



SPEKTRUM

 UNIVERSITÄT
BAYREUTH

9. JAHRGANG • AUSGABE 1 • NOVEMBER 2013

RECHTSGRUNDLAGEN

**Weshalb der Kunde
(noch) König ist**

SEITEN 10-13

BIOWISSENSCHAFTEN

**Wirkstoffe für ein längeres
gesünderes Leben?**

SEITEN 26-28

FIT UND GESUND

**Übergewicht und
Adipositas im Kindesalter**

SEITEN 46-49

THEMA

**Lebensmittel-
und Gesundheits-
wissenschaften**

Liebe Leserinnen und Leser,



Prof. Dr. Stefan Leible,
Präsident der Universität
Bayreuth

Ich freue mich, Sie zu einer neuen Ausgabe unseres Universitätsmagazins SPEKTRUM begrüßen zu dürfen, in dem sich diesmal unser aufstrebendes Profilfeld – neudeutsch: emerging field – „Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“ vorstellt. Aber was ist überhaupt ein Profilfeld?

Die Universität Bayreuth hat sich in den vergangenen fast vierzig Jahren deutschlandweit und international einen ausgezeichneten Ruf in Forschung und Lehre erarbeitet. Diese hohe Reputation beruht auf der Leistung unserer hervorragend ausgewiesenen Fachdisziplinen und von strategisch ausgewählten fächerübergreifenden Schwerpunkten, eben unseren Profilfeldern. In ihnen bündeln wir unsere interdisziplinären Kompetenzen und erzeugen Synergien. Dieses Zusammenspiel starker Fachdisziplinen mit der Innovationskraft unserer Profilfelder ist ein unverwechselbares Merkmal der Forschung an der Universität Bayreuth. Es trägt entscheidend zur nationalen und internationalen Sichtbarkeit unserer Universität bei und ist ein wesentlicher Wettbewerbsfaktor.

Mit den „Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“ ist in den vergangenen Jahren an der Universität Bayreuth ein neuer, interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt entstanden, der die Bedeutung des Zusammenspiels von Lebensmittelqualität, Ernährungs- sowie allgemeinem Gesund-

heitsverhalten für das körperliche Wohlbefinden in seiner gesamten Breite erforschen möchte. Denn nur mit solch einem ganzheitlichen Ansatz lassen sich drängende gesellschaftliche Fragen unseres Gemeinwesens in diesem Bereich beantworten.

Wir sind eine forschungsorientierte Universität. Aus diesem Grund bilden Forschung und Lehre bei uns seit jeher eine untrennbare Einheit. Es freut mich daher besonders, dass das Profilfeld derzeit an einem Master-Studiengang „Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“ arbeitet, der erstmals zum Wintersemester 2014/15 angeboten werden soll. Unser Angebot an neuen, im besten Sinne interdisziplinären Studiengängen, die deutschlandweit Pioniercharakter haben und frühzeitig absehbare gesellschaftliche Entwicklungen und Bedürfnisse antizipieren, wird dadurch konsequent weiter ausgebaut.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre und viele neue Erkenntnisse!

Ihr

Prof. Dr. Stefan Leible
Präsident der Universität Bayreuth

Ernährung und Gesundheit bilden ein uns allen geläufiges Begriffspaar. So selbstverständlich dieses ist, so groß sind die damit assoziierten wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen. Wie können wir in einer alternden Gesellschaft die Gesunderhaltung fördern? Welche Nahrungsmittel sind eigentlich gesund und warum? Wie können wir ausreichende Mengen qualitativ hochwertiger Nahrung nachhaltig produzieren? Welches Regelwerk führt uns auf die besten Wege im Spannungsfeld von Sicherheit und Wirtschaftlichkeit, Genuss und Gefährdung, Konsumentenrechten und mangelnder Aufklärung?

Die Universität Bayreuth will mit ihren besonderen Forschungskompetenzen und in gemeinsamen Projekten mit Partnern im In- und Ausland dazu beitragen, dass zukunftsweisende Erkenntnisse und Konzepte zur Beantwortung solcher Fragen gefunden werden – wissenschaftlich fundiert und praxistauglich zugleich. Daher hat die Universität Bayreuth die Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften als ein interdisziplinäres Profildfeld ihrer Forschung und Lehre definiert. Mit dieser Ausgabe unseres Wissenschaftsmagazins „Spektrum“ wollen

wir Ihnen – ohne dabei den Anspruch auf Vollständigkeit erheben zu können – einige Themen, Projekte, Ergebnisse und Forschungsziele dieses neuen, aufstrebenden Profildfeldes vorstellen.

Die Autorinnen und Autoren sind in ganz unterschiedlichen Fächern und Fächerkulturen zuhause, angefangen von den Rechts- und Wirtschaftswissenschaften über die Biologie und Biochemie bis hin zur Sportwissenschaft. Auch hier gilt, dass ein Mosaik mehr ist als die Summe seiner Teile. Wenn man einige Schritte zurücktritt, wird in der Zusammenschau vielleicht noch besser sichtbar, welche Stärken und Potenziale die Universität Bayreuth in die Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften einbringt. Diese wollen wir weiterentwickeln und vernetzen.

Ich wünsche Ihnen bei der Lektüre viel Freude, interessante Anregungen und vielleicht sogar die eine oder andere überraschende Entdeckung!

Prof. Dr. Stephan Clemens
Sprecher des Profildfelds
„Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“



Prof. Dr. Stephan Clemens ist Inhaber des Lehrstuhls für Pflanzenphysiologie und Direktor der Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität (ForN) an der Universität Bayreuth.



IMPRESSUM	
Spektrum-Magazin der Universität Bayreuth	
AUFLAGE: 2.500 Stück	REDAKTIONSLEITUNG: Christian Wißler (V.i.S.d.P.)
HERAUSGEBER: Universität Bayreuth Stabsabteilung PMK – Presse, Marketing und Kommunikation 95440 Bayreuth Telefon (09 21) 55 - 53 56 / - 53 24 Telefax (09 21) 55 - 53 25 pressestelle@uni-bayreuth.de	DRUCK: bonitasprint gmbh, Würzburg
	SATZ UND LAYOUT: GAUBE media agentur, Bayreuth Telefon (09 21) 5 07 14 41 spektrum@gaube-media.de
	BILDQUELLEN-KENNZEICHNUNG: sst: www.shutterstock.com
Alle Beiträge sind bei Quellenangaben und Belegexemplaren frei zur Veröffentlichung.	



Christian Wißler M.A.,
Fachwirt Public Relations
(BAW), Stabsabteilung PMK der
Universität Bayreuth, Wissen-
schaftskommunikation.

Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften

- 2 **Grußwort.**
Prof. Dr. Stefan Leible
Präsident der Universität Bayreuth
- 3 **Editorial.**
Prof. Dr. Stephan Clemens
Sprecher des Profilsfelds
„Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“
- 3 **Impressum.**
- 4 **Inhaltsverzeichnis.**



14

Biofortifikation zielt darauf ab, den Gehalt von Zink und anderen Mineralstoffen in pflanzlichen Grundnahrungsmitteln zu steigern. Für die Forschung besonders interessant ist die Hallersche Schaumkresse, eine Metall-hyperakkumulierende Pflanze.



10

Wieweit schützt das Lebensmittelrecht die Konsumenten?

- 10 **Weshalb der Kunde (noch) König ist.** Verbraucherschutzrecht und Leistungsqualität bei Lebensmitteln.
- 13 **Forschungsstelle für Verbraucherrecht.**

BIOWISSENSCHAFTEN

- 14 **Biofortifikation von pflanzlichen Grundnahrungsmitteln.** Ein Lösungsansatz für eine globale Herausforderung.
- 18 **Qualität im Fokus.** Laser-Raman-Scanner erkennt Beschaffenheit von Fleisch.
- 21 **Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität (ForN) am Standort Kulmbach.**



- 22 **Qualitätskriterien entwickeln, Qualität erkennen.** Kompetenzen der Forschungsstelle ForN am Standort Kulmbach.
Interview mit Prof. Dr. Franz Meußdoerffer und Dr. Heinar Schmidt.



34

Neuartige Folien sorgen für Schutz und Transparenz.

RECHTSGRUNDLAGEN

- 6 **Europäisches Recht und deutsche Produkte.** Warum der Arm aus Brüssel (nicht) bis ins Bayerische Bierzelt reicht.
- 9 **Forschungsstelle für Deutsches und Europäisches Lebensmittelrecht.**



MARKETING

- 38 **Lebensmittelbilder in Werbung und Medien.** Eine Herausforderung für die Konsumentenverhaltensforschung.

FIT UND GESUND

- 42 **Sportliche Aktivität und Gesundheit im Erwachsenenalter.** Erste Ergebnisse einer Langzeitstudie.
- 46 **Übergewicht und Adipositas im Kindesalter.** Analysen zu Ursachen und Altersgruppen.
- 50 **Positive Wirkungen auf Körper und Psyche.** Studien zur Optimierung des Krafttrainings.
- 54 **Leistungsfähigkeit in extremen Höhen.** Sportmedizinische Untersuchungen im bolivianischen Hochland.



61
Bewegung im Kindes- und Jugendalter fördert einen gesunden Lebensstil.

FORSCHUNGSVERBUND

- 29 **Europäische Perspektiven: der Verbund FoodDACH e.V..**

- 26 **Wirkstoffe für ein längeres gesünderes Leben?** Neue Erkenntnisse aus der Sirtuinforschung.
- 30 **Was kommt auf unsere Teller?** Wie NMR-Spektroskopie zur Steigerung der Konsumentensicherheit beiträgt.

POLYMERE & KOLLOIDE

- 34 **Hochwertiger Schutz für Lebensmittel und Inhaltsstoffe.** Innovationen aus der Polymer- und Kolloidforschung.



50
Die Auswertungen von Krafttrainingsstudien zeigen Verbesserungen sowohl der physischen als auch psychischen Gesundheit. Mit dem richtigen Trainingsprogramm kann die Effizienz gesteigert werden.

- 58 **„GeRnGesund – Gesunde Region Oberfranken“.** Eine Forschungsinitiative zur Gesundheitsförderung und Prävention.
- 62 **Institut für Medizinmanagement und Gesundheitswissenschaften.**

STUDIUM UND LEHRE

- 63 **Der geplante Master-Studiengang „Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“.**

Europäisches Recht und deutsche Produkte

WARUM DER ARM AUS
BRÜSSEL (NICHT) BIS INS
BAYERISCHE BIERZELT REICHT



Lebensmittel weisen traditionell einen stark regionalen Bezug auf; in der Vielfalt landestypischer Speisen und Getränke liegt ein großer Reichtum Europas. Es ist daher nicht auf den ersten Blick einleuchtend, dass gerade das Lebensmittelrecht europarechtlich geprägt und nicht vor Ort zu regeln sein soll. Tatsächlich aber ist Lebensmittelrecht von Beginn an eines der wichtigsten Referenzgebiete des Europarechts. Wichtige, für die Dogmatik des EU-Rechts strukturbildende Leitentscheidungen des Europäischen Gerichtshofs sind gerade zum Lebensmittelrecht ergangen. Das Lebensmittelrecht ist heute sehr weitgehend europäisiert und harmonisiert. Woran liegt das? Und wie schafft es das Europarecht, trotz seiner harmonisierenden Tendenz die den europäischen Raum kennzeichnende Vielfalt an Lebensmitteln zu erhalten?

BINNENMARKT UND GRUNDFREIHEITEN

Ausgangspunkt der Überlegungen hat hierbei zu sein, dass die EU ihrem Selbstverständnis nach ein Binnenmarkt ist, d.h. – so die Definition des Art. 26 AEUV (Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union) – ein „Raum ohne Binnengrenzen, in dem der freie Verkehr von Waren, Personen, Dienstleistungen und Kapital ... gewährleistet ist“. Auch ohne besondere Akte der europäischen Gesetzgebung gilt daher, kraft unmittelbarer Gewährleistung der europäischen Gründungsverträge, die Warenverkehrsfreiheit (eine der sog. europäischen „Grundfreiheiten“); d.h. Produkte (auch landestypische) sollen europaweit verkehrsfähig sein. Nationales Lebensmittelrecht darf daher, obwohl es traditionell freilich auf die je eigenen, landestypischen Verkehrsauffassungen von Lebensmitteln zugeschnitten ist, die Einfuhr ausländischer Lebensmittel prinzipiell nicht behindern; will es dies dennoch tun, muss es die darin liegende Beschränkung der Warenverkehrsfreiheit durch hinreichende Gründe des öffentlichen Wohls (z.B. Gesundheitsschutz) rechtfertigen, und seine Maßnahmen müssen verhältnismäßig sein.

Die Leitentscheidung des Europäischen Gerichtshofs zu dieser Frage nennt sich „Cassis de Dijon“ und stammt aus dem Jahre 1979. Sie betraf einen französischen Johannisbeerlikör, dessen Vertrieb Deutschland verbieten wollte, weil der Likör einen zu geringen (!), nicht den Anforderungen des deutschen Branntweinmonopolgesetzes entsprechenden



Abb. 1: Bierzelt der Hacker-Pschorr-Brauerei beim Münchner Oktoberfest 2012
Foto: filmfoto / shutterstock.com

Alkoholgehalt aufwies, d.h. nach der deutschen Verkehrsauffassung zu schwach war. Das Gericht akzeptierte dies nicht: Der Zweck des Gesundheitsschutzes könne hier nicht ins Feld geführt werden; und was den Schutz der Verbrauchererwartungen in Deutschland anbelangt, genüge es, den (niedrigen) Alkoholgehalt auf der Flasche auszuweisen; ein Verkehrsverbot sei hingegen unverhältnismäßig. Ohne diese Entscheidung hätte sich „Kir“ (ein Aperitif aus Wein und Crème de Cassis) und „Kir Royal“ (Champagner statt Wein) nicht zu dem Modegetränk in Deutschland entwickeln können, das es in der Folgezeit geworden ist (vgl. die Fernseh-Kultserie „Kir Royal“ in den 1980er Jahren).

Dass diese binnenmarktfreundliche Rechtsprechung, die den deutschen Markt für den Reichtum der europäischen Lebensmittelwelt geöffnet hat, auch seine Kehrseite haben und eine Gefährdung liebgewordener Standards darstellen kann, verdeutlichte sodann die Rechtsprechung zum deutschen Reinheitsgebot für Bier (das auf das Jahr 1516 zurückgeht und so einen der traditionsreichsten lebensmittelrechtlichen Standards in Deutschland darstellt). Der Gerichtshof judizierte, dass es mit der Warenverkehrsfreiheit nicht vereinbar sei, den deutschen Grundsatz, die Bezeichnung Bier allein nach dem Reinheitsgebot gebrautem Bier vorzubehalten, auch auf in anderen Mitgliedstaaten rechtmäßig hergestellte und in Verkehr gebrachte Biere anzuwenden, solange von den zusätzlich zugesetz-

ten Stoffen keine Gesundheitsgefahr ausgehe; später verurteilte er Deutschland sogar zum Schadensersatz gegenüber einer betroffenen ausländischen Brauerei. Will der Mitgliedstaat in einem solchen Fall an dem eigenen strengeren Standard festhalten, bleibt ihm allein der unangenehme Weg der sog. „Inländerdiskriminierung“, welcher inländische Hersteller für Zwecke des deutschen Markts an den strengeren Standard bindet, obwohl gleichzeitig die Einfuhr ausländischer Waren gestattet wird, die nicht diesem Standard entsprechen.

... 114 AEUV VERPFLICHTET DIE EU [...] AUSDRÜCKLICH, BEI IHREN HARMONISIERUNGSMASSNAHMEN HINSICHTLICH GESUNDHEIT, SICHERHEIT, UMWELTSCHUTZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ EIN „HOHES SCHUTZNIVEAU“ ZUGRUNDE ZU LEGEN ...

Es wäre trotz der genannten Beispiele verfehlt, den Eindruck zu erwecken, als seien den Mitgliedstaaten im Lebensmittelbereich allein schon aufgrund der europäischen Grundfreiheiten völlig die Hände gebunden. Es gibt sehr wohl Gründe, namentlich Gründe des Gesundheitsschutzes (die in den bisher genannten Beispielen nicht einschlägig waren), die – auch unterschiedliche – nationale Verkehrsverbote rechtfertigen können, solange noch keine einheitlichen europäischen Standards existieren. Beispielsweise für eine Anreicherung von Lebensmitteln mit Vitaminen, die auch in Kombination mit anderen Lebensmitteln zu einer gesundheitsgefährdenden Überdosierung führen könnte, hat der Europäische Gerichtshof mehrfach entschieden, dass die Mitgliedstaaten zur Festsetzung von Höchstgrenzen befugt bleiben, solange der Europäische Gesetzgeber nicht tätig wird. Deutlich wird: Allein mithilfe der Grundfreiheiten lässt sich kein perfekter Binnenmarkt errichten; bestimmte nationale Beschränkungen bleiben zulässig; sollen auch diese fallen, bedarf es eines Tätigwerdens des europäischen Gesetzgebers, der die (zulässigen) unterschiedlichen Standards der Mitgliedstaaten harmonisiert.

EUROPÄISCHE GESETZGEBUNG UND HARMONISIERUNG

Tatsächlich ist im Lebensmittelrecht mittlerweile in sehr weitem Umfang eine derartige europäische Harmonisierungsgesetzgebung vorhanden; Schätz-

werte gehen von 80% europarechtlich determinierter Gesetzgebung in diesem Bereich aus. Basis ist vor allem die sogenannte Binnenmarkt-Harmonisierungskompetenz der EU nach Art. 114 AEUV, wonach die EU „die Maßnahmen zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften, welche die Errichtung und das Funktionieren des Binnenmarktes zum Gegenstand haben“, erlassen darf.

Diese Harmonisierungskompetenz dient der Beseitigung von Handelshemmnissen, sie darf jedoch nicht als einseitige Liberalisierungskompetenz missverstanden werden. In dem Maße, in dem die EU ihre Harmonisierungskompetenz in Anspruch nimmt und damit den Mitgliedstaaten ihr Recht zu einer eigenständigen Gesetzgebung entzieht, übernimmt sie von den Mitgliedstaaten auch die Verantwortung, in dem harmonisierten Bereich für einen ausreichenden Gesundheits- und Verbraucherschutz zu sorgen. Die EU darf insoweit sehr wohl auch strengere Regeln erlassen als zuvor die Mitgliedstaaten. 114 AEUV verpflichtet die EU in diesem Sinne sogar ausdrücklich, bei ihren Harmonisierungsmaßnahmen hinsichtlich Gesundheit, Sicherheit, Umweltschutz und Verbraucherschutz ein „hohes Schutzniveau“ zugrunde zu legen. Dies zeigt sich auch im Lebensmittelrecht, das – gerade auch unter dem Eindruck von Skandalen und Krisen wie der BSE-Krise – zunehmend konsequent zu einem Risikoverwaltungsrecht umgestaltet worden ist, das von der Geltung des Vorsorgeprinzips geprägt ist.

SUBSIDIARITÄT UND SICHERUNG VON VIELFALT

Andererseits soll die EU freilich auch nicht alles regeln; sie soll Vielfalt erhalten; es gilt das sog. Subsidiaritätsprinzip, das in den Verträgen ausdrücklich verankert ist. In diesem schwierigen Zielgeflecht – Herstellung eines funktionierenden Binnenmarkts, Garantie eines hohen Schutzniveaus, Subsidiarität und Vielfaltssicherung – spielt sich europäische Gesetzgebung ab. Die Eingangsnorm des europäischen Hauptgesetzes zum Lebensmittelrecht, Art. 1 Abs.1 Satz 1 der sog. Basisverordnung macht dies exemplarisch deutlich; sie lautet: „Diese Verordnung schafft die Grundlage für ein hohes Schutzniveau für die Gesundheit des Menschen und die Verbraucherinteressen bei Lebensmitteln unter besonderer Berücksichtigung der Vielfalt des Nahrungsmittelangebots, einschließlich traditioneller Erzeugnisse, wobei ein reibungsloses Funktionieren des Binnenmarkts gewährleistet wird“.

AUTOR



Prof. Dr. Markus Möstl ist Inhaber des Lehrstuhls für Öffentliches Recht und Wirtschaftsrecht sowie Direktor der Forschungsstelle für Deutsches und Europäisches Lebensmittelrecht an der Universität Bayreuth.

**ANDERERSEITS SOLL DIE EU FREI-
LICH AUCH NICHT ALLES REGELN;
SIE SOLL VIELFALT ERHALTEN ...**

**ENTWICKLUNGEN UND TENDENZEN IM
EUROPÄISCHEN LEBENSMITTELRECHT**

Auf dieser Grundlage hat sich ein beeindruckender Bestand an EU-Recht entwickelt: Fundament des europäischen Lebensmittelrechts ist die bereits erwähnte Basisverordnung. Das bereits jetzt stark europarechtlich determinierte Lebensmittelkennzeichnungsrecht wird künftig in einer übergreifenden Lebensmittel-Informationsverordnung zusammengefasst. Daneben tritt eine große Fülle spezieller gesetzlicher Regelungen: Sie reichen von dem im letzten Jahrzehnt grundlegend novellierten Zusatzstoffrecht über die Regulierung ökologischer/biologischer, gentechnisch veränderter oder sonstiger neuartiger („Novel Food“) Lebensmittel bis hin zur Reglementierung der Lebensmittelwerbung (Health-Claims-VO) oder zum Lebensmittelhygienerecht. Kennzeichnend ist für die jüngere Zeit dabei zum einen die Tendenz, unmittelbar geltende Verordnungen statt (wie früher) umsetzungsbedürftige Richtlinien zu erlassen, zum anderen eine verstärkte Implementierung besonderer Zulassungsverfahren für Lebensmittel und ihre Zutaten/Zusatzstoffe anstelle des ansonsten kennzeichnenden Missbrauchsprinzips (Zulassungsfreiheit bei gleichzeitigem Verbot des Inverkehrbringens gesundheitsschädlicher oder für den Verkehr ungeeigneter Lebensmittel).

Die Reglungsdichte des europäischen Lebensmittelrechts ist hoch und greift tief in den Alltag der Mitgliedstaaten und ihrer Bürger ein: Ob über Ampelkennzeichnungen oder über Warnungen vor gefährlichen, verdorbenen oder unhygienischen Lebensmitteln gestritten wird, ob es um die Zulässigkeit von unter Verwendung der Steviapflanze gewonnenem Tee oder die Vermarktung von „Anti-Aging-Bier“ geht: immer spielt das EU-Recht eine Rolle. Die traditionelle Vielfalt des Nahrungsmittelangebots in Europa konnte bei alledem erhalten werden: Etwa „Nürnberger Lebkuchen“ und „Nürnberger Bratwürste“, aber auch „Bayerisches Bier“ stehen als geographische Herkunftsangaben sogar unter dem besonderen Schutz des Europarechts.



**Forschungsstelle für
Deutsches und Europäisches Lebensmittelrecht**

Die Forschungsstelle für Deutsches und Europäisches Lebensmittelrecht wurde 1990 auf Initiative des Arbeitskreises der Bayerischen Ernährungswirtschaft (ABEW) mit Unterstützung der Bayerischen Staatsregierung gegründet. Unterstützt wird ihre Arbeit durch den Verein zur Förderung der Forschungsstelle für Deutsches und Europäisches Lebensmittelrecht an der Universität Bayreuth e.V.

Der Schwerpunkt der Forschungsstelle ist die wissenschaftliche Behandlung des Lebensmittelrechts aus drei Blickwinkeln: intradisziplinär, interdisziplinär und international. Viele Fragen des Lebensmittelrechts betreffen sowohl das Öffentliche Recht als auch das Zivilrecht. Daher verlangen sie einen intradisziplinären Forschungsansatz. Die interdisziplinären Besonderheiten des Lebensmittelrechts erfordern darüber hinaus die Einbeziehung von Fachkompetenzen aus den Natur-, Wirtschafts- und Geisteswissenschaften. Daher kooperiert die Forschungsstelle mit einer Vielzahl von Einrichtungen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Justiz, Verwaltung und Politik. Sie wirkt im fächerübergreifenden Profildfeld „Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“ aktiv mit und arbeitet dabei eng mit der Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität am Standort Kulmbach zusammen.

Der internationale Ansatz der Forschungsstelle hat nicht zuletzt seinen Grund in der von europäischen Vorschriften dominierten lebensmittelrechtlichen Gesetzgebung. Die europäischen Vorgaben haben das Lebensmittelrecht in den letzten Jahren teilweise neu geordnet und sind im ständigen Wandel begriffen. Dabei stellt nicht nur der gesellschaftliche Anspruch an das Lebensmittelrecht, sondern auch der Ausgleich zwischen den gestiegenen Erwartungen an den Verbraucherschutz und den Belangen der Ernährungswirtschaft hohe Anforderungen an die rechtsdogmatische Weiterentwicklung von lebensmittelrelevanten Vorschriften.

- www.lmr.uni-bayreuth.de

Abb. 3 (links):
Stevia-Pflanze (*stevia rebaudiana*) (sst)

Abb.4 (oben):
Vielfalt auf dem Wochenmarkt (sst)



■ MARTIN SCHMIDT-KESSEL

Weshalb der Kunde (noch) König ist

VERBRAUCHERSCHUTZRECHT UND LEISTUNGSQUALITÄT BEI LEBENSMITTELN

■ Große Produktauswahl, qualitätsbewusste Konsumenten:
Blick in einen Lebensmittelmarkt. (sst)

Immer wieder neue Erkenntnisse zu Lebensmitteln mit mangelhafter Qualität – medial heute meist als „Skandal“ eingeordnet – rufen die Frage nach der rechtlichen Sicherung der Leistungsqualität bei Lebensmitteln hervor. Politisch-journalistisch ließe sich die Frage aufwerfen, ob, und falls ja, weshalb der Kunde (noch) König ist, wenn es um Lebensmittel und deren Qualität geht.

A. VERSORGUNG, PREISE UND SCHUTZ

Zur Beantwortung dieser Frage ist zunächst auf die vom Lebensmittelrecht klassischerweise verfolgten Schutzzwecke einzugehen. Herkömmlich will Lebensmittelrecht zunächst einmal einen Beitrag zur Sicherstellung der Versorgung der Verbraucher leisten: Keiner soll hungern, und der Staat trägt insoweit eine Gewährleistungsverantwortung. Diese Versorgung soll zweitens auch zu angemessenen Preisen stattfinden:

Anders als nach dem Grundansatz deutscher wie europäischer Marktwirtschaft findet sich im Lebensmittelsektor nach wie vor der Gedanke einer Preissteuerung. Während dieser historisch tatsächlich regelmäßig dem Zweck diente, die Masse der Verbraucher vor der Marktmacht der Anbieter zu schützen – vor allem in Zeiten der Knappheit –, geht es heute vielfach eher um eine Sicherstellung einer existenzsichernden Vergütung der Lebensmittelerzeuger und insoweit nicht mehr unmittelbar um den Schutz des Kunden oder Verbrauchers.

Kern des modernen Lebensmittelrechts in Zeiten des Überflusses und sinkender Preise ist heute jedoch die Lebensmittelsicherheit im Sinne eines Gesundheitsschutzes für die Konsumenten. Vor allem diesem Schutz ist ein großer Teil des heutigen Lebensmittelrechts gewidmet, wobei es primär darum geht, ein Mindestniveau an Qualität in Zeiten der über Absatzketten laufenden Versorgung großer Menschenmengen sicherzustellen. Wie Versorgungssicherheit und Preisangemessenheit, so wird auch dieses Ziel in unserer Zeit praktisch durchgehend erreicht: Noch nie waren Lebensmittel im Blick auf Gesundheitsgefahren so sicher wie heute. Dabei darf freilich nicht übersehen werden, dass die Anonymität massenhafter Versorgung Anreize für Fehlverhalten „schwarzer Schafe“ setzt, deren

Ausscheiden aus dem Markt gleichfalls Aufgabe des Rechts ist.

Vergleichsweise jung ist schließlich ein viertes Schutzgut, welches neben den Schutz der Versorgung, der Angemessenheit der Preise und den Integritätsschutz tritt, und auch Ausfluss des Umstandes ist, dass die Sicherheit der Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln heute hinreichend gewährleistet ist: Das Lebensmittelrecht dient zunehmend dem Schutz weiterer Präferenzen des einzelnen Verbrauchers oder der Politik für bestimmte weitere Qualitäten von Lebensmitteln (dazu D).

B. KÖNIG KUNDE UND SCHUTZ VOR RISIKEN

... **LEBENSMITTELRECHT [WILL]**
ZUNÄCHST EINMAL EINEN BEITRAG
ZUR SICHERSTELLUNG DER VERSOR-
GUNG DER VERBRAUCHER LEISTEN

Die mit der Bezeichnung des Kunden als König einhergehenden Leitvorstellungen verweisen ganz überwiegend nicht auf die genannten Risiken, zu deren Schutz das Verbraucherrecht im Allge-

meinen und das Lebensmittelrecht im Besonderen antreten. Vielmehr macht unsere Rechtsordnung einen ganz erheblichen Unterschied zwischen rechtlich organisiertem Schutz und Risikovorsorge auf der einen und der Lebensmittelqualität insgesamt auf der anderen Seite. Die damit verbleibenden Spielräume oberhalb der gesetzlich konstituierten Schutzwelle sind – zumindest im Ausgangspunkt – rechtlich nicht erfasst und bilden – mit einer etwas zynischen Formel des Haftungsrechts – zugleich das allgemeine Lebensrisiko der Abnehmer. Zumindest für den individuellen Einkaufsvorgang können sich Kunden jedoch eines erhöhten Qualitätsstandards auch rechtlich dadurch versichern, dass sie diesen zum Gegenstand einer besonderen vertraglichen Vereinbarung machen. Dann ist der Kunde nicht König, sondern schlicht Rechtsinhaber.

Der mit absolutistischer Willkür konnotierte König Kunde ist damit grundsätzlich in seinem Königtum nicht durch die auf Risikovermeidung und -bewältigung gerichteten Mechanismen des Verbraucher- und Lebensmittelrechts geschützt. Zum einen besteht jedoch die Tendenz einer kontinuierlichen Erhöhung der vorhandenen Qualitätsstandards zu Lasten der Anbieter (dazu C). Zum anderen befinden sich verstärkt Tendenzen zum Schutz weiterer

AUTOR



Prof. Dr. Martin Schmidt-Kessel ist Inhaber des Lehrstuhls für Verbraucherrecht und Direktor der Forschungsstelle für Verbraucherrecht an der Universität Bayreuth.

– also weder auf Versorgungssicherheit noch auf Preisangemessenheit noch auf Integritätsschutz gerichteter – Präferenzen durch den Gesetzgeber (dazu D). Der „Main-Stream-Kunde“ ist daher vielfach auch deshalb König, weil er zumindest mittelfristig auf die rechtliche Etablierung seiner „Sonderwünsche“ als allgemeiner Standard rechnen kann.

C. TENDENZ ZUR KONTINUIERLICHEN ERHÖHUNG DES QUALITÄTSSTANDARDS

Die Rechtsordnung tendiert generell dazu, Qualitätsstandards im Lebensmittelbereich kontinuierlich zu erhöhen. Diese Tendenz ist zunächst einmal eine politische und betrifft vor allem reaktive Erhöhungen von Standards: Im Anschluss an aufgetretene – tatsächliche oder nur politisch so qualifizierte – Qualitätsdefizite, kommt es zur Anpassung der rechtlichen Anforderungen, etwa bei der Etikettierung oder bei Überprüfung von Lebensmitteln.

Deutlich gravierender freilich ist die generelle Bezugnahme des Kaufrechts auf die gewöhnliche Beschaffenheit der Kaufsache, also auch von Lebensmitteln: Die Steigerung von Qualitäten durch Innovation, also der Durchsetzung von Neuerungen am Markt, schlägt sich hier aufgrund der generalklauselartigen Regelungsstruktur des Kaufrechts (§ 434 BGB) unmittelbar in erhöhten rechtlichen Anforderungen nieder, sobald sich die Innovation in einer Weise durchgesetzt hat, dass sie die gewöhnliche Beschaffenheit der betreffenden Lebensmittel bestimmt.

Die marktwirtschaftlich zu nutzenden Spielräume für unterschiedliche Qualitäten oberhalb der rechtlichen Schutzwelle werden durch diese kontinuierliche Erhöhung verringert. Eine Wiedereröffnung von Spielräumen setzt dann neue Innovationen voraus, deren Marktdurchsetzung wiederum – durch die Etablierung als gewöhnliche Beschaffenheit im Sinne von § 434 I 2 Nr. 2 BGB – zur Anhebung der rechtlichen Qualitätsstandards führt. Dieses sehr flexible vertragsrechtliche Instrument ergänzt die bestehenden Marktmechanismen um einen zusätzlichen Zwang

zur Innovation: Wer in rechtlich nicht vorstrukturierte Spielräume vorstoßen will, muß jenseits der „gewöhnlichen Beschaffenheit“ zu Qualitätsinnovationen gelangen.

D. TENDENZ ZUM SCHUTZ WEITERER PRÄFERENZEN

Zusätzlich zur kontinuierlichen Anhebung der vorhandenen Qualitätsstandards findet sich quer durch das gesamte Lebensmittelrecht wie auch die Lebensmittelpolitik in jüngerer Zeit eine weitere Tendenz: Zusätzliche – das heißt, weder auf die genannten Schutzgüter bezogene noch schlicht am Preis-Leistungs-Verhältnis orientierte – Präferenzen werden in den Schutzbereich des Lebensmittelrechts einbezogen.

Noch vergleichsweise nah am Integritätsschutz finden sich Überlegungen, welche diesen um Instrumente zum Schutz der Ernährungsqualität (bei an sich einwandfreien Lebensmitteln) ergänzen sollen: Ein Beispiel dafür ist die – inzwischen abgeflaute – Diskussion um die Lebensmittelampel, bei der es nicht um die Ordnungsgemäßheit von Lebensmitteln im engeren Sinne geht, sondern um den Schutz der – besonders sinnvollen – zusätzlichen Präferenz von Verbrauchern, sich nicht nur durch im engeren Sinne ordnungsgemäße Lebensmittel zu ernähren, sondern sich auch „gesund“ zu ernähren. Auch wenn die Grenze zwischen Ordnungsgemäßheit von Lebensmitteln (also dem Schutz insbesondere vor verdorbenem Essen) und Maßnahmen zum Zwecke gesunder Ernährung an manchen Stellen eine fließende ist, so wird hier doch der Bereich des klassischen Verbraucherschutzes im Lebensmittelbereich verlassen und das vorhandene Lebensmittelrecht um eine zusätzlich zu schützende Verbraucherpräferenz erweitert.

Andere Fälle solcher Erweiterungen oder Aufladungen des Lebensmittelrechts um zusätzliche Präferenzen finden sich etwa im Bereich der Lebensmittelästhetik (Stichworte Pferdefleischlaspagne und Ersatzkäse), des Umweltschutzes (Stichwort geringe Umweltbelastung bei Regionalität von Lebensmitteln) sowie Verhinderung von Kinderarbeit und Fair-Trade-Gesichtspunkte.

Das besonders heikle an solchen Ausweitungen des Schutzes auf weitere Verbraucherpräferenzen liegt in der Nutzbarkeit des Mechanismus für fast jedwedes politisches Ziel, solange nur ein Lebens-

Abb. 1: Gezielter Einkauf „gesunder“ Lebensmittel. (sst)



mittelbezug herstellbar ist. Die Politik bedient sich hier insoweit vorhandener Boykottmöglichkeiten und -mechanismen, so etwa bei der Information über gentechnische Veränderungen oder auch – wenngleich nicht in Deutschland – bei der Diskussion um die Mangelhaftigkeit von Produkten eines Nudelherstellers wegen öffentlicher Äußerungen zu Homosexuellen.

Technisch funktioniert dieser zusätzlichen Präferenzenschutz durch die Einbeschreibung der neuen Präferenzen in die rechtlich gefassten Qualitätsstandards über deren offene Schnittstellen (gewöhnliche Beschaffenheit etc.). Die damit einhergehende Instrumentalisierung von Verbraucherrecht zu weiteren Zwecken entspricht einer üblichen Verfahrensweise der Aufladung der betreffenden Rechtsmaterie durch Zuschreibung zusätzlicher Funktionen, hier der zusätzlichen, dem Verbraucher angebotenen oder nahegelegten Präferenzen.

E. KUNDE ALS KÖNIG DURCH VERBRAUCHERRECHT?

Aus dem Vorstehenden sollte deutlich geworden sein, dass das Recht bei Lebensmitteln und Ernährung lediglich begrenzte Ziele verfolgt, wie

sie seiner begrenzten Leistungsfähigkeit entsprechen. Das Verbraucherrecht im Allgemeinen und das Lebensmittelrecht im Besonderen kreieren einen Mindestschutz zur Abwehr definierter Risiken. Oberhalb dieser Mindestschwelle verbleiben erhebliche Spielräume ohne unmittelbare rechtliche Relevanz. Hier wird der Kunde hinsichtlich seiner „willkürlichen“ Präferenzen – also der Kunde als König – rechtlich nicht von vornherein geschützt. Zugleich eröffnet die Rechtsordnung freilich Möglichkeiten zur kontinuierlichen Ausweitung des Schutzniveaus, welche die genannten Spielräume – aber eben nicht willkürlich – einschränken.

Das Verbraucherrecht im Allgemeinen und das Lebensmittelrecht im Besonderen leisten daher zwar bloß einen erheblichen Beitrag zur Qualitätssicherung im Lebensmittelbereich. Dem Schutz des großen Königs Kunde ist es hingegen nicht verschrieben und kann es – schon aus rechtstaatlichen Gründen – auch nur begrenzt sein. Diese Begrenzung der Leistungsfähigkeit rechtlicher Instrumente muss sich auch stets bewusst sein, wer Verbraucherrecht zum Schutze weiterer typisierter (und im Einzelfall gar nicht immer vorliegender) Präferenzen einsetzen möchte – Lasagne mit Pferdefleisch etwa ist besonders lecker.



Abb. 2: Lebensmittel heute: im Hinblick auf Gesundheitsgefahren sicher wie nie zuvor. (sst)

Forschungsstelle für Verbraucherrecht

Das Verbraucherrecht in Deutschland und im europäischen und außereuropäischen Ausland wissenschaftlich zu erforschen, ist das Ziel der 2010 eingerichteten Forschungsstelle für Verbraucherrecht. Dabei fördert sie, beispielsweise durch Kolloquien und Ringvorlesungen, nachhaltig den Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis.

Verbraucherschutz ist in vielen Lebensbereichen präsent – angefangen von Lebensmitteln über Dienstleistungen, den Kundendatenschutz, die Telekommunikation und das Internet bis hin zu Konsum- und Gebrauchsgütern. Damit berührt das Thema Verbraucherschutz die Interessen- und Arbeitsfelder zahlreicher Wissenschaften, die an der Universität Bayreuth stark vertreten sind. Die Forschungsstelle setzt daher Impulse für die Zusammenarbeit dieser Disziplinen – sowohl auf dem Universitätscampus als auch im Kontakt mit externen Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft. Schwerpunkte sind dabei insbesondere der Umgang mit Kundendaten, die Ausgewogenheit von Informationen für Verbraucher sowie die besonderen Schwierigkeiten von Dienstleistungen an Verbraucher.

Die Forschungsstelle für Innovation und Verbraucherrecht wirkt mit ihren Kompetenzen federführend am Profildfeld „Innovation und Verbraucherschutz“ der Universität Bayreuth mit. Dabei werden Forschungsarbeiten zur Innovationsforschung und zum Verbraucherschutz in einer Weise verknüpft, die in der deutschen und internationalen Forschungslandschaft einzigartig ist.

Das Profildfeld stützt sich auf eine starke Bayreuther Forschungsinfrastruktur, an der – gemeinsam mit weiteren Forschungsstellen an der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät – u.a. das DFG-Graduiertenkolleg „Geistiges Eigentum und Gemeinfreiheit“, das Betriebswirtschaftliche Forschungszentrum für Fragen der mittelständischen Wirtschaft (BF/M) und das Institut für Medizinmanagement und Gesundheitswissenschaft (IMG) beteiligt sind.

- www.verbraucherrecht.uni-bayreuth.de



■ STEPHAN CLEMENS

Biofortifikation von pflanzlichen Grundnahrungs- mitteln

**EIN LÖSUNGSANSATZ FÜR EINE
GLOBALE HERAUSFORDERUNG**

■ Lebenswichtige Mineralstoffe im Getreide sind bei Qualitätskontrollen mit bloßem Auge nicht zu erkennen und müssen durch chemische Analysen ermittelt werden. (sst)

Die Weltgesundheitsorganisation WHO schätzt, dass etwa die Hälfte der Weltbevölkerung an einer Unterversorgung mit Eisen leidet. Für einen solchen Mangel wird heute oft der Begriff „*hidden hunger*“ verwendet, weil die Folgen meist nicht sofort erkennbar sind. Wenn dem Organismus essentielle Mineralstoffe fehlen, führt dies zu teilweise schweren gesundheitlichen Beeinträchtigungen und zum vorzeitigen Tod. Zu den lebensnotwendigen „*Big Four*“ gehören neben Eisen auch Zink, Jod und Vitamin A. Zinkmangel bedroht schätzungsweise bis zu 2 Milliarden Menschen, für Jod sind die Zahlen ähnlich. Weltweit rangieren Eisen- und Zink-Mangel auf Platz 9 und 11 der häufigsten Todesursachen.



WARUM SIND EISEN UND ZINK ESSENTIELL?

Kein Lebewesen kommt ohne diese Metalle aus. Zellatmung zum Beispiel ist ohne Eisen-Schwefel-Proteine nicht möglich. Metalle sind auch unverzichtbar für die Interaktion von Proteinen mit kleinen Molekülen. Im menschlichen Körper ist ein Großteil des Eisens im Hämoglobin der roten Blutkörperchen lokalisiert und bindet O₂, so dass Eisenmangel zu Blutarmut und in der Folge zu einer verringerten geistigen und körperlichen Leistungsfähigkeit führt.

Die biologischen Funktionen von Zink sind vielfältig, vor allem in DNA-bindenden regulatorischen Proteinen ist es ein wichtiges Strukturelement. Anders als im Falle von Eisen ist es jedoch bisher schwierig, einen Zinkmangel im Organismus frühzeitig zu diagnostizieren. Eine Unterversorgung tritt vor allem dann zutage, wenn eine Zink-Zugabe zur Nahrung sichtbare positive Wirkungen hat. So belegen wissenschaftliche Analysen eine signifikante Abnahme von Durchfallerkrankungen (um 20%), Lungenentzündungen (um 15%) und Mortalität (um 18%), wenn Kinder mit zusätzlichem Zink versorgt werden. Und auch die Immunabwehr älterer Menschen wird durch zusätzliches Zink nachweislich gestärkt.

WEGE ZUR VERBESSERTEN VERSORGUNG MIT EISEN UND ZINK

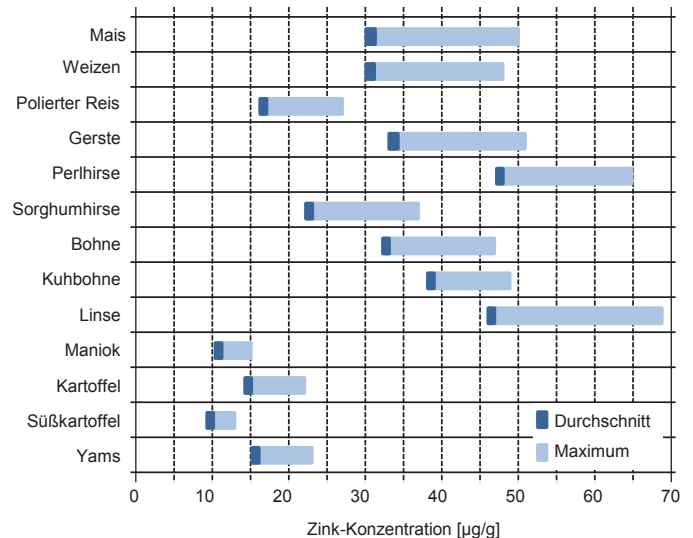
Weltweit sucht die Forschung heute nach neuen Wegen, um die Versorgung der Menschen mit diesen lebenswichtigen Mineralstoffen nachhaltig

zu verbessern. Ein Gremium von Ökonomie-Nobelpreisträgern, das im sogenannten „Copenhagen Consensus“ Lösungsansätze für die drängendsten globalen Wohlfahrtsprobleme evaluiert, hat im Jahr 2012 einer Verbesserung der Mikronährstoffversorgung die höchste Priorität zugesprochen. Grundsätzlich könnte man die Mangelernährung mithilfe von Zink-Pillen oder auch dadurch bekämpfen, dass Nahrungsmittel wie Mehl durch die Zugabe von Jod und Eisen gleichsam auferüstet werden. Aber nicht in allen Regionen der Erde ist dies ein gangbarer Weg – beispielsweise dort nicht, wo hauptsächlich die lokal erzeugten landwirtschaftlichen Produkte konsumiert werden und gut ausgebaute Transportwege fehlen.

Deutlich größeren Erfolg verspricht deshalb die *Biofortifikation*, die darauf abzielt, die Mikronährstoffgehalte pflanzlicher Grundnahrungsmittel zu

Abb. 1: Armuts-Kinder werden in Guayaquil (Ecuador) von einem Hilfsprojekt mit täglichen Mahlzeiten versorgt. Foto: De Visu / shutterstock.com

Abb. 2: Typische natürliche Variation der Zinkgehalte verschiedener pflanzlicher Nahrungsmittel. Gezeigt sind Durchschnittswerte und Maxima aus der HarvestPlus-Datenbank nach Pfeiffer & McClafferty [2007] Crop Sci. 47, 588–5105.



AUTOR



Prof. Dr. Stephan Clemens ist Inhaber des Lehrstuhls für Pflanzenphysiologie und Direktor der Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität (ForN) an der Universität Bayreuth.

erhöhen. Seit gut 10 Jahren werden die Grundlagen und die biotechnologische Umsetzung dieser Strategie zunehmend intensiver erforscht. Im HarvestPlus-Programm, das wesentlich von der Gates Foundation finanziert wird, sind eine Reihe wichtiger Forschungsaktivitäten gebündelt. Gemeinsam arbeitet man darauf hin, die Mikronährstoffgehalte in den wichtigsten Nahrungspflanzen auf etwa das Zwei- bis Dreifache der heutigen Werte zu steigern. Von einer solchen Zunahme wird eine signifikante Reduktion des „hidden hunger“ erwartet.

Wie kann dieses ehrgeizige Ziel erreicht werden? Grundsätzlich sind drei Strategien zu unterscheiden: Veränderung der *Anbaupraktiken*, *klassische Pflanzenzüchtung* und *Biotechnologie*. Ob sie erfolgreich eingesetzt werden können, hängt wesentlich davon ab, ob ausreichend Kapital und die nötige Infrastruktur vorhanden sind. Dies gilt nicht zuletzt für neue Anbaupraktiken. Zwar lassen sich die Zink-Gehalte von Getreidesamen durch Düngung steigern. Aber solche Verfahren sind mit erheblichen Kosten verbunden. In afrikanischen Ländern sind sie kaum anwendbar, weil dort selbst die Düngung mit den quantitativ wichtigsten Nährstoffen Stickstoff und Phosphat nicht verbreitet ist. Realistisch betrachtet, sind die nachhaltigsten Fortschritte dann zu erwarten, wenn es gelingt, mikronährstoffreiche Sorten der wichtigsten Nahrungspflanzen zu entwickeln und diese zu etablieren.

Damit Nutzpflanzen mit höherer Mikronährstoffdichte auf klassischem Weg gezüchtet werden können, ist ein entsprechendes genetisches Potential erforderlich, sprich: eine natürliche Variation der Mikronährstoffgehalte. Tatsächlich kommt es vor, dass sich die Zink- und Eisengehalte in den konsumierten Organen einiger Nutzpflanzen um den Faktor 2 bis 4 unterscheiden (Abb.2). Erste Erfolge sind dieser Spanne zu verdanken. So konnte vor kurzem eine im HarvestPlus-Programm entwickelte Reissorte mit einem durchschnittlich rund 50% höheren Zink-Gehalt in Bangladesh eingeführt werden.

BIOTECHNOLOGISCHE ANSÄTZE

Mit der Einführung zusätzlicher Gene ließen sich noch höhere Steigerungen erreichen. Dieses Verfahren ist auch bei Arten anwendbar, die der klassischen Züchtung praktisch nicht zugänglich sind (wie etwa Bananen) und könnte sogar neue Eigenschaften verleihen. Das wohl bekannteste Beispiel

für Biofortifikation mittels Gentechnik ist der von Wissenschaftlern in Zürich und Freiburg entwickelte „Golden Rice“. Er synthetisiert Provitamin A nicht nur in den Blättern, sondern auch im Endosperm des Korns. Der Verzehr von etwa 100 g „Golden Rice“ pro Tag würde 60% des Vitamin A-Bedarfs eines 8-jährigen Kindes decken. Doch obwohl Millionen Kindern auf diese Weise geholfen werden könnte, wird der „Golden Rice“ wegen starker politischer Widerstände bisher nicht angebaut.

Ein noch komplexeres biologisches Problem als die Vitaminbiosynthese stellt die Zink- und Eisen-Biofortifikation dar. Metall-Ionen legen einen langen Weg vom Boden in die Samen zurück. Weil sie hochreaktiv sind, muss verhindert werden, dass sie mit Proteinen und anderen zellulären Komponenten auf eine potenziell schädliche Weise interagieren. Dafür bedarf es eines genau regulierten Netzwerks aus Transport- und Speicherprozessen. Wie die Metallhomöostase im Detail funktioniert, liegt größtenteils noch im Dunkeln. Einige der beteiligten Prozesse sind inzwischen jedoch molekular aufgeklärt.

Ein neuer Forschungsansatz, der auch an der Universität Bayreuth erfolgreich weiterentwickelt wird, ist die Untersuchung von Metall-hyperakkumulierenden Pflanzen. Diese können in ihren Blättern Zink-Konzentrationen einlagern, die bis zu 1000mal höher sind als die Zink-Konzentrationen in praktisch allen anderen Organismen (Abb. 2).



Abb. 3: Hallersches Schaumkraut (*Arabis halleri*), eine Metall-hyperakkumulierende Pflanze. Sie besiedelt sowohl metallbelastete Habitats als auch unbelastete Böden und ist überall in der Lage, mehr als 10.000 und bis zu 50.000 Mikrogramm Zink/g Trockengewicht zu akkumulieren. Foto: LS für Pflanzenphysiologie, Universität Bayreuth.

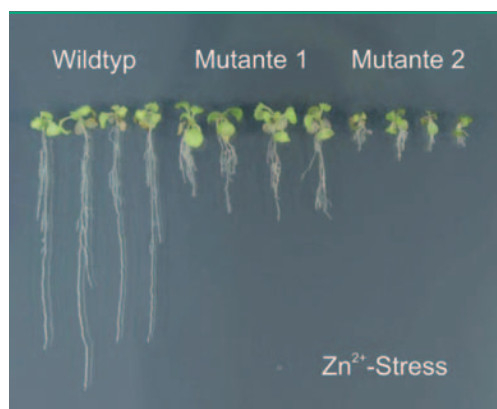


Abb. 4: Zu hohe Zink-Konzentrationen („Zn²⁺-Stress“) hemmen das Wachstum von Pflanzen. Links sind Arabidopsis Wildtyp-Keimlinge zu sehen und rechts in den Bayreuther Laboratorien für Pflanzenphysiologie isolierte Mutanten mit extremer Überempfindlichkeit gegenüber Zink. Ihre Wurzeln sind sehr stark verkürzt. Das Auffinden der in diesen Mutanten defekten Gene ermöglicht neue Erkenntnisse über den pflanzlichen Zink-Stoffwechsel. Die betroffenen Gene kodieren für Proteine, die einer Pflanze helfen, die Konzentration und Verteilung von Zink in Organen wie Wurzel oder Blatt genau zu kontrollieren. Die Identifizierung von Proteinen wie AtMTP1 bzw. AtPME3 (defekt in den Mutanten 1 und 2) bietet wertvolle Anhaltspunkte für weitere Forschungen, die darauf abzielen, pflanzliche Grundnahrungsmittel im Hinblick auf ihren Zinkgehalt zu optimieren. Bild: LS für Pflanzenphysiologie, Universität Bayreuth.

Die molekulare Analyse dieser Extremeigenschaft hat beispielsweise zutage gefördert, dass Zink-pumpende P-Typ-ATPasen und der Metall-Ligand Nicotianamin eine Schlüsselfunktion haben: Sie tragen wesentlich dazu bei, dass der Langstreckentransport von Zink aus den Wurzeln in die Blätter funktioniert. Indem die Synthese von Nicotianamin im Reis gentechnisch verändert wurde, konnten bereits Pflanzen entwickelt werden, die dreimal mehr Eisen und Zink in den Körnern enthalten. Wie erfolgversprechend dieser Forschungsansatz ist, zeigt eine in Myanmar angebaute Reissorte. Die Expression von drei Genen der Metallhomöostase wurde so gezielt geändert, dass der Eisengehalt im Korn auf das 3,4fache anstieg. In Myanmar leiden 75 % der Kinder und 71 % der Schwangeren an einer durch Eisenmangel verursachten Anämie.

BIOVERFÜGBARKEIT VON EISEN UND ZINK

Wie effektiv Verfahren der Biofortifikation letztlich sind, hängt aber nicht allein von den Mikronährstoffgehalten in den pflanzlichen Produkten ab. Ebenso entscheidend ist deren Bioverfügbarkeit, d.h. der Anteil, der tatsächlich im menschlichen Verdauungstrakt absorbiert werden kann. Weil – wie bereits angesprochen – Eisen- und Zink-Ionen hochreaktiv sind, können sehr stabile Komplexe mit Nahrungsbestandteilen wie Phytat (Myo-Inositol-hexakisphosphat) gebildet werden, welche die Aufnahme dieser Mikronährstoffe in die Darmepithelzellen verhindern. Infolgedessen werden nur etwa 15 bis 35% des mit der Nahrung aufgenommenen Zinks und 5 bis 15% des aufgenommenen Eisens absorbiert.

Die hohen Schwankungen sind auf den Einfluss anderer Nahrungskomponenten zurückzuführen. Auch unter diesem Aspekt erweist sich ein viel-

fältiger Speiseplan als vorteilhaft. So unterstützt Vitamin C die Eisenaufnahme, weil es das weniger verfügbare Fe(III) zum besser verfügbaren Fe(II) reduziert. Auch hier bieten sich interessante Ansatzpunkte für Züchtung und Biotechnologie. Ein weiterer Weg, um die Bioverfügbarkeit von Mikronährstoffen zu erhöhen, ist die Züchtung von Phytat-armen Sorten einiger Kulturpflanzen. Allerdings wird dabei die Verringerung des Phosphatspeichers Phytat oft mit landwirtschaftlichen Ertragseinbußen erkauft.

Für die nächsten Jahre ist zu erwarten, dass unser molekulares Verständnis der pflanzlichen Metallhomöostase schnell voranschreitet. In diesem Fall werden die Potenziale für die Biofortifikation durch Züchtung und Biotechnologie weiter wachsen. Zu hoffen ist, dass wir als Gesellschaft möglichst schnell lernen, Nutzpflanzen nach ihren Eigenschaften zu beurteilen und nicht nach der Art wie sie entwickelt wurden. Dann sollten wir in einem ersten Schritt wenigstens diejenigen gentechnisch veränderten Sorten zulassen, bei deren Erzeugung nur der natürlich zur Verfügung stehende Genpool genutzt wird.

Abb. 5: Laboruntersuchung von Pflanzenproben. (sst)





■ HEINAR SCHMIDT

Qualität im Fokus

LASER-RAMAN-SCANNER ERKENNT BESCHAFFENHEIT VON FLEISCH

■ In Zukunft werden Vor-Ort-Messungen eine frühzeitige Sortierung produzierter Fleischqualitäten ermöglichen. (sst)

Wenn Lebensmittel auf ihre Qualität hin untersucht werden sollen, kommen derzeit überwiegend Verfahren zum Einsatz, die sich nur im Laboratorium anwenden lassen. Diese Methoden sind invasiv, erfordern die Entnahme von Proben und sind mit zeitaufwändigen Analysen verbunden. Infolgedessen liegen die Ergebnisse oft erst mit erheblicher Verzögerung vor. Methoden, die eine Qualitätsprüfung schnell und online verfügbar machen, werden deshalb zunehmend nachgefragt.

In dieser Hinsicht bieten optische Verfahren erhebliche Vorteile, da sie – im Unterschied zu laborbasierten Technologien – schnell, berührungslos und zerstörungsfrei arbeiten. Neben der etablierten VIS-NIR-Spektroskopie, hat sich die Raman-Spektroskopie zu einer rasch aufstrebenden Methode entwickelt. Bei der Raman-Spektroskopie wird ein Laserstrahl auf die zu untersuchende Probe gerichtet und das gestreute Licht analysiert. Aufgrund des Raman-Effektes werden in der Probe Moleküle zu Schwingungen angeregt. Daher weist das gestreute Licht ein Spektrum auf, das für die jeweilige Probe charakteristisch ist und – wie ein Fingerabdruck – Auskunft über deren molekulare Zusammensetzung gibt. So können biochemische, strukturelle und mikrobiologische Eigenschaften gemessen werden.

MOBILE QUALITÄTSKONTROLLEN MIT RAMAN-SPEKTROSKOPIE

Für mobile Anwendungen musste das Raman-Gerät zunächst verkleinert werden. Hierzu wurden Laser und Optik in Pistolenform miniaturisiert. Die ersten Praxisversuche vor dem Hintergrund der Gammelfleischskandale erwiesen sich als sehr erfolgreich. Der mikrobielle Verderb von Fleisch konnte mit diesem Verfahren zuverlässig nachgewiesen werden.

Das Gerät kann aber noch mehr: Es werden auch innere Qualitätsmerkmale wie pH-Wert, Proteinstruktur, Fettzusammensetzung oder Fleischart schnell und zerstörungsfrei erfasst. Eine Probenahme ist nicht erforderlich. Messungen können sogar durch Kunststoffverpackungen hindurch erfolgen. Daher wurde der Raman-Scanner an der Forschungsstelle für Vor-Ort-Messungen batteriebetrieben in einen Transportkoffer mit Spektrometer und Rechner integriert.

WEICH ODER ZÄH, TROCKEN ODER WÄSSRIG?

In dem Verbundprojekt „Minimal Processing“, das vom Forschungskreis der Ernährungsindustrie und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird, arbeiten vier Universitäten und fünf Forschungsinstitute in Deutschland auf den Gebieten der Lebensmittelproduktion und der Lebensmittelsicherheit zusammen. Die Universität Bayreuth ist daran mit der Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität (ForN) beteiligt, wo am Standort Kulmbach untersucht wird, wie sich die Raman-Spektroskopie für die Messung und Vorhersage der Qualitätsentwicklung von Fleisch anwenden lässt. Da zuviel Stress bei den Tieren vor und während der Schlachtung zu trockenem und zähem Fleisch (DFD - dark, firm, dry) bzw. zu blassem, weichem und wässrigem Fleisch (PSE - pale, soft, exudative) führt, werden als Indikatoren die postmortale Milchsäurebildung sowie die pH-Werte 45 Minuten und 24 Stunden post mortem genutzt. Bereits die ersten Versuche mit dem Raman-Scanner führten zu signifikanten Ergebnissen. Neben der Erkennung von PSE und DFD konnte auch der zu erwartende Tropfsaftverlust frühzeitig vorhergesagt werden.

Die Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse, die an einer Stichprobe von 96 Tieren im Schlachthof erzielt wurden. Untersuchungen am Schinken fanden 45 bis 90 Minuten nach der Schlachtung statt; parallel dazu wurde die Qualität durch Referenzmessungen am Max Rubner-Institut in Kulmbach bestimmt. Mit den Raman-Spektren, die vor Ort in den Schlachthöfen gemessen wurden, konnten die Parameter: $pH_{45 \text{ min}}$, $pH_{24 \text{ h}}$ und Tropfsaftverlust genau vorhergesagt werden.

	$pH_{45 \text{ min}}$	$pH_{24 \text{ h}}$	Tropfsaftverlust
Bestimmtheitsmaß	0,70	0,85	0,90
Vorhersagefehler	0,19	0,09	1,0 %

Die Ergebnisse zeigen, dass anhand der Raman-Spektren nicht nur 99% der Schinken richtig als PSE/nicht PSE erkannt wurden (Abb. 1). Es konnten darüber hinaus, anhand des prognostizierten $pH_{24 \text{ h}}$ -Wertes, bereits frühzeitig Abweichungen festgestellt werden, die für DFD charakteristisch sind. Damit wäre mit der Raman-Spektroskopie eine DFD-Erkennung bereits am Schlachtband möglich – im Gegensatz zu den bisher verfügbaren Techniken. Auch der nach drei Tagen zu erwartende

AUTOR



Dr. Heinar Schmidt leitet die Arbeitsgruppe In-situ-Analytik an der Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität (ForN) am Standort Kulmbach.

Tabelle 1: Kenngrößen der multivariaten Korrelationen der Raman-Spektren mit $pH_{45 \text{ min}}$, $pH_{24 \text{ h}}$ und dem Tropfsaftverlust nach 72 Stunden.

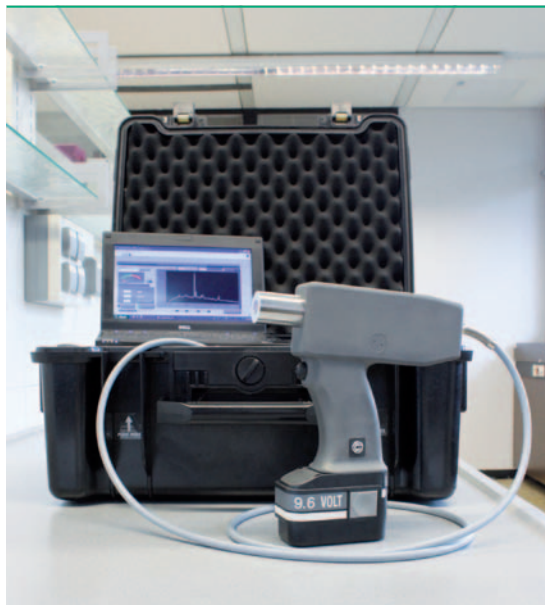
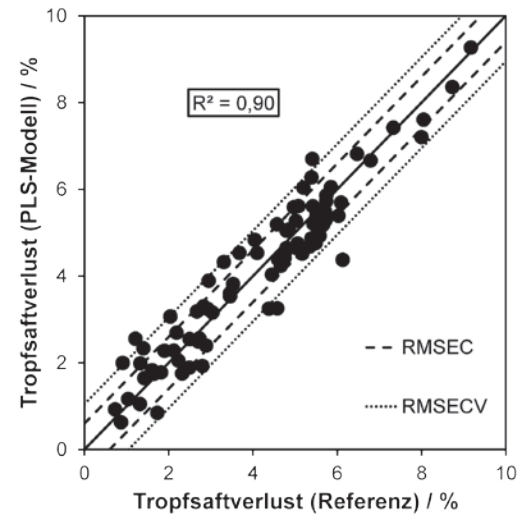
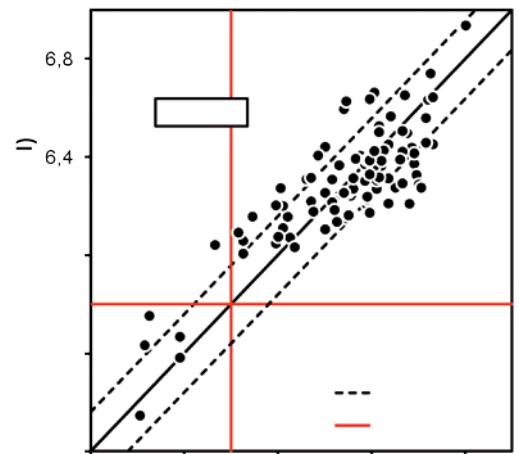
Tropfsaftverlust lässt sich erstaunlich präzise aus den Raman-Spektren 90 Minuten post mortem vorhersagen (Abb. 2). Wässriges Fleisch mit einem TSV > 6 % wird gut erkannt.

FAZIT

Die Raman-Messung ermöglicht anhand der drei Qualitätsparameter pH_{45 min}, pH_{24 h} und Tropfsaftverlust zukünftig eine frühzeitige Sortierung und zielgerechte Verwendung produzierter Fleischqualitäten. Praxistest mit einer größeren Anzahl von Tieren zur Bestätigung dieser Ergebnisse laufen bereits.

- Abb. 1: Korrelation der Raman-Spektren 90 min post mortem mit dem gemessenen pH_{45 min}-Wert.
- Abb. 2: Korrelation der Raman-Spektren 90 min post mortem mit dem Tropfsaftverlust.

- Abb. 3 und 4:
Links: Mobiler, batteriebetriebener Laser-Raman-Scanner im Tragekoffer, zur Messung der Qualität von Fleisch (Foto: H. Schmidt)
Rechts: Einsatz dieses Laser-Raman-Scanners im Schlachthof (Foto: T. Kador)



Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität (ForN) am Standort Kulmbach

Nahrungsmittel werden meistens unter dem Aspekt ihrer Zugehörigkeit zu vertrauten Warenklassen wahrgenommen, wie etwa Milchprodukte, Teigwaren oder Fleischerzeugnisse. Doch je weiter die Forschung in die Inhaltsstoffe der Nahrung und in die Prozesse der Weiterverarbeitung im Organismus vordringt, je intensiver sie an der Qualitätsverbesserung von Lebensmitteln arbeitet, desto mehr verlieren gewohnte Sichtweisen an Bedeutung. Das wissenschaftliche Interesse richtet sich stattdessen auf die gesundheits- und genussrelevanten Eigenschaften von Nahrungsmitteln, die letztlich in ihrer molekularen Basis begründet sind. Daran anknüpfend, lassen sich neue schonende Produktionsverfahren und zuverlässige Techniken der Haltbarmachung entwickeln.

Einem solchen zukunftsweisenden Verständnis von Nahrungsmitteln folgt auch die Forschungsstelle ForN, die 2009 gegründet wurde und im Gebäude des Max-Rubner-Instituts (MRI) am Standort Kulmbach angesiedelt ist. Mit ihren Forschungsbereichen „Bioanalytik“, geleitet von Prof. Dr. Franz Meußdoerffer, und „In-situ-Analytik“, geleitet von Dr. Heinar Schmidt, bildet sie einen zentralen Bestandteil des neuen interdisziplinären Profildfelds „Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“ der Universität Bayreuth.

ForN erhält bis 2015 eine Förderung in Höhe von 942.000 Euro aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE). Die Universität Bayreuth bringt einen Eigenanteil von 498.000 Euro ein; Unternehmen der Lebensmittelbranche aus der nordostbayerischen Region leisten einen Beitrag von weiteren 444.000 Euro. Dieses Engagement zeigt das ausgeprägte Interesse dieser mittelständischen Betriebe an einem Forschungs- und Technologietransfer mit der Universität Bayreuth.

ForN betreibt anwendungsorientierte Forschungen im vorwettbewerblichen Raum und arbeitet in gemeinsamen Projekten mit Unternehmen der Lebensmittelbranche zusammen. Diese erhalten



so einen verbesserten Zugang zu Ergebnissen der Grundlagenforschung, zu hoch entwickelten Methoden und Messtechniken – wie etwa der Raman-Spektroskopie (s. Artikel von Dr. Heinar Schmidt in diesem Spektrum-Heft) – sowie zu exzellent ausgebildetem Personal. Sie werden in die Lage versetzt, die Qualität ihrer Produkte weiterzuentwickeln und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Ein wichtiger Partner in diesem Bündnis ist das Max Rubner-Institut (MRI, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel mit allen Instituten in Deutschland), das mit der Universität Bayreuth über einen Kooperationsvertrag verbunden ist.

Die Vernetzung der Forschungsstelle auf nationaler Ebene kommt insbesondere darin zum Ausdruck, dass sie – gemeinsam mit zahlreichen namhaften Forschungspartnern in Deutschland – mit zwei Teilprojekten an dem Clustervorhaben „Minimal Processing in der Fleischverarbeitung“ beteiligt ist. Es geht dabei um produkt- und ressourcenschonende Prozesse zur Feinerlegung von Schweinefleisch. Dieses Vorhaben wird über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsrichtungen (AiF) gefördert.

Foto: Forschungsstelle ForN

WEBLINK

- www.forn.uni-bayreuth.de



■ CHRISTIAN WISSLER

Qualitätskriterien entwickeln, Qualität erkennen

KOMPETENZEN DER FORSCHUNGSSTELLE FORN AM STANDORT KULMBACH

INTERVIEW MIT PROF. DR. FRANZ MEUSSDOERFFER UND DR. HEINAR SCHMIDT

■ Blick auf die Plassenburg in Kulmbach
Foto: Benreis (GNU Free Documentation License)

Herr Dr. Schmidt, in der Forschungsstelle für Nahrungsmittelqualität (ForN) der Universität Bayreuth leiten Sie den Bereich „In situ-Analytik“, der seit einigen Monaten verstärkt die Aufmerksamkeit der Medien auf sich zieht. Was ist das Besondere an Ihren Forschungsarbeiten?

Schmidt: Wir verfolgen in der Lebensmittelanalytik einen Ansatz, der unkonventionell ist, aber offensichtlich im Trend der Zeit liegt. Wir wollen das Messgerät an die Lebensmittelprobe bringen und nicht die Probe ins Labor, wie es konventionell geschieht. Der Vorteil liegt darin, dass die Analyseergebnisse viel schneller vorliegen. Außerdem werden die Proben unverändert in dem aktuellen Zustand untersucht, in dem sie sich gerade befinden. Sie werden also nicht, wie es in Laboren häufig vorkommt, zerlegt und für die Untersuchung besonders präpariert. Hier in Kulmbach haben wir uns auf Analysen von Fleisch spezialisiert. Dabei wenden wir die Raman-Spektroskopie an, die sich als eine sehr leistungsfähige Technologie erwiesen hat und grundsätzlich auch auf andere Lebensmittelklassen anwendbar ist. Mit dem von uns entwickelten Qualitätsscanner können wir innere Qualitätsmerkmale von Fleisch – wie beispielsweise die Proteinstruktur oder die Fettzusammensetzung – zerstörungsfrei messen, sogar durch Kunststoffverpackungen hindurch.

Wißler: Können Sie, wenn der Qualitätsscanner in fleischverarbeitenden Betrieben eingesetzt wird und in kürzester Zeit die Analyseergebnisse liefert, unmittelbar in laufende Produktionsprozesse steuernd eingreifen?

Schmidt: In der Tat ist es unser Ziel, unsere Analyseverfahren in dieser Richtung weiterzuentwickeln und in das Qualitätsmanagement oder in die betrieblichen Herstellungsprozesse zu integrieren. In der pharmazeutischen Industrie sind solche prozessanalytischen Technologien schon sehr weit fortge-

schritten. Die Lebensmittelindustrie würde davon ebenfalls profitieren.

Wißler: „Bioanalytik“ ist ein weiterer Bereich der Forschungsstelle ForN. Er wird von Ihnen, Herr Professor Meußdoerffer, geleitet. Welches sind hier die hauptsächlichsten Arbeitsschwerpunkte?

Meußdoerffer: ForN ist ein Projekt, an dem neben der Europäischen Union und der Universität Bayreuth auch regionale mittelständische Unternehmen zu einem Viertel beteiligt sind. Indem wir eine Brückenfunktion zwischen universitärer Grundlagenforschung und Anwendung übernehmen, versuchen wir für die Unternehmen ein interessanter Partner zu sein. Das setzt natürlich Kompetenz nicht nur auf einem wissenschaftlichen Teilgebiet voraus, sondern auch genaue Kenntnisse der Verarbeitungstechnologie und der Anforderungen der Märkte.

Wir befassen uns mit Ölsaaten, die zu den nachwachsenden Rohstoffen gehören und sowohl in der Nahrungsmittelproduktion als auch in der Energieerzeugung eine wichtige Rolle spielen. Sie gehören zu den ältesten Nahrungsmitteln in der Geschichte und sind daher auch kulturhistorisch interessant. Vermutlich sind sich die meisten Menschen der Tatsache nicht bewusst, dass Produkte der Ölsaatenverarbeitung in fast 80 Prozent der Produkte des täglichen Bedarfs enthalten sind; beispielsweise in Backwaren, Speiseölen, Schokolade oder Zahnpasta. Auch im Bereich „Bioanalytik“ verfolgen wir das Ziel, letztendlich die Qualität von Lebensmitteln nicht-invasiv – also ohne Eingriffe in die Proben – zu untersuchen. Die besondere Herausforderung liegt für uns jedoch in der Frage: Was sind die Qualitätskriterien von Ölsaaten, und wie erkenne ich, ob sie erfüllt sind? Erst wenn wir darüber Klarheit besitzen, können wir spektroskopische Verfahren entwickeln, wie sie von Herrn Dr. Schmidt eingesetzt werden.

Wißler: Ist denn, trotz der großen Bedeutung von Ölsaaten für die Lebensmittelindustrie, bis heute unklar, was deren Qualität ausmacht?

Meußdoerffer: Ja, hier gibt es einen erheblichen Forschungsbedarf. Es besteht ein starkes Interesse an wissenschaftlich abgesicherten und leicht überprüfbaren Qualitätskriterien für Ölsaaten. Wenige relevante, schnell bestimmbare Qualitätsparameter zu identifizieren ist aber schwerer, als man glaubt.



Abb. 1: Eine Vielzahl von Ölsaaten eignen sich zur Gewinnung von Pflanzenöl. (sst)



Prof. Dr. Franz Meußdoerffer, Leiter des Bereichs „Bioanalytik“ der Forschungsstelle ForN.



Abb. 2: Blüte und getrocknete Fruchtstände der Mohnpflanze mit geöffneter Samenkapsel (sst)



Abb. 3: Rapsfeld in vollem Blütenstand (sst)

Ein 50 kg Sack enthält ungefähr 125 Millionen Körner, von denen sich jedes letztendlich auf die Verarbeitung und Qualität auswirkt. Dazu kommt der Einfluss der Anbauregion, des Wetters und der Lagerung, sodass angesichts der vielen Variablen sehr viele Proben über mehrere Jahre untersucht werden müssen, um letztendlich mit statistischen Verfahren aus großen Datenmengen die wichtigen Qualitätsparameter herauszufiltern.

Wißler: *In Deutschland erfreuen sich Bioprodukte einer stetig wachsenden Beliebtheit. Lassen sich mit den spektroskopischen Methoden, die Sie hier in Kulmbach einsetzen, Unterschiede zwischen Produkten der konventionellen und der ökologischen Landwirtschaft identifizieren?*

Schmidt: Dies ist eine Frage, mit der wir uns in ForN nicht speziell befassen. Aber die wissenschaftliche Literatur ist in einem zentralen Punkt eindeu-

tig: Bioprodukte unterscheiden sich in ihren Hauptbestandteilen nicht von konventionell erzeugten Nahrungsmitteln. Das gilt auch für die Fleischindustrie. Dabei ist allerdings zu beachten, dass eine qualitativ hochwertige Aufzucht und Ernährung der Tiere noch keine hohe Qualität der Fleischprodukte gewährleistet. Die Fleischqualität wird beispielsweise auch davon wesentlich beeinflusst, wie schmerzlos und wie unaufgeregt ein Schwein stirbt. Was der Landwirt richtig gemacht hat, kann beim Schlachten wieder zunichte gemacht werden.

Meußdoerffer: Analog verhält es sich auch bei den Ölsaaten. Selbst ein ökologisch einwandfreier Anbau garantiert noch nicht Qualität. Falsche Lagerung resultiert z.B. in ranzigen Partien oder Schimmelpilzbefall, was die Produkte für menschlichen Verzehr ungeeignet macht. Die Sorgfalt bei der Weiterverarbeitung – und übrigens auch beim Transport – beeinflusst die Lebensmittelqualität entscheidend. Dessen sind sich auch die mittelständischen Unternehmen bewusst, die mit uns zusammenarbeiten und deren hohes Renommee darauf beruht, dass sie ihren Kunden stets qualitativ hochwertige Produkte anbieten.

Wißler: *Gibt es eine besonders herausfordernde Problemstellung, die seitens der Wirtschaft derzeit an die Forschungsstelle herangetragen wird?*

Schmidt: Auf die fleischverarbeitenden Betriebe in Deutschland kommt derzeit ein Problem zu, mit dem wir uns in der ForN auch auseinandersetzen. Bisher war es in der deutschen Landwirtschaft üblich, Eber nach der Geburt zu kastrieren. Denn andernfalls weist das Fleisch der Eber, wenn sie später geschlechtsreif werden, Geruchsabweichungen auf. Dadurch wird die Fleischqualität, jedenfalls nach den in Deutschland üblichen Geschmacksstandards, empfindlich beeinträchtigt. Seit nun eine EU-Richtlinie die früher praktizierte betäu-



Abb. 4: Blick in die Kühlhalle eines Schlachthauses (sst)

bungslose Kastration zukünftig verbietet, zeichnet sich ab, dass in der Landwirtschaft zunehmend auch Eber aufgezogen werden. Zwar wird es voraussichtlich durch geeignete Ernährung und mit den Erkenntnissen der Genetik gelingen, unangenehme Geschmacksabweichungen in manchen Fällen zu unterdrücken. Aber völlig ausschließen lässt sich diese Beeinträchtigung nicht. Umso stärker ist das Interesse der Fleischindustrie an zuverlässigen Techniken, die es erlauben, das betroffene Eberfleisch noch im Schlachtprozess zu identifizieren und auszusortieren. Der Qualitätsscanner ist hierfür natürlich interessant und wir untersuchen derzeit sein Potenzial zu Lösung dieser Fragestellung.

Wißler: Die Forschungsstelle ForN ist auch an dem Clustervorhaben „Minimal Processing in der Fleischverarbeitung“ beteiligt, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungseinrichtungen (AiF) und vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert wird. Was sind die Inhalte und Ziele dieses Projekts?

Schmidt: Es handelt sich um ein großes Verbundvorhaben, in dem zahlreiche Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland zusammenarbeiten, wie etwa die Universität Erlangen-Nürnberg, die Universität Hohenheim, die TU München oder das Leibniz-Institut für Agrartechnik in Potsdam-Bornim. Im Kern geht es darum, möglichst ressourcenschonende Prozesse für die Feinerlegung von Schweinefleisch zu entwickeln. Dabei sollen engere Verbindungen zwischen Grundlagenforschung und Ernährungsindustrie geknüpft werden, um Grundlagenergebnisse schneller in die Praxis zu übertragen. Deshalb ist das Gesamtprojekt beim Forschungskreis der Ernährungsindustrie (FEI) angesiedelt. Unsere Forschungsstelle ist gemeinsam mit dem Max-Rubner-Institut hier am Standort Kulmbach an zwei Teilprojekten beteiligt. Dabei geht es zum einen um Grundlagenforschung, die darauf abzielt, die Raman-Spektren soweit zu verstehen, dass diese für eine Beurteilung der Fleischqualität in der Prozesskette einsetzbar werden. Das andere Teilprojekt widmet sich der Entwicklung von Analysemethoden, die eine online-fähige, also automatisierbare, Beurteilung von Fleisch ermöglichen. Hier ist es uns gelungen, ein neues und sehr differenziertes Sortierschema für die Qualitätsbestimmung von Schinken zu erarbeiten und zu zeigen, wo uns die Raman-Sensorik bei der Erkennung und Sortierung der Qualitäten von Fleisch helfen kann.

Wißler: Gibt es über dieses nationale Verbundvorhaben hinaus auch Ansätze einer internationalen Zusammenarbeit?

Meußdoerffer: Ja, es erreichen uns oftmals Anfragen von Unternehmen im Ausland, die unsere hiesigen Forschungskompetenzen sehr genau registriert haben und Möglichkeiten einer Zusammenarbeit ausloten wollen. Wir freuen uns sehr über dieses internationale Interesse. Es belegt, dass wir zukunftsweisenden Entwicklungen in der Lebensmittelforschung nicht hinterherhinken, sondern sie im Gegenteil aktiv mitgestalten.

Schmidt: Ein Beispiel dafür ist ein gemeinsames Projekt mit dem „Centre for Sheep and Red Meat Development“ in Cowra/New South Wales, einer Forschungsstation in Australien, und der Charles Sturt University. Es geht um die Herausforderung, bereits während des Produktionsprozesses zähes und zartes Lammfleisch zuverlässig unterscheiden zu können. Zunächst haben wir hier in Kulmbach Untersuchungen an gefrorenen Proben erfolgreich durchgeführt, die wir aus Australien bekommen haben. Dann sind wir mit unserem Gerät vier Messreihen vor Ort nach Australien gefahren. Im September dieses Jahres war eine australische Doktorandin bei uns zu Gast und hat hier an der Entwicklung von Qualitätsparametern für Lammfleisch gearbeitet. Diese Zusammenarbeit setzen wir auch im nächsten Jahr fort.

Wißler: Herr Professor Meußdoerffer, Herr Dr. Schmidt, haben Sie vielen Dank für dieses Gespräch.



Abb. 5: Flachs-Samen und aus Flachs gewonnenes Öl (sst)

Abb. 6: Fruchtstände der Sesampflanze (sst)



BIOWISSENSCHAFTEN



■ CLEMENS STEEGBORN
CHRISTIAN WISSLER

Wirkstoffe für ein längeres gesünderes Leben?

NEUE ERKENNTNISSE AUS DER
SIRTUINFORSCHUNG

■ In roten Weintrauben und im Rotwein
ist die Konzentration von Resveratrol
besonders hoch. (sst) Fotomontage: A. Gaube

Gut 10 Jahre sind vergangen, seit die Medien weltweit über eine vermeintliche Sensation berichteten. Schon in naher Zukunft würden medizinische Wirkstoffe verfügbar sein, die grundsätzlich allen Menschen ein längeres und gesünderes Leben ermöglichen. Jedes Glas Rotwein sei geradezu ein Jungbrunnen. Denn es enthalte den Wirkstoff Resveratrol, der imstande sei, Alterungsprozesse im menschlichen Organismus zu verlangsamen. Doch die Euphorie, die selbst von renommierten internationalen Zeitungen angefeuert wurde, wich bald einem bis heute andauernden heftigen Streit. Was war geschehen?

EIN HOCHKOMPLEXES FORSCHUNGSGEBIET

Vor allem an der Harvard University und am Massachusetts Institute of Technology (MIT) waren Wissenschaftler zu dem Ergebnis gekommen, dass sich die Fitness und die Lebenserwartung von Mäusen, Würmern und anderen Organismen steigern lasse. Wirkstoffe, die eine spezielle Klasse von Enzymen – die so genannten Sirtuine – gezielt beeinflussen, seien auf diese Weise in der Lage, den Organismus leistungsfähiger zu erhalten und seiner Alterung entgegenzuwirken. Zu diesen Wirkstoffen gehöre auch das Resveratrol, ein Naturstoff, der unter anderem in Erdnüssen, Himbeeren und Pflaumen vorkommt. In besonders hohen Konzentrationen ist er in der Haut von roten Weinbeeren anzutreffen, so dass ein Liter Rotwein mehr als 10 Milligramm Resveratrol enthalten kann.

Die Berichte in den Medien, die auf die wissenschaftliche Veröffentlichung dieser Ergebnisse folgten, zeigen beispielhaft, wie Ergebnisse der Grundlagenforschung zum Anlass genommen werden können, um vorschnelle und übertriebene Erwartungen an die gesundheitsfördernden Wirkungen bestimmter Substanzen zu wecken. Denn die Funktion und Regulation der Sirtuine ist in Wahrheit ein hochkomplexes Forschungsgebiet der Biochemie, und sie ist von der Vision, verlässliche Wirkstoffe für ein längeres gesundes Leben bereitstellen zu können, noch deutlich entfernt. Den gegenteiligen Anschein erwecken zu wollen, wäre beim derzeitigen Stand der Forschung nicht verantwortbar.

STEUERUNG VON STOFFWECHSEL- UND ALTERUNGSPROZESSEN

An der Universität Bayreuth wird seit mehreren Jahren am Lehrstuhl Biochemie mit Partnern im In- und Ausland daran gearbeitet, die Wirkungsweise von Sirtuinen zu erforschen – und dabei wurden bereits manche Strukturen und Prozesse aufgeklärt, die es lohnend erscheinen lassen, diese Forschungen weiter voranzutreiben. Worum geht es dabei?

Sirtuine sind Enzyme, die insbesondere die Funktion haben, Stoffwechsel- und Alterungsprozesse zu steuern. Sie tun dies, indem sie an ausgewählten Stellen lebenswichtiger Proteine Acetylgruppen abspalten. Diese Deacetylierung hat eine Signalwirkung für zahlreiche Vorgänge in lebenden Zellen, beispielsweise für die Erzeugung neuer Proteine aufgrund genetischer Informationen oder für den Abbau von Nährstoffen. Im Organismus des Menschen lassen sich sieben verschiedene Sirtuine unterscheiden, sie werden in der Forschung als „Sirt1“ bis „Sirt7“ bezeichnet. Es ist in der Tat eine verlockende Vision,

die Wirkungsweise dieser Enzyme durch pharmakologische Wirkstoffe so zu beeinflussen, dass sich daraus positive Effekte auf die Gesundheit und sogar auf die Lebenserwartung ergeben. Weltweit arbeiten Forschungsgruppen aus Biochemie und Biomedizin darauf hin, sich dieser noch fernen Vision schrittweise zu nähern.

Um geeignete Wirkstoffe entwickeln zu können, sind zunächst einmal detailliertere Kenntnisse über die Wirkungsweise von Sirtuinen erforderlich. Insbesondere muss in Bezug auf jedes der Sirtuine 1 bis 7 geklärt werden, auf welche Proteine es eine deacetylierende Wirkung ausübt. Gibt es im menschlichen Organismus eine große Anzahl von Proteinen, die durch mehrere Sirtuine deacetyliert werden? Oder gibt es nur wenige solcher Proteine, weil jedes Sirtuin eine weitgehend spezifische Wirkung hat?

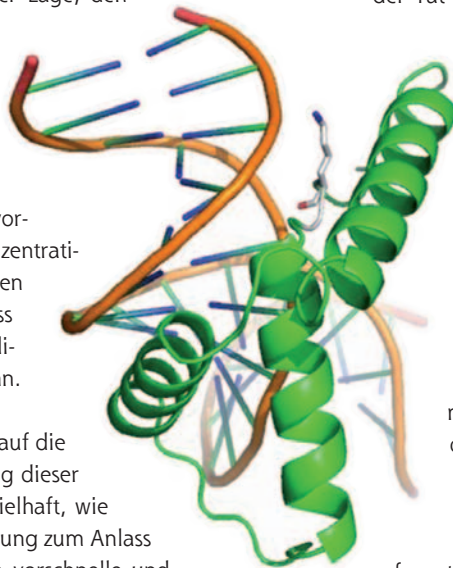


Abb. 1: DNA-bindendes Protein, das als Sirt1-Substrat identifiziert wurde. Die DNA ist orange dargestellt, der einzelne graue Strang rechts oben ist die Deacetylierungsstelle. Grafik: C. Steegborn

AUTOR

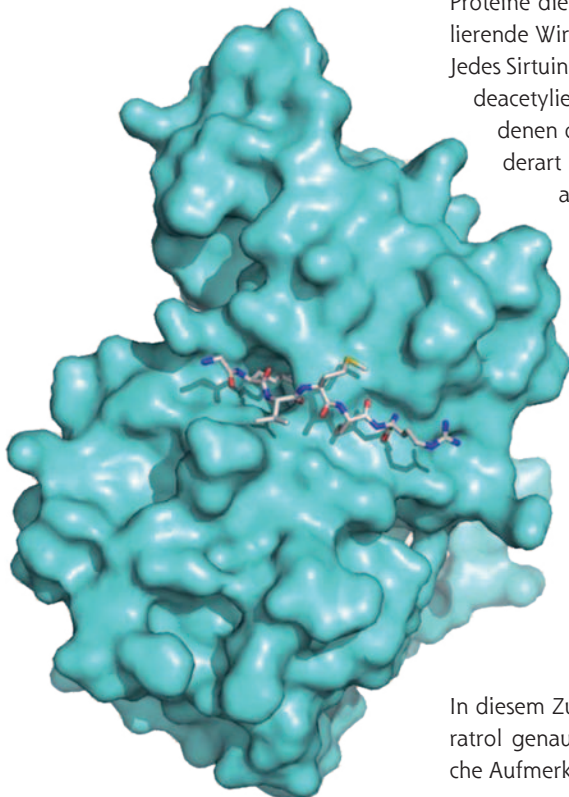


Prof. Dr. Clemens Steegborn leitet die Forschungsgruppe für Signaltransduktion am Lehrstuhl für Biochemie an der Universität Bayreuth.

ERFOLGREICHE SIMULTANTESTS MIT PEPTIDARRAYS

In dieser grundsätzlichen Frage ist vor kurzem an der Universität Bayreuth – in Kooperation mit einer Forschungsgruppe an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg – ein Durchbruch gelungen. Mehr als 6.800 Anheftungsstellen für Acetylgruppen in Proteinen, die den Sirtuinen 1 bis 7 als potenzielle „Angriffsflächen“ dienen können, wurden zeitgleich daraufhin untersucht, durch welche Sirtuine sie tatsächlich deacetyliert werden. Dabei wurden nicht die vollständigen Proteinmoleküle verwendet, sondern nur die acetylierten Abschnitte dieser Proteine. Hierbei handelt es sich um Peptide, die aus den im Menschen tatsächlich vorkommenden Proteinen stammen, so dass die Tests zuverlässige Rückschlüsse auf die deacetylierende Wirkung der Proteine im menschlichen Organismus zulassen. Bei diesen breit angelegten Simultantests kamen spezielle Peptidarrays zum Einsatz, die unter der Leitung von Prof. Dr. Mike Schutkowski in Halle entwickelt worden waren. Diese Mikrochips bieten Platz für mehr als 6800 Proteinabschnitte.

Abb. 2: Die Grafik zeigt im Hintergrund den katalytischen Bereich des Enzyms Sirt1. Im Vordergrund befindet sich ein kettenförmig aufgebautes Peptid. Von dessen Struktur hängt es ab, in welcher Weise die Sirt1-Aktivität durch Resveratrol – oder eine andere Substanz – beeinflusst werden kann. Grafik: C. Steegborn



So ließ sich in kürzester Zeit ermitteln, auf welche Proteine die Sirtuine 1 bis 7 jeweils eine deacetylierende Wirkung haben. Das Ergebnis überrascht: Jedes Sirtuin im menschlichen Organismus übt eine deacetylierende Wirkung auf Proteine aus, von denen die meisten durch kein anderes Sirtuin derart stark verändert werden. Oder anders ausgedrückt: Jedes der Sirtuine 1 bis 7 hat seine spezifischen Substrate. Dieser Befund war eine klare Ermütigung, diese Forschungsarbeiten fortzusetzen. Denn wenn sich die Sirtuine hinsichtlich ihrer Wirkungen relativ deutlich unterscheiden lassen, sinkt tendenziell das Risiko, dass Substanzen, die ein Sirtuin aktivieren oder hemmen, unerwünschte Nebenwirkungen erzeugen.

DIFFERENZIERTER ERKENNTNISSE ZU RESVERATROL

In diesem Zusammenhang wurde auch das Resveratrol genauer untersucht, das 2003 die öffentliche Aufmerksamkeit auf die Sirtuine gelenkt hatte.

Es ging dabei um die kontrovers diskutierte Frage, ob Resveratrol imstande ist, das Sirt1 zu aktivieren. Das Resultat: Ob dieses Enzym unter dem Einfluss von Resveratrol eine gesteigerte Aktivität entwickelt, hängt davon ab, mit welchen Proteinen es in Verbindung gebracht wird. Auf den Mikrochips greift Sirt1 vergleichsweise wenige Proteinfragmente verstärkt an, um die Acetylgruppen abzuspalten. Es gibt sogar Peptide, auf die Sirt1 deshalb keine Wirkung hat, weil das Resveratrol dies verhindert. Und bei den meisten Proteinfragmenten konnte überhaupt kein nennenswerter Einfluss des Resveratrols auf Sirt1 festgestellt werden. Die Wissenschaftler, die bei früheren Experimenten zu entgegengesetzten Ergebnissen gelangt sind, haben also nicht falsch gemessen, sondern mit unterschiedlichen Zielproteinen gearbeitet.

... [DIE FORSCHUNG] IST VON DER VISION,
VERLÄSSLICHE WIRKSTOFFE FÜR EIN LÄNGERES
GESUNDES LEBEN BEREITSTELLEN ZU KÖNNEN,
NOCH DEUTLICH ENTFERNT ...

GESUCHT: MÖGLICHT ZIELGENAUE WIRKSTOFFE

Die bisherigen Ergebnisse geben daher durchaus Anlass zu einem gewissen Optimismus. Es scheint grundsätzlich möglich, Sirt1 zielgenau so zu aktivieren, dass daraus spezielle Wirkungen auf Stoffwechsel- und Alterungsprozesse in lebenden Organismen resultieren. Die Hoffnung richtet sich aber keineswegs allein auf Resveratrol. Denn dies beeinflusst nicht nur Sirt1, sondern es hat – wie gleichfalls nachgewiesen werden konnte – eine aktivierende Wirkung auf Sirt5 und eine hemmende Wirkung auf Sirt3. Auch weitere zelluläre Proteine werden durch Resveratrol angegriffen. Viel interessanter sind deshalb Substanzen mit zielgenaueren Wirkungen. Erste derartige Substanzen sind verfügbar. Bei den laufenden Analysen ihrer Wirkweise, u.a. an der Universität Bayreuth, konnten neue Erkenntnisse bezüglich der in den Sirtuinen vorhandenen Bindungsstellen gewonnen werden, an denen pharmakologische Wirkstoffe andocken können. Das ermöglicht nun eine zielgerichtete Verbesserung solcher Substanzen. Die Sirtuin-forschung bleibt also ein spannendes Gebiet der Biochemie und der Biomedizin, das noch manche Überraschungen bereithält.

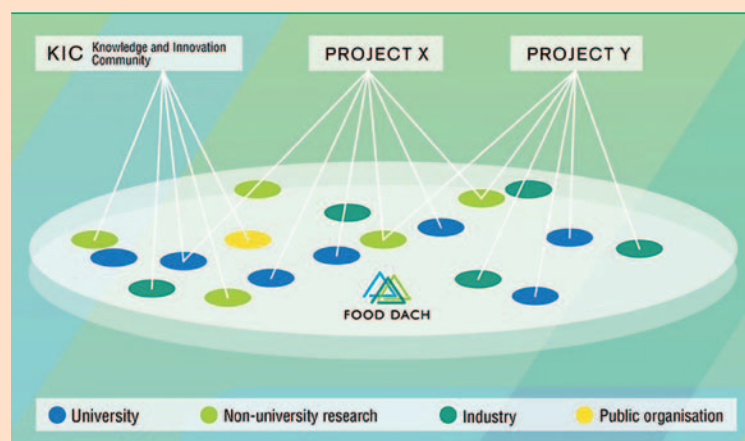
Europäische Perspektiven: der Verbund FoodDACH e.V.

Die Universität Bayreuth ist Gründungsmitglied von FoodDACH e.V., eines Verbunds auf dem Gebiet der Ernährungs- und Lebensmittelforschung, der Ende November 2012 an der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan gegründet wurde. Der Name leitet sich her aus den Kennzeichen der Länder Deutschland (D), Österreich (A) und Schweiz (CH), in denen die Gründungsmitglieder beheimatet sind. Es handelt sich um 19 Universitäten, Forschungseinrichtungen und -organisationen, die sich durch international sichtbare Kompetenzen in der Ernährungsforschung und der Lebensmittelwissenschaft auszeichnen. Sie wollen diese Kompetenzen dauerhaft miteinander vernetzen. Gesundheitliche und ökonomische Aspekte sollen in diese Zusammenarbeit ausdrücklich einbezogen werden, damit eine leistungsstarke Forschungs- und Entwicklungsplattform entsteht.

Die Gründungsmitglieder sind sich darin einig, dass sie in den nächsten Jahren noch weitere leistungsstarke Akteure – Hochschulen, Forschungsinstitute und insbesondere auch Unternehmen aus Industrie und Mittelstand – für eine Mitarbeit in FoodDACH gewinnen wollen. Denn nur so kann die Konkurrenzfähigkeit von Wissenschaft und Wirtschaft im deutschsprachigen Raum nachhaltig gestärkt werden.

Die Initiatoren und Mitglieder von FoodDACH haben langfristig eine viel weiterreichende Zusammenarbeit im Blick. Auf europäischer Ebene hat sich bereits das Konsortium Foodbest etabliert (b = Business; e = Education/Entrepreneurship; s = Science; t = Technology); es handelt sich dabei um eine Initiative von Dänemark, Schweden, Großbritannien, den Niederlanden, Belgien, Frankreich und Italien. Gemeinsam mit diesem Konsortium verfolgt FoodDACH als Vertretung der deutschsprachigen Länder die Absicht, bei der Europäischen Union einen Förderantrag für eine „Knowledge and Innovation Community“ stellen. Seit 2009 werden bereits drei solche Einrichtungen von der EU gefördert, nämlich in den Berei-

chen Klimawandel, Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Erneuerbare Energien. Diese „KICs“ wollen führende Akteure aus Bildung, Forschung und Unternehmertum zusammenbringen, den Wissens- und Technologietransfer stärken und die Umsetzung innovativer Ideen und Konzepte nachhaltig fördern.



Eine vierte „Knowledge and Innovation Community“ soll also in den nächsten Jahren auf dem Gebiet der Ernährungs- und Lebensmittelforschung folgen. Der Name steht bereits fest: „Food4Future“. In diesem europäischen Rahmen werden Partner aus Bildung, Forschung und Wirtschaft mehrere Jahre lang zusammenarbeiten. Gemeinsam wollen sie forschungsbasierte Lösungen für Fragestellungen erarbeiten, die ganz unterschiedliche Abschnitte der Wertschöpfungskette im Lebensmittelsektor betreffen: Entwicklung, Herstellung, Lagerung, Transport und Verzehr, bis hin zu den gesundheitlichen und sozioökonomischen Auswirkungen. Die Universität Bayreuth wird aus dieser Kooperation wertvolle Impulse für eigene Forschungsvorhaben gewinnen, aber auch neue Ideen und Entwicklungen auf den Weg bringen können. Denn die multi- und interdisziplinäre Zusammenarbeit in den Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften, wie sie im europäischen Raum künftig etabliert werden soll, ist auf dem Bayreuther Campus bereits weit vorangeschritten.

Schaubild der FoodDACH-Projektstruktur, die Bildung, Forschung, Unternehmen und öffentliche Organisationen miteinander verbindet. (Quelle: FoodDACH-Webseite)

WEBLINK

- www.fooddach.org



■ STEPHAN SCHWARZINGER
PAUL RÖSCH
LUCAS KÖBERLE
FELIX BRAUER

Was kommt auf unsere Teller?

WIE NMR-SPEKTROSKOPIE ZUR STEIGERUNG DER KONSUMENTENSICHERHEIT BEITRÄGT

■ Foto: S. Schwarzinger

Europa, Anfang 2013 – vor allem in Tiefkühlkost und Hackfleischprodukten wurde in großem Stil Pferdefleisch anstelle von Rindfleisch verarbeitet. Deutschland, November 2013 – erhebliche Mengen Gammelfleisch werden unter gutes Fleisch gemischt und gelangen in den Handel. Pferdefleisch- und Gammelfleischskandale erschüttern das Vertrauen der Verbraucher, es fehlt an geeigneten Schnelltests, um mangelhafte Qualität rechtzeitig zu erkennen. Dabei steht Qualität nicht nur bei Konsumenten, sondern grundsätzlich auch bei Produzenten von Lebensmitteln hoch im Kurs, nicht zuletzt weil durch Lebensmittelskandale massiver wirtschaftlicher Schaden entsteht und das Kundenvertrauen nachhaltig geschädigt wird.

Dabei wird unter dem Begriff „Qualität“ nicht immer das Gleiche verstanden: Hersteller orientieren sich hauptsächlich an gesetzlichen Auflagen, die sich auf Inhaltsstoffe und Höchstmengen von Schadstoffen beziehen. Für die Konsumenten hingegen wird, nicht zuletzt unter dem Einfluss der zahlreichen Lebensmittelskandale, die Authentizität der Waren immer wichtiger, sei es hinsichtlich der Sorte, der geografischen Herkunft oder der biologischen Verarbeitung der Waren. Kunden reagieren zunehmend sensibel auf Verfälschungen von Lebensmitteln – selbst dann, wenn keine gesundheitliche Gefährdung besteht. Nachweislich authentische Produkte, also Produkte, deren Herkunft und Verarbeitung exakt definiert ist, erzielen typischerweise deutlich höhere Marktpreise als weniger gut charakterisierte. Aus gesundheitlichen wie auch wirtschaftlichen Gründen sind schnelle, effiziente und kostengünstige Verfahren gefragt, die Auskunft darüber geben, ob Lebensmittel den Erwartungen der Konsumenten und Produzenten entsprechen.

MAGNETISCHE KERNRESONANZSPEKTROSKOPIE: VON DER LEBENSMITTELANALYTIK BIS ZUR MEDIZINISCHEN DIAGNOSTIK

Einzigartige Perspektiven für die Qualitätsprüfung von Lebensmitteln eröffnet die magnetische Kernresonanzspektroskopie, kurz: NMR-Spektroskopie (von nuclear magnetic resonance), die beispielsweise in der Medizin bei der MR-Tomographie zum Einsatz kommt. Bei der NMR-Spektroskopie handelt es sich um die einzige Methode, mit der sich nicht nur die Identität, sondern sogar die Struktur und auch die Dynamik von Molekülen bestimmen lassen. Daher findet diese Technologie

nicht nur Anwendung in der Analyse von Stoffgemischen, zum Beispiel Lebensmitteln, sondern auch in Strukturbiologie und Molekularer Medizin: Molekulare Grundlagen von Allergien werden ebenso untersucht wie die Ursachen von Priorenerkrankungen, wie etwa dem Rinderwahnsinn oder der Alzheimer'schen Krankheit. Das angewandte Prinzip der NMR-Spektroskopie ist dabei in allen Fällen gleich. Magnetisch aktive Atome, beispielsweise ^1H (Wasserstoff), werden in einem starken Magnetfeld wie Kompassnadeln ausgerichtet. Durch einen Hochfrequenzpuls wird diese Ausrichtung gestört. Die nach dieser Störung erfolgende Wiederausrichtung der Atome resultiert in der Aussendung eines messbaren Hochfrequenzsignals, das Schlüsse auf die chemische Umgebung dieser Atome und damit auf die Identität der untersuchten Substanzen erlaubt.

Auf diese Weise lassen sich in einer einzigen, nur wenige Minuten dauernden Messung mehrere Dutzend Inhaltsstoffe von Lebensmitteln identifizieren und sogar quantifizieren. Selbst extreme Konzentrationsunterschiede im Bereich von fünf Größenordnungen – das entspricht etwa der Größe eines Gummibärchens (1 cm) im Vergleich zum höchsten Gebäude der Welt (800 m) – können dabei zuverlässig ermittelt werden. Mittels NMR-Spektroskopie können mehr Proben untersucht und mehr kritische Parameter gemessen werden, als dies mit den bisherigen Methoden der Lebensmittelanalytik möglich war.

Der Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln, ein Schwerpunkt gerade in Nordbayern, werden durch die Möglichkeit einer schnellen und kostengünstigen Erstellung eines Inhaltsprofils von Rohwaren und Fertigprodukten neue Perspektiven eröffnet. Für Fruchtsäfte und Weine wurden bereits NMR-basierte Analyseverfahren am Markt etabliert. Dutzende Inhaltsstoffe (z.B. > 50 Parameter bei Weinen) können so quantifiziert werden, was den Herstellern eine bisher nicht mögliche Kenntnis der Qualität ihrer Rohstoffe ermöglicht. Mehr noch: Aufgrund der einzigartigen Reproduzierbarkeit von NMR-Spektren, die besser ist als bei jeder anderen heute verfügbaren Analyseverfahren, lassen sich durch Vergleiche mit Referenzprodukten auch Aussagen über Sorte, Herkunft und Verarbeitung der Produkte machen. Sogar eine Prüfung auf unbekannte Verfälschungen ist möglich. Produzenten und Handel können auf dieser Grundlage die Lebensmittelsicherheit erhöhen – und damit das Vertrauen der Konsumenten zurückgewinnen.



Prof. Dr. Paul Rösch ist Leiter des Lehrstuhls Biopolymere und Geschäftsführender Direktor des Forschungszentrums für Bio-Makromoleküle (FZ BIOmac) der Universität Bayreuth.



Prof. Dr. Stephan Schwarzinger ist Mitglied am Forschungszentrum für Bio-Makromoleküle (FZ BIOmac) und Geschäftsführer der ALNuMed GmbH.



Lucas Köberle fertigte am FZ BIOmac seine Bachelorarbeit über NMR-basierte Metabonomik von Schweinefleisch und Grillgut an.

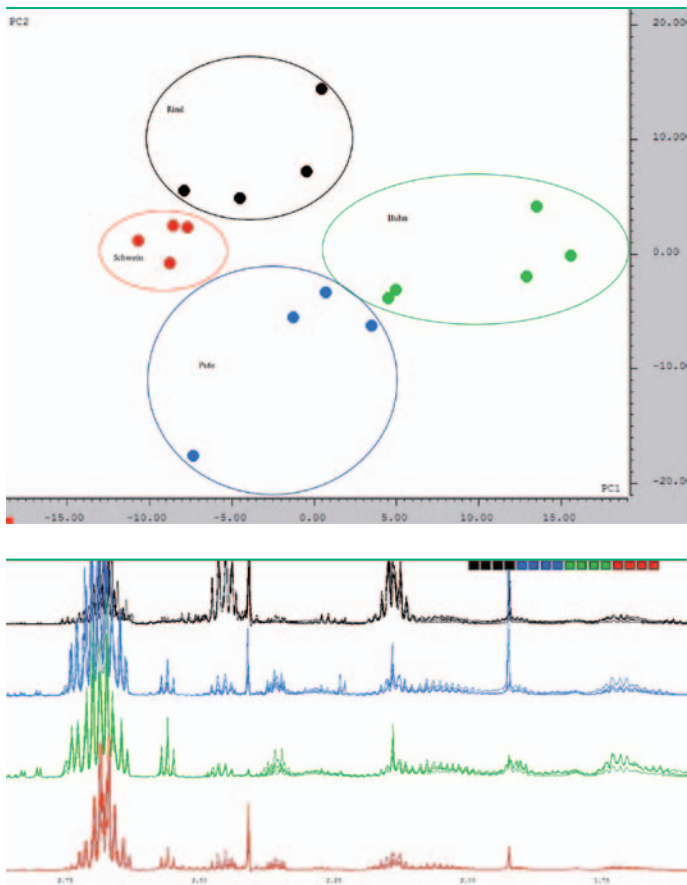


Felix Brauer ist Doktorand für Biochemie am FZ BIOmac und wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der ALNuMed GmbH.

**INTERNATIONAL EINZIGARTIG:
DAS NORDBAYERISCHE NMR-ZENTRUM
AUF DEM BAYREUTHER CAMPUS**

Neue NMR-Methoden für Lebensmittelanalytik werden in Bayreuth im Nordbayerischen Zentrum für hochauflösende NMR-Spektroskopie (NZN) entwickelt, das im von Prof. Dr. Paul Rösch geleiteten Forschungszentrum für Bio-Makromoleküle (BIOMac) der Universität Bayreuth angesiedelt ist. Es ist auf dem Gebiet der NMR-Spektroskopie in Flüssigkeiten international führend und wird in naher Zukunft das weltweit leistungsstärkste NMR-Spektrometer (1 GHz NMR) betreiben. Bereits jetzt haben die Bayreuther Forscher Zugriff auf NMR-Geräte mit Feldstärken bis zu 900 MHz. Die exzellente Ausstattung des NZN und das dort vorhandene Know-How tragen zur Stärkung des Profildfelds „Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“ an der Universität Bayreuth bei. Aufgrund der außergewöhnlichen Kombination von Naturwissenschaften, Rechts- und Sozialwissenschaften sowie Ingenieurwissenschaften hat die Universität Bayreuth hier ein sehr deutliches Alleinstellungsmerkmal.

Abb. 1: Oben: Hauptkomponentenanalyse von NMR-Spektren unterschiedlicher Fleischsorten: Die einzelnen Tierarten lassen sich klar unterscheiden. Unten: Ausschnitte aus den NMR-Spektren (ca. 15 % des gesamten Spektrums, jeweils 4 unterschiedliche Proben pro Tierart), die deutliche Unterschiede zwischen den Tierarten aufzeigen. Schwarz: Rind; rot: Schwein; blau: Pute; grün: Huhn.



Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Produktion von Naturstoffen zeigen ganz klar, dass gerade das nahtlose Zusammenspiel von Analytik, Ingenieurwissenschaften, Recht und Marketing großes Potential für Produktinnovation und Einsparungen beim Produktionsprozess birgt. In den vergangenen Jahren hat sich die NMR-Spektroskopie zur wichtigsten Methode für die Gesamtanalyse von Stoffwechselprodukten (Metabonomik) in Lebensmitteln entwickelt, die in diesem interdisziplinären Umfeld zentrale Fragen zu Produktqualität und Produktsicherheit beantworten kann.

**NMR UND STATISTIK: VERFÄLSCHUNGEN
UND ABWEICHUNGEN AUF DER SPUR**

Um Verfälschungen aufdecken zu können, werden zunächst bekannte (authentische) Lebensmittelproben in Gruppen, z.B. getrennt nach Tierart, Geschlecht oder Zubereitung, zusammengefasst und dann die NMR-Spektren der Mitglieder der einzelnen Gruppen gemessen. Anschließend werden diese Spektren mithilfe statistischer Methoden, unter anderem der Hauptkomponentenanalyse (principal component analysis, PCA) ausgewertet, das heißt, es werden Unterschiede zwischen den Spektren dieser Gruppen bestimmt. Die Anwendung statistischer Modelle bildet den Rahmen für die Analyse neuer, unbekannter Lebensmittelproben. Die NMR-Messung kann auf molekularer Ebene charakteristische Substanzen entdecken, die in den natürlichen Inhaltsstoffen von Lebensmitteln enthalten sind. Diese Substanzen können dann zur Analyse unbekannter Proben in Bezug auf Ähnlichkeiten herangezogen werden. Dabei müssen die Substanzen, deren NMR-Signale für die Unterscheidung genutzt werden, nicht einmal bekannt sein. Zusätzlich können für viele bekannte Substanzen die Konzentrationen ermittelt werden. Qualitätsmerkmale lassen sich auf diese Weise zuverlässig analysieren. Solche molekularen ‚Fingerabdrücke‘ ermöglichen in kürzerer Zeit und zu geringeren Kosten sehr viel intensivere Qualitätskontrollen als bisher. Bei Fruchtsäften ist es heute schon möglich, Verarbeitungsprozesse noch am Endprodukt abzulesen.

**VIelfÄLTIGE EINSATZMÖGLICHKEITEN DER
NMR-ANALYSEN FÜR DIE FLEISCHKONTROLLE**

Gerade bei Fleisch besteht Bedarf an schnellen Analysemethoden, vor allem wenn es um die Un-

terscheidung von Fleischsorten geht. Wir konnten vor kurzem zeigen, dass NMR erfolgreich zur Differenzierung von Proben von Fleisch von Sauen und Ebern verwendet werden kann, ein erster Schritt zur Entwicklung einer Methode mit dem Ziel, die Verarbeitung von Skatol-belastetem Eberfleisch zu unterbinden. Skatol ist ein Stoffwechselprodukt unkastrierter Eber, das zu einer extremen Geruchsbelastung von Eberfleisch führen kann, weshalb entsprechend belastetes Fleisch nicht in Verkehr gebracht werden kann. Ferner konnten wir zeigen, dass mittels NMR auch die Zubereitungsart von Fleisch unterschieden werden kann. Konkret war es möglich, Grillfleisch nach der Grillart, also Holzkohle-, Gas-, oder Elektrogrill, zu unterscheiden (q&more 2.13, 42-47). Für die Analysen wurden jeweils nur geringe Mengen (ca. 1 g) gefrorenen Fleisches zur Erstellung eines Extraktes für die Messung der NMR-Spektren benötigt.



tests für Fleisch, mit dem Händler und Produzenten einfach und zu geringen Kosten die Qualität der eingekauften Rohstoffe präzise und umfassend überprüfen können.

NMR-Spektroskopie ist mithin in der Lage, neben einer Fülle von qualitätsrelevanten Substanzen einer Fleischprobe auch das Geschlecht des Schlachttieres, die Art seiner

Zubereitung und mittlerweile auch die Tierart zu bestimmen. Derzeit werden diese Analysen auf weitere Tierarten (Wild, Lamm, Fisch, etc.) und Hackfleischprodukte ausgedehnt. Diese Entwicklung wird in Zusammenarbeit mit der ALNuMed GmbH durchgeführt, die eine Ausgründung aus dem FZ BIOmac ist und sich auf die Entwicklung moderner Analysemethoden für die Lebensmittelindustrie fokussiert.

Auf diese Weise wurden auch Proben vom Fleisch von Rindern, Schweinen, Puten und Hühnern hergestellt und mittels NMR-Spektroskopie untersucht. Obwohl es sich immer um Muskelgewebe handelt, ist der Stoffwechsel der einzelnen Tierarten so verschieden, dass die statistische Auswertung der im NMR-Spektrum abgebildeten Metabolitenprofile eine eindeutige Unterscheidung zulässt (Abb. 1). Dies ist ein bedeutender Fortschritt auf dem Weg zur Erstellung eines Schnell-

NMR-Spektroskopie macht es also möglich, die Authentizität, die Reinheit und viele andere Qualitätsmerkmale von Lebensmitteln mit hoher Zuverlässigkeit und Präzision zu überprüfen. Mit unserem heutigen Verständnis der Methode und mit weiterführenden Untersuchungen hätten viele Lebensmittelkandale, welche die Verbraucher nachhaltig verunsichert haben, effizient abgewendet werden können. NMR-Spektroskopie ist daher eine Technologie, die einen einzigartigen und unentbehrlichen Beitrag zur Konsumentensicherheit leistet.

Abb. 2: Mit NMR-Spektroskopie lassen sich Fleischproben von Sauen und Ebern klar unterscheiden. (sst)

INFO

Wie moderne NMR-Methoden die Forschung in die Lage versetzt, alltägliche Lebensmittel schnell und präzise auf ihre Inhaltsstoffe und damit auch auf ihre Qualität hin zu überprüfen, zeigt beispielhaft die Analytik von Honig. Das Unternehmen ALNuMed GmbH, eine Ausgründung des FZ BIOmac, hat hierfür ein spezielles Verfahren entwickelt und zum Patent angemeldet. Damit lassen sich innerhalb weniger Minuten beispielsweise der Wassergehalt und viele weitere Faktoren bestimmen, welche die Qualität des Honigs beeinflussen. Die NMR-Spektroskopie erlaubt die gleichzeitige quantitative Bestimmung vieler Inhaltsstoffe und damit ein bisher nicht mögliches Verständnis von molekularer Zusammensetzung und Qualität des Produktes. Für Fruchtsäfte und Weine sind solche umfassenden Qualitätstests bereits routinemäßig möglich, aber auch Pflanzenextrakte (z.B. Tee, Gewürze) und Fleisch können mit NMR untersucht werden. (Foto: Chr. Wißler)





■ JOSEF BREU
DANIEL A. KUNZ
LOTHAR KADOR
DIETRICH HAARER
HANS-WERNER SCHMIDT
ANDREAS FERY

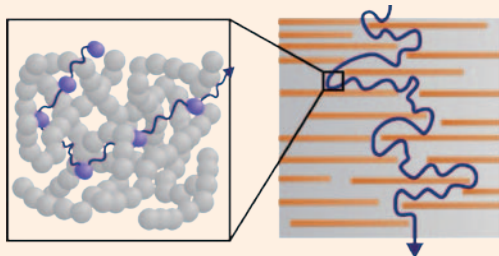
Hochwertiger Schutz für Lebensmittel und Inhaltsstoffe

INNOVATIONEN AUS DER POLYMER- UND KOLLOIDFORSCHUNG

■ Bild oben: Extrem dünne glasähnliche Plättchen werden am Lehrstuhl Anorganische Chemie I der Universität Bayreuth in Folien eingebracht, welche zur Lebensmittelverpackung verwendet werden. Dadurch können die Lebensmittel, wie die Paprika im Bild, effizient vor dem Eindringen von Gasen wie Sauerstoff (O_2) oder Wasserdampf (H_2O) geschützt werden. Die Plättchen bilden dabei eine lamellare Struktur aus, die man nur im Elektronenmikroskop – hier vereinfacht als Lupe dargestellt – sehen kann. Diese Struktur wirkt als eine Art „Zutritt verboten“-Schild für die Gasmoleküle und hält die Lebensmittel trotz durchsichtiger Verpackung bedeutend länger frisch. Collage: Daniel A. Kunz, Foto: sst

■ JOSEF BREU, DANIEL A. KUNZ

Kunststoffverpackungen mit dauerhafter Barriere



■ Diffusionspfad eines Gasmoleküls durch das freie Volumen der Folie und Verlängerung des Weges durch Einbringung undurchdringlicher Plättchen. Abb: LS Anorganische Chemie, Universität Bayreuth.

„Empfindliche“ Lebensmittel werden immer öfter unter verschiedenen Gasatmosphären mit Kunststofffolien versiegelt, um ihre Haltbarkeit zu erhöhen. Fassbier wird schon seit Jahrzehnten durch Kohlensäure vorm Sauerwerden bewahrt, und ebenso lassen sich auch Fisch und Hähnchenfleisch durch Kohlendioxid länger frisch halten, weil Bakterien nicht sonderlich gut unter diesen Bedingungen gedeihen. Darüber hinaus wird die Qualität von Lebensmitteln einerseits von der Luftfeuchte und andererseits von Luftsauerstoff ganz empfindlich beeinflusst. Salzstangen oder Chips „ziehen“ Wasser und sind schnell nicht mehr knusprig. Sauerstoff oxidiert empfindliche Aromen und Geschmacksstoffe und ruiniert so die sensorische Qualität.

Kunststoffe sind aber per se nicht „dicht“, wie beispielsweise am Druckverlust von Fahrradreifen leicht zu erkennen ist. Sie enthalten winzige Schlupflöcher, die einzelne Gasmoleküle nutzen können, um die Folie langsam zu durchdringen. So wie Wasser allmählich durch eine Sandschicht versickert, kämpft sich der Wasserdampf seinen Weg in die Chipstüte.

Aufgrund dieser relativ hohen Permeabilität von Kunststoffen stellen diese nur eine schlechte Barriere für Gase dar. Sie verhindern eine längere Haltbarkeit von Lebensmitteln, wie sie der Verbraucher heute z.B. bei Fertiggerichten und Tiefkühlahrung verlangt. Zugleich stellt sich ein weiteres Problem: Die etablierte Methode, die Folien durch das Aufdampfen einer Metallschicht abzudichten, macht die Verpackung undurchsichtig – was vom Verbraucher immer weniger akzeptiert wird.

Wir verfolgen daher am Lehrstuhl Anorganische Chemie I einen ganz anderen Weg, um transparente Barrierefolien zu entwickeln. Durch einen speziellen Prozess stellen wir extrem dünne (1 nm) glasähnliche Plättchen her, die für Gas nicht durchlässig sind und bringen diese dann in die Folie ein. Jetzt müssen die Gasmoleküle um diese Plättchen herumlaufen. Dadurch verlängert sich der Weg, den die Moleküle durch die Folie zurücklegen müssen, dramatisch. Die zusätzliche Wegstrecke ist umso länger, je größer die seitliche Ausdehnung der Plättchen ist. Wir sind weltweit als einzige Forschergruppe in der Lage, Plättchen herzustellen, die 50.000 mal so groß wie dick sind. So lässt sich die Permeation um das 10.000-fache verringern, so dass wir auch strengste Spezifikationen moderner Lebensmittelverpackungen erfüllen können.

AUTOREN



■ Prof. Dr. Josef Brey ist Inhaber des Lehrstuhls Anorganische Chemie I und Sprecher des DFG-Sonderforschungsbereichs 840 „Von partikulären Nanosystemen zur Mesotechnologie“.

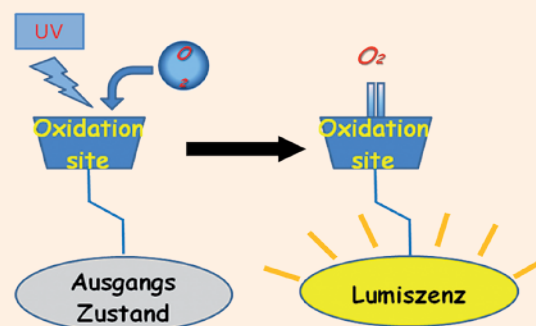


■ Daniel A. Kunz hat am Lehrstuhl Anorganische Chemie I der Universität Bayreuth promoviert und ist derzeit als Postdoc am Department of Physics der Harvard University tätig.

■ LOTHAR KADOR, DIETRICH HAARER

Die Qualität von Lebensmitteln erkennen

Wenn Bakterien von außen in das Innere von Verpackungen eindringen, verringert sich die Frische-Dauer von Fleischprodukten drastisch. Die Lecks können jedoch aufgespürt werden, weil infolge der Bakterien der Sauerstoffgehalt des ‚Füllgases‘ in den Lebensmittelpackungen steigt. In einer Forschungsgruppe der Universität Bayreuth und der Universität Bonn haben wir dafür einen speziellen Sensor konstruiert, der die Konzentration von Sauerstoff im Verpackungsinnen anzeigt – und zwar mithilfe eines speziell für diesen Zweck entwickelten Detektions-Moleküls. Sobald der Sauerstoffgehalt des Füllgases zunimmt, d.h. der natürlichen Zusammensetzung von Luft mit etwa 20% Sauerstoff nahekommt, beginnen die Moleküle zu leuchten. Diese Lumineszenz (Lich-



■ Das Vorhandensein von Sauerstoff kann durch UV-Lichteinstrahlung nachgewiesen werden.

temission) wird vom Sensor gemessen. Die Grafik zeigt die Funktionsweise des Detektions-Moleküls im Sensor. Die bedienungsfreundliche Technik ermöglicht kostengünstige und zuverlässige Kontrollen von Verpackungen. Sie kann dadurch einen wichtigen Beitrag zur Lebensmittelsicherheit leisten.

AUTOREN I



■ Prof. Dr. Lothar Kador leitet eine Arbeitsgruppe am Bayreuther Institut für Makromolekülforschung (BIMF).

AUTOR



Prof. Dr. Hans-Werner Schmidt ist Inhaber des Lehrstuhls Makromolekulare Chemie I und Geschäftsführender Direktor des Bayreuther Instituts für Makromolekülforschung (BIMF).

HANS-WERNER SCHMIDT

Sehen, was man kauft: Transparente Verpackungen

Zur Verpackung von Lebensmitteln werden im zunehmenden Maße hochentwickelte Kunststoffmaterialien eingesetzt. Für die Verpackungsindustrie sind die wichtigsten Kriterien bei der Materialauswahl die Lebensmittelsicherheit, eine energieeffiziente und kostengünstige Produktion und die vollständige Recyclebarkeit. Hierbei nimmt Polypropylen (PP) einen immer größeren Stellenwert ein. Zum Beispiel wird durch eine Umstellung von Polyethylen-terephthalat (PET) zu Polypropylen der Materialeinsatz um 15% reduziert. Die gesamte CO₂-Emission bei der Herstellung wird durch die wesentlich geringeren Verarbeitungstemperaturen um 45% gesenkt.

Eine für den Verbraucher wichtige Eigenschaft ist die Transparenz der Verpackung – wir wollen sehen, was wir kaufen. Polypropylen ist normalerweise opak und scheidet somit für Anwendungen als transparentes Verpackungsmaterial aus. Forscher am Lehrstuhl Makromolekulare Chemie I haben in enger Zusammenarbeit mit der ETH Zürich ein neues Konzept für eine neue Klasse von Additiven zur Transparenzver-

Transparenzverstärker mit Irgaclear XT386. Foto: Ciba.



stärkung von Polypropylen entwickelt. Aufbauend auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen wurde in Kooperation mit der Industrie der Transportverstärker Irgaclear XT386 kommerzialisiert. Dieses Additiv ist bereits in geringsten Konzentrationen (0,015 Gewichts-%) wirksam. Im Zusammenhang mit Lebensmittelverpackung zeichnet sich dieses Additiv durch eine hohe thermische Stabilität und ein extrem geringes Migrationsverhalten aus. Verpackungen aus Polypropylen mit Irgaclear XT386 sind von der amerikanischen Behörde FDA (American Food and Drug Administration) für den Lebensmittelkontakt zugelassen und werden von der europäischen Behörde EFSA (European Food Safety Authority) als unbedenklich eingestuft.

AUTOREN II



Prof. Dr. Dietrich Haarer leitete bis zu seiner Emeritierung den Lehrstuhl für Experimentalphysik IV und ist Mitglied im Bayreuther Institut für Makromolekülforschung (BIMF).

LOTHAR KADOR, DIETRICH HAARER

Frische von Lebensmitteln: Die Kühlkette

Die technischen Voraussetzungen für die optimale Lagerung von Lebensmitteln sind heute besser als je zuvor. Gleichwohl ist der Kunde immer noch darauf angewiesen, dass der Großhändler, der Zwischenhändler und der Supermarkt sich an die vom Hersteller vorgeschriebenen Temperaturkontrollen halten. Es kann nämlich sehr leicht passieren, dass die Lebensmittelpaletten im Hochsommer zu lange auf der Verladestation ohne Kühlung verbleiben und die optimale Sicherheit beim Verbrauch nicht mehr gewährleistet ist.

Das Bild zeigt einen Verpackungsetikett mit integriertem Punkt. Ist die Blaufärbung dunkler als eine ebenfalls auf dem Label angebrachte ‚Vergleichsfarbe‘, ist das Lebensmittel ‚frisch‘ und wurde vorschriftsmäßig gekühlt. Ist die Blaufärbung heller, so muss das Lebensmittel (meistens Fleisch) vorzeitig verzehrt oder sogar entsorgt werden.



Um eine Kühlkette ‚sicher‘ zu gestalten, gibt es heute zutage ‚smart Labels‘ auf der Verpackung, die eine Unterbrechung der Kühlkette anzeigen und damit die Lebensmittelsicherheit nur noch für einen Verbrauch vor Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums qualifizieren würden. In einigen Bereichen der Pharmaindustrie ist dies vom Gesetzgeber vorgeschrieben. In der Lebensmittelbranche jedoch kommen diese ‚smart Labels‘ eher nur in Ausnahmefällen zum Einsatz. Denn obgleich eine größere Transparenz im Interesse der Verbraucher liegt, schrecken die großen Lebensmittelhandelsketten bis heute vor dem Mehraufwand zurück, der mit einer breiten Anwendung dieser ‚smart Labels‘ verbunden wäre.

Basierend auf Forschungsarbeiten an der Universität Bayreuth wurde in Zusammenarbeit mit der Industrie ein ‚blauer Punkt‘ entwickelt, der auf einer Farbskala anzeigt, ob die Kühlkette eingehalten wurde. Der Punkt wird in den Verpackungsetikett integriert und ist aktiv, sobald die Ware verpackt ist. Von da ab zählt die Uhr, die die Einwirkungen der Temperatur auf das Lebensmittel optisch anzeigt. Die Arbeiten zu diesem Projekt finden in einem Steinbeis-Forschungszentrum statt, das die Arbeiten zwischen der Universität und der Firma Bizerba – einem Produzenten von Lebensmittel-Labels und Etikettiermaschinen – koordiniert.

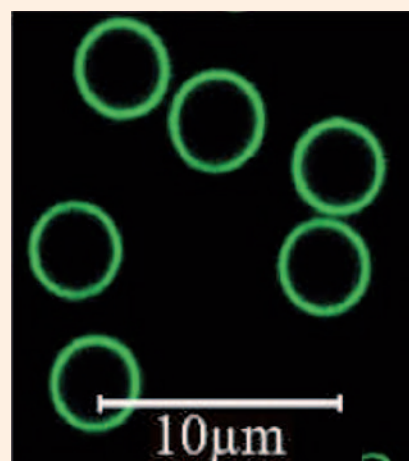
■ ANDREAS FERY

Mikrokapseln in Lebensmitteln und medizinischen Anwendungen

Verkapselung, also der Einschluss in eine schützende Hülle, ist eine sehr effiziente Möglichkeit, empfindliche Stoffe vor der Umgebung zu schützen. Zudem lässt sich dadurch die Freisetzung von Stoffen kontrollieren: So kann beispielsweise eine Substanz langsam durch die Kapselwand dringen und verzögert freigesetzt werden oder – beim Platzen einer Kapsel – schnell abgegeben werden. Diese Optionen werden immer mehr für medizinische Wirkstoffe, aber auch für Geschmacks-, Geruchs- oder Nährstoffe genutzt. Dies geschieht allerdings in der Regel unbemerkt. Denn der Durchmesser der für diese Aufgaben eingesetzten Mikrokapseln ist meist deutlich kleiner als der eines menschlichen Haars, so dass eine einzelne Kapsel mit freiem Auge nicht mehr zu erkennen ist.

Sehr häufig besteht die Hülle von solchen Mikrokapseln aus künstlichen oder natürlichen Polymeren; in Lebensmittelanwendungen ist sie sogar essbar. Ein Ziel unserer Forschungsarbeiten am Lehrstuhl Physikalische Chemie II ist es, die mechanischen Eigenschaften und Wechselwirkungen solcher Mikrokapseln zu verstehen und so dabei mitzuhelfen, Ihre Anwendungs-Eigenschaften zu verbessern. Dazu werden spezielle, für diesen Zweck aufgebaute Apparaturen eingesetzt. Diese erlauben es, die Kräfte, die etwa zum Platzen einer Mikrokapsel nötig sind, zu messen.

Dass ein medizinischer Wirkstoff effizient und möglichst ohne Nebenwirkungen im Körper abgegeben wird, ja selbst dass Kleidungsstücke nach dem Herausnehmen aus dem Schrank wieder gut duften – das Geheimnis dahinter sind oft Mikrokapseln und deren maßgeschneiderte Eigenschaften. Wir verfügen in Bayreuth über weltweit einzigartige Möglichkeiten, solche Systeme zu untersuchen.

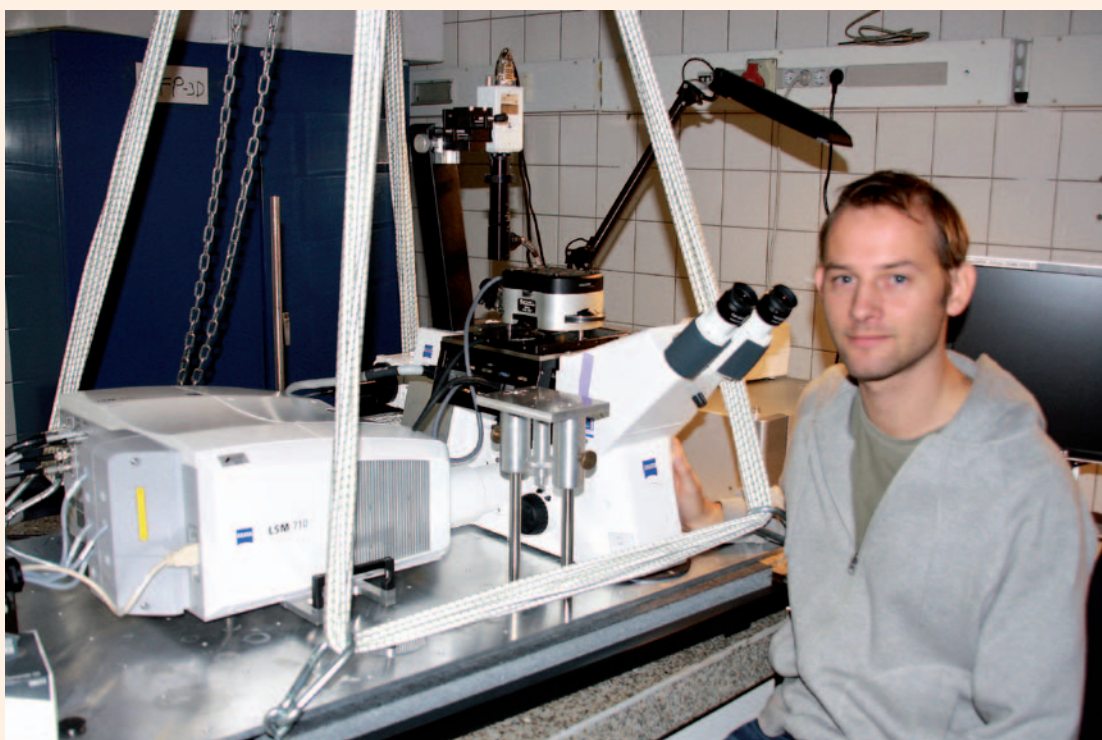


AUTOR



■ Prof. Dr. Andreas Fery ist Inhabers des Lehrstuhls Physikalische Chemie II und Geschäftsführender Direktor des Bayreuther Zentrums für Kolloide und Grenzflächen (BZKG).

■ Polymer-Mikrokapseln mit eingefärbter Hülle. Die Länge des eingezeichneten Balkens entspricht etwa dem Zehntel des Durchmessers eines Haares (Fluoreszenz-Mikroskopie-Bild, LS Physikalische Chemie II).



■ Eine Kombination eines Rasterkraftmikroskops mit einem optischen Mikroskop erlaubt es, einzelne Mikrokapseln in Wasser zu deformieren und die Kräfte dabei zu messen. Foto: Chr. Wißler



MARKETING

■ JOHANNA HELD
CLAAS CHRISTIAN GERMELMANN

Lebensmittel- bilder in Werbung und Medien

EINE HERAUSFORDERUNG
FÜR DIE KONSUMENTEN-
VERHALTENSFORSCHUNG

■ Die Wahrnehmung von Lebensmitteln wird heute erheblich davon beeinflusst, wie sie in Alltagssituationen – etwa in Kochshows und Reportagen – dargestellt werden. (sst)

Werbung und Medien vermitteln uns täglich eine ganze Lebensmittel-Bilderflut: Angefangen beim Saft, der aus frischen Früchten noch im Orangenhain gepresst wird, über Joghurt mit großen Fruchtstückchen bis hin zu heiß dampfenden Tiefkühlgerichten lässt uns die Werbung förmlich das Wasser im Mund zusammenlaufen. Diese Bilder prägen den Eindruck, den wir von Lebensmitteln haben. Nicht immer stimmt dieses Bild mit der Wirklichkeit überein. So suggerieren Bilder auf der Verpackung von Fertiggerichten oft einen hohen Anteil an Fleisch, die Zutatenliste enthüllt aber, dass dieser oft kleiner ist als das Bild verspricht.

Durch werbliche Kommunikation, Bilder, Lebensmittelmarkenbezeichnungen oder Werbeslogans wecken Hersteller von Lebensmitteln bewusst oder unbewusst Erwartungen beim Konsumenten an das Produkt. Werden diese Erwartungen beim Verzehr nicht erfüllt, fühlen sich die Konsumenten getäuscht. Interessant wird dieses Phänomen aus Sicht der interdisziplinären Forschung am Lehrstuhl Marketing der Universität Bayreuth, wenn man diese Konsumentenverhaltensperspektive mit der juristischen Perspektive zusammenbringt: Häufig liegt nämlich bei solchen Lebensmittelkennzeichnungen, die die Konsumenten als Täuschung wahrnehmen, keine Täuschung im juristischen Sinne vor. Das bedeutet, dass hier möglicherweise der bisherige rechtliche Schutzrahmen nicht ausreicht, um vor Täuschung zu schützen.

Aber ist jede subjektiv empfundene Täuschung durch Lebensmittel auch tatsächlich eine Täuschung aus Konsumentensicht? Oft fühlen sich Konsumenten von Lebensmittelwerbung getäuscht und artikulieren diese Täuschung z.B. auf Portalen wie Lebensmittelklarheit.de, obwohl sie lediglich



Abb. 1: Studio-Aufbau für professionelle Food-Fotografie mit Lichtformer und Reflektoren. Foto: michael-tewes.com

in ihren eigenen Erwartungen enttäuscht wurden. Eine Täuschung liegt nämlich nur dann vor, wenn ein Anbieter falsche Erwartungen beim Konsumenten aufbaut. Enttäuschung tritt dagegen ein, wenn jegliche Art von Erwartungen nicht erfüllt werden (und nicht unbedingt nur die vom Anbieter induzierten). Aus diesem Grund ist es bei der Beurteilung von Täuschung durch Lebensmittel und Lebensmittelwerbung in einem ersten Schritt wichtig zu analysieren, woher die Erwartungen der Kunden stammen. Erwartungen können auf vielen verschiedenen Quellen beruhen. Neben werblich erzeugten Erwartungen können Erwartungen aus bisherigen Produkterfahrungen oder Erfahrungen mit vergleichbaren Produkten herrühren. Außerdem können – neben vielen anderen Quellen – auch durch Mund-zu-Mund-Propaganda Erwartungen auf der Grundlage von „Second Hand-Erfahrungen“ aufgebaut werden.

Drei Thesen zum Spannungsfeld zwischen Marketing, Konsumentenverhalten und Lebensmittelforschung:

1. Nicht alle Lebensmittelkonsumenten sind gleich: Die individuellen Unterschiede der Konsumenten in Hinblick auf Lebensmittel müssen in Forschung und Praxis beachtet werden. Besondere Bedeutung kommt dabei der Lebensmittelalphabetisierung der Konsumenten zu.
2. Gerade bei Lebensmitteln muss man klar zwischen Täuschung, wahrgenommener Täuschung und Enttäuschung des Konsumenten unterscheiden.
3. Lebensmittel in Medien und Fernsehen beeinflussen die Erwartungen an Lebensmittel, aber auch das tatsächliche Ernährungsverhalten: Hier besteht weiterer Forschungsbedarf!

AUTOREN



Prof. Dr. Claas Christian Germelmann leitet den Lehrstuhl für Marketing an der Universität Bayreuth.



Johanna Held M.A. ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl.

Abb. 2: „Making of“ eines Food-Werbefotos. Links der Studio-Aufbau des Fotografen, um die gewünschten Licht- und Reflektionseffekte auf dem Motiv zu generieren. Rechts das fertige Ergebnis.
Foto: michael-tewes.com



WIE ERWARTUNGSBILDER DEN KONSUMENTEN BEEINFLUSSEN

Lebensmittelbildern z.B. in Medien, in der Werbung und auf Verpackungen kommt eine ganz besondere Bedeutung beim Aufbau von Erwartungen über Lebensmittel zu. Bilder verfügen über eine enorme Wirkungsmacht beim Konsumenten: Bereits beim „vor das innere Auge-Rufen“ eines Bildes aus dem Gedächtnis laufen nahezu die gleichen neuronalen Prozesse ab wie bei der tatsächlichen Wahrnehmung eines Gegenstandes. Das führt dazu, dass die in der Werbung vermittelten Lebensmittelbilder von den Konsumenten teilweise mit selbst erlebten Erfahrungen verwechselt werden. Sie können bei der Bildung einer Einstellung zu einer Lebensmittelmarke und bei der Erwartungsbildung an ein Lebensmittel einen ebenso starken Einfluss haben wie die tatsächliche Erfahrung mit einem Lebensmittel.

„... BILDER VERFÜGEN ÜBER EINE ENORME WIRKUNGSMACHT BEIM KONSUMENTEN ...“

Doch nicht nur die Werbung übt einen Einfluss darauf aus, welches Bild wir von Lebensmitteln haben: Auch im redaktionellen Teil der Medien wird über Lebensmittel berichtet, und Lebensmit-

telbilder werden dargestellt. Eine besondere Rolle nimmt dabei das Fernsehen ein, denn es wirkt multisensorisch (sowohl visuell als auch akustisch) und ist – laut einer aktuellen Studie von ARD und ZDF – mit 242 Minuten täglicher Nutzungszeit in der Gesamtbevölkerung immer noch das am häufigsten genutzte Medium (191 Minuten Hörfunk und nur 108 Minuten Internet). So kann man davon ausgehen, dass unsere Wahrnehmung von Lebensmitteln erheblich davon beeinflusst wird, wie Lebensmittel in Alltagssituationen von Seifenopern, in Kochshows und in Reportagen dargestellt werden.

INVOLVEMENT UND „FOOD LITERACY“

Nicht alle Konsumenten lassen sich gleich stark von in Medien vermittelten Lebensmittelbildern und Lebensmittelwerbung beeinflussen. Je nach persönlichem Involvement (die kognitive und emotionale Ich-Beteiligung) für die Produktkategorie Lebensmittel suchen Konsumenten unterschiedlich stark nach Informationen über Lebensmittel. Ist ihnen die Kategorie besonders wichtig, denken sie also viel über den Kauf von Lebensmitteln nach. Je höher das persönliche Involvement eines Kunden im Supermarkt für Lebensmittel ist, desto eher dreht er die Verpackung mit der fleischreichen Abbildung des Fertiggerichts um und schaut sich die tatsächliche Zusammensetzung des Lebensmittels

an. Dieses Vorgehen stellt aber die Ausnahme dar, da ein Großteil der Lebensmittel gewohnheitsmäßig gekauft wird und keine große gedankliche Auseinandersetzung mit dem Lebensmittel stattfindet. Allerdings reicht es in der Konsumentenforschung nicht aus, nur das Lebensmittel-Involvement einer Person zu betrachten. Die Lebensmittelalphabetisierung („Food Literacy“) ist das zweite wichtige Konstrukt, das hilft, die individuelle Wirkung von Lebensmittelinformationen zu erklären. Man versteht darunter das Wissen von Konsumenten über Lebensmittel sowie die Anwendung dieses Wissens, und ebenso die verantwortungsbewusste und eigenständige Gestaltung ihres Ernährungsalltags unter effektivem Einsatz von Lebensmittelinformationen. Auch bei der Fragestellung, wie weit ein gesetzlicher Schutzrahmen der Täuschung greifen soll, spielt die Lebensmittelalphabetisierung eine wichtige Rolle: Hier kann sie helfen, ein lebensmittelspezifisches Verbraucherleitbild zu entwickeln. Verfügt ein Konsument über eine hohe Lebensmittelalphabetisierung, so ist er in der Lage, werbliche und mediale Kommunikation über Lebensmittel mit seinem eigenen Wissen abzugleichen. Danach kann er eigenständig entscheiden, ob er nach dieser Lebensmittelinformation handeln möchte, und ob diese Information eine verantwortungsbewusste Ernährungsentscheidung vermittelt.

FORSCHUNGSPROJEKTE MIT UND VON STUDIERENDEN

Motiviert durch das Interesse am Lebensmittelkonsumverhalten im Alltag erforschen Johanna Held und Prof. Germelmann an der Universität Bayreuth (Lehrstuhl BWL III – Marketing) die Wahrnehmung und Wirkung von Lebensmittelinformationen in

Abhängigkeit von verschiedenen individuellen und Kontextvariablen. Eine Besonderheit dieser Forschungsarbeiten ist, dass Studierende bereits in sehr frühen Phasen ihres Studiums aktiv an den Forschungsprojekten mitwirken und unter der Anleitung der Wissenschaftler Lebensmittelforschung praktisch erlernen können.

Lebensmittelalphabetisierung

Das Projekt „Entwicklung einer Skala zur Lebensmittelalphabetisierung“ im Rahmen eines einjährigen Forschungsprojektseminars unter intensiver Einbindung von Studierenden versucht, eine einfache Messmethode für das Konstrukt Lebensmittelalphabetisierung zu entwickeln. Mit dieser Skala können Lebensmittelkäufer besser klassifiziert werden; Verbraucherschützern können bessere Empfehlungen gegeben werden, wie und bei welcher Zielgruppe sie mit Lebensmittelbildungsstrategien ansetzen können. Um in einem ersten Schritt mehr über die einzelnen Dimensionen von Lebensmittelalphabetisierung zu erfahren, wurden zunächst 9 Fokusgruppeninterviews mit 42 nicht-studentischen Teilnehmern durchgeführt. In einem nächsten Schritt soll die entwickelte Skala in einer Experimentalstudie auf ihre Gültigkeit hin getestet werden. In diesem Zusammenhang wird derzeit auch der theoretisch bereits aufgearbeitete Unterschied zwischen Täuschung und Enttäuschung durch Lebensmittel experimentell überprüft.

Lebensmittelbilder

Die im Fernsehen vermittelten Lebensmittelbilder haben einen erheblichen Anteil am Wahrnehmungsbild von Lebensmitteln. Die Hypothese, dass die im Fernsehen vermittelten Inhalte die Wahrnehmung der Realität beeinflusst (vor allem bei Personen, die viel fernsehen), wird als Kultivierungshypothese bezeichnet. Aus diesem Grund wird im Rahmen einer Kultivierungsstudie, die durch zwei Masterarbeiten unterstützt wird, das im Fernsehen vermittelte Bild von Lebensmitteln analysiert und mit dem tatsächlichen Ernährungsverhalten in Deutschland abgeglichen. Inwieweit das Fernsehlebensmittelbild tatsächlich einen Einfluss auf die Wahrnehmung von Konsumenten hat, wird durch eine direkte Befragung beim Konsumenten ermittelt.

Einstellungen und Kaufverhalten

Obwohl die Einstellung zu Bioprodukten von vielen Konsumenten positiv ist, wird meist auf den Kauf von Biolebensmitteln verzichtet, die zudem oft teurer als normale Lebensmittel angeboten werden. Eine Forschungsarbeit, an der auch eine Bachelor-Studentin beteiligt ist, leistet auf der Grundlage der Theorie des geplanten Verhaltens („Theory of Planned Behavior“) eine Zusammenschau und Einordnung der verschiedenen Ursachen für diese Diskrepanz zwischen Einstellung und Verhalten („Attitude-Behavior-Gap“). Auch hier besteht ein wesentliches Problem in der Messung: Statt der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle muss für die Vorhersage des Kaufverhaltens die tatsächliche Verhaltenskontrolle erfasst werden. Dabei fragt die wahrgenommene Verhaltenskontrolle lediglich die generelle Einschätzung der eigenen Fähigkeiten zum Kauf von Lebensmitteln ab, wobei die tatsächliche Verhaltenskontrolle auch die Einschätzung möglicher Barrieren bei diesem Kauf mit abfragt. Zudem müssen situative Einflussfaktoren in das Modell integriert werden. Aus den Erkenntnissen dieses Forschungsprojekts können erste Handlungsempfehlungen für Hersteller und Händler von Bio-Lebensmitteln sowie für die Verbraucherpolitik abgeleitet werden. Ferner dienen sie als Grundlage für eine empirische Ermittlung der Kaufmotive und der Kaufbarrieren für regionale (Bio-)Lebensmittel.

FIT UND GESUND

■ SUSANNE TITTLBACH

Sportliche Aktivität und Gesundheit im Erwachsenen- alter

ERSTE ERGEBNISSE EINER
LANGZEITSTUDIE

■ Nordic Walking. Insbesondere auch im höheren Lebensalter unterstützt sportliche Aktivität die Prävention. (sst)



Sportliche Aktivität leistet, dies ist heute wissenschaftlicher Konsens, einen wesentlichen Beitrag zur Gesunderhaltung. Sie wird im Zuge des demographischen Wandels immer bedeutsamer, weil sie insbesondere auch bei Menschen im höheren Lebensalter der Prävention und Gesundheitsförderung dient. Bis heute gibt es jedoch nur wenige Studien, welche die Langzeitentwicklung von sportlicher Aktivität und Gesundheit im Erwachsenenalter dokumentieren. Hier setzt die Längsschnittstudie „FINGER (FINNish-GERman)“ an, die wir an der Universität Bayreuth am Lehrstuhl für Sportpsychologie, Sportpädagogik, Sportdidaktik und Sporttherapie zusammen mit einer Forschergruppe am KIT Karlsruhe seit 18 Jahren durchführen. Der Name der Studie leitet sich daraus ab, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Gesamtstudie einerseits aus Deutschland, andererseits aus Finnland stammten. Zwei Fragestellungen standen im Mittelpunkt:

- Wie entwickelt sich sportliche Aktivität, Fitness und Gesundheit während eines Zeitraums von 18 Jahren bei Erwachsenen im mittleren bis späten Erwachsenenalter?
- Welchen Einfluss hat sportliche Aktivität auf die Entwicklung von Fitness und Gesundheit während eines Zeitraums von 18 Jahren bei Erwachsenen im mittleren bis späten Erwachsenenalter?

Die Studie ist in methodischer Hinsicht breit angelegt: Sportliche Aktivitäten in Freizeit und Verein und subjektive Gesundheit – also das gefühlte körperliche Wohlbefinden – wurden mit Hilfe eines Fragebogens erfasst, in dem die Befragten ihre Selbsteinschätzung zum Ausdruck brachten. Motorische Tests dienten dazu, körperliche Fitness in den Bereichen Ausdauer, Kraft, Koordination und Beweglichkeit zu messen. Die objektive Gesundheit wurde schließlich im Rahmen einer standardisierten ärztlichen Beurteilung ermittelt, in der es insbesondere um Einschränkungen in den Bereichen Herz-Kreislauf-System, Orthopädie und Neurologie ging. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer an der Studie wurden einer medizinischen Untersuchung unterzogen; Blutanalysen und Anamnesen bildeten weitere Grundlagen der Beurteilung.

SPORTLICHE AKTIVITÄT IM FORTGESCHRITTENEN ALTER

Zur Analyse des Einflusses von sportlicher Aktivität wurden drei längsschnittliche Aktivitätsgruppen gebildet: Sportler, Nichtsportler und Sparteinsteiger. Die folgenden Ergebnisse basieren auf einer Teilstichprobe von 190 Männern und Frauen in Deutschland, die 1992 – als mit der Studie begonnen wurde – zwischen 35 und 55 Jahren alt waren und zu allen Erhebungszeitpunkten (1992, 1997, 2002, 2010) an der Studie teilnahmen. Männer und Frauen sind dabei gleich stark vertreten. Für

AUTORIN



PD Dr. Susanne Tittlbach ist Akad. Oberrätin am Lehrstuhl für Sportpsychologie, Sportpädagogik, Sportdidaktik und Sporttherapie.



Abb. 1: Sport im späten Erwachsenenalter sorgt für körperliches Wohlbefinden. (sst)



Abb. 2: Gruppen-Fitness-Training für Senioren und körperlich Eingeschränkte.
Foto: De Visu / (sst)

die Studie wurde nicht speziell nach sportlich aktiven Personen gesucht – die Stichprobe stellt die durchschnittliche Bevölkerung einer baden-württembergischen Gemeinde dar, die für die Untersuchung ausgewählt wurde.

Ein zentrales Ergebnis lautet: Die sportliche Aktivität nimmt im späteren Lebensalter durchschnittlich gesehen zu, und zwar ungeachtet der Unterschiede von Sozialstatus oder Alter (Diagramm A). Die untersuchte Stichprobe hat sich in den untersuchten 18 Jahren im Durchschnitt von einer Stunde moderates Sporttreiben pro Woche auf eine Stunde 20 Minuten gesteigert. Dies ist sehr positiv zu sehen. Trotz dieser Steigerung ist die deutsche Stichprobe jedoch noch weit entfernt von den Richtlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO), die – zum Erhalt und zur Wiederherstellung von Gesundheit – mindestens 30 Minuten körperlich-sportliche Aktivität an möglichst allen Tagen einer Woche empfiehlt.

Der in Deutschland beobachtete Anstieg sportlicher Aktivität entspricht neueren Studien aus Finnland und Kanada, deckt sich jedoch nicht mit Forschungsergebnissen aus den USA und Australien. Auffällig ist, dass die Aktivität im Untersuchungszeitraum bei Männern deutlich geringer ansteigt als bei Frauen (Diagramm E). Während Frauen im mittleren und höheren Lebensalter verstärkt gesundheitssportliche Angebote wahrnehmen und dadurch etwas für ihre Gesundheit tun, bereitet es Männern scheinbar Probleme, sich im mittleren Lebensalter sportlich umzuorientieren. Die Sportarten aus jungen Jah-

ren – meist Ball- bzw. Wettkampfsportarten – sind dann oft nicht mehr gut umsetzbar, und der aktuell angebotene Gesundheitssport scheint Männer nicht zu sportliche Aktivität motivieren zu können. Dies ist unter Public-Health-Aspekten Grund zu erheblicher Sorge. Denn auch aus anderen Studien wissen wir, dass erwachsene Männer diejenige Bevölkerungsgruppe bilden, die einen schlechteren Gesundheitszustand sowie ein riskanteres Gesundheitsverhalten aufweist.

RÜCKGANG VON GESUNDHEIT UND FITNESS

Die subjektive Gesundheit verringerte sich während des Untersuchungszeitraums nur geringfügig (Diagramm B). Hingegen verschlechterten sich die durch ärztliche Untersuchungen festgestellte objektive Gesundheit sowie die in motorischen Tests ermittelte körperliche Fitness beträchtlich (Diagramme C und D). Im Durchschnitt betrug dieser Rückgang – über die gesamten 18 Jahre hinweg – bei Männern und Frauen rund 16 Prozent. Dabei fällt auf, dass sich der Rückgang mit zunehmendem Lebensalter beschleunigt. Wie ist die Diskrepanz zwischen tatsächlicher und gefühlter Gesundheit zu erklären? Ein Grund könnte darin liegen, dass das eigene Gesundheitsempfinden nicht unerheblich davon beeinflusst wird, wie man die Gesundheit gleichaltriger Personen im eigenen Bekanntenkreis erlebt. So kann beispielsweise der Eindruck, dass es anderen im gleichen Alter deutlich schlechter geht, dazu führen, dass die eigene Gesundheit besser eingeschätzt wird als sie objektiv ist.

POSITIVE EFFEKTE SPORTLICHER AKTIVITÄT

Sportliche Aktivität beeinflusst – bei regelmäßiger und systematischer Ausführung – in positiver Weise Gesundheit und Fitness. Die natürliche – biologisch bedingte – Verschlechterung mit zunehmendem Lebensalter von Gesundheit und Fitness kann durch sportliche Aktivität jedoch nicht aufgehoben werden. Auch die Fitness und Gesundheit von Langzeitsportlern und Sparteinsteigern verschlechtert sich mit zunehmendem Lebensalter; der Rückgang der verschiedenen Aktivitätsgruppen war also ähnlich. Bedeutsam ist jedoch, dass Sportler sich immer auf einem höheren Fitness- und Gesundheitslevel im Vergleich zu Nichtsportlern befinden, und dass sportliche Einsteiger eine leichte Verbesserung verzeichnen können. Es lohnt also auch ein später Einstieg in sportliche Aktivität.

In der Studie wurden Personen als „aktiv“ gewertet, die mindestens eine Stunde pro Woche auf moderate Weise Sport treiben. Es könnte sein, dass dieses Ausmaß an sportlicher Aktivität zu gering ist, um beim Übergang vom mittleren zum späten Erwachsenenalter dem Rückgang von Gesundheit und Fitness nachhaltig entgegenzuwirken. Langzeitsportler, die regelmäßig ein höheres Ausmaß an sportlicher Aktivität vorweisen können, waren in der Normalbevölkerung der vorliegenden Studie jedoch nicht ausreichend genug vorzufinden, um wissenschaftliche Analysen durchführen können. Bei der Durchschnittsbevölkerung gibt es eben im höheren Alter nicht sehr viele Personen, die mehrere Stunden Sport pro Woche betreiben.

In nächster Zeit sind weitere Auswertungen der während der Langzeitstudie erhobenen Datensätze geplant. Doch schon die bisherigen Analysen zeigen, wie dringlich die Entwicklung von Public Health-Strategien ist, welche die körperlich-sportliche Aktivität der Bevölkerung in Deutschland systematisch und nachhaltig steigern können. Es müssen geeignete Anreize und Angebote geschaffen werden, die sich gezielt an bestimmte Bevölkerungsgruppen – beispielsweise berufstätige Männer – wenden, um alle Bevölkerungsgruppen zu einem systematischen und nachhaltigen Sporttreiben über die gesamte Lebensspanne motivieren zu können.

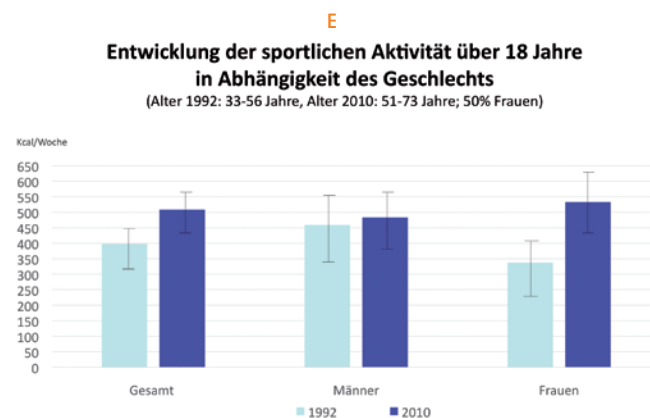
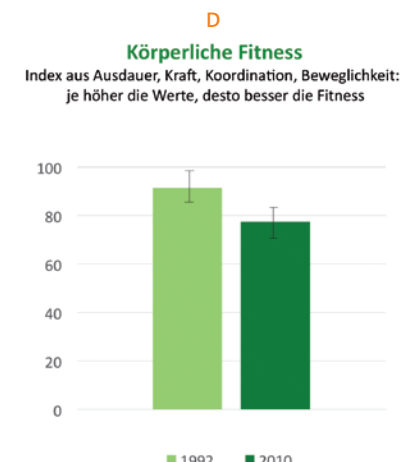
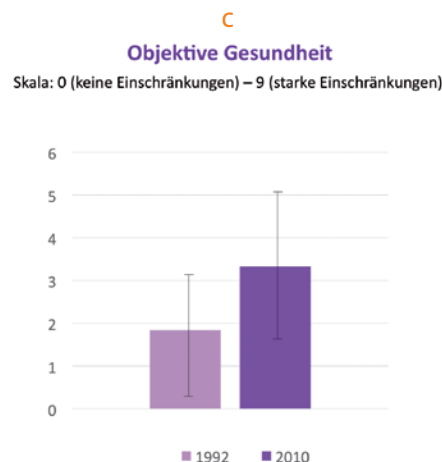
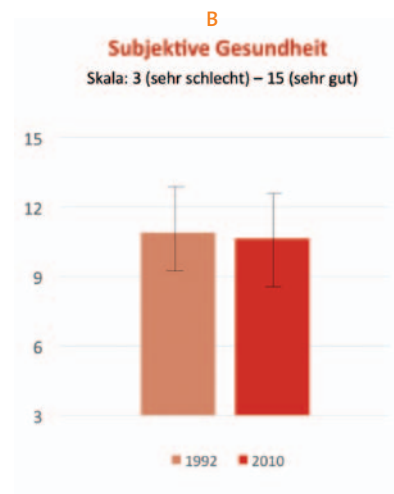
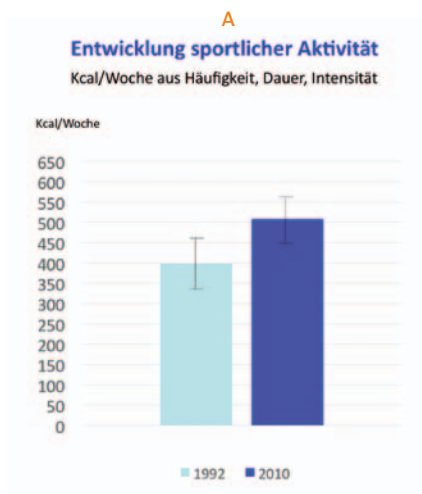


Diagramme A-E

Abb. 3: Sportler befinden sich im Vergleich zu Nichtsportlern immer auf einem höheren Fitness- und Gesundheitslevel. (sst)



■ SASCHA HOFFMANN

Übergewicht und Adipositas im Kindesalter

ANALYSEN ZU URSACHEN UND ALTERSGRUPPEN

■ Einer der Hauptstehungsfaktoren kann anscheinend die genetische Prädisposition sein. Sind also die Eltern übergewichtig, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass auch die Entwicklung des Kindes in diese Richtung läuft. (sst)

Übergewicht und Adipositas haben weltweit epidemische Ausmaße angenommen und zeigen in zahlreichen Ländern eine weiter steigende Tendenz. Dieser Trend betrifft sowohl Erwachsene als auch Kinder und Jugendliche. Die steigende Prävalenz von Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter ist zu einem großen Problem geworden und rückt daher immer mehr in den Fokus der Gesellschaft. Wie die bisher ergriffenen gesundheitspolitischen Maßnahmen zur Prävention und Bekämpfung von Übergewicht und Adipositas zu beurteilen sind, kann allerdings kontrovers diskutiert werden. Letztendlich zielen alle Maßnahmen darauf ab, die Epidemie einzudämmen und eine Trendumkehr einzuleiten.

Der Mangel an repräsentativen Prävalenzdaten für Kinder und Jugendliche konnte in Deutschland zum großen Teil mit dem bundesweiten Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS, 2003-2006) behoben werden. Hiernach sind insgesamt 15% der Kinder und Jugendlichen übergewichtig, 6,3% leiden unter Adipositas. Hochgerechnet auf Deutschland entspricht dies einer Zahl von ca. 1,9 Millionen übergewichtigen Kindern und Jugendlichen, davon ca. 800.000 Adipösen.

AUF DER SUCHE NACH DEN EINFLUSSFAKTOREN

Hauptentstehungsfaktoren sind anscheinend genetische Prädispositionen, ein Ungleichgewicht zwischen Energieaufnahme und -abgabe sowie verschiedene Umwelt- und Sozialfaktoren. Derzeit werden aber auch zahlreiche weitere Determinanten für Übergewicht und Adipositas wissenschaftlich diskutiert: Niedriges oder hohes Geburtsgewicht, elterliches Übergewicht, hohe Gewichtszunahme der Mutter während der Schwangerschaft, Rauchen der Eltern, Rauchen der Mutter während der Schwangerschaft, Flaschennahrung statt Stillen, wenig Schlaf, körperliche Inaktivität, hoher Medienkonsum, ungesunde Ernährung, ein niedriger familiärer Zusammenhalt und psychologischer bzw. psychosozialer Stress. Insbesondere dem Einfluss von psychologischen Stressfaktoren konnte in den letzten Jahren eine größere Bedeutung zugesprochen werden.

„ÜBERGEWICHT UND ADIPOSITAS HABEN WELTWEIT EPIDEMISCHE AUSMASSE ANGENOMMEN“

Da Übergewicht und Adipositas langfristig ein Risiko für die Gesundheit darstellen und schwerwiegende Erkrankungen – insbesondere Diabetes, Bluthochdruck, Störungen des Fettstoffwechsels und Erkrankungen des Muskel- und Skelettsystems – zur Folge haben können, sollte bereits in frühem Kindesalter der Prävention von Übergewicht und Adipositas erheblich mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden als bisher.

Allerdings weiß man noch recht wenig, warum das kindliche Übergewicht gerade in den letzten Jahren massiv angestiegen ist. Für die Konzipierung von Präventionsprogrammen zur Primärprävention wäre es zunächst einmal hilfreich zu wissen, in welchem Altersbereich sich der Übergewichtsanstieg bei Kindern genau vollzieht. Bisherige epidemiologische Studien geben hierzu keine Details Auskunft oder präsentieren widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich des genauen Zeitpunkts im Altersverlauf der Kinder.

EINE STUDIE ZUR KRITISCHEN ALTERSGRENZE

Unterstützt durch die Abteilung für Kognition und Wahrnehmung der Universität Tübingen, hat sich eine Forschungsgruppe an den Universitäten Bayreuth und Mainz eine relativ einfache Frage gestellt: Wann genau werden deutsche Kinder übergewichtig? Das Ergebnis wurde in einer der führenden Fachzeitschriften für Fettleibigkeit, Obesity (Silver Spring), veröffentlicht.

Im Rahmen der Studie haben wir öffentlich zugängliche Daten des Robert Koch-Instituts, die im Rahmen der KiGGS-Studie erhoben wurden, eingehender untersucht. Bei der Analyse der Daten kam ein Verfahren zum Einsatz, das im Gegensatz zu den typischen Datenauswertungen in Altersgruppen eine objektivere Einschätzung darüber ermöglicht, wann genau sich stärkere Veränderungen in Datensätzen finden lassen. Die Ergebnisse stützen die Annahme, dass Kinder kurz nach ihrer Einschulung übergewichtig werden.

Bis zum Alter von 5 Jahren verhält sich die Gewichtsentwicklung von Kindern in Deutschland noch genauso wie vor rund 20 Jahren. In den ersten 5 Lebensjahren lässt sich sogar eine leichte Tendenz

AUTOR



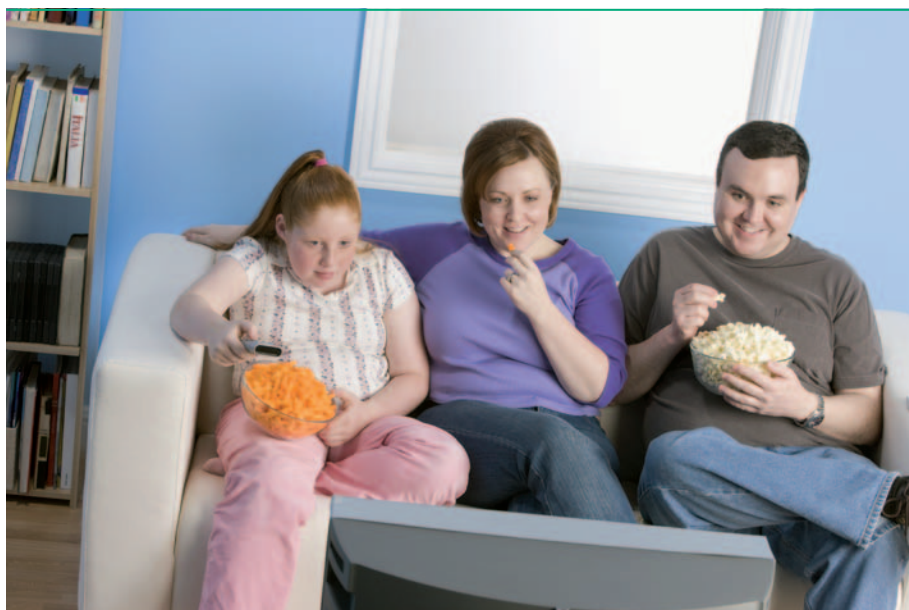
Dipl.-Sportwiss. Sascha Hoffmann ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Sportmedizin und Sportphysiologie an der Universität Bayreuth.

Abb. 1: Großer Wert sollte auf sportliche Aktivität und viel Bewegung im Kindergartenalter gelegt werden. (sst)

erkennen, dass Kinder vergleichsweise leichter sind als noch vor 20 Jahren. Es folgen dann drei Jahre, in denen – im Gegensatz zu einer internationalen und einer deutschen Vergleichspopulation von damals – plötzlich eine deutliche Zuwachsrate an Übergewicht auftritt. Das Maximum der Zunahme an übergewichtigen Kindern in Deutschland liegt recht eng begrenzt um das Alter von 7,2 Jahren. Mit 8 Jahren ist jedes fünfte Kind übergewichtig. Vor rund 20 Jahren waren es nur 10% der Kinder. Diese Quote an Übergewichtigen bleibt durch die vermeintlich kritische Phase der Pubertät hindurch bis zur Volljährigkeit relativ konstant.

Diese Erkenntnis liefert wichtige Ansatzpunkte für die Bekämpfung des fortschreitenden Übergewichts in Deutschland. Ein Aspekt, den sich unsere Forschergruppe in den nächsten Jahren genauer ansehen wird, ist die Auswirkung der Einschulung auf das Gewicht unserer Kinder. Wir wollen herausfinden, wie die Gewichtsanstiege in gerade dieser Lebensphase zu erklären sind. Wir warnen allerdings davor, die Gründe für den Gewichtsanstieg insbesondere im schulischen Alltag zu vermuten. Kinder wurden in Deutschland auch schon vor 20 Jahren eingeschult und kommen auch heute in ein ähnliches schulisches Umfeld. Nur früher war keine rapide Zunahme des Übergewichts zu verzeichnen. Wir gehen hier von einem recht komplexen Zusammenspiel mehrerer Faktoren aus, die aber wahrscheinlich überwiegend im häuslichen Umfeld der Kinder zu suchen sind.

Abb. 2: Zu den diskutierten Determinanten für Übergewicht und Adipositas zählen u.a. körperliche Inaktivität, hoher Medienkonsum und ungesunde Ernährung. (sst)



ALARMIERENDE FORSCHUNGSERGEBNISSE IN KINDERGÄRTEN

Für uns steht ferner fest, dass die Grundlagen für eine relativ starke Zunahme des Anteils an Übergewichtigen während des ersten Schuljahrs höchstwahrscheinlich schon im Kindergartenalter gelegt werden. Um diese These zu prüfen, laufen derzeit weitere Studien zu Datenerhebungen in Kindertagesstätten und Grundschulen. Neben der Erhebung von Körpergewicht, Körpergröße und motorischer Leistungsfähigkeit der Kinder, werden neben den Eltern auch deren Erzieherinnen und Erzieher zu gesundheitsrelevanten Aspekten befragt. Ziel ist es, herauszufinden, wie sich der Lebensstil der Kinder auf ihr Gewicht auswirkt, welche Rolle Umwelteinflüsse spielen und auch, ob es noch andere Faktoren gibt, die für das steigende Übergewicht bei Kindern verantwortlich sind.

Wichtige Hinweise geben erste Ergebnisse, die wir in einer Befragung von mehr als 300 Erzieherinnen und Erziehern in Deutschland zutage fördern konnten. In einem Fragebogen gaben sie Auskunft über ihr eigenes Körpergewicht sowie über Verhaltensweisen, die Einfluss auf individuelle Gesundheitsrisiken haben – wie etwa Essgewohnheiten, Rauchen, Sitzen vor Computer- und Fernsehbildschirmen oder umgekehrt auch regelmäßiger Freizeitsport. Zudem haben wir anhand von alters- und geschlechtsspezifischen Körpersilhouetten die Fähigkeit der Erzieherinnen und Erzieher getestet,



Übergewicht bei Kindern zu erkennen. Und auch ihre Kenntnisse hinsichtlich der Gesundheitsrisiken von Übergewicht und Adipositas wurden in die Untersuchung einbezogen.

Es stellte sich heraus, dass 41,2% der befragten Erzieherinnen und Erzieher übergewichtig sind und weitere 17,9% sogar unter Adipositas leiden. Damit liegen sie deutlich über dem bundesweiten Durchschnitt. Zudem waren nur 44,6% der Erzieherinnen und Erzieher in der Lage, übergewichtige Kinder als solche zu identifizieren. Mit der Tatsache, dass Übergewicht mit körperlichen und mit geistigen Gesundheitsrisiken einhergeht, zeigten sich nur 40,1% bzw. 21,2% vertraut. Zudem stellte sich heraus, dass übergewichtige Erzieherinnen und Erzieher insbesondere an den Wochenenden mehr Zeit vor dem Computer oder vor dem Fernseher verbringen als ihre normalgewichtigen Kolleginnen und Kollegen. Sie nehmen ihre Mahlzeiten seltener im Familienkreis ein, sehen aber umso häufiger während der Mahlzeiten fern.

Diese Befunde zeigen eindeutig, dass dem Gesundheitsverhalten des pädagogischen Personals in Kindergärten erheblich höhere Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte. Ob nun Erzieherinnen und Erzieher infolge ihres eigenen Lebensstils und unzureichender Kenntnisse sogar das Gesundheitsverhalten von Kindern ungünstig beeinflussen, muss in zukünftigen Untersuchungen überprüft werden.

VERÖFFENTLICHUNGEN

- Hoffmann SW, Ulrich R, Simon P. Refined Analysis of the Critical Age Ranges of Childhood Overweight: Implications for Primary Prevention. *Obesity (Silver Spring)* 2012; 20:2151-2154.
- Hoffmann SW, Tug S, Simon P. Obesity prevalence and unfavorable health risk behaviors among German kindergarten teachers: cross-sectional results of the kindergarten teacher health study. *BMC Public Health* 2013; 13:927.



Mit solchen gesellschaftspolitisch wichtigen Forschungsansätzen aus dem Bereich der natur- und sozialwissenschaftlichen Forschung will unsere Forschergruppe längerfristig ihre Expertise in das Profildfeld „Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“ der Universität Bayreuth einbringen und dauerhaft stärken.

Abb. 3: Eine oft praktizierte Bewegungstherapie für Kinder mit Übergewicht bzw. Adipositas ist das Schwimmen. Dabei können auch andere Sportdisziplinen gut kombiniert werden. (sst)



Abb. 3: Bewegung und Aktivitäten an frischer Luft ist die beste Vorsorge. (sst)



FIT UND GESUND

■ WOLFGANG BUSKIES

Positive Wirkungen auf Körper und Psyche

STUDIEN ZUR OPTIMIERUNG
DES KRAFTTRAININGS

■ Hanteln in einem Fitnessstudio. (sst)

Die Auswirkungen von Bewegungsmangel begünstigen in unserer technikgeprägten Gesellschaft nicht nur degenerative Herz-Kreislauf-Erkrankungen, sie beeinträchtigen auch unseren Bewegungsapparat negativ. Nicht von ungefähr stellen Rückenschmerzen das häufigste orthopädische Krankheitsbild dar. Das Krafttraining bildet folglich nicht nur einen festen Bestandteil des Konditionstrainings in den meisten Sportarten zum Zwecke der Leistungsoptimierung. Es trägt vor allem im Bereich des Gesundheits- und Fitnesstrainings dazu bei, die Leistungsfähigkeit sowie die Belastbarkeit des Haltungs- und Bewegungsapparates zu erhalten und zu verbessern. Darüber hinaus hat Krafttraining eine präventive und rehabilitative Wirkung bei zahlreichen Beschwerdebildern, wie z.B. Rücken- oder Gelenkschmerzen, Osteoporose und Inkontinenz. Auch internistische Erkrankungen wie metabolisches Syndrom oder Diabetes mellitus können positiv beeinflusst werden. Gleiches gilt für die Leistungsfähigkeit des Gehirns. Zudem besitzt das Krafttraining eine Bedeutung bei der Regulierung des Körpergewichts und der Körperformung und hat einen positiven Einfluss auf die Psyche.

Am Institut für Sportwissenschaft der Universität Bayreuth haben wir in den vergangenen Jahren zahlreiche Studien zum Krafttraining durchgeführt, die vor allem drei zentrale Bereiche umfassen.

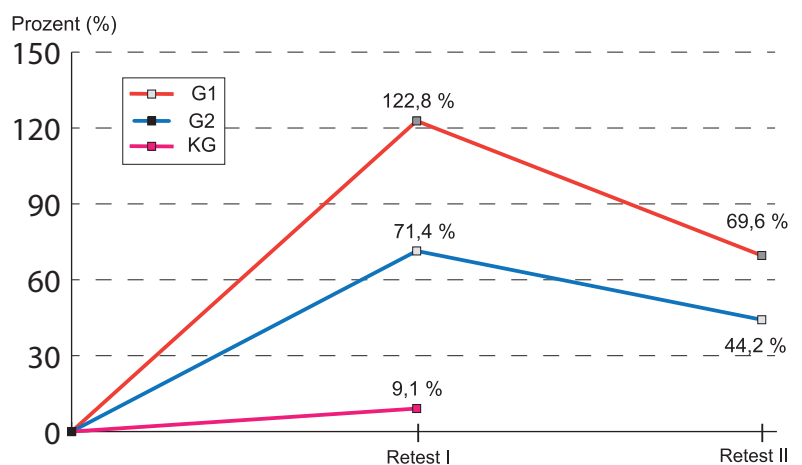
OPTIMIERUNG DES KRAFTTRAININGS MITTELS EMG - MESSUNGEN

Die Meinungen von Trainern, Fachleuten und Athleten gehen weit auseinander, welche Übungen für die verschiedenen Muskelgruppen – z.B. Brust, Bauch, Beine oder Rücken – die effektivsten sind. Die Auswahl der Übungen und die Ausführungshinweise basieren in den meisten Fällen auf der Erfahrung und dem Expertenwissen von Trainern und Athleten. Es liegen nur wenige gesicherte Erkenntnisse über die Effektivität unterschiedlicher Kraftübungen für eine Muskelgruppe sowie über effektoptimierende Ausführungskriterien vor. Auf der Basis elektromyographischer Messungen (EMG-Messungen) ist es uns gelungen, die für die einzelnen Muskelgruppen relevanten Übungen objektiv zu vergleichen. Dadurch können sowohl Ausführungsvarianten einer Übung analysiert und bewertet als auch Unterschiede in der Effektivität verschiedener Übungen für einen Muskel ermit-

telt werden. So konnte z.B. gezeigt werden, dass für das Training der Brustmuskulatur die Übung Kabelziehen über Kreuz deutlich effektiver ist als beispielsweise Flys – d.h. fliegende Bewegungen – mit Kurzhanteln.

In mehreren Trainingsstudien wurde überprüft, ob durch ein Training von Übungen, die in den EMG-gestützten Übungsranglisten höher platziert sind (also eine hohe Muskelaktivierung aufweisen) größere Kraftsteigerungen erreicht werden als durch ein Training von Übungen auf tieferen Rangplätzen (geringere Muskelaktivierung). In allen Trainingsuntersuchungen konnte eine höhere Effektivität der Übungen nachgewiesen werden, die in den Übungslisten höher positioniert sind (vgl. Abb. 1).

Abb. 1: Vergleich der Trainingseffekte einer Übung auf einem Spitzenplatz der EMG-Liste (Kabelziehen über Kreuz, G1) mit den Trainingseffekten einer Übung auf einem unteren Listenplatz (Flys mit Kurzhanteln, G2) n = 26, KG = Kontrollgruppe. Retest I = 1. Wiederholungstest nach 11 Trainingswochen; Retest II = 2. Wiederholungstest nach 4 trainingsfreien Wochen.



OPTIMIERUNG DES TRAININGSUMFANGS

Im Bereich des Fitnesskrafttrainings haben wir in den vergangenen Jahren auch mehrere umfangreiche Studien zur Frage nach dem angemessenen Belastungsumfang für eine Muskelgruppe durchgeführt. Dabei stand das Thema „Einsatz- versus Mehrsatztraining“ im Mittelpunkt. Unter Einsatztraining versteht man einen Satz (synonym eine Serie) pro Muskelgruppe. Ein Mehrsatztraining ist durch mehrere Sätze für eine Muskelgruppe gekennzeichnet. In einer großen Studie mit über 200 Probanden im Alter von 30 bis 60 Jahren wurden die Effekte eines Dreisatztrainings und eines Einsatztrainings über einen Trainingszeitraum von 22 Wochen untersucht. Eine Gruppe führte ein Einsatztraining aus, die zweite ein Dreisatztraining. Nach Beendigung des Krafttrainings wurden die Kraftwerte nach vierwöchiger Trainingspause nochmals erhoben.

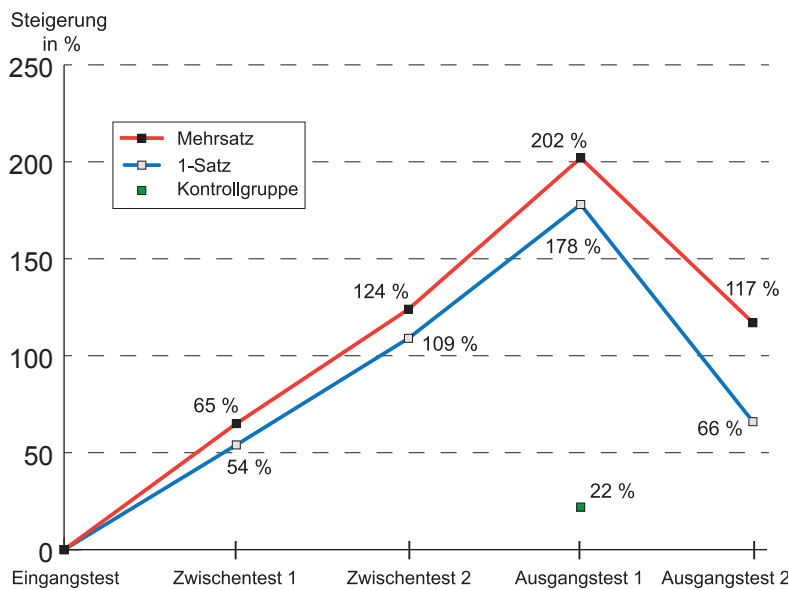
AUTOR



Prof. Dr. Wolfgang Buskies leitet den Lehrstuhl für Didaktik und Methodik der Sportarten an der Universität Bayreuth.

Auch über einen längeren Zeitraum können mit einem zweimal wöchentlich durchgeführten Einsatztraining bei Untrainierten kontinuierlich sehr gute Kraftzuwächse erzielt werden, die in den ersten sechs Trainingswochen (vgl. Abb. 2 - Zwischentest1) nicht signifikant geringer ausfallen als beim Dreisatztraining. Die Effekte eines Dreisatztrainings sind nach gut fünf Monaten (etwas) stärker ausgeprägt als bei einem Einsatztraining (vgl. Ausgangstest1). Nach einer längeren Trainingsunterbrechung kommt es sowohl beim Einsatz- als auch beim Dreisatztraining zu deutlichen Kraftverlusten (vgl. Ausgangstest 2).

Abb. 2: Prozentuale Steigerungen der Kraftausdauerleistungen beim Einsatz- und Mehrsatztraining während eines 22wöchigen Muskeltrainings bei der Übung Beinpressen.



Unsere Untersuchungen zum Einsatztraining zeigen, dass es für signifikante Steigerungen der Kraft zumindest in den ersten Trainingsmonaten nicht notwendig ist, die Muskulatur mit einem hohen Umfang zu belasten. Dies kommt vor allem auch Trainierenden entgegen, die nur wenig Zeit in ein Training investieren wollen.

OPTIMIERUNG DER TRAININGSINTENSITÄT

Eine besondere Form des Krafttrainings ist das sogenannte sanfte Krafttraining. Die einzelne Trainingsserie (Satz) wird hierbei nicht wie im herkömmlichen Training bis zur letztmöglichen Wiederholung (also vollständigen kurzfristigen Ermüdung des Muskels) durchgeführt, sondern deutlich vorher abgebrochen. Wir haben zum sanften Krafttraining eine Vielzahl an Untersuchungen mit ca. 300 kraftuntrainierten Probanden durchgeführt und als Kriterium für die Beendigung der einzelnen Serie das individuelle subjektive Belastungsempfinden „mittel bis schwer“ eingeführt. De facto könnte der Trainierende bei einem Training bis zur muskulären Ausbelastung also wesentlich mehr Wiederholungen mit dem entsprechenden Gewicht bewältigen als durch die Vorgabe „mittel bis schwer“. Mit einem Training nach dem subjektiven Anstrengungsempfinden „mittel bis schwer“ kön-



nen nach einigen Trainingswochen enorme Kraftausdauerverbesserungen erzielt werden, die nicht sehr viel geringer sind als die Zuwächse, die bei einem „harten“ Krafttraining bis zur letztmöglichen Wiederholung im Satz erreicht werden. Das Trainingsprogramm wurde dabei dreimal wöchentlich über acht Wochen durchgeführt. Das sanfte Krafttraining schont den Bewegungsapparat und ist vor allem für Personen mit orthopädischen Problemen oder im fortgeschrittenen Lebensalter geeignet – und generell für alle, die sich beim Training nicht „quälen“ wollen.

FAZIT

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es aufgrund unserer Studien möglich ist, die intensivsten Übungen für alle großen Muskelgruppen auszuwählen. Darüber hinaus kann man für Kräfteinsteiger folgendes festhalten: Um nennenswerte Kräfteffekte in den ersten Monaten zu erzielen, ist es nicht notwendig das Krafttraining besonders intensiv oder besonders umfangreich durchzuführen. Es genügt eine sanfte Trainingsintensität nach dem subjektiven Belastungsempfinden „mittel bis schwer“ und eine Serie pro Muskelgruppe. Entscheidend für die Effekte sind hingegen Regelmäßigkeit und Dauerhaftigkeit.

Veränderungen der Kraftausdauerwerte				
Übungen	Testgruppen			
	Kontroll	Mittel	Schwer	Ausbelastung
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
Latziehen	1,8% ± 24,0%	64,9% ± 27,9%	60,2% ± 32,1%	65,9% ± 32,0%
Bankdrücken	6,6% ± 20,9%	55,2% ± 32,9%	64,2% ± 26,3%	64,6% ± 47,7%
Beinpressen	-2,6% ± 26,7%	57,5% ± 46,7%	73,9% ± 34,1%	91,7% ± 38,0%
Beinbeugen	-3,9% ± 19,7%	76,0% ± 49,8%	83,1% ± 43,8%	102,6% ± 35,8%
Rumpfflexion	3,4% ± 21,4%	25,3% ± 22,2%	29,1% ± 21,7%	34,9% ± 29,2%
Backextension	4,5% ± 36,8%	33,5% ± 30,5%	30,5% ± 31,6%	58,1% ± 47,9%

Tabelle 1: Prozentuale Veränderungen der Kraftausdauerwerte nach einem achtwöchigen Krafttraining.

Abb. 3 bis 6: Zumindest in den ersten Trainingsmonaten lässt sich die Kraft signifikant steigern, ohne die Muskulatur mit einem hohen Trainingsumfang zu belasten. (sst)





■ WALTER SCHMIDT
MARLEN KLEY
NADINE WACHSMUTH

Leistungsfähigkeit in extremen Höhen

SPORTMEDIZINISCHE UNTERSUCHUNGEN IM BOLIVIANISCHEN HOCHLAND

■ Streitobjekt zwischen FIFA und Bolivianern: Das Stadion im Zentrum von La Paz. Die Siedlungen reichen bis auf den Altiplano auf 4.100 m, wo 1,2 Mio. Menschen leben. Im Hintergrund der „Hausberg“ Illimani mit einer Höhe von 6.439 m. (sst)

Die Untersuchung der Gesundheit und Leistungsfähigkeit unter extremen Bedingungen ist ein Schwerpunkt des Lehrstuhls Sportmedizin/Sportphysiologie an der Universität Bayreuth. Besonderes Augenmerk wird auf die Anpassung der Systeme Blut, Atmung und Herz-Kreislauf unter Sauerstoffmangelbedingungen gelegt. Dabei ermöglichen die überwiegend an Sportlern gewonnenen Erkenntnisse sehr häufig Einblicke in klinische Prozesse. In diesem Kontext wurden 2012 zwei Studien in Bolivien, zunächst auf 5.300 m und dann auf 3.600 m Höhe, durchgeführt.

ANPASSUNGSSTRATEGIEN ENTWICKELN, KOMPLIKATIONEN VORBEUGEN

Hintergrund der ersten Studie im Rahmen des Projekts „AltitudeOmics“ war, dass ca. 30% der „Ausfälle“ amerikanischer Soldaten (Tod oder schwere Verletzung) in Höhen oberhalb von 3.000 m auf die unzureichende Anpassung an diese Höhen zurückzuführen sind. Gerade in Afghanistan stellte dies ein äußerst schwerwiegendes Problem dar. Da wir in den vergangenen Jahren eine exakte Methode zur Bestimmung der Blut- und Hämoglobinmenge entwickelt hatten, wurden wir gebeten, an einer zweimonatigen Studie auf 5.300 m auf dem Chacaltaya in der Nähe von La Paz in Bolivien teilzunehmen und in einer Teilstudie das Verhalten des Blutvolumens zu kontrollieren. Übergeordnetes Ziel war es, die wichtigsten physiologischen Höhenanpassungen an diese extreme Höhenexposition aufzuzeigen, um später die molekularbiologischen Ursachen und optimalen Anpassungsstrategien herauszufinden. Konkret ging es dabei um das Auftreten der akuten Bergkrankheit, aus der sich die oft tödlich verlaufenden Komplikationen (Höhenlungenödem, Höhenhirnödem) entwickeln können, die Bestimmung der Leistungsfähigkeit sowie der Veränderungen von Atmung, Herz-Kreislauf-System und einer Vielzahl von Stoffwechselfparametern und Hormonen.

Die Ausgangsmessungen wurden in Eugene/Oregon in den USA durchgeführt. Anschließend flogen 20 Probanden sukzessive in Zweier-Teams nach Bolivien, wurden unter Sauerstoffatmung auf 5.300 m Höhe gebracht und blieben dort für 16 Tage. Trotz erheblicher Magen-Darm- und anderer gesundheitlicher Probleme (Lungenödeme und starke Dehydrierungen) verliefen die Untersuchungen ausgesprochen erfolgreich. Wichtig-

tes Ergebnis unserer Teilstudie war eine ausgesprochen schnelle und ausgeprägte Blutneubildung von nahezu 20% innerhalb von zwei Wochen. Unmittelbar nach Rückkehr ins Flachland wurden jedoch sämtliche neugebildeten Erythrozyten wieder zerstört. Dieses sowie die weiteren Teilergebnisse ermöglichen konkrete Aussagen über Art und Zeitverlauf von optimalen Anpassungsstrategien, die auch im zivilen Bereich (z.B. bei Minenarbeitern, im Höhentourismus) von sehr großer Bedeutung sind.

FUSSBALL IN EXTREMER HÖHE UND IM FLACHLAND

Das zweite, ebenfalls in Bolivien durchgeführte Projekt betrifft die Frage, ob internationale Fußballspiele in großen Höhen durchgeführt werden können und dürfen. Seitdem Brasilien im Jahr 1993 sein erstes Qualifikationsspiel zu einer Weltmeisterschaft in La Paz auf 3.600 m mit 0:2 gegen Bolivien verloren hatte, gab es bis heute drei von der FIFA ausgesprochene Verbote für solche Spiele, die aber alle samt wieder aufgehoben wurden. Betroffen waren die Hauptstädte von Bolivien (La Paz, 3.600 m), Ecuador (Quito, 2.850 m) und Kolumbien (Bogota, 2.600 m) mit der Begründung, dass einerseits eine massive Gesundheitsgefährdung nicht ausgeschlossen werden könne und weiterhin keine Chancengleichheit für das Team aus dem Flachland gegenüber dem höhenangepassten einheimischen Team gewährleistet sei. Da mittlerweile die



Foto: sst

AUTOREN



Dipl.-SpOec. Nadine Wachsmuth ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl.



Dipl.-SpOec. Marlen Kley war Mitarbeiterin beim Forschungsprojekt zum Fußball.



Prof. Dr. Walter Schmidt leitet den Lehrstuhl für Sportmedizin und Sportphysiologie an der Universität Bayreuth.

Abb. 1: Belastungsuntersuchungen auf dem Fahrradergometer auf 5300m Höhe. Bestimmt wurden neben Leistung und Sauerstoffverbrauch u.a. die Gehirnströme, arterielle Blutgase, Blutströmungen im Herzen und die elektrische Muskelaktivität. Zuvor wurde eine Muskelbiopsie durchgeführt und zum Abschluss das Blutvolumen bestimmt.
Foto: N. Wachsmuth



meisten südamerikanischen Top-Spieler bei europäischen Spitzenvereinen beschäftigt sind, haben auch diese Clubs ein starkes Interesse, die Spiele in der Höhe durch die FIFA verbieten zu lassen.

Mannschaften, die im Rahmen von Club- oder Länderspielen in La Paz antreten müssen, haben daher eine eigene Strategie entwickelt, indem sie unmittelbar nach Ankunft in La Paz spielen und anschließend sofort wieder abreisen. Da aber diese Strategie gerade für die bei Europäischen Spitzenclubs beschäftigten Spieler ausgesprochen anstrengend und möglicherweise auch riskant



Foto: sst

ist, beschloss die FIFA im Jahr 2007 eine internationale wissenschaftliche Studie zu diesem Thema zu initiieren, die aber niemals realisiert wurde. Daher entschieden wir uns, zusammen mit Prof. Chris Gore vom Australian Institute of Sport in Canberra/Australien eine entsprechende Studie in La Paz durchzuführen. In Kooperation mit dem Bolivianischen Höheninstitut aus La Paz (IBBA), vier australischen Institutionen und dem sportwissenschaftlichen Institut ASPIRE aus Qatar konnte das Projekt nach dreijähriger Vorbereitung im Herbst 2012 gestartet werden.

20 Spieler der Australischen U-17 Nationalmannschaft reisten zusammen mit Mannschaftsbetreuern und Wissenschaftlern nach Santa Cruz ins Bolivianische Tiefland und trafen dort auf 20 Bolivianische Juniorenspieler des derzeitigen Titelträgers „The Strongest“ aus La Paz. Insgesamt nahmen 61 Personen (40 Fußballspieler und 21 Wissenschaftler) an der Studie teil, davon drei aus Bayreuth. Es wurden 5 offizielle Fußballspiele während einer 6 tägigen Flachlandphase in Santa Cruz (2 Spiele auf 420 m) und während der 13-tägigen Akklimatisationsphase in La Paz (3 Spiele auf 3.600 m) gespielt. Im Flachland waren sich beide Teams ebenbürtig, in der Höhe waren die Australier chancenlos.

Der wissenschaftliche Part gliederte sich in folgende Teilbereiche:

1. Während der Spiele und während aller Trainingseinheiten wurden alle Laufwege und Laufgeschwindigkeiten über ein GPS-System aufgezeichnet und mit dem Beanspruchungsgrad anhand der parallel registrierten Herzfrequenz in Beziehung gesetzt.
2. Es wurden die Sauerstoffverfügbarkeit und die Blutbildung kontinuierlich registriert, um Anpassungen des kardio-pulmonalen Systems erkennen zu können.
3. Im Flachland und wiederholt in der Höhe wurden Sprint- und Ausdauerleistungstests durchgeführt.
4. Jeden Tag wurde die Befindlichkeit anhand von Fragebögen, Herzfrequenzvariabilität und Erholungsdaten registriert.
5. Des Nachts wurden die Schlafphasen und die Schlafdauer über Elektroden und Bewegungsanalytoren aufgezeichnet, um die bekannt häufig vorkommenden Schlafstörungen objektiv registrieren zu können (siehe Abb. 2 zum Atemverhalten im Schlaf).

Insgesamt zeigte sich bei etwa gleicher Leistungsfähigkeit im Flachland bei den Australiern in der Höhe ein massiver Leistungseinbruch, der auch unmittelbar nach Ankunft in der Höhe bereits vorlag. GPS- und Test-Daten zeigen objektiv, dass zwar beide Mannschaften in der Höhe deutliche Leistungseinbußen zu verzeichnen hatten, diese bei den Flachlandspielern aber noch wesentlich deutlicher ausgeprägt waren. Auch wenn während der 13-tägigen Akklimatisationsphase eine Reihe physiologischer Funktionen (Atmung, z.T. die Blutbildung) deutliche Anpassungserscheinungen zeigten, kann in dieser kurzen Periode nicht der Adaptationsgrad erreicht werden, wie er bei den bolivianischen Spielern vorliegt.

Andererseits trat schon nach zwei Tagen Aufenthalt in der Höhe kein höhenspezifisches Krankheitszeichen mehr auf, was einer möglichen Gefährdung der Flachlandspieler entgegenpricht. Wenn die FIFA darüber entscheidet, ob die de facto vorhandene Leistungsminderung in großen Höhen der Durchführung von internationalen Spielen entgegensteht, sollte auch bedacht werden, dass andere Umweltfaktoren, wie z.B. große Hitze mit Schattentemperaturen von über 40°C (wie bei der Fußballweltmeisterschaft in Qatar 2022), deutlich riskanter für die Gesundheit der Spieler sind als die

Höhenexposition. Auch sollte kleinen Ländern, wie Bolivien, ein kleiner Vorteil eingeräumt werden, der letztendlich niemals ausreichen wird, um eine der großen Fußballnationen, d.h. Brasilien oder Argentinien, an der Teilnahme an einer Weltmeisterschaft zu hindern.

Die Studie forderte von allen Beteiligten ein besonderes Improvisationsgeschick. So mussten einige Materialien (Gasflaschen) über Peru eingeschmuggelt werden, es mussten Sondererlaubnisse für bei uns unbedenkliche Materialien eingeholt werden, da sie in Bolivien zur Kokainherstellung genutzt werden, oder auch Personentransporte von höchster Ebene bewilligt werden, da über Nacht ganz La Paz zur autofreien Zone erklärt wurde. Das Gelingen der Studie unter diesen erschwerten Bedingungen, die tägliche Arbeit mit den australischen und fast mehr noch mit den überaus herzlichen bolivianischen Spielern sowie das ausgesprochen große Interesse der Bevölkerung machte diese Studie zu einem besonderen Erlebnis. Innerhalb eines Jahres konnten alle Ergebnisse der Studie im British Journal of Sports Medicine publiziert werden.

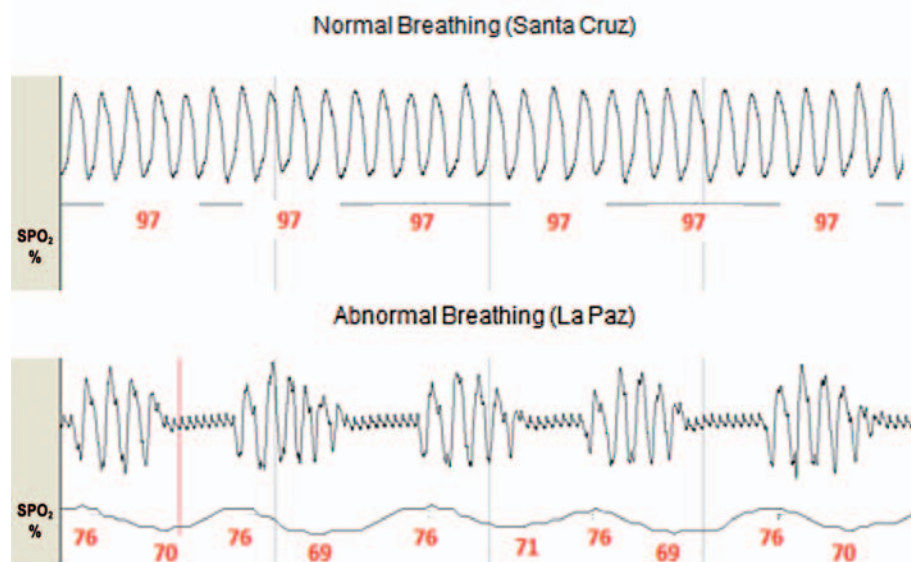


Abb. 2: Rund die Hälfte der australischen Spieler zeigte in der Höhe ein abnormales Atemverhalten während des Schlafes.
Oben: Normale Atmung im Tiefland mit einer Sauerstoffsättigung des Blutes von 97%.
Unten: Sogenannte Cheyne-Stokes-Atmung. Die Atmung ist in der Höhe periodisch unterdrückt (geringe Atemauschläge), bis der Sauerstoffgehalt deutlich abnimmt. Aufgrund der einsetzenden Atemnot erfolgen ca. 5 sehr tiefe Atemzüge, was zum Anstieg der Sauerstoffsättigung im Blut führt. Daraufhin erfolgt wieder eine Atemunterdrückung.

FIT UND GESUND



■ KLAUS NAGELS
ISABEL SCHMIDT

„GeRnGesund – Gesunde Region Oberfranken“

EINE FORSCHUNGSINITIATIVE ZUR GESUNDHEITSFÖRDERUNG UND PRÄVENTION

■ Wettbewerb im Schulsport.
Foto: Pavel L. Photo and Video / (sst)

Im Rahmen der interdisziplinären Forschungsaktivitäten der Universität Bayreuth gewinnt das Profildfeld Lebensmittel und Gesundheitswissenschaften vor allem in der Kombination mit den Sportwissenschaften zunehmend an Bedeutung. Eine neue Forschungsinitiative, die das Thema „Vorbeugung von Krankheiten“ in den Mittelpunkt stellt, trägt den Titel „GeRnGesund – Gesunde Region Oberfranken“. In der Bevölkerung wird der Gesundheit in Befragungen nach wie vor eine große Bedeutung für das individuelle Wertegerüst beigemessen. Andererseits ist dieses hohe Gut gerade durch die in den entwickelten Ländern vorherrschende Lebensweise bedroht. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat deshalb ihren strategischen Fokus verändert. Während in der Vergangenheit übertragbare Infektionserkrankungen einen wesentlichen Schwerpunkt ausmachten, liegt er mittlerweile auf den nicht übertragbaren Erkrankungen, den sogenannten Non-Communicable Diseases (NCDs), die sich weltweit mittlerweile auch in den Schwellenländern explosionsartig verbreiten. Zu diesen Erkrankungen gehören insbesondere der Diabetes mellitus (Typ II), zahlreiche Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie bestimmte Krebserkrankungen.

Nicht allein der Anstieg von Erkrankungs- und Sterberaten, sondern auch der ökonomische Schaden dieser Erkrankungen ist dramatisch. Nach Schätzungen der Harvard School of Public Health (Bloom et al., 2012) werden die Kosten über die nächsten 20 Jahre etwa 30 Billionen US-Dollar betragen. Das sind 48 % der globalen Wirtschaftsleistung (GDP), die im Jahr 2010 erwirtschaftet wurde.

PRÄVENTION UND GESUNDHEITSFÖRDERUNG ALS ZUKUNFTSAUFGABEN

Allen oben genannten Krankheiten ist gemein, dass sie sich weitgehend durch eine gesunde Lebensweise vermeiden ließen. Vier wesentliche Ursachen spielen für die Entstehung eine Rolle. Dazu gehören Fehlernährung, körperliche Inaktivität, Tabak- und Alkoholkonsum. Ursächlich können die mit den Risiken verbundenen Gesundheitsprobleme also fokussiert bekämpft werden. Diesem Thema hat sich die WHO über die so genannte Ottawa-Charta bereits 1986 gewidmet und dabei der Gesundheitsförderung und Prävention einen maßgeblichen Stellenwert eingeräumt. Während sich Gesundheitsförderung grundsätzlich an die gesam-

„ALLEN GENANNTEN KRANKHEITEN IST GEMEIN, DASS SIE SICH WEITGEHEND DURCH EINE GESUNDE LEBENSWEISE VERMEIDEN LIESSEN.“

te Bevölkerung bzw. an ausgewählte Zielgruppen wendet, richtet sich Prävention auf Risikogruppen mit zu erwartenden, erkennbaren oder bereits im Ansatz eingetretenen Anzeichen von Störungen und Erkrankungen. Prävention beinhaltet gezielte Aktivitäten, die das Risiko einer Gesundheitsschädigung reduzieren oder ihr Auftreten verzögern sollen. Neuerkrankungen, Behinderung oder vorzeitiger Tod werden im Idealfall verhindert, und die Selbstständigkeit im Alter bleibt möglichst lange erhalten. Durch effektive Präventionsmaßnahmen zur Veränderung von risikobehafteter Lebensführung ließe sich ein gesundheitlicher und ökonomischer Zugewinn erzielen, wenn es gelingt, diese möglichst frühzeitig und nachhaltig zu etablieren, d.h. bereits in der Kindheit.

In diesem internationalen Kontext sind an der Universität Bayreuth die gemeinsamen interdisziplinären Forschungsinitiativen des IMG, Institut



Abb. 1: Falsche Ernährung und Bewegungsmangel erhöhen schon im Kindes- und Jugendalter das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen erheblich. (sst)

Abb. 2: Vorsorgeuntersuchungen bei Kindern können helfen, negative Tendenzen frühzeitig zu erkennen. (sst)



für Medizinmanagement und Gesundheitswissenschaften (Prof. Dr. mult. Eckhard Nagel, Prof. Dr. Klaus Nagels) sowie des Instituts für Sportwissenschaft (Prof. Dr. Ulrike Ungerer-Röhrich) und des Lehrstuhls für Angewandte Informatik IV (Prof. Dr.-Ing. Stefan Jablonski) angesiedelt. Diese langjährige und erfolgreiche Forschungskooperation ist damit hochaktuell und auch von wachsender gesundheitspolitischer Bedeutung.

lichen zu fördern und beispielsweise Übergewicht vorzubeugen. Hierzu wurden alle an der Schule Beteiligten – z.B. Lehrkräfte, Schüler, Eltern oder Hausmeister – in die Aktivitäten der Bereiche Ernährung und Bewegung einbezogen. In einer zweiten Projektphase bis 2013 wurde der so genannte systemische Ansatz, der individuelle Bedürfnisse, Rahmenbedingungen und Ressourcen der Schulen berücksichtigt, weiterentwickelt.

Mit den Erkenntnissen, Erfahrungen und Partnerschaften entwickelte die etablierte Forschergruppe Anfang des Jahres 2013 das Projekt „GeRnGesund – Gesunde Region Oberfranken“. Ausgangspunkt war die Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zur Förderung von Gesundheits- und Dienstleistungsregionen von morgen. Durch kreative Ideen und Kooperationen sollen regionale Lösungsansätze zur Bewältigung komplexer Herausforderungen im Gesundheitsbereich, wie z.B. die demografische Entwicklung oder die Ausbreitung von Volkskrankheiten, entwickelt werden. Diese sollten in einem nächsten Schritt auch auf andere Regionen übertragbar sein.

„GeRnGesund – Gesunde Region Oberfranken“ kooperiert zunächst mit den oberfränkischen Schulen, die im Rahmen von BEO'S bereits umfangreiches Wissen und Erfahrungen zu gesunder Ernährung und Bewegung gesammelt haben, um sie als Multiplikatoren in den Gemeinden zu nutzen. Mit BEO'S-Schulen als Basis sollen die

OBERFRANKEN ALS GESUNDHEITSREGION VON MORGEN

Die Region Oberfranken konnte für entsprechende Forschungsarbeiten gewonnen werden, um die Wirksamkeit von gesundheitsförderlichen Maßnahmen im Hinblick auf einen gesunden Lebensstil zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden in einer ersten intensiven Projektphase der Initiative „BEO'S – Bewegung und Ernährung an Oberfrankens Schulen“ von 2007 bis 2010 insgesamt 24 oberfränkische Grund- und Hauptschulen als Teilnehmer eingebunden. Insbesondere gesunde Ernährung und Bewegung sollen langfristig im System Schule verankert werden, um dadurch einen gesunden Lebensstil bei Kindern und Jugend-





Abb. 3 und 4: Die Initiative BEO's will erreichen, dass gesunde Ernährung und Bewegung im System Schule verankert werden. (sst)

Maßnahmen durch die Einbindung von Kitas, Senioreneinrichtungen, Mehrgenerationenhäusern oder Sportvereinen generationsübergreifend auf die gesamte Kommune übertragen werden. Zur Realisierung langfristiger und nachhaltiger Erfolge in der Präventions- und Gesundheitsförderung der Region wurden bereits Absichtserklärungen mit der Universität Bayreuth, der Diakonie Bayreuth und Hochfranken Hof, der Techniker Krankenkasse, der Genussregion Oberfranken e.V., dem Seniorenamt der Stadt Bayreuth, der Vernet-

zungsstelle Schulverpflegung Oberfranken, dem BLSV e.V. Bezirk Oberfranken, der evangelischen Familien-Bildungsstätte plus Mehrgenerationenhaus Bayreuth sowie dem Kompetenzzentrum Ernährung Kulmbach geschlossen. Weitere Kooperationen sollen im Verlauf der Initiative hinzukommen, denn die Ziele von „GeRnGesund“ werden erreicht, wenn sich die Schulen mit anderen Akteuren in der Kommune vernetzen und sich in Bezug auf Gesundheitsförderung gemeinsam weiterentwickeln.



ERFOLGREICH IM BUNDESWEITEN FÖRDERWETTBEWERB

„GeRnGesund“ wurde zunächst aus 78 eingereichten Anträgen gemeinsam mit elf anderen Konzepten als förderwürdig ausgewählt und erhielt in einer mehrmonatigen Konzeptentwicklungsphase die Möglichkeit zur Weiterentwicklung und zum Ausbau der regionalen Vernetzung. Die Umsetzung von „GeRnGesund“ in der vierjährigen Realisierungsphase eröffnet die Chance, eine generationsübergreifende Vision einer gesunden Region Oberfranken zu verwirklichen. Die demografischen Herausforderungen erfordern langfristig wirksame und strukturelle Anpassungen mit dem Ziel, eine umfassende Gesundheitsversorgung in Oberfranken zu etablieren. Zu diesem Ziel kann die wissenschaftlich fundierte „GeRnGesund-Forschungsinitiative“ einen wesentlichen Beitrag leisten, der auch auf andere Regionen übertragen werden kann.

AUTOREN



Prof. Dr. Klaus Nagels leitet das Institut für Medizinmanagement und Gesundheitswissenschaften (IMG) an der Universität Bayreuth.



Dr. Isabel Schmidt, Diplom-Sportökonomin, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am IMG.

KLAUS NAGELS

Institut für Medizinmanagement und Gesundheitswissenschaften



Von links: Prof. Dr. Volker Ulrich, Prof. Dr. Klaus Nagels, Prof. Dr. mult. Eckhard Nagel, Prof. Dr. Jörg Schlüchtermann. Foto: IMG

Das Institut für Medizinmanagement und Gesundheitswissenschaften (IMG) der Universität Bayreuth ist Teil der Bayreuther Gesundheitsökonomie (s. Bild), die deutschlandweit zu den führenden Vertretern dieses interdisziplinär angelegten Faches gehört. Die Gesundheitsökonomie wendet ökonomische Theorien und Prinzipien an, um das Verhalten und Zusammenspiel von Individuen, Patienten, Anbietern im Gesundheitswesen, öffentlichen und privaten Organisationen, Politik vor allem vor dem Hintergrund von vielfältig gelagerten Entscheidungsprozessen besser zu verstehen. Diese Entscheidungsprozesse zeichnen sich dadurch aus, dass in deren Zentrum die Zuordnung von begrenzten Ressourcen steht. Theorien zur wissenschaftlichen Bearbeitungen umfassen beispielsweise allgemein die Felder Produktion, Wettbewerb oder speziell die Neue Institutionenökonomik oder die Neue Politische Ökonomie.

Dem IMG kommt in diesem Zusammenhang eine wichtige Schnittstellenfunktion zu – da nach einer historischen Phase der methodologischen Entwicklung des Faches – die Anwendung auf komplexe medizinische, pharmazeutische sprich gesundheitswissenschaftliche Themen zu bewerkstelligen ist. Die Herausforderung besteht darin in einem interdisziplinären Ansatz gleichermaßen am Puls der Zeit der gesundheitswissenschaftlichen und der gesundheitsökonomischen Forschung zu sein. Um sich den genannten Herausforderung zu stellen, sind die Arbeitsfelder des IMG in vier Bereiche unterteilt:

- 1 Gesundheitssystem, Versorgung, gesundheitsökonomische Evaluation
- 2 Prävention und Gesundheitsförderung
- 3 Medizinische Ethik und Anthropologie
- 4 Gesundheitswirtschaft, E-Health und Gesundheitskommunikation

In diesem Zusammenhang gehört es zu den Aufgabengebieten des IMG, auch im Hinblick auf die Themenfelder Gesundheit, Ernährung und Bewegung, Forschungsbeiträge zu liefern. Die Herausforderungen dazu sind im Bereich der Prä-

vention und Gesundheitsförderung angesiedelt. Aus gesundheitswissenschaftlicher Sicht sind viele Zusammenhänge im Spannungsfeld zwischen Gesundheit, Ernährung und Bewegung bekannt. Eine gesunde Ernährung in Kombination mit ausreichender körperlicher Betätigung kann eine Vielzahl von Krankheiten weitgehend vermeiden. Dies betrifft insbesondere Wohlstandserkrankungen wie Diabetes und Bluthochdruck, die mit vielen Spätkomplikationen einhergehen, die die Lebensqualität der Betroffenen stark einschränken oder auch zu einem frühen Tod führen können, der mehr oder weniger durch eine ungesunde Lebensführung verursacht wird.

Aus gesundheitsökonomischer Sicht verursachen die damit einhergehenden Erkrankungen einen großen Ressourcenbedarf, der sich dadurch auszeichnet, dass er letztlich solidarisch aufgebracht werden muss und in diesem Zusammenhang gleichzeitig einer Begrenzung unterliegt. Forschungsseitig ist im Hinblick auf das Dreieck Gesundheit, Ernährung und Bewegung vor dem Hintergrund der bestehenden gesundheitswissenschaftlichen Erkenntnisse vor allem interessant besser zu verstehen, worin letztlich nachhaltig wirksame Maßnahmen zur Vorbeugung (Prävention und Gesundheitsförderung) bestehen. Trotz vieler Erkenntnisse besteht gerade in diesem Zusammenhang nach wie vor großer Forschungsbedarf, dem sich insbesondere das IMG und das Institut für Sportwissenschaften in interdisziplinärer Kooperation seit einigen Jahren gemeinsam widmen.

Zukünftig ist geplant, den Forschungshorizont im Rahmen des Profildes Gesundheitswissenschaften und Ernährung zu erweitern. Die Voraussetzungen, sowohl in Forschung und Lehre maßgebliche Beiträge zu liefern, sind in den letzten Jahren bereits vorbereitet worden und durch erfolgreiche Drittmittelinwerbungen im Sinne einer Erfolgsmessung bestätigt worden. Das IMG will zukünftig seine Aufmerksamkeit den so genannten „Community Capacity Building“-Ansätzen, der Ernährungsepidemiologie und der Evaluationsforschung seine Aufmerksamkeit widmen.

WEBLINK

- www.img.uni-bayreuth.de

Der geplante Master-Studiengang „Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“

„Diesseits der Notaufnahme“ – unter diesem Motto arbeitet die Universität Bayreuth an der Bündelung ganz verschiedener wissenschaftlicher Aktivitäten, um effektiver zur Lösung einiger der wichtigsten Zukunftsfragen unserer Gesellschaft beitragen zu können. Die nachhaltige Versorgung mit gesunden Lebensmitteln gehört ebenso zu diesen wie die Gesundheitsförderung. Beide Fragen stehen in einem engen Zusammenhang.

Angesichts der Notwendigkeit ressourcenschonender Produktion und der zunehmenden Komplexität der Wertschöpfungsketten im Lebensmittelsektor stellt die Bereitstellung qualitativ hochwertiger Nahrung eine enorme Herausforderung dar. Gesunde Ernährung erfordert Innovation und Erkenntnis z.B. bzgl. der Zusammensetzung und physiologischen Wirkung von Lebensmitteln sowie der Qualitäts- und Herkunftsprüfung. Für unsere älter werdende Gesellschaft ist es essentiell, primärer Prävention und Gesundheitsförderung einen höheren Stellenwert zu geben als bisher geschehen. So können Leistungsfähigkeit und Lebensqualität erhöht werden bei gleichzeitiger Schonung ökonomischer Ressourcen.

Unser Ansatz in Bayreuth löst sich von traditionellen Fächergrenzen und versucht, moderne naturwissenschaftliche Forschungsansätze – beispielsweise aus der Biologie (Genetik, Pflanzenphysiologie, Tierphysiologie, Zellbiologie) und der Biochemie (Biopolymere, Analytik) – mit wissenschaftlicher Expertise aus den Rechts-, Wirtschafts- und Sportwissenschaften zu verbinden.

Entsprechend dieser Ausrichtung und in der bewährten Bayreuther Tradition interdisziplinärer Lehre ist im Bereich der Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften ein Master-Studiengang in der Entstehung, der Absolventinnen und Absolventen aus den oben genannten Bereichen offen steht und in der Ausbildung naturwissenschaftliche

Grundlagen von Ernährung, Umwelt und Krankheitsentstehung mit juristischen, ökonomischen und sportpsychologischen Aspekten von Nahrungsmittelproduktion, Prävention und Lebensführung verknüpfen wird.

Geplant ist die Einführung dieses Studiengangs zum Wintersemester 2014/15. Organisiert wird die Ausbildung in zwei Tracks, einem stärker rechts- und wirtschaftswissenschaftlich geprägten und einem stärker naturwissenschaftlich geprägten. In Anbetracht der fachlichen Breite soll das erste Semester den Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen der verschiedenen Disziplinen jeweils komplementär Grundlagen vermitteln. Im zweiten bis vierten Semester soll dann von allen Studierenden ein Kern-Curriculum, bestehend u.a. aus Lebensmittelrecht, Epidemiologie, Gesundheitsförderung und Biologie der Ernährung, absolviert werden. Dazu kommen Wahlpflichtaspekte wie etwa Qualitätsmanagement, Gesundheitsökonomik, Bioanalytik oder molekularbiologische Module. Ziel ist die Ausbildung z.B. für die Anforderungen von Versicherungen, Nahrungsmittelindustrie und Medien.



INFO

Studiengänge der Universität Bayreuth mit Bezug zum Profildfeld „Lebensmittel- und Gesundheitswissenschaften“

- Biologie, B.Sc. und Lehramt
- Biochemie, B.Sc.
- Sport Lehramt
- Sportökonomie, B.Sc. und M.Sc.
- Sportmanagement, MBA
- Gesundheitsökonomie, B.Sc. und M.Sc.
- Health Care Management, MBA
- Biochemie und Molekulare Biologie, M.Sc.
- Natur- und Wirkstoffchemie, M.Sc.
- Biotechnology and Process Engineering, M.Sc.
- Polymer Science, M.Sc.

