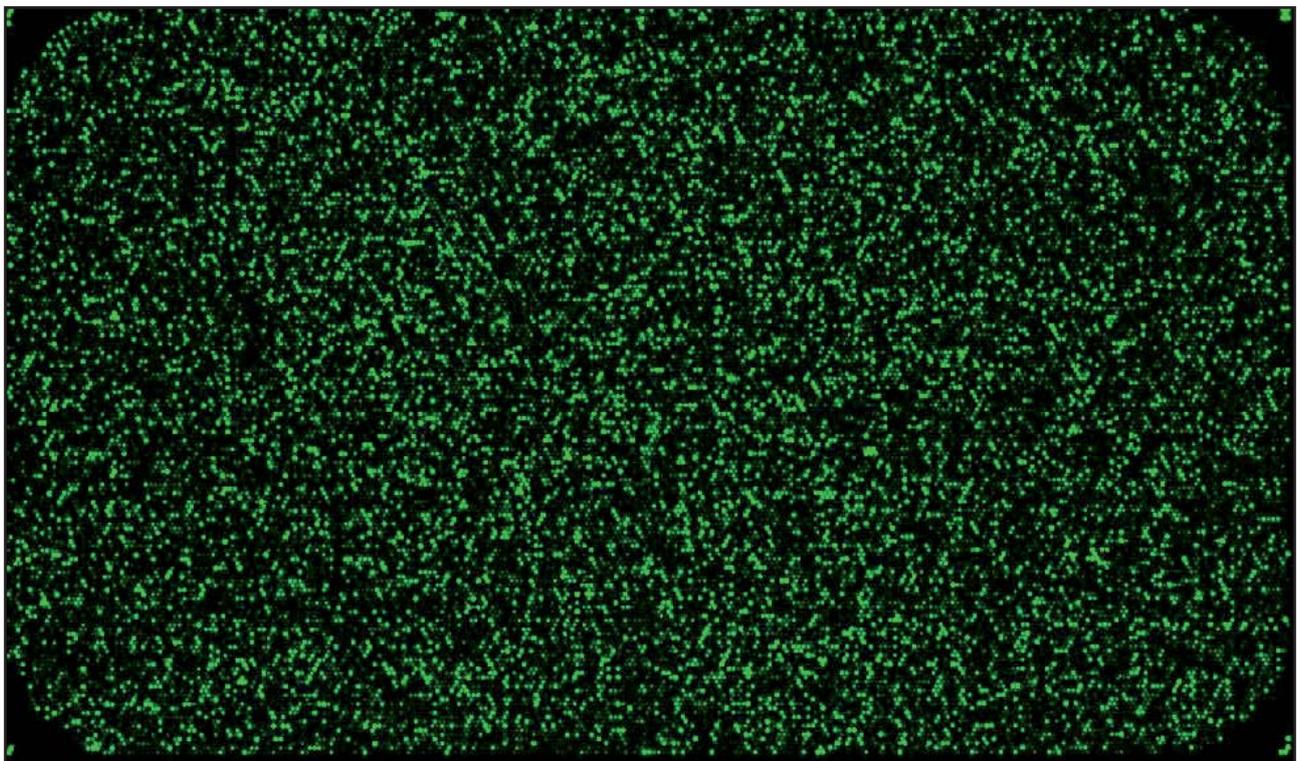


NUTRIGENOMIK: SCIENCE ODER FICTION?

Technisch-wissenschaftliche Informationen



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches
Volkswirtschaftsdepartement EVD
Forschungsanstalt
Agroscope Liebefeld-Posieux ALP

Inhalt

Zusammenfassung	3
Von der klassischen Biologie zu den « omik »-Wissenschaften	4
Aufkommen der Nutrigenomik	5
Nutrigenomik und Nutrigenetik	6
Klassische Beispiele der Nutrigenetik	7
Jüngste Beispiele aus der Nutrigenetik-Forschung	7
Ein kritischer Ansatz der Nutrigenetik	8
Nutrigenomik und soziale Diskrepanz	9
Ausbildung und Information im Bereich Nutrigenomik	9
Literatur	10
Résumé	10
Riassunto	11
Summary	11

ALP science

Titel

Nutrigenomik: Science oder Fiction?

Autoren

Guy Vergères, Francina Sagaya ALP

Herausgeber

Forschungsanstalt Agroscope

Liebefeld-Posieux (ALP)

Schwarzenburgstrasse 161

CH-3003 Bern

Telefon +41 (0)31 323 84 18

Fax +41 (0)31 323 82 27

http: www.alp.admin.ch

e-mail: science@alp.admin.ch

Contact

Guy Vergères ALP

Telefon +41 (0)31 323 84 18

Fax +41 (0)31 323 82 27

e-mail: guy.vergeres@alp.admin.ch

Layout

Marc Wassmer

Erscheinung

Mehrmals jährlich in unregelmässiger Folge

ISBN 978-3-905667-44-8

ISSN 1660-7856 (online)

Titelbild

DNS-Chip mit globalem Expressionsprofil der Genen in humanen Blutzellen, nach Einnahme fermentierter Milch durch einen Probanden

Nutrigenomik: Science oder Fiction?

Keywords: Nutrigenomics, nutrigenetics, nutrition, genome, transcriptome, proteome, metabolome, ethics, training, dairy products

Zusammenfassung

Die Forschung im Bereich der Humanernährung ist vom Aufkommen der Nutrigenomik geprägt, einer Wissenschaft, die auf einer dreissigjährigen Entwicklung in den Biowissenschaften (Medizin, Biochemie, Molekularbiologie), der Mikrotechnik und Informatik basiert. Das Projekt der Sequenzierung des menschlichen Genoms war Weg bereitend für einen holistischen Ansatz, bei welchem das Genmaterial, die Proteine und Metaboliten global charakterisiert werden. Dieser Ansatz wurde von der Pharmakologie entwickelt und findet nun eine neue Anwendung im Bereich der Humanernährung, da er eine umfassende Analyse der von der Ernährung verursachten Wirkungen auf den Stoffwechsel sowie auf die Vorbeugung chronischer Krankheiten ermöglicht. In diesem Zusammenhang

hat ALP, in Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ), mit einem Nutrigenomik-Projekt begonnen, um Bakterien zu selektionieren, mit denen sich gesundheitsfördernde Milchprodukte herstellen lassen. Die Nutrigenetik, ein Teilbereich der Nutrigenomik, geht noch weiter in der Analyse der von der Ernährung verursachten Wirkungen: dabei wird bestimmt, in welcher Weise der spezifische Genotyp eines jeden Individuums seine physiologische Antwort auf Nahrungsmittel beeinflusst. Dieser Ansatz könnte zu einer personalisierten Ernährung führen, dessen wirtschaftliche, soziale und ethische Konsequenzen zu bewerten und zu regulieren bleiben. Die Nutrigenomik wird das Bild von Ernährung und Ernährungswissenschaften tiefgreifend verändern und erfordert ein hohes Mass an Ausbildung und Information der Öffentlichkeit sowie der Gesundheits- und Ernährungsfachleute.

Familie Meier im Restaurant

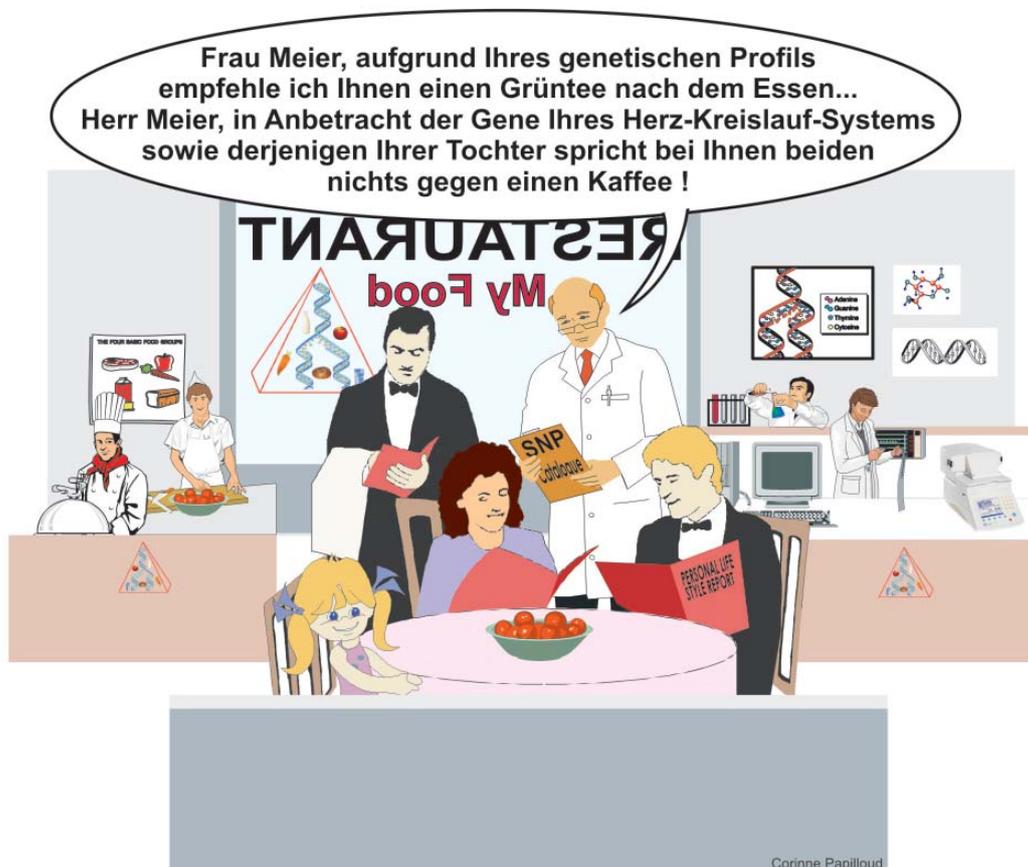


Abb: 1 Nutrigenomik: Science oder Fiction?

Von der klassischen Biologie zu den « omik »-Wissenschaften

Die in Abbildung 1 dargestellte Situation spielt sich in einem Szenario-Restaurant der Stadt ab. In der Mitte ist Familie Meier zu sehen, die ein hochqualitatives Essen beendet. Links hinten sieht man die Küche. Rechts ist überraschenderweise ein Labor zu sehen, obwohl es scheinbar seinen festen Platz im Restaurant hat. Der Kellner hält sich am Tisch von Familie Meier auf und wartet darauf, die Bestellung aufzunehmen. Eine unerwartete Person links vom Kellner erweckt unsere Aufmerksamkeit: man hat den Eindruck, es handle sich um einen Wissenschaftler, möglicherweise ein Arzt? Basierend auf den genetischen vorgängig im Labor des Restaurants bestimmten Profilen seiner Kundschaft empfiehlt der Wissenschaftler jedem Familienmitglied ein bestimmtes Getränk: Grüntee für die Dame, Kaffee so viel sie mögen, für den Herrn und seine Tochter. Die entspannte Atmosphäre erweckt den Eindruck, dass diese Situation von jedem der Protagonisten durchaus akzeptiert, ja sogar erwünscht ist.

Diese Szene scheint ein Auszug aus einem Science-fiction-Roman zu sein. Um in die Realität zurückzufinden genügt es jedoch, das Labor samt Personal ausserhalb des Restaurants zu verlegen. Mehrere meist amerikanische Unternehmen bieten eine individuelle Ernährungsberatung an, welche auf dem genetischen Profil ihrer Kundinnen und Kunden basiert. Das genetische Profil wird anhand einer per Post versandten Speichelprobe erstellt, die vorher mit Hilfe eines einfachen Abstrichs der Mundschleimhaut (Innenseite der Wange) mit einem Wattestäbchen entnommen wurde. Mit anderen Worten, im Austausch gegen Desoxyribonukleinsäure (DNS) und ein paar Hundert Franken, schlagen diese Unternehmen ihrer Kundschaft eine personalisierte Ernährung vor, die es ihnen ermöglicht, ein gesünderes Leben zu führen in dem die Wahrscheinlichkeit, chronische Krankheiten zu entwickeln, kleiner wird.

Bei solchen Worten denkt man leicht an Kurpfuscherei. Problematisch dabei ist aber, dass neue Dienstleistungen dieser Art auf einer neuen Wissenschaft basieren, nämlich der Nutrigenomik, welche sich auf drei Jahrzehnte steter Entwicklung/Forschung in den folgenden Bereichen stützt: Molekularbiologie, Mikro- und Nanotechnologie, Informatik, Genetik, Medizin und Humanernährung.

In der ersten Phase dieser Entwicklungen lernten die Wissenschaftler die Aktionsmechanismen der verschiedenen Molekültypen, welche alle biologischen Prozesse regeln zu identifizieren, quantifizieren und zu verstehen: DNS, Ribonukleinsäure (RNS), Proteine, Metaboliten. Es ist noch nicht lange her, da begannen Doktoranden der Biologie ihre Doktorarbeiten mit der Analyse eines Gens oder eines Proteins und waren davon überzeugt, während ihrer ganzen beruflichen Karriere und bis an deren Ende an dem gleichen Molekül weiter zu arbeiten. Ein funktioneller menschlicher Organismus jedoch setzt sich aus etwa 25'000 Genen, 100'000 RNS-Molekülen, 1 Million Proteinen und mehreren Tausend Metaboliten zusammen, welche im Rahmen eines komplexen und dynamischen Systems miteinander reagieren. Wahrscheinlich ist es also illusorisch, einen solchen Organismus zu verstehen, wenn man sich nur auf eine begrenzte Anzahl Moleküle konzentriert.

Während der achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts hat die Gesellschaft für Biowissenschaften und Technologie, die aus der Mikrotechnik (Miniaturisierung, Automatisierung, Hochgeschwindigkeit, Computerisierung) hervorging, die Forscher zu den « omik » Wissenschaften hingeführt, welche den Weg für eine Globalanalyse der Moleküle von Lebewesen ebnet: Das internationale Konsortium HUGO (Human Genome Organisation), dessen Ziel die Sequenzierung der aus 3 Billionen von Elementen bestehenden DNS des menschlichen Genoms war, hat seine Arbeit beinahe abgeschlossen (Genomik-Technologie); wenige Zentimeter grosse Chips ermöglichen zu verstehen, wie ein Stimulus das Genom eines Individuums aktivieren kann. Dies geschieht durch die simultane Quantifizierung von mehr als 40'000 Molekül-Boten-RNS, also denjenigen Molekülen, die für die Aktivierung der auf den Genen befindlichen Informationen verantwortlich sind (Transkription); noch aktueller: neue Technologien, die aus der Chemie und Physik (Hochleistungsflüssigchromatographie, Massenspektroskopie, Nuklearmagnetresonanz) sowie aus der Biochemie (zweidimensionale Elektrophorese) hervorgehen, wurden in der Biologie angewandt, um die gesamten Proteine (Proteomik) und Metaboliten (Metabolomik), welche in biologischen Proben vorhanden sind, zu identifizieren und zu quantifizieren.

In einer dritten, noch neueren Phase konnten sich auch die « omik »-Wissenschaften den modernen Tendenzen der Globalisierung und Fusion nicht verschliessen. Sie haben sich folglich zu einer Interessengemeinschaft verbunden und die Informatik und Mathematik zu ihrer „Technologiearmada“ hinzugezogen. Die aus diesen neuesten Entwicklungen hervorgegangene Wissenschaft, die systemische Biologie, beruht auf einem holistischen Ansatz (aus dem Griechischen *holè*, was Gesamtheit bedeutet) der Biologie und Physiologie, indem die Gesamtheit der Komponenten von biologischen Systemen untersucht wird. Vor Kurzem stellte sich die Eidgenössische Technische Hochschule, gemeinsam mit den Universitäten Basel und Zürich, der Herausforderung der systemischen Biologie und gründete das „Institut für systemische Biologie“. Die Wahl des Standorts Basel zeigt, dass die Anwendung der « omik »-Wissenschaften in erster Linie im Bereich der Humanmedizin und insbesondere der Pharmakologie zu suchen ist.

Aufkommen der Nutrigenomik

Welchen Platz nimmt die Nutrigenomik in dieser Entwicklung ein? Unter wissenschaftlichem Aspekt sind die Prozesse, welche die Einnahme, die Verteilung, den Metabolismus und die Ausscheidung eines oral eingenommenen Medikaments bestimmen, nicht anders konzipiert als diejenigen, welche die Interaktionen zwischen Nahrung und Mensch bestimmen. Ein grosser Unterschied besteht in der hohen Komplexität der mit der Ernährung zusammenhängenden Prozesse, schon allein deshalb, weil ein Nahrungsmittel im Hinblick auf seine chemische Zusammensetzung vielschichtiger ist als ein Medikament. Durch die komplexe Natur der von den Ernährungswissenschaften aufgeworfenen Fragen sind diese für einen « omik » Ansatz prädestiniert, da dieser global und frei von Hypothesen ist, die auf bereits bestehendem Wissen basieren. Mit einem Jahrzehnt Verspätung aber unter Nutzung der schon vorhandenen pharmakologischen Erkenntnisse, öffnet sich die Forschung in den Sektoren Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften also auch den « omik »-Wissenschaften. In anerkannten wissenschaftlichen Zeitschriften erscheinen seit einigen Jahren die ersten Artikel, welche die Nutrigenomik thematisieren.

Europa verfolgt eine aktive Entwicklungspolitik der Nutrigenomik, da das internationale Konsortium NUGO (European Nutrigenomics Organisation), welches sich aus mehr als 20 Spitzenforschungslaboratorien zusammensetzt, vor einigen Jahren gegründet wurde. Abgesehen von dem hoch kompetenten Nestlé-Forschungszentrum steckt die Nutrigenomik in der Schweiz noch in den Kinderschuhen. In Zusammenarbeit mit der ETH-Zürich hat die Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP ein Forschungsprogramm begonnen, in welchem die « omik »-Technologien angewandt werden. Insbesondere wird eine Studie im Bereich der Humanernährung durchgeführt werden, um herauszufinden, wie die Milchfermentation durch die Milchsäurebakterien, z.B. während der Joghurtherstellung, die physiologische Reaktion des Menschen auf Milchprodukte verändert, beispielsweise in Form von verbesserten Abwehrkräften (Abb. 2). Das mittelfristige Ziel eines solchen Ansatzes ist die Entwicklung effizienter Methoden, die sich auf die Selektion von Bakterien konzentrieren, mit denen sich fermentierte Milchprodukte mit gesundheitsfördernden Eigenschaften herstellen lassen. Auf diese Weise wird schlussendlich die Wertschöpfung der in der Milch erhöht.

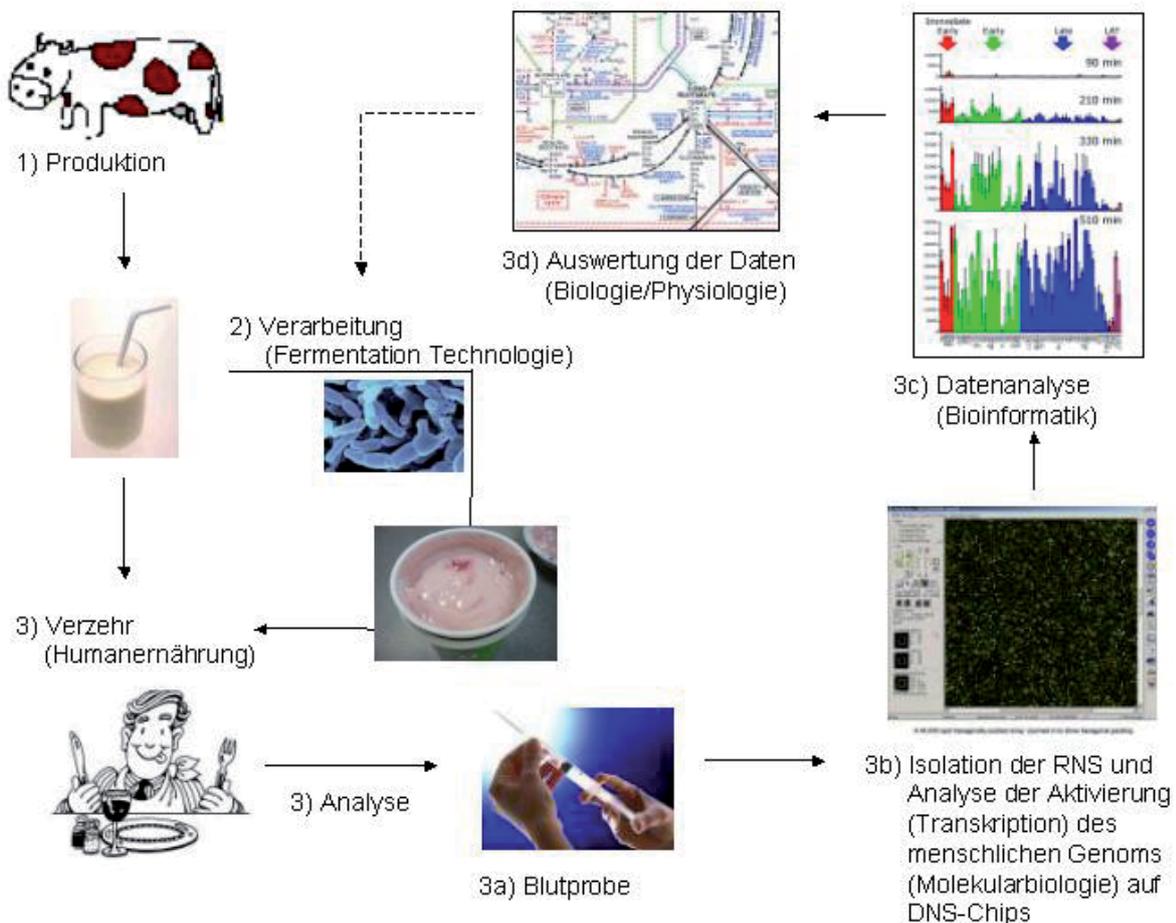


Abb. 2 Darstellung des von ALP und ETHZ durchgeführten Nutrigenomik-Projektes

Nutrigenomik und Nutrigenetik

Die Nutrigenomik deckt einen breiten Bereich ab (im Jahr 2006 bei Google >300'000 Einträge für den Begriff « nutrigenomics »). Die meisten dieser Seiten behandeln eigentlich einen Teilbereich der Nutrigenomik, die Nutrigenetik.

Was versteht man unter Nutrigenetik? Das Projekt HUGO, in dem es um die Sequenzierung des Humangenoms geht, ermöglichte uns, das menschliche Genom auf molekularer Ebene von denjenigen anderer Lebewesen zu unterscheiden. Wirft man einen Blick auf die Strasse, wird man sich bewusst, dass wir alle – auch eineiige Zwillinge – verschieden sind. Der molekulare Ursprung dieser Tatsache weckt natürlich die Neugier der Wissenschaftler. Etwa 0.1 % des menschlichen Genoms, also 3 Millionen Basenpaare, ist Mutationen unterworfen, vor allem während der Reproduktion (die Kopiermechanismen unserer Gene sind während der Reproduktion nicht perfekt!). Diese Mutationen, die Single-Nukleotid-Polymorphismen (SNP), sind auf dem gesamten Genom verteilt und gehören zu den Schlüsseln unserer Verschiedenartigkeit. Hinzu kommt, dass unsere Umwelt, und zwar nicht nur die Schadstoffe, denen wir ausgesetzt sind, sondern auch unsere Ernährung (wir sind was wir essen!) unsere Gene in signifikanter Weise verändert. Diese Mechanismen sind die Grundlage der menschlichen Evolution, da sich ein bei der Fortpflanzung fehlerfreies, für die Umwelt undurchlässiges, biologisches System schlicht und einfach nicht entwickeln könnte.

Das internationale Kartographierungs-Projekt HapMap („Haplotype Map“), dessen Ziel in der Identifizierung aller SNPs des menschlichen Genoms besteht, nimmt nun die Frage nach der genetischen Differenzierung auf der Ebene von Bevölkerungsgruppen und Individuen in Angriff: wird man sich der Tatsache bewusst, dass jeder der 3 Millionen SNP mit jedem anderen kombiniert werden kann, erkennt man, dass die Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten schier unendlich ist. Mit anderen Worten, jedes Individuum ist unter genetischem Aspekt einzigartig. Im Bereich der Technologie werden Chips entwickelt, die bereits die Identifizierung von bis zu 100'000 SNPs ermöglichen. Die Herstellung eines DNS-Chips, mit welchem alle SNPs eines Individuums identifiziert werden können, ist folglich nicht mehr eine technische Frage, sondern eher eine des Marketings (Nachfrage, Kosten).

Klassische Beispiele der Nutrigenetik

Die individualisierte Ernährung, welche auf genetischen oder molekularen Beobachtungen basiert, ist nicht neu, da sie in zwei wohl bekannten Fällen bereits seit Jahrzehnten angewandt wird.

Nicht alle Menschen haben die Fähigkeit geerbt, die Laktose in der Milch zu verdauen, sondern nur bestimmte Völker, insbesondere die Mitteleuropäer. Für sie stellte sich das Vorhandensein einer hohen Menge an Lactase, dem für die Laktoseverdauung verantwortlichen Enzym, als selektiver Vorteil für ihre Evolution im Rahmen der Weidewirtschaft heraus. In der heutigen Zeit kommen immer mehr laktosearme Produkte auf den Markt. So können auch Völker und Einzelpersonen, die nicht in der Lage sind, Laktose zu verdauen, Milchprodukte zu sich nehmen.

In der Medizin ist die Phenylketonurie ein weiteres klassisches Anwendungsbeispiel der Nutrigenetik. Diese Krankheit, die sich bei Nicht-Behandlung in schweren neurologischen Störungen äussert, tritt bei Neugeborenen und Kindern auf, bei welchen spezifische Mutationen bei denjenigen Proteinen vorliegen, die für die Transformation der Aminosäure Phenylalanin zu Tyrosin verantwortlich sind (eines von 18'000 Kindern in der Schweiz). Seit mehr als 20 Jahren werden Neugeborene auf das Vorhandensein dieser Mutation getestet und bei einigen genetischen Formen erweist sich eine Phenylalaninarme Diät bei der Vorbeugung dieser Krankheit als sehr wirksam.

Jüngste Beispiele aus der Nutrigenetik-Forschung

Zahlreiche Artikel rühmen die positiven Wirkungen von Grüntee im Hinblick auf die Verringerung des Krebs- und Bluthochdruckrisikos. Wissenschaftliche Studien haben sogar gezeigt, dass Moleküle des Tees, die Catechine, für diese vorteilhaften Eigenschaften verantwortlich sind. Eine Rückschau auf klinische Studien zu diesem Thema lässt zwar vermuten, dass Grüntee das Auftreten solcher Krankheiten vermindert, statistisch lässt es jedoch sich nicht erhärten. Die Frage nach dem präventiven Potenzial von Grüntee bleibt also offen. Eine kürzlich durchgeführte klinische Studie verfolgt einen nutrigenetischen Ansatz mit der Hypothese, dass ein bestimmtes genetisches Profil die Fähigkeit eines jeden Individuums festlegt, um auf die positiven Wirkungen des Grüntees zu reagieren. Insbesondere das angiotensin converting enzyme (ACE), eines der zahlreichen Proteine, welches eine zentrale Rolle im Hinblick auf die Krebs erregenden Prozesse spielt, findet man in der Bevölkerung in unterschiedlichen Formen (Polymorphismen), da einige Krebsformen mit Hilfe der Catechine des Grüntees wirkungsvoller unterdrückt werden. Eine kürzlich durchgeführte genetische Analyse hat ergeben, dass bei der Teilnehmergruppe mit aktiveren ACE-Polymorphismen der regelmäßige Genuss von Grüntee das Risiko, an Brustkrebs zu erkranken, um ein Drittel geringer ist im Vergleich zur Gruppe mit weniger aktiven ACE-Polymorphismen.

Die potenziellen Risiken, welche Kaffee im Hinblick auf das Herzkreislaufsystem birgt, sind seit langem Thema zahlreicher Untersuchungen. Eine kürzlich durchgeführte Studie zeigt, dass ein hoher Kaffeekonsum bei Personen, die ein ganz spezifisches SNP-Profil auf dem Cytochrom P450 kodierenden Gen besitzen, mit einem erhöhten Herzinfarktrisiko korreliert ist. Dieses Profil führt zu einer weniger aktiven Form des Cytochrom P450, einem Protein, welches für die Entgiftung des Koffeins wichtig ist.

Das letzte Beispiel betrifft die gesundheitliche Auswirkung des Konsums von Nahrungsfetten. Eine vor kurzem erschienene wissenschaftliche Publikation wurde von den Medien rege kommentiert: nachdem mehr als 48.000 Frauen mit unterschiedlichen Ernährungsgewohnheiten (Fett, Früchte, Gemüse....) mehrere Jahre lang beobachtet wurden, zogen die Autoren die Schlussfolgerung, dass ein geringerer Fettverzehr die Entwicklungen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und verschiedenen Krebsarten nicht signifikant senkt. Eine früher publizierte nutrigenetische Studie legt jedoch nahe, dass ein Einfluss auf die Gesundheit nur dann festgestellt werden kann, wenn man der molekularen Zusammensetzung der Fette sowie den genetischen Profilen der Konsumentenschaft Beachtung schenkt. Ist das Profil des Arachidonat 5-Lipoxygenase Polymorphismus – einem codierenden Gen für ein Protein, welches beim Fettstoffwechsel eine zentrale Rolle spielt – so beschaffen, dass es die Aktivität dieses Enzyms begünstigt, führt dies bei den betroffenen Personen zu einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, wenn sie eine zu grosse Menge an mehrfach ungesättigten Omega-6 Fettsäuren aufnehmen. Andererseits besteht für diese Personen ein reduziertes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, wenn sie eine ausreichende Menge an mehrfach ungesättigten Omega-3 Fettsäuren zu sich nehmen. Diese Beobachtungen lassen darauf schliessen, dass die Omega-3 und Omega-6 Fettsäuren in ganz spezifischer Weise und nur bei bestimmten genetischen Bevölkerungsgruppen günstig oder ungünstig wirken können.

Ein kritischer Ansatz der Nutrigenetik

Diese Beispiele werfen ein anderes Licht auf die Relevanz der am Anfang des Artikels beschriebenen Situation. Vielleicht ist eine Verwandte von Frau Meier an Brustkrebs erkrankt? Möglicherweise hat Frau Meier gerade ihr ACE-Gen testen lassen und allenfalls korreliert dieses mit einer Risikosenkung bei regelmässigem Genuss von Grüntee! Was spricht also dagegen, täglich eine Tasse Grüntee zu trinken, sogar wenn Frau Meier ihren Gatten um seinen Kaffee beneidet? Wäre es andererseits von Herrn Meier und seiner Tochter verantwortlich immense Mengen Kaffee zu trinken, nur weil beide ein vernünftiges genetische Profil des Cytochroms P450, das Enzym für den Koffeinstoffwechsel, besitzen?

Eine Marktanalyse zeigt, dass fast einer von zwei amerikanischen Konsumenten bereit wäre, die Angebote der Nutrigenetik zu nutzen. Für diese Dienstleistung würden Konsumentinnen und Konsumenten bis zu 400 Dollar zahlen. Andererseits hat eine englische Verbraucherschutzorganisation kürzlich die Niederlassung eines Nutrigenetik-Unternehmens in England verhindert. Diese Beispiele zeigen, dass die Ansichten im Hinblick auf die Dienstleistungen der Nutrigenetik geteilt sind und eine Klärung der Situation erforderlich ist.

Obwohl die wissenschaftlichen Grundlagen, die eine Weiterentwicklung der Nutrigenomik rechtfertigen, solide sind, zeigt eine kritische Analyse, dass es noch eine Reihe von Punkten zu klären gilt, bevor die Nutrigenomik den Schritt von der Forschung in die Öffentlichkeit vollzieht.

Zuerst ist das Potenzial der Nutrigenomik und insbesondere das der Nutrigenetik als angewandte Wissenschaft abzusichern und zu bestätigen. Dazu muss die analytische Gültigkeit der genetischen Tests bestimmt werden, um fatale Konsequenzen falscher Ergebnisse zu vermeiden. Auch die klinische Gültigkeit der Nutrigenomik muss bewiesen werden. Insbesondere diejenigen Studien, welche

eine selektive Wirkung bestimmter Lebensmitteltypen auf Menschen mit spezifischen Polymorphismen nachgewiesen haben, *müssen durch Studien von grösserer Tragweite bestätigt werden*. Ebenso ist der klinische Nutzen der nutrigenetischen Strategien nachzuweisen: Wozu bei bestimmten Personen einen « ungünstigen » Polymorphismus konstatieren, wenn keine wirksamen Diäten zur Verfügung stehen? Ebenso wenig liesse sich ein genetischer Test vertreten, wenn ein « günstiger » Polymorphismus zu einem unverantwortlichen Ernährungsverhalten dieser Personen führen würde. Die deutlichste Kritik an der Nutrigenetik als Wissenschaft, welche das Wohlbefinden von Konsumentinnen und Konsumenten verbessern kann, ist die Tatsache, dass Ernährung und chronische Krankheiten sehr komplexe Phänomene sind. Diese schliessen eine unberechenbare Anzahl an Molekülen mit ein, in welchen Redundanzen zu einer stabilisierenden Trägheit führen und folglich nur schwer punktuell zu beeinflussen sind. Krebs ist dafür ein gutes Beispiel, da oftmals zahlreiche SNPs zu einer Prädisposition und einer Entwicklung dieser Krankheiten beitragen. Schliesslich ist es wichtig, diese durch die Nutrigenetik aufgeworfenen ethischen Fragen zu beantworten. Hier muss ebenso wie bei der biomedizinischen Genetik eine kritische Bewertung vorgenommen werden, wie die durch die Nutrigenetik generierte Informationen zu handhaben sind, um die Integrität Individuen, und sozialer oder ethnischer Gruppen gegenüber Dritten (Arbeitgeber, Versicherungen) zu bewahren.

Um eine gezielte, verantwortungsbewusste und effiziente Anwendung zu gewährleisten, sind die oben genannten Themen/Fragen durch kompetente Behörden zu regeln. Die Debatte in Bezug auf die Nominierung der für diese Regelungen verantwortlichen Institutionen ist in bestimmten Ländern wie Grossbritannien und den USA eröffnet. Allem Anschein nach erschwert der neue und interdisziplinäre Status der Nutrigenomik als Schnittstelle zwischen mehreren Wissenschaften wie der Ernährung und der Medizin die Fortschritte in diesem spezifischen Bereich.

Nutrigenomik und soziale Diskrepanz

Auf den ersten Blick ist die Nutrigenomik scheinbar eine Wissenschaft für gut gestellte Einzelpersonen und soziale Schichten sowie für wirtschaftlich begünstigte Länder. Dieses Urteil ist aus verschiedenen Gründen zu revidieren:

Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) schätzt die Anzahl unterernährter Menschen in der Welt auf fast eine Milliarde. Die Defizite an Kalorien und Mikronährstoffen wie Vitaminen, die schon früh im Leben jedes Menschen von Bedeutung sind, vor allem während, ja sogar vor der Empfängnis, führen zu Veränderungen auf molekularer Ebene, die von einer Generation zur anderen weitergegeben werden. Dieses Phänomen trägt folglich nicht nur zu Krankheiten als Ergebnis der Unterernährung bei, sondern auch zur Beibehaltung dieses Zustands. Würde sich die Nutrigenomik mit diesen Mechanismen befassen, könnte sie einen grossen Beitrag leisten im Kampf gegen die Auswirkungen von Unterernährung. Darüber hinaus könnte die Nutrigenomik zu einem grösseren Verständnis für den spezifischen Nährstoffbedarf verschiedener an Unterernährung leidender Völker beitragen und folglich die politischen Entscheide diesbezüglich lenken.

In den Entwicklungsländern mit hoher Wachstumsrate wie beispielsweise China ist der verbesserte Zugang zu Nahrungskalorien von zunehmender Fettleibigkeit und Diabetes begleitet. Forschungsergebnisse im Bereich der Nutrigenomik, die darauf abzielen, das Fortschreiten dieser Krankheiten in Industrieländern zu bremsen, müssten verwendet werden, um zu verhindern, dass es in den Entwicklungsländern zu den gleichen Epidemien kommt.

Die SNPs sind in der Bevölkerung nicht homogen verteilt. Zum Teil erfolgt die Verbreitung über den mit der Evolution des Menschen verbundenen Migrationsfluss, welcher zur Entwicklung von Bevölkerungen mit unterschiedlichen Kulturen geführt hat. Die Verbreitung der meisten Polymorphismen, die mit der Erregung chronischer Krankheiten im Zusammenhang stehen, unterscheidet sich je nach Bevölkerung. In einer Gesellschaft, in welcher die wirtschaftlich-sozialen Unterschiede zwischen Einzelnen durch die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Bevölkerungsgruppe bestimmt werden (ethnische Gruppe), verfügt die Nutrigenomik über das Potenzial, die sozialen Unterschiede zu verringern. Dies könnte über ernährungsbezogene, für jede Bevölkerung spezifische Lösungen erfolgen, um chronische Krankheiten zu bekämpfen.

Die Nutrigenomik bleibt, ebenso wie die Pharmakogenomik, eine elitäre und folglich kostspielige Wissenschaft. Wahrscheinlich kommen die durch diese Wissenschaft gewonnenen Erkenntnisse in erster Linie der wirtschaftlich besser gestellten Gesellschaft zugute. In diesem Zusammenhang haben sich die Experten auf dem Gebiet der Sozial-, Wirtschafts- und Ethikwissenschaften im Jahr 2006 zusammengeschlossen, um ihren Beitrag auf dem Gebiet der Genetik und Genomik zu leisten bei der spezifischen Bewertung der Bedürfnisse verschiedener ethnischer Gruppen hinsichtlich ihrer medizinischen Pflege und Behandlung.

Ausbildung und Information im Bereich Nutrigenomik

Die Nutrigenomik ist eine interdisziplinäre Wissenschaft. Momentan arbeiten die Unternehmen, die der Konsumentenschaft Dienstleistungen im Bereich der Nutrigenetik anbieten, häufig ohne das Beiziehen von Gesundheitsspezialisten. Konsumenten und Konsumentinnen, die diese Dienstleistung genutzt haben oder nutzen möchten, werden sich diesbezüglich häufig an ihren Hausarzt beziehungsweise ihre Hausärztin wenden. Diese sind allerdings gleich in zwei Belangen in einer schlechten Position: in erster Linie deshalb, weil Allgemeinmediziner nicht unbedingt Spezialisten auf dem Gebiet der Ernährung und Genetik sind. Darüber hinaus beschäftigen sie sich normalerweise damit, Krankheiten ihrer Patientinnen und Patienten zu diagnostizieren und zu behandeln und nicht damit, chronischen Krankheiten bei gesunden Personen vorzubeugen. Wenn das präventive Potenzial der Nutrigenetik in die Praxis umgesetzt wird, stellt sich sowohl die Frage nach der Gewährleistung der notwendigen Strukturen, um solche Dienstleistungen zu verbreiten, als auch nach der Rolle von Gesundheitsspezialisten (Allgemeinmedizinerinnen, Genetiker, Ernährungswissenschaftlerinnen) und den entsprechenden Institutionen.

In Anbetracht der mit dieser neuen Wissenschaft aufgetretenen Fragen gehören Information und Bildung zu den Aufgaben der Schulen und Behörden. Unter diesem Aspekt lanciert das Institut für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften der ETH Zürich im Frühjahr 2007 einen Nutrigenomikkurs (Master und Nachdiplomstudien). Ziel dieses Kurses ist es vor allem, die zukünftigen Gesundheits- und Humanernährungsprofis im Hinblick darauf zu sensibilisieren, dass die Ernährung in eine neue Ära eingetreten ist und neue « omik »-Technologien die Grenzen zwischen Wissenschaften sprengen, die ursprünglich auf ihre eigenen Spezifitäten begrenzt waren. Das wissenschaftliche Potenzial der Nutrigenomik und die damit zusammenhängenden ethischen, sozialen und kommerziellen Fragestellungen verbinden sich zu einer modernen, der Öffentlichkeit ausgesetzten Wissenschaft, die in den kommenden Jahren in der Gesellschaft sicherlich thematisiert wird.

Literatur

Weitere Informationen zur Nutrigenomik:

Corthésy-Theulaz I., den Dunnen, J.T., Ferré P., Geurts J.M.W., Müller M., van Belzen N. & van Ommen B., 2005. Nutrigenomics: The impact of biomics technology on nutrition research, *Ann. Nutr. Metab.* **49**, 355-365.

Afman L. & Müller M., 2006. Nutrigenomics : from molecular nutrition to prevention of disease, *J. Am. Diet. Assoc.* **106**, 569-576

http://www.db-alp.admin.ch/de/publikationen/docs/vortrag_2006_03_24_78.pdf

Résumé

La nutriginomique: science ou fiction?

La recherche dans le domaine de la nutrition humaine est marquée par l'émergence de la nutriginomique, une science qui se base sur trois décades de développements dans les sciences de la vie (médecine, biochimie, biologie moléculaire), la microtechnique et l'informatique. Le projet de séquençage du génome humain a ouvert les portes à une approche holistique dans laquelle le matériel génétique, les protéines et les métabolites sont caractérisés d'une manière globale. Cette approche a été développée pour la pharmacologie et trouve maintenant une nouvelle application dans le domaine de la nutrition humaine en permettant une analyse compréhensive des effets de l'alimentation sur le métabolisme et sur la prévention des maladies chroniques. Dans ce contexte, ALP a débuté un projet de nutriginomique afin de sélectionner des bactéries produisant des produits laitiers fermentés qui soient bénéfiques à la santé. La nutriginétique, un sous-domaine de la nutriginomique, va encore plus loin dans l'analyse des effets de l'alimentation en déterminant comment le génotype spécifique à chaque individu influence sa réponse physiologique aux aliments. Cette approche pourrait mener à une alimentation personnalisée dont les conséquences commerciales, sociales et éthiques restent à être évaluées et régulées. La nutriginomique va profondément transformer l'image de la nutrition et des sciences nutritionnelles et demande donc un effort de formation et d'information vis à vis du public et des professionnels de la santé et de la nutrition.

Riassunto

La nutrigenomica: scienza o fantascienza?

La ricerca nel campo dell'alimentazione umana è segnata dalla nascita della nutrigenomica, una scienza che si basa su tre decenni di progressi nelle scienze della vita (medicina, biochimica, biologia molecolare), nella microtecnica e nell'informatica. La mappatura del genoma umano ha aperto le porte ad un approccio olistico secondo cui materiale genetico, proteine e metaboliti sono caratterizzati in modo globale. Questo approccio è stato sviluppato per la farmacologia e, attualmente, ha trovato una nuova applicazione nel campo dell'alimentazione umana, consentendo un'analisi integrale degli effetti dell'alimentazione sul metabolismo e sulla prevenzione delle malattie croniche. In tale contesto, ALP ha lanciato un progetto di nutrigenomica in collaborazione con il Politecnico Federale di Zurigo (ETHZ) volto a selezionare batteri in grado di produrre latticini fermentati che hanno un effetto benefico sulla salute. La nutrigenetica, una sottobranca della nutrigenomica, va ben oltre nell'analisi degli effetti dell'alimentazione, determinando il modo in cui uno specifico genotipo influenza la risposta fisiologica dell'individuo agli alimenti. Questo approccio potrebbe consentire di realizzare una dieta personalizzata, il cui impatto commerciale, sociale ed etico resta ancora da valutare e regolamentare. La nutrigenomica è destinata a trasformare profondamente il campo dell'alimentazione e delle scienze nutrizionali. Pertanto richiede uno sforzo dal profilo della formazione e dell'informazione per il pubblico e gli esperti di salute ed alimentazione.

Summary

Nutrigenomics: science or fiction?

Research in the domain of human nutrition is marked by the emergence of nutrigenomics, a science based on three decades of developments in life sciences (medicine, biochemistry, molecular biology), microtechnics and informatics. The sequencing of the human genome opened the door to a holistic approach in which genetic material, proteins and metabolites are characterized in a global way. This approach was developed for pharmacology and now finds a new application in human nutrition by allowing a comprehensive understanding of the effects of food and nutrients on the metabolism and on the prevention of chronic diseases. In this context, ALP has started a nutrigenomics project in collaboration with the Swiss Institute of Technology in Zurich (ETHZ) in order to select bacteria producing dairy fermented products that are beneficial to health. Nutrigenetics, a subdomain of nutrigenomics, goes further in the analysis of the effects of nutrition by determining how the specific genotype of individuals influences their physiological response to food. This approach may lead to a personalized nutrition for which the commercial, social and ethical consequences remain to be evaluated and regulated. Nutrigenomics will deeply transform the landscape of nutrition and nutritional sciences and therefore requires a training- and an information effort towards the public and professionals of the health and nutrition sector.