekannt ist. Diese beiden QTL für WSSMV-Resistenz erklären zusammen ca. 40% der phänotypischen Varianz. Die Markerabsättigung auf den Chromosomen 2R, 4R, 5R

und 7R, für die aufgrund der Erkenntnisse aus Weizen homologe Resistenzloci im Roggen vermutet werden können, wird weiter vorangetrieben. Für die Selektion neuer Resistenzquellen wurde Saatgut der gleichen Erntecharge eingesetzt. Die vorselektierten Akzessionen zeigten deutliche Unterschiede zwischen ihrer Resistenzreaktionen. Befallsdaten der spaltenenden F3-Population 1 bestätigen Resistenz gegen das SBCMV in der Region Gödnitz, wo nur 8% der Pflanzen mit geringen Viruskonzentration infiziert waren. An den Standorten Walternienburg und Wietze wurden dagegen 42-46 % der Pflanzen mit höheren Titern befallen. An diesen Standorten war die Wirkung des Resistenzdonors wesentlich geringer. Für die Charakterisierung von Virulenzunterschieden der Pathogenpopulationen wurde ein Standardsortiment mit anfälligen und resistenten Formen der Getreidearten Winterweizen, -triticale, -roggen und -gerste in acht Bundesländern ausgesät. Der Virusnachweis erfolgte aus Total-RNA mittels Multiplex-RT-PCR in Wurzeln-, Stängel- sowie Blattproben. Hierfür wurden differenzierender DNA-Fragmente für das WSSMV, SBCMV, SBWMV (Soil-borne wheat mosaic virus) und Polymyxa graminis entwickelt. Fünf dieser Regionen sind mischkontaminiert mit dem SBCMV und WSSMV. An den anderen drei Standorten treten das WSSMV, SBCMV und SBWMV einzeln auf. Diese Methode ermöglicht einen sicheren Virusnachweis im Frühstadium der Krankheitsentwicklung.

## Funktionelle Analyse von Introgressionslinien zur Erweiterung der genetischen Diversität des Roggens

### Functional analysis of introgression lines for broadening the genetic diversity in rye

#### **Laufzeit**

01.05.2008 bis 30.04.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Carl Bulich

Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

#### **Verbundpartner**

Prof. Dr. T. Miedaner

Universität Hohenheim

– Landesatzuchtanstalt

Dr. B Hackauf

Julius Kühn-Institut - Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen

Dr. B. Kusterer, Dr. F.J. Fromme

Hybro GmbH & Co.KG

Dr. P. Wilde, Dr. V. Korzun

KWS LOCHOW GmbH

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Jede züchterische Maßnahme mit dem Ziel der Sortenentwicklung führt zwangsläufig zu einer Einschränkung der genetischen Diversität, die einen wichtigen Faktor des Selektionserfolges darstellt. Sie kann durch die gezielte Einkreuzung genetischer Ressourcen wieder erweitert werden. Da sich seit Beginn der Hybridzüchtung bei Roggen vor 35 Jahren das Ertragspotential der selbstfertilen Populationen und der daraus entstandenen Hybridsorten kontinuierlich erhöhte, steigt deren Leistungsabstand zu den genetischen Ressourcen zunehmend. Eine Lösung dieses Problems versprechen sogenannte Introgressionslinien. Sie werden aus Rückkreuzungspopulationen erstellt, die jeweils nur kleine, aber verschiedene und mittels molekularer Marker

definierte Donorchromosomen-Segmente (DCS) tragen.

Die Antragssteller haben weltweit erstmals bei Roggen eine Bibliothek von 78 Introgressionslinien (IL) erfolgreich aufgebaut und gegen die Leistung des Rekurrenten Elters (RE) geprüft. Dabei fanden sich zahlreiche IL mit signifikant vom RE abweichenden agronomischen Eigenschaften, die durch definierte Genomsegmente des exotischen Donors bedingt werden. Im vorliegenden Projekt sollen die Segmente von 10 IL funktionell charakterisiert, physikalisch näher eingegrenzt und auf Kopplung mit wichtigen agronomischen Eigenschaften untersucht werden. Weiterhin sollen sie durch die Wirtschaftsunternehmen markerbasiert in andere genetische Hintergründe eingekreuzt und die Effekte verifiziert werden. Eine weitere Markerentwicklung und Feinkartierung von Genomregionen auf spezielle Eigenschaften (z.B. Restorergerne auf Chromosom 4RL, TKG-QTL auf Chromosomen 5R und 7R, Fallzahl-QTL auf Chromosom 1R) wird angestrebt. Durch diesen innovativen Ansatz wird es erstmals in der Roggenzüchtung möglich, kleine DNA-Segmente eines nicht-adaptierten Donors mit wirtschaftlich interessanten Merkmalen direkt und zielgerichtet in Elitematerial einzulagern.

Zehn ausgewählte Introgressionslinien wurden im Jahr 2008 mit dem rekurrenten Elter L2053-N bis zur BC4-Generation zurückgekreuzt und anschließend in den Jahren 2008 und 2009 zweimal geselbstet. Jede einzelne Generation wurde genotypisiert und die vielversprechendsten Introgressionslinien markergestützt selektiert. Dadurch wurden 29 unabhängige ILs erstellt, die jeweils nur noch eines der Segmente tragen. Im Jahr 2010 erfolgt eine erste Evaluierung der Effekte der DCS auf agronomische Merkmale.

Um die jeweiligen DCS in den ausgewählten IL zu vereinzeln bzw. um Rekombination innerhalb kurzer Abstände in den DCS zu detektieren, war es erforderlich, weitere sequenz-spezifische Selektionsmarker zu entwickeln. Das vollständig entschlüsselte Genom

der Reispflanze stellt auch für den Roggen eine wertvolle genomische Ressource dar, die erfolgreich für die gezielte Entwicklung molekularer Marker in ausgewählten Genomregionen genutzt werden kann. Durch diesen vergleichenden Ansatz der Genkartierung, bei dem das Reisgenom quasi als Schablone für die Markerentwicklung im Roggen genutzt wird, ist es gelungen, 56 neue Marker für insgesamt 13 DCS zu entwickeln und im Roggengenom zu kartieren. Für acht längere DCS auf den Chromosomen 1R, 3R, 4R, 5R und 7R eröffnen die neuen STS-Marker die Möglichkeit, rekombinatorisch reduzierte DCS mit Größen <10 cM zu identifizieren. Bislang ausschließlich durch AFLP definiert war ein DCS auf Chromosom 4RL. Hier konnte ein Restorergerne sowie ein unerwünschter QTL für Langstrohigkeit lokalisiert werden. In dieses DCS konnten nun insgesamt 12 neue STS kartiert werden, mit deren Hilfe in Generation BC4S1 eine genauere genetische Karte für das 4RL-Segment erstellt wurde. Die neuen STS-Marker erlauben es ebenfalls, das relativ große 4RL-Segment rekombinatorisch weiter zu verkleinern. Unter den rekombinanten Pflanzen wurden 24 repräsentative Genotypen sowie jeweils 3 über das gesamte Intervall für den rekurrenten Elter bzw. das Donorallel homozygote Kontrollpflanzen selektiert, die in 2010 auf einen CMS-Tester ausgekreuzt worden sind. Über die Antherenbonitur und Erfassung der Wuchshöhe dieser Testkreuzungsnachkommenschaften wird es möglich sein, die Position der auf diesem Segment lokalisierten Merkmalsgene präziser als bislang möglich zu bestimmen. Analog zum 4RL-Segment erfolgt gegenwärtig die Feinkartierung für ein 5R-Segment, auf dem ein QTL für das Merkmal Tausendkornmasse identifiziert werden konnte.

In dem zum 4RL-Segment orthologen Bereich des Reisgenoms ist ein Gen mit Ähnlichkeit zu Pentatricopeptid (PPR)-Genen lokalisiert. Bis auf eine Ausnahme gehören alle bislang aus Pflanzen isolierten Restorergerne der Familie der PPR-Gene an. Vor diesem Hintergrund stellt das PPR-Gen ein Kandidatengen für das auf dem 4RL-DCS lokalisierte Restorergerne

aus dem exotischen Donor dar. Im Rahmen dieses Projektes ist es gelungen einen Marker zu entwickeln, mit dessen Hilfe ein individuelles Fragment aus genomischer Roggen-DNA amplifiziert werden kann. Die vergleichende Sequenzanalyse des PCR-Fragmentes offenbart eine hohes Maß an Sequenzdiversität zwischen 24 ausgewählten Roggeninzuchtlininen, so dass dieser Marker ein wertvolles, multialleles Werkzeug für die praktischen Roggenzüchtung darstellen wird.

Das Projekt bietet einen wichtigen, hochinnovativen Beitrag zur Nutzung der in genetischen Ressourcen vorhandenen Biodiversität für die praktische Hybridroggenzüchtung. Durch den Einsatz PCR-gestützter molekularer Marker wird das Ziel der Sortenentwicklung deutlich rascher und effizienter erreicht als durch reine phänotypische Selektion, die in der Vergangenheit zu erheblichen Rückschlägen geführt hat. Die zielgerichtete, markerbasierte Introgression vorgeprüfter Genomsegmente vermeidet häufig auftretende Probleme bei der Einkreuzung genetischer Ressourcen, wie epistatische Interaktionen oder unerwünschte Kopplungen (Linkage drag), schon im Vorfeld. Für die praktische Hybridroggenzüchtung bedeutet dies daher eine erhebliche Beschleunigung des Technologie- und Wissenstransfers.

„Selektion und Charakterisierung von Gerste mit Resistenz gegen freilebende Nematoden“

Selection and characterization of barley against resistance to free living nematodes

**Laufzeit**

01.12.2007 bis 30.11.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Christian Jung  
Plant Breeding Institute

**Kooperationspartner**

Nordsaat Saatzucht GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Root-lesion nematodes of the genus *Pratylenchus* causes severe damage to the crops growing throughout many parts of the world. In the past years considerable yield losses have been recorded in German barley (*Hordeum vulgare L.*) production. Nematode infection rate found to vary greatly between different barley accessions in the previous study. In this work, a detailed QTL analysis was conducted for these nematodes resistance in barley using 140 doubled haploid (DH) lines from an Igri x Franka cross. 551 DArT marker data were generated and subsequently used for QTL analysis. Previously available RFLP, SSR, SNP marker information on 70 DH lines was also utilized for QTL analysis. Nematode resistance screening was carried out in greenhouse in successive years. For *P. neglectus*, a total of eight QTLs, located on five (2H, 3H, 5H, 6H and 7H) linkage groups, were identified. Out of these, one QTL was found to have a LOD score of 8.7 and  $R^2$  value of 21%. The remaining seven QTLs were classified as minor or moderate with a LOD score ranging from 2.1 to 4.7 and  $R^2$  value ranging from 6 to 16. For *P. penetrans* resistance, three QTLs were identified located on three (2H, 6H and 7H) linkage groups. Out of these, one QTL was found to have a LOD score of 9 and  $R^2$  value of 23%. The remaining two

QTLs were classified as minor with a LOD score ranging from 2.3 to 4 and R<sup>2</sup> value ranging from 7% to 11%. These results provide a basis for establishing a marker test which shall replace the time consuming and expensive greenhouse test. Further, to validate the detected QTLs, resistance test with parents and 20 individual of other DH population has been started to exploit the wealth of genotyping data available for this species.

„Entwicklung und Einsatz innovativer Züchtungsstrategien zur Sicherung und Erhöhung des Ertrages und der Anbau-bedeutung der Blauen Süßlupine (*Lupinus angustifolius* L.)“

“Improvement of agronomical traits in narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius*)”

**Laufzeit**

01.03.2007 bis 31.03.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Brigitte Ruge-Wehling  
Julius Kühn-Institut - Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen

**Verbundpartner**

Regine Dieterich  
Saatzucht Steinach GmbH & Co KG

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Die blaue Süßlupine gehört neben Ackerbohne und Erbse zu den heimischen Körnerleguminosen. Insbesondere auf leichteren Sandböden ist die Blaue Süßlupine mit ihrer tiefen Pfahlwurzel die ideale Leguminose, weil nur sie eine schnelle und ausreichend tiefe Pfahlwurzelbildung zeigt und somit die häufig auftretende Vorsommertrockenheit übersteht. Der Rohproteingehalt liegt bei der Blauen Lupine bei ca 35 %, Rohfett bei 5 %. In ihrer Proteinzusammensetzung ist die Blaue Süßlupine der

Sojabohne annähernd gleichwertig und kann als heimische Eiweißquelle interessante Perspektiven im Feed- und Food-Bereich eröffnen. Voraussetzung hierfür ist weiterer Zuchtforschritt in Richtung stabiler und ausreichend hoher Kornerträge und gleichbleibend hoher Kornqualität. Ein solcher substanzieller Zuchtfortschritt soll durch den Einsatz innovativer Züchtungsmethoden ermöglicht werden.

In einer gemeinsamen Anstrengung mit dem Projektpartner Saatzucht Steinach wurden verschiedene Schwerpunkte – Anthraknose-resistenz, Entwicklung molekularer Marker, pH-Toleranz, Polyploidisierung, Herstellung Doppelhaploider – bearbeitet.

Resistenz gegen die Anthraknose ist bislang nur für die australische Sorte 'Tanjil' bekannt, die ein dominantes Resistenzgen, Lanr1, trägt. Für den mit der Resistenz eng gekoppelten Marker AntjM2 (You et al. 2005) wurde von uns zu Projektbeginn ein einfacher PCR-Assay entwickelt, der eine kostengünstige, markergestützte Übertragung von Lanr1 in aktuelles deutsches Zuchtmaterial erlaubt. Parallel wurden Resistenztests im Gewächshaus und im Freiland durchgeführt, um das Resistenzniveau im deutschen Sortenspektrum zu erfassen. Keine der in Deutschland zugelassenen Sorten zeigte eine Resistenz gegenüber *Colletotrichum lupini*. Die Sorte 'Tanjil' zeigt sich unter hiesigen Anbaubedingungen zwar widerstandsfähiger als deutsche Sorten, entwickelt aber, anders als in West-Australien, einen deutlichen Hülsenbefall durch *C. lupini*. Der Grund dafür liegt vermutlich in den feuchteren und weniger warmen nordostdeutschen Klimabedingungen während der Abreife, welche die Entwicklung von Konidienlagern auf den Hülsen und Samen fördern. Bei Hülsenbefall ist davon auszugehen, dass die Samen ebenfalls befallen sind, was im Hinblick auf die Samenübertragbarkeit der Krankheit als kritisch zu bewerten ist. Ebenfalls getestet wurden Zuchtstämme des Verbundpartners. Ein Zuchtstamm erwies sich im Gewächshaus als auch in dreijährigen Feldver-

suchen als sehr hoch resistent. Das Resistenzniveau lag über jenem der Sorte 'Tanjil', Zur Klärung der Vererbung dieser neuen Resistenz wurden spaltende F<sub>2</sub>-Kartierungspopulationen erstellt. Die Analyse zweier F<sub>2</sub>-Familien ('Haags Blaue' x Zuchtstamm, n= 114) und ('Arabella' x Zuchtstamm, n= 133) weisen auf eine monogen vererbte, dominante Resistenz hin.

Aktuelle Sorten der Blauen Süßlupine weisen nur wenig genetische Variabilität für molekulare Marker auf. Zur Erhöhung des Polymorphiegrades molekularer Marker wurde der resistente Zuchtstamm mit anfälligen Genbankakzessionen gekreuzt, die an ausgewählten Markerloci Allelvariabilität zum Zuchtstamm zeigen. Die Analyse der daraus entwickelten F<sub>2</sub>-Familie läuft zurzeit. Als Markerresource werden publizierte EST-basierte Marker aus der Blauen Süßlupine sowie Marker-Sequenzdaten aus Datenbanken von *Medicago truncatula*, *Lotus japonicus* und *Pisum sativum* verwendet.

Für Untersuchungen zur pH-Toleranz wurden wachstumshemmende pH-Werte (pH 6.6 – 7.8) im Substrat eingestellt. Die Pflanzen wuchsen in Schaukästen, um eine optische Bonitur der Wurzelentwicklung zu ermöglichen. Im ersten Versuchsjahr konnte bei der Sorte 'Boruta' ein verzögertes Pflanzenwachstum sowie eine geringere Wurzeltrockenmasse auf alkalischen Böden nachgewiesen werden. Im Vergleich dazu zeigte die Lupinenart *L. pilosus* keinerlei Wachstumsdepressionen auf alkalischen Böden. Überdies wurden Versuche mit Rhizobienpräparaten angelegt, um zu überprüfen, ob diese neben ihrem Stickstoffbindungsvermögen einen positiven Einfluss auf Pflanzen in alkalischer Erde haben.

Der im Jahr 2008 in Schaukästen durchgeführte Versuch mit drei verschiedenen Rhizobienpräparaten zeigte, dass *HiStick* im Vergleich zu den anderen Präparaten (Ribozin, Radicin) und der Kontrollvariante den stärksten positiven Effekt auf das Pflanzenwachstum (Sorte: 'Boregine') hatte. So wiesen sowohl die ober-

irdischen (Sproß) als auch die unterirdischen Teile (Wurzel) höhere Wachstumsraten auf. Auch die Ertragsparameter wie Anzahl Samen je Hülse und TKM waren höher als bei den anderen Varianten. Die Anzahl der Wurzelknöllchen war bei *HiStick* von Anfang an am höchsten. Mit *Rizobin* behandelte Lupinen konnten diesbezüglich erst spät aufholen. *Radicin* regte die Knöllchenbildung kaum an. Die Auswertung der Wurzeltrockenmasse ergab ein reziprokes Bild. Aufgrund der höheren Entwicklungsgeschwindigkeit der *HiStick*-Pflanzen erreichten sie auch schneller die physiologische Reife. Daraus ergab sich eine geringe Wurzeltrockenmasse dieser Pflanzen. Die Ergebnisse des Gefäßversuches wurden durch den Freilandversuch in Steinach bestätigt. Die die mit *HiStick* behandelte Sorte 'Boregine' zeigte 42 % mehr Ertrag als die Kontrollvariante.

Versuche zur Polyploidisierung wurden mit Colchizin und dem Ziel durchgeführt, ertragreichere Pflanzen mit hohen Proteingehalten zu erzeugen. Es wurden verschiedene Applikationstechniken getestet, und letztlich führte die Colizinbehandlung von Samen diploider Pflanzen zur Entwicklung von tetraploidem Gewebe. Die Pflanzen zeigten jedoch keine normale Entwicklung. Häufig zu beobachten war, dass entweder die erst wenige mm großen dickfleischigen ersten Keimblätter starben oder das polyploide Gewebe vom schneller wachsenden diploiden (normalen) Gewebe verdrängt wurde. Somit bleibt die Herstellung polyploider Pflanzen von *L. angustifolius* als Aufgabe bestehen.

Zur Beschleunigung der Zuchtprogramme sollten erste Schritte unternommen werden, um Doppelhaploide, also völlig reinerbige Pflanzen, zu erzeugen. Für das Vorhaben wurde die Methode der Antherenkultur gewählt. Dafür wurden Knospen von Haupt- und Seitentrieben verwendet. Auf Medien mit Maltose und Saccharose und dem Zusatz von CuSO<sub>4</sub> x 5 H<sub>2</sub>O und Phytohormonen bildeten sich Kalli und organogene Strukturen. Bisher entwickelten sich jedoch noch keine Regenerate.

**Literatur**

Yang, H. & J.G. Boersma & M. You & B.J. Buirchell & M.W. Sweetingham, 2004: Development and implementation of a sequence-specific PCR marker linked to a gene conferring resistance to anthracnose disease in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Molecular Breeding* 14: 145-151

You M, Boersma JG, Buirchell BJ, Sweetingham MW, Kadambot HM Siddique, Yang H (2005) A PCR-based molecular marker applicable for marker-assisted selection for anthracnose disease resistance in lupin breeding. *Cell Mol Biol Lett* 10:123-134

„Identifikation der Signalfunktion von Sekundärmetaboliten und Selektion auf ein günstiges Inhaltsstoffspektrum am Beispiel des Wirt/Erreger-Komplexes Lupine/Blattrandkäfer“

„Identification of the signalling function of secondary metabolites and selection on improved secondary metabolite spectra in the host/arthropod complex lupine/weevil“

**Laufzeit**

01.03.2008 bis 28.02.2011

**Projektkoordinator, Institution**

PD Dr. Christine Struck  
Universität Rostock

**Verbundpartner**

Prof. Dr. W. Kirchner  
Ruhr-Universität Bochum - Fakultät für  
Biologie

Bernd Schachler  
Saatzucht Steinach GmbH & Co.KG

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Lupinenblattrandkäfer und ihre Larven verursachen einen erheblichen Schaden im Lupinenanbau, nicht nur durch den Verlust an Blatt- und Wurzelmasse, sondern insbesondere durch den sekundär an den Fraßstellen auftretenden Pathogenbefall. Gesamtziel des Vorhabens ist es, mit biochemischen, verhaltensbiologischen und freilandökologischen Ansätzen funktionelle Inhaltsstoffe in Lupinen zu identifizieren, die einen Einfluss auf das Verhalten bzw. die Entwicklung der spezifischen Lupinenblattrandkäfer *Sitona griseus* und *S. gressorius* haben. Dazu werden Feldversuche und Laborexperimente mit zahlreichen Lupinenakzessionen sowie Verhaltensexperimente mit den Käfern und ihren Larven durchgeführt. Im Zentrum der Untersuchungen stehen insbesondere die Blauen Lupinen (*Lupinus angustifolius*), die Weißen Lupinen (*L. albus*), die Gelben Lupinen (*L. luteus*) sowie eine neuweltliche Art, die Zwerglupine (*L. nanus*).

Mit einem Screening der genetischen Ressourcen (Wildlupinengenotypen und Zuchtmaterial), das eine große Zahl von „bitteren“ und „süßen“ Lupinen enthält, sollen Resistenzquellen gegen die spezifischen Blattrandkäfer gefunden werden. In einem Freilandversuch mit einfacher Wiederholung wurden durch Blatt- und Wurzelfraß entstandene Schäden erfasst. Darüber hinaus wurde überprüft, inwieweit es durch die Käfer und ihre Larven zu Ertragsverlusten kommt, indem vergleichend 30 Lupinengenotypen gebeizt wurden und regelmäßig im wöchentlichen Abstand mit Insektiziden behandelt wurden. In einem weiteren Feldversuch - angelegt als Blockanlage mit vierfacher Wiederholung - wurden 12 ausgewählte Lupinengenotypen ebenfalls hinsichtlich der Fraßschäden an Blättern und Wurzeln der Lupinen in wöchentlichen Bonituren erfasst. In diesem Versuch wurden darüber hinaus auch Untersuchungen zur Käferpopulation durchgeführt, indem einerseits Bodenproben entnommen und die darin befindlichen Käferlarven gezählt wurden. Andererseits wurde die Anzahl geschlüpfter Käfer per Bodenelektoren ermittelt. Neben den Freilandversuchen wurden Laborexperimente zum Futterwahlverhalten der Blattrandkäfer entwickelt und durchgeführt. Dabei wurde sowohl der Einfluss der Olfaktorik als auch gustatorisch wahrnehmbarer Inhaltsstoffe auf die Wahlentscheidung untersucht. Außerdem wurden im Labor die Alkaloidgehalte der Blätter einzelner Lupinengenotypen per GC/MS (Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung) analysiert. Die Chemorezeptoren der Käferantennen wurden rasterelektronenmikroskopisch untersucht und klassifiziert. Ihre Spezifität wird derzeit mithilfe von Elektroantennogramm-Ableitungen studiert.

Die Ergebnisse des Sortenscreenings zeigen, dass der Blattfraß durch die Lupinenblattrandkäfer an den Sorten von *L. angustifolius* signifikant höher war als an den Sorten von *L. albus*, *L. nanus* und *L. luteus*. Der Wurzelfraß ist bei *L. angustifolius* und *L. albus* signifikant höher als bei *L. nanus* und *L. luteus*.

Die Untersuchungen zum Einfluss des Käferfraßes auf die Ertragsrelevanz ergaben einen Mehrertrag in den insektizidbehandelten Parzellen gegenüber den unbehandelten Varianten, der im Durchschnitt über die verglichenen 30 Versuchsglieder bei 19,8 % lag. Dabei gab es signifikante Unterschiede ( $p > 0,05$ ) bei 22 Lupinengenotypen.

In den zwei Versuchsjahren 2008 und 2009 (Freilandversuch mit 12 Genotypen) zeigte die Sorte „Azuro“ sowohl am Blatt als auch an der Wurzel den höchsten Fraßschaden innerhalb der Blauen Lupinen. Die Alkaloidanalyse der jungen und unverletzten Lupinenblätter ergab spezifische Muster für jede der vier untersuchten Arten. Besonders reich an Alkaloiden sind die Sorten Azuro (*L. angustifolius*) und Weißbit (*L. albus*). Auch die Sorten Bordüre (*L. nanus*) und Schwako (*L. luteus*) zeigen einen hohen Alkaloidgehalt. Bei den Futterwahlexperimenten im Labor zeigte sich, dass es zwar hochsignifikante Sortenunterschiede aber keinen Zusammenhang zwischen den Alkaloidgehalten der Lupinensorten und der Futterwahl durch *Sitona* gibt. Präferiert wird - ebenso wie im Freilandversuch - auch im Laborversuch die Sorte Azuro (*L. angustifolius*), die durch einen besonders hohen Alkaloidgehalt charakterisiert ist.

Die Untersuchungen zur Käferpopulation zeigten, dass auf den Parzellen der Blauen und Weißen Lupinen mehr Larven gezählt wurden als auf den Parzellen der Gelben Lupinen und der Zwerg-Lupinen. Der multiple Vergleich zeigte keine intraspezifischen signifikanten Unterschiede. Wie die Auszählungen der in den Bodenelektoren gefangenen Blattrandkäfer ergaben, gehörten nur etwa 7 Prozent der gefangenen Tiere zur Art *Sitona griseus*. Bei den anderen Käfern handelte es sich um die Art *S. gressorius*. In den Parzellen der Blauen und Weißen Lupinen wurden signifikant mehr Käfer gefangen als bei den Gelben Lupinen. Bei den Zwerglupinen wurden deutlich weniger Käfer gefangen als bei den Blauen oder Weißen Lupinen, dieser Wert ist jedoch nicht signifikant.

Zusammenfassend ergibt sich, dass die verschiedenen Methoden zur Erfassung der Käferpopulation auf dem Versuchsfeld die Beobachtungen zum Käferfraß stützen. Während bei den Sorten der Gelben und Zwerg-Lupine geringe Fraßschäden und geringer Käferbesatz verzeichnet wurden, konnten bei den stark

vom Käferfraß betroffenen Sorten der Weißen und Blauen Lupine hohe Individuenzahlen festgestellt werden. Weiterhin zeigte sich, dass die Gesamtkaloidgehalte der Lupinenblätter keinen Einfluß auf die Fraßaktivitäten der Käfer hatten.

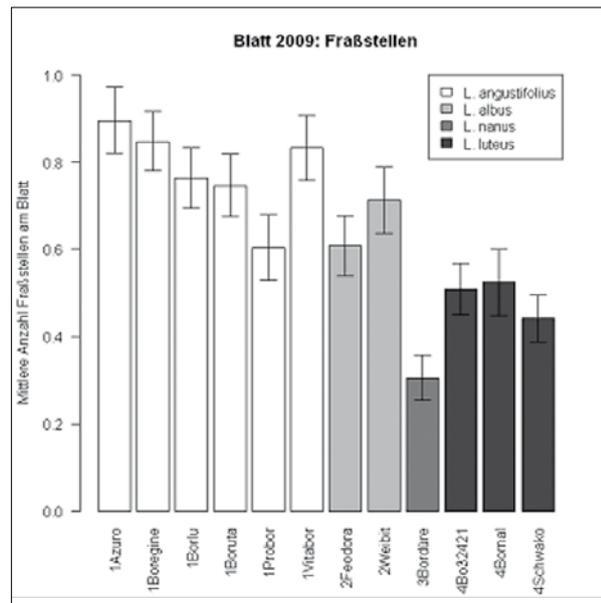
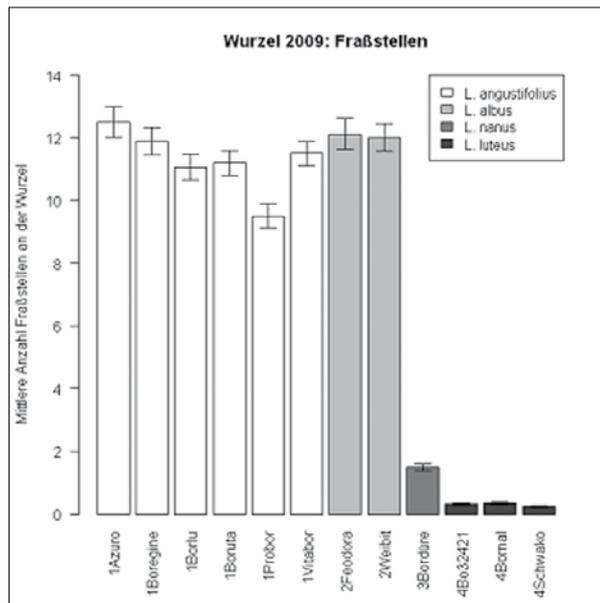


Abb. 1: Fraßschäden an 12 Lupinengenotypen 2009. **A** Mittlere Anzahl Fraßstellen an der Wurzel **B** Mittlere Anzahl Fraßstellen am Blatt. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Arten ( $p < 0,05$ ). Insgesamt wurden in 12 Wochen 6912 Pflanzen untersucht.

„Verbesserung der Resistenz von Winterrapsorten gegenüber *Sclerotinia sclerotiorum*“

„Improving oilseed rape resistance against *Sclerotinia sclerotiorum*“

#### Laufzeit

01.03.2008 bis 28.02.2011

#### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr. Andreas von Tiedemann  
Georg-August-Universität Göttingen  
- Institut für Pflanzenpathologie und  
Pflanzenschutz

#### Verbundpartner

Dr. Carl Bulich  
Gemeinschaft zur Förderung der privaten  
deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

#### Kurzfassung der Ergebnisse

Im deutschen Winterrapsortiment finden sich derzeit keine zufrieden stellenden Resistenzen gegen den Erreger der Weißstängeligkeit, *Sclerotinia sclerotiorum*. Für die systematische Suche nach möglichen Resistenzquellen wurden im Rahmen eines dreijährigen Projekts geeignete Screeningmethoden für die Resistenzbewertung im Gewächshaus und auf dem Feld entwickelt. Im Feld wurden 28 Genotypen eingesetzt, an denen unterschiedliche Feldinokulationsmethoden erprobt wurden. Ohne Erfolg war die Inokulation mittels einer Myzelsuspension im Versuchsjahr 2007/08. Dagegen konnte der Infektionsdruck auf den Versuchsfeldern an den Standorten Göttingen, Peine und Malchow/Poel in den nachfolgenden Jahren durch das Ausbringen von Sklerotien unterschiedlicher Herkunft deutlich erhöht werden. Die Bewertung der Resistenz der Genotypen erfolgte anhand der

Bestimmung der Befallshäufigkeit zum Entwicklungsstadium BBCH 89. Trotz der relativ starken Witterungsabhängigkeit der Inokulationsmethode ließ sich im Versuchsjahr 2008/09 am Standort Göttingen eine gute Differenzierung der Genotypen erzielen. Um den Einfluss der Witterung auf die Bewertung der Resistenz zu minimieren und während des gesamten Jahres Untersuchungen durchführen zu können, wurde neben den Feldversuchen auch eine Screeningmethode für das Gewächshaus entwickelt. Hierbei werden die Einzelpflanzen, mit einem myzelüberwachsenen Agarplug in einer Blattsichel künstlich inokuliert, ohne die Pflanze zu verwunden. Die Resistenz wird anhand des Wachstums der Läsion am Stängel über die Zeit beurteilt. Mit dieser Methode wurden Brassica-Wildarten sowie chinesische Rapsorten auf ihre Resistenz mit dem Ziel getestet, mögliche Resistenzquellen zu erschließen. Schließlich wurde eine Screeningmethode für das Labor entwickelt, die es erlaubt eine große Anzahl an Genotypen in einer sehr kurzen Zeit und zu einem sehr frühen Entwicklungsstadium zu bewerten. Diese Methode beruht auf der Reaktion von Blattmaterial auf Oxalsäure, einem wichtigen Pathogenitätsfaktor von *S. sclerotiorum*. In diesem Ansatz werden die Zellmembranen des Blattgewebes durch Zugabe von bis zu 2mM Oxalsäure gestresst, so dass es je nach Schädigungsgrad zu unterschiedlich starkem Austritt von Ionen aus den Zellen kommt. Anhand des Ioneneffluxes, der durch die Änderung der Leitfähigkeit der Lösung bestimmt werden kann, wird somit die Reaktion des Blattgewebes auf diesen wichtigen Pathogenitätsfaktor des Pilzes bestimmt. Diese steht in einem engen Zusammenhang mit der im Gewächshaus ermittelten Resistenz der Genotypen.

„*Brassica*-Wildarten als neue genetische Ressource für die Rapszüchtung“

„Wild species of *Brassica* as a new genetic resource for rapeseed breeding“

**Laufzeit**

01.11.2007 bis 31.01.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Heiko Becker

Georg-August-Universität Göttingen - Department für Nutzpflanzenwissenschaften - Abteilung Pflanzenzüchtung

**Verbundpartner**

Dr. Carl Bulich

Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Raps (*Brassica napus*) ist im Vergleich mit anderen Kulturarten wie Weizen oder Mais, eine relativ junge Kulturpflanze, die in der Pflanzenzüchtung erst seit wenigen Jahrzehnten eine größere Rolle spielt und dementsprechend auch erst seit kurzem intensiv züchterisch bearbeitet wird. *Brassica napus* ist außerdem aus entwicklungsgeschichtlicher Sicht eine relativ junge Spezies, deren Ursprung auf eine spontane Bastardisierung von Rübsen (*Brassica rapa*) und Kohl (*Brassica oleracea*) zurückzuführen ist. In Folge der bisher nur geringen züchterischen Bearbeitung und des verhältnismäßig geringen Alters der Art an sich, weist der Raps einen ziemlich engen Genpool auf.

Da es sich beim Raps aber, wie oben beschrieben, um eine spontane allopolyploide Hybride handelt, können durch gezielte Kreuzungen von Rübsen und Kohl neuartige Hybriden, sogenannte Resynthesen hergestellt werden. Diese Tatsache kann in der Rapszüchtung genutzt werden um auf diesem Wege neue züchterisch interessante Allele zu finden und somit den bestehenden Genpool zu erweitern. Für die Erstellung solcher resynthetisierter Linien wur-

den auf Seite des Kohls bisher fast ausschließlich Gemüseformen genutzt. Insbesondere im mediterranen Raum gibt es aber eine ganze Reihe von *Brassica oleracea*-Wildformen und anderer *Brassica*-Arten die eng mit dem Gemüsekohl verwandt sind und daher als Elternteil für resynthetisierten Raps genutzt werden können. Ziel dieses Projektes ist es, die genetische Diversität dieser Wildformen und -arten erstmals, durch deren Nutzung als Elternteil von Resynthesen, für die Rapszüchtung verfügbar zu machen und somit einen Beitrag für eine weitere Erweiterung des Rapsgenpools zu leisten.

In dem vorliegenden Projekt werden derartige „Wild“-Resynthesen, die aus Kreuzungen mit 11 verschiedenen Wildarten resultieren, im Vergleich mit älteren herkömmlichen Resynthesen in großangelegten Feldversuchen in Bezug auf ihre agronomischen Eigenschaften (z.B. Winterhärte, Blühbeginn, Inhaltsstoffe der Samen usw.) untersucht. Weiterhin wird ihre Kombinationseignung mit angepasstem Zuchtmaterial getestet. Zu diesem Zweck wurden Testhybriden zwischen den Resynthesen und zwei angepassten Winterrapslinien erstellt. Diese Hybriden werden ebenfalls in großen Feldversuchen hinsichtlich ihrer agronomischen Eigenschaften geprüft.

Die Durchführung aller Feldversuche erfolgte im Zeitraum von August 2009 bis Juli 2010. Jeder Teilversuch wurde an insgesamt acht Standorten angelegt, von denen jeweils sechs in verschiedenen Regionen Deutschlands und jeweils zwei in wintermilderen Gebieten in Frankreich bzw. Großbritannien lagen.

In einem zweiten Teil des Projektes soll außerdem die genetischen Distanzen zwischen den neuen „Wild“-Resynthesen, älteren herkömmlichen Resynthesen sowie einer ganzen Reihe verschiedener Rapsstypen (darunter Winter- und Sommerrapse, Gemüseformen und exotische Rapslinien) mittels AFLP-Analysen, unter Nutzung 20 verschiedener Primerkombinationen, bestimmt werden.

„Untersuchungen zur Resistenz des Weizens (*Triticum aestivum*) gegen die Orange (*Sitodiplosis mosellana*) und Gelbe (*Contarinia tritici*) weizengallmücke“

“Investigation on the resistance of wheat (*Triticum aestivum*) against the orange (*Sitodiplosis mosellana*) and yellow (*Contarinia tritici*) wheat blossom midge”

#### **Laufzeit**

01.05.2008 bis 31.07.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Carl Bulich

Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

#### **Verbundpartner**

Prof. Dr. Frank Ordon

Julius Kühn-Institut - Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz

#### **Kooperationspartner**

Limagrain Nickerson GmbH

Syngenta Seeds GmbH

Saatzucht Streng GmbH und Co.KG

Saatzucht Josef Breun GdB

Saaten-Union Biotec GmbH

Deutsche Saatveredelung AG

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die orange (*Sitodiplosis mosellana*) und gelbe (*Contarinia tritici*) Weizengallmücken sind Schädlinge in allen Weizenanbaugebieten der nördlichen Hemisphäre, die neben Weizen auch Roggen und Gerste befallen und in den vergangenen Jahren in Deutschland sowie in Großbritannien verstärkt aufgetreten sind. Die Mücken durchlaufen eine Generation pro Jahr und legen ihre Eier ab Mitte Juni in oder an die Ährchen. Nach dem Schlupf saugen und fressen die Larven am Fruchtknoten und den jungen Körnern, was zu einer Reduktion der Kornzahl

pro Ähre bzw. zu missgestalteten Körnern führen kann. Dies hat eine allgemeine Qualitätsminderung zur Folge, wie z.B. die Reduktion der Fallzahl. Weiterhin können Ertragsverluste bis zu 30% auftreten.

Eine Bekämpfung mit Insektiziden ist schwer zu terminieren, da aufgrund fehlender Prognosemodelle keine Voraussage für Zeitpunkt und Anzahl der Behandlungen möglich ist. Um den Einsatz von umweltbelastenden Insektiziden, die zur Minimierung von Ertrags- und Qualitätsverlusten eingesetzt werden, zu reduzieren, ist die Nutzung von resistenten Sorten eine effektive und ökologisch sinnvolle Methode.

Die Züchtung resistenter Weizensorten ist aufgrund der fehlenden Korrelation zwischen Gallmückenflug und tatsächlichen Ährenbefall und der daraus resultierenden Notwendigkeit der Überprüfung von Einzelähren auf einen Larvenbefall, sehr arbeitsaufwendig. Für die züchterische Nutzung der Resistenz ist daher die Verfügbarkeit molekularer Marker von besonderer Bedeutung.

Mit ersten phäno- und genotypischen Daten konnte die Resistenz gegen die orange Weizengallmücke in der doppelhaploiden (DH) Population 'Hermann' x 'Skalmeje' kartiert werden. Die DH-Linien (DHL) wurden phänotypisch im Milchreifstadium auf Larvenbefall untersucht und ab einem Befall von zwei Larven in 10 untersuchten Ähren als anfällig eingestuft. Die DH-Linien wurden genotypisch mittels SSRs und DArTs charakterisiert und basierend auf diesen Daten konnte die Resistenz auf Chromosom 2B lokalisiert und zwei DArT Marker detektiert werden, welche das Resistenzgen im Abstand von 1,4 und 1,3 cM flankieren.

Um zu überprüfen ob die Resistenz gegen die Orange Weizengallmücke auch wirksam gegen die Gelbe Weizengallmücke ist, wurden 19 gegen die Orange Weizengallmücke resistente Genotypen auf Befall durch die Gelbe Weizengallmücke untersucht. Alle Genotypen wiesen

eine Anfälligkeit gegen die Gelbe Weizengallmücke auf, woraus zu schließen ist, dass die Resistenz gegen die Orange Weizengallmücke artspezifisch ist.

Weiterhin zeigte sich in entsprechenden Feldversuchen, dass die in resistenten Sorten auftretende Schartigkeit der Ähre (partielle Taubährigkeit) nicht auf eine hypersensitive Reaktion durch einen Larvenbefall der orangenen Weizengallmücke zurückzuführen ist. Es wurde bei 40 gegen die orange Weizengallmücke resistenten und anfälligen Genotypen die Anzahl Fehlstellen sowie die Larvenanzahl pro Ähre bestimmt. Bei den resistenten Genotypen trat im Vergleich zu den anfälligen Genotypen keine erhöhte Schartigkeit auf. Im Jahr 2009 gab es keine signifikante Korrelation ( $p > 0,05$ ) zwischen der Anzahl Fehlstellen und Anzahl Larven pro Ähre.

„Entwicklung einer effizienten Weizenmikrosporenkultur für adaptiertes deutsches und europäisches Winterweizenzüchtmaterial“

“Development of an efficient wheat microspore culture technology for adapted German and European winter wheat breeding material”

**Laufzeit**

01.02.2008 bis 31.12.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Jens Weyen

Saaten-Union-Biotec GmbH

**Kurzportrait**

Einsatz antimittotisch wirksamer Chemikalien *in vitro*: Versuche mit Colchizin *in vitro* und Austausch des colchizinhaltigen Mediums nach zwei Tagen führten zu erfolgversprechenden Ergebnissen. Regenerationsraten von bis zu 2,8 grünen Pflanzen/Ähre konnten

erreicht werden. Zurzeit laufen Reproduktionsversuche mit Winterweizenmaterial anderer Genetik.

Inducerchemikalien und Gametozide: Der Einsatz von Hydroxynikotinsäure wurde eingestellt, da sich zeigte, dass sich bei dem im Projekt verwendeten europäischen Winterweizenmaterial kein positiver Effekt gegenüber der Kontrolle einstellte. In der Endphase des Projektes werden weitere Inducerchemikalien getestet.

Optimierung der Spenderpflanzenkultur: Für die Optimierung der Spenderpflanzenqualität wurden Spenderpflanzen Winterweizen nach erfolgter Bestockung unter LED Lampen gestellt. Die Kontrolle stand unter normalen Quecksilbergewächshauslampen. Die LEDs enthielten noch eine Variation mit einem erhöhten Spektrum im Blauanteil. Beide LED-Varianten waren instabiler als der Bestand in der Kontrollgruppe unter der Halogen-Leuchte.

Diese Symptome waren nur zu Beginn des Ährenschiebens sichtbar, alle Varianten erholten sich jedoch nach ein einigen Wochen und zeigten einen unauffällig kräftigen Wuchs. In der Ährengröße gab es keinen signifikanten Unterschied. Die Blühphase war unter den LED-Leuchten 5 Tage später als unter der Halogen-Leuchte. Dieses kann man auf die fehlende Wärmeabstrahlung zurückführen. Die Ergebnisse zu den Regenerationsraten stehen noch aus.

Eine zweite LED-Versuchsserie wurde mit jungem Pflanzenmaterial zwei Wochen nach Veronalisationsende durchgeführt (mehr Rotanteil). Eine gewisse Instabilität der Weizenpflanzen ließ sich bei diesem zweiten LED-Versuch nur während der Bestockungsphase beobachten. Beide LED Varianten hatten extrem großen Wachstumsrückstand zu der Kontrollgruppe. Es gab einen 18-tägigen Verzug im Blühzeitpunkt zwischen den LED -Varianten und der Kontrollgruppe.

Unterschiede zwischen den versch. LED Farbspektren ließen sich dieses Mal nur zu Versuchsbeginn beobachten. Kurz nach dem Umtopfen war die Variante „LED hoher Rotanteil“ etwas instabiler und kriechender als die Variante LED blaues Spektrum. Die Regenerationsraten stehen noch aus.

Phytotronergebnisse: Spenderpflanzen, die in Klimakammern mit einer Lichtintensität von 60.000 LUX angezogen wurden, zeigten einen deutlich kompakteren Wuchs. Wurden die Spenderpflanzen bereits als Jungpflanzen den hohen Lichtintensitäten ausgesetzt, konnte teilweise eine geringere Bestockung beobachtet werden. Die Ähren dieser Spenderpflanzen wurden ausschließlich für die Mikrosporenkultur verwendet. Die Ergebnisse lagen deutlich unter dem Durchschnitt der Vergleichspflanzen im Gewächshaus und es ist anzunehmen, dass eine die Umwelt während der Anzucht der Spenderpflanzen im Gewächshaus von Vorteil für die Mikrosporenkultur ist.

Die Kultur der Spenderpflanzen im Gewächshaus unter verschiedenen Temperaturbedingungen (16°C oder 21°C) erbrachte nur geringfügig bessere Regenerationsraten bei höheren Temperaturen. Auffällig war die etwas geringere Anzahl von erzeugten Albinos bei der Regeneration im Labor. Eine Wiederholung des Versuches mit Züchtermaterial bestätigte diese Tendenz.

Die Testung neuartiger Medien stellte sich als sehr vielversprechend heraus. Teilweise konnten Regenerationsraten von 3,7 bzw. 3,2 grünen Pflanzen/Ähre erreicht werden. Diese Raten würden unverzüglich zu einer Abschaffung der aufwändigen Mais/Weizenbestäubung führen, wenn sie reproduzierbar und an einer deutlich breiteren Genetik erzielt werden könnten. Daher müssen diese Ergebnisse nochmals reproduziert und mit Material mit einer größeren genetischen Basis getestet werden. Dieses findet zurzeit mit mehreren hundert Genotypen aus verschiedenen Zuchtprogrammen

statt. Neben verschiedenen Standardmedien wurden Variationen bzgl. der Konsistenz und der Phytohormonzusammensetzung getestet. Die Verwendung von Flüssigmedium zeigte sich dabei als regelmäßig besser, als wenn die Kulturen auf Festmedium ausplattiert wurden. Des Weiteren wurden Antioxidantien, und Osmotika getestet. Zusätzlich zu den neuartigen Nährmedien wurden umfangreiche Studien zu Stressbehandlungen (Kälte, Wärme) und der dabei verwendeten Gewebe/Organe durchgeführt. Diese Versuche befinden sich noch in der Auswertung.

Die Arbeiten mit Donoren des Weizengenoms führten zu keinem Erfolg. Es konnten ausschließlich Albinos regeneriert werden. Zudem zeigte sich, dass die Isolation von Mikrosporen auf Grund der Ähren- und Ährchenmorphologie äußerst zeitaufwendig und deutlich weniger effizient als bei *T. aestivum* ist. Nichts desto Trotz wäre die DH-Technologie für die Erstellung von Kartierungspopulationen innerhalb dieses Genpools sehr nützlich.

Die Charakterisierung von DH-Linien (über Mais-Weizen erstellt) aus einer Kreuzung zwischen Svilena (hoch tauglich) und Berengar (nicht tauglich) wurde fortgeführt. Einige DH-Linien mit einer guten Tauglichkeit konnten identifiziert werden. Nach einer erneuten Reproduktion/Wiederholung dieser Ergebnisse können die DH-Linien einer molekularen Analyse/QTL-Kartierung unterzogen werden. Des Weiteren konnten verschiedene rückgekreuzte Nachkommenschaften (Svilena x Berengar/andere Hochleistungssorte) in die Versuche integriert werden. Auch hier konnten zahlreiche grüne Regenerate produziert werden.

„Evaluierung genetischer Ressourcen der Kartoffel durch innovative Analysen von Inhaltsstoff- und Qualitätsparametern der Knolle“

„Evaluation of potato genetic resources by using innovative methods to analyse ingredients and quality traits of tubers“

#### **Laufzeit**

01.05.2008 bis 30.04.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Klaus J. Dehmer

Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung - Genbank Groß Lüsewitzer Kartoffel-Sortimente

#### **Verbundpartner**

Dr. André Schlichting

Steinbeis-Transferzentrum Soil Biotechnology

Prof. Dr. Peter Leinweber

Universität Rostock - Institut für Landnutzung

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die umfassende Evaluierung der genetischen Ressourcen ist eine Grundvoraussetzung für deren verstärkte Nutzung in der Züchtung zur Qualitätsverbesserung durch Erhöhung des Anteils erwünschter Inhaltsstoffe in der Kulturkartoffel. Gesamtziel des Verbundes war es, mit verbesserten und in der deutschen Kartoffelzüchtung bisher nicht angewandten Screening-Methoden eine Reihe von ertrags- und qualitätsbestimmenden Parametern mit Züchtungsrelevanz sowie die molekular-chemische Diversität a priori nicht erwarteter organischer Inhaltsstoffe in einem Kartoffel-Probenkollektiv mit möglichst großer Variabilität (= Genbankmaterial) zu erfassen. Im Ergebnis des Projektes sollten, nach Validierung bzw. Etablierung innovativer Untersuchungsmethoden zur schnellen Erfassung der betreffenden Qualitätsparameter, Grundlagen

zur Ermöglichung neuer Zuchtziele bei der Kartoffel erarbeitet werden.

Wichtige Zuchtziele der deutschen Kartoffelzüchtung in den letzten Jahr(zehnt)en umfassten vor allem Merkmale wie Reifegruppe, Speisequalität/Stärkegehalte und Krankheitsresistenzen. Durch Fortschritte auf dem Gebiet der Qualitätsanalytik sind mittlerweile aber auch Inhaltsstoffgruppen erfassbar, die zwar wichtige Qualitätsparameter darstellen und den Ernährungswert der Kartoffelknolle deutlich erhöhen können, bisher im Zuchtgang aber nicht berücksichtigt werden konnten.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden zunächst verfügbare molekular-, nass- und trockenchemische Analysenmethoden bzw. -verfahren für ein Evaluierungsverfahren zusammengestellt. Für die Evaluierung waren folgende Kriterien relevant: (1) die generelle Anwendbarkeit der Methoden bzw. Adaptierbarkeit an die Anforderungen zur Charakterisierung des Knollenmaterials; (2) die Eignung der erfassbaren Parameter als ertrags- und qualitätsbestimmende Merkmale; (3) die Relevanz dieser Eigenschaften für die Züchtung und (4) die Effizienz der Verfahren hinsichtlich ihres Probendurchsatzes und der Kosten.

Für die Untersuchungen wurden Akzessionen aus den Groß Lüsewitzer Kartoffel-Sortimenten (GLKS) des IPK selektiert. Bei der Auswahl wurden 224 Muster aus der Kulturkartoffel-Sammlung (KKS), dem andinen Kartoffel-Sortiment (AKS) sowie der Sammlung wilder und kultivierter Arten (WKS) unter den Gesichtspunkten geographischer und phänotypischer Merkmale, den Passportdaten (Ursprungsland, Zulassungsjahr etc.) sowie nach der Verfügbarkeit von Knollenmaterial berücksichtigt.

Nach dem Stand der Forschung wurden zum Vorhabensbeginn folgende Qualitätsparameter für die Kartoffelknolle als besonders aussagekräftig eingeschätzt: (1) die Ca<sup>2+</sup>- und K<sup>+</sup>-Gehalte, (2) der pH-Wert bzw. Säuregrad,

(3) das antioxidative Potenzial, (4) der „potato carboxypeptidase inhibitor“ (PCI) und (5) die Muster ausgewählter Aminosäuren und die Aktivität des Enzyms Asparaginase. Zur Untersuchung dieser Parameter wurden im Vorfeld des Vorhabens potenziell geeignete Verfahren selektiert bzw. konzipiert, die im Verlauf des Projektes entweder direkt umgesetzt oder adaptiert werden konnten oder nach den oben angeführten Gesichtspunkten ausgesondert bzw. durch andere Verfahren substituiert werden mussten.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde somit ein Evaluierungsschema entwickelt, das es ermöglicht, Knollenmaterial umfassend zu charakterisieren und eine Selektion unter züchtungsrelevanten Gesichtspunkten vorzunehmen. Das Verfahren der Evaluierung ist so konzipiert, dass eine effiziente Vorauswahl auf der Basis von molekular-, nass- und trockenchemischen Analysenmethoden mit hohem Probendurchsatz gewährleistet wird, die durch weiterführende chromatographische und/oder massenspektrometrische Analysen verifiziert werden können. Der Selektionsprozess wird durch eine komplexe und zielgerichtete Metadatenanalyse gesteuert, die eine sukzessive Integration sensorischer Eigenschaften erlaubt.

Durch die geleisteten Arbeiten wurden die Hauptziele des Vorhabens erreicht und werden kurz- und mittelfristig einer wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Verwertung zugeführt. Ein Meilenstein ist dabei die gemeinschaftliche Publikation der erhobenen Daten in renommierten Fachzeitschriften sowie die Präsentation der Forschungsergebnisse auf internationalen Fachtagungen.

Die während des Projektes und im Anschluss daran gewonnenen Daten bezüglich des IPK-Materials werden online im Rahmen des Genbank-Informationssystems GBIS verfügbar sein, so dass bei einem verstärktem Eingang der bearbeiteten Qualitätsparameter in die Kartoffelzüchtung mit einer verstärkten Nachfrage

nach charakterisiertem Material zu rechnen ist.

Durch die im Projekt erzielten Ergebnisse wurde das Dienstleistungsangebot des Steinbeis-Transferzentrums Soil Biotechnology im Bereich der Analyse von komplexen Biomaterialien durch die Entwicklung eines neuen Evaluierungsschemas zur effizienten Charakterisierung der qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffzusammensetzung von Kartoffelknollen aus der konventionellen Züchtung erweitert. Das geplante Produkt stellt sich als Synthese aus einer kartoffelknollenspezifischen massenspektrometrischen Datenbank von analysierten Knollenmaterial repräsentativer Akzessionen und einem Entscheidungshilfemodell zur Steuerung des Analysenprozesses dar. Letzteres kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn a priori nicht erwartete Inhaltsstoffe durch das Screening-Verfahren mittels Pyrolyse-Feldionisation Massenspektrometrie (Py-FIMS) detektiert werden, was als absolutes Novum in der Qualitätsbeurteilung von Kartoffelknollen zu bewerten ist.

„Terahertz-Messung zur *in vivo*-Analyse des Trockenstresses bei Nutzpflanzen: Optoelektronisches Messwerkzeug zur selektiven Züchtung und Kultivierung“

„Terahertz-measurement allows *in vivo*-analyses of drought stress in plants: Optoelectronic tools for selective breeding and cultivation“

#### **Laufzeit**

15.02.2008 – 14.02.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Thomas Müller-Wirts  
TEM Messtechnik GmbH

#### **Verbundpartner**

Prof. Dr. Dirk Selmar  
Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig - Institut für Pflanzenbiologie

Prof. Dr. Martin Koch  
Universität Marburg - Fachbereich für Physik

### **Kurzfassung der Ergebnisse**

#### *Einleitung:*

In diesem Projekt wird auf Basis der innovativen Terahertz (THz)-Technik ein neuartiges metrologisches Messgerät entwickelt, mit dem der Wassergehalt lebender Blätter ermittelt werden kann. Im weiteren Verlauf des Vorhabens sollen die Randbedingungen erarbeitet werden, um anhand der THz-Absorption auch den Status des Trockenstresses bei Nutzpflanzen *in vivo* detektieren zu können. Damit soll ein neues, innovatives Werkzeug zur selektiven Züchtung Trockenstress-resistenter Nutzpflanzen realisiert werden.

Der THz-Frequenzbereich liegt im elektromagnetischen Spektrum zwischen den Mikrowellen und dem Infrarot, d.h. zwischen etwa 200 GHz und 10 THz. Diese Strahlung ist dabei weder ionisierend noch invasiv und somit für den Menschen unbedenklich. Erzeugung und

Nachweis dieser Wellen waren jedoch lange Zeit äußerst aufwändig. In jüngster Zeit ist es jedoch gelungen, THz-Strahlung mit neuen opto-elektronischen Bauteilen zu erzeugen, so dass erstmals praxistaugliche Messgeräte entwickelt werden können.

#### Ergebnisse:

Im ersten Projektabschnitt lag der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten auf der Entwicklung und Optimierung eines Prototypen zur THz-basierten Erfassung der Wassergehaltes von Blättern. Mit diesem System wurde zunächst die Verminderung des Wasserpotentials im Zuge einer längeren Austrocknungsphase untersucht. Dabei zeigte sich eine sehr gute Korrelation zwischen dem Wasserverlust der Blätter und der THz-Absorption (Abbildung 1).

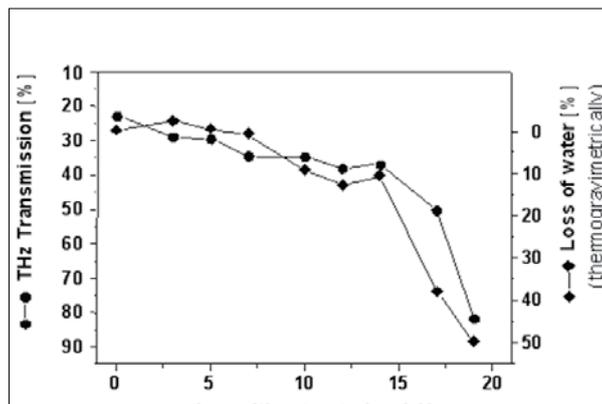


Abb. 1: **Korrelation der Wasserverluste und der THz-Signale.**

Die THz-Transmission der Kaffeeblätter wurde im Zuge einer massiven Austrocknungsphase über fast 3 Wochen ermittelt. Parallel wurde der Wassergehalt "klassisch" mittels Thermogravimetrie bestimmt.

Neben den Langzeitmessungen ist mit dem neuen Messgerät auch ein Kurzzeit-Monitoring möglich. Dabei verbleibt der Sensor am zu analysierenden Blatt und die Daten können minutenaufgelöst verfolgt werden. In Abbildung 2 ist dargestellt, wie sich der Wassergehalt bei einer Rehydratation von Blättern verändert. Dazu wurde eine etwa zweijährige Kaffeepflanze über einen Zeitraum von drei Wochen nicht gewässert, bevor sie wieder gegossen wurde.

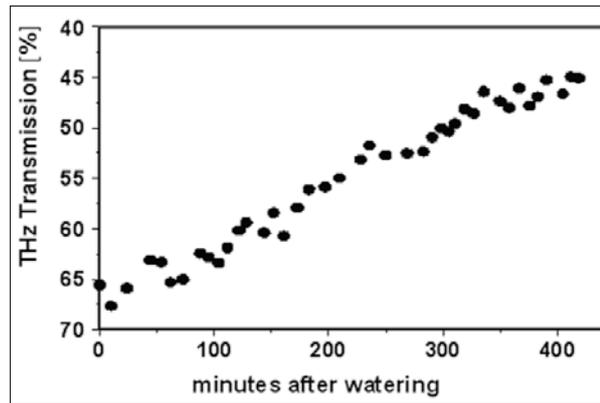


Abb. 2: **Anstieg des Blattwassergehaltes nach Wässerung einer Kaffeepflanze.** Anhand der THz-Signale kann die Rehydratation minutenaufgelöst erfasst und verfolgt werden.

Im aktuellen Projekt wird der Status des Trockenstresses anhand klassischer Indikatoren, nämlich der Chlorophyll-Fluoreszenz, der Expression der Dehydrine und der Akkumulation von  $\gamma$ -Aminobuttersäure (GABA), quantifiziert und mit den THz-Messungen verglichen. In Abbildung 3 ist die Korrelation der gemessenen THz-Absorption und der Trockenstress-induzierten GABA-Akkumulation dargestellt.

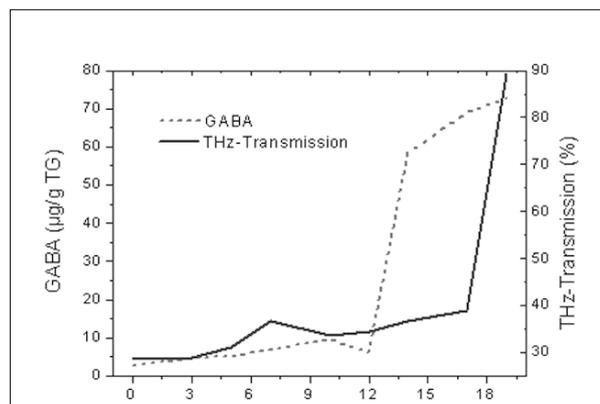


Abb. 3: **Korrelation der GABA-Akkumulation und den THz-Daten.** Die GABA-Gehalte wurden mittels HPLC quantifiziert.

#### Zusammenfassung:

Die bislang erarbeiteten Ergebnisse zeigen eindrucksvoll, dass die neue THz-Technologie geeignet ist, um den Wassergehalt von lebenden Blättern zu bestimmen. Mithilfe des entwickelten Prototyps ist es möglich, sowohl Langzeitmessungen als auch ein Kurzzeit-Monitoring durchzuführen. Darüber hinaus zeigen die ersten Daten zur Quantifizierung der Trockenstress-Parameter, dass die THz-Technologie auch geeignet ist, weitergehende

Aussagen zum Stress-Status zu generieren. Zurzeit wird der Prototyp in Hinblick auf seine Feldtauglichkeit hin optimiert. Im weiteren Verlauf des Projektes wird überprüft, inwieweit diese Technologie zukünftig in der Züchtung und Selektion von trockenheitsresistenten Varietäten Anwendung finden kann.

Wesentliche Teile dieser Arbeiten sind bereits publiziert (Jördens, Scheller, Breitenstein, Selmar, Koch, 2009: "Evaluation of leaf water status by means of permittivity at terahertz frequencies" *Journal of Biological Physics* 35(3), 255–264), bzw. stehen zur Publikation an: Breitenstein, Scheller, Shakfa, Kinder, Müller-Wirts, Koch, Selmar: "Introducing Terahertz Technology into Plant Biology: A Novel Method to Monitor Leaf Water Status".

„Entwicklung standardisierter Screening-Verfahren zur Identifizierung und Bewertung trockenstresstoleranter Genotypen von Zierpflanzen“

“Development of standardized screening procedures in order to identify and assess genotypes of ornamental plants tolerant to drought stress”

**Laufzeit**

14.04. 2008 bis 30.06.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Carl Bulich

Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V.

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Ludger Hendriks

Forschungsanstalt Geisenheim - Fachgebiet Zierpflanzenbau

Dr. Heike Schneider

Forschungszentrum Jülich GmbH - Institut Phytosphäre

**Kooperationspartner**

Ernst Benary Samenzucht GmbH

Kientzler GmbH & Co. KG

Klemm + Sohn GmbH & Co. KG

Syngenta Seeds GmbH

Bei dem vorgestellten Projekt handelt es sich um ein Verbundprojekt mit Partnern aus der privaten Zierpflanzenzüchtung, dem Forschungszentrum Jülich, der Forschungsanstalt Geisenheim und der GFP.

Die Züchtungsunternehmen stellen von ihnen auf Trockenstresstoleranz vorcharakterisiertes Pflanzenmaterial (Petunien, Begonien und *Impatiens*) für die Entwicklung des Screeningkonzeptes zur Verfügung und validieren die in den Forschungseinrichtungen erarbeiteten Konzepte im Feldversuch.

Die Forschungsanstalt Geisenheim und das Forschungszentrum Jülich entwickeln Methoden zur sicheren und effizienten Identifizierung von trockenstresstoleranten Zierpflanzen-Genotypen. Die GFP ist federführend für die Koordination des Verbundprojektes verantwortlich.

#### *Geisenheim:*

Im Vordergrund der Untersuchungen stehen konzeptionelle und methodische Arbeiten zur Gestaltung eines Prüfstandes mit standardisierbaren und automatisierbaren Trockenstressbedingungen. Daneben werden Strategien geprüft, um das Adaptionsvermögen der Pflanzen an Trockenstress und die Wechselwirkungen zwischen Trockenstress und Strahlungstress bei der Bewertung der Stresstoleranz von Genotypen berücksichtigen zu können.

Hieraus ist zwischenzeitlich ein Drei-Stufen-Konzept entwickelt worden, in dem

1. Pflanzen in einer Kleinparzellenanlage mit automatischer Bewässerung bei zwei Feuchtestufen (praxisübliche Bewässerungsintensität und intensiver Trockenstress) herangezogen werden,
2. Pflanzen nach ausreichender Anpassung an das unterschiedliche Wasserangebot für Dehydrierungsexperimente entnommen und in Klimakammern unter stationären Bedingungen einer Austrocknung unterworfen werden und
3. Pflanzen nach ausreichender Anzuchtdauer in Spezialcontainer verpflanzt und im Freiland bei zwei Feuchtestufen kontinuierlich auf Trockenstresssymptome bonitiert werden.

Auf allen drei Prüfständen werden morphologische und pflanzenbaulich relevante Trockenstressreaktionen erfasst und hierbei insbesondere das Differenzierungsvermögen sowie die Effizienz der verschiedenen Methoden bewertet. Nachfolgend sollen hieraus artspezifische Toleranzparameter zur Bewertung der Genotypen entwickelt werden. Zusätzlich

werden verschiedene pflanzenphysiologische Methoden auf ihre Eignung zur frühzeitigen Erkennung von Trockenstress getestet.

So wird beispielsweise versucht, die Trockenstresstoleranz in Austrocknungsversuchen mit Hilfe von Transpirationsstudien und Triebwasserpotenzialmessungen aufzuspüren, sowie durch thermografische Aufnahmen eine Aussage über den Energiehaushalt der Pflanzen zu treffen.

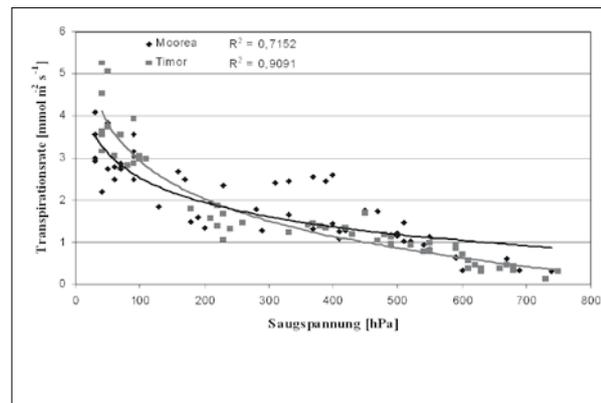


Abb. 1: Transpirationsraten zweier Impatiens-Sorten bei unterschiedlicher Saugspannung (Variation der Saugspannung im Rahmen eines Austrocknungsversuches).

Aus Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass es Unterschiede zwischen den beiden Sorten gibt, die Transpirationsrate von 'Timor' wird stärker durch das Wasserangebot beeinflusst als die von 'Moorea', der für das Überleben notwendige Stomatenschluss bei starkem Trockenstress wird in diesem Experiment jedoch von beiden Sorten ähnlich gut repräsentiert. Für das Studium dieser Zusammenhänge sind weitere Versuche unter Einbeziehung mehrerer Sorten geplant.

#### *Jülich:*

Die Jülicher Arbeiten haben die Entwicklung eines schnellen Screening-Verfahrens von Trockenstresstoleranz bei Petunien zum Ziel. Hierfür werden verschiedene methodische Ansätze zur Charakterisierung der Reaktionsdynamik von Petunien infolge von Trockenstress evaluiert, um geeignete Parameter zu identifizieren, anhand derer nach entsprechender

Vorkonditionierung des Pflanzenmaterials eine Klassifizierung von Trockenstresstoleranz nach Möglichkeit über eine vergleichende Ein-Punkt-Messung erreicht werden soll. Die bisherigen Untersuchungen ergaben, dass der hydrostatische Druck, die Photosyntheseleistung und das Blattwachstum der Pflanzen aufgrund der hohen Komplexität der Reaktionsdynamiken der unterschiedlichen Genotypen nicht als Screening-Parameter in Betracht kommen. Als vielversprechend werden dagegen das osmotische Potenzial und der spezifische Feststoffgehalt des Blattgewebes eingeschätzt. Abb. 2 zeigt spezifische Feststoffgehalte für 7 Petunien-Genotypen im ungestressten Zustand. Die höchsten Werte zeigen die Sorten „V100“ und „U39“, die in Trockenstressversuchen als toleranter eingestuft wurden als die anderen gezeigten Sorten. Gegenwärtig wird der Parameter „Feststoffgehalt“ intensiv hinsichtlich seiner Reproduzierbarkeit und Robustheit gegenüber äußeren Einflüssen wie den Kultivierungsbedingungen des Pflanzenmaterials geprüft.

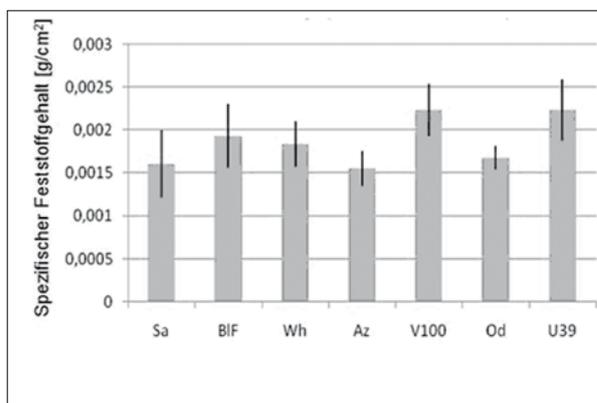


Abb. 2: Spezifische Feststoffgehalte für 7 Petunien-Genotypen im ungestressten Zustand. Die Sorten „V100“ und „U39“, die die höchsten Werte aufweisen, wurden in Trockenstressversuchen als toleranter eingestuft als die anderen Sorten.

Neben den konventionellen, sehr arbeitsaufwändigen Labormethoden kann zur Bestimmung der beiden Parameter „Inhaltsstoffakkumulation“ und „Feststoffgehalt“ prinzipiell auch die Methode der Kernspintomografie eingesetzt werden. Diese Methode, für die in

jülich auch mobile Niederfeld-Konzepte entwickelt werden, weist gegenüber den konventionellen Techniken den großen Vorteil auf, dass die genannten Parameter zerstörungsfrei und ohne spezifische Aufarbeitung des Pflanzenmaterials ermittelt werden können. Inzwischen liegen Prototypen der mobilen Systeme vor, die auch einen zukünftigen Einsatz im Gewächshaus und Freiland zulassen werden. Die Technik wird neben anderen methodischen Ansätzen derzeit intensiv hinsichtlich ihrer Nutzung für das Screening-Verfahren getestet.

„Verbesserung der abiotischen Stresstoleranz ausgewählter Zierpflanzen durch die Expression von Transkriptionsfaktoren“

„Improvement of abiotic stress tolerance of selected ornamental plants by the expression of transcription factors“

#### Laufzeit

01.02.2007 bis 31.01.2010

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Andrea Dohm

Klemm & Sohn GmbH & Co KG

#### Kurzfassung der Ergebnisse

Toleranz gegenüber abiotischem Stress ist in den letzten Jahren von steigender Bedeutung in der Pflanzenzüchtung, um den Herausforderungen einer sich ändernden Umwelt entgegenzutreten. Da abiotische Stresstoleranz jedoch ein komplex vererbtes Merkmal darstellt, ist eine deutliche Verbesserung durch einen konventionellen Züchtungsansatz in naher Zukunft nicht zu erreichen. Hier können moderne biotechnologische Methoden helfen, das Problem zu lösen. Im Rahmen des geförderten Projektes wurde geprüft, ob die abiotische Stresstoleranz von Zierpflanzen sich durch Überexpression von heterologen Transkriptionsfaktoren verbessern lässt. Diese

stellen regulatorische Gene dar, deren Genprodukte (Proteine) die Expression einer Vielzahl weiterer Gene aktivieren können, die dann letztlich die Stresstoleranz realisieren. Für das Projekt wurden 10 ausgewählte Transkriptionsfaktoren in die Zierpflanzenart Petunie eingebracht und die resultierenden 600 transgenen Pflanzenlinien hinsichtlich ihrer Toleranz gegenüber Trockenheit und Kälte analysiert. Für die Bewertung der Trockenstresstoleranz wurden im Projekt verschiedene Testsysteme etabliert, die zunächst auf bewurzelten Stecklingen basierten und später Gewächshaustests an größeren Pflanzen einschlossen. Die Mehrheit der getesteten Linien war nicht auffällig trockenstresstolerant und wurde nach dem initialen Screening verworfen. Einige der Transkriptionsfaktoren führten jedoch zu einer Vielzahl deutlich trockenstresstoleranterer Linien (Favoritenlinien). Durch umfangreiche topfbasierte Gewächshausuntersuchungen wurden bei diesen zahlreiche Trockenstresstoleranz-Parameter getestet. Daraus ergab sich sowohl für jede Favoritenlinie als auch für jeden Transkriptionsfaktor ein differenziertes Bild der Toleranzausprägung und half, den dahinterstehenden Toleranzmechanismus besser zu verstehen. Die erfolgreichsten Linien wurden weitergeführt und in den konventionellen Züchtungsgang integriert. Daraus zu entwickelnde neue Sorten schließlich sollen wie konventionelle Sorten produziert und vermarktet werden.

Die in den Trockenstress-Tests identifizierten Favoritenlinien wurden im letzten Projektjahr Untersuchungen zu einer möglichen Froststress-Toleranz unterzogen. Voll entwickelte Pflanzen wurden zum Zeitpunkt ihrer Verkaufsreife im Winter und Frühjahr unter Freilandbedingungen getestet. Es folgte ein Test in den Klimakammern, in denen die Pflanzen definiertem Frost ausgesetzt wurden. Unerwarteterweise ergab sich in keiner der Linien eine signifikant von der nicht-transgenen Kontrolle abweichende Frosttoleranz. Eine Korrelation zwischen Trocken- und Frostto-

leranz konnte nicht beobachtet werden. Aus den Ergebnissen muß daher der Schluß gezogen werden, daß die im Projekt verwendeten Transkriptionsfaktoren keinen aus Arabidopsis beschriebenen Einfluß auf die Frosttoleranz in Petunien haben.

„Entwicklung resistenter, homogener und ertragreicher Sorten von *Helleborus spec.*“

“Developing resistant, homogenous and high-yielding cultivars of *Helleborus spec.*”

#### **Laufzeit**

01.06.2009-30.06.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Traud Winkelmann, Julia Meiners  
Leibniz Universität Hannover - Institut für  
Zierpflanzen- und Gehölzwissenschaften -  
Abteilung Baumschule

#### **Verbundpartner**

Peter Oenings  
Gartenbaubetrieb Josef Heuger

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Schwarzfleckenkrankheit (*Coniothyrium hellebori*) ist die wichtigste pilzliche Krankheit, die in der Vermehrung und im Anbau von *Helleborus* teilweise große wirtschaftliche Schäden hervorruft. Die Bekämpfung erfolgt derzeit durch Einsatz von Fungiziden, was nur bedingt erfolgreich ist. Resistente *Helleborus* können allein aus der Art *Helleborus niger* nicht entwickelt werden. Zur Schaffung von resistenten bzw. tolerant Genotypen müssen weitere *Helleborus*-Arten in ein Kreuzungsprogramm einbezogen werden. Dafür werden innerhalb dieses Projektes seitens des wissenschaftlichen Partners (LUH) grundlegende Untersuchungen der Gattung *Helleborus* und des Schaderregers *C. hellebori* durchgeführt.

Im Rahmen des Projektes wurden durch den wissenschaftlichen Projektpartner *C. hellebori* Herkünfte aus Deutschland, dem benachbarten europäischen Ausland, Kanada und den USA zusammengetragen und als Sterilkultur etabliert. Die verschiedenen Herkünfte wurden sowohl morphologisch als auch molekular-genetisch mittels RAPD Markern (Random amplified polymorphic DNA) untersucht und miteinander verglichen. Alle Analysen haben gezeigt, dass die Variabilität innerhalb einer ausgewählten Herkunft und insbesondere zwischen den Herkünften sehr gering ist. Des Weiteren belegen die molekulargenetischen Analysen die asexuelle Vermehrung dieses Pilzes. Für die Entwicklung eines Tests zur Selektion resistenter *Helleborus* Arten bei der Fa. Heuger wurde eine Methode zur Gewinnung von Sporenmaterial zur Inokulation von *Helleborus* entwickelt. Die geringe genetische Variabilität des Pathogens bedeutet für die Etablierung solcher Tests, dass Inokulationen mit verschiedenen Herkünften nicht notwendig sind. Eine Mischung von Sporen weniger Herkünfte ist damit zur Detektion von Resistenzquellen innerhalb der Gattung geeignet.

Parallel zur molekulargenetischen Analyse der Schwarzfleckenkrankheit wurden auch die Arten der Gattung *Helleborus* einer molekulargenetischen Analyse mittels AFLPs (amplified fragment length polymorphism) unterzogen. Das sich daraus ergebende Phenogramm spiegelt die Verwandtschaftsverhältnisse der Arten untereinander wider, wie sie in der Monographie von Mathew (1989) aufgrund morphologischer Kriterien beschrieben wurden. Weiterhin wurde die Chromosomenanzahl für 11 Arten überprüft und stimmt mit den Angaben in der Literatur mit  $2n=32$  überein. Experimente zur Bestimmung der Genomgröße der *Helleborus*-Arten identifizierten *H. argutifolius* als die Art mit dem kleinsten Genom mit 18,3 pg/2C und *H. thibetanus* als Art mit dem größten Genom mit 33,2 pg/2C. Die meisten Arten haben eine Genomgröße zwischen 26,8 und 31,3 pg/2C.

In weiteren Versuchen wurde eine Methode zur Pollenlagerung etabliert und Kreuzungsbarrieren zwischen Arten wurden als vorwiegend postzygot identifiziert. Zu deren Überwindung wird derzeit ein Verfahren über Embryo Rescue entwickelt. Aufgrund eines unterentwickelten Embryos und einer physiologischen Dormanz, die bei *Helleborus* Samen auftreten, ist die Embryo Rescue Kultur sehr langwierig und befindet sich in der Auswertungsphase. Über interspezifische Hybridisierungen innerhalb der Gattung *Helleborus* und den Nachweis solcher Nachkommen sind somit noch keine abschließenden Aussagen möglich.

Beim Projektpartner Heuger wurde ein geeigneter Resistenztest mit dem *C. hellebori* Sporengemisch des Verbundpartners LUH entwickelt. Als geeignet erwies sich eine Lagerung von einzelnen, intakten Blättern der reinen Arten in einer Plastiktüte bei 20 °C und 12 h Licht (900 lux). Diese Blätter wurden zuvor mit einem definierten Sporengemisch unterschiedlicher Herkünfte beimpft. Anfällige Arten bildeten bereits nach 6-12 Tagen die typischen Symptome der Schwarzfleckenkrankheit aus und konnten bonitiert werden. Dieser Test erwies sich als sehr geeignet, weniger und stärker anfällige Arten zu detektieren, wodurch eine Vorauswahl der Kreuzungspartner getroffen werden konnte. Eine Weiterentwicklung dieses Tests führte zur Infektion von verletzten bzw. angeschnittenen Blättern mit dem Sporengemisch. Die Verletzung erwies sich als Eintrittspforte für den Pilz und Symptome wurden noch deutlicher und schneller ausgebildet.

Zusätzlich zu diesem Resistenztest wurden gekeimte Sämlinge von *H. niger* mit einem definierten Sporengemisch beimpft, und optisch nicht befallene und überlebende Pflanzen werden nun für weitere Blatttests herangezogen. Bei positiver Bewertung im Resistenztest können diese Genotypen für Kreuzungen und Selbstungen verwendet werden, da sie eine Quelle für tolerante bzw. resistente Sorten darstellen.

Mehrere Genotypen aller verfügbaren Arten wurden im Diallel gekreuzt. Insbesondere Vertreter jener Arten, die sich im vorangegangenen Test als weniger anfällig gegenüber der Schwarzfleckenkrankheit erwiesen, wurden in das Vorhaben einbezogen. Ferner wurden Selbstungen aller beteiligten Pflanzen durchgeführt, um an den S1-Nachkommenschaften die genetische Konstitution der entsprechenden Eltern zu bestimmen.

Voraussetzung für die Kreuzungen im Diallel war eine Anpassung der Blütezeiten, welche sich bei den unterschiedlichen Arten von Oktober bis März erstrecken. In umfangreichen Versuchen konnte eine geeignete Methode zur Anpassung entwickelt werden. Ein Großteil der durchgeführten Kreuzungen führte zu einer Verdickung der Fruchtblätter, und eine beginnende Samenentwicklung konnte ebenfalls beobachtet werden. Da die Entwicklung der Samen nach ca. 5-7 Wochen (je nach Kreuzungspartner) beeinträchtigt wurde, wurden Fruchtknoten von der Mutterpflanze entnommen und die sich bildenden Samen beim Projektpartner LUH unter sterilen Bedingungen weiter kultiviert (Embryo-Rescue-Methode). Zudem wurden die Kultur- und Kreuzungsbedingungen der Mutterpflanzen optimiert, um eine Ausreife der Samen aus interspezifischen Kreuzungen *in vivo* zu erreichen.

Die Keimzeit der ausgereiften Samen gestaltet sich bei den einzelnen *Helleborus*-Arten sehr unterschiedlich und kann bis zu 40 Wochen dauern. In diversen Untersuchungen wird derzeit versucht, diese Keimzeit zu verkürzen. Sowohl chemische, physikalische als auch mechanische Methoden werden getestet.

Kreuzungen, die *in vivo* reife Samen hervorbrachten, wurden ausgesät. Die aufgelaufenen Sämlinge wurden pikiert und werden bis zur Blüte weiter kultiviert, um phänotypische Merkmale zu bonitieren. Nachkommen der Kreuzung aus *H. niger* x *H. vesicarius* zeigen phänotypisch einen ausgeprägten Hybridcharakter (Abb. 1). Dieser muss noch vom Projektpartner in Hannover mittels der dort etablierten Methoden, über Durchflusscytometrie und molekulare Marker, bestätigt werden. Eine Infektion der Blätter dieser Hybriden mit den Sporen des Pilzes *C. hellebori*, führte im Vergleich zu den reinen Arten zu geringeren Schadsymptomen.

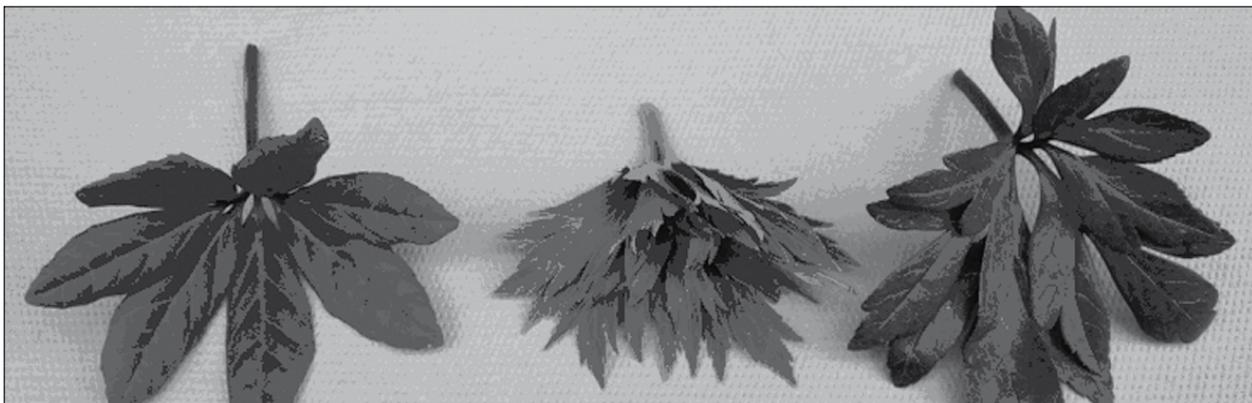


Abb. 1: Blätter der reinen Arten *H. niger* (Mutter), *H. vesicarius* (Vater) und der entstandenen Hybride *H. niger* x *H. vesicarius*

„Nutzung neuer molekularer Methoden zur Effizienzsteigerung der Züchtung von Knospenblühern bei *Calluna vulgaris* L. (Hull.): ein interdisziplinärer Ansatz zur Stärkung von Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit“

“Use of new molecular techniques for improving the breeding of bud-flowering *Calluna vulgaris* L. (Hull): an interdisciplinary approach for strengthening innovation and competitiveness”

**Laufzeit**

01.03.2008 bis 31.05.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Annette Hohe

Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.

**Verbundpartner**

Peter de Winkel

Heidepflanze Peter de Winkel

**Kurzfassung der Ergebnisse**

*Arbeitspaket 1 – Analyse des polygenen genetischen Hintergrundes und Aufbau eines entsprechenden Zuchtgartens*

Zur Untersuchung des genetischen Hintergrundes des Merkmals Knospenblütigkeit wurde eine vergleichende Sequenzanalyse des Transkriptom von Knospenblühern und Einfachblühern durchgeführt (Roche 454 Titanium Sequenzierung). Erste Analysen zeigen, dass die Sequenzdatenbank (insgesamt 423.304 Reads) potentiell interessante Kandidatengene zur Steuerung der Blütenorganidentität enthält, u. a. MADS<sup>3</sup>-Box Transkriptionsfaktoren. Für die spätere Validierung selektierter 454-Sequenzdaten wurde die Methodik der quantitativen PCR für *C. vulgaris* etabliert und exemplarisch die Expression zweier Transkriptionsfaktoren analysiert, die eine Funktion in der Ausprägung der Blütenorganidentität haben (Borchert et al. 2009). Blüten von *C. vulgaris* bestehen im

Perianth aus zwei Kreisen mit je vier gefärbten Blättern. Hier konnte gezeigt werden, dass es sich bei Einfachblühern um jeweils vier Sepalen und vier Petalen handelt. Im Gegensatz dazu sind in Knospenblühern die inneren vier gefärbten Blätter in Sepalen umgewandelt.

Im Unternehmen de Winkel wurden bisher über 35.000 Bestäubungen durchgeführt. Allein aus den Kreuzungen im Jahr 2008 resultierten mehr als 20.000 Sämlinge, aus den Kreuzungen im Jahr 2009 sind bereits 13.500 Sämlinge pikiert (von 47.691 erzeugten Samen). Aktuell besteht der beim Unternehmen aufgebaute Zuchtgarten aus 2334 Klonen (von 92 Sorten und anderen Genotypen) sowie den o. g. Sämlingen. Das Unternehmen hat ein Dokumentationssystem zur Bonitur von Genotypen eingeführt, das auch wirtschaftlich relevante Merkmale wie z.B. die Bewurzelungsleistung umfasst, sowie ein Selektionssystem für Kreuzungsnachkommenschaften etabliert, das vor der Sortenanmeldung von Genotypen Anwendung findet.

*Arbeitspaket 2 – Kreuzungstechnik und Inkompatibilitäten*

Am IGZ wurde ein Protokoll zur Anfertigung und Färbung histologischer Paraffinschnitte etabliert (Borchert et al. 2009), um bei unterschiedlichen Kreuzungskombinationen Experimente im Hinblick auf Embryo- und Blütenentwicklung durchzuführen und hieraus Rückschlüsse zur Verbesserung der Kreuzungstechnik zu erlangen. In Kombination mit Untersuchungen zum Pollenschlauchwachstum deuten die Ergebnisse auf eine präzygotische Inkompatibilitätsreaktion in denjenigen Genotypen hin, die für einen niedrigen Saatgutansatz bekannt sind.

Eine Beobachtung der Umweltparameter zeigte, dass eine durchschnittliche Tages-Temperatur von mindestens 17°C im Bestäubungszeitraum (gemittelt über 24 Stunden) erforderlich ist, um Saatgutansatz zu gewährleisten. Die Pflanzen sollten weiterhin einer

<sup>3</sup> MCM1, Agamous, Deficiens, SRF

Lichtsumme von mind. 120 klx\*h ausgesetzt sein. Um möglichst befruchtungsfähige Blüten zu identifizieren, können zusätzlich sortenspezifische Eigenschaften bonitiert werden, wie z.B. die Klebrigkeit der Narbe und die Griffelfärbung, die sich im Verlauf der Zeit sortenabhängig ändern.

#### *Arbeitspaket 3 – Kulturbedingungen für Blütensteuerung*

In einem Klimakammerexperiment wurde die Auswirkung verschiedener Licht- und Temperaturbedingungen auf die Blüteninduktion von *C. vulgaris* untersucht. Am günstigsten für eine Blüteninduktion erwies sich eine Temperatur von 18/13°C (Tag/Nachttemperatur) in Verbindung mit einer Belichtung von 445  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  über 16h (Eckart et al. 2009). Damit ist es möglich, auch außerhalb des natürlichen Blühzeitraums Blüten zu induzieren, um zusätzliche Kreuzungsversuche durchführen zu können.

#### *Arbeitspaket 4 – Markierung und Kartierung des antizipierten Majorgens für Knospenblütigkeit*

Die Entwicklung molekularer Marker für das Merkmal Knospenblütigkeit würde eine frühere Selektion und somit einen erheblich reduzierten Aufwand in der Sämlingsanzucht ermöglichen. Durch die parallele Erstellung einer genetischen Karte ist angestrebt, entsprechende Marker bzw. das Merkmal der Knospenblütigkeit zu lokalisieren. Die Markierung des Merkmals wird mittels AFLPs<sup>4</sup> durchgeführt, die Kartierung basiert auf der gleichen molekular-biologischen Technik. Diese wurde im Rahmen des Projekts etabliert (Borchert und Gawenda 2010).

Eine Validierung auf Einzelpflanzenebene (n = 124) für den bisher besten AFLP<sup>4</sup>-Marker für Einfachblütigkeit zeigte, dass 3,2% rekombinante Genotypen auftreten. Es wurde noch kein Marker für Knospenblütigkeit identifiziert, der eine Rekombinationsrate in der Nachkommenschaft von <10% aufweist.

Für die Erstellung der genetischen Karte wurden bis zum jetzigen Zeitpunkt durch den Einsatz von acht verschiedenen Enzym-Primer-Kombinationen (EPK) ca. 160 polymorphe PCR-Produkte (20,4 Marker / EPK) in einer BC1-Population mit 128 Nachkommen ausgewertet. Dieser Durchschnittswert an polymorphen Markern / EPK liegt damit deutlich unter den Erwartungen, vermutlich auch aufgrund der relativ kleinen Genomgröße von nur ca. 1154 Mbp (Borchert et al. 2009). Da keine vollständig homozygoten Eltern für diese Kreuzung verwendet wurden, spalten nur ca. 53% der bisher ausgewerteten Marker 1:1, ca. 19% spalten 3:1 und weitere 28% zeigen andere, abweichende Spaltungsverhältnisse. Die aktuelle Datenlage ist derzeit noch nicht ausreichend für eine Kartierung. Durch die weitergehende Integration von Markerdaten sowie die Ergänzung der AFLP-Methodik um eine methylierungssensitive EPK ist geplant, eine deutliche Erhöhung der Markeranzahl zu erreichen, um bis zum Projektende die erste genetische Karte in *C. vulgaris* berechnen zu können.

#### **Literatur**

**Borchert, Th.; Eckhardt, K.; Fuchs, J.; Krüger, K.; Hohe, A. (2009) BMC Plant Biology 9:148.**

**Borchert T, Gawenda I (2010) Electronic Journal of Biotechnology. March 15, 2010, 13(2).**

**Eckardt K, Vogt F, de Winkel P, Borchert T, Hohe A (2009) <http://www.hortigate.de>.**

<sup>4</sup> Amplified Fragment Length Polymorphisms

„Biotechnologische und molekulare Methoden zur züchterischen Nutzbarmachung von Bakterienresistenz (*Xanthomonas hortorum* pv. *pelargonii*, *Ralstonia solanacearum*) bei Pelargonien“

„Biotechnological and molecular methods to use bacteria resistance (*Xanthomonas hortorum* pv. *pelargonii*, *Ralstonia solanacearum*) in Pelargonium breeding“

**Laufzeit**

01.05.2007 – 31.03.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Martin Geibel  
Elsner pac® Jungpflanzen GbR

**Verbundpartner**

Dr. Klaus Richter  
Julius Kühn Institut - Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz

**Kurzfassung der Ergebnisse**

*Xanthomonas hortorum* und *Ralstonia solanacearum* sind zwei Bakteriosen, die Pelargonien zum Absterben bringen und somit zu erheblichen wirtschaftlichen Schäden führen können. Beide sind nicht chemisch bekämpfbar. Die Resistenz von Pelargonienarten gegen bakterielle Erreger erlangt dadurch eine besondere Bedeutung und würde zu einem beträchtlichen Wettbewerbsvorteil für ein Züchtungsunternehmen führen, da bisher keine resistenten Sorten bekannt sind.

Für die Evaluierung eines sehr umfangreichen Pelargonienassortimentes der Firma Elsner pac® Jungpflanzen Dresden wurden im JKI Resistenzprüfmethoden erarbeitet und virulente Erregerstämme für die Testungen selektiert. Im Verlaufe der Untersuchungen konnten zahlreiche Genotypen identifiziert werden, die resistent bzw. tolerant gegen die genannten Bakteriosen waren. Drei Genotypen erwiesen

sich als resistent gegen beide Bakteriosen. Allerdings sind die resistenten Genotypen nicht direkt mit Kultursorten kreuzbar. Es wurden daher Brückenkreuzungen mit einer anfälligen Wildart zur Einlagerung der Resistenzen in Kultursorten durchgeführt. Inwieweit diese Strategie erfolgreich ist, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht absehbar.

Weiterhin wurden zur Einlagerung der Resistenzen Protoplastenfusionen durchgeführt. Es konnte eine Methode zur Protoplastengewinnung und -regenerierung für verschiedene Gewebe und unterschiedliche Genotypen entwickelt und erfolgreich Pflanzen regeneriert werden. Für die Charakterisierung der aus Fusion entstandenen Regeneratpflanzen wurden neben der phänotypischen Charakterisierung, verschiedene zytologische und molekulare Methoden angewendet.

„Erschließung neuer Resistenzquellen in der Gattung *Gaultheria* gegen den Pilz *Colletotrichum gloeosporioides*“

„Utilisation of new resources of resistance in the genus *Gaultheria* against the fungus *Colletotrichum gloeosporioides*“

**Laufzeit**

01.03.2007 bis 31.03.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Sylvia Plaschil  
Julius Kühn-Institut - Institut für Züchtungsforschung an gartenbaulichen Kulturen und Obst

**Verbundpartner**

Hans-Peter Holz  
Gartenbau Holz GbR

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Scheinbeere (*Gaultheria procumbens*) kann massiv durch den Pilz *Colletotrichum gloeospori-*

*oides* befallen werden. Der Pilzbefall führt zum Auftreten von bräunlich-schwarzen Läsionen an Blättern und Sprossen, zum Absterben von Trieben und Zweigen sowie zur Fruchtfäule. Für Resistenzuntersuchungen wurden 141 *Gaultheria*-Genotypen gesammelt, wovon 29 Genotypen Herkünften und Formen von *Gaultheria procumbens* zuzuordnen sind. Die anderen Genotypen sind verschiedene Herkünfte von 40 *Gaultheria*-Arten. Von dem pilzlichen Erreger *C. gloeosporioides* bzw. *C. acutatum* liegen 30 verschiedene Isolate vor, deren phylogenetische Verwandtschaft mit molekularen Methoden bestimmt wurde. Darüber hinaus wurde die Virulenz der Pilz-Isolate an *G. procumbens*-Sämlingen in dreifacher Wiederholung geprüft. Anhand der Ergebnisse erfolgte die Differenzierung der Isolate in die Gruppen schwach, moderat und hoch virulent. Mit einem schwach und einem hoch virulenten *C. gloeosporioides*-Isolat wurden Resistenztestungen an weiteren *Gaultheria*-Genotypen durchgeführt, von denen zwei Genotypen Toleranzen gegen den Erreger *C. gloeosporioides* zeigten.

Für Artkreuzungen wurde die Pollenfertilität der *Gaultheria*-Arten geprüft und *G. procumbens* als mütterlicher bzw. väterlicher Elter verwendet. *Gaultheria-Arthybriden* liegen vor und wurden molekular nachgewiesen. Eine vegetative Invitro-Vermehrung über Achselsprosse wurde für *Gaultheria* etabliert.

„Analyse von *Thinopyrum*-Arten als Donoren von Resistenzgenen gegen wichtige Pathogene im Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) unter besonderer Berücksichtigung der Resistenz gegen die Erreger der Halmbrechkrankheit (*Oculimacula* spp.)“

“Analyses of *Thinopyrum* species to broaden the genetic basis of resistance of wheat (*Triticum aestivum* L.) against important pathogens with special consideration of eyespot (*Oculimacula* spp.)”

#### **Laufzeit**

01.01.2008 bis 31.12.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Hilmar Cöster  
RAGT 2n

#### **Verbundpartner**

Prof. Dr. Fran Ordon  
Julius-Kühn-Institut - Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

In Deutschland ist im vergangenen Jahrzehnt die Weizenanbaufläche stetig angestiegen und bedingt durch getreidereiche enge Fruchtfolgen hat der Befallsdruck durch pilzliche und virale Krankheitserreger zugenommen. Im Rahmen der Sicherung einer verbraucher- und umweltfreundlichen Weizenproduktion kommt der Resistenz vor diesem Hintergrund eine besondere Bedeutung zu. Da die Kulturart *Triticum aestivum* als Quelle neuer Resistenzen gegen bedeutende Pathogene wie *Oculimacula* spp., *Fusarium* spp., *Puccinia tritricina*, *Barley yellow dwarf* virus u.a. weitgehend ausgeschöpft ist, ist die Erschließung neuer Resistenzen aus Wildformen von besonderer Bedeutung. Ziel dieses Projekts ist es durch ein markergestütztes Rückkreuzungsprogramm neue Resistenzgene aus den Wildformen *Thinopyrum intermedium* und *Thinopyrum ponticum* in adaptierte Weizensorten einzulagern und

damit für die Weizenzüchtung nutzbar zu machen. Für diese Arbeiten standen als Träger eines *Thinopyrum ponticum* Fragmentes auf Chromosom 4D die Weizenintrogressionslinie PI611939 und als Träger eines T. intermedium Fragments die Akzession PI583794 (kurzer Arm von Chromosom 4D) sowie die Rückkreuzungslinien TC14xChargerA/tt und TC14xChargerB/tt (beide Chromosom 7D), sowie als rekurrente Eltern die Weizensorten 'Boomer', 'Esket', 'Mirage' und 'Hermann' zur Verfügung.

Zunächst wurden alle Kreuzungseltern auf ihre Resistenz gegenüber den oben genannten Krankheitserregern getestet. In diesen Analysen konnten mögliche Resistenzen gegen Halmbruch (*O. yallundae* und *O. acuformis*), *Fusarium culmorum*, und *Barley yellow dwarf virus* (PAV) in der Introgressionslinie PI611939 und gegen *Puccinia triticina* (Isolate 167/176 WxR und 77WxR), *Wheat dwarf virus* und *Wheat streak mosaic virus* (WSMV\_57) in der Linie PI583794 identifiziert werden. Die Linien TC14xChargerA/tt und TC14xChargerB/tt zeigen Resistenz gegenüber BYDV. Um diese Resistenzen auf den Introgressionsfragmenten lokalisieren zu können wurden für Chromosom 4D 69 Mikrosatelliten im Hinblick auf Polymorphismen zwischen den Resistenzdonoren und den rekurrenten Eltern analysiert. Von diesen waren 18 polymorph und wurden mit Nullitetrasonen- und Deletionslinien der Sorte 'Chinese Spring' entsprechenden Chromosomenabschnitten zugeordnet.

Um die bei den Rückkreuzungen entstandenen Pflanzen mit *Thinopyrum*-Introgression zu identifizieren, wurden diese mit Hilfe der introgressionsspezifischen Marker STSJ15 und 2P1/2P2 analysiert. Von 473 analysierten Pflanzen trugen in der der BC1F1 198 und in der BC2F1 Generation von 384 Pflanzen 175 die Introgression. Im Anschluss erfolgte mit Hilfe von 18 polymorphen Markern, die über das gesamte Chromosom 4D verteilt sind, die Bestimmung der Größe der Introgressionsfragmente der Kreuzungen 'Boomer'/'Esket'/'Mirage' mit

PI583794 bzw. PI611939. Basierend auf diesen Daten wurden in der BC<sub>1</sub>F<sub>1</sub> 40 Pflanzen mit Introgressionsfragmenten unterschiedlicher Länge ausgewählt und rückgekreuzt. Die BC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> wurde anschließend analog analysiert, so daß durch die Gegenüberstellung der Markerergebnisse für die BC<sub>1</sub>F<sub>1</sub> - und BC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> - Generation Veränderungen in der Größe des Introgressionsfragments durch Crossing-Over während der Rückkreuzung nachvollzogen werden konnten. Durch den Vergleich der genotypischen und phänotypischen Ergebnisse können die Resistenzen auf dem Chromosom lokalisiert werden. Dafür wurden die BC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> und BC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> Generationen zusammen mit den jeweiligen Kreuzungseltern auf ihre zuvor nachgewiesene Resistenz gegen die beschriebenen Erreger getestet.

Auf Chromosom 7D lag das Hauptaugenmerk darauf, die in den Linien TC14xChargerA/tt und TC14xChargerB/tt vorhandene Resistenz gegen BYDV durch Kreuzung mit der Sorte 'Hermann' mit dem Resistenzgen *Pch1* zu kombinieren. Zunächst wurde durch Analyse der Donorlinie TC14 als Ursprung für die Resistenz gegen BYDV und dem Kreuzungselter 'Charger', mit 32 polymorphen Markern die Größe des TC14-Fragmentes auf Chromosom 7D in den Linien TC14xChargerA/tt und TC14xChargerB/tt bestimmt.

Für die weitere Analyse wurden 490 Pflanzen der F4-Generation der TC14xChargerA/tt/Hermann\*4 und TC14xChargerB/tt/Hermann\*2 Kreuzungen mit spezifischen Markern für die Resistenz gegenüber BYDV (*gwm37/Bdv2*) und für *Pch1* (*barc76*, *barc97*, *wmc14* und *orw1*) untersucht. Von den Linien, die aufgrund der Markeranalysen beide Resistenzen tragen sollten, wurden jeweils 10 Pflanzen der F5-Generation auf Ihre Resistenz gegen Halmbruch und BYDV geprüft. Im Keimlingstest wiesen sowohl die Sorte 'Hermann' als auch einige Linien der F5-Generation ein besseres Resistenzniveau als die Sorte 'Cappelle Deprez' auf. Die Ergebnisse des BYDV-Resistenztests stehen

noch aus, aber ein erster ELISA-Test weist darauf hin, dass in einzelnen Linien möglicherweise eine Rekombination zwischen den beiden Resistenzen stattgefunden hat.

„Analyse und Nutzung genetischer Ressourcen zur Erstellung neuer Diversität in Futter- und Rasengräsern“

„Analysis and utilization of grass genetic resources for generating new diversity in fodder and amenity types“

**Laufzeit**

01.05.2008 – 30.04.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Klaus J. Dehmer  
Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung für Groß Lüsewitzer Kartoffel-Sortimente

**Verbundpartner**

Dr. Bernhard Saal  
Saatzucht Steinach GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Projekt-Gesamtziel ist es, mittels pflanzengenetischer Ressourcen neue Vielfalt via Art- und Gattungsbastarden in Sortenmaterial der drei wichtigen Gräsergattungen *Dactylis*, *Lolium* und *Phleum* einzulagern. Hierdurch wird eine Verbesserung bzw. (Wieder-)Einführung von agronomisch relevanten Merkmalen in die bestehenden Genpools angestrebt, während eine effizientere und molekulargenetisch unterstützte Züchtungsmethodik zur Beschleunigung von Zuchtgängen beitragen soll.

In den beiden letzten Jahren wurden vom Züchtungspartner verschiedene interspezifische Kreuzungen bei Knaut- und Lieschgras vorgenommen. F1-Pflanzen aus dem erzeugten Saatgut wurden am IPK mittels Mikrosatelliten-Analysen untersucht, entsprechende Hybriden identifiziert und diese der Saatzucht Steinach

für Rückkreuzungsexperimente übergeben. In weiter fortgeschrittenem Material, u.a. von *Festulolium*, erfolgte 2010 der Nachweis der Einlagerung (Introgression) von Donor-Genom(fragment)en mit Hilfe der GISH-Technik.

Weiteres Teilziel ist die SNP-Charakterisierung einer diversen *Phleum*-Teilsammlung des IPK. Hier zeigte sich, dass die direkte Übertragung eines etablierten SNP-Markersets des Weidelgrases auf das Lieschgras nicht möglich ist; es mussten Sequenz-Anpassungen vorgenommen werden, die Diversitätsanalyse selbst ist für den Herbst 2010 vorgesehen.

Die Projektergebnisse werden durch wissenschaftliche Publikationen und via Bereitstellung im Genbankinformationssystem (GBIS) des IPK verwertet. Durch den deutlich erhöhten Grad der Genotypisierung der *Phleum*-Ressourcen steht gut charakterisiertes Genbankmaterial für die Gräserzüchtung direkt bereit.

„Entwicklung neuer hoch anthozyanhaltiger Karottentypen zum Anbau in Deutschland und zur Herstellung eines natürlichen Lebensmittelextraktes“

“Breeding of Black Carrot Varieties high in Anthocyanins for Farming in Germany and Suitable to obtain a Natural Color Extract”

**Laufzeit**

01.05.2008 bis 30.06.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Christian Christiansen  
Wild Flavors Berlin GmbH & Co. KG

**Verbundpartner**

Dr. Holger Junghans  
NORIKA GmbH

Dr. Thomas Nothnagel  
Julius Kühn-Institut - Institut für Züchtungsforschung an Gartenbaulichen Kulturen und Obst

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Die sogenannte Schwarze Karotte (*Black/Purple Carrot*) ist ein wirtschaftlich interessanter Rohstoff zur Herstellung rot färbender, farbstarker Karottensaftkonzentrate. Als färbendes Lebensmittel ersetzt sie zunehmend künstliche Lebensmittelfarbstoffe in sauren Applikationen, v. a. in Getränken und Süßwaren. Nach dem *de-facto* Bann der Southampton Six, 6 künstlicher Lebensmittelfarbstoffe, durch die EU ist der Austausch von künstlichen gegen natürliche Farben ganz im Sinne von Verbrauchern, Lebensmittelherstellern und Politikern.

Die *Schwarzen Karotten* gehören botanisch zur gleichen Art, wie die heute weltweit verbreitete orangefarbene Möhre, *Daucus carota* L. Da die violetten Wild- und Landrassen aus dem nahöstlichen und mediterranen Raum an die hiesigen Umweltbedingungen (Temperaturbedingungen, Wasserversorgung, Pathogene, Langtagsbedingungen) angepaßt werden

müssen, gehen die heute kommerziell für Mitteleuropa verfügbaren violette Formen (z. B. Bejo, NL; Seminis, USA) auf Rückkreuzungen in den orangefarbenen, mitteleuropäischen Sortenpool zurück und sind vorrangig für den Gemüsemarkt adaptiert. Im Rahmen des Projektes sollte Basismaterial für die Züchtung stark anthocyanhaltiger Karottensorten entwickelt werden, ohne auf Rückkreuzungen in den orangefarbenen Genpool zurückgreifen zu müssen. Die zu entwickelnden Genotypen sollen in Deutschland kultiviert werden können und ein hohes Resistenzpotential gegen heimische Krankheitserreger z. B. *Alternaria* ssp. aufweisen. Für das Zuchtziel 'Anthozyangehalt' wurden Gehalte über 2g / 100g Frischmasse anvisiert.

Im Rahmen des Projektes wurde zunächst eine Genbankrecherche (europäische Genbanken) durchgeführt bei der 25 Treffer gelandet wurden, d. h. Akzessionen bei denen Hinweise auf violette Wurzelfarbe vorlagen. Diese 25 Akzessionen wurden zunächst unter Gewächshausbedingungen hinsichtlich agronomischer Merkmale evaluiert. In 19 Akzessionen wurden anthozyanhaltige Möhren gefunden und aussichtsreiche Pflanzen für eine weitere Vermehrung ausselektiert. Nachkommenschaften wurden sowohl unter Gewächshausbedingungen als auch Feldbedingungen evaluiert und Proben für Anthozyanuntersuchungen bereitgestellt. In den Analysen konnten eine Reihe Pflanzen identifiziert werden, die Anthozyangehalte deutlich über der Zielvorgabe aufwiesen. Diese Pflanzen wurden für weitere Selektionen, Kreuzungen sowie für Linienvermehrungen beim Projektpartner NORIKA genutzt. Die derzeit laufenden weiteren Selektionsarbeiten sind maßgeblich auf agronomische Merkmale wie z. B. verbessertes Ertragspotential, Wurzelqualität, Schossfestigkeit u. a. als notwendige Vorraussetzung für einen Zuchtaufbau fokussiert. Mit fünf entwickelten Zuchtlinien wurde 2010 ein erster ca. eine halben Hektar umfassender Anbauversuch unter Praxisbedingungen in Schleswig-

Holstein durchgeführt. Die gewonnenen Daten sollen zur Präzisierung der Zuchtstrategie genutzt werden. Das geerntete Pflanzenmaterial wird für erste Versuche zur Anthozyanextraktion im Technikumsmaßstab beim Projektpartner WILD genutzt.

„Entwicklung, Charakterisierung und züchterische Nutzung von Petersilienlinien (*Petroselinum crispum*) mit Resistenz gegen den Erreger der Septoria-Blattfleckenkrankheit (*Septoria petroselini*)“

„Utilization of resistance to septoria leaf spot in parsley breeding“

#### Laufzeit

01.05.2007 bis 30.04.2010

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Frank Marthe, Tobias Bruchmüller  
Julius Kühn-Institut - Institut für Züchtungsforschung an gartenbaulichen Kulturen und Obst

#### Verbundpartner

Dr. habil. Wolf-Dieter Blüthner  
N. L. Chrestensen Samenzucht und Produktion GmbH

#### Kurzfassung der Ergebnisse

Mit 1.700 ha Anbaufläche ist Petersilie (*Petroselinum crispum*) nach dem Anbauumfang die bedeutendste Gewürzpflanze in Deutschland. Der Anbau erfolgt überwiegend in Süd- und Westdeutschland, vorwiegend unter Nutzung glatter Blattpetersilie.

Einer der bedeutendsten Schaderreger ist der Pilz *Septoria petroselini*, Erreger der *Septoria*-Blattfleckenkrankheit, der verstärkt ab dem zweiten Schnitt der Petersilie erhebliche wirtschaftliche Verluste verursachen kann. Als Resistenzquelle standen Genbankherkünfte der Deutschen Genbank im IPK, Gatersleben

zur Verfügung. Hieraus wurden durch Selbstbestäubung homozygote Linien entwickelt für Kreuzungsarbeiten, die eine Übertragung der Resistenz in Leistungsmaterial (Sorten 'Rialto' und 'Gigante d'Italia') sowie eine Untersuchung der Genetik der Resistenz ermöglichten. Resistenztests der Linien erfolgten mit einem hoch virulenten *Septoria*-Isolat in der Klimakammer.

Es wurden 23 I3-Linien jeweils mit einer Anzahl von 10 Einzelpflanzen und zwei Wiederholungen im Klimakammertest geprüft. Alle I3-Linien, die auf Resistenz selektiert wurden, übertrafen den resistenten Standard in diesem Merkmal. Linien, die für Anfälligkeit selektiert wurden, übertrafen die in den Kreuzungen verwendeten Leistungseltern und lagen im Bereich der anfälligen Standards. Die in Abbildung 1 dargestellten Ergebnisse zeigen mit einem Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman von  $r_s = 0,78$  ( $p \leq 0,01$ ) eine sehr gute Übereinstimmung der a- und b-Wiederholung.

Bei den Projektpartnern in Erfurt und Quedlinburg wurde 2009 eine Leistungsprüfung mit dreifacher Wiederholung zur Messung des Leistungspotentials und von Inzuchteffekten bei fortschreitender Selbstung sowie der Resistenz durchgeführt. Die Linien P516/2 und P504/1 zeigten einen verzögerten Befallsverlauf und eine geringere Endbefallsstärke im Vergleich zu den anfälligen Standards. Die Trockenmasseerträge in Relation zum Leistungselter 'Gigante d'Italia' lagen für die resistenten I3-Linien P516/2 bei 60 % und P504/1 bei 46 %. Die jeweiligen Ausgangspopulationen lagen hier bei 83 % (P516/0) bzw. 67 % (P504/0). Die Inzuchtdepression der resistenten I3-Linien in Bezug zu den jeweiligen Ausgangspopulationen wurde für P516/2 mit -27,7 % und für P504/1 mit -31,3 % kalkuliert.

Die Resistenzausprägungen der resistenten Inzuchtlinien in diesem Versuch waren sehr hoch (Abbildung 2). Die Resistenzergebnisse aus Freiland und Klimakammer belegen eine Resistenzsteigerung im Inzuchtierungsprozess.

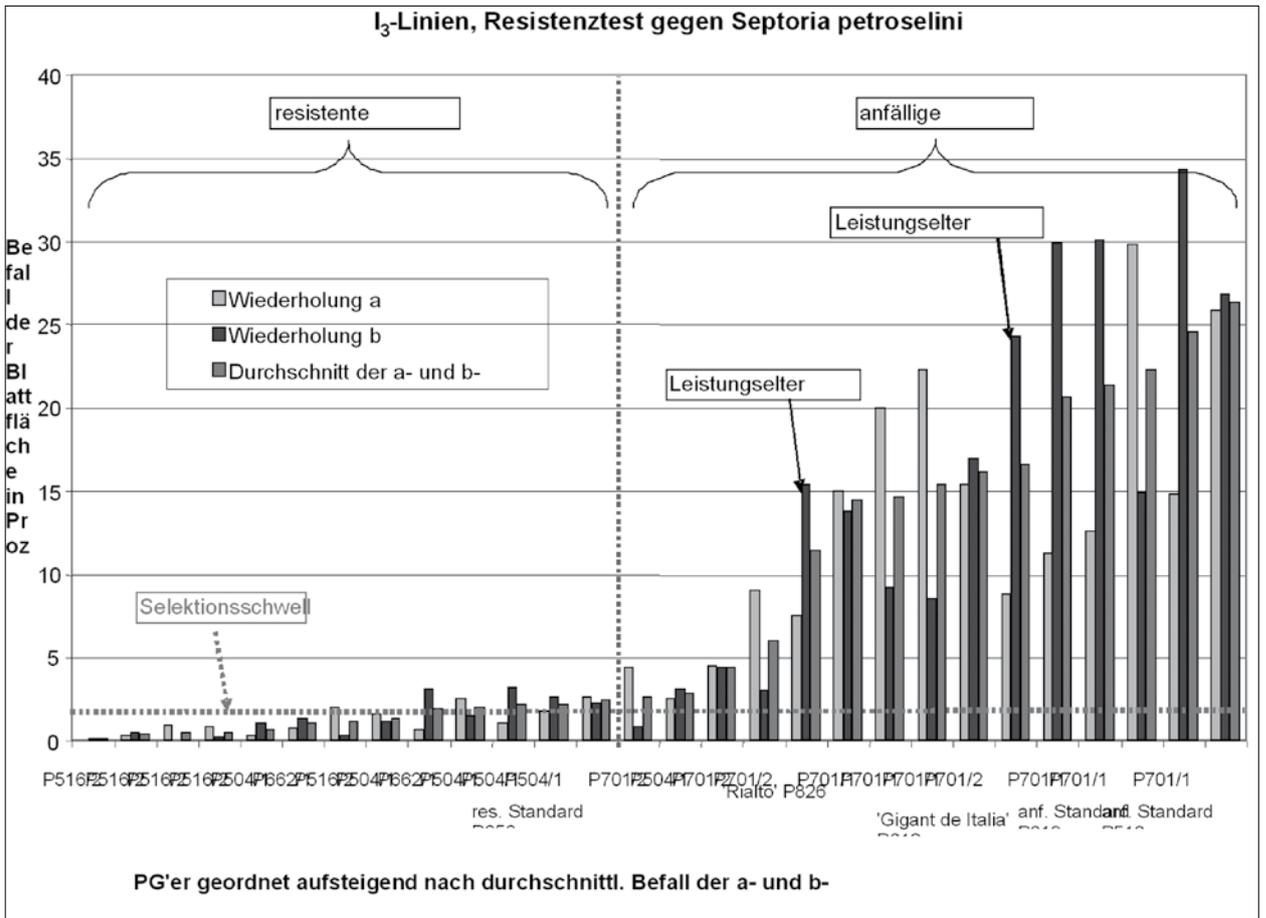


Abb. 1: Relative Befallsstärke nach Inokulierung mit *Septoria petroselini* unter Klimakammerbedingungen von resistenten bzw. anfälligen Linien der Inzuchtstufe I<sub>3</sub>, der als Kreuzungspartner verwendeten Sorten 'Rialto' und 'Gigante d'Italia' sowie anfälliger (P510, P619) und resistenter (P656) Standards

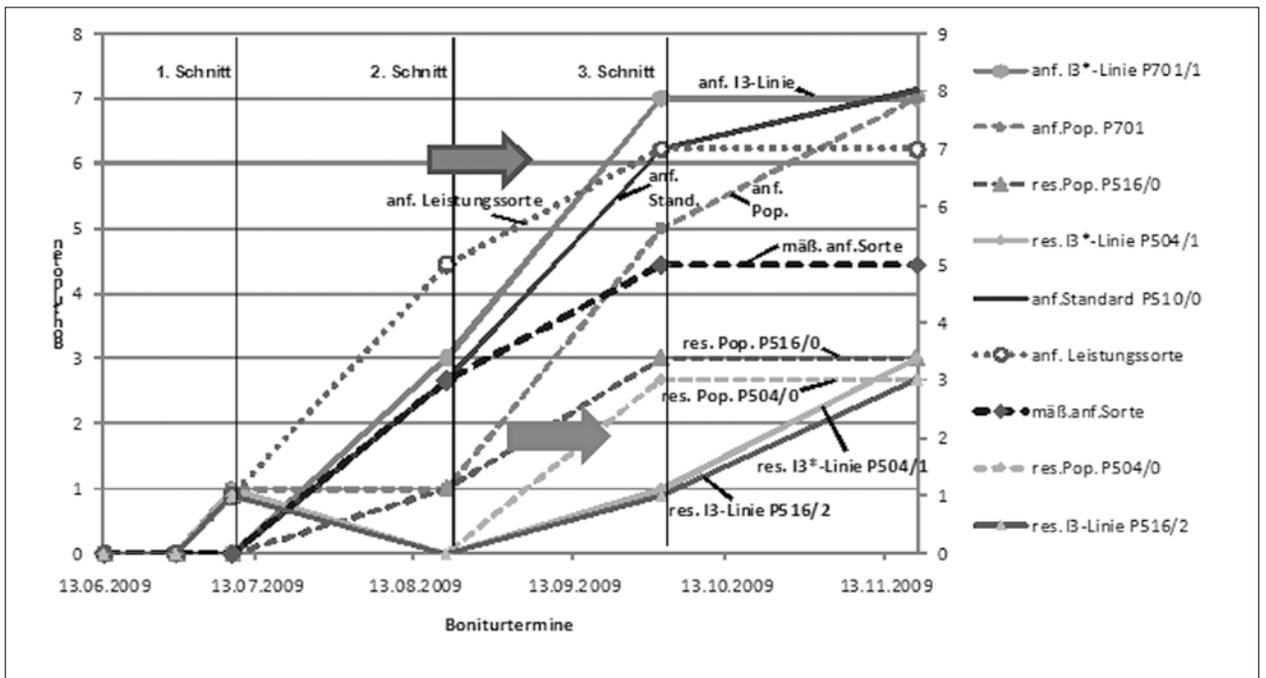


Abb. 2: Darstellung des Befallsverlaufes und der Befallsstärke durch *Septoria petroselini* im Versuchsfeld Quedlinburg unter natürlichem Befall für ausgewählte Prüfglieder

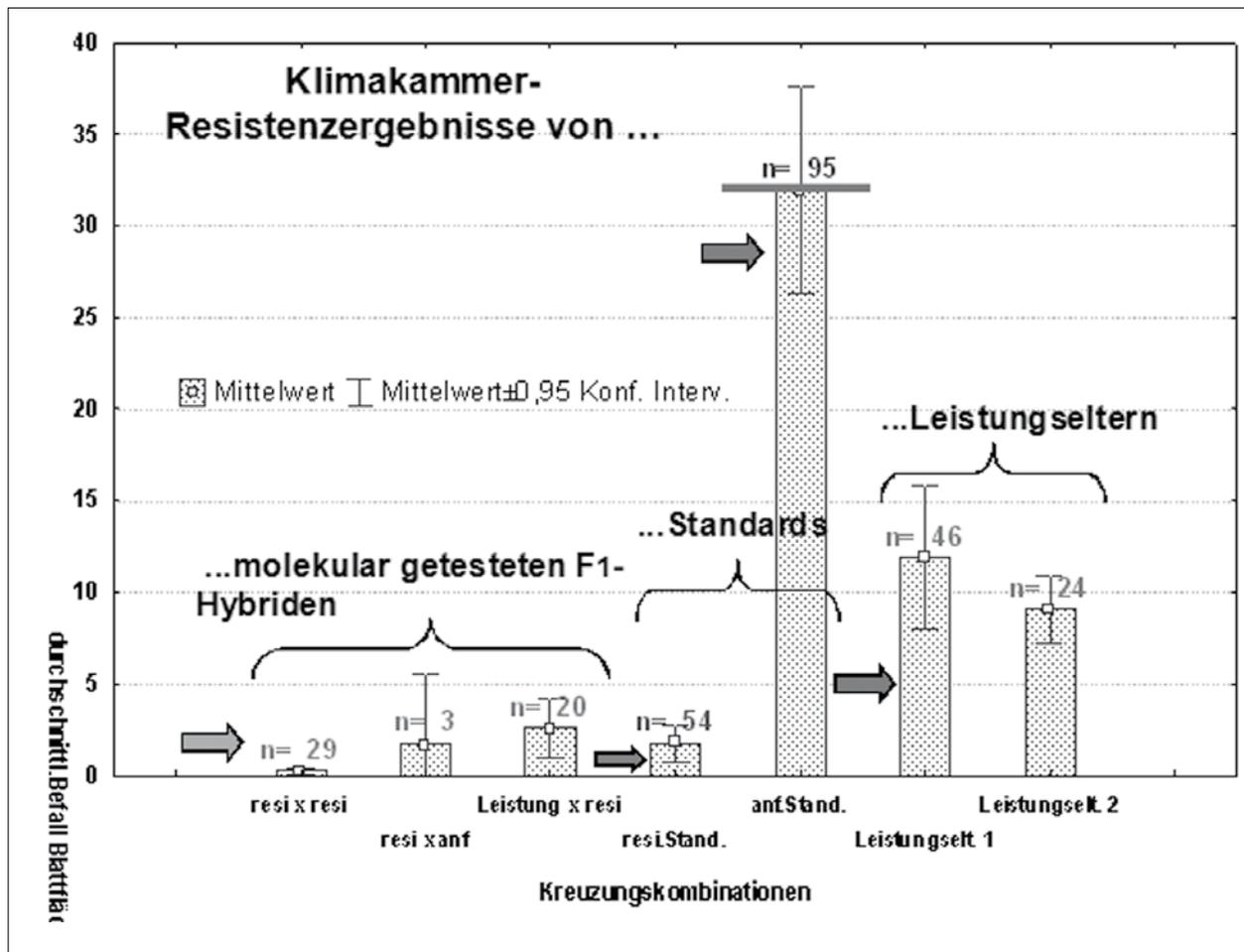


Abb. 3: Resistenz gegen *Septoria petroselinii* nach Klimakammertests von Hybriden aus unterschiedlichen Kreuzungskombinationen resistenter und anfälliger Linien bzw. Sorten, die als Leistungseltern verwendet wurden (Leistungseltern 1: 'Gigante d'Italia', Leistungseltern 2: 'Rialto')

Das resistensteste Material in beiden Versuchen (Abbildungen 1 u. 2) sind Inzuchtlinien, die aus den Populationen P516/0 und P504/0 entwickelt wurden. Der anfällige Standard P510 war in beiden Versuchen stark befallen und belegt einen hohen Infektionsdruck. Die vorliegenden Freiland- und Klimakammertestergebnisse weisen auf eine quantitative Ausprägung der Resistenz hin.

Zur Untersuchung der Genetik der Resistenz wurden Kreuzungen zwischen resistenten und anfälligen Linien bzw. den Sorten 'Rialto' und 'Gigante d'Italia' erstellt.

Nach Kreuzungen von resistenten Linien mit den beiden verwendeten anfälligen Leistungseltern, den Sorten 'Rialto' und 'Gigante d'Italia',

sowie mit anfälligen Linien, waren die F<sub>1</sub>-Pflanzen nur geringfügig anfälliger als der resistente Standard und prägten damit ein hohes Resistenzniveau aus. Hieraus und aus Ergebnissen mehrerer F<sub>2</sub>-Populationen, die hier nicht dargestellt werden können, wird die Dominanz der Resistenz gegenüber der Anfälligkeit für *S. petroselinii* abgeleitet. Die Kreuzungen von resistenten Linien aus unterschiedlichen Herkünften führten in der F<sub>1</sub>-Generation zu einer geringfügig verbesserten Resistenz gegenüber dem resistenten Standard. Der für den Klimakammerversuch mitgeführte anfällige Standard zeigte einen starken Befall und lässt somit auf einen hohen Infektionsdruck während des Testes und damit auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse schließen (Abbildung 3).

Für die Steigerung der Ertragsleistung bei Beibehaltung der hohen *Septoria*-Resistenz wurden F1-Pflanzen jeweils mit den verwendeten Leistungseltern zurückgekreuzt. Das spaltende Rückkreuzungsmaterial (BC<sub>1</sub>) zeigte im Klimakammertest unterschiedliche Resistenz. Die resistenten Einzelpflanzen sollen geselbstet werden, um die Resistenz zu stabilisieren.

Im Anschluss an die bei beiden Partnern vollständig erreichten Projektziele sollen die vorhandenen Inzuchtlinien (I<sub>4</sub>) in Resistenzprüfungen getestet und durch weiter Inzuchtierung zu homozygoten Linien entwickelt werden.

Seitens des Projektpartners ZGO-Q besteht die Absicht die F3-Generation auf Spaltung für das Merkmal Resistenz zu testen. In der Folge können die Chancen für eine molekulare Markierung der Resistenz bzw. Anfälligkeit bewertet werden.

Schwerpunkt der zukünftigen Arbeiten beim Projektpartner N.L. Chrestensen wird die Erzeugung von Petersilienpopulationen mit Resistenz gegen *Septoria petroselini* und deutlich gesteigertem Leistungsniveau gegenüber den Ursprungspopulationen sein, als Grundlage für die Entwicklung der international ersten Petersiliensorte mit *Septoria*-Resistenz.

„Entwicklung von Zuchtmaterial von Basilikum (*Ocimum basilicum*) mit Resistenz gegen Falschen Mehltau (*Peronospora* sp.) und erhöhter Kältetoleranz“

„Development of breeding material of basil (*Ocimum basilicum*) with resistance against downy mildew (*Peronospora* sp.) and with increased tolerance to low temperatures“

#### **Laufzeit**

01.04.2007 bis 31.03.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Peter Römer

GHG Saaten GmbH

#### **Verbundpartner**

Dr. Rita Grosch

Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau -  
Abteilung Pflanzengesundheit

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

In den letzten acht Jahren wurde in Deutschland immer wieder in größerem Ausmaß Falscher Mehltau (*Peronospora* sp.) an Basilikum (*Ocimum basilicum*) unter Gewächshausbedingungen beobachtet. Ausgehend von einzelnen befallenen Pflanzen kann sich der Erreger sehr schnell in einem Bestand verbreiten. Für den Gärtner ist dies mit einem hohen wirtschaftlichen Schaden verbunden, weil Töpfe mit befallenen Pflanzen keine verkaufsfähige Ware darstellen. Da die Kontrolle des Schaderregers mit Blattfungiziden wegen der kurzen Wachstumszeit und der damit verbundenen Rückstandsproblematik nicht möglich ist, war die Suche nach resistenten Basilikum-Genotypen vorrangiges Ziel des Projektes.

Hierzu wurde im Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) in Großbeeren auf der Basis der Biologie des Erregers zunächst eine Resistenzprüfmethode etabliert, die innerhalb kurzer Zeit ein umfangreiches Screening von Basilikumsorten und -herkünften hinsichtlich

der Anfälligkeit gegenüber dem Falschen Mehltau erlaubt. Als Infektionsmaterial dienten Isolate des Schaderregers aus dem deutschen Hauptanbaugebiet von Topfbasilikum in Papenburg.

Zur Identifizierung von Genotypen mit dem Merkmal „Resistenz gegenüber dem Falschen Mehltau“ wurden insgesamt 250 Sorten und Herkünfte geprüft. Im Ergebnis des Screenings konnten 5 Herkünfte als „resistent“ eingestuft werden. Diese Herkünfte unterscheiden sich in Wuchshabitus und Geschmack stark von den etablierten Genoveser Basilikum-Sorten (kleine, behaarte Blätter, helles Blattgrün, kein Basilikum-typischer Geruch und Geschmack). Zur Einlagerung der Resistenz in die Genoveser Typen wurden die resistenten Herkünfte mit Genoveser Sorten gekreuzt. In der  $F_1$ -Generation wurden intermediäre Nachkommen selektiert und im Gewächshaus unter einem insekten-sicheren Netz vermehrt. Viele dieser Pflanzen (rund 75 %) setzten bei Selbstbestäubung nur sehr wenige Körner an. Die  $F_2$ -Nachkommen der Pflanzen mit ausreichendem Kornertrag wurden wiederum auf Resistenz gegenüber dem Falschen Mehltau geprüft. Ein Großteil der  $F_2$ -Nachkommenschaften zeigte sich als anfällig. Zwei Kreuzungslinien fielen durch hohe Resistenzen auf. Diese entsprachen jedoch stark den Wildtyp-Eltern und stellen möglicherweise keine gelungene Kreuzung dar. Resistente Einzelpflanzen werden im Jahr 2010 geselbstet und bis zur Samenernte weitergeführt. Für die Weiterzüchtung sind vorrangig diejenigen intermediären Vertreter interessant, in denen sich bereits typische „Genoveser“-Merkmale (fehlende Blattbehaarung, dunkelgrüne Blattfarbe, gewölbte Blattform und typischer Geruch und Geschmack) wieder finden. Die Entwicklung resistenter Basilikum-Sorten des Genoveser Typs wird noch mehrere Jahre in Anspruch nehmen.

Ein weiteres Ziel des Projektes war die Prüfung der Kältetoleranz von Basilikumsorten.

Der Anbau von Basilikum bei etwas geringeren Temperaturen könnte zum einen die Energiekosten in der Produktion unter Gewächshausbedingungen senken und zum anderen der Erregerentwicklung entgegen wirken.

Die Produktion von Basilikum-Topfware erfordert in den Gewächshäusern Temperaturen von 20°C bis 22°C. Dies bedeutet einen hohen Energiebedarf, speziell in den Wintermonaten. Die Produktion von marktfähiger Ware von Basilikum dauert – je nach Jahreszeit – 4 bis 6 Wochen.

Die Selektion von kältetoleranten Basilikum-Sorten wurde in einem computergesteuerten Klimaraum während der Wintermonate (November bis Februar) in den Jahren 2007 bis 2009 durchgeführt. Das geprüfte Pflanzenmaterial umfasste eigenes Zuchtmaterial vom Genoveser Typ, sowie rot-, klein- und salatblättrige Genotypen.

Im ersten Versuch wurden verschiedene Basilikum-Herkünfte ab Aussaat bei konstant 17°C angebaut. Im Vergleich zum Warmhaus (18/22°C, Nacht/Tag) entwickeln sich die Pflanzen in der Klimakammer deutlich langsamer. Kälteempfindliche Genotypen reagieren dabei mit Gelbfärbung der Blätter, während kältetolerante Genotypen eine dunkelgrüne Blattfarbe aufweisen. Die meisten Herkünfte des Genoveser Typs reagierten auf die kühleren Anbaubedingungen mit einer Entwicklungsverzögerung, gelben und kleinen Blättern sowie kurzer Pflanzenlänge. Bis zum Erreichen der Marktreife (6 bis 8 Blätter) benötigten aber auch kältetolerante Herkünfte bei 17°C eine mindestens 4 Wochen längere Wachstumsdauer im Vergleich zur Entwicklung der Vergleichsorten im Warmhaus. Dies lässt die mögliche Energie-Einsparung durch den Anbau kältetoleranter Sorten fraglich erscheinen, da der geringere Energie-Aufwand durch die geringere Zahl produzierter verkaufsfähiger Töpfe je Zeiteinheit überkompensiert wird. Aus diesem Grund tolerieren die Gärtner nur eine um maximal

eine Woche längere Umtriebszeit. Andererseits bedeutet die Reduzierung der Gewächshaus-temperatur um nur 1°C für die Gärtner bereits eine große Kosteneinsparung.

Die Temperaturerhöhung von 17°C auf 21°C während der Keimphase und Weiterkultivierung bei 17°C in der zweiten Versuchsserie reduzierte die Entwicklungsverzögerung auf 2½ Wochen, was jedoch immer noch nicht ausreicht.

Im dritten Versuch während des Winters 2008/2009 wurden daher die Pflanzen nach dem Auflaufen bei 18°C in der Klimakammer kultiviert. Dabei wurden auch neue, bisher noch nicht geprüfte Zuchtstämme in die Prüfung einbezogen.

Es konnten Genotypen gefunden werden, die unter reduzierten Temperaturbedingungen eine vergleichbare Entwicklung aufwiesen wie die derzeit im Anbau dominierenden Sorten im Warmhaus bei 20°C (18°C/22°C, Nacht/Tag). Die Vergleichssorten zeigten dabei in der Klimakammer eine langsamere Entwicklung als die neuen Zuchtstämme.

„Züchtung von resistenten Hopfen mit besonderer Eignung für den Anbau in Niedrigerüstanlagen“

Breeding of resistant hops especially suitable for the growth on low-trellis systems

**Laufzeit**

01.04.2007 bis 31.12.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Elisabeth Seigner, Anton Lutz  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Arbeitsbereich Hopfen

**Verbundpartner**

Dr. Michael Möller  
Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

Josef Schrag, Pfaffenhofen

Michael Mauermeier, Starzhausen

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Von 2007 bis 2010 wurden 70 gezielte Kreuzungen durchgeführt, um Hopfen zu züchten, die durch ihren kürzeren Wuchs, breite Krankheitsresistenz und ausgezeichnete Brauqualität besonders geeignet sind, um wirtschaftlich erfolgreich auf Niedrigerüstanlagen angebaut zu werden. Dabei wurden 25 Kreuzungen mit Fokus auf Aromaqualität und 45 mit dem Ziel, primär den Alphasäuregehalt zu steigern, durchgeführt. Jeweils Anfang März wurde mit der Vorselektion der Sämlinge, die aus den vorjährigen Kreuzungen entstammten, begonnen.

Dabei wurden insgesamt ca.150.000 aufgelaufene Sämlinge im Gewächshaus in Pflanzschalen mit vier für die Hallertau typischen Mehltaurassen inokuliert und so auf Mehltaresistenz getestet. Pflänzchen ohne sichtbaren Mehltaubefall wurden aus der Saatschale einzeln in Töpfchen gesetzt und weiter im Gewächshaus unter Mehltauinfektionsbedingungen bis Mitte April bonitiert. Als mehltaresistent eingestufte Sämlinge und

auch Sämlinge, die nicht auf Mehltaresistenz vorselektiert worden waren, wurden nachfolgend auf ihre Peronospora- (Pseudoperonospora humuli) Toleranz geprüft. Mitte Mai wurden diese auf Krankheitsresistenz bzw. Toleranz vorselektierten Sämlinge in die Vegetationshalle gepflanzt. Bis zum Herbst wurden hier unter natürlichen Bedingungen ihre Wüchsigkeit und erneut ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Pilzen begutachtet. Zugleich konnte an Hand der Blüten, die sich ab Juli bildeten, eine Differenzierung in männliche und weibliche Pflanzen erfolgen. Bei Sämlingen, die bis zum Herbst kein Geschlecht zeigten, wurde dieses mit einem DNA-Marker bestimmt. Pflanzen, die erhebliche Schwächen wie z. B. starken Befall mit Blattlaus, Mehltau, Wurzelfäule aufwiesen oder keinen geeigneten Wuchstyp zeigten, wurden jeweils bis zum Herbst gerodet.

Die Auspflanzung der weiblichen und männlichen Sämlinge in den Hochgerüst-Zuchtgarten in Hüll bzw. Freising erfolgte im Herbst oder im darauffolgenden Frühjahr. Während der folgenden 2-bis 3-jährigen Sämlingsprüfung unter Hochgerüstbedingungen zeigen sich die Wüchsigkeit auf 7 m-Gerüsten sowie die Widerstandsfähigkeiten gegenüber Peronospora und Echem Mehltau unter natürlichen Infektionsbedingungen und erstmals auch gegenüber der Verticillium-Welke, deren Testung ein vollständig ausgebildetes Wurzelwerk der Pflanze voraussetzt. Frühestens im 2. bzw. 3. Sämlingsjahr ist eine Umpflanzung der vielversprechendsten Zuchtstämme in die Niedrigerüstanlage möglich. Bei diesem Schritt wird ergänzend zu den Felddaten im Labor die Resistenz (Blatttestsystem) gegenüber nichtheimischen Mehltausisolaten geprüft und somit eine breite Pilzresistenz der Sämlinge angestrebt.

Anbau auf Niedrigerüsten der Betriebe Schrag und Mauermeier:

In dieser Saison 2010 konnten erstmals vorselektierte Sämlinge aus den gezielten Kreuzungen

dieses Projekts als Junghopfen auf 3-Meteranlagen wachsen und begutachtet werden. Dabei ist zu beachten, dass grundsätzlich Junghopfen (Hopfen im ersten Anbaujahr) keine aussagekräftigen und verlässlichen Einschätzungen zu Ernteertrag, Resistenzeigenschaften und Inhaltsstoffen und damit zur Brauqualität zulässt.

In diesen beiden Niedrigerüstanlagen, die auch schon zwischen 1993 und 2002 bei den FuE-Forschungsvorhaben der BLE genutzt worden waren, werden des Weiteren Zuchtstämme mit geringerer Wüchsigkeit aus anderen Züchtungsprogrammen angebaut, um Anbauenerfahrungen zu sammeln und um geeignete Kreuzungseltern auswählen zu können.

Generell wurden die Reihen (75 cm Pflanzabstand) konventionell bewirtschaftet, mit verzinktem Draht als Aufleitung. Darüber hinaus wurden in zwei Reihen mit zwei vielversprechenden Zuchtstämmen die verschiedenen Anbausysteme "konventionell – non cultivation" sowie "Drahtaufleitung – Netzaufleitung" verglichen. Probleme mit bodenbürtigen Krankheiten wie starker Peronospora-Primärinfektion traten auf dem lehmig-schweren Standort auf, die nur durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verhindert werden konnten. Andererseits wurden auf sandigem Boden Spinnmilben besonders bei älteren Beständen zur Gefahr. Während bei den erstauflaufenden Parzellen, wo der Aufleitdraht noch leer ist, über die gesamte Saison im Vergleich zu Hochgerüstanlagen kein erhöhter Spinnmilbendruck zu beobachten war, verschärfte sich das Problem mit zunehmendem Bestandsalter der Prüfparzellen, weil immer mehr vertrocknetes Material am Aufleitdraht verbleibt und somit ideale Überwinterungsmöglichkeiten für Spinnmilben gegeben sind. Abhilfe in den älteren Beständen kann nur der Einsatz eines Gerätes bringen, mit dem die alten Rebenteile entfernt werden. Dieser zusätzliche Arbeitsgang verursacht zwar Kosten, verringert aber deutlich den notwendigen Einsatz von Akarizi-

den. Dies hat zugleich den positiven Nebeneffekt, dass der Neuaustrieb ohne störendes altes Rebenmaterial im Folgejahr deutlich besser hochranken kann.

Alle Erfahrungen zum Anbau auf Niedriggerüsten stammen bisher von traditionellen Hochgerüstsorten, den englischen Zwerghopfensorten und von kurzwüchsigeren Stämmen aus früheren auf Resistenz ausgelegten Kreuzungsprogrammen. Zuchtstämme, die alle Kriterien für eine marktgängige Sorte wie Alpha-säuregehalte von etwa 16 %, Erträge von 2 to und ausgezeichnete Brauqualität in Kombination aufweisen, gibt es noch nicht. Zudem weisen alle bislang selektierten Stämme eine relativ hohe Anfälligkeit gegenüber Peronospora und der Roten Spinnmilbe auf, was aktuell zu hohen Kosten für Pflanzenschutzmittel führt und damit einem wirtschaftlichen, umweltfreundlichen Anbau entgegensteht. Unsere ganze Hoffnung ruht auf den Sämlingen, die aus den speziellen Kreuzungen im Rahmen dieses Projektes entstanden sind und auf die speziellen Anforderungen hin selektiert werden. Sie kamen erstmals 2010 auf Niedriggerüsten zum Anbau. Aussagekräftige Daten zu Ertrag, Resistenzverhalten und Inhaltsstoffen liegen so erst Ende 2011 nach dem zweiten Anbaujahr auf 3-Meteranlagen vor.

„Entwicklung resistenter Unterlagen zur Kontrolle des Birnenverfalls im Erwerbsobstbau“

„Screening for resistant rootstocks to control pear decline in commercial fruit-growing“

**Laufzeit**

15.11.2007 bis 31.03.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Sonja Merkle

Reinhold Hummel GmbH+Co.KG

**Verbundpartner**

Dr. Bernd Schneider

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Birnenverfall oder Pear decline (PD) ist eine bakterielle Erkrankung der Birne. Die Krankheit wird durch ein phloemparasitierendes Bakterium aus der Gattung der Phytoplasmen hervorgerufen, das durch Birnblattsauger übertragen wird. Erkrankte Bäume zeichnen sich durch geringeren Wuchs und Ertrag und verminderte Obstqualität aus. Die Kontrolle der Krankheit ist schwierig und erfolgt im Wesentlichen durch die Bekämpfung der Vektoren, der Rodung befallener Bäume sowie der Verwendung gesunden Pflanzenmaterials. Streuobstbestände und Bäume in Kleingärten sind in hohem Maße infiziert und stellen ein Reservoir für Neuinfektionen dar. Alle angebauten Kultursorten sind anfällig, wobei der Birnenunterlage eine wesentliche Rolle im Krankheitsgeschehen zukommt. Die häufig verwendeten Quittenunterlagen besitzen Resistenzeigenschaften, sind unter bestimmten klimatischen Verhältnissen weniger anfällig als Sämlingsunterlagen, werden aber unter anderen Verhältnissen auch stark geschädigt.

Am Julius Kühn Institut in Dossenheim wurden Nachkommenschaften von 39 offen abge-

blühten Genotypen aus über 20 Pyrusarten auf ihre Resistenzeigenschaften nach experimenteller Inokulation untersucht. Blattsymptome, Fruchtgröße, Wuchsstärke und Absterbescheinungen der Testpflanzen wurden bonitiert und ein kumulativer Krankheitswert ermittelt. Es bestand eine hohe Variabilität innerhalb der Nachkommen von Arten und Genotypen. In fast allen Nachkommenschaften zeigten sich sowohl resistente als auch anfällige Genotypen. Einhundert Genotypen aus 20 Pyrusarten die sich durch einen niedrigen Krankheitswert auszeichneten wurden für eine abschließende Bewertung der Resistenz sowie der obstbaulichen Eigenschaften im Rahmen des BLE Verbundprojekts ausgewählt.

### **Ziele des Verbundprojekts**

1. Vermehrung der selektierten Genotypen durch Grünstecklinge und in vitro Kultur
2. Experimentelle Inokulation der vermehrten Unterlagen mit phytoplasmainfizierten Material zur abschließenden Resistenzbeurteilung und der Wuchsstärke
3. Molekulare Charakterisierung der PD Erreger
4. Etablierung eines real time PCR Verfahrens zur Quantifizierung der Erreger in infizierten Pflanzen als Resistenzmerkmal
5. Testung des Unterlagenmaterials auf Feuerbrandresistenz
6. Aufbau einer Erregerstammsammlung und Charakterisierung der Virulenz und Spezifität

### **Ergebnisse**

Die Vermehrung des Pflanzenmaterials durch Grünstecklinge war unbefriedigend. Die Versuche diesbezüglich wurden eingestellt, da durch in vitro Kultur insgesamt 80 der 100 selektierten Genotypen vermehrt werden konnten. Das PV4 Medium mit Hormonzusatz bot im Allgemeinen gute Wachstumsbedingungen

obwohl die Vermehrung einzelner Genotypen noch der Optimierung bedarf. Die Bewurzelung der in vitro Pflanzen wurde entweder durch Rhizopone Behandlung oder pikieren in Jungpflanzensubstrat erreicht. Von ca. 1850 Pflanzen wurden im Oktober 2009 1546 Pflanzen mit phytoplasma-infiziertem Material gepfropft. Die Inokulation wurde durch seitliches Anplatten eines ca. 3-5 cm langen Sprossstücks vorgenommen. Es wurden vier verschiedene Herkünfte des Infektionsmaterials verwendet um das Resistenzscreening auf eine breite Basis zu stellen. In Februar 2010 wurden alle Pflanzen mit der Sorte Williams Christ veredelt um einheitliches Pflanzenmaterial zu bonitieren. Insgesamt starben ca. 19% der Pflanzen wegen kulturtechnischer Probleme oder nach Befall durch Schwächeparasiten ab. Bei keiner der abgestorbenen Pflanzen wurden Wurzelnekrosen beobachtet. Ende April 2010 wurden die inokulierten Pflanzen sowie Kontrollen im Baumschulmaßstab auf dem JKI Versuchsfeld aufgepflanzt.

Der PD Erreger, Candidatus *Phytoplasma pyri*, ist nicht in vitro kultivierbar und molekular wenig charakterisiert. Durch Southern Blot Hybridisierung, SSCP (single strand conformation polymorphism) und Sequenzanalysen des hflB und imp Gen wurden die Erregerstämme molekular differenziert. Durch Hybridisierung mit einer hflB Gensonde konnte gezeigt werden, dass sich die vier als Inokulumquellen verwendeten Herkünfte genetisch unterscheiden. Die beiden Gene wurden bei ca. 30 weiteren Feldisolaten durch SSCP- und Sequenzanalyse untersucht und festgestellt, dass die Gene variabel sind und die Erreger sich in mehrere Gruppen einteilen lassen.

Zur Quantifizierung des Pathogentiters in der Pflanze wurden auf der Basis von 16S rDNA Sequenzen Primer zur spezifischen Amplifikation der Erreger DNA ausgewählt. Mit einer spezifischen Taqman-Sonde kann die Erreger DNA in Real time PCR Analysen sensitiv detektiert werden. Mit diesem Verfahren werden DNA-

Extrakte der inokulierten Versuchspflanzen im Oktober 2010 auf Infektion und Erregertiter getestet, da der Titer Informationen über die Wirtseigenschaften der Unterlage gibt.

Bisher wurden 32 Genotypen mit 140 Individuen durch Spross- und Blattinfektion einem Feuerbrandtest unterzogen. Die Reaktionen der Pflanzen waren im einzelnen sehr verschieden und umfassten Blatt- und Sprossnekrosen. Nach drei Wochen waren 2/3 der Pflanzen stark geschädigt oder abgestorben. Mehrere Genotypen konnten den Erreger "abriegeln" und trieben unterhalb der Infektionsgrenze erneut aus. Dies deutet auf deutliche Resistenzunterschiede hin.

Probenahmen in Nordost- und Südwestdeutschland zeigten, dass das Pathogen weit verbreitet ist. Von 300 Proben wurden in PCR Tests 118 als PD-positiv identifiziert. Das infizierte Pflanzenmaterial wurde zur Isolaterhaltung auf Kirchensaller Mostbirne veredelt.

Ziel der Untersuchungen ist es, Birnenunterlagen zu identifizieren, die gute Resistenzeigenschaften besitzen und damit zu einer besseren und umweltfreundlicheren Kontrolle der Krankheit beitragen. Insbesondere in Gebieten mit starkem Infektionsdruck ergeben sich dadurch für den Birnenanbau neue Chancen zur Erweiterung von Anbauflächen oder zu Neupflanzungen. Die Vermehrung des Unterlagematerials durch in vitro Kultur garantiert eine gleichbleibende Qualität des Pflanzenmaterials in ausreichender Menge.

„Resistenzzüchtung bei der Europäischen Pflaume (*Prunus domestica*) gegen das Scharkavirus auf Basis der Hypersensibilitätsresistenz unter Nutzung neuartiger hochsensibler Pathogen-Diagnostik“

“Breeding for Sharka resistance in European plum based on hypersensitivity resistance against the Plum pox virus using new highly sensitive pathogen detection tools”

#### **Laufzeit**

01.04.2007 bis 31.03.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Michael Neumüller

Technische Universität München - Fachgebiet Obstbau

#### **Verbundpartner**

Obstbaumschule Kiefer

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Scharkakrankheit ist die im europäischen Steinobstanbau gefährlichste Virose. Der Erreger der Krankheit, das Plum pox virus (PPV), bedroht den Anbau von Pflaume, Zwetsche, Aprikose und Pfirsich und befällt darüber hinaus die Kirsche. Bisherige Züchtungsbemühungen bei der Europäischen Pflaume\* (*Prunus domestica* L.) konzentrierten sich auf die Gewinnung scharkatoleranter und sogenannter quantitativ resistenter Sorten, die selten oder nur schwache Symptome zeigen. In den 1990er Jahren wurde bei der Europäischen Pflaume die Hypersensibilität gegenüber dem Scharkavirus entdeckt, die zu einer stabilen Feldresistenz der Pflanzen gegenüber dem Virus führt.

Ziel des Vorhabens ist es, auf Basis einer innovativen Züchtungsstrategie Sorten der Europäischen Pflaume zu züchten, die aufgrund ihrer Hypersensibilität gegenüber PPV vollständig scharkaresistent sind. Entscheidend für den Züchtungserfolg ist eine effiziente Erkennung

der hypersensiblen Nachkommen. Zur Unterstützung dieser Selektionsarbeit soll durch die Etablierung neuer Verfahren der DNA-Diagnostik eine Methode isothermaler DNA-Analytik entwickelt und eingesetzt werden, die die Nachweisempfindlichkeit für das Plum pox virus im pflanzlichen Gewebe verbessert und eine schnelle und sichere Selektion hypersensibel-resistenter Genotypen erlaubt. Dies ermöglicht es, aus einer Vielzahl durchzuführender Kreuzungen innerhalb kurzer Zeit die hypersensiblen Zuchtklone auszulesen. Das wiederum erlaubt es, einen breiten Züchtungsansatz zu realisieren, mit dem zusätzlich zur Resistenz folgende Zuchtziele verfolgt werden:

- hohe Fruchtqualität (Geschmack, Hitzestabilität, Lagereignung) und
- neuartige Fruchtmerkmale durch interspezifische Hybridisierung.

Die gezüchteten Sorten der Europäischen Pflaume stehen nach der obstbaulichen Bewertung Baumschulgesellschaften zur Vermehrung und Obstproduzenten zur Anpflanzung in Erwerbsanlagen zur Verfügung. Die Nutzung der hypersensibel-resistenten Sorten ermöglicht die Aufrechterhaltung und den Wiederaufbau der Produktion in Scharkabefallsgebieten und verhindert die Ausbreitung der Virose in bislang befallsfreie Regionen. An der wirtschaftlichen Verwertung sind Baumschulgesellschaften und Erzeugergroßmärkte als Zusammenschlüsse der Produzenten beteiligt.

In der Projektlaufzeit wurden bislang ca. 100 000 Blüten der Europäischen Pflaume bestäubt und davon 3000 Nachkommen erhalten. Die Sämlinge werden nach einer Anzucht im Gewächshaus ins Freilandquartier gepflanzt. Bereits im zweiten Standjahr werden sie einem Scharkaresistenztest unterzogen.

Um einen hohen Probendurchsatz zu ermöglichen, wurde als Nachweismethode für das Scharkavirus (Plum pox virus) die sogenannte "BLUE LAMP" entwickelt. Dabei wurde das

erforderliche Extraktionsverfahren für virale RNA aus der Pflanze stark vereinfacht. Virale RNA, die sich im Pflanzenextrakt befindet, dient in der einer isothermalen Reaktion (Loop mediated isothermal amplification) als Template für die spezifische Amplifikation einer großen Menge an DNA. Die DNA-Synthese bewirkt einen Farbumschlag im Reaktionsgefäß. Somit kann das Resultat der Reaktion ohne gelelektrophoretische Trennung unmittelbar visualisiert werden. Damit eignet sich das Verfahren nicht nur für Systeme mit hohem Probendurchsatz, sondern auch für die kostengünstige Etablierung von Nachweisverfahren in Behörden, Baumschulen und Obstbaubetrieben.

In Beständen der Genbank *Prunus domestica*, die am Institut der TUM vorgehalten wird, konnten Resistenzquellen für PPV, die auf Hypersensibilität gegenüber PPV beruhen, nachgewiesen werden.

Die im vorhandenen Zuchtmaterial eingeführte Resistenz gegenüber PPV erweist sich im Test auf den Einfluss abiotischer Schaderreger und hinsichtlich der bestehenden genetischen Vielfalt des Erregers als stabil.

Für die Bewertung der obstbaulichen Eignung wurde ein Datenbanksystem zur Erfassung und Verwaltung umfangreicher Fruchtboniturdaten entwickelt. Erste Hybriden mit hoher Fruchtqualität wurden an den Kooperationspartner zur Aufpflanzung und Bewertung im baumschuleigenen Sichtungsquartier übergeben.

„Identifizierung und funktionelle Charakterisierung des Co (Kolumnar) – Gens bei kolumnaren Apfelsorten zur systematischen Nutzung in der Züchtung“

„Identification and functional characterisation of the Co (Columnar)-Gene in columnar apple varieties to foster a systematic use in plant breeding“

**Laufzeit**

01.04.2009 bis 31.03.2012

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Peter Braun

Forschungsanstalt Geisenheim - Fachgebiet Obstbau

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Erwin Schmidt

Johannes Gutenberg-Universität Mainz - Institut für Molekulargenetik

**Kooperationspartner**

Fruchtquell Getränkeindustrie GmbH & Co.KG

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Das Vorhaben zielt auf die effektive Züchtung und Selektion kolumnarer Apfelsorten sowie auf die Entwicklung hocheffizienter Methoden der frühen Selektion einer Kombination von Kolumnarwuchs und anderen gewünschten Eigenschaften ab. Dazu gehören die Entwicklung von vollständig (100%) gekoppelten Markern für das Kolumnargen (Co-Gen), die Abschätzung der Vererbung von Krestoleranz und die Entwicklung und Testung eines Marker-gestützten Multiplexverfahrens, das eine sehr frühe Prüfung im Sämlingsstadium auf das Vorhandensein einer Kombination von gewünschten Eigenschaften ermöglicht.

Die kolumnare Wuchsform beim Apfel ist eine zufällig entdeckte natürliche Mutation eines Genes. Kolumnarsorten bieten durch den aufrechten Wuchs und das fast völlige Fehlen langer Seitentriebe enorme arbeitswirtschaft-

liche Vorteile (siehe Abschnitt 1.2). Das Hauptziel dieses Vorhabens ist daher die Erarbeitung vollständig gekoppelter Marker für das Co-Gen sowie die funktionelle Charakterisierung des Co-Gens, um dieses in der Kreuzungszüchtung gezielt einsetzen zu können. Für eine erfolgreiche Nutzung dieser Wuchsform im Erwerb ist es weiterhin nötig, eine hohe Krestoleranz in den neuen Sorten mit dem kolumnaren Wachstum zu vereinen. Dieser enorm praxisrelevante Aspekt ist bisher aber nur wenig bearbeitet so dass nur geringe Kenntnisse zum Vererbungsgang und den genetischen Grundlagen der Krestoleranz vorhanden sind.

Bisher konnte eine BAC Library der beiden Elternsorten erstellt werden, die bereits vorhandenen Marker (noch weit vom Co-Gen entfernt) so modifiziert werden, dass sie nur an der dem Co-Gen nahen Stelle binden, die Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) Technik etabliert werden (um sicherzustellen, dass man beim BAC Walking immer auf dem richtigen Chromosom bleibt), ein Transformationssystem für die Elternsorten etabliert werden und die Transkriptomanalyse konnte begonnen werden. Die Nachkommenschaft für die Untersuchungen zur Vererbung der Krestoleranz konnte ebenfalls etabliert werden und steht für die jetzt anstehenden phänologischen Bewertungen und die anschließende Markersuche zur Verfügung.

## Sektion 2: Lebensmittel

„Sterile Aufbereitung von Lebensmitteln durch optisch kontrollierten Wasserstrahlschnitt (OptoWa)“

“Sterile preparation of foodstuffs using optically controlled water jet cutting technology”

### **Laufzeit**

01.10.2008 bis 31.10.2010

### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Werner Hofacker  
Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft  
und Gestaltung - Institut für Angewandte  
Forschung

### **Verbundpartner**

Dr. Albert Esper  
Innotech Ingenieurgesellschaft mbH

### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Haltbarkeit von Agrarprodukten ist gegenwärtig eines der wichtigsten Themen der Nahrungsmittelindustrie und zentrale Fragestellung zahlreicher Forschungsarbeiten. Einige Arbeiten beschäftigen sich beispielsweise mit der Nutzung von komplexer Software zur Sicherung der Qualität der Nahrungskette (Martins et al., 2008), andere mit dem Einsatz von hydrostatischem Druck in der Nahrungsmittelindustrie mit dem Ziel, die Haltbarkeit der behandelten Produkte zu verlängern (Norton & Sun, 2007). Auch mit dem hier vorgestellten Projekt wird versucht die Qualität und Haltbarkeit von Agrarprodukten zu verbessern, jedoch soll diese Verbesserung durch die Weiterentwicklung eines Prozessschrittes der Nacherntetechnik, nämlich des Schneidens realisiert werden, indem die hygienischen Randbedingungen und damit die Produktqualität, in diesem Fall für das Schälen von tropischen Früchten, verbessert wird.

Für die Qualitäts- und Hygienesicherheit ist das Verarbeitungsverfahren eine wesentliche Einflussgröße und bestimmt die Güte des Produktes maßgeblich. Qualitätsverluste sind größtenteils eine direkte Konsequenz von inadäquater Verarbeitung (Arpaia M., 2004). In diesem Zusammenhang gibt es beim Schneiden von Agrarprodukten verschiedene Parameter, die einen starken Einfluss auf die Oberflächenqualität haben. Beispielsweise haben beim Einsatz eines Küchenmesser die Art der Schneide, deren Schärfe und der Schneidwinkel [Barry-Ryan und O’Beirne, 1998; Hodges und Toivonen, 2008; Baeza, 2007] einen starken Einfluss auf die Qualität der Schnittfläche und die Geschwindigkeit chemischer und biochemischer Reaktionen an der Produktoberfläche sowie auf die Lagerfähigkeit des Produktes [Adams und Brown, 2007; Toivonen und Brummell, 2008; Soliva-Fortuny und Martin-Belloso, 2003].

Der fortlaufende Einsatz eines Schneidewerkzeugs ohne adäquate Reinigung verringert die Produktqualität und vergrößert das Risiko einer Kontamination mit Mikroorganismen. Hier ist das Schneiden mit Hochdruckwasserstrahl eine hygienische Alternative für den Schneidprozess ohne Werkzeug im herkömmlichen Sinn.

Ebenso wie die klassischen Schneidverfahren ist das Wasserstrahlschneiden in der Norm DIN 8580 standardisiert und gehört zur 3. Hauptgruppe „Trennen“ und dort zur Gruppe „Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden“, „Strahlspanen“ DIN 8200. Neben den klassischen Schneideparameter wie Geschwindigkeit und Schneidwinkel müssen zusätzliche Parameter, die direkt mit der Energie des Schneidevorgangs zusammenhängen, berücksichtigt werden. Dies sind die Wasser-

geschwindigkeit und -menge am Ausgang der Düse.

Linke & Liebers (1992) untersuchten den Einfluss verschiedener Parameter für das Schneiden mit Wasserstrahl auf die Qualität von Zuckerrüben. Brüser & Harms (2005) und Ligocki (2005) erforschten den Einsatz der Wasserstrahlschneidetechnologie in Landmaschinen als alternative Methode für die Ernte von Agrarprodukten. Nichtsdestotrotz wurde die Wasserstrahltechnologie bisher noch nicht dafür eingesetzt die Qualität von Agrarprodukten wie Obst und Gemüse zu verbessern. Ein detaillierter Überblick von González-Aguilar et al. (2010) beschreibt den Einsatz neuer Technologien zum Schutz der Qualität von frischen Früchten und macht deutlich, dass die Entwicklung von wirtschaftlichen Technologien, die, wie in diesem Projekt angestrebt, dazu beitragen können die Qualität von Agrarprodukten in Schneidprozessen zu garantieren, notwendig ist.

In diesem Projekt wurde durch Kombination von Robotik, Wasserstrahlschneidetechnik und Bildverarbeitung ein Prototyp zum Schälen und Schneiden tropischer Früchte entwickelt [Carreño-Olejua & Hofacker, 2009; Carreño-Olejua et al., 2010]. Ziel der Arbeit ist die Suche der optimalen Schneidparameter für das Wasserstrahlschneiden zur Implementierung des computergesteuerten Schälprozesses für Agrarprodukte mit dem Zweck Prozessverluste zu minimieren, sowie die Qualität so zu verbessern, dass die von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) geforderten Hygienenormen stets eingehalten werden können.

Die bisher erhaltenen Ergebnisse bestätigen das Potential des Systems zur Verbesserung der Qualität von Nachernteprozessen und zur Verbesserung der Verarbeitung von Agrarprodukten wie Obst und Gemüse.

## Literatur

**Adams, J. B., & Brown, H. M. (2007).** Discoloration in raw and processed fruits and vegetables, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 47, 319-333.

**Arpaia M., Rooyen, Bower, Hofman, & Woolf. (2004).** Grower Practices Will Influence Post-harvest Fruit Quality, 2\_ Seminario Internacional de Paltos, Chile, Available from: [http://www.avocadosource.com/Journals/2\\_Seminario/2\\_Seminario\\_TOC.htm](http://www.avocadosource.com/Journals/2_Seminario/2_Seminario_TOC.htm) site Accessed: 2008-07-14

**Baeza, R. (2007).** Comparison of technologies to control the physiological, biochemical and nutritional changes of fresh cut fruit, Food Science Graduate Program, College of Agriculture, Kansas State University, Manhattan, Kansas, Ph.D. Dissertation.

**Barry-Ryan, C., & O'Beirne, D. (1998).** Quality and Shelf-life of Fresh Cut Carrot Slices as Affected by Slicing Method, *Journal of Food Science*, Vol. 63(5), 1-6.

**Brüser, C., & Harms, H.-H. (2005).** Alternative Cutting Technologies for Separating Organic Material - Alternative Schneidtechniken zum Trennen organischer Güter, *Landtechnik*, Vol. 60(5), 254-255.

**Carreño-Olejua, R., & Hofacker, W. (2009).** Use of water jet cutting technology in agriculture - Einsatz der Wasserstrahlschneidetechnik in der Landwirtschaft. *Forum HTWG*, ISSN 1619-9812, 60-68.

**Carreño-Olejua, R., Hofacker, W., & Hensel, O. (2009).** Use of Image Analysis in Process Control of High Pressure Water-Jet Peeling and Cutting of Fruits. *ASABE International Meeting*. Reno, Nevada (USA), June 21- 24, 2009, paper # 096446.

**González-Aguilar, G. A., Ayala-Zavala, J. F., Olivas, G. I., de la Rosa, L. A., & Álvarez-Par-**

rilla, E. (2010). Preserving quality of fresh-cut products using safe technologies. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*. Vol.(5): 65-72.

Hodges, D. M., & Toivonen, P. M. A. (2008). Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 48, 155-162.

Ligocki, A. (2005). Cutting agricultural goods with high pressure water jet - Schneiden Landwirtschaftlicher Güter mit Hochdruckwasserstrahl, Ph.D. Dissertation, ILF, TU-BS, 2005, ISBN 3-8322-3941-3.

Linke, L., & Liebers, H. (1992). Quality demands for the cutting of fruits and vegetables, *Lebensmitteltechnik*, Vol. 6, 24-29.

Martins, R. C., Lopes, V. V., Vicente, A. A., & Teixeira, J. A. (2008). Computational Shelf-life Dating: Complex System Approaches to Food Quality and Safety. *Food and Bio-process Technology*, Vol. 1(3): 207-222.

Norton, T., & Sun, D-W (2007). Recent Advances in the Use of High Pressure as an Effective Processing Technique in the Food Industry. *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 1(1), 2-34.

Soliva-Fortuny, R. C., & Martin-Belloso, O. (2003). New Advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review, *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 14, 341-353.

Toivonen, P. M. A., & Brummell, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh cut fruit and vegetables, *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 48(1), 1-14.

„Entwicklung innovativer, energieeffizienter Verfahren zur Herstellung hochwertiger Kräuter- und Gewürzprodukte“

„ Development of innovative, energy-efficient processes for the production of high quality herbs and spices“

#### **Laufzeit**

01.04.2009 bis 31.03.2012

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Reinhold Carle  
Universität Hohenheim – Lehrstuhl  
Lebensmittel pflanzlicher Herkunft - Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie

#### **Verbundpartner**

Dr. Andreas Plescher  
PHARMAPLANT Arznei- und Gewürzpflanzen Forschungs- und Saatzucht GmbH  
Hans-Peter Raible  
HAGESÜD INTERSPICE Gewürzwerke GmbH & Co KG

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Vor dem Hintergrund steigender Energiekosten ist bei der Produktion von Kräutern und Gewürzen die Entwicklung energiesparender Verfahren von der Urproduktion bis zum Weiterverwender bzw. Endverbraucher zwingend erforderlich. Im Rahmen des Verbundprojekts werden daher innovative, energieeffiziente Verfahren zur Herstellung von Kräuter- und Gewürzprodukten entwickelt. Im Vergleich zu konventionell hergestellten getrockneten Kräutern und Gewürzen trägt die Herstellung pastöser Gewürzapplikationen wesentlich zur Verbesserung der Energieeffizienz bei, da hierbei auf die sehr energie- und kostenintensive Trocknung und Kaltvermahlung verzichtet werden kann.

Der innovative Charakter des zu entwickelnden Verfahrens zeigt sich in der Entwicklung neuer Gewürz-Applikationsformen, die sich gegenü-

ber herkömmlichen Produkten durch deutliche Vorteile auszeichnen. Konventionelle Gewürzformen weisen in der Regel hohe Gesamtkeimzahlen auf, da sie vielfach unter hygienisch mangelhaften Bedingungen getrocknet, verarbeitet und gelagert werden. Bei der Weiterverarbeitung sind sie zudem durch eine mangelhafte Dosier- und Mischbarkeit gekennzeichnet auf. Demgegenüber sollen im vorgestellten Verbundprojekt keimarme, pumpbare Kräuter- und Gewürzpasten entwickelt werden, die sich sehr viel leichter dosieren lassen und deshalb in der weiterverarbeitenden Industrie problemlos einsetzbar sind. Neben der verbesserten Handhabbarkeit der Produkte spielt insbesondere die Reduktion der mikrobiellen Belastung eine entscheidende Rolle. Durch den im Rahmen des neuartigen Herstellungsprozesses durchzuführenden Erhitzungsschritt vor oder nach der Zerkleinerung der Rohware soll eine signifikante Reduktion der mikrobiellen Belastung gewährleistet werden, so dass Applikationsformen entwickelt werden, die direkt auch in sehr sensible Lebensmittel, wie z.B. Fisch, Fleisch und -produkte eingearbeitet werden können. Ein weiterer Vorteil dieses Herstellungsverfahrens liegt in der Inaktivierung pflanzlicher Enzyme, die zu Qualitätseinbußen führen können, etwa von Proteasen, Phosphatasen, Lipoxygenasen, Polyphenol-oxidasen und Peroxidasen. Da die Aktivität dieser Enzyme bei der herkömmlichen Gewürztrocknung lediglich gehemmt, nicht aber inaktiviert wird, besteht bei der Rehydratisierung generell die Gefahr von Qualitätsverlusten in verarbeiteten Lebensmitteln infolge der genannten Enzymaktivitäten. Durch die kurzzeitige Erhitzung der erntefrischen Kräuter und Gewürze werden diese Enzyme hingegen sofort inaktiviert, so dass nach Applikation der Produkte keine nachteiligen Effekte zu erwarten sind.

Das Verfahren soll an verschiedenen in Deutschland heimischen Aromapflanzen erprobt und daraus qualitativ hochwertige Produkte hergestellt werden. Hierzu werden exemplarisch Koriander, Petersilie und Majoran

eingesetzt. Zusätzlich werden Selleriewurzeln und Knoblauchzehen in die Untersuchungen mit aufgenommen. Definierte pflanzliche Rohware wird von der PHARMAPLANT GmbH zur Verfügung gestellt, die auch an der analytischen Bewertung der Rohware und der Verarbeitungsprodukte beteiligt ist. Die Optimierungsexperimente zur Zerkleinerung und Erhitzung des pflanzlichen Materials werden von der Forschungsstelle Hohenheim zunächst im Labormaßstab durchgeführt und in einem späteren Stadium des Projekts in den Pilotmaßstab übertragen. Zur schonenden Verarbeitung sollen die Produkte in Pilotmaßstab mittels Actijoule®-Verfahren erhitzt werden. Ergänzend sollen die Pasten in vergleichenden Untersuchungen mittels Hochfrequenzerhitzung behandelt werden, die eine noch schonendere thermische Behandlung verspricht. Die Experimente hierzu erfolgen am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) in Freising. Der Verbundpartner Hagesüd begleitet die Labor- und Technikumsversuche im Rahmen der Qualitätsbewertung der so erhaltenen Pasten und ist im weiteren Verlauf maßgeblich am Scale-Up des Verfahrens und ersten Akzeptanzstudien mit Vertretern der fleischverarbeitenden Industrie beteiligt.

In ersten Laboruntersuchungen wurden die frisch geernteten Kräuter nach Waschen und einem optionalen Blanchierschritt mittels Kutter zerkleinert und anschließend zur Enzyminaktivierung und Reduktion der Keimzahl unter Anwendung verschiedener Temperatur-Zeit-Regime erhitzt. Alternativ wurde die Erhitzung vor dem Zerkleinerungsschritt durchgeführt. Mit zunehmender Erhitzungstemperatur und -dauer war bei den chlorophyllhaltigen Produkten eine Farbverschiebung zu gelbgrünen Tönen beobachtbar, während ein Blanchierschritt sogar zu einer Intensivierung der grünen Farbe beitragen kann, was am Beispiel von Petersilienpaste gezeigt wurde. Unter moderaten Erhitzungsbedingungen waren sehr geringe Chlorophyllabbauraten zu verzeichnen, so dass Produkte erhalten wurden, deren Farbe der

Rohware sehr nahe kommen. Die Abnahmen in den Gesamtphenolgehalten und in der antioxidativen Kapazität (TEAC-, FRAP-Assay) waren unter den gewählten Prozessbedingungen ebenfalls meist sehr gering und lassen sich durch Optimierung der Erhitzungsparameter minimieren, während sich im Profil und Gehalt einzelner phenolischer Komponenten teils deutliche Unterschiede zeigten. Die Inaktivierung pflanzeigener Enzyme wurde anhand der Polyphenoloxidase- und Peroxidaserestaktivitäten bewertet. Hier zeigte sich, dass je nach pflanzlicher Matrix unterschiedliche Temperatur-Zeit-Regime zur weitgehenden Inaktivierung potentiell qualitätsmindernder Enzyme angewandt werden müssen. Inwieweit geringe Enzymrestaktivitäten die Qualität der pastenförmigen Produkte im Verlauf der Lagerung beeinflussen, soll in weiterführenden Untersuchungen bewertet werden. Aufgrund des Waschschrilles und des Erhitzungsprozesses wiesen die neuartigen Kräuter- und Gewürzprodukte sehr geringe Gesamtkeimzahlen auf (z.B. aerobe Gesamtkeimzahl in Knoblauchpaste: max.  $2,5 \cdot 10^2$  KBE/g), so dass deren Anwendung durch weiterverarbeitende Betriebe und den Endverbraucher problemlos möglich ist.

„Anwendung von Plasmaverfahren zur schonenden Haltbarmachung am Beispiel verderblicher Lebensmittelprodukte in der Nachernte (FriPlas)“

„Application of plasma for gentle preservation of perishables in the postharvest chain“

**Laufzeit**

15.10.2009 bis 15.10.2012

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Oliver Schlüter

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V.

**Verbundpartner**

Ingo Cziollek

CZIOTEC GmbH

Holger Adamzig

ELBAU GmbH

Dominique Chatard

Rudolf Wild GmbH & Co. KG

Dr. Jörg Ehlbeck

Leibniz-Institut für Plasmaphysik und Technologie e.V.

Prof. Dr. Dietrich Knorr

Technische Universität Berlin - Fachgebiet Prozesstechnische Grundlagen der Lebensmitteltechnologie

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Der in den letzten Jahren stetig gestiegene Verbraucherwunsch nach sicheren Lebensmitteln hoher Qualität stellt besonders auf dem Gebiet der leicht verderblichen pflanzlichen Frischeprodukte eine Herausforderung dar. Der Einsatz von Chemikalien zur Inaktivierung von pathogenen Mikroorganismen ist in vielen Ländern unerwünscht oder auch verboten. Konventionelle thermische Verfahren sind im Bereich leichtverderblicher Produkte in ihrer Anwendung limitiert, da bereits Temperaturen oberhalb von 45 °C zu unerwünschten Veränderungen der charakteristischen physiolo-

gischen Produkteigenschaften führen. Um die Qualität der Frischeprodukte zu erhalten und gleichzeitig die anhaftende mikrobielle Schadflora abzutöten, besteht daher ein besonderer Bedarf an innovativen, Produkt schonenden Behandlungsmethoden. Die Anwendung von Atmosphärendruckplasma eröffnet hierbei neue Möglichkeiten der physikochemischen Einflussnahme. Als Plasma bezeichnet man ionisierte Gase, die einen hohen Anteil an freien Ladungsträgern wie Ionen und Elektronen enthalten.

Die Realisierung einer neuen gesamtheitlichen Lösungsstrategie zur Steigerung der hygienischen Qualität und Sicherheit frischer pflanzlicher Lebensmittel soll im Rahmen des vorgestellten Verbundvorhabens durch innovative Ansätze zum verfahrensbegleitenden Monitoring von Schadkeimen auf der Produktmatrix sowie durch eine zielgerichtete Prozessführung unter Berücksichtigung Wert gebender Inhaltsstoffe erarbeitet werden. Die Umsetzung des Gesamtprojektes erfolgt durch Vernetzung von drei Teilvorhaben mit den inhaltlichen Schwerpunkten: Verfahrenskonzeption und technische Umsetzung, Charakterisierung von Hygienestatus und Wirkparametern sowie Produktqualität und Systemintegration.

Zur Erstellung eines Verfahrenskonzeptes müssen die Wirkmechanismen bekannt sein, die es erlauben, optimal auf das zu behandelnde Produkt abgestimmte Prozessparameter anzugeben. Dabei müssen besonders die Wechselwirkungen von Prozess und Produktmatrix untersucht und dargestellt werden. Für den Einsatz von Niedertemperaturplasma zur Inaktivierung von Mikroorganismen auf empfindlichen Lebensmitteloberflächen werden zwei unterschiedliche Verfahren untersucht. Erstens, ein modularer Hochfrequenz-angeregter Kapillarplasmajet der sowohl als Einzeljet, als auch als Array verwendet werden kann und der umfangreiche Gestaltungsmöglichkeiten des Plasmas sowie ein breites Anwendungsspektrum an Arbeitsgasen und -mitteln erlaubt.

Zweitens, ein Mikrowellen-angeregter Plasma-jet, der räumlich ausgedehntes Normaldruckplasma bei höherer Leistung und größerem Volumen pro Einzeljet erzeugt.

Die Charakterisierung von Hygienestatus und Wirkparametern fokussiert besonders auf die Aspekte der mikrobiologischen Produktsicherheit. Es sollen hierbei einerseits alternative Methoden zur spezifischen und quantitativen Detektion relevanter Verderborganismen mit dem Schwerpunkt auf elektro-optischen sowie durchflussszytometrischen Verfahren zur Ermittlung der mikrobiellen Belastung bei der Gemüseproduktion entwickelt werden. Andererseits soll eine kontinuierliche Analyse der mikrobiellen Kontaminanten nach verschiedenen Aufbereitungsschritten während der Herstellung von Obst- und Gemüseprodukten erfolgen und erstmals eine polyphasische Untersuchung der antimikrobiellen Wirkung von Plasma und die Etablierung des Verfahrens im Bereich der Überwachung des Behandlungserfolges ermöglichen. Ziel ist u. a. Grundlagen für eine Chargen gerechte Prozesssteuerung von Plasmatechnologien zu erarbeiten.

Schwerpunkt der Forschungsarbeiten zur Produktqualität und Systemintegration ist die Bewertung des Einflusses der Plasmabehandlung auf sensorische und nutritive Produkteigenschaften sowie deren Veränderungen während der Lagerung in Abhängigkeit der Vorbehandlung. Dabei sollen auch lebensmittelrechtliche Kriterien und Aspekte zur Sicherstellung der substanziellen Äquivalenz im Vergleich zu konventionell behandelten Produkten berücksichtigt werden, um eine umfassende Bewertung der Technologie bzw. deren Wechselwirkungen mit dem Produkt zu ermöglichen, und damit eine erfolgreiche technologische Umsetzung und Systemintegration zu gewährleisten.

Unter Verwendung eines RF-angeregten (27,1 MHz) und in Argon operierenden Plasmajets wurden im Rahmen erster Forschungsarbeiten bereits Inaktivierungskinetiken von *E. coli*, *P. carotovorum* und *L. innocua* anhand mikrobiologischer Keimzählverfahren erstellt. Die ermittelten Kinetiken wurden mit Hilfe existierender mathematischer Modelle beschrieben und bewertet. Zusätzlich wurde der Vitalitätszustand der Bakterien mit Hilfe der Fluoreszenzfarbstoffe Carboxyfluoresceindiazetat und Propidiumjodid durchflusszytometrisch nachgewiesen, um Aufschlüsse über die Inaktivierungsmechanismen zu erhalten. Die verwendeten Testorganismen wurden auf einer Modellmatrix (Polysaccharidgel) bei einer Leistung zwischen 10 und 40 W für 15 bis 240 s behandelt. Die erreichten mittleren Oberflächentemperaturen lagen auch bei einem maximalen Energieeintrag unterhalb von 50 °C. Der Plasmaeinfluss auf eine relevante Produktoberfläche wurde am Beispiel von Feldsalatproben untersucht und mit Hilfe der Chlorophyllfluoreszenzbildanalyse bewertet.

Bei 20 W Plasmaleistung konnte nach 4 min eine nahezu vollständige Inaktivierung der Bakterien mehr als 6 log Zyklen erreicht werden. Die durchflusszytometrischen Analysen ergaben bei 20 W zu Beginn der Behandlung einen Anstieg der Membranpermeabilisierung bei noch intakter Esteraseaktivität. Mit Verlängerung der Behandlungszeit nahm die Membranpermeabilisierung zu und die Esteraseaktivität ab. Die Anwendung bei Feldsalat zeigte bei gleicher Parametereinstellung einen nachteiligen Einfluss auf den untersuchten physiologischen Qualitätsindikator (maximale photochemische Effizienz). Dies konnte z. T. auf thermische Effekte zurückgeführt werden und durch das Reduzieren des Energieeintrags verringert werden (s. Abbildung).

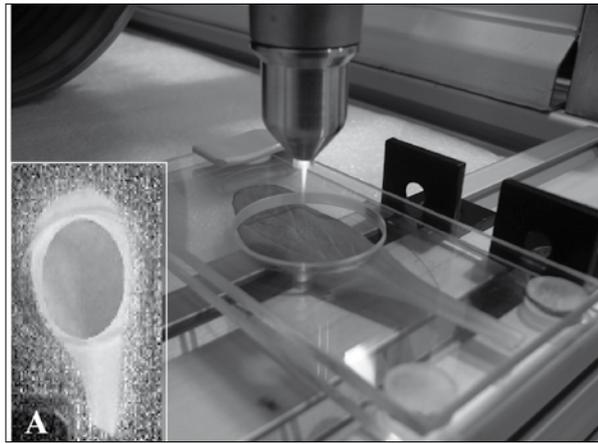


Abb. 1: Plasmabehandlung von Feldsalat und Beurteilung des Einflusses mittels Chlorophyllfluoreszenzbildanalyse (A). Die Falschfarbendarstellung im Bildausschnitt (A) bestätigt die physiologische Unversehrtheit der Probe nach einer Behandlung von 4 min bei 65,0 V, 0,05 A, 5 slm Argon und einem Abstand von 7 mm.

„Einsatz der Hochdrucktechnologie in Kombination mit einer neuen Verpackung zur Herstellung sicherer, qualitätsoptimierter Frischeprodukte mit verlängerter Haltbarkeit“

„Application of high pressure processing (HPP) in combination with novel packaging for production of safer, quality-optimized fresh food products with extended shelf life “

**Laufzeit**

15.11.2009 bis 14.11.2012

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Volker Heinz

DIL Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V.

**Verbundpartner**

Dr. Corinna Rüfer

Max Rubner-Institut Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel

Prof. Dr. Rudi Vogel

Technische Universität München

Prof. Dr. Dietrich Korr

Technische Universität Berlin, Lehrstuhl für Lebensmittelbiotechnologie und Prozesstechnik

Prof. Dr. Günter Klein

Tierärztliche Hochschule Hannover, Institut für Lebensmittelqualität und –sicherheit

Prof. Dr. Peter Köhler

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie

Dr. Peter Nünnerich

Uhde High Pressure Technologies GmbH

Dr. Herbert Bader

Nordenia Technologies GmbH

Klaus Nick

Eckes-Granini Group GmbH

Dr. Hans Besner

Unternehmensgruppe Theo Müller GmbH & Co. KG

Uwe Varenkamp

Ternäben Service GmbH

Hermann Otto-Lübker

Ahrenhorster Edelfisch GmbH & Co. KG

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden neue prozesstechnische Konzepte zur Herstellung sicherer, qualitativ hochwertiger Lebensmittel erarbeitet. Die technische Umsetzung basiert auf der Hochdrucktechnologie, wobei sich die Projektarbeiten auf die Produktgruppen Frucht/Fruchtsäfte und Fisch beziehen. Es wird angestrebt, bei hoher Produktsicherheit längere Haltbarkeiten zu ermöglichen, ohne den Gehalt der wertgebenden Inhaltsstoffe der Lebensmitteln zu vermindern. Die neuen Möglichkeiten der Hochdrucktechnologie sind in diesem Zusammenhang besonders vielversprechend. Bereits heute können bei Drücken ab ca. 5000 bar Mikroorganismen in Lebensmitteln abgetötet werden, wobei Inhaltsstoffe wie beispielsweise Vitamine, die bei der thermischen Entkeimung größtenteils zerstört werden, erhalten bleiben. Die Hochdrucktechnologie bietet weiterhin die Möglichkeit der „Entkeimung“ in der produkttypischen Endverpackung, so dass die Gefahr einer Rekontamination ausgeschlossen werden kann.

Trotz intensiver Forschungstätigkeiten sind aber auch heute noch viele Fragen zu Wechselwirkungen zwischen Prozessparametern, Lebensmittelinhaltsstoffen, Struktur, Qualität, Haltbarkeit und Verpackungsmaterialien ungeklärt. In enger Kooperation von Forschungs- und Industriepartnern wird daher im Rahmen des Forschungsvorhabens die wissenschaftliche Basis zu den Hochdruck-induzierten Vorgängen im Lebensmittel erarbeitet. Die Projektergebnisse sollen letztlich in sicheren, qualitätsoptimierten Produkten münden.

„Entwicklung eines Verfahrens zur Cronobacter sakazakii freien Herstellung von sprühgetrockneten milch- und zerealienbasierten Lebensmittelpulvern“

„Development of a process for the production of Cronobacter sakazakii-free spray-dried milk and cereal based food powders“

**Laufzeit**

01.06.2010 bis 31.05.2012

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Heike Schumacher  
Karlsruher Institut für Technologie - Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik  
- Bereich IV: Molekulare Aufarbeitung von Bioprodukten

**Verbundpartner**

Heike Hauptmann  
Milchwerke "Mittelelbe" GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Cronobacter sakazakii freien Herstellung von sprühgetrockneter milch- und zerealienbasierter Säuglingsnahrung. Das konventionelle Herstellungsverfahren erzeugt teilweise Produkte mit einer erhöhten Belastung an C. sakazakii. Bei unsachgemäßem Umgang bergen solche Produkte Gefahren für den Verbraucher. Der Kerngedanke des Projekts ist daher, die Pasteurisierung aller Rohstoffe bei gleich bleibender Produktqualität. Hierzu werden im Rahmen des Projektes alle Teilprozesse des Herstellungsverfahrens untersucht. Zunächst werden Eintragsquellen für die Keime identifiziert, auftretende C. sakazakii Stämme isoliert und charakterisiert. Exakte Inaktivierungskinetiken und relevante Stoffeigenschaften werden ermittelt. Basierend auf Vorarbeiten werden innovative Technologien zur Pasteurisierung, Homogenisierung und Sprühtrocknung rheologisch komplexer Medien entwickelt und ausgelegt. Qualitätsrelevante Einflussparameter werden bestimmt,

Scale-up-Strategien erarbeitet und in der Umsetzung begleitet.

„Verbesserung der hygienischen Qualität und Sicherheit von Cateringprodukten“

„Improvement of the hygienic quality and safety of catering products“

**Laufzeit**

01.05.2010 bis 30.04.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Julia Frei  
biozoon GmbH

**Verbundpartner**

Maria Eden  
Verein zur Förderung des Technologietransfers an der Hochschule Bremerhaven e.V. - Technologie-Transfer-Zentrum Bremerhaven - Bioverfahrenstechnik/ Lebensmittel-technologie

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Ziel des Vorhabens „Verbesserung der hygienischen Qualität und Sicherheit von Cateringprodukten“ ist es, die mikrobielle Gefahr und die dadurch bedingte geringe Haltbarkeit von Cateringspeisen durch den Einsatz von natürlichen Pflanzenextrakten mit einer antimikrobiellen Wirkung positiv zu beeinflussen und somit die hygienische Qualität und Sicherheit von Speisen im Cateringbereich zu verbessern.

Auch in Ländern mit einem hohen Lebensstandard stellen Lebensmittelvergiftungen und Lebensmittelintoxikationen ein hohes Potential für eine Gesundheitsgefährdung dar, wodurch die Notwendigkeit von hygienisch einwandfreien und gesundheitlich unbedenklichen Speisen verdeutlicht wird. Lebensmittelinfektionen werden dabei durch ein- und mehrzellige Organismen hervorgerufen, wohingegen bei

einer Intoxikation von Organismen gebildete Toxine die Reaktion verursachen.

Durch den Einsatz von antimikrobiell wirkenden Polyphenolen soll die mikrobielle Sicherheit der Lebensmittel verbessert werden. Diese Verbesserung soll durch die Entwicklung eines Verfahrens erfolgen, in welchem die für den Cateringbereich typischen Hydrokolloide mit ausgewählten funktionellen Pflanzenextrakten aus Trester versetzt werden.

Die Hydrokolloid-Produkte werden handelsüblich in Pulverform vertrieben und zur Herstellung von Soßen, Cocktails, Puddings und anderen Speisen und Getränken verwendet. Diese Produkte weisen aufgrund ihres geringen aw-Wertes eine lange Haltbarkeit auf.

Dies gilt jedoch nicht für die auf der Basis dieser Produkte hergestellten Speisen, die generell für den Endkonsumenten ein höheres mikrobielles Gefährdungspotenzial darstellen. Die entsprechende mikrobiologische Sicherheit ist besonders für die Produkte mit der verlängerten technologischen Haltbarkeit relevant. Ein Beispiel sind mit Cellulosederivaten stabilisierte Schäume auf Wasser- oder Milchbasis, die über lange Zeit stabil bleiben. Dies ist insbesondere für Catering-Unternehmen interessant, welche bei der Präsentation ihrer Speisen hohe Anforderungen an Form- und Texturstabilität der Lebensmittel stellen, da Speisen und auch Getränke zum Teil über mehrere Stunden warmgehalten oder bei Raumtemperatur dem Konsumenten dargereicht werden.

In zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen wird die antimikrobielle und gesundheitsfördernde Wirkung von verschiedenen Polyphenolen nachgewiesen. Die antibakterielle und antivirale Wirkung der Polyphenole liegt in ihrer Aufgabe in den Pflanzen als Schutz gegen Pilz- und Bakterienbefall begründet. Ein sehr hoher Gehalt an polyphenolischen Verbindungen wird vor allem in Schalen und Kernen von Oliven, Kakao, Tomaten, Trauben

und Zitrusfrüchten ermittelt, deshalb sind sie in Rückständen wie Sojaschrot, ausgepresste Oliven, Trauben-, Tomaten- und Apfeltrester besonders reich enthalten.

Sowohl unter der Berücksichtigung der Schonung natürlicher Ressourcen als auch aus Marketing-Gesichtspunkten ist die Verwendung natürlicher Extrakte zur Konservierung von großem Interesse. Die Kenntlichmachung von herkömmlichen Konservierungsstoffen ist im Cateringbereich zum einen schwierig und wird zum anderen von den Verbrauchern als negativ empfunden. Es wird von den Produzenten daher immer häufiger eine Herstellung ohne künstliche Konservierungsstoffe angestrebt. Da die eingesetzten Polyphenole neben einer antimikrobiellen Eigenschaft auch noch einen ernährungsphysiologischen Zusatznutzen haben sollen, ermöglicht die Zugabe der Pflanzenextrakte die Haltbarkeitsverlängerung der Catering-Produkte ohne einen Zusatz künstlicher Konservierungsstoffe und bietet den Verbrauchern einen zusätzlichen ernährungsphysiologischen Vorteil.

„Entwicklung neuartiger Backmittel auf der Basis von Gluconobacter-Fermentationen“

„Development of novel baking aids based on Gluconobacter fermentations“

**Laufzeit**

01.05.2010 bis 30.04.2013

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Rudi Vogel

Technische Universität München - Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie

**Verbundpartner**

Dr. Markus Brandt

Ernst Böcker GmbH & Co. KG - Bereich Forschung und Entwicklung

**Kurzfassung der Ergebnisse**

In diesem Forschungsvorhaben soll die Voraussetzung für eine neue Generation von Backmitteln erarbeitet werden. Diese basieren auf Fermentationen mit Exopolysaccharid(EPS)-produzierenden Essigsäurebakterien, die in Lebensmitteln eine sichere Tradition haben, aber bisher im Backgewerbe keine Anwendung finden.

Ziele des Vorhabens sind (1) die Charakterisierung EPS-produzierender Stämme, (2) die Charakterisierung der EPS hinsichtlich der Struktur sowie der biochemischen und präbiotischen Eigenschaften, (3) der Einsatz der selektionierten Stämme in Fermentationen zur EPS-Produktion und die Optimierung der Fermentationsbedingungen hinsichtlich der EPS-Ausbeute, (4) die Prozessierung zum Backmittel durch Konditionierungs-, Fraktionierungs- und Trocknungsverfahren. Letztlich sollen die hergestellten Präparationen in backtechnischen Anwendungen zur Bestimmung der Auswirkungen der EPS-haltigen Backmittel auf Teig und Backwaren hinsichtlich Rheologie, Textur,

sensorischer Qualität und Haltbarkeit untersucht werden.

„Entwicklung geeigneter Backmittel zur Verbesserung und Erweiterung des Backwarenangebots für Menschen mit Zöliakie“

„Development of baking aids improving and enhancing the range of baked goods for celiacs“

**Laufzeit**

01.04.2009 bis 31.07.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Rudi Vogel

Technische Universität München - Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie

**Verbundpartner**

Dr. Markus Brandt

Ernst Böcker GmbH & Co. KG

Kathrin Ruß

Heinrich Leupoldt KG

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll die Voraussetzung für eine neue Generation von Backmitteln zur Herstellung sicherer, qualitativ hochwertiger Backwaren für Menschen mit Zöliakie erarbeitet werden. Die quantitative und qualitative Verbesserung einer Backwarenangebotspalette aus glutenfreien Pseudocerealien erfolgt durch die kombinierte und verfahrenstechnisch optimierte Verwendung von backtechnologisch (1) aktiven Milchsäurebakterien, (2) Enzymen und (3) strukturverbessernden Polysacchariden bei der Teigbereitung. Die Auswirkungen auf die molekulare Struktur, Teig rheologie und Backfähigkeit glutenfreier Pseudocerealien wird mit modernsten Methoden der Rheologie, Bildverarbeitung und Proteinanalytik bestimmt. Backwaren aus Pseudocerealien sollen hiermit bezüglich ihrer sensorischen Qualität und Textur konventionellen Backwaren aus Weizen oder Roggen vergleichbar werden. Die Einbeziehung eines breiten, ernährungsbewussten Verbraucherkreises, der diese Produkte alleine aufgrund

ihrer ernährungsphysiologischen und sensorischen Vorzüge konsumiert, sichert einen ökonomischen Kontext, in dem die Lebensmittelsicherheit und Lebensqualität der betroffenen Personen die höchste Priorität besitzen.

„Entwicklung von innovativen Schnelltest- und Screeningverfahren zum Nachweis von Lebensmittelallergenen vor Ort in der Produktentwicklung und -kontrolle“

„Development of innovative rapid test and screening methods for on-site detection of food-borne allergens in product development and control“

**Laufzeit**

01.09.2009 bis 31.08.2012

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Alfonso Lampen  
Bundesinstitut für Risikobewertung - Abteilung Lebensmittelsicherheit

**Verbundpartner**

Dr. Wolfgang Weber  
IFP Privates Institut für Produktqualität GmbH

Andreas-Michael Peter  
Zentis GmbH & Co. KG

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung innovativer molekularbiologischer Methoden zum qualitativen Nachweis der kennzeichnungspflichtigen Allergene in Lebensmitteln. Neben immunologischen Schnelltestverfahren, welche ohne höheren apparativen oder personellen Aufwand vor Ort durchgeführt werden können, wird ein auf der DNA-Analytik basierendes Mikrotiterplatten-Format aufgebaut, welches den parallelen Nachweis von bis zu acht verschiedenen allergenen Spezies in einem Analysengang ermöglicht. Eine

weitere Steigerung der Effizienz der Analytik wird durch die Zusammenstellung von Produktgruppen-spezifischen PCR-Nachweissystemen - speziell für die Analytik von Süß- und Backwaren sowie Fleisch- und Wurstwaren - erreicht.

Zur Zeit werden Realtime PCR Nachweisverfahren für die Produktgruppe "Wurstwaren": Senf, Sellerie, Soja, Pistazie, Weizen/Roggen/Dinkel, Hafer, Gerste und die Produktgruppe "Süßwaren": Sesam, Lupine, Cashew, Haselnuss, Mandel, Macadamia, Walnuss, Soja und Erdnuss auf das hier entwickelte Screening-Verfahren adaptiert. Ein zentraler Schwerpunkt des Projektes ist daher die umfangreiche Validierung der Nachweisverfahren anhand von transparenten und für alle Systeme einheitlichen Standardparametern. Hierdurch wird es möglich sein, ein routinetaugliches Übersichtsverfahren ("Screening-Verfahren") anzubieten, welches auch als Basis für die Entwicklung amtlicher Standardmethoden gemäß §64 LFGB (Lebens- und Futtermittelgesetzbuch) zur Überprüfung der Kennzeichnungspflicht geeignet ist. Im Hinblick auf die diskutierte Einführung von Schwellenwerten sollen die Schnelltestverfahren hinreichend sensitiv sein, um die Bestimmung von Allergenen im für Allergiker relevanten Spurenbereich (ppm) zu ermöglichen.

Im ersten Arbeitsabschnitt des Projektes wurden schwerpunktmäßig Materialien für die Systementwicklung- und Validierung hergestellt oder beschafft, ein Validierungsschema sowie Akzeptanzkriterien für die in Frage kommenden PCR-System erstellt und mit ersten Plattenbelegungen und Testungen für beide Plattensysteme (Süßwaren, Wurst- und Fleischwaren) begonnen. Beispielhaft ist in der Abbildung 1 zu sehen, wie die vorkonfektionierten 96-well Mikrotiterplatten mit den Primer/Sonden-Systemen für die Produktgruppe "Wurstwaren" aussehen können. Die Anwendung ist denkbar einfach; lediglich die Zugabe des Mastermixes und der isolierten Proben-DNA ist notwendig,

um in einer Analyse Hinweise zu der Anwesenheit von max. 7 verschiedenen potentiellen Allergenen zu erhalten. Die Flexibilität des System erlaubt darüber hinaus die freie Kombination der verschiedenen Primer/Sonden-Systeme auch in multiplex Anwendungen, bei denen mehrere Nachweissysteme in einer Reaktion zusammengefügt werden können.

Die Eignung der validierten Nachweisverfahren wurde bereits erfolgreich an ausgewählten kommerziellen Handelsproben demonstriert. Darüber hinaus werden zur Zeit auch PCR-Nachweisverfahren für Fische und Weichtiere in-house entwickelt und validiert, da bislang keine verwertbaren publizierten Systeme zur Verfügung stehen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Systeme
A	EC	PC	NTC	sample 1			sample 2			sample 3			A	Amplifikationskontrolle (MY)
B	EC	PC	NTC	sample 1			sample 2			sample 3			B	Senf
C	EC	PC	NTC	sample 1			sample 2			sample 3			C	Sellerie
D	EC	PC	NTC	sample 1			sample 2			sample 3			D	Soja
E	EC	PC	NTC	sample 1			sample 2			sample 3			E	Pistazie
F	EC	PC	NTC	sample 1			sample 2			sample 3			F	Weizen/Roggen/Dinkel
G	EC	PC	NTC	sample 1			sample 2			sample 3			G	Hafer
H	EC	PC	NTC	sample 1			sample 2			sample 3			H	Gerste

**Abbildung 1:** Design der vorkonfektionierten 96-well Mikrotiterplatten mit den Primer/Sonden-Systemen für die Produktgruppe "Wurstwaren".

Abb. 1: Relative Befallsstärke nach Inokulierung mit *Septoria petroselini* unter Klimakammerbedingungen von resistenten bzw. anfälligen Linien der Inzuchtstufe 13, der als Kreuzungspartner verwendeten Sorten 'Rialto' und 'Gigante d'Italia' sowie anfälliger (P510, P619) und resistenter (P656) Standards

„Entwicklung eines Schnelldiagnosesystems auf Basis der real-time PCR zur quantitativen Allergenüberwachung in der gesamten Lebensmittel-Produktionskette“

„Development of a PCR based rapid test for the quantitative allergen monitoring in the entire food production chain,“

**Laufzeit**

01.09.2009 bis 31.08.2012

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Matthias Kuhn

Congen Biotechnologie GmbH, Berlin

**Verbundpartner**

Dr. Ulrich Busch

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

Hans-Ulrich Waiblinger

Chemisches und

Veterinäruntersuchungsamt

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Im Jahr 2003 wurde die Richtlinie 2003/89/EG verabschiedet, die sich mit der Deklaration von allergenen Zutaten beschäftigt. Diese Richtlinie wurde im Rahmen einer Änderung der Lebensmittelkennzeichnungsverordnung (LMKV) in deutsches Recht umgesetzt. Dies bedeutet im Wesentlichen, dass die in Anlage 3 der LMKV aufgeführten allergenen Lebensmittel zwingend im Zutatenverzeichnis genannt werden müssen, sobald sie als Zutat verwendet werden, auch wenn sie nur in kleinsten Mengen vorkommen. Mit der Richtlinie 2006/142/EG wurde der Anhang um Lupine und Weichtiere erweitert. Diese sind seit 23.12.08 kennzeichnungspflichtig. Die am 27. November 2007 in Kraft getretene Richtlinie 2007/68/EG stellt den aktuellen Stand des Anhang IIIa mit den kennzeichnungspflichtigen Zutaten einschließlich der nun endgültig genehmigten Ausnahmen dar.

In Australien wurde parallel das VITAL-Konzept als Bewertungsschema etabliert. Dieses beinhaltet verschiedene „Action levels“, die eine Einstufung des Gehalts an allergenen Proteinen ermöglichen soll.

Für die Umsetzung der EG-Richtlinie sind entsprechende, sensitive Methoden bzw. in Anlehnung an das VITAL-Konzept insbesondere Grenz- oder Beurteilungswerte für unbeabsichtigte Verunreinigungen erforderlich, um allergene Bestandteile in Lebensmitteln nachzuweisen, zu quantifizieren und bewerten zu können.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens mit drei beteiligten Projektpartnern sollen molekularbiologische Methoden zum Allergenscreening und die Quantifizierung aller derzeit kennzeichnungspflichtigen allergenen Zutaten (mit Ausnahme von Milch, Ei, Sulfid und Laktose) etabliert und validiert werden.

Dies beinhaltet die Herstellung von Vergleichsmaterialien, die typische Lebensmittelmatrices repräsentieren. Sie sollen unter Zusatz aller Lebensmittelallergene in den relevanten, sehr niedrigen Konzentrationen produziert und zur Kalibrierung der quantitativen Methoden eingesetzt werden. Die Entwicklung der quantitativen Methoden soll im Hinblick auf höchstmögliche Sensitivität und Spezifität mit Hilfe dieses Vergleichsmaterials erfolgen. Weiterhin soll ein Schnelldiagnosesystem für alle deklarationspflichtigen Allergene auf Basis der LPA-Technik etabliert werden. Grundlegende Methode ist das am LGL für den Allergennachweis etablierte Verfahren, das auf der ligationsabhängigen Amplifizierung von Hybridisierungssonden (Ligation-dependent Probe Amplification, LPA) basiert. Gegenüber den bisherigen Verfahren hat die neue Methodik den großen Vorteil, dass mehrere deklarationspflichtigen allergenen Bestandteile mit einer einzigen Analyse nachgewiesen werden können. Beispielhaft soll eine Methode zum parallelen Nachweis von glutenhaltigem

Getreide, Krebstieren, Fischen, Sojabohnen, Sellerie, Senf, Lupine und Weichtieren entwickelt werden.

Erste Ergebnisse und Ansätze für das Allergen-Screening und die Quantifizierung werden hier vorgestellt.

„AIDA-Allianzen für Informations- und Dienstleistungsagenturen zur horizontalen Bündelung von Koordinierungsaufgaben im Qualitäts-, Gesundheits- und Risikomanagement der Fleischwirtschaft“

“AIDA - Alliances for a horizontal coordination of information and service agencies concerning quality, health and risk management tasks within the meat economy”

**Laufzeit**

01.10.2008 bis 30.09.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Adriane Mack  
Grenzüberschreitende Integrierte Qualitätssicherung (GIQS) e.V.

**Kooperationspartner**

Prof. Dr. Brigitte Petersen  
Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn - Institut für Tierwissenschaften - Abteilung Präventives Gesundheitsmanagement

Prof. Dr. Achim Spiller, Prof. Dr. Theuvsen  
Georg-August Universität Göttingen - Department für Agrarökonomie und rurale Entwicklung

*Gruppe West*

Rudolf Festag  
Erzeugergemeinschaft für Qualitätsferkel im Raum Osnabrück eG

Martin Wesselmann  
Raiffeisen Viehvermarktung Werne GmbH & Co. KG

Bernd Terhalle  
Erzeugergemeinschaft für Qualitätsvieh Hümmling e.G.

Josef Wigger  
Raiffeisen-Viehvermarktung Ganderkesee-Wildeshausen eG

Heinrich Krieger  
Erzeugergemeinschaft für Qualitätsvieh im Oldenburger Münsterland EG

*Gruppe Süd*

Bernd Kollmer  
NVG-bovex GmbH

Bernd Kollmer  
Viehzentrale Südwest GmbH

Matthias Otto  
Mitteldeutsche Schlachtvieherzeugergemeinschaft w.V. Altenburg

*Gruppe Nord*

Dr. Achim Münster  
Vermarktungsgemeinschaft für Zucht- und Nutztvieh ZNVG eG

Cord Wilkens  
Stader Saatzucht eG

Rudolf Diegruber  
Erzeugergemeinschaft für Qualitätstiere Syke-Bassum eG

Uwe Kregel  
Vievermarktung Walsrode-Visselhövede eG

**Initiator**

Anja Czekala  
Deutscher Raiffeisenverband e.V.

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Das übergeordnete Ziel des Verbundprojektes AIDA ist die Stärkung der beteiligten VVG und EZG in ihrer Brückenfunktion zwischen Primärproduktion und den Verarbeitungsstufen.

Die hier gemeinsam entwickelten innovativen, technischen und organisatorischen Lösungskonzepte versetzen die Handelsorganisationen in die Lage, die Rolle von Netzwerkintegratoren zu übernehmen und sich zu Informations- und Dienstleistungsagenturen zusammen zu schließen.

Die Entwicklung und Erprobung technischer und organisatorischer Lösungen erfolgt parallel in drei geographisch und organisatorisch voneinander getrennten Gruppen von Projektpartnern mit der Konzentration auf jeweils eine Schwerpunktaufgabe.

Gruppe Nord befasste sich mit dem Bereich Gesundheits- und Qualitätsmanagement und setzte sich aus folgenden Projektpartnern zusammen:

- Vermarktungsgemeinschaft für Zucht- und Nutzvieh ZNVG eG
- Erzeugergemeinschaft für Qualitätstiere Syke Bassum eG
- Stader Saatzucht eG
- Viehvermarktung Walsrode-Rethem eG

Die vier Erzeugergemeinschaften arbeiteten unter wissenschaftlicher Begleitung der Universität Bonn (Institut für Tierwissenschaften, Abteilung Präventives Gesundheitsmanagement, Frau Prof. Dr. B. Petersen) an einem Konzept für ein vernetztes Gesundheitsmanagement an den Nahtstellen Zucht bis Mast. Es wurden Qualitätsmanagementmodelle für EZG und VVG zur Unterstützung überbetrieblicher Tiergesundheitsmanagementaufgaben entwickelt. Dazu entstand eine internetbasierte Datenbank, in der Befund- und Betriebsdaten abgespeichert und zu entscheidungsrelevanten Informationen für eine nutzerspezifische Auswertung bereit gestellt wurden. Im Vordergrund mehrerer Versuchsreihen zur Erprobung dieses webbasierten Gesundheitsmanagementsystems in Pilotbetrieben stand, den Ablauf eines Audit- und Zertifizierungsverfahrens hinsichtlich des Gesundheitsstatus von

tierhaltenden Betrieben und Tiergruppen zu testen. Die Untersuchungsparameter und -frequenzen sowie Analysemethoden wurden im Projekt variiert, um Eckdaten für den Umfang und den Ablauf risikoorientierter Stuserhebungen und Kosten-Nutzen-Betrachtungen zu erhalten. In die Bewertung aufgenommen wurde, in wieweit die Stusermittlung in Verbindung mit der Statuskommunikation langfristig das Handelsrisiko minimieren und das Image insbesondere deutscher Ferkel verbessert. Die Projektgruppe nutzte ein von der Universität Bonn entwickeltes Planungsmodell (ABE-Modell), um, unterstützt von fünf Templates und vier Softwaretools, ein kundenorientiertes Dienstleistungsprofil im überbetrieblichen Gesundheitsmanagement aufzubauen. Ziel war die Konzeption eines QM-Systems für Dienstleistungsagenturen nach dem Gütegemeinschaftsmodell.

Gruppe West bearbeitete den Bereich Benchmarking und Kundenbindungsstrategien und bestand aus den folgenden Unternehmen:

- Erzeugergemeinschaft für Qualitätsferkel im Raum Osnabrück eG
- Erzeugergemeinschaft für Qualitätsvieh Hümmling eG
- Erzeugergemeinschaft für Qualitätsvieh im Oldenburger Münsterland eG
- Raiffeisen-Vievermarktung Ganderkesee-Wildeshausen eG
- Raiffeisen Viehvermarktung Werne GmbH & Co. KG

In der Gruppe West arbeiteten fünf Unternehmen unter wissenschaftlicher Begleitung der Universität Göttingen (Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Herr Prof. Dr. L. Theuvsen) an der Einführung und Anpassung einer einheitlichen und integrierten IT-Systemplattform zur Unterstützung von für genossenschaftliche Viehvermarkter typischen Geschäftsprozessen in einem einheitlichen Warenwirtschaftssystem. Die Plattform diente als Basis, um später überbetriebliche Geschäfts-

prozesse, ein gemeinsames EDV-gestütztes Benchmarking sowie Marketing- und Kundenbindungsstrategien koordinieren zu können. Hierzu wurde ein gemeinsames Pflichtenheft erstellt und für die Erprobungsphase geeignete Hardwarekomponenten installiert. Parallel zu den erforderlichen Systemschulungen wurden Kundenstammdaten angepasst und ein einheitlicher Kontenrahmen im Hinblick auf das unternehmensübergreifende Benchmarking anhand neuer Erfolgskennzahlen entworfen. Für die Verwaltung der Mitgliedschaften wurde ein neues Konzept erarbeitet und nach ausführlicher Testphase als neues Modul „Genossenschaftsverwaltung“ in die Warenwirtschaftssysteme der Projektpartner implementiert. Die Prozesse der Viehanmeldung, Verkaufsmengenplanung und Transportdisposition wurden mit Erstellung von Begleitdokumenten in einem System zusammengeführt und als neues Modul, dem sogenannten „Disposition-Monitor“ entwickelt. Diese Innovation musste an die individuellen Anforderungen der Projektpartner angepasst werden. Ein von der Uni Göttingen erstelltes Kennzahlensystem zum Benchmarking wurde über die gesamte Projektlaufzeit weiterentwickelt und angepasst. Die Endphase des Projektes zielte auf die Konkretisierung der Marketing- und Kundenbindungskonzepte ab. Die Einführung der neuen Leistungsbereiche, wie auch der Einsatz der überbetrieblichen Vermarktungssoftware sollen langfristig die Kundenzufriedenheit verbessern und die Wechselbereitschaft der Mitglieder senken.

Gruppe Süd befasste sich mit dem Thema Logistik- und Customer Relationship Management und setzte sich wie folgt zusammen:

- Mitteldeutsche Schlachtvieherzeugergemeinschaft w.V. Altenburg
- NVG-bovex GmbH
- Viehzentrale Südwest GmbH

Gruppe Süd wurde wissenschaftlich begleitet von der Universität Göttingen (Department

für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Herr Prof. Dr. Achim Spiller) und bestand aus drei Unternehmen der genossenschaftlichen Viehvermarktung. Sie konzentrierte sich auf die Profildomänen vernetzte Logistik und Kundenbeziehungsmanagement [Customer Relationship Management (CRM)]. Durch den Einsatz einer vernetzten Softwarelösung entstanden Verbesserungen beim Vermarktungsprozess. Ziel war die Reduzierung von Vermarktungskosten von Nutz- und Schlachtieren, insbesondere vor dem Hintergrund der in Süddeutschland klein strukturierten Betriebe, sehr differenzierten Nutz- und Schlachttierqualitäten sowie ausgeprägten Mengenschwankungen. Im Bereich Logistik wurde dies durch den Einsatz eines Mengenverwaltungsmoduls, einer Dispositionssoftware und von Telematik realisiert. Die Mengenverwaltung stellte ein dem Dispositionsprogramm vorgeschaltetes Modul dar. In diesem Modul wurde die Planung der Vermarktung elektronisch unterstützt. Aufgrund der Rechnungs-/ Abrechnungsdaten aus SAP werden für jeden Betrieb Prognosen erstellt. Diese Prognosen dienen als Grundlage für Vermarktungsvorschläge. Die Dispositionssoftware ermöglicht der Gruppe Süd eine Optimierung der Tourenplanung und die direkte Kommunikation mit den Fahrzeugen. Gleichzeitig laufen hier alle wichtigen Informationen aus der Mengenverwaltung (Aufträge) und den Telematikgeräten (Ortung, Tourverläufe und elektronisch erfasste Auftragsdaten) zusammen. Basierend auf zwei Status-quo-Befragungen zum Customer Relationship Management (CRM) erarbeiteten die Wissenschaftler der Universität Göttingen eine Typologie der Viehhandelskunden, die eine an die individuellen Bedürfnisse der Mitglieder angepasste, proaktive Weiterentwicklung des Dienstleistungsprofils in den Bereichen Qualitätssicherung und Gesundheitsmanagement ermöglicht. Die von der Gruppe Süd implementierte CRM- und Logistiksoftware trägt in diesem Zusammenhang nicht nur zur Reduzierung der Vermarktungskosten bei, sondern ist auch ein wichtiges Instrument zur Generie-

zung von aktuellem Wissen über die Kunden und deren Anforderungen.

Zwölf der bedeutendsten Viehverwertungsgenossenschaften und Erzeugergemeinschaften aus Deutschland (größtenteils KMU) haben sich mit den Universitäten Bonn und Göttingen im Verbundprojekt AIDA zusammen geschlossen, um gemeinsam Innovationen für die Erweiterung des Dienstleistungsangebotes im Qualitäts- und Risikomanagement zu entwickeln. Tierhaltende Betriebe erhalten über überbetriebliche Kommunikationssysteme und Beratungsdienstleistungen Informationen für fehlervermeidende und kostensenkende Aufgaben. Viehverwertungsgenossenschaften (VVG) und Erzeugergemeinschaften (EZG) erweitern damit ihr traditionelles Dienstleistungsangebot.

„Verbesserung von Qualitäts- und Risikomanagementsystemen mit Hilfe einer Informationsplattform für die Vieh- und Fleischwirtschaft zur Reduzierung von Eintragsquellen in die fleischerzeugende Produktionskette“

“Improvement of quality and risk management systems with an internet based information platform for the livestock and meat industry to reduce negative impacts in the meat processing supply chain”

**Laufzeit**

20.06.2008 bis 19.06.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Herr Schoberth, Herr Kagerer  
Fleischprüfing Bayern e.V.

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Der Fleischprüfing Bayern e.V. entwickelt im Rahmen des Projektes eine EDV-Systematik deren Ziel es ist den Datenaustausch zwischen

allen Marktpartnern im Bereich der Vieh- und Fleischerzeugung zu verbessern.

Aufgabe dieses Projektes ist es, über eine internetgestützte Informationsplattform den Beteiligten der Vieh- und Fleischwirtschaft gebündelt und einheitlich wichtige Produkt-, Prozess- und Qualitätsdaten, die das Produkt Vieh oder Fleisch betreffen, schnell in aufbereiteter Form umfassend zur Verfügung zu stellen, um mögliche Eintragsquellen in die fleischerzeugende Produktionskette sicher zu erkennen und abzustellen.

Über ein Netzwerk von landwirtschaftlichen Erzeugern, Anlieferern, verarbeitenden Betrieben, Institutionen zur Qualitätssicherung, Forschung und Vermarktung sowie assoziierten Industrien und Dienstleistern in der fleischerzeugenden Wertschöpfungskette sollen durch eine Verbesserung der Qualitäts- und Risikomanagementsysteme auf Basis gesammelter Produktionsdaten und Erkenntnissen aus dem Erzeugungsprozess Wettbewerbsvorteile für alle Partner erreicht werden.

Diese Informationsplattform wird modular aufgebaut. Sie besteht aus einer Basisplattform in der die relevanten Schlacht- und Qualitätsdaten erfasst und für zu entwickelnde weitere Module gespeichert, archiviert und aufbereitet werden. Diese Module erfüllen vorwiegend den Zweck die Daten aus der Basisplattform zu übernehmen und für entsprechende Anwendungsapplikationen bereitzustellen. Als Module werden hier bis zum Projektende Mitte 2011 ein Beratungsmodul, ein Modul zum Hygienemanagement und ein Modul Auditmanagement entwickelt.

Die stufenübergreifende Dokumentation und Bereitstellung von qualitäts- und sicherheitsrelevanten Daten entlang der Wertschöpfungskette ist die Voraussetzung für die Erfüllung der Sorgfaltspflicht in Bezug auf die generelle Produktsicherheit und Herkunftssicherung. Dieses Online-Managementsystem soll auf effi-

ziente und effektive Weise diese Informationen für die Land- und Fleischwirtschaft koordinieren. Dabei werden alle relevanten Daten autorisiert über eine ganzheitliche Infoplattform den entsprechenden Nutzergruppen bereitgestellt.

Die gleichzeitige Integration in ein zentrales System ist für die Ketteninformationen sowohl für Qualitätsprogramme als auch für die Umsetzung des EU-Hygienepaketes von fundamentaler Bedeutung. Außerdem werden durch die zusammengeführte Bereitstellung der unterschiedlichen Module und Parameter Synergieeffekte geschaffen. Zukünftig kann

durch die Nutzung des Managementsystems ein Großteil der Informationen in Bezug auf die Lebensmittelsicherheit zur Lebensmittelkette in elektronischer Form bereitgestellt werden. Die Daten stehen schnellstmöglich und direkt zur Verfügung und können unmittelbar für Entscheidungen und zur Prozesssteuerung herangezogen werden. Für den Landwirt ist es wichtig, frühzeitig derartige Informationen zu erhalten, um die richtigen betrieblichen Entscheidungen treffen zu können.

Die Beteiligten wie z.B. Landwirte, Beratungsorganisationen, Viehhandel, Erzeugergemein-

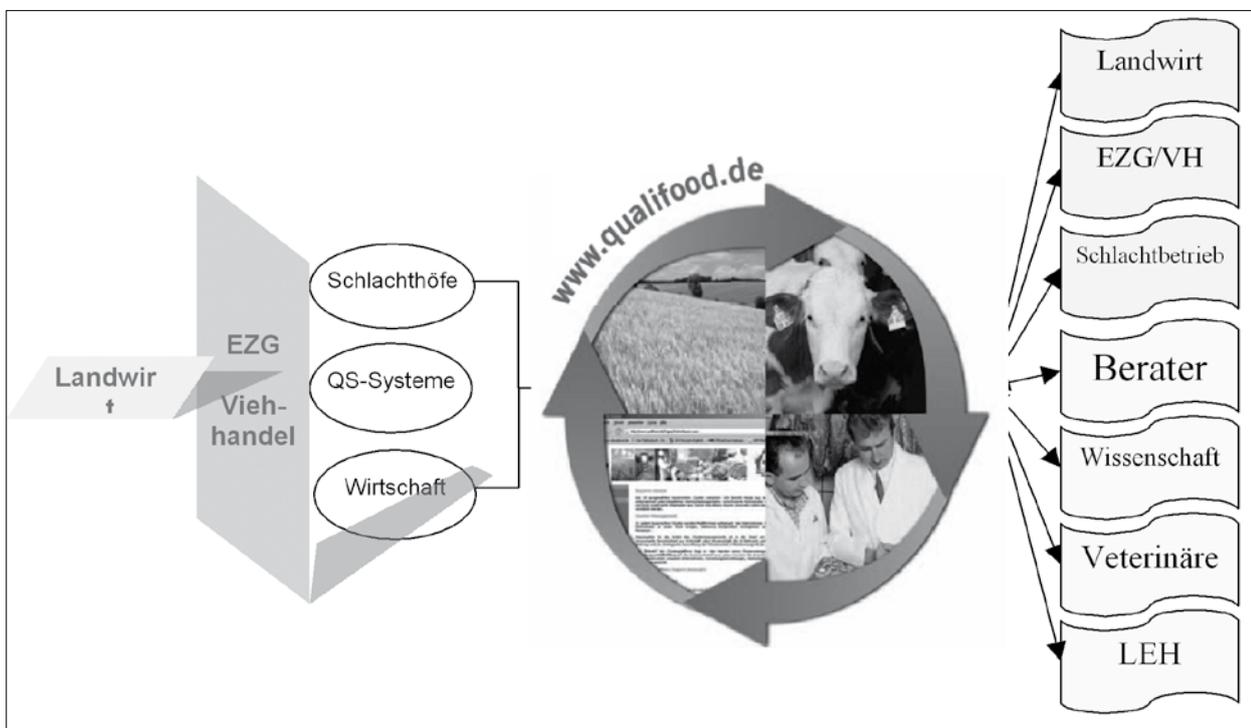


Abb. 1: Relative Befallsstärke nach Inokulierung mit *Septoria petroselini* unter Klimakammerbedingungen von resistenten bzw. anfälligen Linien der Inzuchtstufe 13, der als Kreuzungspartner verwendeten Sorten 'Rialto' und 'Gigante d'Italia' sowie anfälliger (P510, P619) und resistenter (P656) Standards

schaften, Schlacht-/ Zerlegebetriebe speisen individuelle Informationen durch die Produktion und Anlieferung von Schlachttieren an den Schnittstellen in eine zentrale Datenbank ein und erhalten wiederum in aufbereiteter und gebündelter Form Daten zur Qualitätssicherung, Rückverfolgbarkeit und Produktionsverbesserung zur Verfügung gestellt.

Als Beispiel lassen sich hier Veterinärdaten von Schlachttierkörpern nennen, die im Rahmen des Schlachtprozesses gewonnen werden und auf Risikopotentiale und Verbesserungsansätze in der landwirtschaftlichen Produktion in Form der Tierhaltung bzw. baulicher Gegebenheiten hinweisen können. Organe, die im Rahmen der Fleischhygieneuntersuchung verworfen werden, sind sowohl für den Schlachtbetrieb als auch für den Landwirt zunehmend ein

wirtschaftlicher Faktor, sollten sie als genus-suntauglich eingestuft werden. Eine erhöhte Quote an verworfenen Organen gibt Hinweise auf zu verbessernde Produktionsbedingungen (z.B. Lungen <-> Lüftung). Bei Erreichen von kritischen Schwellenwerten im Bereich der Schlacht-, Qualitäts- oder Hygienedaten, die in der fleischerzeugenden Kette entstehen, erfolgt zunächst eine Warnmeldung an die Beteiligten. Bei Überschreitung von Maximalwerten wird eine automatische Information generiert, die einer Beratungsorganisation als Auslöser für eine Maßnahme aus dem Infomanagementsystem übermittelt wird.

Durch die Datenvernetzung über eine Informationsplattform können zukünftig diese Daten dem Landwirt, seiner Beratungsorganisation oder wissenschaftlichen Stellen zur Analyse und Produktionsverbesserung automatisiert und schneller weitergeleitet werden. Diese Informationen geben dem Landwirt die Möglichkeit potentielle Eintragsquellen zu analysieren und abzustellen. Auf diese Weise können die entsprechenden Maßnahmen schnell eingeleitet werden, die zu einer Produktivitätssteigerung führen (z.B. höhere Tageszunahmen, reduzierter Medikamenteneinsatz). Neben den wirtschaftlichen Vorteilen, die aus einem solchen System resultieren, wird auch ein Beitrag zum Tier- und Verbraucherschutz geleistet, da beispielsweise der Arzneimitteleinsatz vermindert werden kann.

„Objektive Bewertung der Qualität von Frisch- und Tiefkühlfleisch mittels Hochfrequenztechnologie“

„Objective assessment of quality of fresh and deep-frozen meat using high-frequency technology“

**Laufzeit**

01.02.2008 bis 31.01.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Ove Schimmer  
SEQUID GmbH

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Klaus Troeger  
Max-Rubner Institut - Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch

Ullrich Kastens  
Schwarz Craz GmbH & Co. KG

Prof. Dr. Maria Koch  
Deutsche See GmbH

Josef Trilling  
B. & C. Tönnies Fleischwerk GmbH & Co. KG

Dr. Thomas Wilke  
Institut Dr. Erdmann GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Das Forschungsprojekt hat zum Ziel, potenzielle Anwendungsgebiete im Bereich der Qualitätsbeurteilung von Fleisch zu identifizieren, bei denen die SEQUID Hochfrequenztechnologie zum Einsatz kommen kann. Diese Technologie mit der Bezeichnung RFQ-Scan ist ein physikalisches Schnellmessverfahren zur Bestimmung ausgewählter Qualitätsparameter von Lebensmitteln, welches bislang im Bereich der Fisch verarbeitenden Industrie zum Einsatz kommt.

Das Verfahren basiert auf der Durchdringung eines zu untersuchenden Materials durch schnelle elektromagnetische Impulse. Das Material wird von den elektromagnetischen Wellen durchdrungen und die Reaktion auf das

anregende Messsignal mittels multivariater Kalibration ausgewertet. Die physikalischen Grundlagen des Verfahrens bilden dabei die dielektrischen Eigenschaften des Materials, welche sich aufgrund äußerer Einflüsse verändern. Diese Einflüsse können beispielsweise (Tief-)Kühlagerung, mehrfaches Gefrieren oder auch das Zusetzen von Wasser sein. Es werden dazu Versuche mit frischem und tiefgefrorenem Fleisch gemacht. Es werden ferner unterschiedliche Fleischteile von Schweinen, Rindern und Hühnern auf unterschiedliche Arten gelagert und behandelt. Im Folgenden werden stellvertretend drei sehr erfolgsversprechende Ergebnisse kurz dargestellt.

In einem Lagertest werden Vakuum verpackte Geflügelbrüste (Maispoularde) insgesamt 25 Tage bei ca. 2°C gelagert. Es werden an allen Werktagen im Versuchszeitraum 10 Geflügelbrüste mittels Hochfrequenztechnologie gemessen. Die Messdaten werden mittels digitaler Signalverarbeitung vorverarbeitet und anschließend einer so genannten Hauptkomponentenanalyse unterzogen. Die sich hieraus ergebenden Hauptkomponenten (engl. Principal Components = PC) werden schließlich mittels multipler linearer Regression mit der Lagerdauer korreliert. In Abbildung 1 sind die Ergebnisse des Lagerversuchs dargestellt, wobei auf der Abszisse die tatsächlichen Lagertage und der Ordinate die vom Messinstrument vorhergesagten Werte aufgetragen sind.

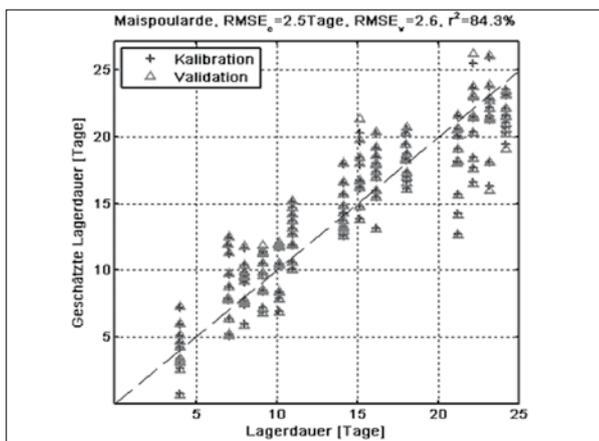


Abb. 1: Ergebnisse des Lagertests mit Maispoularden

Es ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von ca.  $R_2 = 84\%$ , wobei der Fehler der Kalibration  $RMSE_c = 2.5$  Tage beträgt. Die Validation wird mittels vollständiger interner Vergleichsprüfung durchgeführt und ergibt einen Fehler der Validation von  $RMSE_v = 2.6$  Tagen. Diese Ergebnisse wurden mit der neuesten Generation des RFQ-Scan im sogenannten *Glide-Mode* durchgeführt, d.h. der Prüfer gleitet mit dem Gerät über das Messobjekt und nimmt währenddessen für einige Sekunden ca. 25 Messkurven pro Sekunde auf. Damit ermittelt das Gerät pro Messung auf einem Stück Geflügel ca. 100-150 Hochfrequenzkurven, sodass eine stabile Ausreißererkennung und Mittelwertbildung gewährleistet ist.

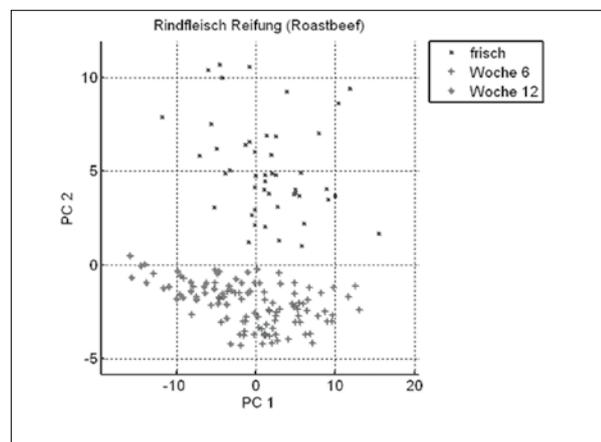


Abb. 2: Rindfleischreifung, Roastbeef

In Reifungstests mit Rindfleisch wird untersucht, ob mit dem SEQUID-Messverfahren eine Aussage über den momentanen Reifezustand von Roastbeef gemacht werden kann. Zu diesem Zweck wird frisches, 6 Wochen und 12 Wochen gelagertes Fleisch vermessen. In der hier angewandten Datenauswertung werden die Hauptkomponenten PC1 und PC2 berechnet, dargestellt in Abbildung 2. In dieser Auswertung wird keine quantitative Aussage über die Korrelation zwischen Reifungsdauer und den PC's gemacht, jedoch lässt sich an der Verschiebung der jeweiligen Cluster eine Veränderung des Materials klar erkennen, wobei ein relativ großer Sprung zwischen „frisch“ und Woche 6 auftritt. Es ergibt sich somit ein

vielversprechender Ansatz zur Prozesskontrolle bei der Rindfleischreifung.

Die SEQUID-Technologie wurde im Bereich Fisch und Shrimps intensiv auf Anwendungen getestet, bei denen zugesetztes Wasser bzw. die verwendeten Additive detektiert werden sollen. Da die Untersuchungen sehr erfolgreich verliefen, war es naheliegend die Versuche entsprechend auf den Fleischsektor auszuweiten. Zu diesem Zweck wurde ein Versuch mit Hühnerbrustfilets konzipiert, die unterschiedlichen Behandlungen unterzogen werden. Bei dem Versuch werden die Filets z.T. mittels Multinadelinjektor aufgespritzt und anschließend getumbelt bzw. sie werden nur unter Zugabe von Lösungen getumbelt. In Abbildung 3 sind die ersten beiden Hauptkomponenten aller behandelten und unbehandelten Proben dargestellt. Ferner ist eine Gruppe von 10 mit Hydrolysaten behandelten Filets markiert.

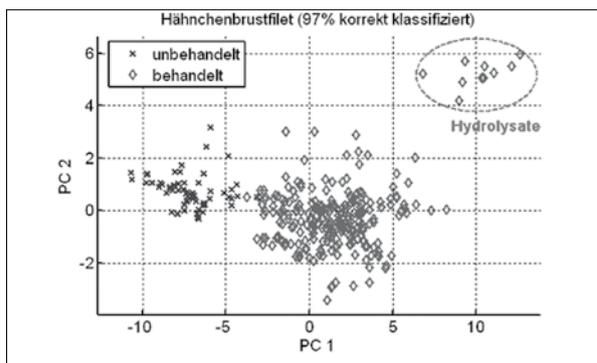


Abb. 3: Hauptkomponenten behandelter und unbehalteter Hähnchenbrustfilets

Es lässt sich eine deutliche Klassifikation der behandelten und unbehalteten Hähnchenbrustfilets erkennen. Herauszustellen ist, dass die unbehaltete Kontrollgruppe nicht ausschließlich vollständig unbehaltete Proben enthält, sondern zusätzlich in Wasser getumbelte Proben, um eine Fehlinterpretation des Messsystems bzgl. des Erkennens einer rein mechanischen Behandlung auszuschließen. Eine weitere sehr wesentliche Erkenntnis ist, dass die mit Hydrolysaten behandelten Hühnerbrüste sehr deutlich identifiziert werden. Dies ist insofern bemerkenswert, als dass eine

solche Erkennung mit herkömmlichen Verfahren äußerst aufwendig ist, da das Verhältnis Protein/Wasser unverändert bleibt. Durch die SEQUID-Technologie kann diese Behandlung nachgewiesen werden, da das Wasserbindungsverhalten der mit Hydrolysaten behandelten Filets sich signifikant von dem im reinen tierischen Gewebe unterscheidet.

„Entwicklung, Erstellung und Einführung eines umfassenden Verbraucher-Informationssystems zur Deklaration allergener Stoffe bei loser Ware im Fleischerhandwerk“

„Development, creation and implementation of a comprehensive consumer information system for allergen labelling of non-prepacked products in the craft butchers trade“

#### **Laufzeit**

01.09.2008 bis 30.04.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Wolfgang Lutz

Deutscher Fleischer-Verband

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Auch bei lose angebotenen Lebensmitteln möchten immer mehr Verbraucher aus allergologischen, diätetischen oder religiösen Gründen zusätzlich zur mündlichen Beratung auch schriftlich wissen, wie die Erzeugnisse zusammengesetzt sind. Der Deutsche Fleischer-Verband hat deshalb die Kundeninformation „Unsere Wurst - Zusammensetzung - allergene Stoffe - Nährwerte - Herstellung - Verwendung“ entwickelt.

Hierfür wurden auf der Basis der branchenüblichen Rezepturen für 120 relevante Fleischerzeugnisse detaillierte Produktblätter (Spezifikationen) mit Angaben zu Allergieauslösern entsprechend Anlage 3 LMKV, zu

Besonderheiten, zur Rezeptur und Herstellung, zu Zusatzstoffen und Nährwerten, zur Verwendung im Haushalt und Haltbarkeit erstellt. Um den Verbrauchern die Nutzung zu erleichtern, sind alle Produktblätter identisch aufgebaut und mit Hilfe eines Produktbildes im Ordner leicht zu finden. Die Informationen dienen der Transparenz und Klarheit.

Der Betrieb hat darüber hinaus die Möglichkeit, die vorbereiteten und standardisierten Produktblätter über ein webbasiertes Interface auf seine betriebsspezifischen Rezepturen und Besonderheiten anzupassen und zu individualisieren und ggf. neue Produktblätter im vorgegebenen Layout einfach anzufertigen.

Um den Verbrauchern die Auswahl bestimmter Erzeugnisse zu erleichtern, können in einer tabellarischen Übersicht die Verwendung von Allergieauslösern und Zusatzstoffen dargestellt werden. Ggf. können diejenigen Erzeugnisse besonderes gekennzeichnet werden, die frei von Allergieauslösern sind. Diese Übersichten können an interessierte Verbraucher als Leporello abgegeben werden.

Das neue Kundeninformationssystem wird ergänzt durch eine Schulungsbroschüre für die Anwender über die Grundlagen von Allergien und Unverträglichkeiten. Die Schulungsbroschüre enthält weiterhin Hilfen zur Entwicklung von Vermeidungsstrategien im Betrieb (Risikomanagement) und praktische Tipps zur Umsetzung.

Die Verbraucherinformationen, die tabellarischen Übersichten und die Schulungsbroschüre wurden in Kooperation und mit Unterstützung des Deutschen Allergie- und Asthmabundes entwickelt. Innerhalb von 3 Monaten wurden bereits mehr als 3.000 fleischerhandwerkliche Betriebe ausgestattet. Die Vorstellung des Projekts und die Schulung der Betriebsinhaber und der Mitarbeiter erfolgt im Rahmen von Informationsveranstaltungen, die dezentral bei den Innungen durchgeführt

werden. Hierbei haben die Anwender die Möglichkeit, detailliert nachzufragen und sich in das neue Informationssystem einzuarbeiten.

## Sektion 3: Elektronik

„Echtzeit-Ethernet Kommunikation zwischen Traktor und Gerät zur Automatisierung von Traktor-Gerät-Applikationen“

„Real-time Ethernet communication between tractor and implement for automation of tractor implement applications“

### Laufzeit

01.12.2007 bis 31.05.2010

### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr. Peter Pickel

John Deere Werke Mannheim Zweigniederlassung der Deere & Company

### Kurzfassung der Ergebnisse

In der Automatisierungstechnik landwirtschaftlicher mobiler Arbeitsmaschinen hat sich der ISOBUS nach ISO 11783 als Kommunikationsstandard etabliert. Die Entwicklung des ISO-BUS hatte seinen Ausgangspunkt in einer deutschen Normungsinitiative zum sog. „Landwirtschaftlichen Bussystem (LBS)“ aus den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts. Sowohl LBS als auch der erheblich erweiterte ISOBUS-Standard basieren auf CAN-Technologie. Die Idee des LBS lebt im Grundsatz bis heute fort. Sie war über mehr als zwei Jahrzehnte der Motor des Fortschritts der landwirtschaftlichen Automatisierungstechnik.

Es liegt aber auf der Hand, dass die physikalische Ebene bzw. Basistechnologie CAN aus den 80er Jahren nicht mehr den Stand der Technik repräsentiert und das aus dem Innovationsmotor eine Innovationsbremse werden könnte. Die absehbaren Hauptprobleme sind die begrenzte Datenübertragungsraten, die vollständig fehlende Echtzeitfähigkeit, die

unbefriedigenden Datenbuslängen und die fehlende Eigendiagnosefähigkeit des CAN-Datenbusses.

Um diese potenziellen Hemmnisse zu überwinden und um damit eine nahezu unendliche Vielfalt neuer Automatisierungsansätze und -lösungen zu eröffnen, wurde die Schaffung eines neuen physikalischen Layers basierend auf Ethernet-Technologie analysiert und ein Vorschlag zum Einsatz eines Echtzeitsystems basierend auf einem produktionstechnischen Systemansatz erarbeitet und an mehreren Demonstratoren erprobt.

Tendenzen der industriellen Automatisierung zeigen, dass die Einführung von Ethernet-Technologie anstelle der bisherigen CAN-Kommunikation die Beschränkungen überwinden lassen würde und der zukunftsweisende Weg sein könnte. Beispielsweise könnten wegen der hervorragenden Bandbreite in geeigneten Controller-Ethernet-Topologien geschlossene Regelkreise realisiert werden, was nach dem ISOBUS-Standard völlig unvorstellbar ist. Dies macht jedoch die Entwicklung eines echtzeitfähigen Ethernet-Standards erforderlich. Hierfür gibt es im IT-Bereich zahlreiche Ansätze, die grundlegend und methodisch in Hinblick auf ihre potentielle Eignung bei Traktoren, Geräten und anderen Landmaschinen analysiert, als Funktionsmuster aufgebaut und erprobt sowie - soweit positiv evaluiert - weiterentwickelt wurden. Ziele waren unter anderem das Management synchroner und asynchroner Daten sowie die vollständige Integration bzw. Abbildung des bisherigen ISOBUS-Standards.

Insgesamt wurden 26 verschiedene Echtzeit-Ethernet-Technologien betrachtet und theoretisch evaluiert. Diese sind zum Teil Software- und zum Teil Hardware-basierte Ansätze.

Durch die Evaluierung konnte zunächst eine Eingrenzung auf ETHERNET Powerlink und EtherCAT gemacht werden. Bei ETHERNET Powerlink handelt es sich um eine Technologie, die ausschließlich durch Software implementiert wird. Dazu im Gegensatz steht EtherCAT, das sowohl Anpassungen bei der Software und der Hardware notwendig macht. Für beide (Master-Slave-)Systeme wurden zunächst Labor-Demonstratoren aufgebaut. Die Messungen an den Demonstratoren zeigten, dass die vorab definierten (Performance-) Anforderungen nur mit der EtherCAT-Lösung erfüllt werden können (aus Sicht der Performance käme theoretisch auch noch SERCOS III in Frage - jedoch wurde im weiteren Projektverlauf EtherCAT bevorzugt, da sich diese Technologie derzeit als Industriestandard zu etablieren scheint).

Für die Masterimplementierung wird ein echtzeitfähiges Betriebssystem und eine passende EtherCAT Mastersoftware zur Steuerung der Kommunikation des Netzwerks benötigt.

Ein Open-Source EtherCAT-Masterstack wurde vom Open Source Automation Development Lab (OSADL) angeboten, dessen Verwendung aus rechtlicher Sicht jedoch Schwierigkeiten bereitet. Als eine von mehreren Alternativen kann die Mastersoftware der Firma Beckhoff für Windows „TwinCAT“ verwendet werden. TwinCAT wurde in Betrieb genommen und unterschiedliche Funktionalitäten konnten demonstriert werden. Allerdings ist diese Variante für leistungsfähige Industrierechner auf Windows XP-Basis und nicht für Anwendungen im Embedded Bereich ausgelegt. Somit ist dies nur bedingt eine mögliche Lösung für den Traktor-Geräte Versuchsträger. Als weitere Variante kamen schließlich das auf dem Markt verfügbare Betriebssystem „RTOS-32“ von der Firma On-Time und die Mastersoftware AT-EM1000 der Firma acontis zum Einsatz.

Als eine der wichtigsten Fragestellungen des Projekts sollte untersucht werden, ob und inwieweit eine Modifikation bzw. Ergänzung des Standards ISO 11783 möglich wäre oder ob - aus wissenschaftlicher Sicht - eher ein völlig neues System anzustreben wäre, was natürlich ein erhebliches und wohl nahezu unüberwindbares Hemmnis bzw. Risiko für Umsetzbarkeit der Projektergebnisse in die Praxis darstellen würde. Um also Kompatibilität für bestehende landwirtschaftliche Maschinentechnologie zu ermöglichen bzw. um die auf Basis des ISOBUS entstandenen Traktor-Geräte-Technologien zu bewahren, wurde im Projekt vorgeschlagen und untersucht, den ISOBUS über den asynchronen Teil des EtherCAT-Protokolls zu "tunneln" (ISOBUS over EtherCAT). Dies führt zum Vorschlag EtherCAT als neues physikalisches Layer vorzusehen. Die technische Machbarkeit dieses Wegs konnte im F&E-Projekt anhand von Fahrzeug-Geräte-Demonstratoren nachgewiesen werden (ebenso wie die Einbindung von Standard-Internettechnologie (TCP/IP) im asynchronen Protokollteil erfolgreich dargestellt wurde).

EtherCAT konnte in verschiedenen Praxiseinsätzen erfolgreich erprobt und demonstriert werden. Echtzeit-Performance im Bereich 0,1 ms (und besser) bei hochkomplexen Regelvorgängen bei Ethernet-Bandbreite lassen eine große Vielzahl von regelungstechnischen Anwendungen zu. Asynchron können Bilder oder beliebige andere Daten zwischen Funktionsträgern sowie ISOBUS-Protokolldaten ausgetauscht werden. Über den Master ist eine einfache Anbindung an die IP-Welt realisierbar. EtherCAT eröffnet der Landwirtschaft die Vision eines Wegs für den ISOBUS in die Welt der industriellen Automatisierungstechnik.

„Landwirtschaftliches, selbstkonfigurierendes Kommunikationssystem zur Überwachung, Optimierung und Dokumentation von Ernteprozessen (LaSeKo)“

„Self-configuring, mobile networks in the area of agriculture for tracing, optimising and documenting harvesting processes (LaSeKo)“

#### **Laufzeit**

01.11.2008 bis 31.01.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Henning Jürgen Meyer  
Technische Universität Berlin - FG Konstruktion von Maschinensystemen

#### **Verbundpartner**

Dr. Thomas Engel  
John Deere AMS Europe A Division of Deere & Company, Kaiserslautern

Arndt Kritzner  
Logic Way

Arne Frenkel  
Simplan

Martin Scherer  
Karlsruher Institut für Technologie - Institut für Fahrzeugtechnik und mobile Arbeitsmaschinen

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Landwirtschaftliche Produktionsprozesse müssen zunehmend ökologische und ökonomische Anforderungen erfüllen. Insbesondere ist die Rückverfolgung von Nahrungsmitteln bis zu ihrem Ursprungsort aus Sicht des Verbraucherschutzes von großer Bedeutung. Gleichzeitig ist der Kostendruck in der Landwirtschaft immens, wobei dies unabhängig davon ist, ob es sich um ökologischen oder konventionellen Landbau handelt.

*Ziel des LaSeKo-Projektes ist:*

- die Entwicklung eines flexiblen selbstkonfigurierenden, landmaschinentauglichen Kommunikationssystems
- der Austausch prozessrelevanter Daten zwischen den Prozessteilnehmern
- die Integration der Kommunikationstechnologie in Landmaschinen

Das Potenzial für das zu entwickelnde System besteht im Aufbau einer durchgängigen Datenerfassung für die Qualitätsdokumentation und in einem flexiblen Datenaustausch zwischen Landmaschinen. Es bildet weiterhin die Basis für neue Dienstleistungen, und es kann als Entwicklungswerkzeug für Landmaschinen genutzt werden.

#### *Systemaufbau*

Das Dokumentationssystem basiert auf kleinen elektronischen Kommunikationseinheiten, den sogenannten LaSeKo-Boxen. Jede Ernte- und Transportmaschine wird mit einer LaSeKo-Box ausgestattet. Jede Box ist dafür mit einer Vielzahl von Hardwareschnittstellen ausgestattet. Über die CAN-Bus Schnittstellen werden alle relevanten Maschinen- und Erntedaten aufgezeichnet. Die Position und die aktuelle Zeit werden über das GPS-System erfasst. Mit Hilfe dieser Daten wird eine Datei im XML Format erzeugt und somit der Ernteprozess dokumentiert. Um die Daten vom Mähdrescher zum Datenserver auf den Hof zu transportieren, werden sie während des Kornüberladevorgangs vom Mähdrescher auf den Traktor per Funk übertragen. Beim Entladen des Kornes auf dem Hof, der Mühle oder dem Lager werden die Daten per Funk auf einen Datenserver übertragen.

Bei jedem Überladevorgang wird dokumentiert zwischen welchen Prozessteilnehmern das Getreide übergeben wurde. Dadurch ist eine

lückenlose Rückverfolgbarkeit des Getreides möglich.

Die Sendereichweite von 300 m und die Datenübertragungsrate des verwendeten Funkstandards IEEE 802.15.4 sind für diese Anwendung mehr als hinreichend. Um die Akzeptanz der Landwirte zu erreichen, muss sichergestellt werden, dass ausnahmslos alle Daten autonom auf den Datenserver gelangen und keine Daten verloren gehen. Im Falle eines Ausfalls des Funknetzwerkes werden alle Daten auf der Maschine gesichert, und erst nach der Speicherung auf dem Server werden sie auf den Maschinen gelöscht. Weiterhin darf es nicht möglich sein, dass die Daten durch Dritte eingesehen oder manipuliert werden. Durch eine Verschlüsselung der Daten und des Funkverkehrs kann dies garantiert werden.

#### *Hardware*

Die Hardware basiert auf einen 32 Bit Mikrocontroller AP7000 von Atmel. Auf diesem ist als Betriebssystem ein Embedded Linux installiert, über das die Schnittstellen angesprochen werden. Die Schnittstellenplatine ist mit allen Hardwarekomponenten ausgestattet die die LaSeKo-Box zur Verfügung stellt. Die beiden Platinen werden zu einer Einheit zusammengesteckt. Somit ist eine getrennte Weiterentwicklung des Mikrocontrollers und der Hardwareschnittstellen möglich. Für die Funkschnittstelle wurde der IEEE 802.15.4 Standard (2,4 GHz) gewählt, welcher eine theoretische Bandbreite von 250 kBit/s erreicht. Durch Tests wurde eine Nettodatenrate von 18 kByte/s nachgewiesen, diese kann aber noch auf bis zu 150 kByte/s erhöht werden. Diese Erhöhung der Datenraten geht aber zu Lasten der Übertragungssicherheit. Da nur Maschinendaten übertragen werden, ist die geringere Datenübertragungsrate von 18 kByte/s aber ausreichend. Der Vorteil dieses Funkstandards liegt weiterhin darin, dass keine Providergebühren und somit keine laufenden Kosten anfallen. Die Schnittstelle zwischen der Kommunikationsbox und der Maschine

ist der CAN-Bus. Um die CAN-Bus Hardware über das Linux Betriebssystem anzusprechen, wurde im OpenSource Projekt SocketCAN eine Programmierschnittstelle entwickelt. Als weitere Maschinenschnittstellen stehen eine RS232- und eine USB-Schnittstelle zur Verfügung. Hierdurch kann die Box an schon vorhandene Peripheriegeräte angeschlossen, und es können zusätzliche Sensoren eingebunden werden. Mit Hilfe eines zusätzlichen Chips werden die GPS-Daten im NMEA-Format auf einer seriellen Schnittstelle ausgegeben. Für die Bereitstellung der Positionsdaten existiert bereits ein Modul unter Linux. Das Modul ist ein GPS-Deamon und wurde im LaSeKo-Box Filesystem eingebunden. Um eine hohe Flexibilität dieses Systems zu gewährleisten, ist ein GSM/GPRS Modul integriert. Die Datenübertragung über das GSM/GPRS-Netz ist im Gegensatz zum IEEE 802.15.4 Funkstandard mit Providerkosten verbunden.

#### *Datenmanagement*

Die mit der LaSeKo-Box erhobenen Daten können verschiedenen Benutzern als Datenempfängern zur Verfügung gestellt werden. Diese gliedern sich in vorliegende mögliche Anwender auf: Landwirte, Betriebsleitung, Lohnunternehmer, Gutannahmestellen und die Kontrollorgane. Alle Benutzer haben auf einen für sie bestimmten Teil der Daten nur Lesezugriff. Selbst der Landwirt soll nach dem Prinzip der Unverfälschbarkeit der Daten nur Leserechte bzw. ergänzenden Zugriff auf die Daten bekommen. Somit ist gewährleistet, dass die Daten, die mit Hilfe der LaSeKo-Box aufgezeichnet und an den Server übertragen wurde, nicht manipuliert werden können.

Neben den rein landwirtschaftlichen Daten, wie den Ertragsdaten, werden für die Steigerung der Maschinenverfügbarkeit und für neue Dienstleistungen im Bereich des Maschinenservice Maschinendaten als Belastungen erfasst und ausgewertet. Hierzu wird im LaSeKo-System eine CAN-Schnittstelle zur Maschine genutzt. Somit werden mit den antriebstech-

nischen Daten Maschinenzustandsbeschreibungen möglich. Diese Informationen können dann für eine Auswahl geeigneter Instandhal-

tungsstrategien genutzt werden. Weiterhin ist es so möglich Maschineneinstellungen zwischen den Maschinen auszutauschen.

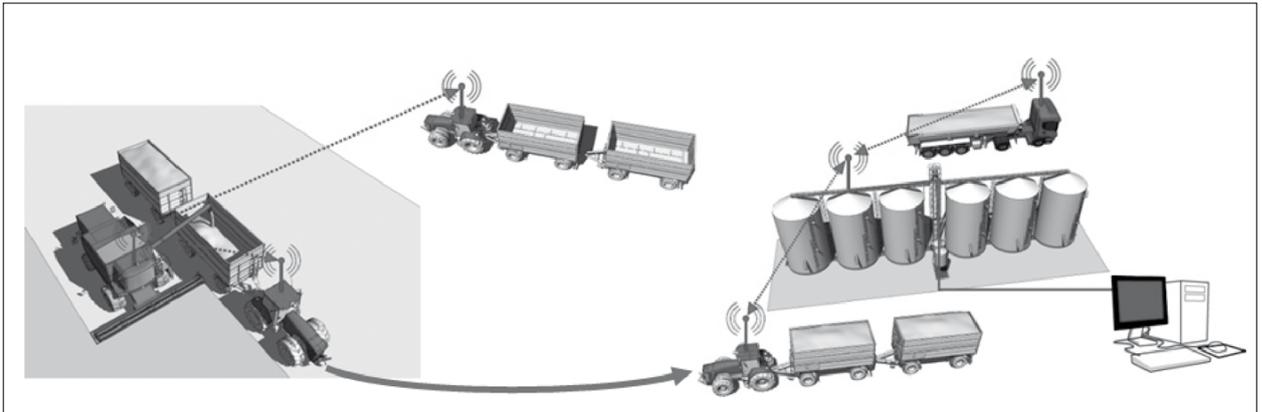


Abb. 1: Datenübertragungswege im LaseKo-Projekt

„Elektronische Deichsel für landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen (EDA)“

„Electronic platooning system for agricultural machines“

#### Laufzeit

01.04.2008 bis 30.06.2010

#### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr. Marcus Geimer  
Karlsruher Institut für Technologie - Institut für Fahrzeugsystemtechnik - Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen

#### Verbundpartner

Markus Ehrl  
AGCO GmbH

Dr. Patrick O. Noack  
geo-konzept GmbH

#### Kurzfassung der Ergebnisse

Im Rahmen des Verbundforschungsprojekts „Elektronische Deichsel für landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen (EDA)“ haben die Projektpartner ein Konzept für die elektronische Kopplung von landwirtschaftlichen Zugmaschinen entwickelt und in praktischen Versuchen erprobt.

Das System steuert und regelt einen unbemannten Traktor so, dass er einem bemannten Fahrzeug folgt (Abb. 1). Die Ortung des führenden und des geführten Fahrzeugs erfolgen dabei mit GNSS-Sensoren. Die Position des führenden Traktors wird laufend über eine Funkstrecke zum geführten Fahrzeug übertragen. Aus der Wegstrecke des führenden Fahr-

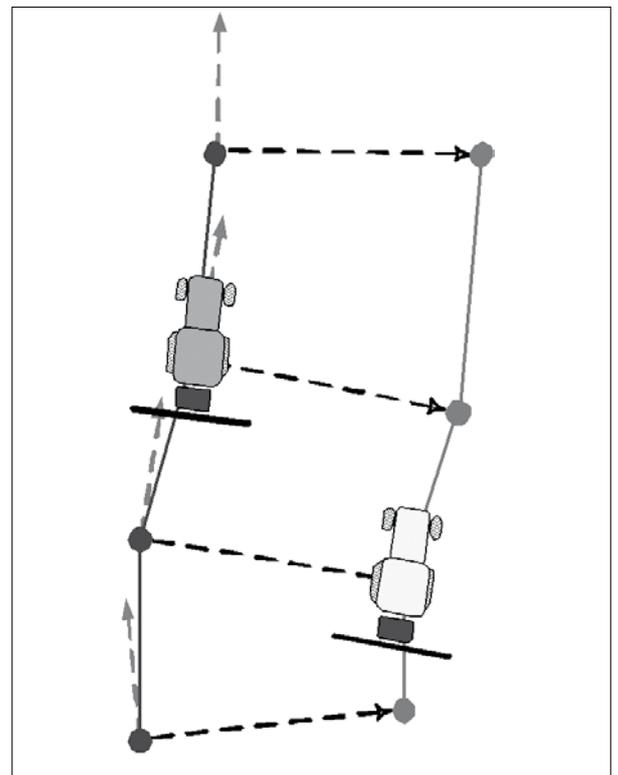


Abb. 1: Funktionsweise EDA

zeugs berechnet das geführte Fahrzeug eine Sollfahrspur. Diese ist im einfachsten Fall gleich der Fahrstrecke des führenden Fahrzeugs oder zu dieser parallel versetzt. Über das Parallelfahren hinaus kann das System auf dem geführten Fahrzeug unabhängig von der Wegstrecke des führenden Fahrzeugs verschiedene Ausweich- und Wendemanöver planen.

Die Elektronische Deichsel erfasst außerdem ausgewählte Interaktionen zwischen Fahrzeug und Fahrer, System- und Fahrzeugzustände und überträgt diese von einem Fahrzeug auf das andere. Das EDA-System überwacht auch sicherheitsrelevante System- und Fahrzeugparameter, gibt Warnmeldungen an den Fahrer aus oder setzt das System außer Betrieb.

Die Elektronische Deichsel besteht aus unterschiedlichen Subsystemen für Ortung, Navigation, drahtlose Kommunikation, Steuerung und Regelung von Fahrzeugfunktionen sowie die Überwachung der Systemsicherheit (s. Abb. 2).

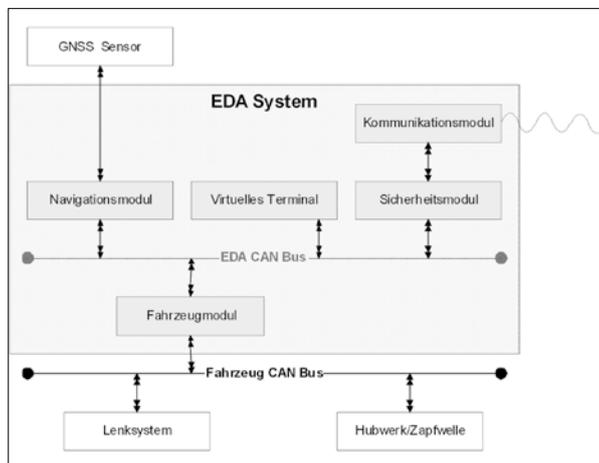


Abb. 2: Systemaufbau EDA

Das Kommunikations- und Sicherheitsmodul sorgt dafür, dass die alle relevanten Daten und Parameter des führenden und des geführten Traktors dem Gesamtsystem zur Verfügung stehen. Die Datenübertragung zwischen den Fahrzeugen erfolgt über eine Funkstrecke mittels eines abgesicherten und priorisierenden Übertragungsprotokolls. Das Sicherheitsmodul

koppelt die Fahrzeuge und überwacht sicherheitsrelevante Parameter.

Das Ortungs- und Navigationsmodul sorgt dafür, dass die Positionen beider Fahrzeuge im Gesamtsystem bekannt sind und die eine Wegstrecke für das geführte Fahrzeug geplant wird. Es zeichnet die Position ausgewählter Aktionen des Fahrers (z.B. Betätigen der Hubwerke) auf dem führenden Fahrzeug auf und löst sie auf dem geführten Fahrzeug aus, wenn die entsprechende Position erreicht ist.

Das Fahrzeugmodul stellt über ISOBUS-Masken die Bedienoberfläche für das EDA-System bereit. Es fungiert als Schnittstelle zwischen dem Fahrer, den Fahrzeugfunktionen und dem EDA-System und regelt den geführten Traktor komplett. Das Fahrzeugmodul ist darüber hinaus für die Lenk- und Geschwindigkeitsregelung des geführten Fahrzeugs zuständig.

Tests unter quasipraktischen Bedingungen haben ergeben, dass das System prinzipiell funktionsfähig ist. Einer möglichen Nutzung in der produktiven Landwirtschaft stehen allerdings ungeklärte Fragen bezüglich der Umfeldsicherheit wie die Umfahrung von bekannten und die Erkennung von unbekanntem Hindernissen entgegen.

„Autonomer Feldroboter zum Einzelpflanzen-basierten Versuchswesen (BoniRob)“

„Autonomous field robot for field trials based on individual plant phenotyping (BoniRob)“

**Laufzeit**

01.04.2008 bis 31.03.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Arno Ruckelshausen  
Fachhochschule Osnabrück - Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik

**Verbundpartner**

Dr. Florian Rahe  
Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG  
  
Dr. Peter Biber  
Robert Bosch GmbH, Corporate Research and Advance Engineering

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Agrartechnologie hat sich zu einem High-Tech-Bereich mit höchster Relevanz für die globalen Herausforderungen Ernährung und Energie sowie Landschaftspflege entwickelt. So erfordert die Lösung der Ernährungsprobleme eine Steigerung der Produktion bei gleichzeitiger Schonung der Umwelt. Die Nutzung der technologischen Fortschritte in den Bereichen Informatik, Elektronik und Sensorik ist eine Schlüsselkomponente zur Lösung dieser globalen Herausforderung. In der Agrartechnologie stellen diese Bereiche mittlerweile eine Kernkompetenz dar, der überwiegende Anteil von Innovationen in der Landtechnik basiert auf der Integration intelligenter Systeme in den Agrarprozess. Die nächste Stufe des Automatisierungsgrades ist die Einführung der Feldrobotik, wobei diese sowohl die Automatisierung vorhandener Fahrzeuge als auch die Entwicklung neuer autonomer Feldroboter sowie das entsprechende Flottenmanagement (inkl. „Roboterschwärme“) einschließt.

Die technisch interdisziplinäre Komplexität der Entwicklung autonomer Feldroboter unter Integration von Aktoren (z.B. zur autonomen Unkrautregulierung) hat jedoch dazu geführt, dass dieses Arbeitsgebiet bisher ausschließlich der rein Grundlagen orientierten Forschung zuzuordnen ist. Im Rahmen des Forschungsvorhabens „BoniRob“ wurde eine Feldroboter-Applikation ausgewählt, die auf Grundlagen einer robusten Navigation und intelligenter Sensorik einen ersten zielgerichteten Schritt zur Einführung autonomer Feldroboter darstellt und für das Applikationsfeld Feldversuchswesen erhebliche Auswirkungen hat.

In der Pflanzenzüchtung mit den Kernzielen Ertrag, Ertragsicherheit und Qualität nimmt die Pflanzenphänotypisierung (oder Bonitur) eine Schlüsselrolle ein, die bei jedem Züchtungsversuch angewendet wird. Ziel des Projektes ist daher die Entwicklung eines autonomen Fahrzeugs („Feldroboter“), welches in Reihenkulturen die Einzelpflanzen automatisch erkennt, die Position speichert und eine Bonitur durch Messung spektraler und morphologischer Signaturen durchführt. Das System kann auf Basis der GPS-Position die Pflanze wiederfinden und somit – vollautomatisch – eine Pflanzenbonitur bezogen auf eine Einzelpflanze durchführen. Die Daten werden mit einem offenen GIS-System aufbereitet und können weiterverarbeitet, visualisiert und analysiert werden. Alle Daten stehen elektronisch für die Auswertung zur Verfügung. Technologien für Navigation, Wendemanöver und Sicherheitstechnik werden implementiert. Diese Methode stellt einen drastischen Innovationsprung für das Feldversuchswesen zur Pflanzenbonitur dar, welches bisher auf manuellen Arbeiten und einer Auswahl einzelner Pflanzen basiert. Es können nun die Daten aller Pflanzen automatisch erfasst werden. Der Anwender kann die Daten nach eigenen Vorgaben analysieren, z.B. bezogen auf den zeitlichen Wachstumsverlauf oder auf teilflächenspezifische Aspekte. Durch die komplexe Detektion von Pflanzenanomalien wird darüber hinaus ein iteratives

Verfahren entwickelt, wobei der Experte die detektierten Bereiche manuell beurteilt. Somit soll die Selektivität der sensorisch detektierten Merkmale kontinuierlich verbessert werden.

Durch die Zusammenarbeit der Forschungsbereiche Ingenieurwissenschaften/Informatik und Agrarwissenschaften (Fachhochschule Osnabrück) und den Industriepartnern in den Bereichen der industriellen Komponenten/Navigation (Bosch) und der landwirtschaftlichen Geräte (Amazon) ist die notwendige interdisziplinäre und anwendungsorientierte Basis für die Entwicklung gegeben. Der Ausschuss für Versuchswesen in der Pflanzenproduktion der DLG (Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft) sowie die GFP (Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung) sind kooperativ in das Projekt eingebunden.

Zur Agritechnica 2009 wurden die verschiedenen Technologien zu einem Gesamtsystem integriert und dessen Funktionalität in praktischen Vorführungen erläutert. Die autonome Navigation im Maisfeld wurde im Rahmen der DLG-Feldtage 2010 erstmals demonstriert.



Abb. 1: Der Feldroboter „BoniRob“ auf den DLG-Feldtagen 2010

Mit der Entwicklung des Feldroboters soll eine erste robuste Roboterplattform für autonome Feldroboter geschaffen werden, die eine Ausgangsbasis für die weitere Entwicklung und insbesondere für erste Produkte in diesem Markt ist. Diese Technologien werden daher die zukünftige Pflanzenproduktion sowohl für die Bonitur als auch für perspektivische Anwendungen kleiner autonomer Feldroboter

(mit Aktoren, z.B. zur Unkrautregulierung) und Feldroboterschwärmen signifikant beeinflussen. Darüber hinaus werden Perspektiven für weitere Applikationen autonomer Feldroboter durch die Existenz eines Roboters mit konkreter Funktionalität aufgezeigt.

Kategorie	Spezifikation
Basisdaten	Fahrzeugdimensionen in cm: 150 (l) x 120 (w) x 50 (h) Spurbreite: 75...200 cm (variabel) Bodenfreiheit: 40...80 cm (variabel) Gesamtgewicht: ca. 400 kg Maximalgeschwindigkeit: ca. 5 km/h Leistung: ca. 2 kW
Systemtechnik	PC/Microcontroller/ Embedded Systems; Ethernet/CAN, Wireless-LAN, Middleware-basierte Kommunikationsstruktur, Datenbank
Navigation	2D-Laserscanner, 3D-Laserscanner, Beschleunigungssensoren, Gyroskope, Drehgeber, RTK-DGPS; SLAM (simultaneous localization and mapping)
Phänotypisierung Mais	Lichtvorhang, Farbkamera, Spectral Imaging, 3D-Time-of-Flight-Camera, optoelektronische Abstandssensoren
Sicherheitstechnik	Notaus-Schalter, Ultraschallsensoren, Software-Monitore (roboterintern, WLAN)
Simulations-technik	3D dynamische Simulation (Gazebo, Microsoft Robotics Studio)

Tabelle 1: Informationen zum autonomen Feldroboter BoniRob (Stand: Juli 2010)

„Entwicklung einer Hochdurchsatz-Sensorik zum Screening agronomischer und physiologischer Eigenschaften von Kulturpflanzen im Feldversuchswesen“

„Development of high-throughput plant phenotyping technologies to screen agronomic and physiological traits in field based experimentation“

**Laufzeit**

01.04.2008 bis 31.03.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Urs Schmidhalter  
Technische Universität München - Lehrstuhl für Pflanzenernährung

**Verbundpartner**

Peter Huber  
tec5 AG

Franz-Xaver Zellner  
Saaten-Union, Versuchsstation Moosburg

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Das Vorhaben zielt auf die Entwicklung einer leistungsfähigen Hochdurchsatz Sensortechnologie, die eine präzise, rasche und kostengünstige Charakterisierung morphologischer und physiologischer Merkmale im Feldversuchswesen ermöglicht. Dieses Konzept soll zu einer wesentlichen Arbeitserleichterung und Automatisierung im pflanzenbaulichen Feldversuchswesen sowie zu einer vereinfachten und umfassenden Dokumentation wertgebender Eigenschaften von Pflanzen beitragen.

Im Vorhaben werden neue leistungsfähige Sensorensysteme sowie Algorithmen und Protokolle zur vereinfachten spektralen Erfassung des Phänotyps im Feldversuchswesen entwickelt.

Die Erfassung der Sorteneigenschaften von acht verschiedenen Weizensorten wurde in mehrjährigen Feldversuchen durchgeführt. Mit bekannten und neu entwickelten Spektrallindizes konnten sehr gut mit einem  $R^2$  von ca.

0,9 die Stickstoffaufnahme und Biomasse über vier N-Stufen bestimmt werden. Schwieriger gestaltete sich die Sortendifferenzierung auf einem einzigen N-Level.

Bei der sortentypischen Erfassung des Trockenstresszustandes von Winterweizen erwies sich der Wassergehalt als stabilste Größe. Jedoch ergaben sich auch gute Erfassungsmöglichkeiten beim Wasserpotenzial und bei der Bestandestemperatur. Diese Ergebnisse ließen sich auf alle untersuchten Sorten übertragen.

Eine nicht-destruktive Erfassung der Trockenstresstoleranz von Maissorten wurde in Zusammenarbeit mit dem National Corn and Sorghum Research Center in Thailand durchgeführt. Die spektraloptische Sensortechnologie zur Erfassung von morphologischen und physiologischen Bestandesmerkmalen im Feldversuchswesen bei Mais differenzierte die verschiedenen Stressebenen deutlich und erfasste die vorhandene Biomasse, N-Aufnahme, Wassermenge, Pflanzenhöhe und -temperatur.

Erstmalig erfolgte ein umfassender Einsatz spektraler Sensoriken in produktionstechnischen Versuchen und eine Implementierung in Leistungsprüfungen in Zusammenarbeit mit der Saaten-Union GmbH auf der Versuchsstation Moosburg.

Der Aufbau und die Konfiguration weiterentwickelter spektraler Sensoren wurde in Zusammenarbeit mit der Firma tec5 AG durchgeführt. Eine von der Firma tec5 AG entwickelte aktive Sensor auf Basis von Einzeldetektoren brachte gut und stabile Messergebnisse in Feldversuchen, unabhängig von den Lichtverhältnissen der Umgebung.

Das Vorhaben stellt eine Novität dar und weist sehr gute wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten auf. Es bestehen weltweit gute Einsatzpotenziale für den Einsatz innovativer Sensortechnologien im Feldversuchswesen wie auch bei Züchtern.

„Qualitätsdifferenzierte Getreideernte – Trennung des Erntegutstroms nach definierten Qualitätsparametern während des Mähdruschs“

„Quality related grain harvesting – Segregation of grain according to specified quality parameters on a combine harvester“

**Laufzeit**

01.12.2007 bis 28.02.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. i. R. Dr. Jürgen Hahn, Hilke Risius  
Humboldt-Universität zu Berlin - Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät - Department für Nutzpflanzen- und Tierwissenschaften - Fachgebiet Biosystemtechnik

**Verbundpartner**

Dr. Hubert Korte  
CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Getreidebestände zeigen in Abhängigkeit der Standortheterogenität eine ausgeprägte Variabilität des Rohproteingehalts, der entscheidend für die Zuordnung zu Qualitätsgruppen von Weizen und Braugerste ist und somit erheblichen Einfluss auf erzielbare Erlöse hat. Ein geeigneter Ansatz dieser gegebenen Standort- und Bestandesheterogenität zu entsprechen, ist das Verfahren der qualitätsdifferenzierten Getreideernte. Bedingung und Grundlage dieses Verfahrens ist die Möglichkeit, mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) Qualitätsparameter von Druschfrüchten online während des Mähdruschs zu erfassen. Bei kontinuierlicher Messung im Gutstrom werden Aktoren zur Gutstromtrennung mittels NIRS in Echtzeit gesteuert. In Verbindung mit einem Probenahmesystem zur Validierung der Sensorkalibrierung soll damit ein Verfahren zur Qualitätssicherung und Rückverfolgbarkeit der Gutströme von Getreide bereitgestellt werden. Das Fachgebiet Biosystemtechnik

der Humboldt-Universität zu Berlin und die CLAAS SE GmbH entwickeln deshalb in einem Verbundforschungsprojekt ein Ernteverfahren zur Trennung von Getreidepartien nach definierten Qualitätsparametern während des Mähdruschs.

Die Modifikationen des Mähdreschers betreffen die Baugruppen Kornförderung / Elevator / Befüllung und Korntank. Am Elevatorschacht befindet sich ein Bypasskanal mit einem Reflexionsmesskopf im Wellenlängenbereich von 960 bis 1650 nm sowie einem Nebkanal mit einem Transmissionsmesskopf im Wellenlängenbereich von 400 bis 1000 nm. Die separierten Gutströme werden am jeweiligen Sensorkopf vorbeigeführt. Beide Messköpfe sind durch Lichtwellenleiter mit dem Spektrometersystem in der Kabine des Mähdreschers verbunden. Eine Dosierschnecke befördert den detektierten Getreidegutstrom zurück in den Elevator bzw. sorgt für die Befüllung der Laborflaschen des Probenahmesystems zur Gewinnung von Rückstellproben zur Kalibrierung und Validierung der installierten NIRS-Sensortechnik. Die mittels NIRS generierten Proteinmesswerte werden nach Konvertierung zur Ansteuerung einer hydraulisch geschalteten Weiche genutzt, um die eigentliche Fraktionierung des Getreidegutstromes durch die sogenannte Zwillingsbefüllung im geteilten Korntank zu ermöglichen. Beide Korntankkammern sind durch zwei unabhängig voneinander aktivierbare Systeme entleerbar. Im weiteren Verlauf der Aufzeichnung und Auswertung werden verschiedene Filter eingesetzt, um redundante und nicht relevante Informationen von der Datenanalyse auszuschließen. Referenzwerte stellen die Definition der Probeneigenschaften zur Verfügung und dienen dazu, die Laborkalibrierungen zu erweitern und zu validieren.

Die im Labor erstellten Kalibriermodelle wurden im Online-Einsatz während der Feldversuche zur Getreideernte 2008 fortwährend erweitert. In Feldversuchen im Juli/August

2008 und 2009 in Brandenburg und Thüringen wurde die Funktionsfähigkeit des Versuchsaufbaus auf 346 ha Druschfläche erprobt. Die Langzeitstabilität der entsprechenden Kalibriermodelle wird durch kontinuierliches Monitoring gewährleistet. Um den informationslogistischen Aufwand und eventuelle Verzögerungen im Ablauf der Ernteprozesskette so gering wie möglich zu halten, sind sowohl die Probenahme selbst als auch die Kennzeichnung mit einem entsprechenden Zeitstempel (timestamp) zur Spektrenzuordnung und Datensicherung automatisiert. Im Rahmen des laufenden Verbundprojektes wird das Probenahmesystem an der Versuchsmaschine eingesetzt, um Rückstellproben für die Kalibrierung und Validierung der installierten NIRS-Sensortechnik zu gewinnen. Methoden der multivariaten statistischen Prozesskontrolle (MSPC) sind in besonderem Maße zur Charakterisierung des Prozesses geeignet, weil die Korrelation von Variablen analysiert werden kann und gleichzeitig verbesserte Tools zur Fehlerdiagnose zur Verfügung stehen. Um spektrale „Ausreißer“ (outlier) zu detektieren und Stabilitätsverletzungen des Prozesses anzuzeigen, werden die Prozessdaten mit der Hauptkomponentenanalyse (PCA) klassifiziert und der Vorhersagebereich der Rohproteinwerte, die Einflussfaktoren (Leverage) sowie die

Hotelling T2-Statistik kontinuierlich aufgezeichnet [LI VIGNI, 2009].

Eine Spektrenaufnahme unter gleichbleibenden optimierten Bedingungen, wie sie unter Laborbedingungen gefordert wird, kann im Feldeinsatz nicht gewährleistet werden. Spektrale Abweichungen, deren Ursachen multifaktoriell sind und beispielsweise durch Temperaturunterschiede von Proben- und Umgebungstemperatur, Streulichteffekte und Korngrößenunterschiede verursacht werden können, müssen erfasst und analysiert werden, um zu vermeiden, dass Fehler in den Vorhersagewerten zu einer Fehlbefüllung der Korntankkammern führen.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Verfahren der Nah-Infrarot-Spektroskopie nicht nur zur Online-Detektion von Inhaltsstoffen während des Mähdruschs genutzt werden kann, sondern geeignet ist, die Steuerung des Getreidegutstroms nach definierten Qualitätsgrenzwerten zu realisieren. Ein Monitoring weiterer Prozessparameter, die Einfluss auf die Prozessanalytik haben, ist für die Stabilität der Online-Analyse und Trennung des Getreidegutstroms nach definierten Parametern notwendig. Dazu zählt die Überwachung physikalischer Qualitätsparameter mittels bildgebender Verfahren,



Abb. links: Versuchsaufbau am Elevator der Versuchsmaschine CLAAS LEXION 570, rechts: geteilter Korntank mit Zwillingsbefüllschne-

welche zusätzlich zur Überwachung der Maschineneinstellungen genutzt werden könnten. Die Integration bildgebender Verfahren wäre zusätzlich zur Analyse von möglichen Fusarium- bzw. Mykotoxinbelastungen verwendbar. Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung von NIR-Spektrometern ist es zukünftig denkbar, relevante Qualitätsparameter inline zu analysieren und mit der Ertragsmessung zu kombinieren.

Mit der Möglichkeit, Qualitätsparameter im Erntegut zu erfassen und eine Gutstromtrennung nach Stoffeigenschaften durchzuführen, wird die Voraussetzung geschaffen, dass das Verfahren der qualitätsdifferenzierten Getreideernte zukünftig im Rahmen eines Qualitätssicherungssystems eingesetzt und damit den Forderungen nach einer transparenten Lebens- und Futtermittelproduktion entsprochen werden kann.

„Stickstoff- und Kohlenhydratstatus von Zierpflanzenstecklingen unter Praxisbedingungen als Basis zur Beurteilung des Bewurzelungspotentials mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie“

„Nitrogen and carbohydrate status of ornamental cuttings in practice of young plant supply chains as an assessment base of the root formation capacity by near-infrared spectroscopy (NIRS)“

#### **Laufzeit**

01.10.2009 bis 30.09.2012

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Elke Meinken,  
Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

#### **Verbundpartner**

Dr. Siegfried Zerche  
Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.

Andreas Niederländer  
Kientzler Gartenbaubetrieb GmbH & Co. KG

Michel Li Puma  
Tobias Dümmlen Jungpflanzen GmbH & Co. KG

Dr. Wilfried Pagel

Endisch Gartenbau GmbH & Co. KG

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Das Bewurzelungspotential von Zierpflanzenstecklingen wird maßgeblich von ihrem Stickstoff- und Kohlenhydratstatus beeinflusst. Das Fehlen praxistauglicher Methoden zur direkten Bestimmung der inneren Qualitätsparameter steht aber einer breiteren Nutzung dieser Erkenntnisse in der Jungpflanzenproduktion entgegen.

Deshalb wurde ein Verbundprojekt initiiert, dass die Nutzungsmöglichkeiten der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) für die Prognose des Bewurzelungspotentials in der Praxis

untersucht. Zunächst werden Genotyp- und Umweltreaktionen des Stickstoff- und Kohlenhydratstatus als Basis zur Beurteilung des Bewurzelungspotentials der Stecklinge im Produktions- und Logistikprozess der global agierenden Jungpflanzenbetriebe erforscht. Hierbei wird untersucht, ob die unter experimentellen Bedingungen ermittelte Abhängigkeit des Bewurzelungspotentials vom Stickstoff- und Kohlenhydratstatus (1, 2, 3, 4) auch im komplexen System der globalen Jungpflanzenproduktion Bestand hat und ob durch die Berücksichtigung der Umweltfaktoren Licht und Temperatur die Prognose des Bewurzelungspotentials präzisierbar ist. Diese Ergebnisse bilden die Basis für das übergeordnete Ziel des Forschungsvorhabens, dass in der Entwicklung eines NIRS-Kalibrationsmodells zur zerstörungsfreien Beurteilung des Stickstoff- und Kohlenhydratstatus und des Bewurzelungspotentials der Stecklinge besteht. Im Projekt werden Mutterpflanzenbestände von Chrysanthemen, Pelargonien, Poinsettien, Impatiens-Neu-Guinea und Osteospermum an Standorten weltweit kultiviert und differenziert mit Stickstoff gedüngt. Die Bewurzelung der geernteten Stecklinge wird erfasst und deren Stickstoff- und Kohlenhydratstatus analysiert.

Ausgehend vom Stand der Arbeiten werden die Ergebnisse zur Adaption der Methoden der Referenzanalytik des Stickstoff- und Kohlenhydratstatus an die Struktur und Matrizes der im Fokus stehenden Zierpflanzenarten dargestellt. Stecklinge der fünf Pflanzenarten dienten zunächst der Erarbeitung geeigneter Probenahmeprotokolle zur Gewinnung der Referenzproben für die parallel zu erfassenden NIRS-Spektren. Weitere Testproben der Pflanzenarten dienten der Adaption der Referenzmethoden zur fraktionierten Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl (extrahierbar: Amid-N, Nitrat-N, Amino-N, nichtextrahierbares Protein-N) und zur enzymatischen Bestimmung der Kohlenhydrate (Glucose, Saccharose, Fruktose und Stärke). Im Ergebnis der Methodenadap-

tion für Stickstoff (500 mg Aliquots der pulverisierten Trockenmasse einer Mischprobe aus 30-50 Stecklingen) wurde zwischen der Summe der N-Fractionen in einem Wertebereich von 23 bis 53 mg N g<sup>-1</sup> TM und einer unabhängigen Bestimmung der Nt-Konzentration nach Kjeldahl ein Bestimmtheitsmaß für die Übereinstimmung der Messwerte von  $R^2=0,9957$ ,  $n=15$  und eine Wiederfindung von  $103\pm 2\%$  erreicht. Die zusätzliche Nt-Bestimmung nach Dumas ergab ein Bestimmtheitsmaß für die Übereinstimmung von  $R^2=0,9955$ ,  $n=15$  bei einer Wiederfindung von  $97\pm 2\%$ . Anhand der Testproben deutet sich an, dass sowohl die Nt-Konzentration als auch die Höhe der einzelnen N-Fractionen bei den untersuchten Pflanzenarten genotypisch determiniert ist. Bei der Referenzanalytik der Kohlenhydrate wurden Blätter und Spross der Stecklinge separat untersucht, da sich deren Kohlenhydratkonzentrationen gravierend unterscheiden und ihre unterschiedliche Bedeutung für die Überlebensfähigkeit und das Bewurzelungsvermögen bekannt ist. Interferierende Substanzen, welche die Enzymreaktion in einigen Rohextrakten störten, konnten durch Behandlung mit Aktivkohle eliminiert werden. Die Überprüfung der modifizierten Methode durch Probensplitting ergab Wiederfindungsraten der Einzelzucker von  $87,6\pm 2,0\%$  für Glucose,  $88,5\pm 2,9\%$  für Fructose, und  $84,7\pm 7,9\%$  für Saccharose ( $n=8$ ). Bei der Untersuchung von Doppelproben von Pelargonien (10 mg Aliquots des gefriergetrockneten Materials) wurde eine hohe Übereinstimmung der A- und B-Proben ermittelt ( $R^2=0,963$  für Glucose und  $0,957$  für die Gesamtzucker,  $n=102$ ).

Erste Ergebnisse zur Genotyp- und Umweltreaktion des Stickstoff- und Kohlenhydratstatus in Pelargonienstecklingen zeigen, dass die Inhaltsstoffe in den von Jungpflanzenbetrieben gelieferten Stecklingsproben eine ähnliche Größenordnung aufwiesen wie vorher unter experimentellen Bedingungen ermittelt (2,3). Bei vier Modellsorten ergaben eine differenzierte N-Düngung der Mutterpflanzen und der Erntetermin der Stecklinge deutliche Wech-

selwirkungseffekte im Stickstoffstatus (Nt: 16 bis 42 mg g<sup>-1</sup> TM davon Protein-N 13 bis 31 mg, Amino-N 2,2 bis 7,7 mg; Nitrat-N 0,11 bis 1,79 mg und Amid-N 0,22 bis 2,08 mg; n=36). Dagegen war kein Einfluss des Genotyps auf die Nt-Konzentration und die Höhe der N-Fractionen vorhanden. Die Nt-Gehalte in den Stecklingen von 20 weiteren Sorten aus Produktionsbeständen variierten bei vier Ernteterminen (Dez, Jan, Feb, März) von 28 bis 36 mg Nt g<sup>-1</sup> TM (n=80), wobei die Summe und die Höhe einzelner N-Fractionen spezifisch auf den Erntetermin reagierten. Die Gesamtzuckeranteile variierten im Spross von 16 bis 88 mg g<sup>-1</sup> TM und waren deutlich höher als in den Blättern (1,5 bis 35 mg; n=51). Der Zuckergehalt in frisch geernteten Stecklingen wurde von der N-Düngung der Mutterpflanzen kaum beeinflusst.

Erste Ergebnisse zum Einfluss von Sorte und N-Düngung der Mutterpflanzen auf Stecklingsertrag und Bewurzelung bei *Osteospermum* lassen erkennen, dass der N-Bedarf und der Stecklingsertrag nach 14 Ernten sortentypisch (79 bis 115 Stecklinge je Pflanze) variiert und die Bewurzelung der Stecklinge infolge von N-Mangel und N-Überschuss mit Salzakkumulation im Wurzelraum der Mutterpflanzen (bis 4 g KCl je l Substrat) reduziert war (2).

#### Literatur

- 1) Zerche, S. and Druege, U. (2009) *Scientia Horticulturae* 121 (3), 340-347.
- 2) Zerche, S., Druege, U.; Kadner, R. (2008) *J. Hort. Sci. and Biotech.* 83 (2), 207-217.
- 3) Druege, U., Zerche, S.; Kadner, R. (2004) *Annals of Botany* 94 (6), 831-842.
- 4) Druege, U.; Zerche, S.; Kadner, R.; Ernst, M. (2000) *Annals of Botany* 85, 687-701.

„Akustische Resonanzanalyse zur automatischen Zustandsanalyse von gartenbaulichen Produkten – am Beispiel von hohlem Spargel und mehligem Kern- und Steinobst“

„Acoustic resonance analysis for quality detection of horticultural products – using the example of hollow white asparagus and mealy pome and stone fruit“

#### Laufzeit

15.02.2008 bis 14.02.2011

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Martin Geyer, Julia Foerster  
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.

#### Verbundpartner

Peter Fey  
RTE Akustik + Prüftechnik GmbH  
  
Thomas Hermeler  
HMF Hermeler Maschinenbau

#### Kurzfassung der Ergebnisse

Hohle Spargelstangen (Abb. 1) entsprechen nicht den Mindestgüteeigenschaften der allgemeinen Vermarktungsnorm und müssen entsprechend den Vorgaben der jeweiligen Klasse aussortiert werden. Da dies durch den Einsatz optischer Sortierverfahren allein nicht möglich ist, der Mensch aber sehr wohl zwischen hohlen und intakten Stangen aufgrund des unterschiedlichen Klages unterscheiden kann, soll auf Grundlage der akustischen Resonanzanalyse ein Sensorsystem zur Klassifizierung entwickelt werden. In ersten Versuchen im Labormaßstab erfolgte die messtechnische Erfassung der natürlichen Schwingungen von Spargel durch Einsatz eines Luftschallmikrofons. Verglichen mit metallischen Werkstücken, die bereits mittels des akustischen Resonanzverfahrens zerstörungsfrei auf Intaktheit geprüft werden (RTE), weisen die vom Spargel nach geeigneter Anregung abgegebenen Schallsignale eine geringe Amplitude auf. Zusammen

mit den zu erwartenden Störgeräuschen innerhalb der Sortiermaschine führt dies zu einem geringen Signal-Rauschverhältnis, welches die Analyse erschwert bzw. unmöglich macht.

Im Rahmen des Projektes wurde eine Prüfeinheit für eine Versuchssortieranlage (Hermeler Maschinenbau) entwickelt, die den Schall mittels Körperschallmikrofon erfasst. Auf der Anlage liegen die Spargelstangen einzeln in Kunststoffschalen mit zwei schlitzförmigen Öffnungen quer zur Spargellängsachse. Durch diese Öffnungen werden keilförmige Stützen geführt, die auf eine Trägerplatte geklebt sind. Die Spargelstangen werden aus den Schalen gehoben und verbleiben während der Phase der Anregung und Signalerfassung auf den Kunststoffstützen. Zwischen Trägerplatte und Stützen sind Piezofolien geklebt, welche die Schwingungen der Stangen nach geeigneter Anregung erfassen (Abb. 2). In umfangreichen Untersuchungen wurden hohle und intakte Spargelstangen parallel sowohl unter definierten Bedingungen im Labor als auch mit der Versuchseinrichtung gemessen. In Zusammenarbeit mit dem Verbundpartner RTE Akustik + Prüftechnik werden Analysemethoden, u.a. mittels Neuronaler Netze geprüft, die eine Klassifizierung der Stangen nach hohl / nicht hohl erlauben. Die Art und der Ort der Anregung sowie die Position des schallaufnehmenden Sensors beeinflussen das Messsignal. Die hohe Varianz der Stangen (Geometrie, Frischmasse etc.) und die unterschiedliche Ausprägung von Kavernen innerhalb der Stangen erschweren zusätzlich die Auswertung. Typische Impulsantworten, etwa Verschiebungen einzelner Frequenzen im Leistungsspektrum, wie sie bei fehlerhaften metallischen Werkstücken im Vergleich zu intakten auftreten, sind bei Spargel nicht vorhanden (Abb. 3).

Ein entsprechendes Problem, welches im Rahmen des Projektes bearbeitet wird, ist die Erfassung der inneren Beschaffenheit, beispielsweise Mehligkeit von Äpfeln und Pflirsichen. Ähnlich wie Spargel weisen diese

Früchte eine geringe Signalamplitude auf, so dass der Laboraufbau modifiziert wurde. Die Signalerfassung erfolgt ebenfalls mittels Körperschallmikrofon, die Schwingungsanregung impulsförmig durch „Anklopfen“ der Produktoberfläche. Des Weiteren wurde ein Gerät zur extrakorporalen Stoßwellentherapie getestet. Eine fokussierte Stoßwelle wird ca. ein Zentimeter unter der Fruchtoberfläche eingekoppelt und die entstehenden Schwingungen der Frucht über einen Körperschallsensor an der gegenüberliegenden Seite erfasst (Abb. 4). Die Testmessung an Äpfeln ergab eine Klassifikationsgenauigkeit von annähernd 97%.



Abb. 1: Intakte (1-4) und hohle (5-8) Spargelstangen (von links nach rechts).

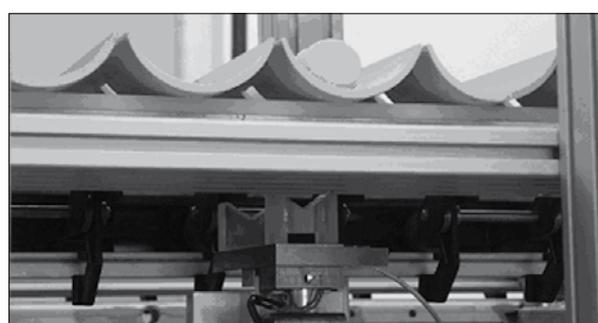


Abb. 2: Spargel und Prüfeinheit in Versuchssortieranlage.

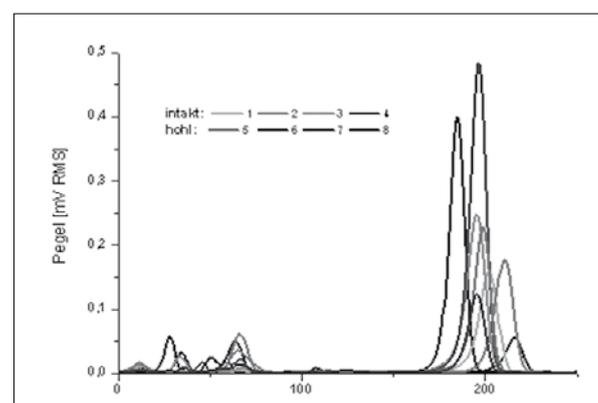


Abb. 3: Leistungsspektren intakter (1-4) und hohler (5-8) Spargelstangen.

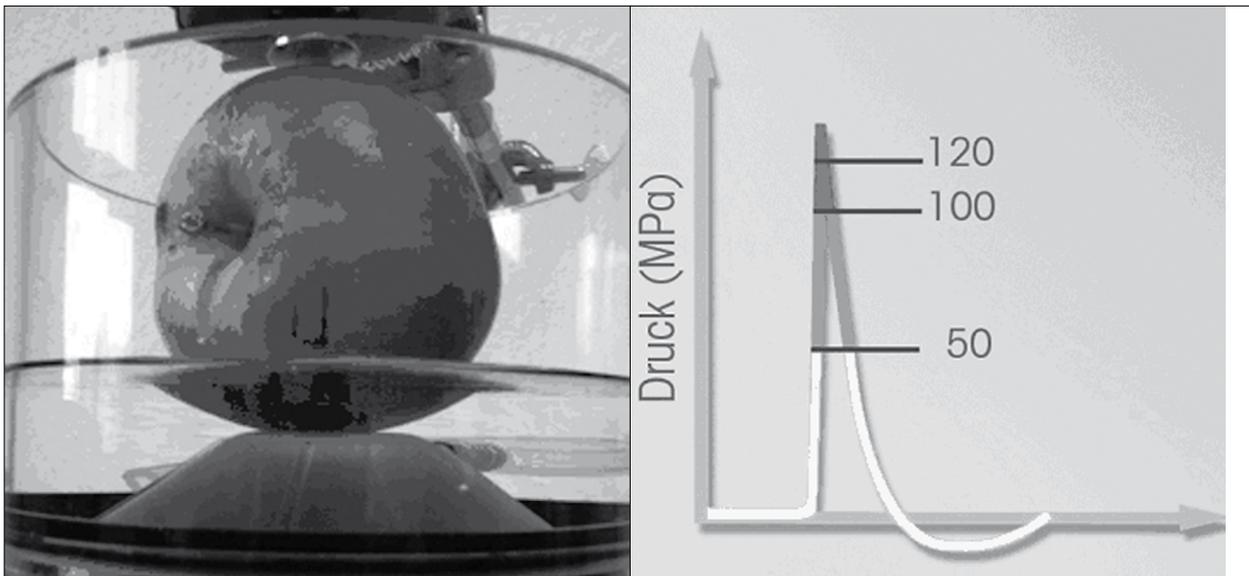


Abb. 4: Links: Überprüfen der inneren Beschaffenheit von Äpfeln unter Verwendung fokussierter Stoßwellen. Rechts: Stoßwellendruckpuls (www.richard-wolf.com).

„Erfassung und Verteilung von Saatgut in Drillmaschinen“

„Collection and distribution of seeds in seed drills“

#### Laufzeit

01.05.2008 bis 30.04.2011

#### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr. Ulrich Hilleringmann  
Universität Paderborn Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik- FG Sensorik

#### Verbundpartner

Rudolf Buschmeier  
Müller-Elektronik GmbH & Co. KG

#### Kurzfassung der Ergebnisse

Seit über 40 Jahren wird versucht in Landmaschinen die tatsächliche Fördermenge von Feldfrüchten zu erfassen. Aufgrund der permanenten Weiterentwicklung der Sensorik können Erntegutdurchsätze und/oder Kornverluste in Mähdreschern mittlerweile mit optimierten Körperschallsensoren immer besser erfasst werden. Bei Sämaschinen mit Einzelkornablage kann das Saatgut ebenfalls relativ einfach

gezählt werden. Bei Drillmaschinen hingegen basiert der Förderprozess darauf, dass von einem Saatgutbehälter ausgehend die Saatkörner über eine Dosiereinrichtung in einen Luftstrom geführt werden (siehe Abbildung 1).

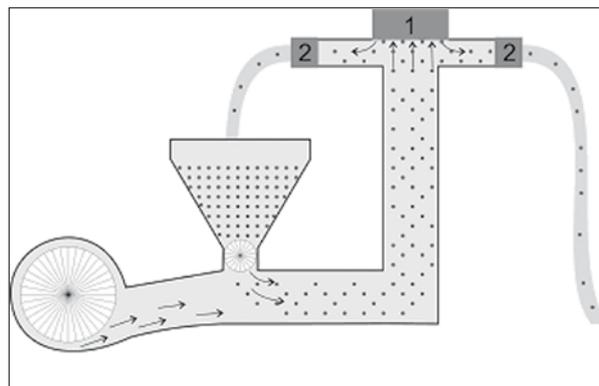


Abb. 1: Schematischer Aufbau einer Drillmaschine (ohne Fahrwerk und Bodenbearbeitung)

Anschließend werden sie üblicherweise durch ein Steigrohr zu einem Verteilerkopf befördert, in welchem sie auf mehrere Saatschläuche aufgeteilt und zu den jeweiligen Säscharen geleitet werden. Da moderne Drillmaschinen aus wirtschaftlichen Gründen tendenziell größere Arbeitsbreiten und höhere Geschwindigkeiten aufweisen, resultieren dementsprechend sehr hohe Fördermengen an Saatgut. Damit eine präzise Aussaat und damit ein homogener Feldaufgang sichergestellt werden kann, ist

es dringend erforderlich die Anzahl der Saatkörner pro Zeit (Kornfrequenz) im Luftstrom sensorisch exakt zu erfassen.

Neben der verwendeten piezoelektrischen Auslesetechnik, eignen sich prinzipiell auch kapazitive, optische Sensoren sowie eine Kombination dieser Verfahren. Optische Systeme sind jedoch verschmutzungsanfällig und nur in einzelnen Saatschläuchen sinnvoll einsetzbar. Mit kapazitiven Sensoren lassen sich in größeren Luftströmen einzelne Körner nicht nachweisen, sodass der Massendurchsatz nur qualitativ beziehungsweise sehr ungenau festgestellt werden kann.

Das im Rahmen dieses Projektes entwickelte neuartige skalierbare piezoelektrische Sensorsystem (Skapie-Sensor) ist sehr robust gegenüber Verschmutzungen und scheint durchaus geeignet zu sein, unterschiedliche Saatgutarten bei hohen Kornfrequenzen sicher erfassen zu können.

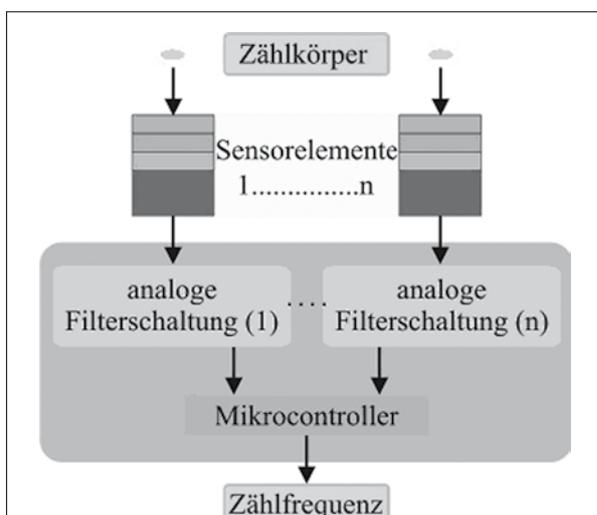


Abb. 2 : Blockschaltbild des Skapie-Sensors

Da es sich um einen berührenden Sensor handelt, ist es erforderlich, dass jedes Zählobjekt mit einer gewissen kinetischen Energie auf die Sensorfläche auftrifft. Im Verteilerturm der Drillmaschine werden die Körner mit maximaler Geschwindigkeit auf eine auswechselbare Prallplatte (1) beschleunigt, sodass dort mit einem großflächigen Sensor der gesamte Saat-

gutstrom erfasst werden kann (siehe Abbildung 1). Durch die Integration von speziellen Winkelsensorelementen (2) in jedem Saatschlauch kann darüber hinaus die Verteilung des Saatguts bestimmt werden.

Um die geforderten Spezifikationen erfüllen zu können, wurde gemäß Abbildung 3 ein spezieller mehrschichtiger Sensoraufbau nach Art eines „Sandwichkonzeptes“ entwickelt. Die Materialauswahl sowie die Dimensionierung der geometrischen Abmessungen der verwendeten Elemente (Prallplatte, Piezoelement, Dämpfungselement, seismische Masse) wurden simulationsunterstützt für den Einsatz in einer Drillmaschine angepasst und optimiert.

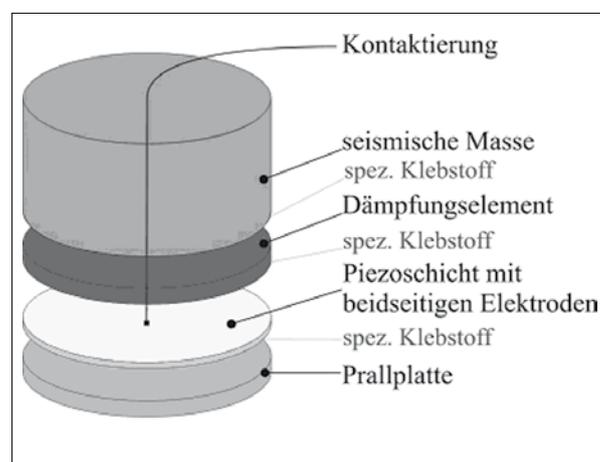


Abb. 3 : Aufbau eines Sensorelements

Aus schwingungstechnischen Gründen besteht der Verteilerturmsensor gegenwärtig aus einem 37-elementigen Sensorarray. Durch die Skalierbarkeit der hexagonalen Sensorelemente, lässt sich die Größe des Sensorarrays an unterschiedliche Durchmesser von kreisförmigen leitungsgeführten Luftströmen anpassen. Darüber hinaus können durch diese Skalierung auch die erzielbaren Zählfrequenzen beeinflusst werden. Die erhöhten Schwingungsfrequenzen der piezoelektrisch abgelesenen Prallplatten in Kombination mit der integrierten Dämpfung ermöglichen es Kornfrequenzen von über 20 kHz je Sensorelement zu erfassen. Treffen die Körner geometrisch gleichverteilt auf das Array, kann sich die auflösbare Kornfrequenz

multiplikativ mit der Anzahl der verwendeten Sensorelemente weiterhin erhöhen.

Die Auswerteelektronik ist für das kompakte Sensorarray des Kopfsensors genauso aufgebaut und modular erweiterbar wie für das lose Array aus Schlauchsensoren. Es unterscheidet sich lediglich in der Anzahl der Elemente und der entsprechenden Signalzuführung. Jedem Sensorelement ist eine Auswerteschaltung zugeordnet, welche die höher frequenten gedämpften Schwingungsimpulse der Sensorelemente in kurze binäre Impulse umwandelt (siehe Abbildung 2). Die in Abbildung 4 dargestellte analoge Filterschaltung besteht neben der Gleichrichtung des Sensorsignals aus einer mehrstufigen Verstärkerschaltung.

Die erste Amplitude des gleichgerichteten Sensorsignals lädt den nachfolgenden Kondensator entsprechend ihrer Ausprägung auf. Anschließend entlädt sich dieser über den parallel geschalteten Widerstand. Die Zeitkonstante der Entladekurve ist so dimensioniert, dass sich eine Einhüllende zum gleichgerichteten Sensorsignal bildet. Diese Einhüllende weist bei einem Kornaufschlag einen charakteristischen steilen Spannungsanstieg auf, welcher durch die Differenzierung eindeutig als Zählobjekt am Komparator erkannt wird. Die Schaltung kann darüber hinaus so empfindlich eingestellt werden, dass selbst Feinsämereien, wie beispielsweise Rapskörner erkannt werden können.

Die Ausgangssignale der Filterschaltungen werden von einem Mikrocontroller verarbeitet und über eine serielle Schnittstelle als Zählfrequenz (Anzahl von Saatkörnern pro Sekunde) ausgegeben. Neben der Erfassung von gleichzeitigen Auftreffereignissen auf unterschiedlichen Sensorflächen, kann jeder Zählvorgang dem entsprechenden Sensorelement zugeordnet werden.

„Mobiles Sensorsystem für die Berücksichtigung von Bodenunterschieden bei der teilflächen-spezifischen Bewirtschaftung in Landwirtschaft und Gartenbau“

„Mobile sensor system to consider soil heterogeneity in precision farming in agriculture and horticulture“

#### **Laufzeit**

01.03.2008 bis 28.02.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Jörg Rühlmann

Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.

#### **Verbundpartner**

Frank Ringsdorf

DELPHIN Technology AG

#### **Kooperationspartner**

Universität Potsdam - Institut für Erd- und Umweltwissenschaften

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Das Ziel des Projektes bestand in der Überführung eines etablierten, bisher im stationären Modus angewendeten geophysikalischen Messprinzips in ein mobiles, in der landwirtschaftlich/ gartenbaulichen Praxis nutzbares elektronisches Messsystem, um räumliche Differenzierungen von Bodenmerkmalen (Körnung) erfassen zu können. Aufbauend auf die mit diesem Messsystem generierten digitalen Karten wird eine qualifizierte teilflächenspezifische Bewirtschaftung (Bodenbearbeitungstiefe, Aussaatstärke, Applikation von Dünger und Beregnungswasser) ermöglicht. Eine wesentliche Projektaufgabe war die Kopplung eines zu adaptierenden Messgerätes mit einem zu optimierenden rollenden Elektrodensystem. Es entstand ein Prototyp "Geophilus", auf dessen Grundlage nachfolgend eine industrielle Produktion des entwickelten Messsystems vorgesehen ist. In Zusammenarbeit mit an-

deren Partnern wurde das Messsystem unter folgenden Bedingungen getestet:

- Ackerböden (Mineralböden Sand – Ton) in verschiedenen Praxisbetrieben in Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schweden
- Grünlandböden im Rhinluch und in der Elbaue (organische Böden, hoher Grundwasserstand)
- Salinen Böden in der Mark Brandenburg (organische Böden, hoher Grundwasserstand)
- Tagebau-Rekultivierungsböden (Lausitz)
- Archäologischen Fundstellen (Kreisgrabenanlage Lossow, Niederungsburg Kalbe/Milde)

Mit dem Geophilus-Messsystem ist es möglich, im bewegten (rollenden) Modus und für unterschiedliche Frequenzen zwischen 1 Hz und 1 kHz den elektrischen Widerstand von Böden flächenhaft zu kartieren. Dies geschieht zeitgleich für 6 unterschiedliche Bodenschichten bis zu einer max. Erkundungstiefe von 2 Metern. Bei einer Messgeschwindigkeit von ca. 15 km h<sup>-1</sup> beträgt die tägliche Kartierleistung auf landwirtschaftlichen Flächen zwischen 100 und 150 ha. Das Messpunktraster bei 15 km h<sup>-1</sup> Messgeschwindigkeit und 24 m Spurbstand beträgt 4 x 24 Meter (100 Messpunkte je Hektar) mit 2 Metern Erkundungstiefe; vgl. Reichsbodenschätzung: 50 x 50 Meter (4 Messpunkte je Hektar) mit 1 Meter Erkundungstiefe. Die vertikale Auflösung des Geophilus-Systems erlaubt potenziell die Generierung von 3-dimensionalen Bodenkarten. Voraussetzung dafür ist die Überwindung bisher bestehender Limitierungen bei der Inversion der Daten. Dringender zukünftiger Forschungsbedarf besteht demzufolge der Entwicklung von 3-dimensionalen Inversionsprogrammen.

Aus Sicht des „precision farming“ besteht dringender Bedarf, die jetzt mit hoher räumlicher Auflösung zu erfassenden geophysikalischen Bodenmerkmale in ackerbaulich relevante

Merkmale wie z.B. Tongehalt, Lagerungsdichte, Wasserretention zu übersetzen. Die Messgröße „elektrischer Widerstand“ des Bodens ist von mehreren Faktoren wie Körnung, Wassergehalt und Lagerungsdichte abhängig. Die gleichzeitige Erfassung mehrere geophysikalischer Größen (Widerstand, Phasenwinkel sowie deren Frequenzabhängigkeit) wird es erlauben, entsprechende Signalanteile konkreten Streuungsursachen zuzuordnen zu können. Die geplante Weiterentwicklung des Geophilus-Systems zur Multisensorplattform entspricht genau dieser Anforderung

"SmartForest - Einsatz von Transponder-Technologie und drahtlosen Sensornetzen in der Forstwirtschaft"

"SmartForest - Application of Transponder Technology and Wireless Sensor Networks in Forestry"

#### **Laufzeit**

01.11.2007 bis 31.12.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Hans-Christian Müller  
Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme

#### **Verbundpartner**

Dr. Bernhard Hosius  
ISOGEN GbR

Dr. Frank Schönherr  
MUL Services GmbH

Dr. Wilfried Steiner  
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Gegenstand dieses Verbundprojekts ist der Einsatz von mikroelektronischen Komponenten zur nachhaltigen Optimierung forstwirtschaftlicher Prozesse. Es werden zwei Bereiche adressiert. Zum einen ist dies die Entwicklung und Umsetzung von Konzepten zur dauerhaft

lesbaren Markierung von Einzelbäumen. Bei den hier stellvertretend ausgewählten Einsatzbereichen des forstwissenschaftlichen Versuchswesens und der Erhaltung forstlicher Genressourcen steht die Notwendigkeit einer eindeutigen Identifizierung von Bäumen im Vordergrund.

Die bisher verwandten Methoden und Verfahren zur Einzelbaumidentifizierung, etwa mit Farbmarkierungen oder mit Schildern, bieten in der Praxis keine befriedigenden Lösungen. Die Transponder-Technik stellt eine attraktive Technologie für die nachhaltige Markierung dar. Mit der Untersuchung, Entwicklung und Erprobung geeigneter Komponenten und Verfahren soll das Optimierungspotenzial erschlossen werden.

Die grundlegenden Technologien von Transpondern oder auch sogenannten RFID-Tags (Radio Frequency Identification Tags) zur Identifizierung von Objekten existieren schon seit einigen Jahrzehnten. Die permanenten Weiterentwicklungen haben die gegenwärtige Verbreitung von RFID-Tags etwa im Bereich der Logistik ermöglicht und befördert.

Im Kontext der Identifizierung von Bäumen ist die Auswahl und Weiterentwicklung geeigneter Komponenten ein wesentlicher Bestandteil der Arbeiten, dies mit Blick auf die speziellen Anforderungen des forstwissenschaftlichen Anwendungsgebiets. Fragestellungen etwa zu dauerhaften Befestigungsmethoden an lebenden Bäumen ohne Beeinträchtigung der Lesbarkeit, der späteren Holzverarbeitung oder des Holzwertes spielen eine signifikante Rolle. Dies gilt in ähnlicher Weise für die Lesegeräte, die unter den vorliegenden Einsatzbedingungen hohen Anforderungen bezüglich Lesereichweite, Lesezuverlässigkeit, Robustheit und Ergonomie genügen müssen.

Ferner ist die Entwicklung einer Software-Systemarchitektur und von Softwarekomponenten im Kontext der Baumidentifizierung ein

wesentlicher Schwerpunkt der Arbeiten. Die übergeordnete Systemarchitektur umfasst alle Komponenten zur Steuerung der prozessualen Abläufe und der Informationsflüsse zwischen mobilen Lesegeräten und dem Bediener auf der einen Seite und einem Datenbanksystem auf der anderen Seite. Weitere Software-Komponenten beinhalten Module zur Steuerung der Lesegeräte (Leistungsanpassung, Kalibrierung, etc.).

Der zweite Bereich des Verbundprojekts adressiert die messtechnische Erfassung des Mikroklimas im Baumbestand. Hier werden Methoden, Verfahren und Komponenten zur Messung von Luft- und Bodenparametern entwickelt und erprobt. Die technische Grundlage hierzu bilden drahtlose Sensornetze. Drahtlose Sensornetze stellen eine attraktive Technologie dar, um wachstumsrelevante Parameter messtechnisch zu erfassen, die Messwerte einer Vorverarbeitung zu unterziehen und schließlich die gewonnenen Daten an eine entfernte Warte zu übertragen. Die Messpunkte, die so genannten Sensorknoten, sind in der Lage, autonom ein Netz, das Sensornetz, zu bilden und den Transport der Messdaten innerhalb dieses Netzes selbstständig zu steuern und zu überwachen.

Auf einer Versuchsfläche installiert, liefert ein drahtloses Sensornetz wertvolle Informationen zum zeitlichen Verlauf von Lufttemperatur und -feuchte, Bodenfeuchte oder Blattfeuchte. Auf diese Weise lässt sich zum einen die Umwelt-Homogenität einer Versuchsfläche bestimmen, zum anderen ein Zusammenhang zwischen dem Verhalten verschiedener Versuchsglieder nicht nur auf deren unterschiedliche Behandlung oder deren unterschiedliche Genetik, sondern auch auf die konkreten Umweltbedingungen direkt vor Ort ableiten. Die zugrunde liegende Technologie ermöglicht eine Messwerterfassung mit hoher räumlicher Auflösung bei geringem Installationsaufwand. Die drahtlose Messwertübertragung stellt sicher, dass betriebliche Abläufe nicht beeinflusst werden.

Im Kontext der Umsetzung kommt der Auswahl der Sensoren zur Erfassung der genannten Parameter eine besondere Bedeutung mit Blick auf die forstwissenschaftliche Anwendung zu. Kriterien wie Robustheit, Wartungsaufwand und Energieeffizienz stellten hierbei die wesentlichen Aspekte dar. Die Sensorknoten selbst werden ebenfalls mit Blick auf Randbedingungen wie Robustheit und Energieeffizienz entwickelt, gleichermaßen im Bereich der erforderlichen Hardware- und Softwarekomponenten. So ist sicher zu stellen, dass trotz der geringen verfügbaren Energiressourcen Betriebsdauern von einigen Monaten erreicht werden, um den Wartungsaufwand gering zu halten. Die auf jedem Sensorknoten implementierten Software-Komponenten steuern die Messwerterfassung mittels der angeschlossenen Sensoren und die Messwertvorverarbeitung sowie die autonome Vernetzung der Sensorknoten nach der Inbetriebnahme und die Aufrechterhaltung des Netzwerks auch bei Ausfall einzelner Sensorknoten.

Die im Rahmen dieses Verbundprojekts entwickelten Konzepte, Methoden und Verfahren wurden in Realisierungen mit dem Ziel überführt, nicht nur im Labormaßstab, sondern auch unter realen Bedingungen auf forstwissenschaftlichen Versuchsflächen die Machbarkeit und das Potenzial von Transponder- und Sensornetztechnologien in der Forstwirtschaft zu demonstrieren und zu dokumentieren. Die bisher in der praktischen Erprobung erzielten Ergebnisse sind sowohl im Bereich der Baumidentifizierung mittels Transponder-Technik als auch im Bereich der Erfassung des Mikroklimas mit drahtlosen Sensornetzen viel versprechend.

## „Intelligentes Holz - RFID in der Rundholzlogistik“

### „Intelligent Wood: RFID in Timber Logistics“

#### **Laufzeit**

01.03.2008 bis 28.02.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Mike Wäsche

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM

#### **Verbundpartner**

Lars Nick

Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei

Frank Wittau

Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik KWF e.V.

Klaas Dannen

metraTec GmbH

Thorsten Kuhlmann

Wahlers-Forsttechnik GmbH

Dr. Heiko Kalies

Gicon - Großmann Ingenieur Consult GmbH  
– Niederlassung Leipzig

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

##### *Motivation*

Die Bereitstellungskette von Rundholz aus dem Wald zur stofflichen und energetischen Verarbeitung ist durch eine hohe Komplexität gekennzeichnet. Die Vielzahl der involvierten Akteure und existierenden Dienstleistungsverhältnisse in dieser Kette verursacht komplexe Prozess- und Informationsabläufe, wodurch Problemstellungen, wie die Mehrfacherfassung von Daten, damit verbundene Informationsdefizite, organisationsbedingte Qualitätseinbußen und Holzverluste sowie Schwierigkeiten bei

der Mengenzuordnung des Holzes im Abrechnungsprozess auftreten.

Schon seit einigen Jahren gibt es Bestrebungen, durch den Einsatz der RFID-Technologie in der Forst- und Holzwirtschaft den Material- und Informationsfluss in der Rundholzlogistik zu verbessern. Bisherige Entwicklungen ließen jedoch insbesondere Fragen bezüglich der Praxistauglichkeit von RFID offen. Das Fraunhofer IFF verfolgt deshalb das Ziel, die RFID-Technologie so weiterzuentwickeln, dass sich ihr Einsatz in der Holzlogistik weiter etabliert. Hier gilt es, durch innovative Lösungen technische Barrieren speziell für Anwendungen im Massenh Holzsegment abzubauen, spürbaren wirtschaftlichen Nutzen für Waldbesitzer und die Holzindustrie zu generieren und damit auch die Akzeptanz für die Technologie zu erhöhen.

#### *Vorgehensweise*

Im Verbundforschungsvorhaben »Intelligentes Holz – RFID in der Rundholzlogistik« arbeiten unter Leitung des Fraunhofer IFF mehrere Forschungseinrichtungen, das Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (KWF) sowie Forsttechnik- und Software-Unternehmen an der Kennzeichnung von Industrieholz und Massensortimenten. Die RFID-Technologie soll es zukünftig ermöglichen, größere Holzstapel (Polter) oder ganze LKW-Ladungen selektiv und damit kostengünstig zu kennzeichnen und zu verfolgen.

Der Bedarf hierzu ergibt sich unter anderem aus den sehr kurzen Prozesszeiten, die Großabnehmer der Holzindustrie bei der Übernahme des Rohstoffes am Werkseingang einhalten müssen. Die dort zur Verfügung stehende Zeit zum Auslesen von Informationen der einzelnen Stämme ist äußerst begrenzt. Deshalb wird durch das Fraunhofer IFF im Rahmen des Projektes ein RFID-Gate entwickelt, das von einem mit Holz beladenen LKW vollständig durchfahren werden kann. Ziel ist eine Pulkauslesung am Eingang des rundholzverarbeitenden

Industriebetriebes. Auf diesem Weg lassen sich signifikante Verbesserungen des Ausleseprozesses, insbesondere durch die Einsparung von Zeit und Aufwand, erzielen.

Im Verbundprojekt wird außerdem an für den Weiterverarbeitungsprozess verträglichen Transpondern mit neuartigen Trägermaterialien gearbeitet, die nachfolgende Verarbeitungsschritte des Holzes, z. B. bei der Papierherstellung, nicht beeinträchtigen. Aktuell werden Transponder auf Papier- und Ligninbasis entwickelt. Ein weiterer Projektteil beschäftigt sich mit der Ermittlung besonderer Anforderungen im Datenaustausch und der Entwicklung von Software-Funktionsmustern für die Erfassung, das Management sowie den Austausch von RFID-Daten im Holzlogistikprozess. Mit diesem Arbeitsschwerpunkt wird das Ziel verfolgt, positive Effekte durch Zeitersparnis und Senkung des Aufwands sowie der Kosten bei der Abrechnung und Kontrolle zu erreichen. Diese Einspareffekte sind nicht nur für Waldbesitzer und die Holzindustrie interessant, sondern auch für beauftragte Dienstleister. Auch sie profitieren davon, wenn Abrechnungen von Leistungen früher erfolgen können.

Im Rahmen des Vorhabens werden die erarbeiteten Funktionsmuster der prozesstaughen Transponder und der Gate-Konfiguration sowie für den informationstechnisch unterstützten RFID-Datenaustausch sowohl in Laborversuchen als auch unter Realbedingungen im Großversuch getestet. Aktuell erfolgt die Abstimmung der Tests unter Realbedingungen mit ausgewählten Praxispartnern.

#### *Ergebnisse*

Die bisher erarbeiteten Funktionsmuster Transponder, Gate und Datenaustausch wurden sowohl in Labors als auch unter realen Bedingungen im Großversuch mit Praxispartnern getestet. Die vorliegenden Ergebnisse der durchgeführten Anforderungsanalysen für den Einsatz der RFID-Technologie in der Forst- und Holzwirtschaft unter prozessbezogenen

sowie informationstechnischen Gesichtspunkten haben die möglichen Materialien und Formen eingegrenzt. Bei der Erstellung der Funktionsmuster kamen durch spezifische physikalische, chemische bzw. statische Tests ermittelte geeignete Materialien und Konfigurationen zur Anwendung. In Feldversuchen mit holzbeladenen LKW konnten praxisnahe Erfahrungen zur Identifikationsrate der Holzkennzeichnungen mit einem RFID-Gate von ca. 4 x 4,5 x 3 Metern gesammelt werden. Im Projektverlauf sind weitere Anpassungen und technische Entwicklungen erforderlich, um eine optimale Ausleserate der RFID-Transponder im Gate zu erzielen.

#### *Nutzen*

Mit dem Projekt wird der vermehrte Einsatz von Elektronik in der Land- und Forstwirtschaft im Rahmen einer ressourceneffizienten Bereitstellung des Rohstoffs Holz gefördert. Die Beseitigung spezifischer Hemmnisse für elektronische Kennzeichnungen von Massenh Holz leistet einen Beitrag zur Erhöhung der wirtschaftlichen Akzeptanz des RFID-Einsatzes in der Forst-Holz-Bereitstellungskette. Durch die im betrachteten Anwendungsbereich als schwierig geltenden Umgebungsfaktoren für die RFID-Technologie (z. B. Feuchtigkeit, Metalle), sind darüber hinaus Ergebnisse zu erwarten, die neue Anwendungsfelder auch in anderen Branchen erschließen können.



Abb. 1: Pulkausleseverfahren im RFID-Gate

„Einsatz von Reifendrucktranspondern mit kontaktloser Energie- und Datenübertragung in Reifendruckregelsystemen für landwirtschaftliche Fahrzeuge“

„Tyre pressure transponders with contactless power supply and data transmission for Central Tyre Inflation Systems on agricultural vehicles“

#### **Laufzeit**

01.05.2008 bis 30.11.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Christopher Haag

PTG Reifendruckregelsysteme GmbH

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Heutige Reifendruckregelanlagen (RDRA) für landwirtschaftliche Fahrzeuge weisen beim Einstellen des gewünschten Reifenfülldruckes Schwächen bezüglich Genauigkeit und/oder Regelgeschwindigkeit auf, die auf die Druckerfassung außerhalb des Reifens zurückzuführen sind. Da die Messstelle entweder in der Luftleitung zwischen Reifen und Regelventilen oder in den Regelventilen selbst angeordnet ist, kann während des Verstellvorgangs nur ein dynamischer Druck erfasst werden, der von Luftströmungen beeinflusst wird. Um eine möglichst zuverlässige Reifendruckregelung zu erreichen, werden derzeit zwei unterschiedliche Ansätze praktiziert.

1. Der dynamische Druck wird ins Verhältnis zum tatsächlichen statischen Reifenfülldruck gesetzt, was aber eine Abstimmung der RDRA am einzelnen Fahrzeug erfordert, da unterschiedlich angeordnete Leitungssysteme unterschiedliche Druckverhältnisse zur Folge haben. Dieser Ansatz bietet hohe Verstellgeschwindigkeiten, ist aber anfällig für Ungenauigkeiten aufgrund von Abweichungen, Alterung oder Verschmutzung der Komponenten.

2. Die Regelventile werden in Proportionaltechnik ausgeführt, d. h. die Ventile verringern gegen Ende des Regelvorgangs die Leitungsquerschnitte und gleichen so den dynamischen Leitungsdruck zunehmend an den statischen Reifendruck an, um eine exakte Messung zu ermöglichen. Die Präzision der Proportionaltechnik führt zu einem deutlichen Nachteil in der Regelgeschwindigkeit gegenüber dem ersten Ansatz, bietet aber eine hohe Zuverlässigkeit.

Durch die Entwicklung eines praxistauglichen Verfahrens zur Druckmessung im Reifen sollen im Rahmen des Vorhabens die Schwächen beider Ansätze behoben und somit Funktionssicherheit, Genauigkeit und Regelgeschwindigkeit von RDRA wesentlich verbessert werden.

Dazu wurde das Prinzip der Tyre Pressure Monitoring Systeme (TPMS) mit Drucksensoren am Rad für den landwirtschaftlichen Einsatz angepasst. Neben der Auswahl geeigneter Sensoren stellt die Energieversorgung die Hauptaufgabe dar. Während bei herkömmlichen TPMS aus dem Automobilbereich im Normalfall die Drucksignale im Abstand von mehreren Minuten gesendet werden, erfordert die Reifendruckregelung eine permanente Sendehäufigkeit von mindestens einem Wert pro Sekunde. Daher sind hier Batterien zur Versorgung nicht geeignet, da deren Lebensdauer bei derzeitigem Technologiestand nur wenige Monate beträgt. Die dauerhafte Energieversorgung der Sensoren wird deshalb batterieles mittels induktiver Energieübertragung vom Rahmen zum Rad innerhalb des vorhandenen Luftdrehübertragers sichergestellt. Dazu wurde neben den Kanälen zur Luftführung eine Ringspulen-anordnung in den Drehübertrager integriert, die sowohl die Energie zum Rad als auch die erfassten Drucksignale zurück zum Rahmen überträgt.

Da sich Sender und Empfänger aufgrund der günstigen räumlichen Anordnung unmittelbar gegenüberstehen, ist der Energieverbrauch auf der kurzen Strecke extrem niedrig. Außerdem

ermöglicht die Anordnung auch bei stehendem Fahrzeug eine dauernde Datenübertragung, was einen deutlichen Vorteil gegenüber den meisten herkömmlichen TPMS darstellt.

In ersten Laborversuchen konnte bereits ein einwandfreies Übertragungsverhalten festgestellt werden. Es zeigt sich außerdem, dass das System aufgrund des hohen Wirkungsgrades und der flexiblen Dimensionierung das Potential hat, künftig neben dem Reifendruck weitere Signale vom Rad aus übermitteln können. Somit könnte die Entwicklung eine Grundlage sein für Fahrerassistenz- und Fahrsicherheitssysteme in der Landwirtschaft, die unter anderem auf Zustandsgrößen von Reifen und Fahrwerk zurückgreifen.

Die Felderprobung eines ersten Funktionsmusters im praktischen Einsatz ist bis dato noch nicht abgeschlossen, es werden jedoch ähnlich gute Ergebnisse wie bei den Laboruntersuchungen erwartet.

Ziel der Erprobung ist neben der Überprüfung der Praxistauglichkeit der Komponenten vor allem die Ausnutzung der verlässlichen Reifendrucksignale um die Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit der RDRA zu optimieren und somit das Potential weiterer Entwicklungsschritte hin zu einer serientauglichen Lösung des Traktor-TPMS aufzuzeigen.

Erste Kontakte bezüglich einer gemeinschaftlichen Weiterentwicklung bestehen bereits.

„Entwicklung eines Gerätes zur vollautomatischen Drahtaufhängung im Hopfenanbau“

„Development of a device for a fully automated wire suspension in hops“

**Laufzeit**

01.01.2008 bis 30.04.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Johann Portner  
Bayerische Landesanstalt für  
Landwirtschaft

**Verbundpartner**

Harald Soller  
Soller GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Ziel des Projektes war die Entwicklung und Optimierung des unter Praxisbedingungen funktionsfähigen Prototyps eines Gerätes zur vollautomatischen Aufhängung der Aufleitdrähte für Hopfenpflanzen in Hochgerüstanlagen. Die Hauptvorteile des neuartigen Geräts gegenüber der manuellen Befestigung sind sowohl die Minderung des Unfallrisikos, als auch die Automatisierung der ergonomisch belastenden Arbeit, die dann auch unter ungünstigeren Witterungsbedingungen durchgeführt werden kann.

Die Basis bilden ein vom Projektpartner patentiertes Bindesystem und ein Konzept als Gerät für den Anbau am Schlepperfrontlader. Der Hopfendraht wird als Rolle mit dem Schlepper mitgeführt und über einen ebenfalls patentierten Drahtzwischenpeicher dem Bindekopf zugeführt. Der Zuschnitt des Aufleitdrahtes erfolgt nach dem Anbinden am Spanndraht des Gerätes und dem automatischen Ablängen.

Im Projektverlauf wurden zwei Prototypen gebaut, die jeweils vorab als virtuelle Prototypen des Geräts in Form von 3D CAD Volumenmodellen erstellt wurden. Verschiedene kinematische Analysen mit dem virtuellen Prototyp

trugen zu einer Konzeptverbesserung bei. Reale Untersuchungen durch die Bestückung des ersten Prototyps mit einem PC-gestützten Datenerfassungssystem lieferten ergänzende Daten zur Ermittlung der Schwachstellen in der Konstruktion. Dazu wurde der erste reale Prototyp mit Sensoren zur Beobachtung von hydraulischem Druck, Durchfluss und Temperatur ausgerüstet und die Anbindung der Sensoren an das Datenerfassungssystem sowie die Entwicklung einer entsprechenden Softwarelösung für die Datenerfassung vorgenommen. Weiterhin erfolgten Umbau und Erweiterung eines Prüfstandes für die stationäre Untersuchung des Prototyps unter Laborbedingungen und schließlich die Beobachtung und Analyse des Betriebsverhaltens der Aktuatoren mit der Feststellung von Reaktionszeiten und Dauer der Arbeitsgänge unter Feldbedingungen.

Es wurde festgestellt das zwei wichtige Bewegungsabläufe -das Aufstellen und das Drahtbiegen-, die beim ersten Entwurf mithilfe von Hydraulikzylindern realisiert waren, besser mit Schwenkmotoren realisiert werden können. Es wurde ein zweiter virtueller Prototyp des Untersystems „Bindekopf“ mit eingebauten Modellen von Schwenkmotoren realisiert. Mit dem zweiten virtuellen Prototyp wurden Kollisions- und kinematische Analysen durchgeführt um das System zu prüfen. Mithilfe von Berechnungen wurden die notwendigen Schwenkwinkel, Schwenkzeiten und Momente für die Motoren bestimmt und die entsprechenden Motortypen ausgewählt. Um die dynamischen Charakteristiken des Untersystems „Bindekopf“ zu nachweisen wurde ein Prüfstand gebaut, der es ermöglichte, die Schwenkmotoren definiert mit Hilfe einer Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) manuell anzusteuern. Die SPS-Signale und die Signale der Endlageerkennungssensoren der Schwenkmotoren wurden mit dem Datenerfassungssystem aufgenommen, um die Schwenkzeit sehr genau ermitteln zu können. In Rahmen der Tests wurde am mechanisch gefertigten Prototypen bestätigt,

dass die geforderten Schwenkzeiten von ohne Probleme erreicht werden können.

Die Sensortechnik für die online Positionierung des Geräts gegenüber dem Spanndraht wurde verbessert, indem die Positionsbestimmung mit Sensoren mit binärem Signalausgang (Näherungsschalter) durch Sensoren mit analogem Sensorausgang ersetzt wurde. Die analoge Sensortechnik kombiniert mit proportional angesteuerten Aktoren soll eine genauere und „weiche“ Positionierung in Echtzeit ermöglichen.

Die getesteten und vorgefertigten Baugruppen wurden zusammengestellt und der zweite physische Prototyp realisiert. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Messungen am ersten Prototyp beim Praxistest 2008 wurden dabei berücksichtigt. Zum Einsatz kam nun ein Schlepperunabhängiges zapfwellenbetriebenes Zweikreis-Hydrauliksystem und ein Drahtzwischenpeicher auf der Basis eines Balancers. Das zweite Gerät wurde in Praxisbetrieb getestet, um die Funktionalität des Gesamtsystems zu prüfen und die Betriebsparameter zu ermitteln.

Dieser optimierte zweite Prototyp wurde im Winter 2009/2010 mehrere Wochen lang erfolgreich in Hopfengärten getestet. Im Ergebnis wurde erreicht, dass das Gerät mit einer durchschnittlichen Arbeitsgeschwindigkeit von 1,3 km/h fahren und dabei zuverlässig im automatischen Modus Aufleitdrähte anbinden kann. Allerdings traten im praktischen Betrieb noch Störungen auf, z.B. müssen noch Probleme bei der Drahtnachführung besonders nach der Unterquerung des Querseils und beim Binden unter bestimmten ungünstigen Bedingungen behoben werden. Die Arbeitsgeschwindigkeit muss noch weiter gesteigert werden, um mit dem manuellen Verfahren wirtschaftlich konkurrieren zu können.

Nach Abschluss der Optimierung und Erprobung soll das Gerät durch die Fa. Soller gefertigt werden.

„Vereinfachung des Datenmanagements und -austauschs im InVeKoS-Antragsverfahren durch Nutzung von agroXML“

“Simplification of the Data management and Exchange in the IACS-Apply with agroXML”

#### **Laufzeit**

01.05.2008 bis 30.11.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Martin Kunisch  
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

#### **Verbundpartner**

Kai Oetzel  
Claas Agrosystems GmbH & Co KG  
  
Dr. Wolfgang Angermair  
PC-Agrar GmbH  
  
Uwe Helm  
HELM-Software

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Im Zuge der Reform der Gemeinschaftlichen Agrarpolitik, wurde 1992 die Einführung eines Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) für Steuerung der Agrarausgaben der Europäischen Union. Unter anderem werden über dieses System auch die Anträge für die Flächenbeihilfe und Tierprämien bearbeitet. Die EU-Mitgliedstaaten - in Deutschland die zuständigen Bundesländer - sind für die konkrete Umsetzung des InVeKoS zuständig.

Die in diesem System erfassten Informationen reiche von Daten zur Tierkennzeichnung, Identifizierung landwirtschaftliche genutzte Parzellen bis zu Angaben zu Umweltschutzstandards. Nach Vorgaben der EU sollen diese

Informationen auch den Landwirt im Verfahren zum Beantragen von Beihilfen unterstützen. Resultierend aus diesen Anforderungen entstanden komplexe IT-Systeme, zu denen auch eine Komponente für die Antragsstellung vorgesehen ist. Über diverse Schnittstellen hat der Landwirt Zugriff auf Daten, die den Behörden vorliegen. Der Trend geht nun dahin, dass diese Informationen auch über (Web-) Standards wie XML maschinenlesbar exportiert werden können. Strukturierte Daten können somit anderen Fachanwendungen, wie z.B. den elektronischen Schlagkarteien, zugänglich gemacht werden. Diese wiederum können dem Verfahren im InVeKoS-Umfeld zuarbeiten.

Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) hat zusammen mit seinen Partnern Helm Software, PC Agrar und CLAAS Agrosystems ein Projekt initiiert, dessen Ziel es ist, die Datenquellen InVeKoS und FMIS zu verknüpfen und somit das Antragsverfahren für den Landwirt zu vereinfachen.

Um die Integration in den unterschiedlichen Systemumgebungen so vereinfachen und somit auch eine hohe Wiederverwendbarkeit aller Komponenten zu gewährleisten, entschied man sich für die Schnittstellenbeschreibung auf den Einsatz offener Standards basierend auf XML und Web Services. Die Wahl fiel auf agroXML, ein Standard für den Datenaustausch in der Landwirtschaft. Begünstigt wurde die Entscheidung durch die Tatsachen, dass das Datenmodell in agroXML der Datenhaltung in den FMIS gleicht.

Eine erste Analyse zeigt aber auch, dass agroXML nicht alle Komponenten enthält, um den Datenaustausch zwischen Landwirt und InVeKoS-Behörde lückenlos abzubilden. Erschwerend kam hinzu, dass die Anforderungen von Bundesland zu Bundesland variieren und auch das Antragsverfahren jährlichen Anpassungen unterliegen. Die Auszeichnungssprache XML wurde konzipiert, um Datensätze um neuen Elemente zu erweitern, diese Erweiterungen

müssen sich aber auch auf der Ebene der Datenbeschreibung widerspiegeln, um gültige Datensätze für das Antragsverfahren sinnvoll validieren zu können.

Somit war ein Projektziel, agroXML für neue Anforderungen flexibel zu machen, ohne dabei feste Strukturen aufzubrechen.

Ein weiterer Aspekt in der Entwicklung von agroXML war die Publizierung der Inhaltslisten mit Hilfe eines Web Services, der unterschiedliche Formate unterstützt. Nach der Prüfung verschiedener Technologien entschieden sich die Projektteilnehmer für den Einsatz eines ressourcenorientierten Webservices. Der Nutzer ruft bei einem Web Service, der nach den Design-Vorgaben eines ReST-full Web Services modelliert wurde, Datenobjekte wie herkömmlichen statischen Webseiten ab. Die Anfrage wird aber von einer Datenbank entgegengenommen und das Ergebnis wird je nach Anfrage und Ausgabetypp entsprechend aufbereitet. Die Nutzung einer relationalen Datenbank erlaubt den Einsatz herkömmlicher Werkzeuge zur Bearbeitung und Pflege der benötigten Inhaltslisten.

Im vorliegenden Projekt wird der Anwendungsfall "InVeKoS-Antragstellung mit agroXML" modellhaft betrachtet. Für die jährliche Antragstellung muss der Landwirt Daten aus verschiedenen Quellen zusammenführen, aktualisieren und in das Antragsverfahren übernehmen. Am Beispiel des Antragsverfahrens Baden-Württemberg wurde eine Pilotanwendung konzipiert und entwickelt.

Als Basis für Datenstrukturen und Anwendungslogik wurde ein agroXML-Profil der Antragsdaten im laufenden Jahr erstellt. Die Anwendung bietet dem Landwirt die Möglichkeit, die bereitgestellten amtlichen Antragsdaten sowie Daten seines FMIS zu importieren und lokal zu bearbeiten. Der Export als gültige agroXML-Daten und abschließende Übernahme

me in die amtlichen InVeKoS-Systeme beschleunigt die Fertigstellung des Antrags.

Die Bildung eines DELTA-Datenbestandes und die formelle und inhaltliche Vorprüfung anhand des agroXML-Profiles stellt die korrekte Übernahme der Daten sicher. Die DELTA-Bildung erfolgt, um Nutzungsänderungen gegenüber den ursprünglichen amtlichen Daten zu identifizieren und nur diese zu übertragen.

Das vorgestellte Projekt liefert bereits wichtige Erkenntnisse für die weitere Entwicklung und Nutzung von agroXML im landwirtschaftlichen Datenaustausch:

XML ist als verlässliches Datenaustauschformat geeignet, die Datenhaltung für eine lokale Bearbeitung stellt aber Anforderungen an Leistung und Stabilität. Eine dateibasierte Nutzung von XML-Dateien für die Datenhaltung kann diese Anforderungen nur unzureichend erfüllen. Der Aufbau einer Datenbankstruktur als zusätzliche Schicht zur Datenhaltung und die Abbildung der Daten kann auf Grundlage des agroXML-Profiles automatisch erfolgen.

Während der Profil- und Anwendungsentwicklung wurden zahlreiche Elemente aus agroXML klarer definiert. Es wird angestrebt, die Komplexität und Offenheit von agroXML als umfassendes Modell landwirtschaftlicher Daten weiter zu vereinfachen.

Ein robuster Datenaustausch erfordert Regel- und Prüfroutinen. Die z.T. komplexen inhaltlichen Regeln der InVeKoS-Antragsverfahren lassen sich nur teilweise im Rahmen der agroXML-Profile nach XMLSchema 1.0 beschreiben.

AgroXML als einheitliche Beschreibungssprache für INVEKOS-Antragsdaten bietet Potential für mehr Sicherheit, Effizienz und Kompatibilität im landwirtschaftlichen Datenaustausch.

„Intelligenter optischer Sensor für den teilflächenspezifischen Herbizideinsatz im Online-Verfahren (H-Sensor)“

„Smart vision sensor for site-specific herbicide spraying in real-time operation (H-Sensor)“

#### **Laufzeit**

01.12.2007 bis 30.11.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Peer Leithold, Hagen F. Piotraschke  
Agri Con GmbH, Precision Farming  
Company

#### **Verbundpartner**

Dr. Thomas Krieger  
ASENTICS GmbH & Co. KG  
Prof. Dr. Roland Gerhars  
Universität Hohenheim - Institut für  
Phytomedizin

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

In der ackerbaulichen Praxis treten Unkräuter zumeist ungleichmäßig verteilt auf den Anbauflächen auf. Häufig ist ein Herbizideinsatz dabei sogar nur auf einem kleineren Teil der jeweiligen Gesamtfläche notwendig. Das Bedürfnis der Landwirte zu Mitteleinsparungen führt dann oft dazu, dass die Aufwandmengen der eingesetzten Herbizide pauschal verringert werden. Dies jedoch gefährdet möglicherweise nicht nur den einzelnen Behandlungserfolg, sondern kann sogar das Auftreten der gefürchteten Resistenzen fördern. Nicht nur sicherer in der Anwendung, sondern auch wirtschaftlicher und umweltfreundlicher ist hingegen der Einsatz von Herbiziden entsprechend des Schadschwellenprinzips auf Teilschlagebene. Um dies in der Praxis zu etablieren, wird primär eine Technik benötigt, mit der direkt während der Anwendung die Unkräuter sowohl vom Kulturpflanzenbestand als auch gegebenenfalls voneinander unterschieden werden können.

Seit etlichen Jahren ist aus der Forschung bekannt, dass sich die für die Praxis typischen Unkrautverteilungen auf den Ackerflächen bereits in relativ stichprobenartigen Messungen deutlich erkennen lassen. Damit ist es möglich, sogar auf Arbeitsbreiten von über 30 m bereits mit vier Kameras am Spritzgestänge noch angemessen auf diese Unterschiede reagieren zu können. Entsprechende Versuche zum teilflächenspezifischen Herbizideinsatz im „Offline-Verfahren“, bei dem die Schrittfolge von den Bildaufnahmen über deren Prozessierung bis hin zur Abarbeitung der dabei erzeugten Sollwertkarten noch zeitlich und räumlich abgesetzt stattfindet, haben bereits erfolgversprechende Ergebnisse gezeigt.

Das Verbundprojekt zielt primär auf die Realisierung eines echtzeitfähigen H-Sensors („H“ steht dabei für Herbizid), dessen Funktionsfähigkeit und Praxistauglichkeit prototypisch zu zeigen ist. Dabei sind in erster Linie die nachfolgend genannten Probleme zu lösen:

- Die intelligenten Kameras müssen mit vertretbaren Ansprüchen an deren Hardware (Größe, Gewicht, Leistungsaufnahme, Herstellkosten) in der Lage sein, die Aufnahme und Auswertung der Bilder unter praxistypischen Umweltbedingungen in hinreichend kurzer Zeit durchzuführen.
- Das Gesamtsystem des H-Sensors (intelligente Kameras, zentrales Bedienterminal, Ansteuerung der Feldspritze, mechanische und elektrische/elektronische Integration in die betriebsübliche Landtechnik, zentrales und dezentrales Datenmanagement) muss in vertretbarer Weise als Nachrüstung für vorhandene Feldspritzen einsetzbar sein.

Für beide Problemfelder wurden im Projektverlauf geeignete Lösungen entwickelt und in den jeweiligen Komponenten des Gesamtsystems implementiert. Sowohl die Einzelbestandteile

als auch deren Zusammenspiel konnten bereits in praxisnahen Einsätzen getestet werden.

Im Herbst 2009 wurde erstmals eine handelsübliche Feldspritze (24 m Arbeitsbreite) mit einem vollständigen 4-Kamera-System ausgerüstet und getestet (Abb. 1). Dabei konnte bereits sowohl eine praxistaugliche Integration in die vorhandene Landtechnik als auch die Echtzeitfähigkeit der Ansteuerung einzelner Teilbreiten der Feldspritze gezeigt werden.



Abb. 1: Erster Praxiseinsatz mit einem 4-Kamera-System im Herbst 2009

Neben der Entwicklung des Auswerteverfahrens, bei dem die in den Bildern vorhandenen Pflanzen je nach gegebenem agronomischen Szenario (Kulturpflanzen- und Unkrautbestand, ausgewählte Einzelprodukte oder Herbizidmischungen) zu klassifizieren sind, stand im Projekt auch der Aufbau einer Software, mit der Klassifikatoren neu trainiert oder verbessert werden können. Während eine echtzeitfähige Erkennung von zweikeimblättrigen Unkräutern in Unterscheidung zu Getreidepflanzen bereits im Jahre 2009 mit hinreichend geringen Fehlerquoten realisiert wurde, stand und steht 2010 das Training weiterer Klassifikatoren im Mittelpunkt. Dabei wurden auch schon für solch relativ komplizierte Klassifikationen wie beispielsweise der von einkeimblättrigen Unkräutern in Getreidebeständen gute Ergebnisse erreicht.

Die Funktionsfähigkeit des H-Sensors im „Online-Verfahren“, d.h. direkt während der Überfahrt im Kulturbestand, konnte im Jahre 2010 auf verschiedenen Feldtagen einer breiten Öffentlichkeit gezeigt werden. Die absehbare Praxisnähe der Ergebnisse des Verbundprojekts wurde dabei sowohl von Landwirten als auch

von anderen Interessenten (z.B. Behörden- und Industrievertreter) einhellig begrüßt. Selbst bei den Herbizidherstellern überwiegt in der Bewertung des H-Sensors offenbar die höhere Anwendungssicherheit und -präzision gegenüber einer möglicherweise verringerten Mittelmenge.

Kritisch ist allerdings die Tatsache zu sehen, dass die derzeit in der ackerbaulichen Praxis verbreiteten Feldspritzen das Nutzpotenzial des H-Sensors zumeist nur teilweise unterstützen. Die Landtechnikhersteller sind bislang vom Ziel einer Direkteinspeisung von verschiedenen Mitteln mit einer möglichst kurzen Reaktionszeit an der Teilbreite oder Einzeldüse noch zu weit entfernt. Dieses Ziel wird für alle Marktteilnehmer mit der bevorstehenden Verfügbarkeit des H-Sensors allerdings erheblich an Bedeutung gewinnen.

Bis zum Ende des Projektzeitraums im November 2010 wird der Prototyp des H-Sensors in seiner Praxistauglichkeit weitere Verbesserungen erfahren. Hierbei steht die Erweiterung des Auswerteverfahrens (Klassifikation und Expertensystem) an erster Stelle, darüber hinaus ist jedoch auch eine neue Belichtungssteuerung zu nennen, so dass der H-Sensor auch bei extremen Einsatzbedingungen (z.B. starkes Sonnenlicht oder Schlagschatten) noch sicher funktioniert. Um die Vorteilhaftigkeit des H-Sensors im Sinne eines möglichst hoch präzisen Ackerbaus in der Praxis weiter zu erhöhen, soll zudem das dann vom Anbieter des H-Sensors bereitzustellende Datenmanagement (datenbankgestützte Serveranwendung mit Schnittstellen zum Bedienterminal und zum Farm-Management-System) erheblich ausgebaut werden. Bis zur Verfügbarkeit des H-Sensors für den Endkunden nach einer voraussichtlich zweijährigen Produktumsetzungsphase im Anschluss an das Verbundprojekt kann und soll die Technikplattform des H-Sensors auch dazu genutzt werden, die Präzision von Arbeiten mit Feldspritzen generell verbessern zu können. Dabei stehen die mit dem Begriff „Precision Farming“

verbundenen Bedeutungsinhalte sowohl für eine gesteigerte Präzision der Ausbringung von Agrarchemikalien (z.B. eine automatisierte Berücksichtigung von Abstandsaufgaben) als auch für eine exaktere Dokumentation der tatsächlich durchgeführten Maßnahmen (geokodierte und teilbreitenspezifische Aufzeichnung der Ist-Werte).

Die Praxiseinführung des H-Sensors wird somit einerseits dem betrieblichen Anwender einen primär ökonomischen Nutzen verschaffen (Miteinsparung und ggfs. höhere Erträge), darüber hinaus ist jedoch auch ein erheblicher Effekt für das Allgemeinwohl zu erwarten.

#### „Entwicklung einer Sensorsteuerung zum Einsatz in der Abflammentechnik“

“Development of a sensor based system for application in flame weeding technology”

##### **Laufzeit**

01.10.2009 bis 30.09.2012

##### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Oliver Hensel  
Universität Kassel

##### **Verbundpartner**

Dr. Albert Esper  
Innotech Ingenieurgesellschaft

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Zur Optimierung der am Markt befindlichen Abflammentechnik wurden in enger Kooperation zwischen den Verbundpartnern Versuche zu den Kernbereichen des Projektes: Temperaturmessung an der Pflanze, Online-Erkennung von Beikräutern sowie Brennersteuerung durchgeführt.

Zur Messung der Temperaturen an der Pflanze und der räumlichen Verteilung der einwirkenden Temperatur unter dem Abflammgerät wur-

de ein Prüfstand entwickelt und gebaut, welcher eine differenzierte Temperaturmessung an verschiedenen Messpunkten während der Überfahrt über die Kulturfläche ermöglicht.

Dabei wurde deutlich, dass der Abflammerfolg entscheidend von der Geometrie der Abdeckung und der Position der Wärmebeaufschlagung abhängt. Die Möglichkeiten einer berührungslosen Pflanzentemperaturmessung werden z. Zt. ebenso untersucht und den Ergebnissen der klassischen Messung mit Thermoelementen gegenübergestellt. Darüber hinaus wurde eine neuartige Messung mithilfe von Indikatorkörpern mit einbezogen. Die Ergebnisse der Temperaturmessung mit Temperaturindikatoren waren besser reproduzierbar als die Ergebnisse einer sensorischen Temperaturmessung und lassen diese Methode daher besonders interessant erscheinen. Insbesondere bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten konnte eine Abhängigkeit der Materialänderung des Indikatormaterials (Kunststoffe bzw. Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt) von der Kontaktzeit mit der Brennerflamme beobachtet werden.

Bei der Erkennung von Beikräutern stand die Entwicklung erster Algorithmen im Vordergrund. Zur Entwicklung eines ersten Algorithmus wurde auf eine handelsübliche RGB Kamera mit USB Anschluss zurück gegriffen. Die Bildbearbeitung wurde mithilfe der Software Matlab 7.1 durchgeführt.

Es wurde ein Standardwert für die Farbe der Beikrautblätter und der Farbe des Bodens ermittelt, mit dem es möglich war Pflanzen von Boden zu unterscheiden. Unter Laborbedingungen war bei einer Fahrgeschwindigkeit von 0,5 m/s (2 km/h) eine korrekte Unterscheidung möglich.

Zur Entwicklung einer digitalen Brennersteuerung wird gegenwärtig ein Versuchstand aufgebaut mit dem die grundsätzliche Eignung einer Steuerung mittels USB Relais-

karte und brenngassicheren Magnetventilen überprüft wird. Bezüglich des Unfallschutzes besteht eine enge Abstimmung mit der zuständigen Berufsgenossenschaft.

Die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres liegen damit vollständig im formulierten Zeitplan des Projektantrages, die Ziele und Erfolgsaussichten erscheinen daher in der kalkulierten Zeit erreichbar.

„Entwicklung eines Regensensors für kinetische Energie und Wasserbenetzung zur Verbesserung der Schorfprognose im Apfelanbau“

„Development of a rain sensor for kinetic energy and water wettness to improve scab prognosis in apple cultivation“

#### **Laufzeit**

01.10.2008 bis 30.04.2012

#### **Projektkoordinator, Institution**

Joachim Beinhorn  
Adolf Thies GmbH & Co. KG

#### **Verbundpartner**

Dr. Andreas Kollar  
Julius Kühn-Institut - Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Das Verbundprojekt beinhaltet die Entwicklung eines neuartigen Regensensors, der in Verbindung mit einem Blattnässefühler zur verbesserten Krankheitsprognose für den Apfelschorf zum Einsatz kommen soll. Hintergrund sind Grundlagenuntersuchen zur Sporenausschleuderung des Apfelschorfpilzes mit der Erkenntnis, dass die Energie der Regentropfeneinschläge und die Wasserschwingungen die Sporenemissionen erst auslösen. Zur Bekämpfung dieser Pilzkrankheit wird der absolut höchste Aufwand an Pflanzenschutz im gesamten Gartenbau abverlangt, der den

integrierten und ökologischen Anbau gleichermaßen betrifft.

Bei der Entwicklung der Prototypen wurde im Wesentlichen die schwingungsauslösenden Eigenschaften der Wassertropfen genutzt. Bei der Detektion dieser Schwingungen war der mechanische Aufbau, die Gestaltung und Aufhängung der Aufprallflächen von entscheidender Bedeutung. Einige grundsätzliche Konzepte wurden verworfen, weil Resonatoreffekte (Ausschwingverhalten, Randeffekte) und das grundsätzliche Frequenzverhalten ungünstig waren. Die elektrodynamische Detektion der Schwingungen auf der Basis von magnetisch induzierten Spannungsimpulsen in die Detektorspulen erwies sich im Vergleich etwa zu Piezo-Wandlern oder Hall-Sensoren als besser geeignet. Die Resonanzfrequenz der Sensorprototypen wurde durch die Auswahl und Gestaltung der Zentriermembranen in Verbindung mit der Masse der Schwingungseinheiten in der Regel auf etwa 100 Hz eingestellt.

die Schwingungsimpulse dem Microcontroller zugeleitet, der nach einer Programmierung und Eichungen die Tropfengrößenklassen entsprechend der kinetischen Energie ausgeben konnte. Für die Qualifizierung und Quantifizierung der Niederschlagsereignisse ist eine Fourier-Transformation über einen Ausschnitt der analogen Messwerte in einem gleitenden Fenster durchgeführt worden.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt bei der Entwicklung der Prototypen galt der Verhinderung von Überlagerungen durch Körperschall, Wind, elektromagnetische Einstreuungen sowie Mikrofonie-Effekten. Windschutz und entkoppelte Aufhängung sowie die elektronische Abschirmung und Verschaltung der Detektorspulen waren hierbei die wichtigsten Maßnahmen. Der Aufbau mit zwei separaten Schwingeinheiten wurde entwickelt, um gleichsinnig einwirkende Kräfte (Mikrofonie, Wind, Körperschall) durch eine gegenphasige Verschaltung zu reduzieren. Zur Validierung der Prototypen erfassten im Freiland ein Laser-Disdrometer und ein Tropfenzähler die

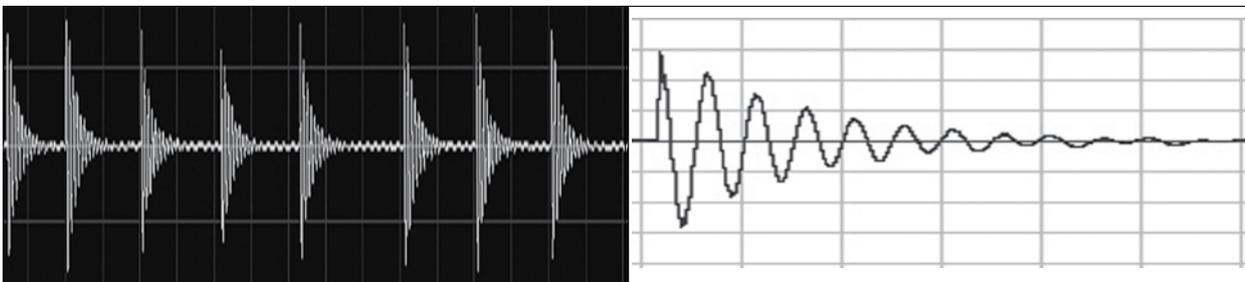


Abb. 1: Ausgegebene Schwingungsmuster des Prototyps 125/90 für 10—l-Wassertropfen. **A:** 8 Tropfeneinschläge im Überblick und **B:** Einzeltropfen als gedämpfte Schwingung bei etwa 100 Hz.

Die Wahl der 100-Hz-Frequenz wurde wegen der hydrodynamischen Eigenschaften (Empfindlichkeitssteigerung) des einschlagenden Wassertropfens gewählt und wegen der Prozessierung durch einen weniger aufwendigen „Microcontroller“. Letzterer konnte tiefe Frequenzen noch abtasten, da hier im Vergleich zu höheren Frequenzen weniger Identifikationspunkte erforderlich waren. Nach Vorverstärkung der Sensorsignale (s. Abb. 1) wurden

qualitative und quantitative Charakteristik der Regenereignisse.

Nach der regeninduzierten Sporenausschleuderung durch die kinetischen Energien der Wassertropfen sind die Wasserbenetzungszeiten auf den pflanzlichen Organen in Abhängigkeit von der Temperatur die wesentlichen Faktoren einer erfolgreichen Infektion durch den pilzlichen Erreger. Benetzungssensoren

auf der Basis von Leitfähigkeitsdetektion wurden vergleichend auf ihre Eignung geprüft. Hierbei sind auch Modelle mit Beheizungsoptionen eingesetzt worden. Zum Vergleich wurde ein Sensor herangezogen, dessen Messverhalten aufgrund vieler empirischer Daten im Hinblick auf die biologischen Infektionsparameter umfangreich bewertet werden kann. Weiterhin wurden „kapazitive“ Benetzungsfühler entwickelt (Abb. 2), die das Wasser als Dielektrikum wahrnehmen und entsprechend höhere Kapazitäten in Abhängigkeit der Wassermenge entwickeln. Die keramische Einbettung der Leiterbahnen ist bezüglich der Wartungsfreiheit und Beständigkeit von Vorteil.



Abb. 2 : Prototyp eines kapazitiven Sensors. Die eingeschlossenen Leiterbahnen bilden eine Kammstruktur. Die Sensorfläche wurde für einen besseren Regenablauf schräg zur Horizontalen angeordnet und mit einer hydrophilen Oberflächenbeschichtung versehen.

„Reduzierung der Pflanzenschutzmittel-Aufwandmenge durch Anpassung an die Laubdichte“

“Reduction of the amount of plant protection products in pomiculture by adaptation the density of foliage wall”

**Laufzeit**

01.03.2008 bis 31.10.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Herr Buschmeier

Müller Elektronik GmbH & Co. KG.

**Verbundpartner**

Dr. Peter Kaul

Julius Kühn-Institut - Institut für Anwendungstechnik

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Sparsamer Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Obstbau kann durch die Anpassung der Aufwandmenge an die Laubdichte erzielt werden. Eine bisher in noch geringem Umfang genutzte Möglichkeit besteht in der Lückenschaltung. Dabei werden Lücken in der Laubwand durch Sensoren, bevorzugt Infrarot-Lichtschalter, erfasst. Das Signal wird genutzt, um die zugehörige Düse während der Vorbeifahrt ab- und wieder anzuschalten (Bild 1).

Wegen der Ausdehnung des Sprühstrahls in vertikaler und in horizontaler Richtung können nur Lücken ab einer bestimmten Mindestgröße für die Einsparung genutzt werden (Bild 2). Neuere Sensoren erfassen in vertikaler Richtung einen vergrößerten Anteil an der Baumhöhe. Dies ist wegen der damit verbundenen Erhöhung der Verfahrenssicherheit als positiv einzuschätzen. In horizontaler Richtung muss ein gegenüber dem Behandlungsobjekt breiterer Streifen behandelt werden. Dies ist wegen der horizontalen Ausdehnung des Sprühstrahls erforderlich. Zur optimalen Schaltung ist eine Anpassung der Empfindlichkeit der Sensoren an die Umgebungsstrahlung in Sprühhichtung erforderlich. Bei zu hoher

Empfindlichkeit wird die nächstliegende Baumreihe irrtümlich als Behandlungsobjekt erkannt, eine Lückenschaltung findet dann nicht statt. Bei zu niedriger Empfindlichkeit werden Äste kleineren Ausmaßes nicht als Behandlungsobjekt erkannt, was aus biologischer Sicht nicht passieren darf. Letztendlich muss die Anordnung der Düsen mit der Anordnung der Sensoren korrespondieren. Dies betrifft insbesondere die Zuordnung von jeweils einer Düse zu einem Sensor bei übereinstimmender Ausrichtung in horizontaler und vertikaler Richtung sowie die Gleichheit der Abstände horizontal zwischen den Sensoren und den Düsen. Bei dieser Anordnung kann die Bauhöhe der Sensoren nicht größer gewählt werden als der Düsenabstand am Gerät ist.

Nachdem feststeht, dass der im Pflanzenbestand vorhandene gesamte Lückenanteil durch die beschriebene Lückenschaltung nicht vollständig für Einsparungen an PSM genutzt werden kann, sind weitere Überlegungen notwendig. Diese beziehen sich auf die Möglichkeit, Laubflächen mit kleinen Lücken entsprechend ihrem Durchdringungsverhalten zu charakterisieren und dadurch Voraussetzungen für zusätzliche Einsparungen an PSM zu schaffen. Da die Durchdringung dieser Laubwände auch von den Eigenschaften des verwendeten Sprühgerätes und evtl. des Wetters abhängig ist, müssen Parameter wie Luftgeschwindigkeit, Tropfengröße, Wind u.a. in die Überlegungen einbezogen werden.

Dazu wird ein Vorschlag unterbreitet, wie die Laubdichte einer Baumreihe durch wenige Angaben beschrieben werden kann. Um die Durchdringung berechnen zu können, wurden 150 Versuche unter praxisnahen Bedingungen ausgewertet, bei denen alle als relevant zu betrachtenden Parameter zur Beschreibung der Laubwand, des Gerätes und des Wetters sowie der Ablagerungsmenge an der Vorder-, der Rückseite und in Baummitte gemessen wurden.

Die aus den Messergebnissen zusammengestellte Matrix wurde einer multiplen Regressionsanalyse unterzogen. Im Ergebnis erhält man eine Gleichung zur Berechnung der Ablagerungsmenge. Eine Optimierungsrechnung ermöglicht es, die tatsächlich relevanten Einflussfaktoren aus den in die Analyse einbezogenen zu bestimmen. Diese sind die Laubdichte, die Ausdehnung der Bäume in Applikationsrichtung, die mittlere Luftgeschwindigkeit am Sprühgerät, die Tropfengröße und die Strömungsrichtung am Luftauslass. Die bei einseitiger Applikation auf der Baumrückseite berechnete und als zusätzlich zu betrachtende Ablagerungsmenge liefert den Ansatz für die mögliche PSM-Mengenreduzierung (Bild 3). Erste biologische Versuche verliefen positiv.

„Optimierung der Sensortechnik zur Zielobjektorientierten Steuerung von Sprühgeräten im Weinbau – Reduzierung von Pflanzenschutzmittelmengen und Abdrift“

„Optimization of sensor technology for target adapted sprayer control in vineyards – reduction of chemicals and drift“

**Laufzeit**

01.04.2008 – 30.06.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. R. Keicher  
Forschungsanstalt Geisenheim - Fachgebiet  
Technik

**Verbundpartner**

Dr. Heribert Koch  
DLR Rheinessen Nahe Hunsrück  
Heinrich Müller  
Müller Elektronik GmbH & Co.KG

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Die herkömmliche Spaliererziehung stellt aus

Sicht der Applikationstechnik eigentlich eine ideale Zielfläche dar. Das Spalier ist in Zeilenrichtung, zumindest im Stadium der vollen Belaubung, weitestgehend geschlossen. Ein weiterer Vorteil ist die relativ geringe Höhe und Tiefe der Laubwand, wodurch nur relativ wenig Luftleistung zur optimalen Behandlung benötigt wird. Ein Problem stellt jedoch die Behandlung in den frühen Entwicklungsstadien (Vorblütebehandlungen) dar. Hier ist die Laubwand noch sehr lückig, wodurch ein großer Teil der Sprühflüssigkeit die Zielfläche verfehlt. Hier kann mit Hilfe der Sensortechnik ein Teil der Sprühflüssigkeit eingespart und Abdrift vermieden werden. .

Im Jahr 1995 wurde von der Firma Jacoby ein Sprühgerät der Öffentlichkeit vorgestellt, das mit Reflexlichttastern die Laubwand abtastet und im Falle einer Lücke innerhalb der Laubwand die Düsen abschaltet. Dieses Arbeitsprinzip ist auch bei dem aktuellen Sensorsystem der Firma Müller Elektronik beibehalten worden. Während die ursprünglich eingesetzten Sensoren jedoch nur einen relativ schmalen Bereich der Laubwand abtasten konnten, wird mit den neuen Sensoren die ganze Laubwand in Form eines Bandes abgetastet, wobei jeder der Sensoren den Sprühbereich einer Düse abdecken soll.

Eine zielgerichtete Applikation setzt eine möglichst gleichmäßige Vertikalverteilung des Sprühgerätes voraus. Nur so kann sichergestellt werden, dass der vom Sensor detektierte Bereich auch dem Sprühband der einzelnen Düse entsprechen kann. Für den Versuchseinsatz mit der Sensorausstattung wurden daher zwei Gebläsebauarten ausgewählt. Zum einen ein Axialgebläse neuerer Bauart (Wanner ZA 24) und ein modernes Tangentialgebläse (Weber Qu 14 – H).

Die durchgeführten Versuche erstreckten sich sowohl auf die erreichbaren Einsparungsraten mit verschiedenen Schaltungsarten der Sensoren als auch auf die Untersuchung der Appli-

kationsräume der einzelnen Düsen. Da davon auszugehen ist, dass die Praxis zusätzliche Investitionen nur bei entsprechend hohem Einsparpotential akzeptiert, lag ein Hauptaugenmerk auf der Minimierung der Aufwandmenge bei gegebenem Blattbedeckungsgrad.

Zur Evaluation der Bändertheorie, nach der die Einzeldüsen jeweils einen eigenen Bereich der Laubwand abdecken, wurden zunächst verschiedene Düsenarten an den Geräten hinsichtlich ihres Zielbereiches auf dem Vertikalverteilungsprüfstand untersucht. Abhängig vom verwendeten Gebläsetyp zeigten sich große Überlappungen der Einzeldüsen ebenso wie Abweichungen zwischen Düsenband und abgetastetem Bereich.

Die Überprüfung der An- und Abschaltzeitpunkte der Düsen während der Fahrt vorbei an einem simulierten Weinstock (Bild 1) ergab, bei entsprechend eingestellter Verzögerungszeit aufgrund des Abstandes zwischen Sensor und Düse, eine adäquate Funktion des Systems. Hinsichtlich der Düsenbestückung konnte mit AVI, AD und IDK Düsen eine gute Übereinstimmung zwischen Soll- und Ist- Applikation erzielt werden, wobei geringe Unterschiede in der Reaktionszeit auf unterschiedliche Druckaufbauzeiten zurückzuführen sind. Lediglich mit der ebenfalls eingesetzten ATR-Düse gelang kein ausreichend schneller Druckaufbau bei der vorgegebenen Hindernislänge.

Bezüglich der Mindestlückengröße und der Einschaltkriterien zeigte sich, dass bei zu konservativer Auslegung keine ausreichenden Einsparraten erzielt werden konnten. Die Auswertung der Schaltzeitprotokolle ergab ebenfalls keine ausreichenden Anteile an Spritzpausen. Mit der Reduzierung der Mindestlückengröße und des Ansprechverhaltens der Sensoren konnte jedoch eine Einsparrate um ca. 30% realisiert werden.

Untersuchungen der Belagsmassen an unterschiedlichen Zielpositionen ergaben, sowohl

innerhalb der Laubwand als auch in unmittelbarer Umgebung großer Lücken, keine Unterschiede in der Applikationsqualität zwischen den Varianten mit ein- und ausgeschalteter Lückenerkennung.

„Aufbau und Untersuchung eines echtzeitfähigen, dezentralen Direkteinspeisungssystems zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln in landwirtschaftlichen Kulturen“

“Constructing and Examining a Real Time Direct Nozzle Injection System for Agricultural Pesticide Application”

#### **Laufzeit**

08.05.2008 bis 30.06.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Peter Schulze Lammers  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität  
Bonn - Institut für Landtechnik

#### **Verbundpartner**

Wolfgang Heil  
GSR Ventiltechnik GmbH & Co. KG

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Direkteinspeisungssysteme für Feldspritzen werden entwickelt, um Pflanzenschutzmittel zielgenauer auszubringen und flexibler einsetzen zu können, sowie den Anwender und die Umwelt zu schützen. Die Pflanzenschutzmittel können an verschiedenen Punkten des hydraulischen Systems im Gerät eingespeist werden. Diese verursachen unterschiedliche Reaktionszeiten bis die erzeugte Brühe die Spritzdüse erreicht.

Bei zentralen Direkteinspeisungssystemen liegt der Einspeisungspunkt vor oder hinter der Pumpe für die Trägerflüssigkeit. Dezentrale Einspeisung findet entweder an einer Stelle der Teilbreite, oder direkt vor der Einzeldüse statt.

Ziel: Bei sensorbasierter Applikation ist eine möglichst kurze Reaktionszeit erforderlich, um online im selben Arbeitsgang mit dem Erkennungssystem applizieren zu können. Dazu wird eine Standardfeldspritze zu einem Prototyp mit Direkteinspeisung an der Düse für die teilchlagspezifische Applikation umgebaut. Die Aufwandmengen der Pflanzenschutzmittel sollen an den Einspeisungspunkten unabhängig vom Druck der Spritzbrühe, der die Tropfengröße der applizierten Spritzbrühe beeinflusst, in Echtzeit gesteuert werden.

Material und Methode: Um die gewünschten Aufwandmengen zu erreichen, werden die Zusammenhänge im Pflanzenschutzmittelsystem, wie die Einflüsse von Temperatur, Viskosität und Druck untersucht. Der Differenzdruck zwischen dem hydraulischen System für Wasser und für Pflanzenschutzmittel bleibt konstant. Verschiedene Pumpentypen werden hinsichtlich ihrer Eignung für den Anwendungsfall verglichen.

Die zur Einspeisung verwendeten Dosierventile, die RRV (Rapid Reaction Valve), sind ebenfalls Gegenstand der Untersuchung. Es handelt sich dabei um neuartige Kugelventile. Die Dosierung geschieht durch die periodische Bewegung der Kugel von einer Bohrung im Ventilsitz. Die Öffnung des Ventils wird durch die Änderung der Pulsdauer gesteuert. Das Dosierventil deckt ein Mengenspektrum von 0,1 bis 150 ml·min<sup>-1</sup> und ein Viskositätsspektrum von 1-800 mPa·s ab. Damit ermöglicht es die Einspeisung der sehr verschiedenen Pflanzenschutzmittelformulierungen.

Um Pflanzenschutzmittel zu simulieren werden Wasser-Glycerin-Lösungen mit unterschiedlichen Viskositäten eingesetzt und Lösungen aus Wasser 5, 10 und 15 % Luvitec K90® Pulver erzeugt.

Mit Zusatz von Salz kann anhand der Leitfähigkeit der Mischung an der Düse die Konzentra-

tion hinter dem Einspeisungspunkt online bestimmt werden.

Die Durchflussmessung vor dem Einspeisungspunkt nach dem kalorimetrischen Prinzip wird untersucht. Regelkreise mittels PID-Regelung zur Ventilsteuerung werden mit Hilfe der Leitfähigkeitsmessung und der Durchflussmessung aufgebaut.

Ein separater Prüfstand wird aufgebaut, um die Restmengen und Reinigungseffekte im Direkteinspeisungssystems anhand einer Teilbreite zu untersuchen. Darüber hinaus werden Laborversuche durchgeführt, um unterschiedliche Materialien hinsichtlich ihrer Reinigbarkeit zu beschreiben. Das Reinigungskonzept umfasste zwei Schritte:

1. Das Zurückdrücken der Pflanzenschutzmittel in den Ausgangsbehälter mittels Druckluft
2. Spülen des Pflanzenschutzmittelführenden Systems mit Wasser.

Erste Ergebnisse: Die Reaktionszeit der entwickelten Einzeldüsendifekteinspeisungseinheit beträgt unter 230 ms. Der Aufbau eines Regelkreises zur Steuerung eines Dosierventils war sowohl mit Hilfe der Leitfähigkeitsmessung als auch der Durchflussmessung möglich. Neben der Viskosität beeinflusste die Veränderung des Druckes im Leitungssystem für Pflanzenschutzmittel die Dosierung. Eine Erhöhung des Differenzdruckes führte zu einer Verringerung der eingespeisten Menge. Druckverluste und Viskositätsänderungen müssen vom Regelkreis ausgeglichen werden. Deutlich stärker als der Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Viskositätsänderung, war die Erwärmung des eingespeisten Glycerins, wenn als Druckquelle eine ungesteuerte Pumpe mit Druckregler eingesetzt wird.

Die Reinigungsversuchen zeigten, dass

1. PTFE sich schneller als PVC, Edelstahl oder Glas von Pflanzenschutzmittelresten befreien und am wenigsten Rückstände zulässt.
2. durch Druckluft mehr als 90 % des ursprünglich in der Leitung vorhandenen Pflanzenschutzmittels zurück gewonnen werden können.
3. nach dem Zurückdrücken mit Druckluft ein starker, nicht linearer Restmengen-Gradient entlang der Teilbreite vorlag.

Ausblick: Eine umfassende Untersuchung der Einsparpotentiale von Pflanzenschutzmitteln bei Verwendung eines Direkteinspeisungssystems an der Düse setzt einen weiteren Aufbau des Prototypen voraus. Eine Standardisierung der Pflanzenschutzmittelformulierungen würde die, im Vergleich zu Standardspritzen wesentlich kompliziertere Steuerung und Reinigung deutlich einfacher machen.

## Sektion 4: Tierzucht und -haltung

„Entwicklung von Instrumenten zur genetischen Qualitätssicherung von Zuchtprogrammen (QS@Breeding)“

“Development of tools for quality assurance of breeding programs “QS@Breeding”

### **Laufzeit**

15.10.2009 bis 14.10.2012

### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Dr. Eildert Groeneveld  
Friedrich-Loeffler-Institut - Institut für Nutztiergenetik

### **Verbundpartner**

Dr. Ulf Müller  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie - Abt. 92 Tierhaltung, Fütterung

Dr. Gunter Hallfarth  
Mitteldeutscher Schweinezuchtverband e.V.

### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die erfolgreiche Züchtung landwirtschaftlicher Nutztiere erfordert klar definierte Zuchtziele, ein optimiertes Zuchtprogramm und eine straffe Umsetzung im Rahmen einer Zuchtorganisation. Die besondere Schwierigkeit im Zuchtgeschehen besteht dabei darin, dass sich die Ergebnisse von Zuchtentscheidungen erst in Folgegenerationen realisieren, was eine laufende Erfolgskontrolle außerordentlich erschwert. Ein Qualitätsmanagement von Zuchtprogrammen im Sinne einer Planung, Lenkung, Sicherung und laufenden Verbesserung des Erfolgs ist in Zuchtorganisationen bestenfalls in Ansätzen etabliert.

Im Verbundprojekt werden erstmalig Instrumente eines systematischen Qualitätsmanagements in Zuchtprogrammen erarbeitet, die zur Verbesserung der Effizienz und der Wettbewerbsfähigkeit von Zuchtprogrammen beitragen, aber auch eine nachhaltige Nutzung tiergenetischer Ressourcen unterstützen.

Es werden folgende Projektziele verfolgt:

- Entwicklung und Umsetzung von Instrumenten zur Erfolgskontrolle, zur Analyse sowie zur Prognose züchterischer Entscheidungen in Zuchtprogrammen
- Entwicklung und Umsetzung von Instrumenten zur operativen und strategischen Steuerung von Zuchtprogrammen
- Erprobung der Instrumente im praktischen Zuchtgeschehen bei verschiedener Tierarten
- Bereitstellung der Instrumente für eine breite Nachnutzung als Open-Source-Tools im Rahmen des APIIS-Projektes (Adaptable Platform Independent Information System)

Die im Projekt zu entwickelnden Instrumente zur genetischen Qualitätssicherung werden als Sub-System von APIIS entwickelt und praktisch erprobt. APIIS ist ein System, das den Aufbau konsistenter Datenbanken im Bereich der Tierproduktion ermöglicht. Es lässt sich an die Bedingungen bei unterschiedlichen Nutztierpopulationen anpassen und deckt das Gesamtpaket der züchterischen Datenhaltung von der Erfassung der Leistungs-, Abstammungs- und Umweltdaten über die Herdbuchführung bis hin zur Zuchtwertschätzung ab.

Unter der Überschrift Qualitätssicherung von Zuchtprogrammen wird ein Selektionszyklus in vier Blöcke unterteilt und innerhalb eines

jeden ein Soll-Ist Vergleich durchgeführt. Diese Blöcke sind:

- Leistungsprüfung
- Zuchtwertschätzung
- Selektion
- Verpaarung

Auf der Zeitachse wiederholt sich dieser Vorgang dann wieder beginnend mit der Leistungsprüfung. Für jeden dieser Blöcke müssen die Soll-Parameter und die dazugehörigen Ist-Zustände definiert werden. Letztere ergeben sich immer aus den aktuellen Daten, während Erstere entweder über Optimierungsverfahren oder Schätzung oder per Definition gewonnen werden können.

Im Rahmen des oben beschriebenen Selektionszyklus fallen verschiedene Daten an, die im Zusammenhang zu sehen sind. Damit die Daten von den verschiedenen Tools verarbeitet werden können, müssen sie in einem standardisierten Format vorliegen oder darin konvertiert werden. Das Projekt umfasst die Definition eines Datenaustauschformates, die Erhebung von Kosten- und Ertragskennzahlen sowie die Entwicklung und Installation von webbasierten Diensten.

Zur Steuerung der Programme ist eine Infrastruktur notwendig, welche parallel zu den entwickelnden Tools implementiert wird (Abbildung 1).

Für das Laden der historischen Daten in eine APIIS-basierte Datenbank sind die Laderoutinen implementiert. Derzeit befinden sich die verschiedenen Schritte der Laderoutinen mit Anwenderbeispielen in der Testphase und werden durch eine Dokumentation begleitet.

Zur Ermittlung der Soll/Ist-Kennzahlen wird VCE für die Parameterschätzung und PEST für die Zuchtwertschätzung genutzt. Die Anwendung ZWISSS soll für die tierindividuelle Anpaarungsplanung, auf der Grundlage der aktu-

ellen Zuchtwertschätzergebnisse dienen. Für dieses Subtool soll eine Infrastruktur geschaffen werden, um die notwendigen Daten automatisch einfließen zu lassen, Variationsläufe und Vergleiche zu ermöglichen und die Ergebnisse aufzuarbeiten. Sowohl für die Soll-Ist-Vergleiche im Bezug auf die Leistungsprüfung als auch auf die Selektion sind umfangreiche zuchtplanerische Szenarien notwendig. Zur Ermittlung der Ist- bzw. Soll-Parameter wird das Zuchtplanungsprogramm ZPLAN verwendet. Die aktuelle Populationsstruktur wird abgebildet und es wird die Möglichkeit geschaffen, zuchtstrategisch entscheidende Parameter zu variieren. Neben dem Zuchtfortschritt können die Auswirkungen auf Züchtungsertrag, aber auch Züchtungskosten bewertet werden. Für verschiedene Zuchtprogramme und Nutztierarten werden Grundvarianten (Templates) entwickelt. Beispielsweise werden für eine Schweinepopulation ökonomische, biologische und genetische Kennzahlen ermittelt und in ein Template eingearbeitet.

Mit derzeitigem Entwicklungsstand ist man in der Lage, ein solch vorgegebenes oder aber ein durch den Nutzer selbstgeschriebenes Template einzulesen. Zur Strukturierung der Daten wird XML (Extensible Markup Language) genutzt. Derzeit findet die Entwicklung der DTD-Dateien (Document Type Definition) und der XML-Dateien statt. Ebenso ist für die Laderoutinen die notwendige DTD-Datei beschrieben, eine XML-Datei kann entsprechend der Anwendung automatisch generiert werden. Die DTD-Datei beinhaltet einen Satz von Regeln, mit dessen Hilfe die Struktur von XML-Dokumenten verbindlich und zentral festgelegt wird. XML wird dann für den plattform- und implementationsunabhängigen Austausch von Daten genutzt. Die geschaffene WEB-Oberfläche dient sowohl der Steuerung als auch der Ergebnisdarstellung für jedes einzelne Tool (Abbildung 2).

Im Ergebnis des Projektes werden dem Anwender im Rahmen von OpenSource alle Subtools

in einer generalisierten, allgemeingültigen, anwendbaren Form als WEB-Service bereitgestellt. Dabei ist die Adaptionfähigkeit an die verschiedensten Nutztierarten, Strukturen und Bedingungen zu sichern.

“Innovative Verfahren der Leistungsprüfung beim Milchrind als Grundlage des modernen Zuchtprogramms der Nord-Ost-Genetic”

“Innovative methods of trait recording in dairy cattle as a basis of the modern breeding program of the Nord-Ost-Genetic”

#### **Laufzeit**

15.07.2009 bis 15.07.2012

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Hermann H. Swalve  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg - Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaft

Prof. Dr. Georg Thaller  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel - Institut für Tierzucht

#### **Verbundpartner**

Matthias Leisen  
NORD-OST GENETIC GmbH & Co. KG

Dr. Peter Sanftleben  
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern - Institut für Tierproduktion

Dr. Uwe Bergfeld  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie - Abteilung 9: Tierische Erzeugung

Prof. Dr. Wilhelm Kanitz  
Leibniz-Institut für Nutztierbiologie - Forschungsbereich Nutztierbiologie

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Alle fünf Teile des INNO-Z Projektes sind erfolgreich angelaufen. Im Bereich Erstbesamungsgewichte wurden in 14 Betrieben die Gewichte von ca. 10.000 Jungrindern zur Besamung erfasst und einer genetisch-statistischen Analyse unterzogen. Die Auswertung ergab moderate Heritabilitäten für die Merkmale Erstbesamungsalter, Erstbesamungsgewicht sowie die aus beiden errechnete Lebensstagszunahme. Zusätzlich wurden die genetischen Korrelationen der Lebensstagszunahme zu Fruchtbarkeitsmerkmalen, Milchleistung, Kalbmerkmalen, Exterieur und Abgangsrate bestimmt (Tabelle 1).

Der Bereich der Lahmheitserkennung umfasst die automatisierte Erfassung von Klauenleiden in einem frühen Erkrankungsstadium. Dadurch ergibt sich sowohl die Möglichkeit einer frühen Behandlung als auch einer genauen und zeitnahen Dokumentation. Die daraus gewonnenen Daten sollen dann für genetisch-statistische Untersuchungen herangezogen werden. Der Einbau der drei StepMetrix™ Geräte hat stattgefunden, so dass erste Daten fließen. Auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der Universität Kiel wurde das StepMetrix™ Gerät im Juli 2010 installiert und befindet sich in der Prüfung. Die visuelle Bonitur der Kühe mittels Locomotion-Scores findet wöchentlich statt.

Zur Bestimmung einer „biologischen“ Rastzeit (commencement of luteal activity, CLA) werden im Bereich Fruchtbarkeit wöchentliche onfarm Progesteronmessungen im Vorgemelk aller Tiere der ersten bis dritten Laktation vorgenommen. Der Beprobungszeitraum erstreckt sich von der 3. - 9., teils bis zur 14. Woche p.p.. Zur Verifikation des im Einsatz befindlichen eProCheck Gerätes werden die Messergebnisse mit den im Labor mittels RIA bestimmten Werten verglichen. Dabei konnten gute Übereinstimmungen gefunden werden (Abbildung 1). Die Korrelation zwischen eProCheck und RIA liegt etwa bei 0.68, wobei das Gerät im Mess-

bereich über 10 ng zu erheblichen Überschätzungen des Progesterongehaltes neigt.

	$h^2$	$r_g$	$r_p$
Milch kg	0,41 (0,05)	0,35	0,13
Eiweiß kg	0,37 (0,05)	0,41	0,18
Fett kg	0,33 (0,05)	0,37	0,20
SCS	0,20 (0,04)	0,05	0,07
Persistenz	0,06 (0,03)	-0,06	-0,06

Tabelle 1: Erblichkeiten und Korrelationen für Lebensstagszunahme (ltz) zu Milch-, Eiweiß- und Fett kg sowie zur Somatischen Zellzahl (SCS) und Persistenz.

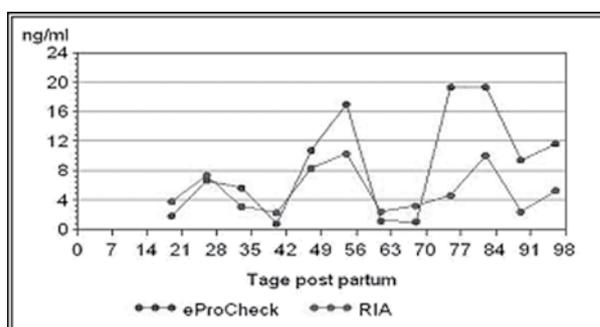


Abbildung 1: Beispiel für Progesteronverläufe aus onfarm Messung (eProCheck) und Laboranalyse mittels RIA

Der Schwerpunkt der Progesteronmessungen liegt jedoch in der sicheren Erkennung des CLA. Die dazu erstellten Progesteronprofile zeigen deutlich die aus der physiologischen Situation der Tiere resultierenden typischen Verläufe

(Abbildung 1, 2 und 3). Mit der Annahme einer ersten Zyklusaktivität bei einem Progesterongehalt von  $> 5$  ng konnte bislang für 43 Tiere mit mindestens 12 Messungen mittels eProCheck ein mittlerer CLA von 38 Tagen gemessen werden. Im Durchschnitt der RIA-Messungen lag der CLA bei 42 Tagen.

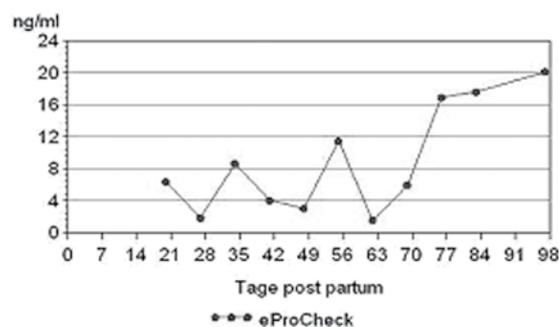


Abbildung 2: Beispiel für einen Zyklusverlauf (Zyklus, Zyklus, Trächtigkeit)

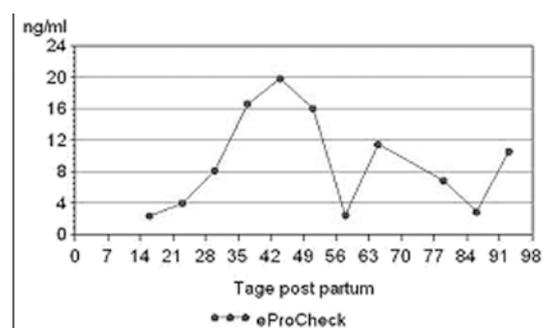


Abbildung 3: Beispiel für einen Zyklusverlauf (Gelbkörperzyste, Zyklus)

Ein Teilmaterial der Progesteronmessungen des Versuchsbetriebes Karkendamm wurde analysiert. Ein Algorithmus zur Bestimmung

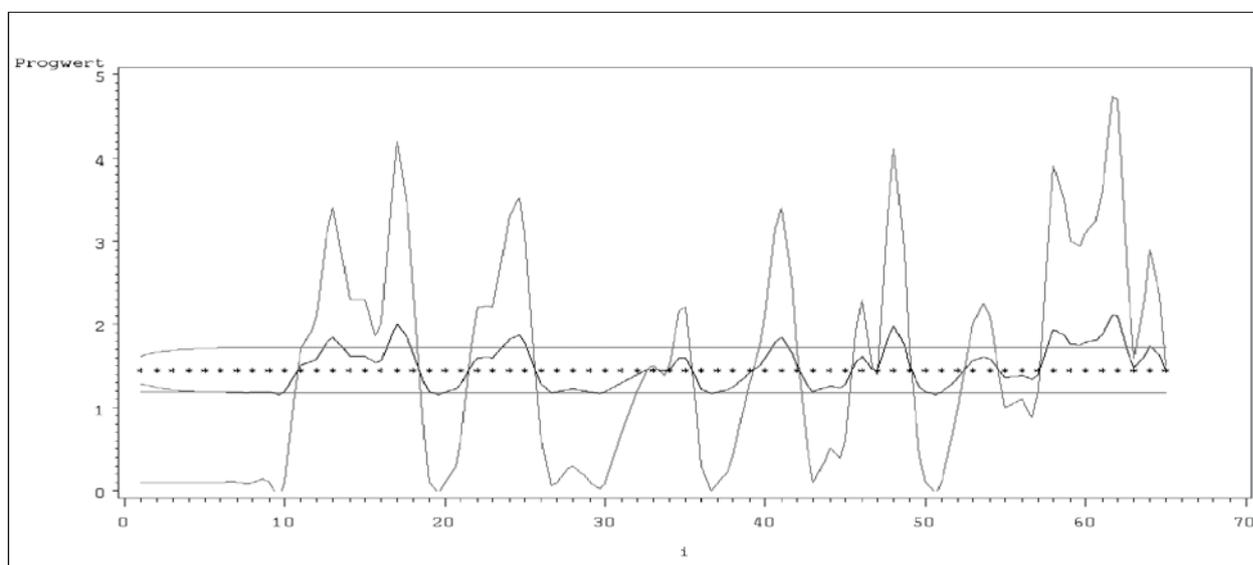


Abbildung 4: Verlauf der Progesteronkonzentrationen im Laktationsverlauf einer Kuh mit Auswertung durch Ewma-Control-Charts.

der Brunstereignisse aus den Progesteronmessungen wurde auf der Basis von Ewma-Control-Charts entwickelt und getestet. Der Test erfolgte an Kühen im Bereich der Belegungen, die zur Trächtigkeit und zur späteren Abkalbung führten. Mit Hilfe der Control-Charts konnten die Erkennungsraten für Brunstereignisse im Vergleich zu einem reinen Schwellenwert-Erkennungssystem deutlich gesteigert werden. Die Spezifität und die Sensitivität liegen bei 100 bzw. 99,5 % bei einer Fehlerrate von 7,6 %.

Konfidenzgrenze (rot) dargestellt. Der jeweils minimale Abstand zur unteren Konfidenzgrenze markiert ein Brunstereignis.

Die Datenerhebungen im Bereich der Energiebilanzmessungen sind laufend fortgeführt worden. Es wurden Auswertungen zu den Korrelationen zwischen dem Fett/Protein Quotienten in der Milch zu Laktationsbeginn und dem Energiedefizit durchgeführt. Die Analyse lieferte mittlere Erblichkeiten ( $h^2=0,25-0,35$ ); die genetische Korrelation zwischen Energiebilanz und Fett/Protein Quotient in der frühen Laktation betrug  $-0,55$ . Insbesondere zum Laktationsstart erweist sich dieser Quotient als ein möglicher Indikator zur Abschätzung der Stoffwechsellage der Kuh.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass die Phase der Implementierung aller Teile des INNO-Z Projekts überwunden ist. Erste Analysen erbrachten verwertbare Erkenntnisse und lassen auch weiterhin einen positiven Verlauf erwarten.

„Neue Wege der züchterischen Verbesserung der Gesundheit der Milchkuh rund um die Abkalbung“

“New approaches for a genetic improvement of health traits of the dairy cow with a focus on the neo-partus period”

#### **Laufzeit**

01.11.2009 bis 31.10.2012

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Renate Schafberg  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg - Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaft

#### **Verbundpartner**

Friedrich Reinhardt  
Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w. V. (vit) - GB Biometrie  
Dr. Hans-Jörg Rösler  
Landeskontrollverband Sachsen-Anhalt e. V.  
Astrid Ziem  
Rinderzuchtverband Sachsen-Anhalt  
Bernhard Heerbach  
Thüringer Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfung in der Tierzucht e. V.  
Ronald Bialek  
Landesverband Thüringer Rinderzüchter - Zucht- und Absatzgenossenschaft e. G.

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Das Projekt beinhaltet sowohl die Entwicklung innovativer Zuchtprogramme unter Einbeziehung neuer Ansätze der Merkmalerfassung als auch neue, innovative Formen der Leistungsprüfung. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Periode mit den größten gesundheitlichen Herausforderungen im Leben bzw. während der Laktation der Milchkuh: Der Zeit rund um die Kalbung (Neo-Partus).

Das BHNP-Projekt ist insgesamt gut angelaufen. Die Auswahl der Praxisbetriebe wurde nach den geforderten Kriterien vorgenommen, wo-

bei beispielsweise das Managementprogramm „Herde“ der DSP-Agrosoft verwendet wird. Die vier Betriebe in Sachsen-Anhalt und drei Praxisbetriebe in Thüringen, die zur Teilnahme am Projekt animiert werden konnten, erfüllen alle die gewünschten Voraussetzungen und produzieren durchweg auf einem überdurchschnittlichen Milchleistungsniveau. Ursprünglich sollten pro Bundesland vier Betriebe mit mehr als 400 Kühen ausgewählt werden, da in Thüringen jedoch drei Betriebe mit deutlich größeren Tierzahlen (> 1.000) verpflichtet werden konnten, wurde dies als ausreichend erachtet. Eine Prüfung der genetischen Struktur der Versuchsbetriebe ergab eine gute Verknüpfung innerhalb des vorhandenen Tiermaterials.

In den nunmehr sieben Praxisbetrieben werden die nachfolgend genannten neuen Merkmale für eine veränderte Leistungsprüfung untersucht:

- die Erhebung von Krankheitsfällen und/oder Behandlungen,
- der Gehalt somatischer Zellen in der Milch von Frischabkalbern (zwischen Tag 3 und 12),
- die Dokumentation der Kalbung
- sowie unterschiedliche Bedingungen zum Trockenstellen (BCS, Antibiotika).

Dank des ständigen Kontaktes zwischen den Projektpartnern und der Praxis konnte das betriebliche Management umfassend geschult werden. Die Datenerfassung und Beprobung läuft unter dieser guten Anleitung seit geraumer Zeit ohne Komplikationen. Auch die Implementierung der Datenströme (bevorzugt der Gesundheitsdaten) aus den Betrieben zum vit konnte bereits für fünf der sieben Betriebe realisiert werden, so dass die neu entwickelte Datenbank nun auch kontinuierlich gefüllt wird.

Die Merkmalerfassung, die über neue Schlüsselfelder in der Software realisiert werden soll, läuft noch nicht vollständig automatisiert, jedoch konnten in einigen Bereichen (BCS-

Erhebung) bereits erhältliche Software-Module installiert und genutzt werden. Beim Kalbeverlauf erfolgt die Datenerfassung allerdings ebenso wie bei der Zellzahl elektronisch in Tabellenform.

Ein erster Entwurf für die Betriebsreports, d.h. die Rückkopplung der zusammengefassten Daten, wurden vom vit erarbeitet. Er befindet sich in der wissenschaftlichen Diskussion und soll noch in diesem Quartal den einzelnen Betrieben als Beispiel vorgelegt werden.

Bezüglich der Milchproben der Frischabkalber wird mit den bisher gesammelten Daten aus Sachsen-Anhalt (> 400) und den Proben aus Thüringen (> 1.000) eine Auswertung vorgenommen. Stand der Bearbeitung ist hier derzeit die Verknüpfung der Datensätze (Zellzahl vom LKV/TVL) mit den tierindividuellen Daten aus dem Managementprogramm und den vom vit geprüften und zur Zuchtwertschätzung verwendeten Daten.

Zusammengefasst ist das BHNP-Projekt gut angelaufen, Erfolge im Datentransfer sind zu verzeichnen und erste wissenschaftliche Ergebnisse sind in Kürze zu erwarten.

"Erfassung und züchterische Bewertung von Krankheitsdiagnosen in Milchviehbetrieben zur Selektion auf Gesundheit und Langlebigkeit"

"Recording of health data on dairy farms as a basis for genetic evaluation and selection for health and longevity"

**Laufzeit**

01.10.2009 – 30.09.2012

**Projektkoordinator, Institution**

Friedrich Reinhardt

Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. - GB Biometrie & ZWS

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Martina Hoedemaker

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo) - Klinik für Rinder

Dr. Ernst Bohlsen

Landeskontrollverband Weser-Ems e.V.

Hans-Willi Warder

Osnabrücker Herdbuch e.G.

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Tiergesundheit hat bedeutenden Einfluss auf die wirtschaftliche Effizienz eines Milchviehbetriebes. Krankheiten der Milchkuh führen zu Mindereinnahmen infolge reduzierter Leistungen und Mehrausgaben durch Behandlungs- und erhöhte Remontierungskosten. Ansätze, das Auftreten von Krankheiten zu verringern, bieten sich kurz- bis mittelfristig auf Betriebsebene über eine Optimierung des Managements sowie langfristig auf Tierebene über eine Erhöhung der Krankheitsresistenz und Langlebigkeit der Milchkuh durch züchterische Maßnahmen. Gesundheitsmerkmale sollten, wie es für andere funktionale Merkmale bereits der Fall ist, in Zukunft in Selektionsentscheidungen mit einbezogen werden können.

Im Projekt GKUH (Gesunde Kuh) erfolgt die systematische Erfassung von Gesundheitsdaten

auf 52 Milchviehbetrieben der OHG, deren fachliche Vor-Ort-Betreuung durch den Projektpartner TiHo gewährleistet wird. Für alle weiblichen Tiere, d.h. aktive Kühe, Färsen und Kuhkälber, werden tierärztliche Diagnosen in standardisierter Form erfasst und elektronisch an den Projektpartner vit übermittelt. Hier erfolgt die Speicherung, Prüfung und Auswertung der Daten, wobei Basis- und Leistungsdaten der Tiere mit Diagnosen sowie ihrer im gleichen Zeitraum auf den Betrieben stehenden, gesunden Herdengenossen einbezogen werden. Die Definition der Schnittstellen zur Datenübernahme aus den zum Einsatz kommenden Herdenmanagement-Programmen (überwiegend NETRIND) ist erfolgt; ihre korrekte und routinemäßige Beschickung durch alle Betriebe ist ab 1. Januar 2010 gewährleistet. Bei einer mittleren Betriebsgröße von ca. 80 Kühen in der Milchleistungsprüfung liegen damit für den Zeitraum 01.01.2010 - 01.07.2010 Gesundheitsdaten für rund 4.000 aktive Kühe und 5.000 weibliche Jungtiere vor. Hinsichtlich der Diagnoseverteilung zeichnet sich ab, dass die dokumentierten Gesundheitsstörungen größtenteils auf Euterentzündungen, Klauenprobleme und Fruchtbarkeitsstörungen zurückzuführen sind. Dies deckt sich mit Angaben aus der Literatur zu anderen Milchviehpopulationen.

Auf der Grundlage der übermittelten Gesundheitsdaten werden durch vit zunächst in regelmäßigen Abständen Berichte erstellt, die an die teilnehmenden Betriebe zurückgesandt werden. Diese Gesundheitsberichte geben einen Überblick über die Verteilung der Diagnosen nach Nutzungsgruppen und Krankheitskategorien. Sie sollen den teilnehmenden Betrieben die Möglichkeit geben, gesundheitliche Problembereiche zu identifizieren und geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Hierbei steht den Betrieben der Projektpartner TiHo beratend zur Seite, der in Abstimmung mit dem jeweiligen Hoftierarzt die Optionen zur Optimierung von Haltung und Management darstellt und umzusetzen hilft.

Weiterführende, betriebsübergreifende Auswertungen im vit, die auch die Abstammung der Tiere mit einbeziehen, haben zum Ziel, nicht-genetische und genetische Einflussfaktoren auf die Verteilung der Gesundheitsdaten zu ermitteln. Die Etablierung einer Zuchtwertschätzung für Gesundheitsmerkmale bietet die Möglichkeit, Gesundheitszuchtwerte in Selektionsentscheidungen einzubeziehen und so gezielt Maßnahmen zur züchterischen Verbesserung der Tiergesundheit einzuleiten.

„Entwicklung und Nutzung neuer On-Farm-Verfahren zur Leistungsprüfung auf Gesundheitsstabilität und Fruchtbarkeit beim Deutschen Holstein - Kurztitel: On-Farm-Recording (Breeding)“

“Development and usage of new implemented On-Farm-procedures for performance recording for health- and fertility traits on German Holstein - Shortname: On-Farm-Recording (Breeding)”

**Laufzeit**

15.10.2009 bis 14.10.2012

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Ralf Fischer

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie - Abteilung 9:  
Tierische Erzeugung

**Verbundpartner**

Dr. Jörg Lehmann

Fraunhofer Institut für Zelltherapie und Immunologie

Friedrich Frank

FrimTec GmbH

Dr. Richard Hölscher

Hölscher + Leuschner GmbH & Co.KG

Dr. Dettmer Frese

MASTERRIND GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Projektziel des Verbundprojektes ist die Entwicklung neuer, objektiv reproduzierbarer Methoden der automatisierten bzw. teilautomatisierten Merkmalerfassung auf Praxisbetrieben („On-Farm“), die einen züchterischen Nutzen bei den Fitness-Merkmalen in der Population der Deutschen Holstein erwarten lassen. Im Mittelpunkt stehen die Konzeptionsbereitschaft und die Gesunderhaltung der Milchkuh, wofür neue Erfassungsmethoden entwickelt und genetische Parameter der Merkmalsausprägungen geschätzt werden müssen. Der Komplex Fruchtbarkeit wird dabei anhand der Merkmale aus der Bildanalyse zur Fettmobilisationsdynamik in der Früh-laktation und an den Merkmalen zu den Progesteronprofilen in der Milch charakterisiert. Für die Gesundheitsstabilität werden Merkmale aus der Infrarot-Bildanalyse von Gliedmaßen und Euter sowie Merkmale zu den Profilen von geeigneten immunologischen Parametern in der Milch untersucht.

Während der bisherigen Projektarbeit wurde die Optimierung der Geräte- und Testkomponenten zur Bestimmung des Progesterons unter den Einsatzbedingungen im Milchviehbetrieb abgeschlossen. Dazu zählt die Erweiterung des Gerätes eProCheck® zur gleichzeitigen Bearbeitung von 22 Milchproben, die Geräteanpassung auf einen neuen Sensor, die Ausgabe von analogen Messwerten für die digitale Datenverarbeitung sowie die Weiterentwicklung des eingesetzten ELISA zur Verbesserung der Analysegenauigkeit.

Mit der Erhebung der Progesteronprofile wurde auf einem Betrieb begonnen. Dabei wurde zunächst die Logistik der Probenahme von der Tierausswahl im Herdenmanagementprogramm, der Tiermarkierung im Melkprozess, der Probengewinnung in großen Melkständen bis hin zur Probenkennzeichnung für die weitere Probenanalyse sowie die Schnittstellen zur digitalen Datenverarbeitung entwickelt.

Für die Methodenentwicklung zur Erkennung von Entzündungen des Euters, des Uterus und der Gliedmaßen wurden die aus der Literatur bekannten immunologischen Parameter, insbesondere die Proteine CRP, IFN- $\gamma$ , TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-2, IL-6 und IL-8, einer Machbarkeitsstudie unterzogen. Dabei stellte sich heraus, dass sich die gewählten Parameter gut eignen, um eine akute Entzündungsreaktion z.B. im Euter zu erfassen. Sie eignen sich jedoch weniger gut, um chronisch-entzündliche Erkrankungen zu erkennen und zu überwachen. Doch gerade die Kenntnis über Beziehungen zwischen verschiedenen Belastungssituationen (z.B. Kalbung, Energiedefizit, Hochlaktation u.a.) und der Neigung zu oder Reaktivierung von chronischen Entzündungen kann wichtige neue Rückschlüsse über die Gesundheitsstabilität der Milchkuh liefern. Hierzu sollen einige noch nicht so lange bekannte und für das Rind bisher nicht untersuchte immunregulative Zytokine (IL-17, IL-22) analysiert werden. Die hierfür erforderlichen Untersuchungen und Analysen sowie die Methodenentwicklung für den Nachweis dieser neuen immunologischen Parameter erforderte die Erweiterung des Verbundprojektes um das Fraunhofer Institut für Zelltherapie und Immunologie, Leipzig.

Neben der Erfassung der systemischen Biomarker wurde planmäßig die Methodenentwicklung für einen Biomarker zur Erkennung lokaler Entzündungen vorangetrieben. Dafür wurde das Akute-Phase-Proteine Haptoglobin ausgewählt. Dieser Faktor steht nicht unter dem Einfluss von Alter, Geschlecht, Trächtigkeit oder Milchleistung und ist unter physiologischen Bedingungen kaum nachweisbar. Dagegen kann ein deutlicher Anstieg der Konzentration in der Milch bei Mastitis unterschiedlicher Erreger verzeichnet werden. Zum Nachweis des Haptoglobins in der Milch wird ein neuer ELISA für die Anwendung auf dem Testgerät konzipiert.

Für die Entwicklung einer automatisierten Konditionsbewertung mittels Bildanalyse zur Schätzung der Fettmobilisationsdynamik wurde auf einem Testbetrieb eine neu entwickelte Kuhschleuse installiert. In dieser Kuhschleuse sind neben Steuerungselementen und der elektronischen Tieridentifikation eine elektronische Bodenwaage sowie verschiedene Kamerasysteme (Stereokamera, TOF-Kamera, Kamerasystem mit Linienlaser) mit der dazugehörigen Rechentechnik installiert.

Erste Bildaufnahmen zur Evaluierung von Schätzfunktionen der Körperkondition wurden unter den Praxisbedingungen des Testbetriebes durchgeführt. Die Generierung der 3D-Bilder erfolgte mit allen drei Kamerasystemen gleichzeitig unter Nutzung von Matlab®. Die Evaluierung der verschiedenen Verfahren lieferte die folgenden Ergebnisse:

1. Das Kamerasystem mit Linienlaser liefert sehr gute 3D-Bilder, wenn sich die Kuh nicht bewegt. Zur Vermeidung der damit auftretenden Unschärfen wird gegenwärtig eine neue Rasterbeleuchtung untersucht.
2. Die TOF Kamera liefert 3D-Informationen in weit aufbereiteter Form. Aufgrund der schnellen Berechnung der Raumkoordinaten für entsprechende Konditionsindizes ist dieses Verfahren für wiederholte Vermessungen von Milchkuhen technisch gut realisierbar. Allerdings führt die geringe Messgenauigkeit in dem Bereich des stark wechselnden Schwarz-Weiß-Kontrastes zu einer ungenügenden Sensitivität der Bildinformationen.
3. Die Technologie mit der Stereokamera erwies sich im praktischen Einsatz an der Kuh als ungeeignet. Sie liefert nur wenig signifikante Punkte zur Berechnung der 3D-Bildinformationen mit der Konsequenz sehr langer Rechenzeiten bei geringer Sensitivität.

Der derzeitige Fokus liegt auf der Programmierung der automatischen Durchschleusung

der Kühe mit den Prozessabschnitten Tieridentifizierung, Tierfixierung, Tierversuchung, Tierfreigabe, Tierausschleusung und Freigabe für ein neues Tier. Parallel werden die 3D-Messmethoden weiterentwickelt - zum einen die Rasterbeleuchtung für das Kamerasystem mit dem Linienlaser und zum anderen verschiedene Parametereinstellungen der TOF-Kamera.

„Entwicklung und Bewertung eines automatischen optischen Sensorsystems zur Körperkonditionsüberwachung bei Milchkühen“

„Development and evaluation of an automatic optical sensor system for monitoring the body condition of dairy cows“

#### **Laufzeit**

01.03.2008 bis 14.10.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Jan Harms  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Landtechnik und Tierhaltung

#### **Verbundpartner**

Dr. Wolfgang Junge  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel - Institut für Tierzucht und Tierhaltung  
Dr. Hubert Rothfuß  
GEA Farm Technologies GmbH

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Schwerpunkte im „Precision Dairy Farming“ sind derzeit das automatische Melken, die individuelle Tieridentifikation, die Kraftfutter-Zuteilung sowie die Mastitis- und Brunstüberwachung. Im Bereich des Fütterungsmanagements bestehen jedoch noch Defizite.

Milchkühe sollten besonders im geburtsnahen Zeitraum optimal mit Energie versorgt sein, da jede hochleistende Milchkuh nach der

Abkalbung eine Phase negativer Energiebilanz durchläuft [7]. In dieser Phase mobilisiert die Milchkuh körpereigene Energiereserven, um das Missverhältnis zwischen Energieaufnahme über das Futter und Energieabgabe über die Milch auszugleichen [2]. Durch diese unausgeglichene Stoffwechselsituation ist die Kuh besonders anfällig für Krankheiten und die Milchleistung kann beeinträchtigt sein [3]. Ziel ist daher eine optimale Kondition der Kühe zum Zeitpunkt des Trockenstellens und der Kalbung [5].

Um die Körperenergie von Milchkühen beurteilen zu können, werden in der Praxis u.a. die Lebendmasse-Wägung, die Rückenfettdickenmessung (RFD) mit Ultraschallgeräten oder das visuelle Body Condition Scoring (BCS) eingesetzt. Die Aussagekraft der Lebendmasse-Wägung ist auf Grund der veränderlichen Füllungszustände des Verdauungsapparates, wechselnder Organmassen sowie durch das sich ändernde Gewicht der Konzeptionsprodukte kritisch zu sehen. Dieses Verfahren erlaubt somit keine objektive Aussage darüber, ob Energie mobilisiert oder eingelagert wurde [4].

Die Messung der Rückenfettdicke mittels Ultraschall ist im Allgemeinen objektiv und quantitativ unterscheidbar, wodurch Messwerte zwischen verschiedenen Betrieben und Rassen vergleichbar sind [6]. Allerdings ist die RFD-Methode sehr arbeitsintensiv und von der Gerätetechnik abhängig. Die visuelle BCS-Methode hingegen kann je nach Beurteiler stark variieren. Zudem müssen die gewonnenen Daten meist manuell ins Herdenmanagement übertragen werden.

Im Rahmen dieses Projektes soll daher ein dreidimensionales Sensorsystem entwickelt werden, welches die Körperkondition der Milchkuh im Laktationsverlauf automatisch bewertet. Dazu werden auf zwei Versuchsbetrieben Tierdaten der Rassen Fleckvieh und Schwarzbunte erhoben (Tiergewicht, BCS, RFD, Futteraufnahme).

me, Milchleistung, Milchinhaltsstoffe sowie abgeleitet die Energiebilanz).

Als optisches Sensorsystem wird eine handelsübliche Echtzeit-3D-Kamera eingesetzt. Diese relativ neue Technologie enthält einen Detektor mit einer integrierten Lichtquelle. Der sonst bei 3D-Aufnahmen übliche Rechenaufwand wird minimiert und die Pixelinformation mit xyz-Koordinaten wird in Echtzeit ausgegeben [1]. Die derzeit im Projekt verwendeten 3D-Kameras haben eine Bildauflösung von bis zu 176x144 Pixel bei einer Genauigkeit in Z-Richtung von ca. 5 mm bei 7,5 m maximaler Messentfernung.

Im September 2008 wurde an der LfL eine 3D-Kamera am Ausgang des Automatischen Melksystems installiert. Auf dem Versuchsbetrieb der CAU werden seit Januar 2009 Kuhprofile am Austrieb nach dem Melkkarussell sowie in der Kraftfuttergasse aufgezeichnet. Zusätzlich zu den Aufnahmen von sich bewegenden Kühen werden an der LfL seit Oktober 2009 Tiere in einem Anbindestall aufgenommen.

Erste Auswertungen der dreidimensionalen Sensorinformationen haben gezeigt, dass das Vorhandensein von Schwarz-Weiß Kontrasten (Schwarzbunte) zu Versätzen in den 3D-Bildern führen kann, die vor allem in bewegten Aufnahmen auftreten.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt konnten verschiedene Algorithmen entwickelt werden, durch die die Segmentierung der Kuhprofile sowie das Aussortieren von verwertbaren Aufnahmen möglich sind.

Kombiniert mit den ermittelten Tierdaten sollen im weiteren Projektverlauf aus den dreidimensionalen Sensorinformationen weitere Algorithmen abgeleitet und auf das Sensorsystem übertragen werden. Abschließend soll das Komplettsystem im praktischen Betrieb getestet und der Nutzen für das Herdenmanagement bewertet werden.

## Literatur

- [1] ARUN PRASAD, T. D.; K. HARTMANN; W. WEIHS; S. EGHBAL GHOBADI AND A. SLUITER (2006): First steps in enhancing 3D vision technique using 2D/3D sensors, Computer Vision Winter Workshop 2006, Ondřej Chum, Vojtěch Franc (eds.), Telč, Czech Republic, February 6–8, Czech Pattern Recognition Society
- [2] BUTLER, W.R.; SMITH, R.D. (1989): Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72, 767-783
- [3] SCHILLING, E. (1976): Zur Fortpflanzung der Kühe nach dem Kalben unter Berücksichtigung fütterungsbedingter Stoffwechselstörungen. *Tierzüchter* 28, 310-312
- [4] SCHRÖDER, U. J. (2000): Untersuchungen zur Konditionsbeurteilung mittels ultrasonografischer Messung der Rückenfettdicke als Grundlage zur Anwendung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden. Diss. vet. med. FU, Berlin
- [5] SPIEKERS, H. (2004): Laktationsstart; Der richtige Start ist die Grundlage des Erfolges. In: Trendreport Spitzenbetriebe; Milch rentabel produzieren, Band 1, 37 – 63, DLG-Verlag
- [6] STAUFENBIEL, R. (1997): Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen Rückenfettdickenmessung. *Prakt. Tierarzt, coll. vet.* 27, 87-92
- [7] STAUFENBIEL, R.; LANGHANS, J.; BAUER, J.; DARGEL, D.; ROSSOW, N.; LEUTHOLD, G. (1989): Untersuchungen zur Beurteilung der postpartalen Energiebilanz der Milchkühe. *Mh. Vet.-Med.* 44, 594-598

## „Prüfbullenauswahl durch genomische Selektion beim Braunvieh“

„Selection of testbulls of German Braunvieh using genomically enhanced breeding values“

### Laufzeit

16.09.2009 bis 15.09.2012

### Projektkoordinator, Institution

Dr. Ingolf Ruß  
Tierzuchtforschung e.V.

### Verbundpartner

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

Dr. Reiner Emmerling  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Tierzucht

### Kurzfassung der Ergebnisse

Mit Hilfe der genomischen Selektion können Jungtiere ohne Informationen aus der Eigen- und Nachkommenleistungsprüfung selektiert werden. Die Basis dazu stellt der genomische Zuchtwert dar, der basierend auf polymorphen Markerinformationen und den damit verknüpften Leistungswerten berechnet werden kann.

Einen wichtigen Schritt in der Entwicklung des Verfahrens stellt die Schätzung dieser Verknüpfungen anhand der sogenannten Kalibrierungsstichprobe dar. Diese Stichprobe umfasst nachkommengeprüfte Bullen mit sicheren Zuchtwerten, die entweder direkt oder in Form von Töchterabweichungen als Phänotypen zur Entwicklung des genomischen Zuchtwertschätzsystems verwendet werden. Die Sicherheit der geschätzten genomischen Zuchtwerte für Selektionskandidaten hängt dabei direkt mit der Größe und Zusammensetzung der Kalibrierungsstichprobe zusammen. Im ersten Schritt des Vorhabens wurden entsprechende Tierausschlisten erstellt, welche die Grund-

lage für die Genotypisierung der Tiere der Kalibrierungsstichprobe bilden.

In der deutschen Braunviehpopulation durchliefen im Mittel der letzten 10 Jahre etwa 110 Bullen pro Jahrgang eine Nachkommenprüfung. Neben den Prüfbullen der Jahrgänge 1995 bis 2005 wurden auch Vorfahren mit bedeutenden Beitrag zur Population ausgewählt. In der Summe umfassen die Auswahllisten etwa 1.700 geprüfte Bullen, die mit sicheren Zuchtwerten vorliegen. Sie bilden die Elterngeneration der Selektionskandidaten, für die später genomische Zuchtwerte geschätzt werden sollen.

Problematisch in dieser Projektphase war die Gewinnung von DNA-Material (Sperma, Blut) für diese Bullen, da für Bullen mit unterdurchschnittlichem Prüfergebnis, aber auch für alte Spitzenvererber oft kein DNA-Material in der Zuchtpraxis mehr vorhanden ist. Um die finanziellen Mittel für die Genotypisierung möglichst effizient einzusetzen, wurde zunächst versucht, die bereits im Rahmen von anderen Forschungsprojekten genotypisierten Braunviehbullen für die Entwicklungen zu nutzen. Der Projektpartner Tierzuchtforschung e.V. hat in diesem Rahmen 584 Genotypen von Braunviehbullen in das PAGEs-Projekt eingebracht. Zusätzlich konnte DNA für 355 Bullen aus Spermaproben aufbereitet werden. Für weitere 186 Bullen wurden vom Projektpartner Tierzuchtforschung e.V. DNA aus Blutrückstellproben der Abstammungsuntersuchung gewonnen.

Die Genotypisierung der insgesamt 541 bisher gewonnenen DNA-Proben wurde von der Tierzuchtforschung e.V. mit der Typisierungsplattform Beadstation 500GX von Illumina mit dem BovineSNP50-Chip durchgeführt. Insgesamt liegen derzeit 1.125 Genotypen von national nachkommengeprüften Bullen vor. Der Projektpartner LKV Bayern e.V. programmiert momentan eine Datenschnittstelle zur direkten Übernahme der Genotypisierungsergebnisse vom Labor in die Datenbank des Rin-

derdatenverbundes. Angestrebt wird hier eine vollautomatische Lösung von Datenübernahme und Datenbereitstellung für die genomische Zuchtwertschätzung, die beim Projektpartner Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierzucht, entwickelt wird.

Beim Braunvieh wird eine länderübergreifende Zuchtwertschätzung (ZWS) von Deutschland und Österreich durchgeführt. Aus dieser ZWS werden die Phänotypen für die Entwicklung des genomischen Zuchtwertschätzsystems extrahiert. Demzufolge liegt es nahe, dass bei der Entwicklung dieses Systems auch österreichische Genotypen direkt verwendet werden können. Zu diesem Zweck wurde ein länderübergreifender Genotypenpool vereinbart, in den Genotypen aus österreichischen Projekten einfließen. Mit dieser Vereinbarung können insgesamt weitere 480 Genotypen, von denen bereits 190 zur Verfügung stehen, im Projekt PAGeS genutzt werden. In den vereinbarten Genotypenpool laufen zusätzlich 287 Genotypen aus Projekten der Technischen Universität München ein. Der Genotypenpool umfasst demnach insgesamt 1.892 Bullen.

Neben dem Genotypenpool wird derzeit an Vereinbarungen mit Braunviehorganisationen in der Schweiz, Italien und USA gearbeitet, um durch bilaterale Tauschaktionen die Kalibrierungstichprobe zu vergrößern. Hierdurch können etwa 200 zusätzliche Genotypen eingetauscht werden, für die Phänotypen aus der nationalen ZWS vorhanden sind. Darüber hinaus wird die Möglichkeit und der Nutzen der Aufnahme von Bullen, die keine Töchter in der nationalen ZWS, aber internationale MACE-Zuchtwerte aufweisen, evaluiert, mit denen die Kalibrierungstichprobe nochmals vergrößert werden könnte.

Für die derzeit verfügbaren 1.125 Genotypen wurde eine ausführliche Aufbereitung programmiert. Diese ist aus insgesamt 5 Modulen aufgebaut und weitestgehend in der Programmiersprache R realisiert. Im ersten Modul

werden die Rohgenotypen aus dem Labor in ein internes Datenformat überführt und auf doppelte Genotypen geprüft. Im zweiten Modul werden umfangreiche Analysen auf Basis Individuum und Basis Marker angewendet. Im dritten Modul werden direkte Konflikte zwischen genotypisierten Vater-Nachkommen-Paaren untersucht, bei dem konfliktverursachende Tiere aus dem Genotypenbestand aussortiert werden. In einem vierten Modul wird eine markerbasierte IBD-Matrix für die genotypisierten Tiere aufgestellt und die realisierten mit den zu erwarteten Werten verglichen. Es werden dabei die IBD-Koeffizienten zu Vater, maternalem Großvater, paternalem Großvater, Nachkommen und innerhalb Halbgeschwistergruppen berücksichtigt. Als Ergebnis können hier einzelne Genotypen ausgeschlossen bzw. einzelne Pedigreelinks gekappt werden. Im fünften Modul werden Genotypenpaare mit hohem IBD-Koeffizienten einer Detailanalyse unterzogen.

Als Ergebnis der vorläufigen Genotypenaufbereitung wurden insgesamt 23 Genotypen aufgrund von Genotypenkonflikten verworfen. In der weiteren Projektlaufzeit wird versucht werden, für diese Bullen eine Wiederholungstypisierung durchzuführen. Die aufgebaute Kalibrierungstichprobe wird im nächsten Modul des Verbundprojektes zur Herleitung der Schätzformeln für die Genomische Selektion verwendet.

„Entwicklung eines schnellen und sensitiven Diagnostikums zur frühzeitigen und sicheren Feststellung der Trächtigkeit beim Rind anhand des Nachweises von "pregnancy-associated glycoprotein" (PAG)“

„Development of an early, reliable and sensitive rapid assay for pregnancy-associated glyco-proteins (PAG) for early pregnancy detection in cattle,„

#### **Laufzeit**

01.06.2009 bis 31.05.2012

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Matthias Gauly Dr. Morten Friedrich  
Georg-August-Universität Göttingen - Department für Nutztierwissenschaften

#### **Verbundpartner**

Dr. Dimitrios Theodoridis  
Dima Gesellschaft für Diagnostika mbH  
Dr. Hans-Josef Mülther  
Hessischer Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen in der Tierzucht e.V.

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Eine einfache, frühzeitige und verlässliche Feststellung der Trächtigkeit ist für eine wirtschaftliche Produktion der Milchviehbetriebe von zentraler Bedeutung, doch in solcher Form bislang nicht verfügbar. Der Nachweis eines trächtigkeitsspezifischen Glykoproteins (PAG) gestattet eine Feststellung der Trächtigkeit ab dem 30. Tag anhand einer Blut- oder zu einem späteren Zeitpunkt einer Milchprobe. Der Nachweis von PAG ist derzeit allerdings nur in entsprechend ausgestatteten Laboren möglich und daher auf den Versand der Proben angewiesen, was zu einer erheblichen Verzögerung zwischen Probenahme und Ergebnis führen kann. Die Entwicklung eines Schnelltest auf der Basis von hochspezifischen Peptid-Antikörpern gegen bovines „pregnancy-associated glycoprotein“ (PAG) ist primäres Ziel dieses Verbund-

projekts der Universität Göttingen, der DIMA GmbH und dem HVL e.V.. Der zu entwickelnde Schnelltest soll eine Trächtigkeitsuntersuchung durch den Tierhalter anhand einer Blutprobe, ähnlich einem humanen Schwangerschaftstest, ermöglichen, um durch die Feststellung nicht trächtiger Tiere eine Steigerung der Herdenfruchtbarkeit realisieren zu können. Die damit einhergehende Verkürzung des Zwischenkalbeintervalls stellt ein nicht unerhebliches wirtschaftliches Potential dar, welches von den bislang eingesetzten Trächtigkeitsuntersuchungen nicht ausgeschöpft wird.

Grundlage der sicheren Trächtigkeitsfeststellung ist der Nachweis eines vom Fetus/Embryo gebildetes Glykoprotein, das PAG. Bei PAG handelt es sich nicht um ein einzelnes Protein sondern um eine aus mehr als 100 Isoformen bestehende Proteingruppe, die zur Familie der Aspartat-Proteasen gehört. Die einzelnen PAG werden zu verschiedenen Zeiträumen während der Trächtigkeit gebildet und erreichen zum Ende der Trächtigkeit Konzentrationen von mehr als 1000 ng/ml. Für den Nachweis mittels Schnelltest wurden einzelne PAG ausgewählt, die bereits zu Beginn der Trächtigkeit exprimiert werden und so einen möglichst frühzeitigen Nachweis einer Trächtigkeit ermöglichen. Die bekannten Proteinsequenzen wurden mittels Proteinblast und ExpASy ausgewertet und verglichen, um geeignete Sequenzabschnitte für die Herstellung von Peptidantikörpern ermitteln zu können. Anhand sechs ausgewählter Abschnitte wurden Peptide mit einer Länge von 15-18 Aminosäuren synthetisiert, die zur Immunisierung von Kaninchen genutzt werden konnten. Die gewonnenen Antiseren wurden affinitätsgereinigt und werden momentan auf ihre Eignung im ELISA und Genauigkeit für den Nachweis von PAG untersucht. Erste Untersuchungen konnten eine gute Affinität von drei der Antiseren zu bovinem PAG-1 feststellen, welches als Kontrolle in der Entwicklungsphase genutzt wird. Da ein vorrangiges Ziel der Testentwicklung darin besteht, den Test unabhängig vom Tag der Trächtigkeit

bzw. ohne Kenntnisse des Besamungstermin durchführen zu können, ist eine umfangreiche Testphase erforderlich. Die dafür notwendigen Blut- und Milchproben werden derzeit vom HVL im Rahmen der Milchkontrollen auf verschiedenen Milchviehbetrieben gesammelt. Ziel ist es, Proben über den gesamten Trächtigkeitsverlauf zu bekommen, um die Sicherheit des Tests zu optimieren. Die PAG-Konzentration der gesammelten Proben wird mittels Labor-ELISA bestimmt und die Proben in „trächtig“ und „nichtträchtig“ eingeteilt. Eine zusätzliche Bestätigung des Trächtigkeitsstatus einzelner Tiere erfolgt zudem durch ultrasonographische Untersuchungen und letztendlich die Abkalbung der Tiere. Die Proben werden anschließend unter Verwendung der neuen Antikörper erneut untersucht und die Erkennungsraten anhand von Sensitivität und Spezifität über den Verlauf der Trächtigkeit ermittelt.

Eine Beurteilung der Antikörper hinsichtlich ihrer Eignung für den sicheren Nachweis einer Trächtigkeit im Labor ist die Voraussetzung für einen möglichen Einsatz im Schnelltest. Mit ersten Ergebnissen über die Tauglichkeit der Antikörper für den Einsatz im Schnelltest wird bis November 2010 gerechnet. Zu diesem Zeitpunkt soll auch die Probensammlung weitestgehend abgeschlossen sein, so dass mit der vergleichenden Analyse der Proben begonnen werden kann.

## „Optimierung Fruchtbarkeitsmanagement bei Rindern“

### “Optimized cattle fertility management”

#### **Laufzeit**

01.10.2009 bis 30.09.2012

#### **Projektkoordinator, Institution**

Claus Richter

H.Hauptner und Richard Herberholz GmbH & Co.KG

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Das Projekt hat das Ziel, den Landwirten und Tierzüchtern eine mit überschaubaren Mitteln handhabbare Methode zur Verbesserung der Fruchtbarkeit bei Rindern an die Hand zu geben, welche gleichzeitig eine sichere Identifikation des Tieres und darauf basierend eine verwechslungssichere Zuordnung der erlangten Messwerte ermöglicht.

Ein bedeutender Teil eines erfolgreichen Fruchtbarkeitsmanagements bei Rindern ist die Optimierung der Tierkondition zur Verbesserung der Besamungserfolge. Die herkömmliche visuelle BCS-Methode ist aufwändig und stark von den Kenntnissen des jeweiligen Beurteilers abhängig.

Über die Rückenfettdickenmessung mittels Ultraschall (RFD) können in Ergänzung des BCS wesentlich verlässlichere Werte ermittelt und in das Herdenmanagement zur Fütterungsoptimierung und Verbesserung des Besamungserfolges einbezogen werden.

Hinzu kommt, dass die bisherigen Verfahren mit Aufzeichnungen per Hand sehr zeitintensiv und zudem nicht verwechslungssicher sind.

Darum soll zur eindeutigen Zuordnung der festgestellten Werte die elektronische Tiererkennung über RFID-Ohrmarken sowohl von Hand als auch automatisiert genutzt werden.

Die Zuordnung der Daten zum jeweiligen Tier soll über ein dafür speziell angepasstes Herden-Management-Programm erfolgen.

Entwicklungsziele sind weiterhin:

- Ausrüstung geeigneter Ultraschallgeräte mit der erforderlichen Auswerte- und Zuordnungssoftware sowie einer Vorrichtung zur drahtlosen Datenübertragung an einen Empfänger zwecks elektronischer Weiterverarbeitung der gewonnenen Daten im Herden-Management.
- Einsatz und Weiterentwicklung geeigneter Tierohrmarken mit RFID-Technik zur verwechslungssicheren Identifikation des jeweiligen Tieres.
- Anpassung geeigneter Reader zur Tieridentifikation hard- und softwaremäßig zur verwechslungssicheren Zuordnung sowohl der Ultraschall-Messwerte als auch anderer tierspezifischer Daten.
- Fortentwicklung eines geeigneten Management-Programms zur zeit- und kostensparenden Verarbeitung der gewonnenen Daten.

Ziel ist auch, nicht nur auf ein Maximum an erforderlicher Anlagentechnik (z.B. stationäre Waagen, Reader, Sortieranlagen) die für eine automatisierte Lösung erforderlich sind abzustellen, sondern auch durch eine Kombination von transportablen, handlichen Geräten (Ultraschallscanner, Handreader, PDA) den erforderlichen Investitionsaufwand für den Endanwender überschaubar zu halten und somit auch kleinere Tierhalter und die Futtermittelberater anzusprechen.

Der mit der praktischen Umsetzung der Technologie erreichbare Nutzen für den Tierhalter soll in diesem Fall somit wesentlich den damit verbundenen, relativ geringen Investitionsaufwand übersteigen und wird auf Grund dieses Zusatznutzens wesentlich zur Akzeptanz der elektronischen Tierkennzeichnung beim Endanwender beitragen.

Nicht zuletzt soll mit dem Nachweis der Eignung dieser Anwendung die Tür für die Nutzung dieser Technologie auch für weitere Diagnosemöglichkeiten geöffnet werden und auch die Arbeit der Veterinäre erleichtern.

„Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur elektronischen Tierkennzeichnung auf der Grundlage der SAW-Technologie zur Erhöhung der Identifikationssicherheit“

“Development and testing of a technique for electronic animal identification (EID) based on SAW technology to increase assurance of identification”

#### **Laufzeit**

01.02.2008 bis 31.01.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Wolfram Berger  
SAW COMPONENTS Dresden GmbH

#### **Verbundpartner**

Thomas Ostertag  
RSSI GmbH

Peter Schneider  
Schneider Elektronik GmbH & Co. KG

Dr. Steffen Pache, Susanne Theis  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie – Abt. 9, Tierische Erzeugung

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die elektronische Tierkennzeichnung (eTK) ist die Schlüsseltechnologie im Precision Livestock Farming und für die Automatisierung der Steuerung und Überwachung von Produktionsprozessen zwingend erforderlich. Zur eTK werden gegenwärtig überwiegend Radiofrequenz-Identifikationssysteme (RFID-Systeme) im Niederfrequenzbereich (LF bei 134,2 kHz) eingesetzt. LF-Transponder sind passive, induktiv gekoppelte Transponder mit integriertem

Schaltkreis und Antennenspule, deren technisches Konzept sowie die Codestruktur international genormt sind. Seit 2009 werden LF-Transponder zur offiziellen Kennzeichnung von Equiden, Schafen und Ziegen eingesetzt. Die Leistungsgrenzen der RFID-Systeme im LF-Bereich sind in der zwingenden Vereinzelung der zu identifizierenden Tiere, die sich nicht schneller als 3 m/s bewegen dürfen, und der begrenzten Lesereichweite von bis zu 1 m begründet.

Das SAW-basierte (Surface Acoustic Wave) RFID-System im 2,4 GHz ISM-Band hat in Industrieanwendungen gezeigt, dass eine sichere Identifizierung von sich schnell bewegten Objekten über eine Distanz bis zu 10 m möglich ist. Im Rahmen des Projektes sollen die technischen Vorteile der SAW-Technologie für die eTK erschlossen und im praktischen Einsatz erprobt werden.

Die SAW-Technologie unterscheidet sich in Aufbau und Funktionsprinzip grundsätzlich von LF-Systemen.

Die Grundstruktur des SAW-Chips besteht aus einem piezoelektrischen Substrat. Im Herstellungsprozess werden darauf Reflektoren zur Hardwarecodierung und ein Interdigitalwandler (IDT) aufgebracht und in einem Primärgehäuse verschlossen. Dieses wird über Bonddrähte mit einer Dipol-Antenne verbunden und in einem Anwendergehäuse verpackt. Das Funktionsprinzip entspricht einer reflektierten Verzögerungsleitung, wobei ein hochfrequenter Abfrageimpuls (Burst) über die Transponder-Antenne eingekoppelt und im Chip mittels inversen piezoelektrischem Effekt über den IDT in eine akustische Oberflächenwelle umgewandelt wird. An den Reflektoren erfolgt eine zeitlich selektive Reflexion, die nach dem umgekehrten Wirkprinzip ein codiertes Hochfrequenz-Signal mit einer Laufzeit von <20 ms an den Reader zurückgibt. Durch den Vergleich einer wiederholten Signalabfrage erfolgt im Reader die Korrektheitsprüfung

des übertragenen Codes und die Ausgabe der eindeutigen Tieridentifikationsnummer.

Speziell für die Tierkennzeichnung wurde ein SAW-Chip mit einem Coderaum von 250 Bit zur Darstellung der 15-stelligen Tiernummer, bestehend aus dem Ländercode nach ISO 3166 und dem 12-stelligen nationalen Identifikationscode, entwickelt. Die neue Fertigungsroutine erlaubt eine fälschungssichere Hardwarecodierung der Chips mit großen Nummernserien, aber auch mit zufälligen Tiernummern für die Nachkennzeichnung.

Zur optimalen Nutzung der Systemeigenschaften wurden verschiedene Transponder-Antennen und Anwendergehäuse untersucht. Für den Feldtest fiel die Wahl auf eine geöffnete Dipolantenne in einem Gehäuse einer modifizierten Rundohrmarke mit zentralem Dornteil, wie sie sich bereits als LF-Transponder bei Rindern und Schafen bewährt hat.

Auf die landwirtschaftlichen Einsatzanforderungen abgestimmt wurden fünf Funktionsmuster mobiler und stationärer Lesegeräte, bestehend aus einem Anwendergehäuse, einem Prozessrechner, einer Standardantenne (SPA 2400/70/9/0/LCP der Fa. Huber + Suhner), einem neu entwickelten Reader sowie einer speziellen Gerätesoftware SAW11, gebaut. Bei dem neuen FMCW-Reader (Frequency Modulated Continuous Wave) kommt eine spezielle Art der Frequenzbereichsabtastung mit kontinuierlicher Aussendung des Bursts mit konstanter Amplitude, aber wechselnder Frequenz zur Anwendung. Die Lesegeräte können durch frei definierbare Parametereinstellungen gut an die Bedingungen in den Testbetrieben angepasst werden.

Seit April 2009 wurden schrittweise in vier landwirtschaftlichen Betrieben unterschiedlicher Herdengröße und Melktechnik insgesamt 1.366 Milchkühe mit einer SAW-Rundohrmarke gekennzeichnet. Die Applikation der Transponder erfolgte im rechten Ohr neben

der visuellen Ohrmarke mit handelsüblichen Ohrmarkenzangen. Im Versuchsaufbau zur Ermittlung der Erkennungsrate mittels stationären Lesegeräten wurden unterschiedliche Identifizierungssituationen an den Melkständen und in den Selektionsschleusen berücksichtigt. In den bisher auswertbaren Versuchen wurden Erkennungsraten von 91,4% (n = 1.238 Lesungen) im Betrieb 1 an der Selektionsschleuse bei aktiver Bewegung und ohne Vereinzelung der Tiere sowie von 98,4% (n = 7.496 Lesungen) im Betrieb 2 im Eingangsbereich des Melkkarussell erreicht. Eine mögliche Ursache für unterschiedliche Erkennungsraten ist die Position der SAW-Ohrmarke am Rinderohr.

Die im Feldtest befindlichen SAW-Transponder werden in Anlehnung an das IDEA-Projekt mit dem mobilen Lesegerät nach einem definierten Zeitplan im wöchentlichen bzw. monatlichen Abstand auf ihre Funktionssicherheit und hinsichtlich der Tierverträglichkeit überprüft. Bisher ist nur ein SAW-Transponder aufgrund seines fehlerhaften Ohrmarkengehäuses ausgefallen. Weitere Verluste durch Ausreißungen oder technischen Funktionsstörungen wurden nicht beobachtet. Die Wundheilung verlief nach dem Setzen unauffällig und es wurden keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen dokumentiert.

Die Untersuchungen zeigen, dass die SAW-Technologie im 2,4 GHz ISM-Band zur elektronischen Tierkennzeichnung von Rindern eingesetzt werden kann und unter Praxisbedingungen funktioniert. RFID-Systeme auf SAW-Basis bieten grundsätzlich das Potenzial, funktionale Grenzen von LF-Systemen zu überwinden. Mit der Optimierung des Gesamtsystems wird eine annähernd 100%ige Erkennungsrate von SAW-Ohrmarken in Verbindung mit mobilen und stationären Lesegeräten sich aktiver bewogender Tiere angestrebt. Das erklärte Entwicklungsziel der hardwarecodierten Darstellung eines 15-stelligen Tiercodes wurde mit der 50-Bit-SAW-Ohrmarke realisiert.

„Vermeidung von Ebergeruch durch züchterische Maßnahmen und neuartige messtechnische Erfassung“

“Reduction of boar taint by breeding and innovative detection techniques“

#### **Laufzeit**

01.07.2009 bis 30.06.2012

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Ernst Tholen  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität  
Bonn - Institut für Tierwissenschaften - Abt.  
Haustiergenetik

#### **Verbundpartner**

Dr. Peter Böcker  
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität  
Bonn - Institut für Landtechnik - Abt.  
Sensorik

Gerhard Horner  
five technologies GmbH, München

Annette Niggemeyer  
GFS-Genossenschaft zur Förderung der  
Schweinehaltung eG

Jörg Sauter  
Schweinezuchtverband Baden-Württemberg  
e.V., Stuttgart

Dr. Johannes Auman  
Besamungsverein Neustadt an der Aisch  
e.V.

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die operative Ferkelkastration ist in Deutschland wie auch in Europa das Verfahren der Wahl zur Vermeidung von Ebergeruch im Schweinefleisch. Dieses Verfahren schützt den Verbraucher vor unakzeptablen Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen beim Verzehr von Eberfleisch. Allerdings ist es aus Tierschutzgründen wiederholt Gegenstand öffentlich kontroverser Diskussionen. In zwei Staaten (Norwegen und Schweiz) hat diese Diskussion zu einem Verbot der Kastration ohne Betäubung geführt. In Deutschland und den Nieder-

landen kommt eine vergleichbare Vorgabe zur Eberkastration nicht vom Staat, sondern vom Lebensmittelhandel.

Eine häufig diskutierte Alternative zur Kastration ist die Ebermast. Dieses Verfahren kann nur dann aus Produzenten- und Konsumenten-sicht akzeptiert werden, wenn der Ebergeruch zuverlässig unter kommerziellen Schlachthofbedingungen erfasst werden kann. Die messtechnische Beurteilung des Ebergeruchs ist bei der erforderlich hohen Anzahl von Messungen ein ungelöstes Problem, da bisher lediglich die Leitkomponenten Skatol und Androstenon mit hohem analytischem Aufwand unter Laborbedingungen erfasst werden können. Aus wirtschaftlichen Gründen ist es notwendig die Anzahl riechender Eberschlachtkörper zu reduzieren. Neben haltungs- und fütterungstechnischen Möglichkeiten lässt sich das Merkmal Ebergeruch auch züchterisch reduzieren, wobei jedoch die genetischen Konsequenzen auf paternale und maternale Fruchtbarkeitsmerkmale ungeklärt sind.

Ziele und erste Ergebnisse des beantragten Projektes lassen sich wie folgt zusammenfassen:

**1) Quantifizierung des Anteils Eberschlachtkörper mit Ebergeruch des in Deutschland derzeit dominierenden Mastendprodukts Piétrain × F1-Kreuzungssau.**

Im ersten Durchgang des Projektes wurden die Speckproben von 259 Eberschlachtkörpern vom Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und angewandte Ökologie in Schmallenberg (IME, Dr. Bücking) mittels HPLC (Skatol) bzw. GC-MS (Androstenon) analysiert. Die Häufigkeit betroffener Eberschlachtkörper mit Androstenon- und Skatolgehalten über 1000 bzw. 250 ng/g Fett des Rückenspecks schwanken je nach Versuchseinrichtung zwischen 17% und 46%. Haltungs- und genetische Effekte können als Erklärung dieser Unterschiede herangezogen werden.

**2) Entwicklung eines Zuchtprogramms zur Reduktion des Anteils gemästeter Eber mit Ebergeruch unter Berücksichtigung möglicher antagonistischer Beziehungen zwischen Ebergeruch und Fruchtbarkeit.**

Genetische Parameter, die die genetische Fundierung der Merkmale des Ebergeruchs und deren Beziehungen zur paternalen und maternalen Fruchtbarkeit kennzeichnen, sollen analysiert werden. Erste zuchtplanerische Berechnungen zeigen, dass man zwischen 5 und 10 Generationen benötigt, um den Anteil riechender Eber von 40% auf 2% zu reduzieren. Bei diesen Berechnungen wurden moderat antagonistische genetische Beziehungen zwischen maternaler Fruchtbarkeit und Androstenongehalte im Rückenspeck von -0,2 unterstellt. Darüber hinaus wurde das ökonomische Gewicht des Androstenongehaltes so festgelegt, dass 80% des Selektionserfolges der Zuchtzielvariante ohne Androstenon erhalten bleibt.

**3) Entwicklung einer reproduzierbaren Labor-methode zur Erfassung der Leitkomponenten des Ebergeruchs.**

Die laboranalytische Erfassung der Androstenon- und Skatolgehalte kann, wie die Ergebnisse publizierter Ringversuche zeigen, zu erheblichen Abweichungen führen. Im Rahmen des Projektes wird die Anwendbarkeit der SIDA-(Stable Isotope Dilution Assay) Methode durch das Institut für Ernährung und Lebensmittelwissenschaften, Abt. Bioanalytik der Universität Bonn (IEL, Prof. Dr. Wüst) überprüft. Diese Labormethode wird im Gegensatz zu anderen Verfahren weniger durch verzerrende Matrixeffekte beeinflusst und kann daher als Quasi-Standardmethode empfohlen werden. Bisher wurde bei dieser Methode für die Merkmale Skatol und Indol analytische Standards etabliert. Erste Ergebnisse zeigen eine hohe Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der SIDA-Methode und den Resultaten der HPLC-Standarduntersuchungen des IME Instituts in Schmallenberg.

4) Entwicklung von robusten, automatisierbaren Verfahren (technisch-sensorischer Geruchsmessungen) zur Messung des Ebergeruchs über die Gasphase (off-odour).

Im Rahmen dieses Projektteils wird das ToF-MS (Time of Flight – Massenspektrometrie) Verfahren im Hinblick auf die Erfassbarkeit (Aussagegenauigkeit, Automatisierbarkeit) von Ebergeruchsmerkmalen vom Institut für Landtechnik der Universität Bonn (ILT, PD Dr. Boeker) und five technologies GmbH (Dr. Horner) überprüft. Erste automatisiert analysierte Chromatogramme bzw. Spektrometren von Speckproben verdeutlichen das Potential der Methode. Die bekannte hohe Empfindlichkeit des ToF-MS Verfahrens erlaubt, neben der Identifikation der Leitkomponenten des Ebergeruchs, auch die Erfassung von bisher nicht identifizierten Spurengasen mit Einfluss auf den Ebergeruch. Die Wirksamkeit solcher Gase wird im Rahmen von olfaktometrischen Studien verifiziert.

5) Sensorische Beurteilung von Schweinefleisch von Eber, Kastraten und Sauen.

Im Rahmen dieses Teils der Studie wird in Kooperation mit dem Department für Nutztierwissenschaften der Universität Göttingen, AG Produktkunde - Qualität tierischer Erzeugnisse (Dr. Mörlein) die sensorische Wahrnehmung von Eberfleisch mit unterschiedlich hoher Belastung von Androstenon und Skatol untersucht. In einer Konsumentenstudie werden Gesamteindruck, Geschmack, Zartheit und Saftigkeit von Eberfleischproben (Androstenon 0,5-2,5 ppm, Skatol < 0,2 ppm) im Vergleich zu unbelastetem Fleisch von Kastraten bzw. weiblichen Schweinen anhand einer 9-Punkte-Skala bewertet. Geplant ist weiterhin die Beurteilung von Eberfleisch mit trainierten Prüfpersonen. Dabei sollen die sensorischen Eigenschaften unter Ausschaltung von persönlichen Präferenzen erfasst und die Beziehung zwischen subjektiver Beurteilung und chemisch-analytisch bzw. instrumentell erfassten Parametern (z.B. Gassensorsystem) quantifiziert werden.

„Untersuchungen zu den Möglichkeiten der Integration von Verhaltensmerkmalen in Schweinezuchtprogramme“

„Possibilities of the introgression of behavioural traits into pigs breeding programs“

**Laufzeit**

01.10.2009 bis 30.09.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Matthias Gauly  
Georg-August-Universität Göttingen -  
Department für Nutztierwissenschaften -  
Produktionssysteme für Nutztiere

**Verbundpartner**

Dr. Barbara Voß  
BHZP GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Zielsetzung des Projektes ist die Einführung einer Bewertung von Verhaltenscharakteristika im Rahmen der routinemäßigen Leistungsprüfung und Zuchtwertschätzung beim Schwein. Hiermit soll ermöglicht werden, gezielt auf ausgeglichene und haltungsangepasste Schweine zu züchten. Langfristig sollen auf diese Weise Aggressionen der Tiere untereinander minimiert bzw. die Umgänglichkeit verbessert werden. Damit sollen Wohlbefinden und Tiergerechtigkeit gesteigert sowie Tierverluste reduziert und die Arbeitszeitbelastung der Landwirte gesenkt werden. Grundlage für die Umsetzung des Projektes ist die Entwicklung und Überprüfung von innovativen und praxistauglichen Verhaltenstests für die Merkmalerfassung.

Die Untersuchungen finden zum einem auf dem Versuchsbetrieb der Georg-August-Universität Göttingen in Relliehausen zum anderen in den Basiszuchtbetrieben der BHZP in Ellringen und in Garlitz statt. In den Basiszuchtbetrieben der BHZP GmbH werden vorwiegend Verhaltenstests durchgeführt, die eine sehr hohe praktische Umsetzbarkeit versprechen.

Auf dem Versuchsgut der Universität Göttingen werden zusätzlich eine Reihe von Verhaltenstests getestet, welche z.T. noch tiefergehende, verhaltensphysiologische Untersuchungen ermöglichen aber entsprechend einen höheren apparativen und zeitlichen Aufwand erfordern. Konkret umfassen die Untersuchungen u.a. folgende Tests an Tieren unterschiedlichen Alters, wobei i.d.R. anhand eines Bewertungssystem jeweils ein Score für das Verhalten der Tiere vergeben wird:

### 1.) Saug-/Absetzferkel

- Backtest am 1. und 14. Lebenstag: Zählen der Befreiungsversuche aus Rückenlage
- Handlingscore bei Eiseninjektion
- Wiegetest beim Absetzen

### 2.) Mastschwein

- Score für Hautläsionen: Bewertungssystem nach Anzahl der Hautläsionen am Tag der Umstallung und einen Tag später
- Novel Arena und Novel Object Test
- Wiegetest bei Ausstallung aus dem Mastbereich

### 3.) Sau

- Wiegetest bei Jungsauen
- Jungsauen Gruppierung: Verhalten der Jungsauen zueinander, Beurteilung der Hautläsionen vor und 48 h nach Zusammenstallen, Adaptationsverhalten an unbekannte Fütterungstechnik
- Reinigungsscore bei Umstallung in Abferkelstall sowie Bewertung der Hautläsionen
- Novel Arena Test
- Verhalten der Sau in Abferkelstall: Verhaltensparameter Abferkelverhalten, Aufzuchtleistung und Gebrauchsfähigkeit
- Separationstest: Bewertung des Verhaltens der Sau bei Trennung von den Ferkeln
- Absetzscore

Durch die unterschiedlichen Testverfahren sowie die verschiedenen Altersstufen der Tiere zum Zeitpunkt der Tests wird es möglich, Wiederholbarkeiten einzelner Verfahren zu

berechnen und phänotypische und genetische Korrelationen zwischen den Verfahren zu berechnen. Auf dieser Basis können zunächst die Testverfahren ausgewählt werden, die eine gute Wiederholbarkeit der Ergebnisse aufweisen und bereits bei den jungen Tieren zuverlässige Informationen zu deren Verhaltenscharakteristika liefern. Zudem werden Korrelationen zwischen den Verhaltensmerkmalen und den ökonomisch wichtigen Merkmalen (z. B. Tageszunahmen, Wurfgröße) berechnet.

Erste Ergebnisse zeigen, dass sich beim Backtest an den bisher ca. 3000 getesteten Ferkeln Tendenzen eines Geschlechts sowie Genotypeneffektes abzeichnen: Ferkel der Rasse Large White verhalten sich beim Backtest meist ruhiger und unternehmen weniger Befreiungsversuche als Tiere der Rasse Pietrain. Bei der Verhaltensuntersuchung unter Belastung (Eiseninjektion) ist kein geschlechtsspezifischer Unterschied feststellbar. Jedoch ist ein hochsignifikanter Effekt des Betriebs sowie der behandelnden Person auf die Merkmalsausprägung erkennbar. Eine geringe Varianz zeigt sich nach ersten Auswertungen bei den Scores für das Verhalten der Sauen beim Waschen und beim Absetzen. Beim Zusammenstallen der Jungsauen ist ein deutlicher Effekt der Rasse zu beobachten. So waren Large White häufiger an Rankämpfen beteiligt. Des Weiteren lässt sich beobachten, dass sich Pietrainjungsauen langsamer an die unbekannte Fütterungstechnik gewöhnen und häufiger hineingetrieben werden müssen als Tiere der Rasse Large White.

Nach ersten Ergebnissen kann festgestellt werden, dass die verwendeten Testverfahren teils signifikante Unterschiede im Verhalten der Tiere zeigen. Die Weiterführung der Tests und die Berechnung von Korrelationen zwischen den Tests sowie zu Leistungsmerkmalen als auch die Schätzung genetischer Parameter werden im weiteren Verlauf des Projektes folgen.

## "Innovatives Aufruf-Fütterungssystem für Tier- und produktionsgerechte Sauenhaltung"

An innovative call feeding system for an animal- and production-friendly keeping of group housed sows

### Laufzeit

01.03.2008 bis 31.05.2011

### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr. Gerhard Manteuffel  
Leibniz-Institut für Nutztierbiologie - Forschungsbereich Verhaltensphysiologie

### Verbundpartner

Bernard Laake  
PigTek Europe GmbH

Dr. Lars Schrader  
Friedrich-Loeffler-Institut - Institut für Tierschutz und Tierhaltung

### Kurzfassung der Ergebnisse

Ziel des Verbundprojektes ist die Verbesserung der Abruffütterung in der Gruppenhaltung von Schweinen. Bei der Abruffütterung erhalten Tiere einzeln und nacheinander Zugang zu einem nach außen abgeschirmten Futtertrog. Mit entsprechendem Tiermanagement ist dieses Fütterungsverfahren seit vielen Jahren erfolgreich aber nicht problemlos im Einsatz.

Die Abruffütterung wird vielfach bei trächtigen Sauen im Wartestall eingesetzt. Trächtige Sauen werden rationiert gefüttert. Die Fütterung ist häufig die einzige Abwechslung in einer ansonsten erlebnisarmen Umwelt. Beide Faktoren führen zu einer Fixierung der Sauen auf die Abruffütterung und zu verstärkten Aggressionen in deren Umfeld. Die Folge können Kampfverletzungen wie Bisswunden und Magen-Darmverdrehungen sowie stressbedingte Erkrankungen wie z.B. Magengeschwüre sein.

Nach EU Richtlinie 2001/88/EG mit Wirksamkeit zum 01. Januar 2013 sind alle Sauen und

Jungsauen im Wartestall in Gruppen zu halten. Für die Gruppenhaltung von Sauen gibt es neben der Abruffütterung verschiedene andere Fütterungssysteme wie z.B. die Einzelfütterung oder den Breinuckel. Im Vergleich ist die Abruffütterung ein kostengünstiges Verfahren, das sich besonders für die Umrüstung alter Ställe anbietet. Es kann auch in verwinkelten Ställen eingesetzt werden und ist mit geringem Aufwand auch für größere Tiergruppen anwendbar.

Im Rahmen des Verbundprojektes wird untersucht, ob sich durch den gezielten individuellen Aufruf der Sauen zur Futterstation, die futterassozierten Aggressionen verringern lassen. Diese Hypothese basiert auf Ergebnissen von Grundlagenuntersuchungen am Forschungsbereich Verhaltensphysiologie des Leibniz-Instituts für Nutztierbiologie (FBN). Dabei wurden Gruppen von acht Jungschweinen mit vier experimentellen Aufruffütterungsstationen versorgt. Die Tiere lernten einen individuellen akustischen Aufruf zu erkennen und daraufhin die aufrufende Fütterungsstation aufzusuchen. Trainierte Tiere zeigten keine Reaktion auf Aufrufe anderer Tiere. Für sie hatte der fremde Ton keine Bedeutung, weil er niemals mit Futter assoziiert wurde. Folgen der bis zu 30-mal täglich pro Tier stattfindenden Aufruffütterung war unter anderem eine Reduktion des auf die Gruppenmitglieder gerichteten Verhaltens im Vergleich zu am Trog gefütterten Jungschweinen.

Für den Test der Aufruffütterung unter praxisnahen Bedingungen wurde untersucht, in wie weit sich diese Grundlagenergebnisse auf trächtige Altsauen und maximal sechs tägliche Fütterungen pro Tier übertragen lassen. Dazu wurde die Aufruffütterung weiterentwickelt und in einem noch laufenden Großversuch zur Versorgung des Tierbestands Versuchsstation Mecklenhorst des Friedrich-Loeffler-Instituts (FLI) eingesetzt. Die Sauen werden in Mecklenhorst in einer dynamischen Großgruppe gehalten, wobei sich bis zu 40 Tiere gleichzei-

tig im Wartestall befinden. Betreut wird der Versuch von Mitarbeitern des FLI Instituts für Tierschutz und Tierhaltung. Die technische Betreuung übernehmen Mitarbeiter der Firma PigTek Mannebeck und des FBN. Als Futterstation stehen zwei konventionelle Abrufstationen der Firma PigTek Mannebeck zur Verfügung, die modular zu Aufrufstationen erweitert wurden. Die Steuerung der Aufrufe erfolgt durch eine separate Software, die in der Arbeitsgruppe Tier-Technik-Interaktion des Forschungsbereichs Verhaltensphysiologie des FBN entwickelt wurde. Zur Kommunikation mit den Futterstationen wird ISOagriNet verwendet.

Die Aufruffütterung erfolgt in zwei Abschnitten, die in den normalen Produktionszyklus der Sauen integriert wurden. Im ersten Abschnitt wird innerhalb von zwei Wochen das Anlernen der Tiere mit Hilfe klassischer und operanter Konditionierung durchgeführt. Jungsauen werden hier in das Aufrufverfahren integriert und bei Altsauen wird die Konditionierung gefestigt. Die Softwarekomponenten zum Anlernen der Sauen wurden soweit optimiert, dass der Managementaufwand dem der Abruffütterung entspricht. Das heißt, Tiere welche die Abruffütterung beherrschen, haben in der Anlernphase der Aufruffütterung keinen zusätzlichen Betreuungsbedarf. Im zweiten Abschnitt werden die Tiere ein- bis zweimal täglich individuell zur Futterstation gerufen. Als Nebeneffekt hat sich gezeigt, dass die Aufruffütterung geeignet ist, einzelne Tiere für Inspektionen und Behandlungen zu selektieren.

Während des Großversuchs werden neben Verhaltensbeobachtungen Parameter der Tiergesundheit sowie Leistungsmerkmale in einem Kontroll- und zwei Versuchsdurchgängen erhoben. Zusätzlich wird der Verlauf des Stressniveaus im Stall mit der Stressmonitoring Software STREMODO dokumentiert. Bisher konnte gezeigt werden, dass gesunde Sauen kein Problem haben, die Aufrufe individuell zu erlernen und mit der Fütterung zu assoziieren. Innerhalb eines vollständigen Produktionszy-

klusses von 22 Wochen ist der gesamte Tierbestand erfolgreich auf das Aufruf-Fütterungsverfahren umgestellt worden. Einmal trainierte Sauen erinnern sich an ihren Aufruf auch noch, nachdem sie sich ca. 7 Wochen nicht im Wartestall befanden, um abzuferkeln und neu gedeckt zu werden.

Die aus der kontinuierlichen Aufzeichnung der Tierreaktionen resultierenden Daten deuten darauf hin, dass der Lernprozess mit der Umstellung des Bestandes auf das Aufrufverfahren nicht beendet ist. Die Sauen festigen und verbessern ihre Konditionierung noch Monate nach dem Anlernen kontinuierlich. Dies äußert sich z.B. in einer sinkenden Zahl verpasster Aufrufe und einer kürzeren Dauer, bis ein Tier auf seinen Ruf reagiert. Das erlaubt den Schluss, dass die Sauen auch nach dem Ende des Trainings durch die Aufruffütterung noch kognitiv gefordert werden und dieses Fütterungsverfahren eine Form der Umweltanreicherung darstellt. Zudem sind im ersten halben Jahr nach der Umstellung auf Aufruffütterung die Kämpfe vor der Futterstation im Vergleich zur Abruffütterung signifikant zurückgegangen. Auswertungen zum Stressniveau und zur Tiergesundheit laufen zurzeit.

## Sektion 5: Pflanzenschutz

Entwicklung von Leitlinien für den integrierten Pflanzenschutz in Zuckerrüben und exemplarische Ermittlung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen von innovativen Anwendungen von Pflanzenschutzmitteln

Development of guidelines for the Integrated Pest Management in sugar beet and exemplary investigation of ecological and economical impacts of innovative use of Plant Protection Products

### **Laufzeit**

01.03.2008 bis 31.03.2011

### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Erwin Ladewig  
Institut für Zuckerrübenforschung

### **Verbundpartner/Kooperationspartner**

Dr. Udo Heimbach  
Julius Kühn-Institut - Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

Dr. Volkmar Gutsche  
Julius Kühn-Institut - Institut für Strategien und Folgenabschätzung im Pflanzenschutz

Dr. Schönhammer  
BASF AG

Dr. Hans-Josef Diehl  
Bayer CropScience Deutschland GmbH

Dr. Ernst-Peter Thies  
Dow Agrosciences GmbH

Dr. Stefan Peterka  
DuPont de Nemours GmbH

Dr. Gerhard Ahlers  
Feinchemie Schwebda AG

Matthias Sauer  
Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Zuckerrübenanbaues Anklam

Dr. Peter Kasten  
Rheinischer Rübenbauer-Verband e. V.,  
Arbeitsgemeinschaft Bonn

Rainer Becker, Franz Michiels-Corsten  
Pfeifer & Langen Kommanditgesellschaft,  
Werk Könnern

Gero Schlinker  
Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des  
Zuckerrübenanbaus in Norddeutschland

Dr. B. Kämmerling  
Landwirtschaftlicher Informationsdienst  
Zuckerrübe

Arbeitsgemeinschaften für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau Baden-Württemberg, Franken, Hessen, Rheinland-Pfalz und Zeitz koordiniert im Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, Ansprechpartner Dr. Klaus Bürcky.

### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Ziel des Vorhabens ist die Erstellung eines abgestimmten Vorschlags für Leitlinien des integrierten Pflanzenschutzes für Zuckerrüben in Deutschland. Zusätzlich wurden Umweltwirkungen von drei Herbizidanwendungsstrategien im Splittingverfahren exemplarisch gemessen und mit modellierten Umweltrisiken verglichen. Die Anlage der Feldversuche erfolgte an 20 Standorten durch regionale Arbeitsgemeinschaften und das IfZ. Die experimentelle Durchführung (Formalin-Methode für Regenwurmpopulation und Insect Suction Sampler sowie Photoelektoren für Insekten) erfolgte in Zusammenarbeit mit dem JKI Braunschweig. Das Wirkstoffverhalten wird durch die Industriepartner modelliert. Die Umweltrisiken werden durch das JKI Kleinmachnow auf Grundlage von Daten der Feldversuche simuliert.

### *Teilprojekt 1: Leitlinien integrierter Pflanzenschutz*

Zur Formulierung der Leitlinien wurde eine intensive Literaturrecherche zu allen Krankheiten, Schädlingen und der Unkrautregulierung bei Zuckerrüben sowie grundlegenden Aspekten des integrierten Pflanzenschutzes durchgeführt und 2009 zu großen Teilen abgeschlossen. Als Literaturquellen wurden neben Fachbüchern und Veröffentlichungen in nationalen und internationalen wissenschaftlichen Fachzeitschriften insbesondere Empfehlungen von Beratungsinstitutionen und Online-Portalen sowie praxisnahen Zeitschriften berücksichtigt.

Als mögliche Struktur der Leitlinien wurde mit den Verbundpartnern folgendes abgesprochen: Die Leitlinien werden aus zwei Teilen bestehen. Teil a) wird allgemeine Grundsätze des IPS enthalten, die auf die Situation im Zuckerrübenanbau übertragen werden, Teil b) soll spezifische Grundsätze des IPS und ergänzende schaderregerbezogene Handlungsempfehlungen beinhalten und soll künftig kontinuierlich an die Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis angepasst werden und versteht sich als "dynamischer Anhang" zum Teil a).

### *Teilprojekt 2: Umweltwirkung verschiedener Herbizid-Strategien*

**Teilprojekt 2.1 Wirkung auf Bodenlebewesen**  
Zur ökotoxikologischen Charakterisierung der Herbizid-Strategien (1. volle Aufwandmenge, 2. praxisübliche Aufwandmenge, 3. Minimengen; siehe Abbildung 1) wurde stellvertretend für die Bodenfauna die Regenwurmpopulation herangezogen. Die Umwelt eines Standortes hatte den größten Einfluss auf die Regenwurmpopulationen und führte zu deutlichen Dichteunterschieden zwischen den Standorten in beiden Versuchsjahren (> 300 bzw. < 50 Tiere m<sup>-2</sup>).

In der gepflügten Bodenbearbeitung trat an fast allen Standorten im Frühjahr eine signifikant geringere Regenwurmdichte im

Vergleich zum gemulchten System auf. An einigen Standorten betrug diese Differenz über 90 %. Im Laufe der Vegetationsperiode fand ein stärkerer Populationszuwachs im gepflügten System statt, so dass sich die Differenz zwischen beiden Systemen im Herbst auf etwa die Hälfte verringerte.

Trotz der hohen Anzahl von Wirkstoffen führte die Herbizid-Strategie "Minimenge" zu keinen veränderten bodenökologischen Effekten als die Strategien mit höheren Aufwandmengen. Ein einheitlicher, standortübergreifender Effekt der Herbizid-Strategien auf die Regenwurmpopulation konnte nicht festgestellt werden. Die Dichteunterschiede zwischen den Herbizid-Strategien waren standortgebunden ungerichtet.

### *Teilprojekt 2.2 Wirkung auf Insekten*

Auf den sechs Standorten mit umfangreicheren Untersuchungen traten in den Beobachtungsjahren unterschiedliche Auflaufschädlinge wie Collembolen oder Moosknopfkäfer auf. Als Raubarthropoden wurden fast ausschließlich Spinnen gefangen. Der Vergleich der verschiedenen Herbizid-Strategien in den beiden Bodenbearbeitungsvarianten zeigte, soweit bisher ausgewertet, keine signifikante Auswirkung der jeweiligen Herbizidstrategie auf die Spinnen-Fauna, bezogen auf die Individuenzahl. Eine Artanalyse war bisher noch nicht möglich. Der Vergleich der beiden Bodenbearbeitungsvarianten ergab nur tendenzielle, jedoch keine statistisch gesicherten Unterschiede mit weniger Spinnen in der tiefen (Herbstfurche) im Gegensatz zur flachen Bodenbearbeitung (Mulchsaat).

Mit den Photoelektoren und den darin befindlichen Bodenfallen konnten zusätzlich zu den Spinnen auch Laufkäfer und Kurzflügelkäfer gefangen werden. Auch hier zeigte die Betrachtung der Individuenzahlen keine signifikanten Auswirkungen der beobachteten Herbizidstrategien oder der Bodenbearbeitung.

### Teilprojekt 2.3 Modellierung Wirkstoffverlagerung, -abbau

Zur Bewertung möglicher Auswirkungen unterschiedlicher Wirkstoffkonzentrationen auf die untersuchten bodenökologischen Indikatoren wurde die Wirkstoffverlagerung unter realen Standortbedingungen mit dem Modell FOCUS PEARL modelliert. Für das Versuchsjahr 2008 lag unabhängig von Standort, Bodenbearbeitung und Herbizid-Strategie ein relativ einheitliches Verlagerungsmuster vor. Zwar wurden geringe Konzentrationen von Wirkstoffen bis 0,1 m Bodentiefe modelliert, allerdings verblieb der Hauptanteil in den oberen Bodenschichten (Tiefen bis 0,025 m).

Zur ökotoxikologischen Beurteilung der einzelnen Herbizid-Strategien wurde die Toxic-Unit (TU) berechnet. Ein letaler Effekt liegt vor, wenn der Quotient aus der Umweltkonzentration eines Wirkstoffs im Verhältnis zur Effekt- bzw. Laborkonzentration desselbigen Wirkstoffes 1 ergibt. Am Beispiel des Indikatororganismus Regenwurm wurden für die Herbizid-Strategien die TUs für das Versuchsjahr 2008 ermittelt. Die maximalen Tages-Werte lagen mehr als eine Zehnerpotenz unter dem letalen Effekt.

### Teilprojekt 2.4 Modellierung Umweltrisiko

Die Berechnung der Umweltrisikopotenziale

der Herbizid-Strategien erfolgte mit dem Modell SYNOPS. Für die verschiedenen Versuchsstandorte unter Berücksichtigung der verschiedenen Auflauftermine, Bodenparameter und Klimadaten wurden, unter Annahme von worst case Bedingungen für ökologische Zeigerarten (Regenwurm, Biene, Wasserfloh, Algen, Fische), Risikokennziffern errechnet. Trotz einer höheren Anzahl von Wirkstoffen ergab die Minimengenvariante die geringsten Risikopotenziale. Weiterhin wurden für zwei Erhebungsregionen vier Szenarien berechnet, indem zum einen auf allen Rübenschlägen jeweils eine der drei Strategien angenommen wurde und zum anderen die tatsächlich im Projekt NEPTUN erhobenen differenzierten Strategien eingesetzt wurden. Für diese Simulationen wurden die realen Schlagbedingungen einschließlich der tatsächlichen Abstände zu Oberflächengewässern sowie die Abstandsaufgaben der Mittel beachtet. Die Auswertung der Häufigkeitsverteilungen der Risikokennziffern ergab leichte Vorteile für die simulierten Versuchsstrategien gegenüber den Strategien in NEPTUN, wobei zu beachten ist, dass die Annahme der gleichen Strategie auf allen Schlägen unrealistisch ist und in den weiteren Berechnungen durch gewisse Prozentsätze der jeweiligen Strategie ersetzt werden muss.

Strategie	Mittel	NAK 1 (kg-l/ha)	Aufwand- menge* (%)	NAK 2 (kg-l/ha)	Aufwand- menge* (%)	NAK 3 (kg-l/ha)	Aufwand- menge* (%)
1	Goltix 700 SC	1	100	2	100	2	100
	Betanal Expert	1,75	100	1,75	100	1,75	100
2	Goltix 700 SC	0,8	80	0,8	40	0,8	40
	Betanal Expert	0,8	46	0,8	46	0,8	46
	Rebell	0,8	96	1	60	1,2	48
3	Betanal Expert	0,61	35	0,61	35	0,61	35
	Debut (plus FHS)	0,01	35	0,01	35	0,01	35
	Spectrum	0,05	35	0,11	35	0,16	35
	Rebell	0,29	35	0,58	35	0,88	35
	Goltix 700 SC	0,35	35	0,7	35	0,7	35
	Lontrel 100	0,14	11,7	0,14	11,7	0,14	11,7
	Oleo FC	0,35	35	0,35	35	0,35	35

\*die Angabe bezieht sich auf die zugelassene Aufwandmenge des Herbizids pro Applikationstermin (Ausnahme Lontrel 100)

„Entwicklung eines innovativen Prognosemodells zur Bekämpfung des Echten Mehltaus (*Podosphaera macularis*) im Hopfen (*Humulus lupulus*)“

“Development of an Innovative Forecasting Model to Control Powdery Mildew (*Podosphaera macularis*) in Hops (*Humulus lupulus*)”

#### **Laufzeit**

01.05.2007 bis 31.12.2009

#### **Projektkoordinator, Institution**

Bernhard Engelhard

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - AB Hopfen

#### **Kooperationspartner**

Erzeugergemeinschaft Hopfenverwertungsgenossenschaft e.G.

Sieben Hopfenpflanzer

Hopfenring e.V.

Gesellschaft für Hopfenforschung e.V.

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Ein Erreger, der den Hopfen regelmäßig befallt ist der Pilz *Podosphaera macularis* Echter Mehltau. Da die biologischen und witterungsbedingten Voraussetzungen für eine Infektion nicht bekannt waren, wurde bisher vorbeugend vier- bis fünfmal gegen diese Krankheit gespritzt; unabhängig von der Widerstandsfähigkeit der Sorten. Am Hopfenforschungszentrum Hüll wurde seit 2003 mit einem "vorläufigen Prognosemodell" gearbeitet. Die Vorgaben für dieses Modell beziehen sich ausschließlich auf Temperatur, Niederschlag (mm) und Sonnenscheinintensität ( $\text{Wh/m}^3$ ). Als Besonderheit wird unterschieden zwischen Tag- und Nachtwerten. Entgegen bisheriger Vorgaben ist festzustellen, dass ein besonders hohes Infektionsrisiko besteht, wenn nur geringe Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht bestehen.

Während des dreijährigen, von der BLE und der EZG HVG finanzierten Forschungsprojektes wurden die biologischen Kenndaten des Echten Hopfenmehltaus in Labor- und Freilandversuchen näher untersucht.:

1. Überwinterungsform und Infektionsquellen für Erstbefall - trotz intensiver Bemühungen ist es nicht gelungen, mit Ascosporen aus vitalen Kleistothecien Neuinfektionen an Hopfenblättern zu erzeugen. Überwinterung in Mycelform und daraus hervorgehende Infektion konnte häufig nachgewiesen werden.

2. Sporenverteilung - im Umkreis von Infektionsquellen, z.B. an Wildhopfen, konnte nachgewiesen werden, dass die Sporenverteilung sich auf wenige hundert Meter beschränkt. Bei voller Gerüsthöhe erfolgt die Sporenverteilung nur noch auf wenige Reihen. Es ist also jeder Hopfenpflanzer gefordert, seine eigenen Anlagen zu kontrollieren.

3. Anfälligkeit der Blattetagen - bereits in früheren Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass die Infektion fast nur an den Blattetagen 2 bis 4 erfolgt. Über die Blattetage 4 hinaus besteht eine Altersresistenz.

4. Anfälligkeit während der Vegetationsperiode - Während zu Beginn der Vegetationsperiode die Blätter hoch anfällig sind und die Inkubationszeit nur fünf Tage beträgt, tritt ab Mitte Juni auch auf den normal hochanfälligen Blättern der Blattetagen 2-4 eine Resistenz ein. Die Inkubationszeit verlängert sich auf sieben Tage und der Befall wird deutlich niedriger. In der zweiten Junihälfte und im Juli sind nur noch selten kleine Infektionen zu beobachten. Für die Praxis bedeutet dies, dass in mehltaufreien Beständen ab Juli keine weiteren Spritzungen mehr notwendig sind.

5. Einfluss von Witterungsparametern auf die Infektion - Im Frühjahr 2008 und 2009 wurden an jeweils fünf Jungpflanzen und fünf verschiedenen Sorten in abgeschlossenen Plastikkä-

figen Inokulationen durchgeführt. Insgesamt wurden 56 verschiedene Witterungskombinationen getestet. Die wichtigsten Ergebnisse:

- die Temperatur hat großen Einfluss auf die Befallsstärke und Inkubationszeit, optimal 12-23 °C. Aus technischen Gründen konnte die genaue Abgrenzung nach unten (10 °C, < 10 °C) nicht ermittelt werden
- der Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht hat großen Einfluss auf die Sporenvermehrung und Infektion; optimal < 5 °C
- die relative Luftfeuchtigkeit hat keinen Einfluss auf die Infektion
- die Lichtintensität hat großen Einfluss auf die Befallsstärke
- Blattnässedauer, Windgeschwindigkeit und Regenintensität haben nur einen geringen Einfluss

6. Freilandversuche - das empirisch erarbeitete "vorläufige Prognosemodell" und die auf wissenschaftlich abgesicherte Versuchsergebnisse basierende "Witterungsgestützte Befallsprognose" wurden jeweils an elf Versuchsstandorten in der Hallertau überprüft. Leider war in den unbehandelten Parzellen nur an wenigen Standorten ein deutlicher Befall vorhanden. An Standorten die nach Prognose behandelt wurden, war der Hopfen immer frei von Mehltaubefall, der wirtschaftlichen Schaden oder Qualitätsverschlechterungen verursacht hätte.

Ganz wesentlich für die praktische Umsetzung der Forschungsergebnisse sind folgende Erkenntnisse:

- Die Bekämpfung des Echten Mehltaus im Frühjahr ist besonders wichtig!
- Spritzungen außerhalb der vom Prognosemodell angezeigten Infektionszeiträume sind wirkungslos, da neu gebildete Blätter/Blüten/Dolden nicht geschützt sind.

- Auch bei nur geringem Befall kann es bei günstigen Witterungsbedingungen im Juli/August Neuinfektionen geben, die noch zu großen Schäden führen.
- Ist Ende Juni der Bestand 100 %ig frei von Mehltaupusteln, kommt es für den Rest der Saison zu keinem Neubefall.

„Erstellung eines Softwaregestützten Prognosemodells für die effektive Bekämpfung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*)“

„Development of a computer based model for effective European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) control“

#### Laufzeit

01.04.2007 bis 31.12.2010

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Martin Felke

Julius Kühn-Institut - Institut für biologischen Pflanzenschutz

#### Verbundpartner

Andreas Johnen  
proPlant GmbH

#### Kurzfassung der Ergebnisse

Bundesweit wurden in den Jahren 2007 bis 2010 - z. T. in Zusammenarbeit mit den Pflanzenschutzdiensten der Länder - an insgesamt acht Standorten Maiszünsler-Phänologiedaten gesammelt. Erfasst wurden u. a. natürliche Wintermortalität, Falterschlupf, Zuflugverlauf, Eiablage, Larvenschlupf, Befall vor und nach der Ernte, sowie der Einfluss des Behandlungszeitpunktes (Applikation des Insektizids Steward) auf den Befall zum Zeitpunkt der Ernte. Im Untersuchungszeitraum war die Maiszünsler-Populationsentwicklung generell rückläufig, weshalb nur an einem Teil der ausgewählten Untersuchungsstandorte genügend Daten zur Maiszünslerphänologie gesammelt werden konnten. Ursache für diese Entwicklung waren

v. a. relativ kühle und niederschlagsreiche Perioden in den Monaten Juni und Juli, die zu einem vermehrten Absterben von Eigelegen und Junglarven geführt haben. An Standorten mit ausreichend hohem Maiszünslerbefall, wie zum Beispiel im Kraichgau oder im Hessischen Ried, verlief die Erhebung aktueller Phänologiedaten dennoch insgesamt positiv. Im Verlauf der Datenrecherche stellte sich heraus, dass im Bereich der historischen Daten fast nur Flugdaten vorhanden waren. Daher konnte bezüglich der zur Programmentwicklung benötigten Daten zu Eiablage oder Larvalentwicklung fast ausschließlich auf Daten zurückgegriffen werden, die im Rahmen des Projekts erhoben wurden. Im Frühjahr 2008 stand eine erste Programmversion zur Verfügung, die auf Basis von historischen Zuflugdaten erstellt worden war. Die Validierung dieser ersten Version im Laufe der Freilandsaison 2008 ergab eine hohe Zuverlässigkeit der Prognose. Das galt auch für die zweite Programmversion, die ein Jahr später vorlag und um aktuelle Phänologiedaten aus den Jahren 2007 und 2008 ergänzt worden war.

Basierend auf vierjährigen Beobachtungen zum Falter-Zuflug, der Eiablage und des Larvenschlupfes, die um historische Daten ergänzt wurden, wurde somit ein Prognosemodell für den Maiszünsler erstellt, das über den Zuflug hinaus auch die Zeiten der Eiablage und des Larvenschlupfes anhand von Wetterdaten bewertet und damit v. a. für die optimale Terminierung von Bestandeskontrollen und Behandlungen in der Praxis genutzt werden kann. Die Basis der Prognosen bildet die tägliche Bewertung der Witterung im Hinblick auf die Zuflug-Wahrscheinlichkeit. Neben Tagen, an denen kein Zuflug zu erwarten ist, werden Wetterkonstellationen, die Zuflug auslösen können, gewichtet in 3 Klassen (möglich, günstig, optimal) angegeben. Zusätzlich ist eine Information über den Anteil der Falter enthalten, die bereits zugeflogen sind, damit der noch ausstehende Falterflug besser eingeschätzt werden kann. Für die prognostizierten Zuflugphasen der

Falter werden jeweils die zugehörigen Eiablage- und Larvenschlupfperioden hergeleitet. Neben der Situation am Beratungstag ist über die Wetterprognose auch eine Vorausschau möglich. Die Ergebnisse des Systems können für einzelne Wetterstationen in Form einer Grafik im Detail abgerufen werden. Zudem können überregionale Auswertungen für wichtige phänologische Ereignisse wie z. B. Erstzuflug, erneuter Zuflug nach einer Schlechtwetterperiode, oder erstes Auftreten von Eiern bzw. Larven auch in Form von Karten dargestellt werden.

Die Kenntnis über den Verlauf der Eiablage und des Larvenschlupfes in den Maiskulturen ist in der Praxis entscheidend für die Optimierung von Bestandeskontrollen und die Terminierung von Behandlungen. Das gilt gleichermaßen für biologische Behandlungsverfahren mit Trichogramma-Schlupfwespen, die die Eigelege des Maiszünslers parasitieren, wie für chemische Behandlungen, die sich gegen die schlüpfenden Larven richten. Für beide Behandlungsverfahren ist die Vorhersage der Maiszünslerentwicklung unabdingbar. In der aktuell vorliegenden Version liefert das System eine gute Übereinstimmung mit den Freilandbeobachtungen. Insbesondere die in Versuchen mit dem Insektizid Steward an einzelnen Standorten und Jahren ermittelten optimalen Termine für eine chemische Behandlung konnten mit dem Prognosesystem vorhergesagt werden.

Ein wichtiges Ergebnis der Untersuchungen ist die Erkenntnis, dass der Maiszünsler-Erstzuflug nicht allein vom Temperaturverlauf abhängt, sondern dass weitere Klimafaktoren den Verpuppungszeitpunkt und die Dauer der Puppenruhe beeinflussen können. Einen besonders wichtigen Einfluss auf den Zeitpunkt des Falterschlupfes haben Niederschläge, die im Verlauf der Diapause auftreten. So zeigt die Auswertung von mehr als 40 verschiedenen Standorten im gesamten Bundesgebiet im Jahr 2010, dass die bis zum Erstzuflug ermittelten Temperatursummen mit der Niederschlags-

menge korreliert sind. Tendenziell erhöht sich die Temperatursumme, wenn die Regenmenge zunimmt.

Das Forschungsprojekt endet am 31.12.2010. Die aktuell vorliegende, 3. Programmversion des Prognosemodells wird noch um Phänologiedaten ergänzt, die im Verlauf des Untersuchungsjahres 2010 gesammelt wurden. Von besonderem Interesse wird sein, wie sich die extrem warme Witterung in den Sommermonaten 2010 auf die Eiablage ausgewirkt hat. Somit wird die vierte Programmversion voraussichtlich im Frühjahr 2011 verfügbar sein. Anschließend wird die Prognosegenauigkeit des Modells für die Bereiche Falterzuflug, Eiablage und Larvenschlupf im Frühjahr und Sommer 2011 durch die ProPlant GmbH in Zusammenarbeit mit ausgewählten Versuchsanstellern noch einmal überprüft. Eine marktreife Version des Prognosemodells ist für das Jahr 2012 geplant.

Dabei ist die Integration der Maiszünsler-Vorhersage in das bestehende Desktopsystem proPlant expert.classic vorgesehen, damit Marktfuchtbetriebe, Berater und Versuchsansteller neben den bekannten proPlant-Lösungen für Getreide, Raps, Zuckerrüben und Kartoffeln auch die Informationen zum Maiszünsler in einem System nutzen können. Ein weiteres Einsatzfeld ist das Angebot von Informationen zur Maiszünsler-Phänologie in vorhandenen oder neuen Internetangeboten, die die proPlant GmbH zusammen mit Partnern anbietet.

## "Prognosemodell für Massenvermehrungen von Feldmäusen"

„Forecast model for outbreaks of common voles (*Microtus arvalis*)“

### Laufzeit

01.08.2007 bis 31.07.2011

### Projektkoordinator, Institution

Dr. Jens Jacob

Julius Kühn-Institut - Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst - Außenstelle Münster

### Verbundpartner

Thomas Volk

proPlant GmbH

### Kurzfassung der Ergebnisse

Feldmäuse (*Microtus arvalis*) können vor allem bei Massenvermehrungen Schäden an Kulturpflanzen in Land- und Forstwirtschaft verursachen. Die letzte starke Massenvermehrung von Feldmäusen im Jahr 2007 führte zu massiven Problemen in vielen Landwirtschaftsgebieten Deutschlands. Die Massenvermehrungen beschränken sich nicht nur auf Deutschland, sondern erstrecken sich über viele Länder von Spanien bis nach Osteuropa. In Deutschland kommt es je nach Region etwa alle 2-5 Jahre v.a. in Mitteldeutschland zu Feldmaus-Massenvermehrungen.

Neben dem direkten Verlust durch Fraßschäden von Feldmäusen können Folgeprobleme auftreten. So können ein vorzeitiger Abtrieb von Weidevieh, Zukauf von Grünfutter, Umpflügen und Neueinsaat erforderlich werden. Zusätzlich sind weitere Folgeschäden wie z.B. Verunkrautung geschädigter Grünlandflächen, Fehlgärung durch Verunreinigung von Silage durch Erdauswurf sowie Infektionspfoten durch Wunden an mehrjährigen Kulturen möglich.

Die Regulierung von Feldmauspopulationen erfolgt in der Praxis meist mit chemischen Rodentiziden. Trotz der massiven Verluste durch Massenvermehrungen von Schädigern in Land- und Forstwirtschaft hat sich die Verfügbarkeit von Wirkstoffen in den letzten Jahrzehnten stark verringert und ist bei der Feldanwendung gegen Feldmäuse durch die verdeckte Ausbringung mit einem erheblichen Arbeitsaufwand verbunden. Alternativen zum Einsatz von Rodentiziden sind rar. Während z.B. Fallen- und Barriersysteme nur bei kleinräumigen und besonders wertvollen Kulturen praktikabel sind, lassen sich die intensive Beweidung von Grünlandflächen und die tiefgründige Bodenbearbeitung auch auf großen Schlägen anwenden.

Prognosen von Feldmaus-Massenvermehrungen dürften dazu beitragen, dass rechtzeitig Gegenmaßnahmen ergriffen werden können, um Schäden zu vermeiden. Eine Vorhersage würde außerdem erlauben, räumlich und zeitlich gezielte bestandsregulierende Maßnahmen einzuleiten. Dadurch lässt sich der Einsatz von Rodentiziden reduzieren, was neben der Kostenersparnis für den Landwirt auch zu einer Verringerung der Risiken für Nicht-Zielarten in Agrarökosystemen führen würde.

Ein Prognosemodell, das von Hartmut Wieland und Kollegen in den 80er und 90er Jahren entwickelt wurde, eignete sich zur Vorhersage von Feldmausabundanz. Datengrundlage für dieses Modell ist u.a. die Embryonenzahl. Dieser Parameter wird jedoch weder von Beratern noch den Landwirten erhoben, so dass dieses Modell nicht etabliert werden konnte.

Ziel des hier beschriebenen Projektes war die Entwicklung eines Modells zur Vorhersage von Massenvermehrungen von *Microtus arvalis* ausschließlich durch Witterungsdaten. Dabei ging es lediglich um die Ableitung von Prediktoren und nicht darum, ökologische Zusammenhänge zu erklären. Wetterdaten sind

engmaschig verfügbar und das Vorhalten von digitalen Wetterdaten erfolgt standardmäßig in vielen Einrichtungen. Die Witterung kann sich direkt (Energiehaushalt) und indirekt (Futtermittelfürbarkeit, Deckung vor Fressfeinden) in vielfältiger Weise auf Feldmauspopulationen auswirken. Deshalb ist es wahrscheinlich, dass ein Zusammenhang zwischen Massenvermehrungen und Witterung besteht, der zur Entwicklung eines Vorhersagemodells genutzt werden kann.

Grundlage zur Modellentwicklung waren historische Langzeitdatensätze (1973-1997) von wiedergeöffneten Löchern (WgL), die von den Pflanzenschutzdiensten der ehemaligen DDR bzw. in den neuen Ländern in Sachsen-Anhalt und Thüringen erhoben wurden. Diese Datensätze wurden digitalisiert und über statistische Verfahren auf Korrelationen mit regionalen Wetterparametern untersucht.

Zunächst konnte durch eine Fang-Wiederfang-Studie im Freiland demonstriert werden, dass die WgL Werte eng linear mit der tatsächlichen Abundanz von Feldmäusen korrelieren ( $R^2=0,73$ ). Mit Hilfe von „Classification and Regression Tree“-Analysen war es möglich, relevante Prediktoren und deren Schwellenwerte zu identifizieren. Für die Wetterparameter war die räumliche Basis der Vorhersage das Einzugsgebiet von bis zu 25 km um eine Wetterstation. Für die Vorhersagen wurden monatliche Mittel von Witterungsparametern wie Temperatur (Durchschnitt, Minimum, Maximum), Niederschlag, Sonnenscheindauer und Schneebedeckung betrachtet. Dabei wurden Daten bis 12 Monate vor dem Prognosezeitpunkt einbezogen. Ein- und mehrjährige Kulturen wurden getrennt betrachtet und Parametersätze sowohl für eine Frühjahrs- als auch für eine Herbstprognose ermittelt.

Mit der aktuellen Version des Modells lassen sich momentan bis ca. 80% der Populationsverläufe der vergangenen Jahre korrekt vorhersagen. Die Vorhersagegüte ist für Jahre

mit geringem Risiko für das Auftreten einer Feldmaus-Massenvermehrung besser als für Jahre mit hohem Risiko. Das liegt daran, dass auf Grund der Witterungsdaten eigentlich mit einer Massenvermehrung gerechnet werden musste, aber letztlich keine Massenvermehrung auftrat. Dieser Umstand zeigt, dass andere Faktoren erheblichen Einfluss auf die Populationsentwicklung von Feldmäusen haben. Trotzdem besitzt eine rein auf Wetterdaten basierende Prognose eine überraschend gute Vorhersagekraft, die möglicherweise durch Modelloptimierung weiter verbessert werden kann.

Die aktuelle Modellversion wird vom Projekt Partner proPlant GmbH im Prognosesystem Expert.com implementiert und zukünftig auch vom JKI bereitgestellt. Da auch für weitere Bundesländern historische Daten zur Feldmausabundanz existieren, sind in Zukunft eine Ausdehnung des Prognosegebietes und die Validierung von Vorhersagen für diese Gebiete geplant.

„Erweiterung des Prognose- und Simulationsmodells SIMSEPT durch ein Sortenmodul zur optimierten Bekämpfung von *Septoria tritici* und *Stagonospora nodorum* in Winterweizen“

“Optimization *Septoria tritici* and *Stagonospora nodorum* control in winter wheat by implementation a calculation module of variety resistance”

**Laufzeit**

01.05.2007 bis 30.04.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Benno Kleinhenz

Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz

**Verbundpartner**

Dr. Manfred Röhrig

Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) e.V.

**Kurzfassung der Ergebnisse**

In diesem Projekt wurden biologische Abläufe im bestehenden Simulationsmodell SIMSEPT überprüft und an wichtigen Stellen aufgrund der Erkenntnisse aus Versuchsergebnissen dieses Projektes zu dem neuen Model SEPTR12 weiterentwickelt. Das Modell wurde um ein Blattwachstumsmodul ergänzt, das die Entwicklung der Wirtspflanze Winterweizen abbildet. Dadurch konnte das Erstauftreten und die Befallsentwicklung in Abhängigkeit von den Blattetagen simuliert werden. Die wichtigste Neuerung und Hauptbestandteil dieses Projektes war die Berücksichtigung von Sortenunterschieden bei der Simulation der Befallsentwicklung. Es wurden Laborversuche in Klimaschränken durchgeführt, in denen gezielt Parameter zu Differenzierung von Winterweizensorten untersucht wurden. Als sortenabhängige Parameter wurden im Modell SEPTR12 das Pilzwachstum, die Inkubationszeit, die Latenzzeit und die Dauer der Pyknidienformation verwendet. Zur Berechnung des

Ausgangswertes bei einem Infektionsereignis wurde die Pykndiendichte in Abhängigkeit von der Sortenanfälligkeit betrachtet. Die Ergebnisse aus Labor- und Freilanduntersuchungen ergaben eine treffende Einteilung der Sorten in drei Anfälligkeitsklassen in Abhängigkeit zur BSA-Note des Bundessortenamtes. Im Modell werden gering, mittel und stark abfällige Sorten unterschieden.

Zur Anpassung des neuen Modells SEPTRI2 und zur Validierung wurden umfangreiche Freilandhebungen durchgeführt. Neben den Exakt-Bonituren an markierten Pflanzen zur präzisen Beschreibung der Befallsentwicklung im Freiland wurden in Rheinland-Pfalz Erhebungen in Landessortenversuchen durchgeführt. Zusätzlich standen Daten aus weiteren Bundesländern zur Verfügung, die in jedem der drei Jahre von den Mitarbeitern der Pflanzenschutzdienste der Länder erhoben wurden. Insgesamt wurden in den drei Jahren knapp 1000 Datensätze zu Befallsstärken verschieden anfälliger Weizensorten in Abhängigkeit von der Blattetage erhoben. Zum Vergleich dieser erhobenen Daten mit der Simulation des Modells SEPTRI2 konnte die Daten der nächstgelegenen Wetterstationen genutzt werden. Die Validierung belegte eine gute Simulation der Befallsentwicklung von *S. tritici*. Neben dem Erstauftreten von Läsionen auf den verschiedenen Blattetagen wird die gesamte Befallsentwicklung, besonders für stark anfällige Sorten, gut abgebildet. Das Modell ist eine wichtige Ergänzung der Simulations- und Entscheidungshilfemodelle der ZEPP. Mit SEPTRI2 wird auf der Internetplattform [www.isip.de](http://www.isip.de) ein Modell zur Verfügung gestellt, das einen hohen Nutzen für die Anwendung in der Praxis verspricht. Die Modellberechnung kann entweder schlagspezifisch erfolgen oder das Modellergebnis wird in Form von Risikokarten dargestellt.

„Einsatz von Geografischen Informationssystemen zur Optimierung von Online-Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz“

„Risk maps with GIS – a new approach for farmers and advisers in crop protection warning service in Germany“

#### **Laufzeit**

15.10.2007 bis 14.10.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Benno Kleinhenz  
Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz

#### **Verbundpartner**

Dr. Manfred Röhrig  
Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) e.V.

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

In den letzten 11 Jahren konnten bei der ZEPP mehr als 40 wetterbasierte Entscheidungshilfesysteme (EHS) zum Schädlings- und Krankheitsauftreten entwickelt werden. Viele wurden erfolgreich in der Praxis überprüft, optimiert und stehen zur Anwendung zur Verfügung. Dies dient der optimierten Planung von Pflanzenschutzmaßnahmen auch unter Berücksichtigung von ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten. Bei der Bereitstellung von Wetterparametern als Input für die EHS spielen die Temperatur, die relative Luftfeuchte und der Niederschlag eine wichtige Rolle.

Da die bisherigen Prognoseberechnungen immer nur für den Geltungsbereich einer „realen Wetterstation“ möglich waren und diese im Extremfall bis zu 60 km weit auseinander liegen, wurde nach Möglichkeiten gesucht, um flächengenaue Berechnungsergebnisse für den Zwischenraum bereitstellen zu können.

Durch die Nutzung von Geographischen Informationssystemen (GIS), sowie neuen Messver-

fahren zur Bestimmung des Niederschlages wird eine flächengenaue Berechnung, Speicherung und Darstellung von Prognoseergebnissen möglich. Hierzu werden die wetterabhängigen Eingangsparameter so aufbereitet, dass für jeden beliebigen Schlag in Deutschland eine Prognose berechnet werden kann. Aus den Ergebnissen werden bundesweit flächendeckende Risikokarten zum Pflanzenkrankheits- und Schädlingsauftreten zur Verfügung gestellt.

Um die Temperatur und die relative Luftfeuchte flächendeckend bereitstellen zu können, hat sich das Interpolationsverfahren der Multiplen Regressionen (MR) als geeignet erwiesen. Dabei gilt es vor allem die Eigenschaften des Geländeklimas herauszufiltern, die dann zur Charakterisierung der Wetterparameter am jeweiligen Standort verwendet werden. Um den klimatischen Besonderheiten in Deutschland gerecht zu werden wurden zusätzlich Boden-Klima-Regionen eingerichtet, die bei der Interpolation separat betrachtet werden. Um den Niederschlag flächig bereit zu stellen zu können, wurde ein anderes Verfahren verwendet. Dieses wird in dem Projekt: „Validierung von Radarniederschlagsdaten zum Einsatz in Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz“ vorgestellt.

Die MR ist ein mathematisch-statistisches Verfahren zur Übertragung von Punktinformationen auf die Fläche. Das Ergebnis der MR ist eine Formel, mit deren Hilfe der gesuchte Wert der Temperatur bzw. Luftfeuchte durch die Verknüpfung mit Geodaten für jeden Punkt des Untersuchungsgebiets bereitgestellt werden kann.

Die Genauigkeit der berechneten Wetterdaten wurde mit gemessenen Daten von Wetterstationen, die vorher von der Interpolation ausgeschlossen wurden verglichen. Dabei zeigte sich, dass durch die Methode der MR für alle Stationen genaue Wetterdaten errechnet werden konnten. Der Zusammenhang zwischen

den berechneten und gemessenen Werten (Bestimmtheitsmaß) lag in allen Fällen bei der Temperatur zwischen 96 und 99% und bei der relativen Luftfeuchte zwischen 92 und 96%. Dabei wurde ein Mittelwert der Abweichung für die Temperatur von weniger als 0,1 °C und für die relative Luftfeuchte von weniger als 0,6% ermittelt. Statistische Auswertungen (T-Test) ergaben, dass alle Datensätze keinen systematischen Fehler aufweisen. Damit können die Ergebnisse der Interpolation der Temperatur und relativen Luftfeuchte als plausibel eingestuft werden und sind als Input für die Prognosemodelle sehr gut geeignet.

Zur Speicherung der flächendeckenden Wetter- und Prognoseberechnungen wurde ein Netz von 1x1 km großen Quadraten über die Fläche von Deutschland gelegt. Bei einer Fläche von ca. 360.000 km<sup>2</sup> für Deutschland ergibt sich eine genauso große Anzahl von Quadraten, die dann zur Schaderregerprognose genutzt werden können. Somit kann jeder km<sup>2</sup> mit stündlichen Werten der Temperatur, der relativen Luftfeuchte und des Niederschlags versehen werden

Unter zusätzlicher Berücksichtigung der regionalen Anbauhäufigkeit, dem Vorjahresbefall, der Fruchtfolge, die separat im GIS zusammengestellt werden mussten, war es möglich anhand der Krautfäuleprognosemodelle SIMPHYT1 die Trefferquoten der Berechnung mit GIS (flächendeckenden Wetterdaten) zu überprüfen. Beide Modelle bilden die Phase vom Beginn der epidemiologischen Entwicklung von *Phytophthora infestans* bis zum sichtbaren Erstauftreten (EA) der Krankheit nach. Ziel der Verfahren ist es, den optimalen Tag für den Spritzbeginn prognostisch zu ermitteln, um vorzeitige Behandlungsmaßnahmen zu vermeiden.

Wenn man im Feld beobachtete Werte zum Schaderregerauftreten als Vergleichsgrundlage verwendet, zeigt sich, dass mit den neuen flächendeckenden Wetterdaten im Schnitt

bessere Ergebnisse als mit den alten punktuellen Wetterdaten erzielt werden können. Anschließend wurde das Verfahren auf weitere Modelle übertragen.

Die Darstellung der Prognoseergebnisse auf Basis von interpolierten Wetterdaten erfolgt in Form von Risikokarten. Auf diesen Karten wird tagesaktuell deutschlandweit durch farbige Flächen das aktuelle Prognoseergebnis zu erkennen sein. Im Internetangebot von [www.isip.de](http://www.isip.de) sind diese Karten seit 2010 in einem GIS-Viewer zu sehen. Dabei kann man sich GIS-basierte Ergebnisse für die Modelle für SIMONTO, SIG, SIMCERC, SKLEROPRO, SIM-PHYT1, SIMPHYT3 und CERCBET1 live in ISIP berechnen lassen.

Die Berechnung von landwirtschaftlichen Schaderregerprognosen mit Hilfe von GIS ist erfolgreich und wird eine Verbesserung der Pflanzenschutzberatung ergeben. Die flächendeckenden Informationen werden dafür sorgen, dass sich Landwirte einfach auf den Karten zu Recht finden und die Ergebnisse genau zu interpretieren sind. Es wurde gezeigt, dass diese Methode eine hohe Treffgenauigkeit aufweist, wodurch das Ziel der Reduktion von Pflanzenschutzmitteln und damit einer verbesserten Wirtschaftlichkeit und der umweltfreundlichen Landwirtschaft einen weiteren Schritt näher rücken können.

An dieser Stelle danken wir dem BMELV, das die Arbeiten in diesem Forschungsvorhaben über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) finanziell fördert.

„Validierung von Radarniederschlagsdaten zum Einsatz in Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz (RADOLAN-OP)“

„Validation of radar measured precipitation data in disease forecast models in crop protection (RADOLAN-OP)“

#### **Laufzeit**

01.06.2008 bis 31.12.2008

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Benno Kleinhenz  
Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz

#### **Verbundpartner**

Dr. Manfred Röhrig  
Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) e.V.

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Gerade in den Frühjahrs- und Sommermonaten unterliegt der Niederschlag aufgrund konvektiver Ereignisse, wie z. B. Gewittern, oft starken lokalen Schwankungen. Diese Ereignisse können derart räumlich begrenzt sein, dass sie zwischen Wetterstationen vorbeiziehen und daher nicht erfasst werden oder im umgekehrten Fall zu einer Überschätzung des Niederschlages führen. Eine Interpolation des Niederschlages aus Daten eines Stationsmessnetzes ist somit nicht möglich. Als geeignetes flächendeckendes Messprinzip bietet der Deutsche Wetterdienst die Erfassung des Niederschlages mittels Radar an. Dabei werden durch bundesweit insgesamt 16 Stationen Radarsignale ausgesendet und die durch Regen oder Schnee in höheren Schichten der Atmosphäre reflektierten Signale gemessen. Um von der Intensität zu einer quantitativen Aussage zu kommen, werden diese Radardaten durch Messwerte von 1.300 Ombrometerstationen immer aktuell angeeicht. Mit Hilfe dieser sog. Radar-Online-Aneichung (RADOLAN, <http://www.dwd.de/RADOLAN>) ergibt sich die Vertei-

lung der stündlichen Niederschlagsmenge in einer räumlichen Auflösung von 1 km<sup>2</sup>.

Die Ergebnisse aus RADOLAN wurden mit unabhängigen Messwerten aus den agrarmeteorologischen Messnetzen der Pflanzenschutzdienste der Länder verglichen. Bei ausschließlicher Betrachtung von Stunden mit Niederschlag lagen die mittleren Abweichungen lediglich zwischen 0,25 und 0,36 mm Niederschlag. Ähnlich zufriedenstellend war ein Vergleich der Anzahl der Niederschlagsstunden: Hier lag die Übereinstimmung bei 90 % und höher.

Die Blattnässe spielt für viele epidemiologische Prozesse eine entscheidende Rolle. Sie bestimmt maßgeblich die Infektionsmöglichkeiten bei einer Reihe von Schadpilzen. Daher findet die Blattnässe in vielen Schaderregermodellen der ZEPP Verwendung. Nur wenige Wetterstationen sind mit einem Blattnässesensor ausgestattet, wobei sowohl das Messprinzip als auch die daraus abgeleiteten Werte stark differieren können. Eine Alternative zur Messung bietet die Blattnässeberechnung mit einer von der ZEPP entwickelten Methode auf der Basis von Temperatur, relativer Luftfeuchte und Niederschlag.

Auch bei der Berechnung der Blattnässe wurde ein Vergleich durchgeführt. Als Eingabeparameter für die Simulation wurden die von den Wetterstationen gemessenen Parameter Temperatur und Luftfeuchte verwendet. Ergänzt wurden diese Daten zum einen wiederum mit gemessenen Niederschlagswerten und zum anderen mit Werten aus RADOLAN an der geografischen Position der Wetterstation. Auch bei diesem Vergleich ergab sich eine hohe Übereinstimmung von 99,9 %.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass sich sowohl bei Niederschlagshöhe und der Anzahl der Niederschlagsstunden als auch bei abgeleiteten Parametern wie der Blattnässe im Vergleich mit unabhängigen Daten nur geringe

Abweichungen ergaben. Da die Nutzung von RADO-LAN Niederschlagsmessungen in der Schaderregerprognose somit insgesamt positiv bewertet wird, dienen diese Daten als Grundlage für die Berechnung von flächendeckenden Risikokarten und räumlich hoch aufgelösten Individualprognosen im Beratungsportal ISIP (<http://www.isip.de>).

„DC CATVI Diagnosechip for Computer-Aided Thrips and Virus Identification – Entwicklung, Erprobung und Herstellung eines Diagnosechips als Bestandteil eines innovativen, durch multimediale Computertechnik unterstützten Werkzeuges“

„Microarray for Computer-Aided Thrips and Virus Identification (DC CATVI)“

**Laufzeit**

01.08.2009 bis 31.12.2012

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Gerald Moritz  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

**Verbundpartner**

Dr. Helmut Maucher  
BECIT GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

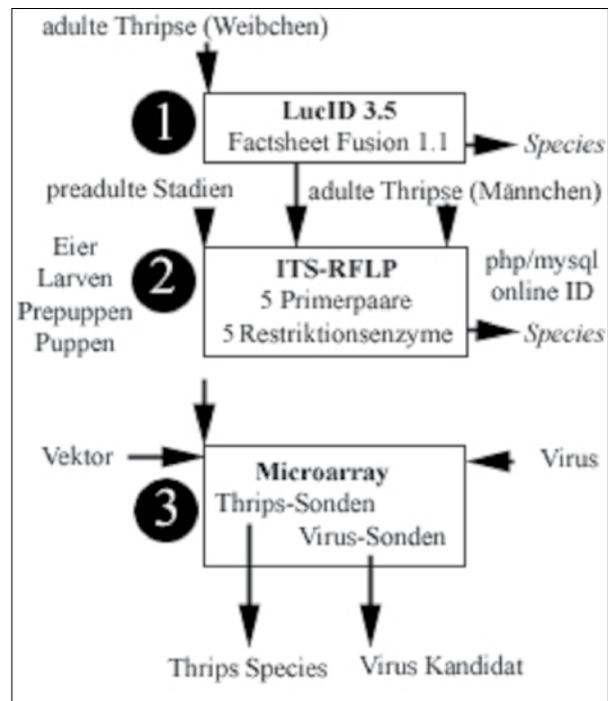
Die Thysanopteren bilden mit über 5500 Arten eine faszinierende Insektenordnung. In der deutschen Landwirtschaft gehören die nur wenige Millimeter großen Thripse mit zu den wichtigsten Schaderregern. Eigenschaften, die sie als Schädlinge prädestinieren sind ihre kryptische Lebens- und ihre phytosuge Ernährungsweise vom Zytoplasma oberflächlich gelegener Zellen sowie ihre hohe Insektizidresistenz. Unter geeigneten Umweltbedingungen erreichen sie enorme Reproduktionsraten und können sich hervorragend an neue Klimate adaptieren und dabei als Vektoren Bakterien,

Pilze und Viren übertragen. Besondere Bedeutung erreichen einige Arten als alleinige propagative Vektoren von Tospoviren, einer Gattung, die zur Familie der Bunyaviridae gehört. Die weltweiten klimatischen Veränderungen begünstigen die Zahl und Abundanz von Tospovirusvektoren und führen zu einer extremen Verschiebung der Schaderregerspektren. Eine frühzeitige Erkennung bzw. Determination der Schaderreger und der von ihnen übertragenen Mikroorganismen sichert eine effektivere und ökologisch vertretbare Schaderregerkontrolle. Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines drei-stufigen Modells (siehe Abbildung). Dieses erlaubt die Identifikation der Schaderregerart unabhängig vom Ontogenesestadium bei paralleler Information zu den übertragenen Tospoviren.

#### Modul 1:

Die Identifikation adulter, weiblicher Thripse ist durch die Aufnahme aller genannten Arten in LucID 3.5 möglich. Günstig erweist sich in der Version 3.5 die mögliche Gruppierung der Gattungen sowie Merkmalscharaktere, wodurch eine noch effektivere Key-Entwicklung möglich wird. Der visuelle, multivariate Identifikationskey basiert auf einer Merkmalsmatrix, die mit über mehr als tausend mikroskopisch aufbereiteten Abbildungen (*Automontage Syncroscopy*) eine Identifikation auf allen Computerplattformen gestattet. Für einige Arten sind bereits Diagnostikbögen mit Hilfe von Fact Sheet Fusion erstellt worden, die mit Hilfe von Dreamweaver CS3 im System mit allen Modulen verlinkt werden. Die Entwicklung der Merkmalsmatrix gestaltet sich teilweise kompliziert und wird durch die Entwicklung von Phoenix-Keys aus vorhandenen dichotomen Keys erleichtert. Zudem müssen in einem multivariaten Key möglichst alle Merkmalskombinationen für alle Entities mikroskopisch am Originalpräparat ermittelt werden, sodass eine effektive multivariate Identifikation erzielt werden kann. Für die CD/DVD ROM, die alle 3 Module enthalten wird, ist aus Gründen der Globalisierung der europäischen Landwirtschaft eine deutsche

sowie englischsprachige Version vorgesehen, da nur so das Auftreten invasiver Arten und der durch sie übertragenen Pathogene präventiv Rechnung getragen werden kann.



#### Modul 2:

Für die Erstellung des modularen Systems sind der Fang der Tiere, deren Präparation und mikroskopische Identifikation sowie die Gewinnung der DNA-Produkte (DNeasy Blood and Tissue Kit, Qiagen) und deren Sequenzierung für Modul 3 notwendig. Die Erprobung des ITS-RFLP-System, welches typische PCR-Produkte und Fragmentmuster für alle ontogenetischen Stadien erzeugt, wurde mit Fängen aus diesem Sommer von *Aeolothrips intermedius*, *Frankliniella occidentalis*, *Limothrips cerealium*, *Li. denticornis*, *Thrips major* und *Haplothrips leucanthemi* bereits durchgeführt und mit vorhandenen Resultaten verglichen. Bei wenigen Arten sind aufgrund verbesserter DNA-Kits sowie bislang geringer Verfügbarkeit des Materials die Resultate zu überprüfen und gegebenenfalls zu verbessern. Eine Überprüfung der Ergebnisse ist durch die Herstellung von Exuvienpräparaten nach der DNA-Extraktion möglich. Damit ist zugleich der Zugang über das ITS-RFLP-System zu allen ontogenetischen Stadien einschließlich postkatatreptischer Eier möglich. Es sei

angefügt, dass für die Diagnose immer nur ein Tier benötigt wird, was die erreichte Effizienz der DNA-Gewinnung demonstriert. Die ermittelten Daten, die mit etablierten Primerpaaren (18SMP/28SMP, CS249/CS250, O1/18J, P1/28Z, (TODA1/TODA2) und Restriktionsenzymen (AluI, HaeIII, HinfI, MspI, RsaI) gewonnen werden, gestatten die Weiterentwicklung einer Online-Datenbank (php/sql), die eine direkte Identifikation anhand der ITS-RFLP Werte ermöglicht.

#### *Modul 3:*

Erste PCR-Produkte wurden bereits aus Modul 2 sequenziert, um entsprechende diagnostische Sonden für den Chip zu entwickeln. Ebenso ist die Recherche der vorhandenen viralen Nukleinsäuresequenzen der 15 bekannten Tosspoviren-Kandidaten begonnen worden. Finales Ziel des Projektes ist eine alleinige Nutzung des Microarrays zur Identifikation von Vektoren und der durch sie übertragenen Viren unter Feldbedingungen.

„Entwicklung physikalischer und chemischer Verfahren zur Vergrämung von Schermäusen“

“Development of physical and chemical methods to repel voles”

#### **Laufzeit**

01.06.2007 bis 31.12.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Andreas Prokop  
Firma W. Neudorff GmbH KG

#### **Verbundpartner**

Dr. Jens Jacob  
Julius Kühn Institut - Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst - Außenstelle  
Münster

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Wühlmäuse, insbesondere Schermäuse, sind seit jeher als Schädner bekannt, die landwirt-

schaftliche und kleingärtnerisch genutzte Flächen befallen und dort mitunter beträchtliche Pflanzenschäden verursachen können. Bisher auf dem Markt angebotene Vertreibungsmittel und -geräte brachten, ebenso wie der Anbau bestimmter Pflanzenarten und die Anwendung anderer „Hausmittel“, bislang keinen Erfolg.

In den vergangenen drei Jahren wurde deshalb in einem Kooperationsprojekt der Firma Neudorff GmbH KG und dem JKI Münster versucht, ein neues integriertes Pflanzenschutzverfahren zur Abwehr von Schermäusen zu entwickeln. Hierbei sollten die Tiere durch physikalische Effekte und durch die Ausbringung von Repellentien vertrieben bzw. von den Kulturflächen ferngehalten werden, um zukünftig den Einsatz von Schlagfallen und letalen Rodentiziden deutlich reduzieren zu können und daraus resultierend der Tötung von Nichtzieltieren vorzubeugen.

Im physikalischen Projektteil wurden zwei verschiedene Ansätze wissenschaftlich untersucht, wobei das Augenmerk auf der späteren Anwendung mit technischen Geräten lag. Die Tätigkeitsschwerpunkte umfassten die Anwendung von Bodenvibrationen und bioakustische Methoden. Mit Bodenvibrationen konnten bei den Männchen in Laborversuchen Verhaltensreaktionen ausgelöst werden, die weiblichen Tiere reagierten nicht. Trotzdem wurde auf Grundlage dieser Ergebnisse ein Prototyp gebaut, mit dem es gelang, das seismische Signal vom Weideviehtritt nahezu zu kopieren. Im Bereich der Bioakustik wurde das Augenmerk auf die Droh- und Territoriallaute der überwiegend solitär lebenden Schermaus gelegt. Im Laborversuch wurde in einem T-Labyrinth die Verhaltensreaktion von Schermäusen auf diese gepaarten Laute überprüft. Es zeigte sich, dass die untersuchten Tiere die beschallte Röhre mieden. Ebenso wurde die akustische Attrappe in Gehegeversuchen überprüft. Dazu wurde ein Gerät entwickelt, das die Anwendung der Laute in den Gangsystemen erlaubt. Es zeigte sich, dass die überwiegende Anzahl der über-

prüften Tiere bei der Anwendung ihr Gangsystem verließen und an einer anderen Stelle im Gehege neu ansiedelten. Auch bei erhöhter Tierdichte ergab sich ein vergleichbares Ergebnis. Das Gerät und die Methode wurden zum Patent angemeldet und sollen in Zukunft dazu beitragen, die Schäden durch Schermäuse im Haus- und Kleingartenbereich zu mindern.

Im chemischen Teil des Projektes wurden Stoffe auf Basis sekundärer Pflanzenmetabolite untersucht, die als Repellent zur Vertreibung von Wühlmäusen (Schermäuse und Feldmäuse) dienen sollen. Zum Praxiseinsatz sollen nur Repellentien kommen, die anwenderfreundlich, umweltschonend und toxikologisch unbedenklich sind. Zudem sollen die Ausgangspflanzen zur Gewinnung der Substanzen problemlos erhältlich und kostengünstig sein.

In diversen Versuchen wurden die Wühlmäuse mit verschiedenen sekundären Pflanzenstoffen konfrontiert, um deren Effekt auf die Tiere zu ermitteln. Zum Einsatz kamen Substanzen, die geruchlich abschreckend auf Schermäuse und/oder Feldmäuse wirken sollten.

Die Analyse der potenziell olfaktorisch wirksamen Stoffe erfolgte zu Beginn mit Hilfe eines T-Labyrinthes an Schermäusen. Dabei konnten die Mäuse jeweils zwischen einer mit einem Pflanzenstoff „bedufteten“ Testbox und einer „unbedufteten“ Kontrollbox wählen. Die Substanzen galten als repellent, wenn die Testbox gemieden wurde. In dieser Versuchsreihe wurden vier repellent wirkende pflanzliche Stoffe gefunden. Sie sind den Pflanzenfamilien Piperaceae (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,005$ ), Rutaceae ( $p=0,006$ ), Geraniaceae ( $p=0,046$ ) and Amaryllidaceae ( $p=0,046$ ) zuzuordnen. Die einzelnen Stoffe wurden anschließend in Kombination miteinander getestet. Eine Steigerung des Vergrämungseffektes im Vergleich zu den einzelnen Stoffen konnte durch die Kombinationen jedoch nicht verzeichnet werden.

Die Wirkung der zwei effektivsten Pflanzenstoffe (Piperaceae und Rutaceae) wird derzeit an Schermäusen und Feldmäusen in Gehege- und Freilandversuchen überprüft. Die Stoffe werden dabei als Schaum oder Spray in die Gänge der Wühlmäuse appliziert.

„Optimierung der Biofumigation zur nicht-chemischen Bekämpfung bodenbürtiger Schaderreger“

„Optimization of biofumigation for the non-chemical control of soil-borne pathogens“

#### **Laufzeit**

01.07.2007 bis 30.06.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. Johannes Hallmann  
Julius Kühn-Institut - Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik

#### **Verbundpartner**

Michaela Schlathölter  
P. H. Petersen Saatzucht Lundsgaard GmbH & Co. KG

Dr. Rita Grosch  
Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.

Dr. Wolfgang Schütze  
Julius Kühn-Institut - Institut für Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Bodenbürtige Schaderreger wie Pilze, Viren und Nematoden können im Boden Jahre bis Jahrzehnte überdauern ohne ihre Fähigkeit zu verlieren, Pflanzen zu infizieren. Da viele dieser Schaderreger einen weiten Wirtspflanzenkreis besitzen, ist eine Kontrolle durch gezielte Fruchtfolgeplanung oft nicht möglich und kann bei sehr vielseitigen Fruchtfolgen, wie z.B. im ökologischen Landbau auch zusätzlich zur

Schaffung grüner Brücken führen. Die Biofumigation wurde in den USA und Australien als umweltschonendes Bekämpfungsverfahren entwickelt. Nach Kirgegaard et al. (1993) bezeichnet der Begriff „Biofumigation“ die suppressive Wirkung von glucosinolathaltigen Brassicaceen auf bodenbürtige Schaderreger. Glucosinolate (GSL) sind glycosidische Verbindungen, die in unterschiedlichen Konzentrationen und Verhältnissen in den Pflanzenorganen der Familie der Brassicaceae auftreten. Werden Pflanzenteile von Brassicaceen zerkleinert und in den Boden eingearbeitet, kommt es zur Umsetzung der Glucosinolate in toxisch wirkende Isothio (ITC)- und Thiocyanate (TC). Die Pflanze liefert das für diese Hydrolyse nötige Enzym, Myrosinase in ihren Zellen mit. Die Umsetzung von GSL in effektiv wirksames ITC nach Umbruch, Einarbeitung in den Boden hängt von Boden- (pH, Wasser, Humus) und Umweltfaktoren (Temperatur, Niederschlag) ab. Der Gehalt und das Spektrum an GSL in der Pflanze ist primär genetisch fixiert. Der Eintrag von GSL in den Boden wird durch pflanzenbauliche Maßnahmen, wie Saat- und Umbruchzeitpunkt, Düngung und Bestandesführung gesteuert. Obwohl die toxische Wirkung von Isothiocyanaten gegen bodenbürtige Schaderreger vielfach beschrieben wurde [1-5], stellt ihre natürliche Nutzung über die Biofumigation ein sehr junges Verfahren dar, bei dem durch weitere Optimierungsstrategien noch deutliche Wirkungssteigerungen zu erwarten sind.

Ziel des im Juli 2010 abgeschlossenen Forschungsvorhabens war es, den Wirkungsgrad und die Wirkungssicherheit der Biofumigation für die Bedingungen gemäßiger Klimaregionen zu optimieren, die Bekämpfung bodenbürtiger Schaderreger unter Praxisbedingungen zu verbessern und den Pflanzenschutzmitteleinsatz zu reduzieren. Um dies zu erreichen, wurde (1) an einem vorhandenen Sortiment aussichtsreicher Kreuziferenarten und -sorten der Anteil Isothiocyanat-freisetzender Glucosinolate bestimmt, (2) durch

Optimierung der Anbaumaßnahmen die Glucosinolat-Menge pro Flächeneinheit gesteigert, (3) das neu gewonnene Wissen an die landwirtschaftliche und gartenbauliche Praxis adaptiert und transferiert und (4) die Wettbewerbsfähigkeit des beteiligten KMU erhöht. Die Wirksamkeit der Biofumigation wurde exemplarisch an pflanzenparasitärer Nematoden (*Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera schachtii*, *Meloidogyne hapla*, *Pratylenchus* spp.) sowie den phytophagen Pilze *Rhizoctonia solani* untersucht.

### *Ergebnisse*

Die High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) wurde als Kernmethode zur Ermittlung der GSL-Gehalte und Ableitung der ITC Konzentrationen in Pflanzen eingesetzt. Einzelpflanzenproben aus züchterischen Selektionen sowie aus verschiedenen Feldversuchen wiesen teilweise eine hohe Variabilität in der Höhe pflanzenartspezifischer GSL auf. So variierte der Gesamtgehalt an GSL der Ölrettichsorte Dacapo aus einem Feldversuch zwischen 20,8 –mol/g TS und 101,7 –mol/g TS. Unterschiede im Gesamt GSL-Gehalt wurden in gleichen Sorten einer Pflanzenart auch zwischen verschiedenen Standorten festgestellt. Die Untersuchung von Genbankmaterial von *Brassica juncea*, *Sinapis alba*, *Bunias orientalis* und *Raphanus sativus* erwies sich als aussichtsreich für die Suche nach geeignetem Ausgangsmaterial. Sehr hohe Glucosinolatgehalte konnten in den Wurzelknollen von *Lepidium meyenii* von über 200 –mol/g TS (überwiegend Glucotropaeolin) festgestellt werden.

Ausgehend von maximalen ITC-Gehalten, Biomasseproduktivität, der Variabilität und Verfügbarkeit des züchterische Ausgangsmaterials wurde die genetische Variation verschiedener Stämme und Linien der Arten Weißer Senf, Ölrettich und Sareptasenf untersucht. Anhand der Analyseergebnisse der GSL mit HPLC konnten die besten Einzelpflanzen einer Linie für jede Folgegeneration selektiert werden. Aufgrund von gering verfügbarer Saatgutmengen,

einer niedrigen Keimfähigkeit und Anbauwürdigkeit schieden hierbei zahlreiche Herkünfte unterschiedlicher Pflanzenarten trotz höherer GSL-Gehalte aus. Aus den bestehenden Sorten erwiesen sich die Ölrettichsorten DEFENDER, COMMODORE, CONTRA und COLONEL, die Gelbsensorten MAXI, ACCENT und LUNA, sowie der Sareptasenf ENERGY, TERRA-FIT, TERRAPLUS und TERRATOP als geeignet für die Biofumigation. Die Züchtungsarbeiten zur Optimierung der ITC-Zusammensetzung dauern noch an.

Die Wirkung der Biofumigation gegen verschiedene pflanzenparasitäre Nematoden und den phytophathogenen Pilz *Rhizoctonia solani* aus dem selektierten Sortenspektrum wurde in Feldversuchen an verschiedenen Standorten, in MikropLOTS sowie kontrollierten Versuchen

*in-vitro* und im Gefäß getestet. Bereits niedrige Konzentrationen von 0,01 mol an synthetischen ITC (Allylisothiocyanat, Benzylisothiocyanat), die auch in Pflanzen vorkommen, führten zu signifikanten Mortalitäten einiger Nematodenarten. Signifikante Bekämpfungserfolge konnte mit simulierter Biofumigation im Topf gegen *Meloidogyne hapla* erzielt werden. Aufgrund von ungünstigen Umweltfaktoren zeigte die Biofumigation hingegen im Feldversuch bei allen Nematodenarten außer *Pratylenchus* spp. einen mäßigen bis keinen Bekämpfungserfolg. Dennoch konnten bei Zuckerrüben, die im Folgejahr der Biofumigation angebaut wurden teilweise signifikante Ertragssteigerungen erzielt werden. Fruchtfolgebedingt, können Biofumigationspflanzen im Zwischenfruchtbau in ackerbaulichen Fruchtfolgen nur relativ spät integriert werden,

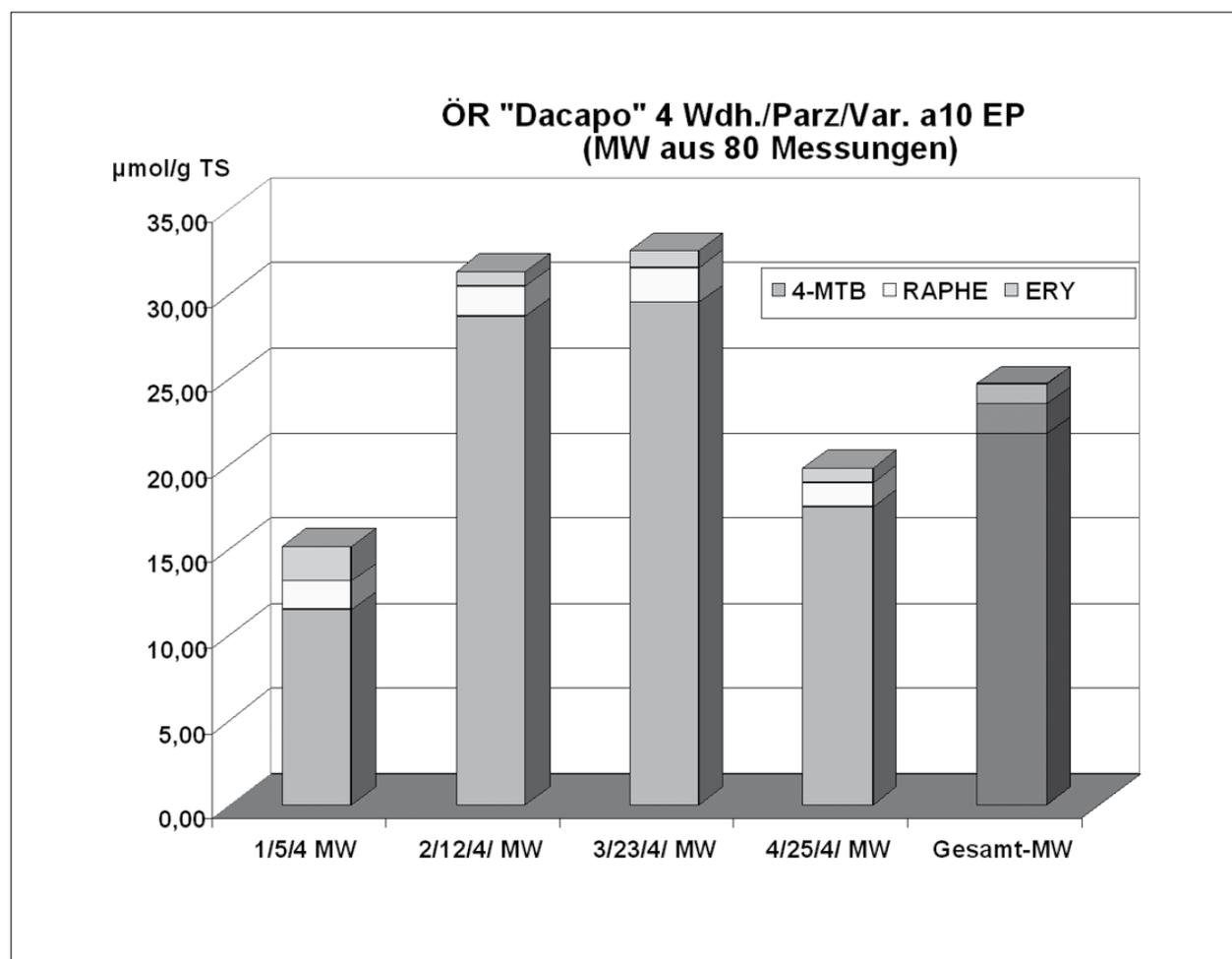


Abb. 1: Variabilität relevanter Einzelverbindungen 4-Methylthiobutenyl-GSL (4-MTB), Erysolin (ERY) und Raphenin (RAPHE) und des Gesamtgehaltes am Beispiel von *Raphanus sativus* (Dacapo) im Feldwiederholungsanbau

so dass Bodentemperaturen und Bodenwassergerhalte für die Bildung von ITC nicht mehr optimal vorliegen.

Im Einsatz der Biofumigation gegen *R. solani* konnten im speziell entwickelten Testverfahren deutliche unterdrückende Effekte einiger Sorten festgestellt werden. Feldversuche an verschiedenen Standorten bestätigten diese Wirkung mit reduziertem Befall an Salatpflanzen zwischen 7 und 25% im Vergleich zur Kontrolle.

Durch das Projekt konnten für die Anbaubedingungen in Deutschland grundlegende Erfahrungen im Umgang mit der Biofumigation gesammelt und an die Praxis weitergegeben

werden. In Verbindung mit der HPLC Analytik wurden nicht nur aussichtsreiche genetische Potentiale in unbearbeitetem Material und bekannten Sorten für die Biofumigation identifiziert, sondern auch wesentliche Verbesserungen in den pflanzenbaulichen Maßnahmen (Düngung, Umbruchzeitpunkt, Umbruchtechnik) ermöglicht. Das Potential dieses Verfahrens kann durch weitere züchtungsbegleitende Forschung noch deutlich erhöht werden. Das Interesse an Biofumigation ist sowohl auf der Seite der Forschung als auch auf allen Seiten der landwirtschaftlichen Anbaupraxis sehr hoch.

#### Literatur

- 1. Kirkegaard J.A., Gardner P.A., Desmarchelier J.M., Angus J.F. (1993).** Biofumigation – using Brassica species to control pests and diseases in horticulture and agriculture. In: N. Wratten, R.J. Mailer (Hrsg.) Proceedings 9th Australian Research Assembly on Brassicas. Agricultural Research Institute, Wagga Wagga, S. 77-82.
- 2. Lopez-Perez J.A., Roubtsova T., Ploeg A. (2005).** Effect of three plant residues and chicken

manure used as biofumigants at three temperatures on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato in greenhouse experiments. *Journal of Nematology* 37: 489-494.

- 3. Manici L.M., Lazzeri L., Palmieri S. (1997).** In vitro antifungal activity of glucosinolates and their enzyme derived products towards plant pathogenic fungi. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 45: 2768-2773.
- 4. Zasada I.A., Ferris H. (2004).** Nematode suppression with brassicaceous amendments: Application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry* 36: 1017-1024.
- 5. Sarwar M., Kirkegaard J.A., Wong P.T.W., Desmarchelier J.M. (1998).** Biofumigation potential of brassicas: III. In vitro toxicity of isothiocyanates to soil-borne fungal pathogens. *Plant and Soil* 201: 103-112.

"Biotechnische Kontrolle von Kirschfruchtfliegen (*Rhagoletis cerasi* u. *R. cingulata*) unter Minimierung des Insektizideinsatzes"

„Biotechnical control of cherry fruit fly species (*Rhagoletis cerasi* and *R. cingulata*) considering the reduction of insecticide use “

#### Laufzeit

01.05.2007 bis 30.09.2011

#### Projektkoordinator, Institution

Dr. Hubertus Kleeberg  
Trifolio-M GmbH

#### Verbundpartner

Dr. Heidrun Vogt  
Julius Kühn-Institut - Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau

#### Kurzfassung der Ergebnisse

Ziel des Vorhabens ist es, ein innovatives

biotechnisches Verfahren zur Kontrolle der Kirschfruchtfliegenarten *Rhagoletis cerasi* u. *R. cingulata* zu erarbeiten und für die Praxis nutzbar zu machen. Hierzu soll ein Köderverfahren entwickelt werden, bei dem attraktive Futterköder mit geringen Insektizidmengen natürlichen Ursprungs auf Teilbereiche der Bäume appliziert werden. Die verwendeten Insektizide sind NeemAzal-T/S und NeemAzal-T, a.i. Azadirachtin sowie Spruzit Neu und 1153I, a.i. Pyrethrum. Die Futtersubstanzen bestehen hauptsächlich aus Proteinen und Zucker. In iterativen Schritten (Labor, Käfig, Freiland) wurde versucht, Köderformulierungen mit hoher Attraktivität für die adulten Fliegen, guter Regen- und UV-Stabilität und ausreichender Wirksamkeit zu entwickeln. Für diesen Entwicklungsprozess war auch die Erarbeitung analytischer Nachweisverfahren der Wirkstoffe in den jeweiligen - häufig sehr komplexen - Systemen notwendig.

**Analytik:** HPLC-Analyseverfahren wurden entwickelt und an mit Azadirachtin dotierten Kirschblättern verifiziert, wobei sich die Aufreinigung von Störsubstanzen aus der Probenmatrix als besonders schwierig und zeitaufwendig erwies.

**Blatthaftung und Regenstabilität:** Etwa 60 unterschiedliche Formulierungszusatzstoffe wurden zur Optimierung der Blatthaftung und Regenstabilität in Laborsystemen, Gewächshaus oder/und Freiland untersucht, wobei sich letztendlich nur sehr wenige Substanzen als geeignet erwiesen. Insgesamt zeigen die bisherigen Ergebnisse, dass die Haftung der Fraßköder auf den Kirschblätter verbessert werden konnte, jedoch bei starken Regen nicht ausreichend ist.

**UV-Stabilität:** Trotz intensiver Bemühungen konnte die UV-Stabilität von Azadirachtin-formulierungen (Pyrethrumformulierungen wurden nach ersten Untersuchungen nicht weiter verfolgt) nicht wesentlich verbessert werden. Die weitgehende Stabilität über ca. 8 Tage, die

auch in einem Biotest zur Persistenz belegt wurde, bedingt eine wöchentliche Anwendung der Ködersprays.

**Phytotoxizität:** Die Anwendung der ölhaltigen Azadirachtinrundformulierung führte zu deutlichen phytotoxischen Effekten. Danach erwies sich der Wechsel zu einer Formulierung auf Basis von Tensiden als zweckdienlich.

**Wirksamkeit:** Zur Ermittlung der optimalen Insektizidkonzentrationen und Ködermischungen erfolgten zunächst im Labor und Halbfreiland Untersuchungen zur Wirkungsgeschwindigkeit und -dauer sowie zur Akzeptanz und Aufnahme der Ködermischungen durch die Fliegen. Geeignete Mischungen wurden unter Freilandbedingungen in sog. Käfigversuchen, d.h. an eingetzten Kirschbäumen erprobt, wobei in der Zeit des natürlichen Auftretens der Fliegen wöchentlich Behandlungen und Freilassungen einer definierten Anzahl von Fliegen in die Käfige erfolgten. Am Ende des Versuches wurde der Befall der Kirschen ermittelt. Dieser Ansatz ermöglichte Versuche unabhängig von der schwankenden Freilandpopulation und mit eindeutig voneinander abgegrenzten Wiederholungen in ausreichender Anzahl. Außerdem wurden mehrere Freilandversuche auf bewirtschafteten Anlagen mit der natürlichen Kirschfruchtfliegenpopulation durchgeführt.

In den Käfigversuchen führten Ködervarianten mit Azadirachtin allein oder in Kombination mit Pyrethrum im Vergleich zur Kontrolle zu signifikanten Befallsminderungen und es wurden z.T. hohe Wirkungsgrade (> 95%) erzielt. Allerdings wurde nur in einigen Fällen die Schadschwelle von < 2% unterschritten. Ködermischungen unter Verwendung von Pyrethrum allein zeigten keine ausreichende Befallsreduktion. Ursache dafür war eine repellente Wirkung, die in einem Laborversuch gezeigt werden konnte. In Freilandversuchen in Zusammenarbeit mit dem Pflanzenschutzdienst (KOB Bavendorf, Baden-Württemberg

und Landkreis Forchheim, Bayern) konnte nur in einem Fall bei geringem Befallsdruck (z.B. 8% in der unbehandelten Kontrolle) eine zufriedenstellende Wirkung erzielt werden. Eine Fläche erwies sich als zu heterogen, d.h. mit zahlreichen Sorten unterschiedlicher Reifezeiten bestanden, so dass aufgrund des Wechsels der Fliegen zwischen den Sorten entsprechend der Reifezeit vermutlich keine ausreichende Trennung der Behandlungsvarianten in Blöcken gegeben war. Auch ein Versuch in einer Junganlage auf der Versuchsanlage des JKI in Dossenheim führte nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Erschwerend für die Anwendung der Ködersprays waren sowohl 2009 als auch 2010 die häufigen und starken Niederschläge im Behandlungszeitraum, so dass es nicht möglich war, den Köderspraybelag fortwährend zu garantieren.

Die Futterköder üben keine Anlockwirkung über eine größere Distanz aus. Dies könnte durch den Zusatz von volatilen Duftstoffen aus den Wirtspflanzen erreicht werden. Es erfolgten daher Duftstoffaufsammlungen von den Wirtspflanzen der Kirschfruchtfliege (Kirsche *Prunus avium*, Heckenkirsche *Lonicera xylosteum*) und deren Analyse mittels Gaschromatographie und Massenspektroskopie sowie Untersuchungen zur Erarbeitung von Biotests, um die Duftstoffe hinsichtlich ihrer Attraktivität zu prüfen. In Süßkirsche, Sorte Hedelfinger, wurden 37, in Sauerkirschen, Sorte Erdi Bötermö, 10, in Schattenmorellen 17 und in Heckenkirschen 24 flüchtige Sekundärstoffe nachgewiesen. 12 Kirschdüfte waren diesen Wirtspflanzen gemeinsam. Die Erarbeitung eines geeigneten Biotests läuft zur Zeit, wird jedoch durch das Verhalten der Fliegen im Labor erschwert.

Die bisherigen Arbeiten haben gezeigt, dass die untersuchten Ködersprays bedingt und insbesondere bei mäßigem Befallsdruck wirksam sind (Modellversuche in Käfigen). Die mangelnde Regenstabilität bei den in unseren Breiten häufigen intensiven Sommerniederschlägen

verringert die Wirksamkeit. Außerdem ist möglicherweise eine Wirkungssteigerung dadurch zu erzielen, dass die Fliegen rascher zum Köderbelag gelockt werden. Die Untersuchungen zu attraktiven Stoffen werden daher weitergeführt.

„Einsatz von *Trichogramma*-Schlupfwespen gegen den Apfelwickler *Cydia pomonella*“

“Release of *Trichogramma* for the control of the Codling Moth *Cydia pomonella*”

#### **Laufzeit**

15.07.2007 bis 31.08.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Dr. B. Wührer  
AMW Nützlinge GmbH

#### **Verbundpartner**

Dr. Olaf Zimmermann  
Julius Kühn-Institut - Institut für biologischen Pflanzenschutz

#### **Kooperationspartner**

Universität Hohenheim

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Ziel des Projekts ist die Optimierung des Einsatzes von *Trichogramma*-Schlupfwespen gegen die Spätvermadung durch den Apfelwickler im Apfelanbau.

Dies sollte durch die Auswahl geeigneter *Trichogramma*-Stämme bzw. Arten sowie durch die Entwicklung eines Spritzverfahrens zur Ausbringung von *Trichogramma*-Puppen mit praxisüblichen Spritzgeräten erreicht werden. Gleichzeitig sollte überprüft werden, ob durch den Einsatz neuer *Trichogramma*-Zuchtlinien die Kontrollwirkung besser abgesichert und evtl. die Kosten des Verfahrens reduziert werden könnten. *Trichogramma*-Schlupfwespen zur Bekämpfung des Apfelwicklers werden mo-

mentan nur Hobby-Gärtnern angeboten. Das Verfahren sollte gezielt so entwickelt werden, dass es als Baustein in eine Gesamtstrategie zur Bekämpfung des Apfelwicklers integriert werden und so zu einer Reduktion des Pflanzenschutzmitteleintrags beitragen kann. Der Markt für *Trichogramma*-Schlupfwespen im Apfelanbau könnte durch eine Verbesserung des Verfahrens deutlich erweitert werden.

Wichtigster Anwendungsbereich war der Einsatz gegen Spätbefall durch Apfelwickler, wo die herkömmlichen Insektizide aufgrund der Wartezeiten und der momentan hochaktuellen Probleme des Verbraucherschutzes durch Pflanzenschutzmittelrückstände nur mit hohem Rückstandsrisiko oder gar nicht mehr eingesetzt werden können und Granuloviruspräparate nur eine relativ geringe Wirkung zeigen.

Nach ersten Freiland-Ergebnissen wurden nicht nur verschiedene Stämme von *Trichogramma cacoeciae* sondern auch **verschiedene** andere *Trichogramma*-Arten, darunter *Trichogramma evanescens*, getestet. *Trichogramma evanescens* zeigte in Freilandversuchen mit Köderfrüchten, die mit Apfelwicklereiern in der Zucht belegt worden waren, deutlich bessere Auffinderaten als die seither verwendete Art *Trichogramma cacoeciae*. Die längere Lebensdauer von *Trichogramma cacoeciae*, die in den Laborversuchen des JKI nachgewiesen wurde, führte im Freiland nicht zu einer längeren Dauer des Parasitierungserfolges.

Für das **Spritzverfahren** wurde ein Gel eingesetzt, das gewährleistet, dass die *Trichogramma*-Puppen nicht auf der Oberfläche schwimmen sondern spritzfähig sind. Es wurden mehrere Gel-Varianten mit und ohne Druck getestet bevor entschieden wurde, ein Gel auf der Basis von Xanthan (2 g pro L), das mit Hilfe von Bakterien der Gattung *Xanthomonas* aus zuckerhaltigen Substraten gewonnen wird und als Lebensmittelzusatzstoff zugelassen ist, verwendet. Als Dispersionsmittel wurde Tween

20 (0,1%) zugesetzt. In den Versuchsreihen zum Einfluss des Spritzdrucks zeigte sich, dass 3 bis 4 bar von den *Trichogramma*-Puppen noch toleriert wurden. Vor allem durch die Befeuchtung und durch den Einfluß des Gels wurde die Schlupfrate der *Trichogrammen* jedoch von fast 90% bei „Trockenmaterial“ auf etwa 65% bei „gespritztem Material“ reduziert.

Weitere Verluste sind beim Spritzverfahren durch Prädation, z.B. Abfrass durch Ameisen zu erwarten. Wenn darauf geachtet wird, dass die Puppen nur sehr dünn verteilt sind und sich hauptsächlich an der Blattunterseite befinden, konnten die Verluste jedoch auf 10% oder weniger der ausgebrachten Puppen reduziert werden.

Grössere Verluste entstehen auch dadurch, dass bei einer Spritzung ein Teil der ausgebrachten Spritzbrühe nicht in den Baum gelangt. Für die Spritzungen wurden praxisübliche Spritzgeräte verwendet, bei denen die Filter entfernt worden waren. Zur Reduktion von Prädation und Abwaschverlusten sollte die Blattunterseite vorrangig benetzt werden. Daher ist ein Gerät mit Axialgebläse vorzuziehen, da aufgrund des steileren Strömungswinkels die Benetzung der Blattunterseite eher gewährleistet wird. An jeder Seite der Spritze wurden alle Düsen bis auf eine Düse abgestellt. An der 4. Düse von unten wurde jeweils eine Flachstrahldüse mit grossem Durchmesser (TeeJet 11016) montiert. Bei einem Druck von 3 bar und einer Luftleistung von 400 Umdrehungen sowie einer Fahrgeschwindigkeit von 5 km/h gelangte ein grosser Teil der Spritzbrühe auf die Blattunterseite. Für eine Behandlung von 1 ha wurden so 140 L Gel-Lösung benötigt.

Mit dieser Technik ist eine einfache und kostengünstige Ausbringung (Kosten für das Gel ca. 10 Euro/ha) möglich, die mit betriebsüblicher Technik ohne grosse Umrüstung erfolgen kann. Auch die einmaligen Kosten der Anschaffung für die Düsen sind gering, da nur zwei Düsen benötigt werden. Die Verluste bei der

Spritzung (reduzierte Schlupfrate, Bodenverluste) müssten durch das Wegfallen der Kosten für die Herstellung der Ausbringungseinheiten (TrichoKarten) ausgeglichen werden.

In den Versuchen mit der Art *Trichogramma evanescens* zeigte sich ein gutes Dispersionsverhalten dieser Art in der Obstanlage. Daraufhin wurden grössere Ausbringungsabstände für die TrichoKarten verwendet und dieses Ausbringungsverfahren mit dem Spritzverfahren verglichen.

Im Jahr 2009 wurden mehrere Exaktversuche zur notwendigen Menge an Trichogrammen und zum Vergleich der beiden Verfahren

durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der untenstehenden Tabelle zusammengefasst.

Es kann durchaus von der jeweiligen Situation (Dichte der Laubwand, Witterung, notwendige Wirkungsdauer usw.) abhängen, welches Verfahren sinnvoller eingesetzt wird. Beide Methoden zur Ausbringung von *Trichogramma* werden weiter entwickelt.

Verfahren	Vorteile	Nachteile
<b>Spritzung</b>	<p>Ausbringung einfach, Akzeptanz bei Betrieben vermutlich hoch</p> <p>Verteilung optimal, bessere und schnellere Wirkung bei dichter Laubwand</p> <p>Keine Kosten für Dispenser und für Herstellung derselben</p>	<p>Ein gewisser Abwascheffekte bei Regen dürfte gegeben sein, der allerdings bei guter Spritzung und dichter Laubwand begrenzt ist</p> <p>Hohe Verluste bei der Spritzung je nach Dichte der Laubwand</p> <p>Momentan wird davon ausgegangen, dass die Tiere innerhalb von 48 Stunden schlüpfen müssen.</p> <p>Dies bedingt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurze Wirkungsdauer (max. 2 Wochen)</li> <li>• Hohes Risiko, wenn die Tiere durch ungünstige Witterung geschädigt werden, da nicht „nachgeliefert“ wird</li> <li>• Produktion und Spritzung müssen sehr gut und sehr kurzfristig terminiert und abgestimmt werden</li> </ul>
<b>Tricho-Karte</b>	<p>Keine Verluste, die Tiere sind bis zum Schlupf geschützt</p> <p>Ausbringung verschiedener Stadien möglich. Dies bedingt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Längere Wirkungsdauer möglich</li> <li>• Geringeres Risiko von ungünstigen Witterungsbedingungen, da „nachgeliefert“ wird</li> <li>• Einfachere Terminierung von Produktion und Spritzung</li> </ul>	<p>Ausbringung umständlich und mit Handarbeit verbunden, ggf. geringe Akzeptanz</p> <p>Schlechtere Verteilung, schlechte Wirkung vor allem bei dichter Laubwand und grösseren Bäumen, wo eine grosse Fläche abgesucht werden muss</p>

"Samen-und bodenbürtige Pathogene im generativen Zierpflanzenbau - Alternativstrategie zum konventionellen Einsatz von chemischen Beiz- und Pflanzenschutzmitteln in Form neuartiger Saatgutprodukte"

"Seed-borne and soil-borne pathogens in the production of seed-grown ornamental plants- alternative strategy to the conventional application of chemical fungicides in form of innovative seed products"

#### **Laufzeit**

01.09.2007 bis 30.08.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Nick ten Pas

Ernst Benary Samenzucht GmbH

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Der generative Zierpflanzenbau hat mit einer Vielzahl von samen-und bodenbürtigen Pathogenen zu kämpfen. Da es kein zugelassenes Pflanzenschutzmittel für Saatgutbeizungen im Zierpflanzenbau gibt, war es Ziel des Projektes, alternative Saatgutbehandlungen zu entwickeln für verschiedene, wichtige Zierpflanzenkulturen wie Bellis (Phoma), Callistephus (Fusarium, Alternaria), Impatiens (Plasmopara), Lupinus (Colletotrichum), Helianthus (Plasmopara, Alternaria, Sklerotinia), Rudbeckia (Alternaria etc.) und Zinnia (Xanthomonas, Alternaria).

Einer der Schwerpunkte des Projektes war die Entwicklung von thermischen oder physikalischen Desinfektionen an Saatgut. Dabei wurde Saatgut unterschiedlich hohen Temperaturen mit Variation der Behandlungsdauer ausgesetzt und der Einfluss sowohl auf die Keimfähigkeit als auf die Pathogene getestet. An allen Projektkulturen mit Ausnahme von Impatiens wurden neben reinen Heißwasser- und Heißluftdesinfektionen auch Heißluftdesinfekti-

onen mit unterschiedlich hohen Luftfeuchten oder mit vorheriger Quellung durchgeführt. Weiterhin wurden Behandlungsmodelle mit verschiedenen Temperatur- und Luftfeuchtestufen und kurzzeitigen Temperaturspitzen („Tyndalisierung“) getestet. Phoma an Bellis, Colletotrichum an Lupinus und Alternaria an Helianthus sind mit thermischen Desinfektionen oftmals gut bekämpfbar, diese wurden bis zur Praxisreife entwickelt. Alternaria an Zinnia zeigt die geringste Reduzierung.

Auch UV-Behandlungen (trocken, feucht) wurden mit verschiedenen Anlagen getestet. Dabei wurden Lösungen erarbeitet, um die starke Wärmeentwicklung der Lampen besser zu kontrollieren und um eine gleichmäßige Einwirkung der Behandlung des Saatgutes von allen Seiten zu ermöglichen. Die getesteten UV-Behandlungen sind zwar sehr keimschonend, aber die Pathogenreduzierung ist im Vergleich zu anderen thermischen Desinfektionen oder Fungiziden meist geringer.

Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes war die Testung und Applikation von mikrobiellen Pflanzenstärkungsmitteln (PSTM) an Saatgut. Auf Grund der Ergebnisse von ersten in vivo Tests wurden aus ursprünglich 7 Präparaten die mikrobiellen Pflanzenstärkungsmittel Proradix (Pseudomonas spec.), FZB24 (Bacillus subtilis) und Binab TF WP (Trichoderma harzianum, polysporum) zur Weiterarbeit ausgesucht:

Die Wirksamkeit der trockengebeizten Pflanzenstärkungsmittel gegen Pathogene in in vivo-Tests war insgesamt wenig befriedigend. Erste positive Effekte konnten bei Wiederholung der in vivo-Tests nicht bestätigt werden. Daraufhin wurden Inkrustierungen entwickelt mit dem Ziel, mit Hilfe von Haftmitteln und anderen Zusätzen die Hafteigenschaften, die Haltbarkeit und die Wirksamkeit der PSTM zu erhöhen. Desweiteren wurden Bioprimingbehandlungen zur Verbesserung der Wirksamkeit der PSTM durchgeführt.

Bei der Entwicklung eines weiteren Applikationsverfahrens in Form von Mikroverkapselungen zum Schutz der empfindlichen Pseudomonaden stellte sich heraus, dass die Applizierbarkeit der Mikrokapseln nicht möglich war. Die Anbringung der Mikrokapseln sowohl im feuchten als auch getrockneten Zustand führte im Rahmen einer Inkrustierung oder Anpillierung zu einer Trennung von Suspension bzw. Hüllmassenmischung auf der einen und Kapselmaterial auf der anderen Seite.

Ferner wurden Kombi-Coatings in Abhängigkeit von Pflanzenart und Pathogen entwickelt, in den Kombinationen PSTM/PSTM, PSTM/Fungizid (= Thiram, Iprodion) oder Fungizid/Fungizid. Desweiteren Leerpillen mit verschiedenen Mittel-Kombinationen, die während der Aussaat dem Saatgut mit beigelegt werden. Untersuchungen ergaben für die Kombinationen Thiram/FZB24, Iprodion/Binab sowie Thiram/Binab eine Hemmwirkung auf die Antagonisten. Eine Untersuchung der Antagonistenkonzentration der Kombi-Coatings an Saatgut ergab später, dass auch Proradix durch die Anwesenheit von Thiram oder Iprodion eine niedrigere Wiederfindungsrate aufwies. Proradix scheint nicht geeignet zu sein für eine Kombination mit Fungiziden.

Die Wiederfindungsrate (cfu/20 Samen) der Antagonisten von Binab, Proradix, FZB24 wurde bei Inkrustierungen und Coating im Vergleich zu Trockenbeizen und Biopriming an Saatgut von Lupinus, Callistephus, Zinnia und Bellis und bei Leerpillen untersucht. Die Wiederfindungsrate und Lagerfähigkeit von FZB24 ist gut und bleibt bei allen Applikationen annähernd konstant. Auch die Lagerfähigkeit von Binab ist gut, wenn auch die Antagonistenkonzentration deutlich geringer ist. Binab reagierte empfindlich auf alle Bioprimingmethoden und deren Rücktrocknung. Die Pseudomonaden von Proradix sind empfindlich und kurzlebig, sodass viele untersuchte Applikationen (Coating, Trockenbeizen, Leerpillen) kaum

lebensfähige Antagonisten aufwiesen. Nach Inkrustierung und Biopriming zeigten die Pseudomonaden eine längere Lebensfähigkeit. Auch der Einfluss der Lagertemperatur ist entscheidend. Die Lebensfähigkeit nimmt innerhalb weniger Monate bei einer Temperatur von 15°C deutlich ab, ist dagegen bei einer Temperatur von 5°C und vor allem von -18°C weniger stark reduziert. Die Wirkung der PSTM als Saatgutbehandlung blieb trotz verbesserter Applikation in unseren in-vivo-Tests eher unbefriedigend. Die Wirkung der Kombinationspräparate (PSTM/Fungizid) ist oftmals auf den Fungizidanteil zurückzuführen.

„Entwicklung eines Verfahrens zum biologischen Abbau des Inokulums strobürtiger pilzlicher Pathogene im Getreide- und Rapsanbau auf Basis des pilzlichen Antagonisten *Microsphaeropsis ochracea*“

“Development of biocontrol measures for the biological degradation of fungal inoculum originated from cereal and rape debris using the fungal antagonist *Microsphaeropsis ochracea*”

#### **Laufzeit**

01.08.2007 – 31.07.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Andreas von Tiedemann  
Georg-August-Universität Göttingen  
- Fakultät für Agrarwissenschaften - Department für Nutzpflanzenwissenschaften  
- Abt. Allgemeine Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz

#### **Verbundpartner**

Ute Eiben  
PROPHYTA Biologischer Pflanzenschutz GmbH

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Im Rahmen dieses Verbundprojektes wurde der

Abbau des Inokulums stroh- und boden-bürtiger phytopathogener Pilze im Getreide- und Rapsanbau durch den pilzlichen Antagonisten *Microsphaeropsis ochracea* untersucht. Ziel der Untersuchung war es zu klären, ob sich dieser Organismus als Grundlage für ein neues biologisches Pflanzenschutzmittel eignet. Dabei wurde der Schwerpunkt auf einen möglichen Abbau von Inokulum des boden-bürtigen phytopathogenen Pilzes *Verticillium longisporum* an Raps gelegt. Hierzu fanden Interaktionsstudien in in vitro-, Gewächshaus-, Litterbag- und Feldversuchen statt. In weiteren Feldversuchen sollte festgestellt werden, ob eine Behandlung von Ernterückständen von Winterraps und Winterweizen mit *M. ochracea* die Inokulumproduktion von *Mycosphaerella graminicola*, *Pyrenophora tritici-repentis* und *Lep-tosphaeria maculans* vermindern, und somit der Kulturpflanzenbefall reduziert werden kann.

Für Interaktionsstudien zwischen *M. ochracea* und *V. longisporum* wurde ein in vitro-Plattentest entwickelt. Dieser erwies sich als geeignet um die Wirkung von *M. ochracea* auf die Keimung von Mikrosklerotien von *V. longisporum* in Abhängigkeit von verschiedenen Umweltfaktoren zu untersuchen. *M. ochracea* zeigte eine stark keimhemmende Wirkung auf Mikrosklerotien von *V. longisporum* über einen weiten Temperaturbereich (4°C bis 24°C). Der antagonistische Wirkungsgrad von *M. ochracea* auf Mikrosklerotien von *V. longisporum* konnte durch eine Erhöhung der Inokulumdichte von *M. ochracea* und die Verlängerung der Inkubationsdauer verstärkt werden. In weiteren Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass Licht die Pyknidienbildung von *M. ochracea* auf Rapsstängeln und Nährmedium begünstigt. Doch konnte kein Einfluss von Licht auf die antagonistische Wirkung von *M. ochracea* auf Mikrosklerotien von *V. longisporum* ermittelt werden.

In Interaktionsstudien zwischen *M. ochracea* und *V. longisporum* auf sterilen Rapsstängeln zeigte sich, dass durch Inokulation mit *M.*

*ochracea* die Mikrosklerotienbildung von *V. longisporum* verhindert werden kann.

Zum sensitiven Nachweis von *M. ochracea* wurde ein PCR-basiertes Nachweisverfahren entwickelt. Ausgehend von der rDNA-Sequenz der „Internal Transcribed Spacer“ (ITS) Region von *M. ochracea* wurden Primer abgeleitet. Diese erwiesen sich als geeignet, um *M. ochracea* in in vitro-, Gewächshaus-, Feld- und Litterbagversuchen nachzuweisen.

In Gewächshausuntersuchungen konnte der Anteil infektiöser Mikrosklerotien im Boden durch eine Granulatinokulation mit dem Produkt *M. ochracea* WG (8,3 bzw. 1,7 x 10<sup>7</sup> Sporen/g Boden) reduziert werden, was sich in einem geringeren Befall von Rapspflanzen mit *V. longisporum* äußerte. Die Befallsstärke von *V. longisporum* sank dabei mit steigender Inokulumdichte von *M. ochracea* WG. Durch eine Gießapplikation von *M. ochracea*/*M. ochracea* WG (2,8 x 10<sup>5</sup> / 2,8 x 10<sup>2</sup> Sporen/g Boden) konnte der Rapspflanzenbefall durch den Erreger *V. longisporum* nicht verringert werden. Daraus lässt sich schließen, dass der Anteil infektiöser Mikrosklerotien im Boden nicht reduziert wurde. Somit hatte die Inokulumdichte von *M. ochracea* im Boden einen wesentlichen Einfluss auf den biologischen Bekämpfungserfolg gegenüber *V. longisporum*.

In den Jahren 2007 bis 2009 wurden Feldversuche mit Winterraps und Winterweizen angelegt. In den Versuchen fanden Behandlungen von Boden und Ernterückständen mit 1 bzw. 2 kg/ha *M. ochracea* WG im Herbst bzw. Herbst und Frühjahr statt.

Im Monokulturversuch mit Winterweizen konnte das Inokulum von *M. graminicola* und *P. tritici-repentis* reduziert werden. Dies äußerte sich in einem reduzierten Blattbefall mit *Septoria tritici* und *Drechslera tritici-repentis*.

Im Monokulturversuch mit Winterraps wurde in beiden Versuchsjahren ein geringerer Befall

der Rapspflanzen mit *P. lingam* in den mit *M. ochracea* WG behandelten Varianten bonitiert. Durch eine Erhöhung der Aufwandmenge und durch Doppelbehandlungen stellten sich dabei bessere Bekämpfungserfolge ein. Der Befall der Rapspflanzen mit *V. longisporum* konnte durch eine Behandlung mit *M. ochracea* WG weder 2008 noch 2009 reduziert werden. In den Feldversuchen konnte somit kein Abbau der Mikrosklerotien durch *M. ochracea* nachgewiesen werden.

Des Weiteren fanden unter kontrollierten Bedingungen und in Litterbagversuchen im Freiland, Untersuchungen über den Abbau des Inokulums von *V. longisporum* durch *M. ochracea* statt. In sterilem Sand besiedelte der Antagonist sterile Rapsstängel, die mit Mikrosklerotien bewachsenen waren und reduzierte das Inokulum von *V. longisporum*. Weder unter kontrollierten Bedingungen, noch in den Litterbagversuchen konnte ein Inokulumabbau von *V. longisporum* durch *M. ochracea* auf unsterilen Rapsstängeln in unsterilem Boden nachgewiesen werden. Auch kam es zu keiner Besiedlung der Rapsstängel mit *M. ochracea* in unsterilem Boden. Im Gegensatz dazu wurde durch Inokulation befallsfreier Rapsstängel mit *M. ochracea* und Inkubation auf der Bodenoberfläche eine Besiedlung der Rapsstängel mit *M. ochracea* nachgewiesen.

In weiteren Untersuchungen wurde ein negativer Einfluss der Bodenfungistasis auf die Sporenkeimung von *M. ochracea* ermittelt. Durch Zugabe von Glukose oder Sterilisation der Böden wurde die Bodenfungistasis überwunden und die Sporen zur Keimung angeregt.

Zusammenfassend zeigen die vorgestellten Ergebnisse, dass *M. ochracea* ein sehr großes antagonistisches Potential unter sterilen Bedingungen entfalten kann. Dabei sind die Konkurrenz um Nährstoffe und Raum bei der Antagonist-Pathogen Interaktion von großer Bedeutung. Bei den Feldversuchen konnte eine leichte Reduktion des Pathogeninokulums der

pseudothezien bildenden phytopathogenen Pilze *M. graminicola*, *P. triticirepentis* und *L. maculans* durch Behandlung von inokulumbelasteten Ernterückstände erzielt werden. Eine Reduktion des infektiösen Inokulums von *V. longisporum* durch Behandlung mit *M. ochracea* WG wurde hingegen nicht festgestellt.

"Nanofasern als neuartige Träger für flüchtige Signalstoffe zur biotechnischen Regulierung von Schadinsekten im integrierten und ökologischen Landbau"

"Organic nanofibers as novel carriers for volatile semiochemicals in integrated and ecological agriculture"

#### **Laufzeit**

15.09.2007 bis 31.12.2010

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Günter Leithold  
Justus-Liebig-Universität Gießen - FB 09 - Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement - Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II

#### **Verbundpartner**

Prof. Dr. Andreas Greiner  
Philipps-Universität Marburg, Makromolekulare Chemie  
  
Dr. M. Breuer  
Staatliches Weinbauinstitut Freiburg - Referat Ökologie

Dr. Armin Kratt  
Trifolio-M GmbH

F. Wahl  
Maschinenfabrik Schmotzer GmbH

Dr. Holger Beer, Prof. C. Reichmuth  
Julius Kühn-Institut

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Anwendung von Pheromonen im Pflanzen-

schutz zur Störung der Kommunikation von Insekten ist eine nachhaltige Alternative zum Einsatz von klassisch chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln. Ein wichtigster Vorteil des Konfusionsverfahrens liegt in der zielgerichteten Wirkung auf den Schadorganismus, ohne eine weitere Beeinflussung von Nichtzielorganismen. Zudem ist die Ausbildung von Resistenzen im Zielinsekt aufgrund des Wirkmechanismus praktisch ausgeschlossen. Nachteile bezüglich der eingesetzten Pheromon-Dispenser beziehen sich in erster Linie auf Einschränkungen bei der Pheromon-Abgaberate sowie auf einen Mangel an mechanischen Applikationsverfahren. Der letzte Punkt verhindert eine Ausweitung des Verwirrungsverfahrens auf weitere Schadinsekten (wie z.B. den Westlichen Maiswurzelbohrer) in Flächenkulturen.

Durch die Nutzung von Nanofasern als Pheromon-Dispenser wird eine mechanische Ausbringung ermöglicht. Die in diesem Projekt untersuchten bioabbaubaren, organischen Nanofasern werden durch Elektrospinnen erzeugt. Die Beladung der Nanofasern mit dem Sexualpheromon erfolgte während des Elektrospinnprozesses. Pheromon-Dispenser werden in Käfigversuchen auf ihre Eignung zur Insektenverwirrung untersucht. Als Prüfkriterium dient die Fähigkeit männlicher Traubenwickler, sich an einer punktförmige Pheromonquelle zu orientieren. Traubenwickler-Männchen, die den Weg zu einem Traubenwickler-Weibchen finden, werden in einer Klebefalle gefangen. Bei geringem Rückfang arbeiten die Verwirrungsdispenser erfolgreich. Der Nanofaser-Pheromon-Dispenser aus dem Polymer Ecoflex® (BASF) zeigt über drei Wochen eine dem Standard-Dispenser (Isonet LE; Shin-Etsu) vergleichbare Verwirrungsleistung. Ab der vierten Woche ist die Verwirrung nicht mehr in einem ausreichenden Maß gegeben.

Durch diese Versuche konnte somit der prinzipielle Nachweis der Einsetzbarkeit elektrogesponnener Nanofasern als Verwirrungsdispenser geführt werden. Durch Modifikationen in der Nanofaserzusammensetzung und Nanofaserstruktur wird an einer verlängerten Wirkdauer gearbeitet, die den gesamten Zeitraum

des Auftretens des Schadorganismus abdeckt. Versuche zur mechanischen Ausbringung vorgefertigter Nanofaser-Pheromon-Dispenser finden in der letzten Projektphase statt.

## Sektion 6: Weinbau

„Identifizierung und Charakterisierung von Mehltaresistenz bei Reben mittels subtraktiver EST-Arrays“

„Identification and Characterization of mildew resistance in grapevine using subtraction techniques“

### Laufzeit

01.04.2007 bis 31.10.2010

### Projektkoordinator, Institution

Dr. Reinhard Töpfer  
Julius Kühn-Institut - Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof

### Kooperationspartner

Weingut Jäger, Ockenheim  
Rebenveredelung Wolfs Reben, Bad Dürkheim

### Kurzfassung der Ergebnisse

Die Kulturrebe ist gegenüber den Mitte des 19. Jahrhunderts aus Nordamerika eingeschleppten Pilzkrankheiten Echter Mehltau (*Erysiphe necator*) und Falscher Mehltau (*Plasmopara viticola*) hoch anfällig. Dies erfordert verglichen mit anderen Kulturarten einen sehr hohen Pflanzenschutz Aufwand und war Auslöser für die Züchtung auf Pilzwiderstandsfähigkeit. Die genetische Basis der gesamten Resistenzzüchtung ist jedoch sehr eng und basiert auf nur wenigen meist amerikanischen *Vitis* Wildarten. Mit Hilfe einer subtraktiven EST-Bank, die für *V. vinifera*-Gene abgereichert, folglich für Gene aus Wildartgenomen und damit potentiellen Resistenzgenen angereichert wurde, werden molekulargenetische Analysen durchgeführt, um neue Resistenzquellen in unterschiedlichem Sorten- und Zuchtmaterial zu finden. Ausgewählte Kandidatengene sollen auf die Resistenzkorrelation überprüft, die Sequenz bestimmt und diagnostische Marker für die Anwendung in der Züchtung bereitgestellt werden.

"Erhöhung des Anteils positiver und Verminderung des Anteils negativer Inhaltsstoffe in Weinbeeren (*Vitis vinifera*)“

„Increasing the contents of positive and decreasing the contents of negative compounds in grape berries (*Vitis vinifera*)“

### Laufzeit

01.01.2008 bis 31.12.2010

### Projektkoordinator, Institution

Prof. Dr. Reinhard Töpfer  
Julius Kühn Insitiut - Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof

### Verbundpartner

Prof. Dr. Ernst Rühl, Oliver Bitz  
Forschungsanstalt Geisenheim

### Kooperationspartner

Reinhard Antes  
ANTES Weinbau und Rebenveredelung GbR

Werner Knipser  
Weingut Knipser Johannishof

Volker Freytag  
Rebschule Volker Freytag

Alexander Räch  
Rebenveredelung Alexander Räch

Andreas Lehnen  
Weingut Andreas Lehnen

Ulrich Martin  
Rebenveredelung Martin

Herbert Veit  
Weingut Karl Veit

Herr Hulbert  
Weingut Adam Hulbert

Alois Huber  
Rebschule Alois Huber

Herr Königer  
Weingut Schloß Ortenberg

### Kurzfassung der Ergebnisse

Das Aroma (vom griechischen „Gewürz“, „Duft“) bezeichnet den spezifischen Geruch oder auch Geschmack. Es wird zwischen positiven und negativen Aromen unterschieden. Zu den positiven Aromen bei *Vitis vinifera* L. gehören die Monoterpene, Norisoprene, C6-Verbindungen wie Hexanal und tr-2-Hexanal. Als typisch negative Aromen werden bei *Vitis vinifera* L. Furaneol, Methylantranilat und 2-Aminoacetophenon (UTA) angesehen. Für den Wein sind insbesondere die Monoterpene interessant, da sie zum sortentypischen Bukett vieler Weißweinsorten wie Morio Muskat, Weißer Riesling, Gewürztraminer, Muskateller und Siegerrebe beitragen. Die häufigsten Monoterpene sind hierbei azyklische Alkohole wie Geraniol, Linalool,  $\alpha$ -Terpineol, Citronellol und Nerol, aber auch zyklische Ether z.B. Rosenoxid und Neroloxid sowie Lactone (Weinlactone). Die Individualität des Weines hängt von der Konzentration und der Zusammensetzung der Aromastoffe ab, die schließlich das charakteristische Bukett bestimmen. Es sind über 1 000 Monoterpene bekannt.

Aromen aus der Klasse der Monoterpene sind für viele traditionelle deutsche Sorten wertgebend und hohe Gehalte für die Produktion von international konkurrenzfähigen Qualitätsweinen essentiell. Insbesondere Riesling-Klone weisen ein sehr breites Spektrum unterschiedlicher Aromastoffe auf. Diese unterliegen einem ausgeprägten Einfluss durch die Umwelt, was eine systematische Suche nach Klonen mit spezifischen aromatischen Ausprägungen erschwert. Ein Vergleich der Gehalte an Monoterpene zeigt Klon- und Sortenunterschiede auf, die auf Mutationen zurückgehen dürften. Je nach Gehalt an Monoterpene lassen sich die Rebsorten in drei Gruppen einteilen: Muskatrebsorten, aromatische Nicht-Muskatrebsorten und neutrale Rebsorten.

Die Biosynthese und Molekulargenetik der Monoterpene wurde vielfach bei verschiedenen Spezies untersucht. Nach der Bildung von Gera-

nyl-pyrophosphat aus Isopentenylidiphosphat (IPP) und Dimethylallyldiphosphat (DMAPP) durch eine Prenyltransferase entstehen durch die Katalyse von Terpensynthasen Monoterpene, die durch P450-Enzyme, Dehydrogenasen, O-Methyltransferasen, Acetyltransferasen und Glykosyltransferasen weiter modifiziert werden. Ein Großteil der Monoterpene liegen in glykosilierter, und damit nicht aromawirksam, vor.

Durch die Sequenzierung von *Vitis vinifera* L. wurden 89 bzw. 35 potentielle Terpensynthasen (auch Cyklasen genannt) gefunden (JAILLON et al. 2007; VELASCO et al. 2007). Bisher wurde allerdings nur  $\alpha$ -Terpineolsynthase bei Gewürztraminer funktionell beschrieben. Mit Hilfe aus Literatur bekannten Linalool- und Geraniolsynthasen wurde nach ähnlichen Sequenzen im Referenzgenom vom blauen Spätburgunder gesucht. Es konnten mehrere potentielle Monoterpensynthasen in *Vitis* entdeckt werden. Die Kandidatengene VvLin\_1, VvLin\_2, VvGeran\_1 und VvGeran\_2 wurden bei verschiedenen Rebsorten charakterisiert. Die Gene der potentiellen Synthasen wurden vergleichend sequenziert, sowohl genomische DNA als auch mRNA. Ein besonderes Interesse liegt hierbei auf den Unterschieden zwischen aromatischen und nicht aromatischen Rebsorten. Im Hinblick auf Rebenzüchtung und Klonselektion sollen anhand der gefundenen Unterschiede molekulare Marker entwickelt werden, die es erlauben Züchtung und Selektion erheblich zu beschleunigen.

Unterschiede im Monoterpengehalt bei den verschiedenen Rebsorten können nicht nur aufgrund von Mutationen in den oben beschriebenen Synthasegenen herrühren, sondern differenzielle Genexpression der entsprechenden Gene kann dafür verantwortlich sein. Es wurde folgerichtig bei verschiedenen Rebsorten differenzielle Genexpression während der Beerenentwicklung mittels quantitativer RT-PCR (Reverse Transkription- Polymerase

Ketten Reaktion) bestimmt, da der Gehalt an Monoterpenen mit der Entwicklung ansteigt.

Bei der Suche nach Kandidatengenomen für die Fehlgerüche Furaneol und Methylantranilat wurden ebenfalls Kandidatengenome aus dem Referenzgenom abgeleitet und vergleichend in *Vitis vinifera*-Sorten und *Vitis labrusca*-Genotypen sequenziert. Obwohl zahlreiche SNPs detektiert wurden, korrelierte keines der Gene mit der Fehlnotenprägung. Daher wurde für eine F1-Population aus Lemberger x Catawba eine genetische Kartierung begonnen. Sie soll zu den gewünschten Markern führen, die mit Fehlnoten korrelieren.

#### Literatur

JAILLON, O., J. M. AURY, B. NOEL, A. POLICRITI, C. CLEPET et al., 2007 The grape-vine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla. *Nature* 449: 463-467.

VELASCO, R., A. ZHARKIKH, M. TROGGIO, D. A. CARTWRIGHT, A. CESTARO et al., 2007 A high quality draft consensus sequence of the genome of a heterozygous grapevine variety. *PLoS ONE* 2: e1326.

„Optisch-maschinelle Entfernung von qualitätsmindernden Partikeln aus Vol-lernter-Lesegut als Qualitätssicherungsmaßnahme für den Steillagenweinbau“

“Quality improvement by optical selection of grapes harvested in steep slopes”

#### Laufzeit

01.05.2009 – 31.12.2012

#### Projektkoordinator, Institution

Jakob Feltes

Dienstleistungszentrum ländlicher Raum (DLR) Mosel

#### Verbundpartner

Dr. Michael Maixner

Julius Kühn-Institut – Institut für Kulturpflanzen

Christof Loch

Clemens GmbH & Co. KG -Maschinenfabrik

#### Kurzfassung der Ergebnisse

Gesetzgeber, Handel und Verbraucher steigern ständig die Ansprüche und Qualitätsparameter. Zu nennen sind hier die aktuellen Diskussionen um eine Senkung der Grenzwerte für die Anwendung von Schwefeldioxid als potenziell allergenen Stoff und die Bemühungen zur Senkung der Gehalte an biogenen Aminen. Für Ochratoxin A wurde erst vor kurzem ein Grenzwert festgelegt. Besonders durch die veränderte Verteilung von Regen und Trockenperioden, der erhöhten Starkregenereignisse und der vermehrten Anzahl von „tropischen“ Nächten im September ist in Zukunft mit erhöhten Botrytis- sowie Sekundärpilzbefall zu rechnen. In diesem Zusammenhang treten auch tierische Schaderreger immer stärker auf, wie z. B. der asiatische Marienkäfer (*Harmonia axyridis*), welche zu negativen Geruchs- und Geschmackbeeinträchtigungen führen können. Weiterhin ist davon auszugehen, dass Weinschönungen in zunehmendem Maß kritisch hinterfragt und auch auf dem Etikett deklariert

werden müssen. Zudem gilt allgemein, dass eine Vermeidung von Fehltönen und Kontaminanten stets das Aroma und die Qualität eines Weines weniger beeinflusst als eine nachträgliche Entfernung, die – wenn überhaupt möglich – meist qualitätsmindernd ist.

#### *Versuche*

Die Traubensortierung nach der Lese hat im deutschen Weinbau bisher praktisch keine Bedeutung. Der finanzielle Aufwand für eine Traubensortierung per Hand wurde in den letzten Jahrzehnten wegen der geringen Fäulnisbelastung des Lesegutes vermieden. Besteht bei der Handlese noch die Möglichkeit, mit geschulten Lesehelfern eine selektive Lese durchzuführen, so ist dies beim Vollerntereinsatz nicht möglich.

Vorhandene Systeme der maschinellen Traubensortierung erfüllen bedingt die notwendigen Kriterien bezüglich des Wirkungsgrads, der Schonung des Lesegutes und des hygienischen Designs. Sortiermaschinen mit Kameratechnik, wie sie in anderen Lebensmittelbereichen eingesetzt werden, können diese Kriterien vollständig erfüllen. Zur Sortierung mittels eines solchen vollautomatischen optischen Sortierers werden die Beeren nach Aufschüttung vereinzelt und unterlaufen auf einem Band Kameras. Die Aufnahmen werden von einem Computer ausgewertet, die Sortierung der Beeren wird entsprechend der zuvor festgelegten Einstellungen gesteuert. Durch einen den Kameras nachgeschalteten Fluoreszenzlasers zur Chlorophyll-Erkennung kann das Sortierergebnis noch verbessert werden.

Während positiv bewertete Beeren am Ende des Bandes einfach im „Schiefen Wurf“ in einen Behälter oder auf ein Förderband fliegen, werden in dieser Flugphase negativ bewertete Beeren individuell durch eine über der Flugbahn angebrachte Leiste mit einzeln steuerbaren Luftdüsen nach unten ausgeblasen.

Diese Steuerungstechnik ermöglicht nicht nur die Anpassung an Sorte und Jahrgang, sondern eröffnet weitere Optionen der Sortierung, zum Beispiel die Trennung reifer von grünen, unreifen Beeren.

Ergebnisse aus ersten Versuchen mit optischen Systemen in den Jahren 2007 bis 2009 belegen Selektionsquoten bis zu 99 %. Der Anteil positiv bewerteter Beeren im negativ selektierten Anteil war sehr gering. Voraussetzungen für eine solch gute Selektionsleistung und wirtschaftliche Arbeit des Sortierens sind eine schonende Verarbeitungsprozesse: Lese, Entrappung, Transport des Lesegutes. Vereinzeln und Verteilung der Beeren auf dem Band. Mischungs- und Zerfaserungsvorgänge müssen vermieden werden.. Intakte Beeren lassen sich zu annähernd 100 % trennen, während eine viskose Maische kaum auftrennbar ist.

Weitere Schwierigkeiten ergeben sich aus den sehr geringen Farbunterschiede zwischen den Selektionskriterien, z. B. Botrytis bei Grauburgundertrauben. Auch die Trennung von gelben und grünen Beeren mit all den vorhandenen Übergangsfarben konnte in den bisherigen Tastversuchen nur mit geringen Erfolgsquoten durchgeführt werden. Eine Optimierung dieser Parameter ist angestrebt und wird in den folgenden Versuchen getestet werden. Weitere Optionen z.B. das Entfernen von tierischen Schädlingen wie Marienkäfern und Ohrwürmern, sind ebenso interessant für die Qualität der Weine wichtig und sollen im Rahmen des Forschungsvorhabens in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Julius-Kühn-Institut überprüft werden.

Neben den Problemen des Maische- und Zerfaserungsgrades des Lesegutes spielt auch die optimale Verteilung der Beeren auf dem Band eine wesentliche Rolle für Selektionsquote und Wirtschaftlichkeit des Systems. Wird zu viel Lesegut aufgeschüttet, schichten sich mehrere Beeren übereinander, so dass die Erkennung defekter Beeren schwieriger wird und die

Erfolgsquote der Selektion sinkt. Andererseits führt eine nicht optimale Flächenausnutzung zu geringer Leistung der Maschine und damit zu sinkender Wirtschaftlichkeit. Theoretische Betrachtungen ergeben, dass bei einer Bandbreite von 60 cm bei einer Bandgeschwindigkeit von 3 m/s 6 t Maische pro Stunde verarbeitet werden können (vgl. Abb. 2). ableiten. Um eine solch optimale Verteilung der Beeren zu gewährleisten, ist ein entsprechendes Vorselektions- und Vereinzelnmodul durch den Projektpartner Clemens konstruiert worden und kommt im Herbst 2010 erstmals zum Einsatz.

#### *Fazit und Ausblick*

Die Traubenselektion wird im Zuge des Klimawandels zur Sicherung und Steigerung der Weinqualität immer wichtiger werden. Darüber hinaus kann in Zukunft eine dokumentierbare Selektion über die Listung im Lebensmitteleinzelhandel entscheiden. Mit der vollautomatischen optischen Sortiermaschine bietet sich die Möglichkeit, eine solche Selektion maschinell mit dem gewünschten Selektionsergebnis zu erzielen. Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten, sowohl im Rotwein- als auch im Weißweibereich, müssen noch ausgiebig getestet und optimiert werden.

„Weiterentwicklung des Steillagen-Vollernters für den Einsatz als Pflanzenschutzgerät und Geräteträger in Weinbausteillagen“

“Further development of the steep slope harvester as a multifunctional system in plant protection and other applications”

#### **Laufzeit**

01.09.2009 – 31.12.2012

#### **Projektkoordinator, Institution**

Christian Fischer

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Mosel

#### **Verbundpartner**

Dr. Michael Maixner

Julius Kühn-Institut – Institut für Kulturpflanzen

Dr. Rainer Keicher

Forschungsanstalt Geisenheim – Institut Betriebswirtschaftslehre und Technik

Willi Rinklin

KMS Rinklin GmbH

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Weinbausteillagen sind prägendes Element der Kulturlandschaften in den Flusstälern deutscher Weinbaugebiete. Ihr ökonomischer und ökologischer Nutzen geht weit über die Weinerzeugung hinaus. Weinbausteillagen kommt eine wesentliche Bedeutung als einzigartiges Biotop mit spezifischen, an Rebkultur und Mikroklima angepassten, Biozönosen zu.

Der Steillagenweinbau ist rückläufig. Für dessen nachhaltigen Erhalt auf zusammenhängenden Flächen ist eine rationelle Bewirtschaftung und weitestgehende Mechanisierung der Produktionsverfahren unabdingbar. Vor diesem Hintergrund kommt der Entwicklung effizienter und schlagkräftiger Mechanisierungssysteme eine herausragende Bedeutung zu. In diesem Zusammenhang ist insbesondere

ein umweltschonender und mitteilsparender Pflanzenschutz zu nennen.

Seit der Erntesaison 2007 wird der Prototyp eines Trauben-Vollernters für Weinbausteillagen in der Praxis eingesetzt. Das Fahrzeugsystem besteht aus einem selbstfahrenden, hydrostatisch angetriebenen Erntesatelliten und einem Transportanhänger mit zwei aufgebauten Seilwinden (Abbildung 1). Die Seilwinden wirken unterstützend auf den Fahrtrieb des Satelliten und dienen der Erhöhung dessen Steigfähigkeit im Steilhang. Gleichzeitig wirken diese als Absturzsicherung im Falle eines Defektes im Antriebs- oder Bremssystem.

Der vorhandene Prototyp wird im Rahmen des aktuellen Forschungsvorhabens zum mehrzeilig arbeitenden Pflanzenschutzgerät und Geräteträger weiterentwickelt.

Für einen effizienten und schlagkräftigen Einsatz des Gerätesystems zur Applikation von Pflanzenschutzmitteln oder zum Antrieb von Anbaugeräten ist ein stand- und leistungsfähiges Antriebskonzept Grundvoraussetzung. Ausgehend von Erfahrungen aus dem Versuchsjahr 2009 wurde die Notwendigkeit einer deutlichen Optimierung und Leistungssteigerung der hydraulischen Antriebs- und Arbeitskreisläufe des Prototyps ersichtlich. Seit Projektbeginn wurden umfangreiche Maßnahmen am hydraulischen Gesamtsystem von Satellit und Transportanhänger umgesetzt, die in ihrer Konsequenz a) eine Erhöhung der maximalen Fahrgeschwindigkeit, b) eine Steigerung der verfügbaren Hydraulikleistung zum Antrieb variabler Anbaugeräte sowie c) eine Verringerung hydraulischer Verlustleistung ermöglichen.

Die exakte Steuerung des Ernte-, bzw. Geräteträgersatelliten entlang der Rebzeile stellt hohe Anforderungen an die Konzentrationsfähigkeit des Fahrzeugführers. Diese steht in der Folge für eine Überwachung des Pflanzenbestandes und der Arbeitsqualität selbst nicht mehr zur

Verfügung. Aus der Flächenlandwirtschaft und ersten Studien im Weinbau ist die Möglichkeit der Entlastung des Fahrzeugführers durch selbständig arbeitende Spurführungssysteme bekannt. Vor diesem Hintergrund wurde der Satellit zwischenzeitlich mit einem ultraschallgestützten Lenksystem zur automatischen Nachführung entlang des Zeilenverlaufes ausgerüstet.

Nach Abschluss der Installations- und Testphase werden aussagekräftige Erkenntnisse hierzu nach Abschluss der Vegetationsperiode und Erntekampagne 2010 erwartet. Dies gilt gleichlautend für Ergebnisse aus der Adaption eines mit GPS (Global Position System) ausgerüsteten, ISOBUS-konformen Datenbussystems zur Automatisierung und Dokumentation von Arbeitsvorgängen sowie zur Erfassung betriebswirtschaftlicher Kenngrößen.

Primäres Projektziel ist die Konstruktion eines mehrzeilig applizierenden Pflanzenschutzgerätes für den Einsatz in Weinbausteillagen. Im Zuge der technischen Konstruktion werden parallel universell nutzbare Koppelpunkte für den variablen Anbau von Arbeitsgeräten erschlossen.

Seit Beginn der Vegetationsperiode 2010 erfolgen Vorstudien zur Festlegung einer geeigneten Gebläsetechnologie zur Adaption auf den Geräteträgersatelliten.

Nach derzeitigem Kenntnisstand erscheint eine konstruktive Lösung mittels delokalierter Radialgebläsetechnologie zielführend. Hierbei ist jede Applikationseinheit mit einem eigenständigen Radialgebläse ausgerüstet. Der Trägerluftstrom wird mittels fächerförmigen Luftleitrichtungen zielgerichtet auf die Laubwand gelenkt. Entsprechende Gebläseeinheiten zeichnen sich durch geringes Gewicht und geringe Leistungsaufnahme aus (Abbildung 2). Der Antrieb der Gebläserotoren erfolgt mittels Hydromotoren über den Arbeitshydraulikkreislauf.

Eine horizontal variabel verstellbare Befestigung zweier Gebläseeinheiten am Geräteträger erlaubt eine jeweils vier Teilbreiten umfassende Applikation von Pflanzenschutzmitteln sowohl bei Tal-, als auch bei Bergfahrt des Satelliten.

Die Eintragung des entwickelten Sprühgerätes in das Verzeichnis verlustmindernder Pflanzenschutzgeräte des Julius-Kühn-Institutes wird angestrebt. Entsprechende Abdriftstudien werden durch die Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Technik, vorgenommen. Zur Bewertung der neuartigen Gebläsetechnologie im Vergleich zu bereits etablierter Technik im Steillagenweinbau werden weiterhin Messreihen zur Luftstromgeometrie und zur Horizontalverteilung der Spritzflüssigkeit durchgeführt. Belastbare Ergebnisse hierzu liegen bislang noch nicht vor.

Die Applikationsqualität des Steillagen-Sprühgerätes wird durch vergleichende Untersuchungen mit praxistauglicher Pflanzenschutztechnologie für den Steillagenweinbau beurteilt. Durch eine kontrollierte Inokulation von Blattscheiben unter Laborbedingungen mit Sporangien des Falschen Mehltaus sowie durch Freilandbonituren werden potenzielle Effekte der zu vergleichenden Sprühgeräte auf die biologische Wirksamkeit ausgebrachter Fungizide nachweisbar.

Analog wird anhand von Fütterungsversuchen unter Laborbedingungen sowie ergänzenden Freilandinokulationen mit Larven des Traubenwicklers eine Bewertung der Wirksamkeit von Insektizidapplikationen durchgeführt. Die Durchführung und Auswertung der biologischen Versuche erfolgt durch den Verbundpartner Julius-Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau. Erste Ergebnisse dieser Studien stehen nach Abschluss der Pflanzenschutzmaßnahmen 2010 zur Verfügung.

„Entwicklung eines selbstfahrenden Transport- und Antriebsfahrzeuges zur Unterstützung von Arbeiten in Weinbausteillagen“

„Development of a self propelled transport and propulsion device for working assistance in steep slope vineyards“

#### **Laufzeit**

01.09.2009 bis 31.12.2012

#### **Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. H.-P. Schwarz

Forschungsanstalt Geisenheim - Fachgebiet Technik

#### **Kooperationspartner**

Brielmaier Motormäher GmbH

Schunk Kohlenstofftechnik GmbH

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Der in Deutschland landschaftsprägende Steillagenweinbau ist stark rückläufig. In den letzten Jahren wurde aufgrund der hohen Arbeitszeitbelastung die Bewirtschaftung mehrerer tausend Hektar eingestellt. Auch ist diese Arbeit körperlich anstrengend und, aufgrund der steilen Hänge, gefährlich. Durch für den Steilhang geeignete innovative Mechanisierung soll eine signifikante Reduzierung der Arbeitszeit, und damit eine verringerte Unfallgefahr, erhöhte Arbeitssicherheit und ökonomische Konkurrenzfähigkeit erreicht werden. Zu diesem Zweck wird am Institut für Technik der Forschungsanstalt Geisenheim ein multifunktionales Transport- und Antriebsgerät zur Unterstützung in Steillagen tätiger Personen entwickelt, welches eine mitfahrende Bedienperson nicht erfordert.

Die Entwicklung der Prototypen erfolgte unter Nutzung von Antriebseinheiten eines Brielmaier Einachs-Wiesenmähers für Steilhänge. Mittels Üblicher Konstruktionssoftware wurde ein Trägerrahmen für Anbaugeräte entworfen und in der Werkstatt des Instituts gebaut (Bild 1). Die hydraulische Antriebsleistung wird, über

Mengenteiler als Differentialsperre, auf die vorderen und hinteren Antriebswalzen verteilt. Die Steuerung des Fahr- und Arbeitsantriebs, die über ein CAN-Bus System realisiert ist, wurde um eine Funkfernsteuerung der Firma HBC radiomatic und einen Compact CAN Controller der Firma Inovel erweitert. Die Funkfernsteuerung ermöglicht das fahrerlose Fahren der Maschine im Weinberg über direkte Befehle, der Open CAN Controller wird benötigt zur Umsetzung der Lenkbefehle im autonomen Fahrbetrieb mittels GPS Navigation auf vorgeplanten Pfaden.

An den Verbindungsteilen des Rahmens mit den Antriebseinheiten wurden Dehnungsmessstreifen angebracht, um die tatsächliche Materialbelastung bei Fahrten im Weinberg mit den vorab in der Simulation berechneten zu vergleichen (Bild 2). Mit dem Aufzeichnungsgerät eDAQ der Firma Somat werden auf den Probefahrten neben den Werten der Dehnungsmessung auch das GPS-Signal und die Kommunikation auf dem CAN-Bus aufgezeichnet.

Erste Versuchsfahrten im Steilhang zeigten ein gutes Fahrverhalten und Steigungen von 65% wurden hierbei problemlos bewältigt (Bild 3). Fahrzeug, Funkfernsteuerung und Belastungsmessung funktionierten erwartungsgemäß. Mit dem Aufbau des GPS-Systems zur Navigation und Dokumentation wird das Projekt fortgeführt.

„Entwicklung einer Stabilisierungseinrichtung für Anbaugeräte an Traktoren“

„Development of a stabilizer for tractor mounted machines“

#### **Laufzeit**

01.01.2010 bis 31.08.2011

#### **Projektkoordinator, Institution**

Bianca Krieger, Ingo Köper  
Binger-Seilzug GmbH

#### **Kurzfassung der Ergebnisse**

Die Fahrt mit einem Anbaugerät an einem Schmalspurschlepper oder einer Raupe in Steillagen erfordert von dem Fahrer höchste Konzentration. Schon bei geringen Abweichungen von einer optimalen Oberflächenstruktur (Schlagloch, Hasenloch, großer Stein) des Bodens kann es zu kritischen Fahrsituationen kommen, die durch Anbaugeräte verstärkt werden. Die verwendeten Schlepper und Raupen haben aufgrund der Zeilenbreiten von ca. 1,8m eine Breite von nur ca. 1m und werden in Steigungen bis zu 50% eingesetzt. Diese kritische Fahrsituation kann entschärft werden, wenn das Anbaugerät bezogen auf den Boden immer in seiner korrekten Lage (optimalerweise senkrecht zum Boden) gehalten werden kann. Das Anbaugerät folgt nicht der Kippbewegung des Schleppers.

Der gesamte Schlepper mit Anbaugerät (bis zu 750 kg Gewicht) kippt zur Seite während er durch das Schlagloch fährt. Damit wird die Gesamtfahrzeugmasse incl. Anbaugerät um die Fahrzeuglängsachse beschleunigt. Ist der Schlepper am tiefsten Punkt angekommen, muss die Rotation um die Fahrzeuglängsachse abgebremst werden und in die Gegenrichtung beschleunigt werden, da das Hindernis meist nur sehr kurz ist. Der Schwerpunkt eines Anbaugerätes liegt weit von dem Drehpunkt entfernt und wirkt sich daher sehr ungünstig aus.

Weiterhin kann in solchen Situationen das Arbeitsgerät an der Rebzeile hängen bleiben. Die Kombination bestehend aus Arbeitsgerät und Schlepper kann um die Hochachse drehen und befindet sich sofort in einer nicht mehr beherrschbaren kritischen Fahrsituation.

Nur der Schlepper kippt beim Durchfahren des Hindernisses zur Seite, das Anbaugerät (Hubmast, Arbeitsgerät etc.) verbleibt in seiner korrekten Arbeitslage. Dies wird durch ein System ermöglicht, das durch Messung und hydraulische Gegensteuerung das Anbaugerät in seiner optimalen Lage stabilisiert. Die abzubremsende Masse und das daraus resultierende Kippmoment sind geringer, da das Anbaugerät nicht mehr starr mit dem Schlepper verbunden ist. Die Folge ist ein enormer Sicherheitsgewinn, da diese Kräfte mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit ebenfalls zunehmen.

Zusätzlich ist der Winzer nun in der Lage, bei einem solchen Hindernis mit beiden Händen

das Lenkrad festzuhalten, da die Lage des Anbaugerätes nicht korrigiert werden muss. Bei einer üblichen Fahrgeschwindigkeit von 4 – 8 km/h ist eine manuelle Korrektur selbst für erfahrene Bediener kaum möglich. Die Gefahr der Drehung um die Hochachse ist wesentlich reduziert, dies kommt insbesondere leichten Raupen auf nassem und rutschigem Boden zugute. Schäden an der Rebzeile und dem Arbeitsgerät werden vermieden.



„Ressourcenmanagement - Umsetzung moderner Strategien der Bewässerung zur Qualitätssicherung in weinbaulichen Großprojekten“

„Resource Management –Implementation of Modern Irrigation Scheduling Strategies for Quality Assurance in Viticulture“

**Laufzeit**

15.11.2009 bis 15.05.2013

**Projektkoordinator, Institution**

Bernd R. Gruber

Forschungsanstalt Geisenheim am Rhein -  
Fachgebiet Weinbau

**Verbundpartner**

Dr. Arnold Schwab

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und  
Gartenbau

**Kooperationspartner**

Bewässerungsverband Sommerach

Winzerkeller Sommerach eG

Teilnehmergemeinschaft Flurbereini-  
gungsverfahren VF 1802 Rüdesheim III

Teilflächen von Großprojekten verschiedenen Stressklassen zugeordnet werden können bzw. wie die unvermeidliche Variation innerhalb der Stressklassen im Vegetationsverlauf erfasst und verrechnet werden kann, so dass durch die Betreuung von Referenzflächen das Risiko einer qualitätsmindernden Falschversorgung minimiert werden kann.

Während im Teilprojekt Sommerach aktuelle Bodenanalysen als Ausgangspunkt der Stressklasseneinteilung verwendet werden können, zeichnet sich bereits ab, dass im Teilprojekt Rüdesheim die Verarbeitung aktueller Satelliten-Bilder als Ausgangsbasis besser geeignet sein könnte als die Verwendung von teilweise älteren Bodenkartierungen (vgl. Abbildung). Es gilt jedoch noch eine ganze Reihe v.a. bewirtschaftungsspezifische Einflussfaktoren (Sorten- und Unterlageneffekte, Bodenbearbeitung, Laubwandmanagement, Erziehungssystem) einzuarbeiten, ehe zuverlässige Aussagen getroffen werden können.

Derzeit befindet sich das im März 2010 begonnene Verbundprojekt plangemäß noch in der Aufbauphase, so dass noch keine gesicherten Ergebnisse kommuniziert werden können.

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Auf Standorten mit geringer Wasserspeicherkapazität kann auch im traditionell unbewässerten deutschen Weinbau die gezielte Zusatzbewässerung ein wichtiges Instrument des Qualitätsmanagements darstellen. Voraussetzung ist ein Steuerungskonzept auf Basis einer hinreichend präzisen Einschätzung des aktuellen Wasserstatus. Für direkt betreute Weinberge wurden bereits entsprechende Konzepte erarbeitet. Um die verantwortungsvolle Wassernutzung in der Praxis zu verankern, gilt es jedoch auch für klein parzellierte Produktionsbedingungen Organisationsformen zu finden, die es ermöglichen ohne eine separate Beprobung/Sensorausstattung aller Einzelparzellen auszukommen. Deshalb muss geklärt werden, nach welchen Kriterien die

„Integriertes Pflanzenmanagement durch drahtlose Sensornetze – Teilflächenspezifisches Bewässerungsmonitoring von Sonderkulturen (IPM)“

„Integrated plant management by using of wireless sensor networks - area specific irrigation monitoring of specialised crops“

**Laufzeit**

01.03.2008 bis 31.10.2010

**Projektkoordinator, Institution**

Kurt Köhler

IMKO Micromodultechnik GmbH

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Christof Hübner

Hochschule Mannheim - Institut für Industrielle Datentechnik und Kommunikation

Prof Dr. K. Köller

Universität Hohenheim - Institut für Agrartechnik

Im Rahmen des geförderten Verbundprojektes wurde ein drahtloses Sensornetzwerk entwickelt, mit dessen Hilfe die Messungen räumlich verteilter, stationärer Bodenfeuchtesensoren zentral gesammelt und als Entscheidungskriterium für die Bewässerungssteuerung herangezogen werden können. Die Untersuchungen finden exemplarisch für den Weinbau statt, weshalb ein weiterer Schwerpunkt des Projekts auf der Übersetzung der gemessenen Feuchtwerte in absolute Informationen zur Bewässerungswürdigkeit der Reben liegt.

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Eine deutliche Effizienzsteigerung in der landwirtschaftlichen Bewässerungspraxis ist in vielen Regionen der Erde aufgrund der gegenwärtigen Trends bei Bevölkerungsentwicklung und Klimaveränderung unabdingbar. Im Weinbau kann eine moderate Unterversorgung mit Wasser sogar vorteilhaft für die Traubenqualität sein, während ein Überangebot zum Zeitpunkt der Zellteilung zu größeren Beeren und deutlichen Qualitätsverlusten führt. Aufgrund räumlicher Unterschiede in der Wasserverfügbarkeit und Wasserspeicherkapazität, die u.a. durch wechselnde bodenhydraulische Eigenschaften und Topographie bedingt sind, sind bei der Bewässerung die nötigen Bewässerungshöhen zusätzlich einer räumlichen Variabilität unterworfen. Räumlich hochaufgelösten Informationen über den Bodenwasserhaushalt und seiner zeitlichen Dynamik kommt deshalb eine entscheidende Rolle bei der Bewässerungsplanung zu.

## Sektion 7: Bienen

"EvA - Entwicklung von Anti-Nosemose-Wirkstoffen über ein 2-Stufen-Testsystem"

„Drugs effective against nosemosis of honey bees“

### Laufzeit

01.04.2008 bis 30.09.2011

### Projektkoordinator, Institution

Dr. Elke Genersch

Länderinstitut für Bienenkunde

### Verbundpartner

Prof. Dr. Wolfgang H. Kirchner, Dr. Pia Aumeier

Ruhr-Universität Bochum - Fakultät für Biologie und Biotechnologie

Prof. Dr. Karl-Heinz Wiesmüller, Dr. Ute Wank

EMC microcollections GmbH

Dr. Hans Eberhardt

CIP-Chemisches Institut Pforzheim GmbH

### Kurzfassung der Ergebnisse

Ziel des Innovationsprojekts EvA ist die Entwicklung von Wirkstoffen gegen den Erreger der Nosemose bei Bienen, *Nosema spec.*, über ein 2-Stufen-Testsystem. Die erste Stufe dieses Testsystems (in vitro-Test) wird aus einem Zellkulturassay bestehen, der sich für ein Screening von potentiellen Wirkstoffen gegen die Nosemose mit mittlerem bis hohem Durchsatz eignet. Die zweite Stufe des Testsystems (in vivo-Test) ist ein Infektionsassay mit adulten Bienen, in dem die in der ersten Stufe als aussichtsreich identifizierten Substanzen direkt am infizierten Tier getestet werden.

Bei der Entwicklung der Wirkstoffe wurden zunächst über ein in vivo-Pilotscreening 25 Verbindungen auf ihre Anti-Nosemose-Aktivi-

tät getestet. Als Kontrollsubstanz diente das Antibiotikum Fumagillin, dessen gute Wirksamkeit gegen *Nosema spec.* bekannt ist, welches aber wegen seiner Toxizität für Tier und Mensch nicht mehr zugelassen ist. In diesem Pilotscreen wurden bereits erste Substanzen identifiziert, die sogar eine gegenüber der Kontrollsubstanz verbesserte Wirksamkeit gegen *Nosema spec.* zeigten. Einer dieser Wirkstoffkandidaten wurde bereits auf seine Bienenverträglichkeit geprüft und zeigte auch hier sehr gute Ergebnisse. Auf der Basis der wirksamen Verbindungen wurde ein Strukturmodell abgeleitet. Im Sinne einer Leitstrukturoptimierung wurden 25 potentiell aktive Substanzen mit modifizierter Grundstruktur hergestellt und in einem weiteren Pilotscreen untersucht. Für die Herstellung dieser Substanzklasse wurde ein robustes skalierbares Syntheseverfahren und Verfahren zur Formulierung etabliert. Darüber hinaus wurde eine Kollektion von weiteren 2000 potentiell nosemaziden Verbindungen für den in vitro-Test zur Verfügung gestellt

Für die Entwicklung des in vitro-Screening-Systems auf Zellkulturbasis wurden (i) zwölf Insektenzelllinien aus Lepidopteren und Dipteren in Kultur genommen, sowie (ii) eine Methode zur in vitro-Sporenkeimung von *Nosema spec.* entwickelt, mit der es anschließend gelang, mehrere Zelllinien erfolgreich zu infizieren. Als besonders geeignet für die Etablierung eines heterologen Zellkultursystems für *Nosema ceranae* und *Nosema apis* erwies sich die aus dem Schwammspinner (*Lymantra dispar*) stammende Zelllinie IPL-LD-65Y. Über eine Nosemaspezifische Fluoreszenz-in situ-Hybridisierung (FISH) wurde der Infektionsverlauf und die Vermehrung von *Nosema ssp.* in infizierten IPL-LD-65Y-Zellen dokumentiert. Durch die Zugabe von Fumagillin konnte die Vermehrung von *Nosema ssp.* in Zellkultur inhibiert werden. Damit sind die Voraussetzungen für

die Etablierung eines z.B. ELISA-basierten in vitro-Tests geschaffen, um über ein random in vitro-Screening mit mittlerem Durchsatz in der Kollektion von 2000 potentiell nosemaziden Verbindungen aussichtsreiche Kandidaten zu identifizieren, die dann über den in vivo-Test validiert werden können.

„Implementierung verbesserter Betriebsweisen in der Imkerpraxis zur allgemeinen Krankheitsprävention als nachhaltiger Schutz vor Bienenvölkerverlusten“

„Reliable bee management systems to help to reduce colony losses – an approach that is based on knowledge transfer“

**Laufzeit**

01.02.2008 bis 31.01.2011

**Projektkoordinator, Institution**

Dr. Otto Boecking  
Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit  
LAVES - Institut für Bienenkunde Celle

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Wolfgang Kirchner, Dr. Pia Aumeier  
Ruhr-Universität Bochum - AG Verhaltensbiologie und Didaktik der Biologie  
Dr. Peter Rosenkranz, Dr. Gerhard Liebig  
Universität Hohenheim - Landesanstalt für Bienenkunde

**Kurzfassung der Ergebnisse**

*Bienenvölkerverlustzahlen müssen reduziert werden*

Bienenvölkerverluste bestimmen in den zurückliegenden Jahren die Imkerpraxis in Deutschland und in vielen anderen Ländern der Welt. Negative Folgewirkungen ergeben

sich u.a. aus der flächendeckenden Bestäubungsfunktion der Honigbienen im weiten Bereich des landwirtschaftlichen Obst- und Kulturpflanzenanbaus und der Funktion der Honigbienen für den Erhalt der Biodiversität von Naturpflanzen. Das Ausmaß solcher Schäden wird deutlich, wenn man berücksichtigt, dass die Honigbienen bei volkswirtschaftlicher Betrachtung als Wirtschaftstiere in der Rangierung den Rindern und Schweinen auf Platz 3 folgen. Eine Leistung, die sich aus den Geldwerten der Bienenprodukte und der Bestäubungsleistung ergibt. Ebenso wirkt sich dieses Negativ-Szenario, das die Imkerpraxis derzeit in Deutschland begleitet, sicherlich auf die ohnehin schwierige Rekrutierung des Imkernachwuchses aus.

Als Gründe für wiederkehrende überdurchschnittliche Bienenvölkerverluste werden verschiedene, sich gegenseitig eventuell begünstigende Faktoren („Multifaktoren-Modell“), diskutiert. Neben der Schädigung der Bienenvölker durch die Varroose (Varroa-Milbe) als das Hauptproblem stehen dabei unzureichend angepasste und ungenügend konsequent umgesetzte imkerliche Betriebsweisen mit an erster Stelle, wenn die potentiellen anderen möglichen Einflussgrößen gewichtet werden. Beide genannten Faktoren sind im Vergleich zu anderen Einflussgrößen auf das Bienenvolk aber letztlich auch die (!) entscheidenden Ansatzpunkte, die es dem Imker überhaupt ermöglichen selber aktiv eingreifen zu können, um Völkerverluste zu vermeiden.

Diesem Problem widmen sich die Kooperationspartner der Universitäten Bochum und Hohenheim und dem LAVES Bieneninstitut Celle.

Als Gesamtziel des Vorhabens soll Unterstützungsarbeit geleistet werden, um verbesserte imkerliche Betriebsweisen mit integrierter Varroa-Bekämpfung in der breiten Imkerschaft etablieren zu helfen. So kann die Imkerpraxis in Deutschland zukünftig nachhaltig vor Völkerverlusten geschützt werden. Dieser Lösungsan-

satz ist bislang der erste Ansatz mit partizipativer Einbindung auch der imkerlichen Praxis in diesem Problemfeld.

*Imkerliche Betriebsweisen werden optimiert und mit Unterstützung von Akteuren aus der imkerlichen Praxis in die Zielgruppe hineingetragen*

Die praktische Zusammenarbeit mit Multiplikatoren (aus der Freizeit- und Berufsimkerschaft) wird, unter Nutzung des „Leuchtturm-Prinzips“, die Akzeptanz und Nachahmungswahrscheinlichkeit durch andere Imker erhöhen. Ein konsequenter Know-how-Transfer in der imkerlichen Beratung findet schon während der Projektlaufphase durch die beteiligten drei Bieneninstitute unter Einbindung von Akteuren aus der Imkerschaft statt. Die Zahl der Imker-Innen, die ins Projekt eingebunden wurden und von Projektjahr zu Projektjahr angewachsen sind, ist auf über 100 ImkerInnen angestiegen, die ihr Wissen in die Praxis tragen sollen. Erstmals werden an drei unterschiedlichen Standorten in Deutschland zwei bestehende imkerliche Betriebsweisen, die „moderne Hohenheimer Betriebsweise“ und das „Celler-Rotationsverfahren“ auch vergleichend wissenschaftlich fundiert untersucht. Zudem loten die in ins Projekt integrierten Imker und Imkerinnen, aus Sicht der Praxis Verbesserungspotentiale für dieses Betriebsweisen an ihren eigenen Bienenvölkern aus.

*Die Ergebnisse aus dem laufenden Projekt weisen Optimierungspotentiale für die Praxis auf*

Auf der Basis der so genannten „Liebefelder-Schätzmethode“ wird die Entwicklung der Bienenvölker bei Durchführung der beiden Betriebsweisen über drei Jahr an jeweils mehr als 100 Völkern an den drei Instituten detailliert verfolgt.

Die Ergebnisse aus dem laufenden Projekt weisen Optimierungspotentiale für die Praxis aus. Mit Hilfe der regelmäßigen Erfassung der Bienenbrut bzw. der Anzahl erwachsener Arbeitsbienen und Drohnen lässt sich nicht nur deren Entwicklung über den Zeitraum eines

Wirtschaftsjahres abbilden. Es lassen sich auch deren Entwicklung unter den imkerlichen Haltingsbedingungen aufzeigen. Deutliche und kurzfristige „große Sprünge“ in den Entwicklungskurven der Völker weisen beispielsweise auf imkerliche Eingriffe hin, die sich

- 1.) nachteilig auf das Entwicklungsgeschehen der Bienenvölker,
- 2.) auf die potentielle Ertragsleistung und
- 3.) auf den notwendigen Aspekt der erfolgreichen Varroa-Reduzierung auswirken. Hier sind vor allem Ansatzpunkte für Optimierungen zu suchen.

Nach zwei Jahren intensiver Untersuchungen zeigt sich, dass Aspekte der Jungvolk-Erstellung und die Varroabekämpfung optimiert werden können. Auch die eingebundenen Imker weisen schon nach ein- bzw. zweijähriger Testphase auf Schwächen bei den Betriebsweisen hin, die sie zu optimieren suchen.

Auch im vergangenen Winter 2009/2010 waren in Deutschland vielenorts wieder einmal überdurchschnittliche Völkerverluste zu verzeichnen. Im Frühjahr 2010 wurde von den Kooperationspartnern eine gezielte Befragung der dem Projekt angeschlossenen ProjektimkerInnen und einer Vergleichsgruppe verschiedenster Imker und Imkerinnen im Norden, Westen und Süden von Deutschland zu deren Wintervölkerverlusten initiiert. In die Auswertung flossen die Daten von 589 Befragten mit 10.143 Völkern ein. Die Ergebnisse (siehe folgende Abbildung) zeigen deutlich, dass die ins Projekt einbezogenen ImkerInnen (über 100 Befragte) deutlich geringere Bienenvölkerverluste im vergangenen Winter 2009/2010 zu verzeichnen hatten, als die übrigen Befragten. Die winterlichen Verluste der an den drei Bieneninstituten geführten Völker im Projekt (250 Völker) lagen bei nur knapp 5%. Die am Projekt beteiligten ImkerInnen beklagten somit weniger als ein Drittel der für Deutschland beschriebenen

Verlustquote von etwa 30%. Damit ist belegt, dass Bienenvölkerverluste mit unserem Ansatz reduzierbar sind.

„Entwicklung von Kryotechniken zur Zucht von Honigbienen“

„Development of cryotechniques for the breeding of honey bees“

**Laufzeit**

09.03.2009 bis 31.03.2012

**Projektkoordinator, Institution**

Prof. Dr. Kaspar Bienefeld  
Länderinstitut für Bienenkunde Hohen Neuendorf e.V.

**Verbundpartner**

Prof. Dr. Günter Kamp  
AMP-Lab GmbH

**Kurzfassung der Ergebnisse**

Rechnet man ihren Nutzen durch die Bestäubung von Kulturpflanzen mit ein, so ist die Honigbiene nach Rind und Schwein Deutschlands dritt wichtigstes Nutztier. Aufgrund der zum Teil massiven Schäden durch den invasiven Parasiten *Varroa destructor* wurden in den letzten Jahren die Anstrengungen in der Bienenzucht verstärkt. Ein wesentliches Hemmnis hierbei ist die kurze Nutzbarkeit langwierig geprüfter Zuchtvölker. In der Regel ist eine Königin nach dem Abschluss der Leistungsprüfung 2 Jahre alt und steht danach nur noch ein Jahr für Nachzuchten zur Verfügung. Ein weiteres Problem stellt die Verarmung der genetischen Ressourcen dar. Zahlreiche Unterarten und lokale Varietäten der Spezies *Apis mellifera* sind in ihrem Bestand bedroht, vor allem aufgrund der starken Konzentration kommerzieller Züchter auf nur zwei Unterarten, die zentraleuropäische *A. m. carnica* und die südeuropäische *A. m. ligustica*.

Die Entwicklung von Techniken zur Kryokonservierung von Bienengameten würde einen erheblichen Beitrag zur Lösung dieser Probleme darstellen, und dadurch indirekt auch zum Erhalt der Bienenwirtschaft und der Bestäubungsleistung durch Bienen.

Das vorliegende Projekt befasst sich mit der Entwicklung von Methoden zur Langzeitlagerung von Drohnensperma. Dabei sollen neben herkömmlichen Methoden (slow freezing) auch neuere Ansätze wie Kryoprotektivaarme Vitrifikation und der Einsatz von Wasser-Ersatzstoffen verfolgt werden. Partner sind die auf molekularphysiologische Auftragsforschung spezialisierte Firma AMP-Lab GmbH und das Länderinstitut für Bienenkunde Hohen Neuendorf e.V..

Die Kryokonservierung der Spermien von *A. mellifera* stellt besondere biologische Herausforderungen, da die Spermien

- 1) nach Besamung nicht wie bei anderen Nutztieren für eine oder wenige, sondern für hunderttausende von Befruchtungen ausreichen müssen.
- 2) nach dem Auftauen und der Besamung noch jahrelang in der Samenblase der Königin lagerfähig sein müssen.
- 3) in Morphologie und Physiologie sehr stark von den relativ gut untersuchten Spermien von Vertebraten abweichen (Abb. 1).

In der ersten Projektphase (April bis Dezember 2009) ging es zunächst um die Schaffung aussagekräftiger *in vitro*-Parameter zur Qualitätsprüfung aufgetauten Drohnenspermias. Die Besamung und Prüfung von Bienenköniginnen ist sehr aufwändig, so dass nicht jeder der zahlreichen Optimierungsschritte der zu schaffenden Kryoprotokolle am lebenden Tier erprobt werden kann. Folgende *in vitro*-Qualitätsassays wurden entwickelt, etabliert und auf ihre Aussagekraft geprüft:

- Agglutinations-Test. In Vorversuchen war aufgefallen, dass die Spermien durch das Einfrieren meist die Fähigkeit zur Zusammenlagerung verlieren. Als Maß für diese Fähigkeit wurde die Pellethöhe nach Zentrifugation verwendet.
- Motilität. Bienenspermien lassen sich aufgrund ihrer ungewöhnlichen Morphologie und Fortbewegungsmuster nicht mit gewöhnlichen Verfahren zur computergestützten Motilitätsanalyse bearbeiten. Daher wurde ein neues Bildverarbeitungs-Verfahren entwickelt, das die Länge der Leuchtspur Fluoreszenzgefärbter Spermienköpfe als Messgröße verwendet (Abb.2). Zum Vergleich wurde auch die aufwändigere Auszählung motiler Spermien „per Hand“ durchgeführt.
- Beurteilung der Membrandurchlässigkeit durch doppelte Fluoreszenzfärbung („tot-lebend-Färbung“ mit Hoechst 33342+Propidium Jodid; Abb. 2).
- Lebendquote nach osmotischer oder pH-Stressung
- Beurteilung der Integrität verschiedener Zellkompartimente durch Messung der Aktivität kompartimentspezifischer Enzyme im Außenmedium (Isocitrat-Dehydrogenase (ICDH), Glucosephosphat-Isomerase (GPI)).
- Beurteilung der Zellmorphologie (Ermittlung des Anteils von Zellen mit normalem, spiralig aufgerolltem Habitus).

Zur Bewertung dieser in vitro-Assays wurden aufgetaute Spermaproben unterschiedlicher Qualität getestet und parallel für Besamungen verwendet. Insgesamt wurden ca. 60 Königinnen besamt. Ihnen wurde in Kleinvölkern die Gelegenheit zur Eiablage gegeben. Als Indikatoren für den Erfolg der Besamung (=Fruchtbarkeit des verwendeten Spermias) wurden unter anderem verwendet:

- Die Dauer bis zum Einsetzen der Eilage
- Der Anteil schlupffähiger Eier
- Der Anteil weiblicher (= aus Befruch-

tungen hervorgegangener) Tiere unter der erzeugten Brut

- Die Anzahl der Spermien, die die Einwanderung in die Samenblase der Königinnen bewältigten. Diesem Indikator kommt besondere Bedeutung zu, da er im Gegensatz zum Anteil weiblicher Brut relativ robust gegenüber Volks- und Umwelteinflüssen ist.

Tabelle 1 zeigt deutliche Unterschiede in den Korrelationen der verschiedenen in vitro-Assays mit den in vivo gefundenen Fruchtbarkeitswerten. Auffällig sind die relativ hohen Korrelationen zwischen der Anzahl von Spermien in der Samenblase der Königinnen und den meisten in-vitro Assays (Ausnahmen Aggregatontest und ICDH-Test).

Als Schnelltest wurden aufgrund dieser Ergebnisse der Anteil aufgerollter und motiler Zellen, die Motilität, die „tot-lebend-Färbung“, und der GPI-Enzymtest für die weiteren Untersuchungen ausgewählt.

Die computergestützte Motilitätsmessung über die Aufzeichnung von Fluoreszenz-Leuchtsuren erwies sich auch für die Qualitätsanalyse von Spermien anderer Spezies einschließlich des Menschen von Vorteil. Aus diesem Grund wurde diese Methode patentiert. Sie wird zurzeit zu einem Analyseverfahren weiterentwickelt, das den landwirtschaftlichen Zuchtbetrieben Ende 2011 angeboten werden soll. Das Verfahren soll gegenüber dem etablierten CASA-System einfacher handhabbar sein, schneller Ergebnisse liefern und deutlich preiswerter sein.

Im Sommer 2010 werden Kryokonservierungstechniken erprobt, deren Auswertung noch aussteht. Unterstützung erhielten wir auch durch das Fraunhofer-Institut für biomedizinische Technik (IBMT) in St. Ingbert. Es ist bereits gelungen, den Anteil „lebender“ („tot-lebend-Färbung“) Spermien nach dem Auftauen um ca. 50% zu steigern.

	<b>Anteil weiblicher Brut</b>	<b>Spermien in Samenblase</b>	<b>Schlupffähigkeit der Eier</b>	<b>Tage bis Eilage</b>
% aufgerollt	0,324	0,599**	0,335	-,416*
% motil	0,239	0,671**	0,476*	-,434*
"tot-lebend-Färbung"	0,244	0,539**	0,237	-,444*
"lebende" nach Osmo-Stress	0,068	0,606**	0,343	-0,214
"lebende" nach pH-Stress	0,181	0,605**	0,291	-0,289
Aggregationstest	0,237	-0,027	-0,245	-0,123
ICDH/ICDHmax	0,141	0,143	-0,247	-0,089
GPI/GPImax	-0,231	-0,611**	-0,333	0,334

Tabelle 1: Korrelationen zwischen in vitro-Qualitätsindikatoren und Spermafruchtbarkeit  
Spearman's Rangkorrelationen (N jeweils 22-24 Königinnen).

\* P<0,05

\*\* P<0,01

# Posterpräsentation

- Verbundprojekt: Entwicklung eines Rotlauf-Impfstoffs für Geflügel

**Poster:** „Molekulare und phylogenetische Untersuchungen zur Diversität aviärer *Erysipelothrix rhusiopathiae*-Stämme: auf dem Weg zu einem Prototyp-Impfstamm“  
 „Molecular and phylogenetic analysis of the diversity of avian *Erysipelothrix rhusiopathiae* strains: on the way to a prototype vaccine strain“  
 Janßen, T.<sup>1</sup>, Philipp, H.-C.<sup>2</sup>, Kühl, M.<sup>1</sup>, Wieler, L.H.<sup>1</sup>, Ewers, C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Freie Universität Berlin, Inst. f. Mikrobiologie und Tierseuchen

<sup>2</sup> Lohmann Tierzucht GmbH, Cuxhaven

- Verbundprojekt: Einsatz von Bakteriophagen zur quantitativen Senkung der *Campylobacter*-Belastung von Masthähnchen (Campyquant)  
**Poster 1:** „Untersuchungen zur Eignung von virulenten Phagen zur Keimzahlreduktion von *Campylobacter jejuni* in Masthähnchen“  
 „Studies on suitability of virulent phages for the reduction of *Campylobacter jejuni* in chicken“  
 Irgang, A, Hammerl, J.A., Jäckel, C., Alter, T., Reetz, J., Appel, B., Hertwig, S.  
 Bundesinstitut für Risikobewertung, Abteilung Biologische Sicherheit

**Poster 2:** „Charakterisierung und Vergleich von virulenten *Campylobacter jejuni* Phagen“ („Characterization and comparison of virulent *Campylobacter jejuni* phages“)  
 Jäckel, C., Hammerl, J.A., Alter, T., Reetz, J., Appel, B., Hertwig, S.  
 Bundesinstitut für Risikobewertung, Abteilung Biologische Sicherheit

- Verbundprojekt: „Neuartiger Ansatz zur Entwicklung eines heterosubtypischen Marker-Impfstoffs gegen die aviäre Influenza in Geflügel“

**Poster:** „Entwicklung eines heterosubtypischen Impfstoffs gegen die aviäre Influenza auf Salmonella-Basis“

„Development of a heterosubtypic vaccine against avian flu using Salmonella carriers“  
 Apfel, H.<sup>1</sup>, Methner, U.<sup>2</sup>, Veits, J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Creatogen Laboratories GmbH, Potsdam

<sup>2</sup> Friedrich-Löffler-Institut, Inst. für bakterielle Infektionen und Zoonosen, Jena

<sup>3</sup> Friedrich-Löffler-Institut, Inst. für Molekularbiologie, Greifswald Insel Riems

- Einzelprojekt: Entwicklung innovativer Therapieverfahren für die Behandlung von Infektionen mit Influenzaviren  
 New approach: Treatment of Influenza A virus infection using the proteasome inhibitor VL-01

Innovativer Ansatz: Behandlung einer Influenza-Virus-Infektion mit dem Proteasom-inhibitor VL-01

Haasbach, E.<sup>1,2</sup>; Pauli, E.<sup>1</sup>; Schubert, U.<sup>1,3</sup>; Planz, O.<sup>2</sup>; Kircheis, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ViroLogik GmbH, Erlangen

<sup>2</sup> Friedrich-Löffler-Institut, Institut für Immunologie, Tübingen

<sup>3</sup> Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Virologisches Institut - Klinische und Molekulare Virologie, Erlangen

- Verbundprojekt: Nutzung männlicher Legehybriden als Stubenküken

**Poster:** „Nutzung männlicher Legehybriden als Stubenküken“

„Collaborative Project: use of male ley hybrids as poussins“

Damme, K.<sup>1</sup>, Hahn, G.<sup>2</sup>, König, M.<sup>2</sup>, Schmutz, M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

<sup>2</sup> Max Rubner Institut

<sup>3</sup> Lohmann Tierzucht GmbH

- Verbundprojekt: West Nile Virus - "Entwicklung eines diagnostischen Systems zur Entdeckung von West-Nile Virus (WNV) Infektionen und Entwicklung eines gentechnischen Impfstoffes gegen diese Infektion"

**Poster:** „West Nile Virus: Impfstoffentwicklung und epidemiologische Untersuchungen“

„West Nile Virus: Vaccine Development and epidemiological studies“

Schneeweis, A.<sup>1</sup>, Prell, J.<sup>2</sup>, Giese, M.<sup>1</sup>, Schusser, G.<sup>3</sup>, Liebert, U. G.<sup>4</sup>, Bürki, K.<sup>5</sup>, Grunwald, T.<sup>6</sup>, Müller, H.<sup>2</sup>, Ulbert, S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer Institut für Zelltherapie und Immunologie

<sup>2</sup> Universität Leipzig, veterinärmedizinische Fakultät, Inst. f. Virologie

<sup>3</sup> Universität Leipzig, veterinärmedizinische Fakultät, Grosstierklinik

<sup>4</sup> Universität Leipzig, medizinische Fakultät, Inst. f. Virologie

<sup>5</sup> Universität Zürich, Inst. f. Labortierkunde

<sup>6</sup> Universität Bochum, Medizinische Fakultät

- Verbundprojekt: Weiterentwicklung der Kleingruppenhaltung für Legehennen

**Poster:** „Weiterentwicklung der Kleingruppenhaltung für Legehennen“

„Further advancements on small group housing systems für laying hens“

Bergmann, S.<sup>1</sup>, Bessei, W.<sup>2</sup>, Damme, K.<sup>3</sup>, Distl, O.<sup>4</sup>, Erhard, M.<sup>1</sup>, Hartung, J.<sup>5</sup>, Heyn, E.<sup>1</sup>, Hinz, T.<sup>6</sup>, Kösters, S.<sup>7</sup>, Kreienbrock, L.<sup>7</sup>, Lohan, K.<sup>5</sup>, Manton, A.<sup>2</sup>, Ovelhey, A.<sup>7</sup>, Petersen, H.<sup>8</sup>, Rautenschlein, S.<sup>8</sup>, Schrader, L.<sup>9</sup>, Scholz, B.<sup>9</sup>, Urselmans, S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ludwig-Maximilians-Universität München, Inst. f. Tierschutz, Verhaltenskunde und Tierhygiene

<sup>2</sup> Universität Hohenheim, Inst. f. Tierhaltung und -züchtung, Fachgebiet für Nutztierethologie und Kleintierzucht

<sup>3</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

<sup>4</sup> Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Inst. f. Tierzucht und Vererbungsfor- schung

<sup>5</sup> Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Inst. f. Tierschutz, Tierhaltung und Nutz-tierethologie

<sup>6</sup> Johann Heinrich von Thünen-Institut, Inst. f. Agrartechnologie und Biosystemtechnik

<sup>7</sup> Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Inst. f. Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung

<sup>8</sup> Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Klinik für Geflügel

<sup>9</sup> Friedrich-Loeffler-Institut, Inst. f. Tierschutz und -haltung

- Forschungsfortprogramm-Influenza (*Projektleitung: Friedrich-Loeffler-Institut Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit*)

**Poster:** „FSI im FLI - FSI-geförderte Forschungsprojekte zur aviären Influenza im Friedrich-Loeffler Institut“

„FSI at FLI - FSI funded research projects at the Friedrich-Loeffler Institute“

Leiter der FSI Projekte am FLI  
Friedrich-Loeffler Institut, Südufer 10,  
D-17493 Greifswald - Insel Riems

- Einzelprojekt: Entwicklung eines Impfstoffes zur Prophylaxe der Chlamydiose des Rindes

**Poster:** „Entwicklung eines Impfstoffes zur Prophylaxe der Chlamydiose des Rindes“

„Development of a vaccine for prophylaxis of chlamydiosis in cattle“

Rüdiger, A.<sup>1</sup>, Hundt, B.<sup>1</sup>, Pidde, H.<sup>1</sup>, Mayer, D.<sup>1</sup>, Bastert, O.<sup>1</sup>, Selbitz, H.-J.<sup>1</sup>, Sachse, K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IDT Biologika GmbH

<sup>2</sup> Friedrich-Löffler-Institut, Jena, Inst. für molekulare Pathogenese

- Verbundprojekt: Frühdiagnostik von Infektionen mit *Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis* (MAP) bei Rindern

**Poster 1:** „Neue immunologische Tests zur Frühdiagnostik der Bovinen Paratuberkulose“

„New Immunological Assays for Early Diagnosis of Bovine Paratuberculosis“

Bauerfeind, R.<sup>1</sup>, Philip B.S.<sup>1</sup>, Bulun, H.<sup>1</sup>, Fischer, M.<sup>2</sup>, Akineden, Ö.<sup>2</sup>, Seeger, T.<sup>3</sup>, Menge, C.<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Justus-Liebig-Universität Gießen, Inst. für Hygiene und Infektionskrankheiten der Tiere

<sup>2</sup> Justus-Liebig-Universität Gießen, Inst. für Tierärztliche Nahrungsmittelkunde

<sup>3</sup> Justus-Liebig-Universität Gießen, Klinik für Wiederkäuer und Schweine

<sup>4</sup> Friedrich-Löffler-Institut, Jena, Inst. für Molekulare Pathogenese

**Poster 2:** „Mikrobiologischer und molekularbiologischer Nachweis von Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis bei Kälbern“

„Microbiological and molecular detection of Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis in calves“

Fischer, M.<sup>1</sup>, Akinden, Ö.<sup>1</sup>, Abdulmawjood, A.<sup>1</sup>, Bridger, P. S.<sup>2</sup>, Schillinger, S.<sup>2</sup>, Seeger, T.<sup>3</sup>, Bülte, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Justus-Liebig-Universität Gießen, Inst. für Tierärztliche Nahrungsmittelkunde

<sup>2</sup> Justus-Liebig-Universität Gießen, Inst. für Hygiene- und Infektionskrankheiten der Tiere

<sup>3</sup> Justus-Liebig-Universität Gießen, Klinik für Wiederkäuer und Schweine

- Verbundprojekt: Entwicklung einer zentralen Online-Analyse- und Steuerungseinheit zur Milchgewinnung "OASE"

**Poster 1:** „Entwicklung einer Regelung für das zitzenendige Vakuum in viertelindividuellen Melksystemen“

„Controlling and regulation of vacuum at teat end in quarter individual milking systems“

Ströbel, U.<sup>1</sup>, Rose-Meierhöfer, S.<sup>1</sup>, Brunsch, R.<sup>1</sup>, Maier, J.<sup>2</sup>, Hatzack, W.<sup>2</sup>

**Poster 2:** „Viertelindividuelles Melken: Einfluss auf die Milchflusskurven und die Melkbarkeit“

„Quarter individual milking: effect on milk

flow curves and milkability“

Müller, A.B.<sup>1</sup>, Rose-Meierhöfer, S.<sup>1</sup>, Brunsch, R.<sup>1</sup>, Maier, J.<sup>2</sup>, Hatzack, W.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Leibnitz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.

<sup>2</sup> Siliconform GmbH und Co. KG

- Verbundprojekt: Insektizidbehandelte Netze zur Bekämpfung von tiermedizinisch bedeutenden Vektoreuseuchen

**Poster:** „Insektizidbehandelte Netze zur Bekämpfung von tiermedizinisch bedeutenden Vektoreuseuchen“

„Insecticide-treated nets for controlling vector-borne diseases of veterinary relevance“

Clausen, P.-H.<sup>1</sup>, Bauer, B.<sup>1</sup>, Mehlitz, D.<sup>1</sup>, Rohrman, K.M.A.<sup>1</sup>, Geericke, N.<sup>1</sup>, Manti, B.<sup>1</sup>, Skrock, O.<sup>1</sup>, Peters, K.-J.<sup>2</sup>, Rößler, A.<sup>2</sup>, Mlaouhi, A.<sup>2</sup>, Westerkamp, A.<sup>3</sup>, Mathis, R.<sup>4</sup>, Frenzel, K.<sup>5</sup>, Körber, M.<sup>6</sup>, Saure, C.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Freie Universität Berlin, Inst. f. Parasitologie und Tropenveterinärmedizin

<sup>2</sup> Humboldt-Universität zu Berlin, Inst. f. Nutztierwissenschaften, Fachgebiet Tierzucht in den Tropen und Subtropen

<sup>3</sup> Rökona Textilwerk GmbH

<sup>4</sup> Cognis GmbH

<sup>5</sup> Tiergesundheitsdienst Bayern e.V., Zentrale Grub

<sup>6</sup> Freie Universität Berlin, Inst. f. Pharmazie und Pharmazeutische Technologie

<sup>7</sup> Büro für tierökologische Studien

- Verbundprojekt: Kontinuierliche Erfassung, Aufbereitung und Weiterleitung von Daten zum Mikroklima in Straßenfahrzeugen für lange Transporte von Rindern und Schweinen mit praxistauglichen Sensorsystemen

**Poster 1:** „Mikroklima in Fahrzeugen beim langen Transport von Schweinen“

„Microclimatic environment in vehicles during long distance transport of pigs“  
Steinkamp, K.<sup>1</sup>, Kipke, J.<sup>2</sup>, Hartung, J.<sup>2</sup>, Marahrens, M.<sup>1</sup>

**Poster 2:** „Mikroklima in Fahrzeugen beim

langen Transport von Rindern“  
 „Microclimatic environment in vehicles during long distance transport of cattle“  
 Kipke, J.<sup>2</sup>, Steinkamp, K.<sup>1</sup>, Hartung, J.<sup>2</sup>, Marahrens, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Friedrich-Loeffler-Institut, Celle, Inst.

f. Tierschutz und Tierhaltung

<sup>2</sup> Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Inst. f. Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie

- Verbundprojekt: LED-Belichtungssysteme mit PAR (Photosynthetic Active Radiation) zur Effizienzsteigerung von pflanzlichen In-vitro- und In-vivo-Kulturverfahren

**Poster 1:** „LED-Belichtungssysteme – Effizienzsteigerung von pflanzenbaulicher Kulturverfahren“

„LED lighting systems – Increase in Efficiency of Horticultural Proceedings“

Tantau, H.-J., Bornwaßer, T.

Leibniz Universität Hannover, Fachgebiet Biosystem- und Gartenbautechnik

**Poster 2:** „Energieeffizienz – LED-Belichtung in der pflanzlichen Gewebekultur“

„Energy Efficiency – LED Light Exposure in Plant Micropropagation“

Blondeau, M., Schröder-Lorenz, A.

Bock Bio Science GmbH

- Verbundprojekt: „Entwicklung von Latentspeichern und Wärmesystemen für die effiziente Nutzung von Solarenergie unter Glas und Folie“

**Poster 1:** „Wirkungsweise und Untersuchungen zu technische Möglichkeiten der Nutzung von Latentspeichern im Gartenbau“

„Operation and technical studies on the use of PCM in horticulture“

Bredenbeck, H., Pfothner, J.

<sup>1</sup> Fachhochschule Erfurt - Fakultät Landschaftsarchitektur, Gartenbau und Forst

**Poster 2:** „Auswirkungen der veränderten

Temperaturführung auf Pflanzqualität und Kulturdauer von Topfpflanzen bei Nutzung von Latentspeichern“

„Effect of changed growing temperatures on plant quality and cultivation time of pot-plants with the use of PCM“

Altmann, A., Schönheit, C.

Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau Erfurt

**Poster 3:** „Mögliche technische Lösungen für die Nutzung von Latentspeichern im Gewächshaus“

„Technical solutions for the use of PCM in greenhouses“

Bredenbeck, H.<sup>1</sup>, Pfothner, J.<sup>1</sup>, Schmidt, H.-J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fachhochschule Erfurt - Fakultät Landschaftsarchitektur, Gartenbau und Forst

<sup>2</sup> Sitzendorfer Porzellan-Manufaktur vormals Alfred Voigt KG

- Verbundprojekt: Ressourcenschonung und Effizienzsteigerung in der gärtnerischen Produktion durch ein umfassendes Datenmanagement

**Poster 1:** „Ressourcenschonung und Effizienzsteigerung in der gärtnerischen Produktion durch ein umfassendes Datenmanagement“

„Resource protection and improvement in efficiency in horticultural production by comprehensive data management“

Beck, M.<sup>1</sup>, Gölls, E.<sup>2</sup>, Hain, T.<sup>2</sup>, Hofmann, J.<sup>2</sup>, Ohmayer, G.<sup>1</sup>, Zierer, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf,

<sup>2</sup> RAM - Regel- und messtechnische Apparate GmbH

**Poster 2:** „Die Software ProDIS-Plant“

„ProDIS-Plant – the software“

Zierer, R., Beck, M., Ohmayer, G.

Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

**Poster 3:** „Einbindung eines mobilen  
Sensornetzwerks in den Klimacomputer  
CC600“

„Integration of a wireless system of sensors  
into the climate control computer CC600“

Hain, T., Gölles, E., Hofmann, J.

RAM - Regel- und messtechnische Apparate  
GmbH



## Impressum

### **Herausgeberin**

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung  
Anstalt des öffentlichen Rechts  
Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn  
Telefon: +49 (0)228 99 6845-0  
Telefax: +49 (0)228 6845-3444  
Internet: [www.ble.de](http://www.ble.de)  
E-Mail: [info@ble.de](mailto:info@ble.de)

### **Gestaltung**

Pressestelle

### **Bildnachweis**

BLE

### **Druck**

MKL Druck GmbH & Co. KG, Ostbevern/W