

Expertise zum Thema „High-Tech-Textilien im Spitzensport“ zur Trainings- und Wettkampfunterstützung

Veit Senner (Projektleiter)¹, Michaela Nusser¹ & Dilibaier Aibibu²

¹Technische Universität München

²Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf

Ausgangslage und Ziel der Expertise

Um im internationalen Spitzensport erfolgreich sein zu können, spielt neben den zentralen Faktoren Training, Ernährung, Psyche auch die Ausrüstung eine wichtige Rolle. Die Expertise richtet ihr Augenmerk auf die Sportbekleidung, die heutzutage längst Gegenstand systematischer Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen geworden ist. Das Ziel dieser iterativen Entwicklungsprozesse: durch innovative Materialien, optimierte Ergonomie und Ausnutzen bislang nicht beachteter physikalischer, physiologischer oder sogar senso-motorischer Effekte¹ dem Athleten zu besserer Performance zu verhelfen.

Dabei sind die Anforderungen an optimale Bekleidung äußerst vielseitig und sie stellen die Entwickler von Sportbekleidung vor teilweise gravierende Zielkonflikte: so soll eine Kampfweste einerseits optimal schützen, andererseits höchstmöglichen Tragekomfort bieten. Funktionstextilien sollen den Körper bei der Regelung der Körperkerntemperatur unterstützen, aber sie müssen dies bei teilweise stark unterschiedlichen Umgebungsbedingungen (Beispiel Biathlon) tun. In den komplexen Prozess der Thermoregulation des Menschen darf nicht unsachgemäß eingegriffen werden und wenn auch nach wie vor gilt, dass Schweiß möglichst schnell von der Haut weg transportiert werden und körpernah verdunsten muss, um den Körper zu kühlen, so kann ein zu starker Abtransport von Schweiß durchaus auch nachteilige Auswirkung haben (Huber, 2003, 2008). Dabei soll die Bekleidung immer möglichst leichtgewichtig sein, höchstmögliche Beweglichkeit und Tragekomfort gewährleisten und daneben sportartspezifische „Sonderanforderungen“ (z. B. in Bezug auf Aero- oder Fluidodynamik, Energiespeicherung, etc.) erfüllen.

Der Leistungssport ist ein Schrittmacher für Entwicklungen im Textilbereich. Aktuell ist dies gut zu beobachten bei Kompressionsbekleidung. Ihr wird eine Unterstützung des venösen Blutflusses zugeschrieben. Obgleich dies – wie die Expertise zeigen wird – noch nicht nachgewiesenermaßen mit einer Leistungssteigerung des Athleten einher geht, so findet sie trotzdem zunehmend Einsatz in Training und Wettkampf (z. B. Perrey, 2008). Die Wirkung spezieller Ganzkörperschwimmanzüge – sie sind in der Lage für gewisse Zeit Luft zu speichern und damit zusätzlichen Auftrieb zu erzeugen – ist dagegen so offensichtlich, dass inzwischen das Reglement eingeschritten ist.

¹ So soll der von Adidas über vier Jahre entwickelte *ForMotion™* Sprintanzug so konstruiert sein, dass Bein- und Bauchmuskulatur besser zusammenarbeiten können.

In den letzten Jahren werden in die Sportbekleidungen auch vermehrt Sensoren, elektronische Geräte und aktive Elemente eingearbeitet, um den Sportler im Training und bei Wettkämpfen Hilfestellungen zu geben und Informationen zu verschaffen – beispielsweise durch die Überwachung der Herzfrequenz ohne Brustgurt. Allgemein werden Textilien, die eine neuartige und/oder zusätzliche Funktion besitzen als „*Smart Textiles*“ bezeichnet. Diese können mit verschiedenen Wirkprinzipien für unterschiedlichste Anwendungen gezielt konstruiert werden. Dabei kann es sich einmal um Bekleidung handeln, in welche Elektronik oder elektronische Geräte eingearbeitet sind (hierfür haben sich die Begriffe „*Wearable Technologies*“ oder „*Wearables*“ eingebürgert). Zum Anderen können besonders innovative Materialien, wie z. B. Shear-Sensitive Materials, Elektroaktive Polymere o. ä. verwendet worden sein. Hierfür wird inzwischen der vereinfachende Oberbegriff „*Smart Materials*“ verwendet.

Die Tatsache, dass sich diese Entwicklungen nicht nur auf einige wenige Sportarten beschränken, sondern im Grunde in allen Sportbereichen vorangetrieben werden, macht es schwer, einen Überblick darüber zu bekommen

- was bereits existiert,
- was davon wirklich in Training und Wettkampf eingesetzt wird,
- woran augenblicklich geforscht und entwickelt wird und
- wo gegebenenfalls noch Potential für weitere Entwicklungen besteht.

Vor diesem Hintergrund wurde vom Bundesinstitut diese Expertise ausgeschrieben, mit dem übergeordneten Ziel, eine sinnvolle Entscheidungsgrundlage für die Festlegung neuer Forschungsschwerpunkte in diesem Technologiebereich zu erhalten.

Methode

Die Erhebung vollzog sich in den drei Schritten (1) Literaturrecherche, (2) Experteninterviews und (3) einer Online Befragung von Spitzensportlern, Trainern und medizinischem Betreuungspersonal. Die auf diese Weise erhaltenen Informationen wurden strukturiert und anhand der in Tab. 1 aufgeführten Kriterien auf einer 4-stufigen Nominalskala bewertet.

Tab 1: *Wertungskriterien*

Wertungskriterien	Ausprägungsgrad	
1. Höhe des Innovationsgrades	Nicht vorhanden	
2. Erfüllungsgrad in Bezug zur Leistungssteigerung	Niedrig	
3. Ausmaß ihrer aktuellen Anwendung im Spitzensport	Mittel	
4. Umfang vorhandener wissenschaftlicher Arbeiten zum Nachweis der Wirkung	Hoch	

Resultate und Diskussion

Zum Zweck einer kompakten Darstellung werden die Ergebnisse der Bestandaufnahme, aufgeteilt nach den drei Produktfeldern *Kompressionstextilien* (siehe S. 365), *Smart Textiles* (siehe S. 366) und *Wearable Technologies* (siehe S. 367) in eine Matrizenform überführt.

Kompressionstextilien

Tab. 2: *Matrix: Kompression*

Technische Lösung	Leistungssteigerung	1	2	3	4
Kompression	Physiologisch				
	Biomechanisch				
	Präventiv biomechanisch				
	Präventiv physiologisch				

Im Gegensatz zum medizinischen Sektor, in dem die Kompressionstechnologie schon lange etabliert ist, erfuhr sie erst in der jüngsten Zeit Eingang in den Bereich des Sports. In den vergangenen drei Jahren kam es jedoch zu einer rasanten Zunahme, weniger getrieben durch beobachtete besondere Leistungszugewinne, sondern eher durch aggressives Marketing einschlägiger Unternehmen. Auch deutsche Firmen haben die Nachfrage erkannt und sich zunehmend auf die Herstellung von Kompressionstextilien fokussiert. Nach Herstelleraussagen erzielen die Kompressionstextilien positive Effekte hinsichtlich physiologischer und biomechanischer Parameter. Der Vorteil der Kompressionstextilien resultiert in einem erhöhten venösen Rückfluss, einem schnelleren Abtransport der Schlackenstoffe aus der Muskulatur und einer verbesserten Sauerstoffzufuhr zur Muskulatur, in einer verbesserten Ausdauerfähigkeit und einem verbessertem Kraftvermögen, einer Verminderung des Energieverschleißes der Muskulatur aufgrund der Vibration und einer optimierten Körpertemperaturkontrolle.

Bezüglich dieser leistungsverbessernden Effekte der Kompressionstextilien gehen die Meinungen sowohl von Seiten der Wissenschaften als auch von Seiten des Sports stark auseinander.

Mögliche Gründe für diese Unterschiede seitens der Verbraucher könnten unter anderem in der mangelnden Erfahrung mit den Kompressionstextilien liegen. 50 % der Sportler gaben an, dass sie sich unter der Kompressionsbekleidung nichts vorstellen können. Bei den Trainern waren es lediglich 26 %, die die Kompressionstextilien nicht kennen. Das medizinische Betreuungspersonal rät den Athleten, die komprimierende Kleidung im Training (40 %) und zur Regeneration (47 %) zu benutzen. Im Gegensatz zu den Sportlern (17 %), denkt ein Großteil der Trainer (40 %) und des medizinischen Betreuungspersonals (38 %), dass der Zeitpunkt bis zur Ermüdung durch die Kompression herausgezögert werden kann. Bezüglich der Verletzungsprophylaxe lässt sich unter den Gruppen ein Konsens finden. Insbesondere Trainer (50 %) und Sportler (48 %) denken, dass die Kompressionstextilien zur Verletzungsprophylaxe ihre Wirkung zeigen.

Auch die gewerteten wissenschaftlichen Untersuchungen lassen hinsichtlich des leistungssteigernden Effektes keine eindeutigen Schlüsse zu. Die unterschiedlichen Ergebnisse die aus den Studien resultieren, sind auf die sehr verschiedenen Studiendesigns zurückzuführen. Insbesondere zu bemängeln ist die zum Teil zu geringe Anzahl von Probanden. Die Spannweite reicht hier von 8 Probanden bei Coza et al. (2009) bis zu dem größten Probandenkollektiv von 18 Männern und 18 Frauen

bei Kraemer et al. (1996). Auch das Leistungsniveau der Testpersonen ist oftmals nicht vergleichbar. Trennel et al. (2006) testete beispielsweise Hobbysportler, während Houghthon et al. (2009) ambitionierte Feldhockeyspieler als Probandenkollektiv auswählte. Unterschiede sind auch bezüglich des Alters ersichtlich. Des Weiteren unterscheiden sich die Studien erheblich in Bezug auf das Versuchsprotokoll (Zeitpunkt des Testens, Sportart oder Intensitätsstufe), sowie in Bezug auf das verwendete Material (Art, Marke der Kompressionstextilien). Es ist auch nicht auszuschließen, dass die Psyche der Probanden einen entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse hat, die psychische Befindlichkeit oder der emotionale Zustand wurden jedoch in keiner der Studien berücksichtigt.

Smart Textiles

Tab. 3: *Matrix: Smart Textiles*

Technische Lösung	Leistungssteigerung	1	2	3	4
Funktionstextilien	Physiologisch	■	■	■	■
	Biomechanisch	■	■	■	■
	Präventiv biomechanisch	■	■	■	■
	Präventiv physiologisch	■	■	■	■

Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass der Innovationsgrad der Smart Textiles als sehr hoch einzustufen ist. Die Smart Materials wurden auch in diversen Forschungsarbeiten auf ihre Wirksamkeit geprüft. In Sporttextilien werden sie bis jetzt aber nur sehr sporadisch eingesetzt. In diesem Bereich werden sie hauptsächlich in Funktionstextilien eingearbeitet. Sie unterstützen dabei die thermoregulatorischen Prozesse des Sportlers bei Belastung und schützen ihn vor Kälte und Wind. Wie die Ergebnisse der Literaturrecherche zeigen, ist die leistungssteigernde Wirkung hinsichtlich physiologischer Effekte dieser Materialien umstritten. Dies könnte unter anderem daran liegen, dass die meisten Studien schon vor geraumer Zeit durchgeführt wurden. In der Zwischenzeit hat sich in der Forschung viel bewegt. Nichts desto trotz zeigen auch die Ergebnisse der Online-Umfrage diese Tendenz. Lediglich 26 % der Sportler, 10 % der Trainer und 27 % des medizinischen Betreuungspersonals denken, dass atmungsaktive Kleidung einen leistungsverbessernden Effekt hat, während jeweils 38 %, 60 % und 27 % der genannten Gruppen keinen Vorteil dieser Kleidung hinsichtlich einer Leistungssteigerung sehen. Gemäß der Resultate der Online Umfrage vertreten trotzdem alle Gruppen die Meinung, dass die thermoregulatorischen Prozesse durch die Funktionsbekleidung unterstützt werden. 74 % der Athleten gaben an, Funktionstextilien zu tragen. Diese widersprüchlichen Aussagen sind womöglich auf mangelndes Wissen zurückzuführen. Allgemein kann konstatiert werden, dass zur physiologischen Wirkung der Funktionstextilien nur sehr wenige Studien durchgeführt wurden. Besonders selten sind Probandenstudien. Bei den Forschungsarbeiten ist zu bemängeln, dass die Probandenanzahl zum Teil sehr gering (beispielsweise vier Probanden bei Gonzales & Cena, 1985) und zum Anderen das Studiendesign zu wenig standardisiert war.

Die Innovation hinsichtlich biomechanischer Effekte bezieht sich hauptsächlich auf die Minimierung von Luft oder Wasserwiderstand, als auch auf die mechanische Stabilisierung von Gelenken. Leistungssteigerung hinsichtlich biomechanischer Effekte der Smart Textiles wurde hauptsächlich im Bereich des Schwimmsportes untersucht. Die Literaturergebnisse zeigen eine hohe leistungsverbessernde Wirkung im Schwimmsport. Die Smart Materials finden bis jetzt kaum Einsatz zur biomechanischen Prävention. Folglich wurden zu dieser Thematik auch nur sehr wenige wissenschaftliche Studien gefunden. Nach den Aussagen von Interviewpartnern ist es jedoch möglich, mit den vorhandenen Technologien beispielsweise intelligente Orthesen (Gelenksstützen) zur Prävention von Überlastungsschäden (z. B. Knie, Sprunggelenk) zu entwickeln.

Wearable Technologies

Tab. 4: *Matrix: Wearable Technologies*

Technische Lösung	Leistungssteigerung	1	2	3	4
Wearable Technologies	Technik/Taktikschulung				
	Diagnostik				
	Überwachung				
	Präventiv				

Die Ergebnisse der Literaturrecherche, der Interviews und der Online-Umfrage zeigen, dass die Wearable Technologies allgemein als sehr innovativ eingestuft werden. Hierzu gibt es kaum wissenschaftliche Arbeiten, die den Einsatz von Wearable Technologies zur Leistungssteigerung untersucht haben. Diese Tendenz wird auch durch die Online-Umfrage bestätigt. Lediglich 11 % der Befragten nutzen beispielsweise ein Bewegungsanalysesystem im Training, während 82 % die Frage mit Nein beantworteten. Gemäß den Interviewpartnern könnte dies unter anderem darauf zurückzuführen sein, dass die Wearable Technologies zum einen zu wenig bekannt, zum anderen relativ teuer sind. Dieses Unwissen spiegelt sich auch in der Meinung der Trainer wieder. Lediglich 10 % der Trainer glauben, dass eine Echtzeit Bewegungsaufzeichnung mit integriertem Feedback das Bewegungsgefühl optimiert und somit leistungssteigernd wirkt.

Die Ansammlung der Literaturquellen zeigt ein großes Potential des Einsatzes der Wearable Technologies im Gesundheitswesen und im Arbeitsschutz. Nach der Meinung der Interviewpartner eröffnet der sportliche Sektor ein großes Feld für diese neuen Technologien. Es gilt nun, die vorhandenen Errungenschaften in die Sporttextilien zu überführen. Hierzu müssten jedoch einige Anpassungen vorgenommen werden, damit die Technologien den erhöhten Anforderungen im Sport gerecht werden (bspw. Abriebsfestigkeit der Sensoren, Verbindungen zwischen Sensor und Akku, Größe und Gewicht der Akkus, etc.).

Ausblick

Aus den angestellten Recherchen, Analysen und Bewertungen leiten sich die nachfolgend im Überblick dargestellten Fragestellungen für zukünftige Forschungsarbeiten ab.

Kompression

Mögliche Fragestellungen für künftige Forschungsarbeiten

- Wirken die derzeit erhältlichen Kompressionstextilien leistungsfördernd – welches Produkt ist das Beste?
- Zu welchem Zeitpunkt (während der sportlichen Tätigkeit oder zur Regeneration) sollten die Kompressionstextilien getragen werden?
- Können die Kompressionstextilien Verletzungen vorbeugen?

Smart Textiles

Mögliche Fragestellungen für künftige Forschungsarbeiten

- Können Sportler, ausgerüstet mit den neuesten innovativen Textilien, eine höhere Leistung erbringen als in herkömmlichen Materialien?
- Wie wirkt sich der Komfort auf die Leistungsbereitschaft aus?
- Wie verlässlich sind die Laborwerte der einzelnen Textilien hinsichtlich einer leistungsverbessernden Wirkung des gesamten Produkts?
- Entwicklung eines in die Trainingsbekleidung integrierten Kühlsystems.

Wearable Technologies

Mögliche Fragestellungen für künftige Forschungsarbeiten

- Entwicklung einer intelligenten Gelenksstütze durch den Einsatz von ERF-Fluiden.
- Entwicklung eines intelligenten Rücken-, HWS- und Knieprotektors für den Skirennsport.
- Entwicklung integrierter Sensoren in Sportoberbekleidung zur Messung der Herzfrequenz, der Atmung und des Laktats.

Literatur

- Coza, A., Nigg, B.M., Dunn, J.F. & Anderson B. (2009). *Partial external soft tissue vibration damping decreases local oxygen consumption*. American Society for Biomechanics. Annual Meeting 2009. Abstract online verfügbar, Zugriff am 8.11.2009 unter <http://www.asbweb.org/conferences/2009/2009.html#C>.
- Gonzalez, R.R. & Cena, K. (1985). Evaluation of vapor permeation through garments during exercise. *Journal of applied physiology*, 58 (3), 928-935.
- Houghton, L.A., Dawson, B. & Maloney, S.K. (2009). Effects of wearing compression garments on thermoregulation during simulated team sport activity in temperate environmental conditions. *Journal of science and medicine in sport*, 12 (2), 303-309.
- Huber, S. (2008). *Einfluss von Material und Gestaltung der körpernahen Bekleidungsschicht auf ausgewählte Leistungsparameter bei sportlichen Aktivitäten*, Dissertation an der Technischen Universität München, Fakultät Sportwissenschaft.
- Huber, S. (2003). *Eine Untersuchung zum Einfluss von Atmungsaktivität von funktioneller, winddichter Sportbekleidung auf ausgewählte physische Leistungsparameter und den Tragekomfort im Zusammenhang mit körperlicher Aktivität*. Diplomarbeit an der Fakultät für Sportwissenschaft der Technischen Universität München.
- Kraemer, W.J., Bush, J.A., Bauer, J.A., Triplett-McBride, N.T., Paxton, N.J., Clemson, A., Koziris, L.P., Mangino, L.C., Fry, A.C. & Newton, R.U. (1996). Influence of Compression Garments on Vertical Jump Performance in NCAA Division I Volleyball Players. *Journal of strength & conditioning research*, 10 (3), 180-183.
- Perrey, S. (2008). Compression Garments: Evidence for their Physiological Effects. In M. Estivalet and P. Brisson (Eds.), *The Engineering of Sport 7* (Vol. 2) (319-328). Paris: Springer.
- Trenell, M. I., Rooney, K. B., Carolyn, M., Campbell, S. & Thompson, H. (2006). Compression garments and recovery from eccentric exercise: a 31P-MRS Study. *Journal of sports science and medicine*, 5, 106-114.