

archiviert unter <http://orgprints.org/00000754/>

Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren

Statusbericht 2003

vorgelegt von
der

**Senatsarbeitsgruppe
"Qualitative Bewertung von Lebensmitteln aus alternativer
und konventioneller Produktion"**

Bernhard Tauscher, Günter Brack, Gerhard Flachowsky, Martina Henning, Ulrich Köpke,
Angelika Meier-Ploeger, Klaus Münzing, Urs Niggli, Klaus Pabst, Gerold Rahmann,
Corinna Willhöft und Esther Mayer-Miebach (Koordination)

Vorwort

Der Senat der Bundesforschungsanstalten im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) setzt sich aus den Leitern bzw. Präsidenten der Bundesforschungsanstalten und zugewählten Wissenschaftlern aus dem Kreis der im Bundesdienst stehenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie dem Leiter der Zentralstelle für Agrardokumentation zusammen. Die Präsidenten der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung und des Bundessortenamtes sowie die Leiter der gemeinsam von Bund und Ländern gemäß Artikel 19 des Grundgesetzes geförderten Einrichtungen im Geschäftsbereich des BMVEL können an den Sitzungen des Senates mit beratender Stimme teilnehmen.

Der Senat hat die Aufgabe, die wissenschaftlichen Angelegenheiten der Bundesforschungsanstalten zu koordinieren und unter anderem bei der Aufstellung des Forschungsplanes des BMVEL mitzuwirken, insbesondere aus wissenschaftlicher Sicht Prioritäten zu setzen, weiterhin anstaltsübergreifende und interdisziplinäre Forschungsprogramme und –schwerpunkte zu entwickeln sowie problem- und methodenorientierte Senatsarbeitsgruppen (SAG) aus Wissenschaftlern der Bundesforschungsanstalten und anderer Forschungseinrichtungen zu bilden. Hieraus ergibt sich die Legitimation der Senatsarbeitsgruppe „Qualitative Bewertung von Lebensmitteln aus alternativer und konventioneller Produktion“. Initiiert vom BMVEL hat der Senat dieser Arbeitsgruppe den Auftrag erteilt, einen Statusbericht zur Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren zu erarbeiten. Diese sehr komplexe Thematik hat die interdisziplinäre Ausrichtung der SAG unter Einbeziehung vieler Experten aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen erfordert. Trotz der daraus resultierenden, häufig schwierigen Diskussionen ist es gelungen, ein konsensfähiges Papier vorzulegen.

Der Statusbericht strebt eine möglichst umfassende Darstellung der wichtigen Aspekte des bearbeiteten Themas an; gleichwohl ist eine abschließende Abhandlung aller Aspekte im Rahmen eines Statusberichtes nicht zu erreichen und konnte damit auch nicht Gegenstand der vorliegenden Literaturstudie sein. Bedingt durch die Komplexität der zu behandelnden Materie einerseits und die für einen handhabbaren Statusbericht erforderliche Kürze und Kompaktheit andererseits wurden teilweise vereinfachende Darstellungen bewusst in Kauf genommen. Möglicherweise einhergehende Unzulänglichkeiten im Hinblick auf ausführliche Erläuterungen von Sachverhalten sollen durch die dem Statusbericht beigefügte Literaturliste ausgeglichen werden (Anhang 1).

Beteiligte Einrichtungen

| | |
|-------|---|
| ATB | Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Potsdam |
| BAFZ | Bundesanstalt für Züchtungsforschung, Quedlinburg |
| BBA | Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig |
| BFAFi | Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg |
| BgVV | Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, Berlin |
| EQC | Elektrochemisches Qualitäts-Consult, Triesdorf |
| FAL | Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig |
| FBN | Forschungsinstitut für die Biologie der Nutztiere, Dummerstorf |

| | |
|--|---|
| FiBL | Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick (Schweiz) |
| Forschungsverbund Produkt und Ernährungsforschung: | |
| ---- BAFF | Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach |
| ---- BAGKF | Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung, Detmold |
| ---- BAfM | Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel |
| ---- BFE | Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe |
| IBDF | Institut für Biologisch-Dynamische Forschung, Darmstadt |
| IOL | Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn |
| IGZ | Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren |
| KWALIS | KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH, Dipperz |
| UGhK | Universität GhKassel, FG Ökologische Lebensmittelqualität und Ernährungskultur, Witzenhausen |
| ZADI | Zentralstelle für Agrardokumentation und -information, Bonn |

Autorinnen/Autoren

Sprecher der Senatsarbeitsgruppe: Bernhard Tauscher
 Koordination des Statusberichtes: Esther Mayer-Miebach

AG 1 - Produktqualität - Pflanzliche Erzeugnisse: Klaus Münzing, Günter Brack (Leitung)
 Ursula Banasiak, Biserka Becker, Holger Beer, Wolfgang Bergthaller,
 Thomas Betsche, Christian Boess, Antal Bognár, Bernhard Brückner, Ludger Brühl,
 Jörg Brüggemann, Jürgen-Michael Brümmer, Frank Ellner, Wilhelm Flamme,
 Rolf Geisen, Norbert Haase, Karsten Hohgardt, Liane Hüther, Stefan Kühne,
 Ines Maeting, Esther Mayer-Miebach, Dietrich Meyer, Eckhart Rabe,
 Rainer Savinsky, Hartwig Schulz, Sylvia Seddig, Werner Storzer,
 Bernhard Trierweiler, Bernhard Watzl, Joachim Wolff

AG 2 - Produktqualität - Vom Tier stammende Erzeugnisse: Klaus Pabst (Leitung)
 Olaf Bellmann, Hartwig Böhme, Irina Dederer, Klaus Fischer, Ingrid Halle,
 Martina Henning, Ute Ostermeyer, Hans Rauch, Milan Ristic, Fredi Schwägele,
 Klaus Troeger

AG 3 - Prozessqualität: Gerhard Flachowsky, Martina Henning, Ulrich Köpke (Leitung)
 Jörg-Michael Greef, Esther Mayer-Miebach, Urs Niggli, Christopher Otto

AG 4 - Sozioökonomische Aspekte: Corinna Willhöft (Leitung)
 Erika Claupein, Ulrich Oltersdorf, Cornelia Pfau, Heinz Wendt

AG 5 - Komplementäre Ansätze: Gerold Rahmann, Angelika Meier-Ploeger (Leitung)
 Alexander Beck, Ingo Hagel, Manfred Hoffmann, Jürgen Strube, Peter Stolz

AG-übergreifend tätige Sachverständige:

Prof. Dr. Ulrich Köpke, Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn
 Dr. Urs Niggli, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick (Schweiz)

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 1 | Einleitung..... | 6 |
| 2 | Zur Struktur der Studie | 9 |
| 3 | Qualität von Lebensmitteln nach Produktionsverfahren..... | 10 |
| 3.1 | Prozessqualität | 12 |
| 3.1.1 | Verfahrensweisen und Elemente der Prozessqualität | |
| | bei der landwirtschaftlichen Erzeugung | 16 |
| 3.1.1.1 | Ökobilanzen | 17 |
| 3.1.1.2 | Vergleich der Produktionsverfahren für einzelne Umweltwirkungsbereiche. | 19 |
| 3.1.2 | Prozessqualität unter besonderer Berücksichtigung der Verarbeitung | 30 |
| 3.1.3 | Prozessqualität der Erzeugnisse - Bewertung durch Verbraucherinnen | |
| | und Verbraucher | 32 |
| 3.1.4 | Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Forschungsbedarf | |
| | im Bereich der Prozessqualität | 33 |
| 3.2 | Produktqualität | 35 |
| 3.2.1 | Vom Produktionsverfahren unabhängige Einflüsse auf die Produktqualität. | 36 |
| 3.2.2 | Gesetzlich vorgeschriebene Qualität (Lebensmittelsicherheit)..... | 37 |
| 3.2.3 | Ernährungsphysiologische Qualität | 47 |
| 3.2.4 | Genusswert | 56 |
| 3.2.5 | Eignungswert..... | 59 |
| 3.2.6 | Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Forschungsbedarf..... | |
| | im Bereich der Produktqualität..... | 63 |
| 4 | Komplementäre Ansätze zur Erfassung der Lebensmittelqualitäten..... | 69 |
| 4.1 | Bildschaffende Methoden | 71 |
| 4.2 | Nachernteverhalten..... | 73 |
| 4.3 | Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie | 75 |
| 4.4 | Physiologischer Aminosäurenstatus..... | 78 |
| 4.5 | Elektrochemische Methoden..... | 80 |
| 4.6 | Futterwahl und Fütterungsversuche..... | 81 |
| 4.7 | Konsequenzen für die Forschung zur Erfassung der Lebensmittel-..... | |
| | qualität - Modellvorstellungen | 83 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 5. | Sozioökonomische Aspekte ökologisch erzeugter Lebensmittel | 86 |
| | in Deutschland | |
| 5.1 | Ökologisch erzeugte Lebensmittel aus Verbrauchersicht | 86 |
| 5.2 | Auswirkungen von ökologischen Ernährungsstilen auf die Kosten | 89 |
| | im Gesundheitswesen und auf den Ressourcenverbrauch | |
| 5.2.1 | Auswirkungen auf die Kosten im Gesundheitswesen | 89 |
| 5.2.2 | Auswirkungen auf die Kosten in den Bereichen Umwelt und Ressourcen..... | 90 |
| 5.3 | Nachhaltige Entwicklung im Bedürfnisfeld Ernährung..... | 92 |
| 5.4 | Aspekte des Marktes für ökologisch erzeugte Lebensmittel..... | 93 |
| 5.5 | Ökologisch erzeugte Lebensmittel in der Gemeinschaftsverpflegung (GV).... | 94 |
| 5.6 | Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Forschungsbedarf..... | 95 |
| | zu sozioökonomischen Aspekten bei Bio-Lebensmitteln | |
| 6 | Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Forschungsbedarf..... | 97 |
| 6.1 | Prozessqualität | 97 |
| 6.1.1 | Ökobilanzen über Umweltwirkungsbereiche | 99 |
| 6.1.2 | Erzeugung von Lebensmitteln (Tierhaltung) | 100 |
| 6.1.3 | Lebensmittelverarbeitung | 100 |
| 6.1.4 | Bewertung durch den Verbraucher | 100 |
| 6.2 | Produktqualität | 100 |
| 6.2.1 | Produktspezifischer Forschungsbedarf bei pflanzlichen Erzeugnissen..... | 102 |
| 6.2.2 | Produktspezifischer Forschungsbedarf für Bio-Lebensmittel..... | 102 |
| 6.2.3 | Produktspezifische Qualitätssicherung bei vom Tier stammenden | 103 |
| | Erzeugnissen | |
| 6.3 | Komplementäre Methoden der Qualitätserfassung..... | 104 |
| 6.4 | Sozioökonomische Aspekte..... | 105 |
| 6.4.1 | Ökologisch erzeugte Lebensmittel aus Verbrauchersicht..... | 107 |
| 6.4.2 | Auswirkungen von ökologischen Ernährungsstilen auf die Kosten | 108 |
| | im Gesundheitswesen und auf den Ressourcenverbrauch | |
| 6.4.3 | Aspekte des Marktes | 108 |
| 6.4.4 | Ökologische Erzeugnisse in der Gemeinschaftsverpflegung (GV)..... | 108 |
| 6.5 | Schlussbetrachtung | 109 |
| | Anhang 1: Literatur | 109 |
| | Anhang 2: Begriffserläuterungen/Rechtliche Rahmenbedingungen..... | 109 |
| | Anhang 3: Grundlagen des Lebensmittelrechts | 109 |
| | Anhang 4: Ganzheitlichkeit in der Lebensmittelforschung..... | 109 |

1 Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland steht den Verbraucherinnen und Verbrauchern ein reichhaltiges Angebot an Lebensmitteln in hoher Qualität zur Verfügung. Sie werden nach den geltenden rechtlichen Vorschriften oder darüber hinaus unter Beachtung der Vorschriften der EG Öko-Verordnung (EWG Nr. 2092/91) erzeugt. Ein Großteil der Verbraucherinnen und Verbraucher hält Bio-Lebensmittel heute für wohlschmeckender, gesünder und sicherer als die Erzeugnisse der konventionellen Landwirtschaft (Bodenmüller, 2000, Bruhn et al., 2001, ZMP, 2001a, van Mansfeldt, 2001, Götze, 2002, Kuhnert et al., 2002). Belegen oder entkräften lassen sich diese Erwartungen generell nur durch vergleichende wissenschaftliche Untersuchungen. Damit kann ein förderlicher Beitrag zur Entspannung der mitunter sehr emotional geführten Diskussionen im Agrar- und Lebensmittelbereich geleistet werden.

Als eine Basis für die Beschreibung der Produktqualität von landwirtschaftlichen Erzeugnissen wurde die Literaturstudie "Ökologisch und konventionell erzeugte Lebensmittel im Vergleich" herangezogen (Woese et al., 1995 a, b). Sie gibt einen Überblick über die in den Jahren 1944 bis 1994 durchgeführten Vergleichsuntersuchungen. Seitdem ist viel geschehen: Alföldi et al. (1998) werteten entsprechende Forschungsarbeiten des Zeitraums 1983 bis 1998 aus. Heaton (2001) untersuchte 400 einschlägige Publikationen zum Vergleich von Lebensmitteln aus konventionellem und Ökologischem Landbau. Mit einer Verordnung der EG (EWG Nr. 2092/91) zum ökologischen Landbau, die zum Zeitpunkt des In-Kraft-Tretens 1991 ausschließlich die Erzeugung pflanzlicher Produkte geregelt hat und inzwischen auch auf Lebensmittel tierischen Ursprungs (ohne Aquakultur) ausgedehnt wurde und darüber hinaus die Prozessführung während der Verarbeitung der Bio-Erzeugnisse berücksichtigt, hat der Ökologische Landbau einen rechtlichen Rahmen erhalten. Neben dieser Verordnung hat die *Codex Alimentarius* Kommission 2001 ebenfalls Leitlinien für den Ökologischen Landbau festgelegt. Weiter haben verschiedene Öko-Verbände, darunter die IFOAM (*International Federation of Organic Agriculture Movement*) und die AGÖL (Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau) eigene Richtlinien zur Auslegung und detaillierten Ausführung der EG-Verordnung herausgegeben (vgl. Tabelle 1, Anhang 2) (Yussefi et al., 2002).

Etwa 3,7 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland wurden Ende des Jahres 2002 von rund 15.000 Betrieben nach den Vorgaben der EG-Verordnung ökologisch bewirtschaftet. Ziel der Bundesregierung ist es, den Ökologischen Landbau bis zum Jahr 2010 auf ca. 20 % der gesamten Agrarfläche auszudehnen. Der Aufbau einer Lebensmittelerzeugung nach den Prinzipien des Ökologischen Landbaus erfordert jedoch mehr als nur eine nachhaltige Landbewirtschaftung. Deshalb umfasst die EG-Verordnung neben dem Leitgedanken des Wirtschaftens im Einklang mit der Natur auch die Verarbeitung, die Kennzeichnung, den Transport und die Vermarktung der Bio-Erzeugnisse und stellt diese Aspekte im Gegensatz zur konventionellen Landwirtschaft damit in einen umfassenderen Zusammenhang.

Der herausragende differenzierende Aspekt des Ökologischen Landbaus liegt in der betrieblichen Organisation "des weitgehend in sich geschlossenen Betriebsorganismus" (Köpke, 1994). Mit weitgehend geschlossenen Kreisläufen wird eine ressourcenschonende, naturverträgliche Landbewirtschaftung angestrebt. Es wird davon ausgegangen, dass dieses Organisationsprinzip sich positiv auf die Lebensmittelsicherheit auswirkt. Die Lebensmittelmengen, die mit diesem "System Bio-Lebensmittel" erzeugt werden können, reichen für eine möglichst umfassende Versorgung der Bevölkerung mit Bio-Lebensmitteln jedoch nicht aus.

Die seit Beginn der neunziger Jahre kontinuierlich ausgedehnte ökologische Erzeugung von Lebensmitteln hat gleichzeitig zu neuen wissenschaftlichen Aktivitäten geführt, die verschiedene Aspekte einerseits der Prozessqualität von ökologischen und konventionellen Produktionsverfahren sowie andererseits der Produktqualität von konventionell erzeugten und von Bio-Produkten beschreiben oder direkt vergleichen. Diese Arbeiten werden im vorliegenden Statusbericht - initiiert vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) und im Auftrag des Senates der Bundesforschungsanstalten im Forschungsbereich des BMVEL erstellt - berücksichtigt. Kernpunkt des Auftrages war die Frage, ob und inwieweit sich Lebensmittel aus dem Ökologischen und aus dem konventionellen Landbau im Hinblick auf ihre Qualität und möglicherweise ihren gesundheitlichen Wert unterscheiden. Zur Bearbeitung dieses umfassenden Themenkomplexes wurde die Senatsarbeitsgruppe (SAG) "Qualitative Bewertung von Lebensmitteln aus alternativer und konventioneller Produktion" gegründet, der neben den Experten aus dem Bereich der Ressortforschung des BMVEL auch externe Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus staatlichen und privaten Forschungseinrichtungen des Ökologischen Landbaus und der "ganzheitlichen Lebensmittelqualitätsforschung" angehören.

Ziel des von der Senatsarbeitsgruppe hier vorgelegten Berichtes "Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren" war es,

- die Qualität von Produktionsverfahren (Prozessqualität) und Erzeugnissen (Produktqualität) des Ökologischen und des konventionellen Landbaus vergleichend darzustellen,
- die ermittelten Unterschiede zu bewerten,
- daraus Schlussfolgerungen zu ziehen,
- Empfehlungen auszusprechen sowie
- den evtl. gegebenen Forschungsbedarf abzuleiten.

Die Qualität eines Lebensmittels im Sinne des Berichtes umfasst die Gesamtheit aller wertbestimmenden Eigenschaften. So wird die Produktqualität durch die gesetzlich vorgeschriebene Qualität, die ernährungsphysiologische Qualität, den Genusswert sowie den Eignungswert bestimmt, die Prozessqualität dagegen durch Art und Auswirkungen des Anbaus, der Verarbeitung, der Tierhaltung, des Tierschutzes und des Umweltschutzes. Mit den heute üblichen Methoden der Qualitätsbestimmung wird die Produktqualität ermittelt, die Prozessqualität kann z.B. durch Ökobilanzen dokumentiert werden.

Neben Produkt- und Prozessqualität landwirtschaftlicher Erzeugnisse müssen aber auch deren Auswirkungen auf das individuelle Wohlbefinden der Verbraucherinnen und Verbraucher berücksichtigt werden. Positive Qualitätsbeurteilungen können den Menschen positives Empfinden vermitteln (Salutogenese), negative machen Erkrankungen wahrscheinlicher (Pathogenese). Psychologische Effekte und deren Einwirkungen auf das Wohlbefinden der Verbraucherinnen und Verbraucher u.a. begründet durch das Wissen um eine höhere Prozessqualität müssen daher als Qualitätskriterium Berücksichtigung finden. Produkte aus einer nachhaltigen und umweltverträglichen Landwirtschaft mit weniger negativen Effekten auf Biodiversität, Wasser, Boden, Luft und Klima können so eine höhere Lebensmittelqualität signalisieren (Psychologischer Wert) (Köpke, 2003).

Dieses neue Kriterium der Lebensmittelqualität stellt eine erhebliche wissenschaftliche Herausforderung dar, die neuer Kategorien und Methoden bedarf. Belastbare Langzeituntersuchungen sind in der Humanernährung wegen methodischer Probleme und ethischer Bedenken an hinreichend großen Probandengruppen bislang nicht durchgeführt worden. Die Methoden einer "ganzheitlichen Lebensmittel-Qualitätsforschung" als komplementäre Ansätze zur Erfassung der Lebensmittelqualität könnten hier hilfreich sein. Solche Verfahren zur Qualitätsbestimmung zielen auf die sogenannte "Vitalaktivität", die insbesondere die "innere Formation" eines Lebensmittels im Sinne einer komplexen Struktur u.a. der Inhaltsstoffe berücksichtigt. Im Hinblick auf eine potentielle Nutzung dieses postulierten Qualitätskriteriums kommt der wissenschaftlichen Validierung der ganzheitlichen Nachweismethoden eine zentrale Bedeutung zu. Grundlegend hervorzuheben ist, dass für die Gesundheit des Menschen in erster Linie eine ausgewogene Ernährung wichtig ist.

Abhängig von persönlichen Werteskalen wird die Lebensmittelqualität von Verbraucherinnen und Verbrauchern individuell unterschiedlich wahrgenommen und bewertet. Im Lebensmittelbereich konkretisiert sich dieses subjektive Wertempfinden in den getroffenen Kaufentscheidungen sowie im Verzehr. Individuell unterschiedliche Bewertungen sind sehr schwer inhaltlich prüf- und feststellbar; eine isolierte Betrachtung einzelner Einflussfaktoren ist kaum möglich. Subjektiv wahrgenommene Qualitätsaspekte sind deshalb auch Hintergrund der Ausführungen zu sozioökonomischen Aspekten ökologisch erzeugter Lebensmittel in Deutschland. In die individuellen und zweckorientierten Bewertungen fließen Kenntnisse über objektiv nachweisbare und zu ermittelnde wertbestimmende Eigenschaften nicht generell ein. Aspekte der Prozessqualität der Lebensmittelerzeugung, wie z.B. Naturverträglichkeit und Erhalt von Kulturlandschaften, werden von Verbraucherinnen und Verbrauchern zwar durchaus wahrgenommen und können zu deren Wohlbefinden beim Lebensmittelkonsum beitragen. In die Kaufentscheidungen fließen diese Aspekte indirekt ein. Im Sinne einer umfassenden Betrachtung wird der Bericht mit Analysen zum Verbraucherverhalten, zu ökonomischen Gesichtspunkten ebenso wie zu Nutzen-Kosten-Überlegungen von alternativen Ernährungsstilen ergänzt. Zur Unterstützung der Koordination laufender und künftiger Aktivitäten im Forschungsbereich des BMVEL hat die Senatsarbeitsgruppe den resultierenden Forschungsbedarf zusammengefasst und mit den aktuellen Hauptzielen der BMVEL-Forschung abgestimmt.

2 Zur Struktur der Studie

Im Rahmen des Berichtes wird zwischen Prozess- und Produktqualität bei ökologischen und konventionellen Produktionsverfahren sowie bei deren Erzeugnissen unterschieden. Die Abhandlung der Prozessqualität berücksichtigt die landwirtschaftliche Erzeugung und die damit verbundenen externen Effekte (Umweltleistungen oder Umweltlasten). Daneben werden die Auswirkungen der Verarbeitung landwirtschaftlicher Erzeugnisse dargestellt. Die Produktqualität wird zunächst konservativ anhand der Qualitätskriterien "Gesetzlich vorgeschriebene Qualität (Lebensmittelsicherheit)", "Ernährungsphysiologische Qualität", "Genusswert" sowie "Eignungswert" beschrieben. Sowohl die vom betrachteten ökologischen und konventionellen Produktionsverfahren jeweils abhängigen Wirkungen auf landwirtschaftliche Erzeugung, Umweltleistungen und -lasten wie auch auf die Qualität der Erzeugnisse sollen miteinander verglichen werden. Ein direkter Vergleich der Produktionsverfahren wird jedoch erschwert durch überlagernde Einflussfaktoren, wie u.a. Klima, Sortenwahl im Pflanzenbau und eine Vielzahl unterschiedlicher Produktionsverfahren sowohl innerhalb der konventionellen Landwirtschaft wie auch im Ökologischen Landbau, die sich zudem häufig überschneiden. Beachtet werden muss, dass der ökologische Pflanzenbau durch die EG Öko-Verordnung bereits seit 1991 geregelt ist, während Erzeugung und Verarbeitung der vom Tier stammenden Öko-Lebensmittel erst seit 2000 in diese Verordnung aufgenommen wurden. Heute angewendete Methoden zur Erzeugung von Bio-Fleisch und daraus hergestellten Produkten sind daher noch vergleichsweise wenig entwickelt.

Die eingeschränkte Verfügbarkeit von Daten kann das Ergebnis eines Vergleichs gegenwärtig grundsätzlich noch verzerren. So wurden im Rahmen des vorliegenden Statusberichtes wissenschaftliche Arbeiten einerseits in den üblicherweise genutzten Literaturdatenbanken recherchiert, in die jedoch neuere Publikationsorgane im Bereich des Ökologischen Landbaus häufig noch keinen Eingang gefunden haben. Andererseits befinden sich spezifische Öko-Datenbanken noch im Aufbau und sind daher momentan noch nicht hinreichend nutzbar. Wie schon bei den o.g. Studien begrenzen die dem Bericht zugrunde liegenden, aktuell verfügbaren Daten damit einen umfassenden Vergleich der Produktionsverfahren sowohl im Hinblick auf die Prozessqualität als auch für die Produktqualität in einigen Teilbereichen erheblich.

Zur optimalen Unterscheidung der Produktionsverfahren wurde deshalb auf Basis der verfügbaren Informationen wie folgt vorgegangen: Für die Beschreibung des Ökologischen Landbaus wurden grundsätzlich Daten und Ergebnisse herangezogen, die auf der Basis der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 erarbeitet worden waren. Lagen belastbare Ergebnisse für einen direkten Vergleich der Erzeugungsprozesse sowie der daraus hervorgehenden Qualitäten von ökologisch und konventionell erzeugten Produkten vor, wurde dieser Vergleich beschrieben und zitiert. War aufgrund der Datenlage kein direkter Vergleich möglich, jedoch gleichwohl wichtig und notwendig im Hinblick auf die Beurteilung der aus den betrachteten Produktionsverfahren resultierenden Prozess- bzw. Produktqualitäten, so wurden auch getrennt ermittelte, belastbare Daten zu konventionellen und/oder ökologischen Produktionsverfahren genutzt.

Konnten lediglich Daten zu konventionellen Produktionsverfahren recherchiert werden, jedoch nicht für die entsprechende ökologische Variante, wurden für ökologische Produktionsverfahren die Bestimmungen der EG-Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 zugrundegelegt und ebenfalls abgehandelt. Eine nicht hinreichende Datenlage zu wichtigen Sachverhalten begründet z.T. den in Kapitel 6 zusammengefassten Forschungsbedarf. Wichtige, im Rahmen des Statusberichtes verwendete Begriffe werden im Anhang 2 erläutert; die Grundlagen des Lebensmittelrechts sowie wichtige Rechtsvorschriften zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher sind im Anhang 3 zusammengefasst.

3 Qualität von Lebensmitteln nach Produktionsverfahren

In den zurückliegenden 50 Jahren hat in vielen Ländern Europas ein grundsätzlicher Wertewandel in der Einstellung zu den Lebensmitteln stattgefunden (Abb. 1).

Fragen/Aufgaben

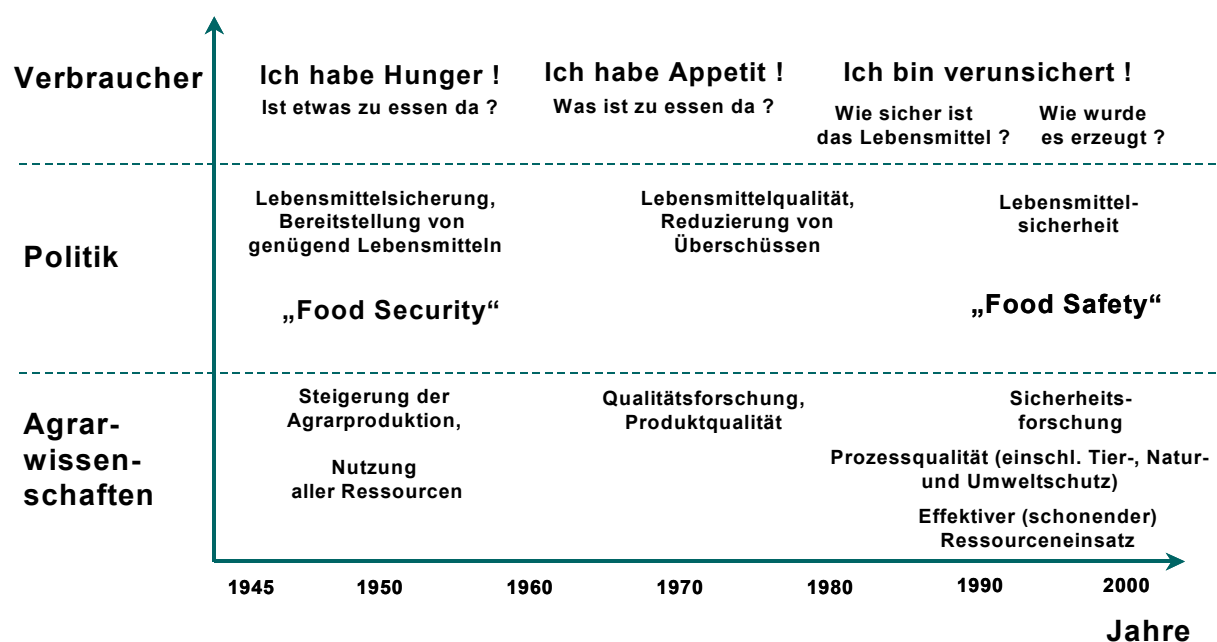


Abb. 1: Dominierende Fragen nach Lebensmitteln sowie Aufgaben für Politik und Agrarforschung nach dem Zweiten Weltkrieg in Europa (Flachowsky, 2002a)

Während unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg die Ernährungssicherung (*Food security*: "Ich habe Hunger !") im Mittelpunkt stand, sind in den letzten Jahren die Erwartungen an die Lebensmittelsicherheit (*Food safety*: "Wie sicher ist das Lebensmittel ?") extrem angestiegen. Neben dem Preis der Lebensmittel interessieren sich Verbraucherinnen und Verbraucher auch für die Verfahren der Lebensmittelerzeugung, die sogenannte Prozessqualität. Dazu zählen u.a. die Auswirkungen der Lebensmittelerzeugung auf Ressourcenverbrauch und Umwelt bzw. die Bedingungen, unter denen sie erzeugt wurden.

Die Prozessqualität bzw. Intensität der Futter- und Lebensmittelerzeugung ist auch in Verbindung mit der globalen Ernährungssicherung zu sehen. Bei einer Erdbevölkerung von gegenwärtig rund 6 Mrd. Menschen stehen je Einwohner etwa 2.400 m² landwirtschaftliche Nutzfläche zur Verfügung. Bei aller Differenziertheit im Ertragsniveau und den Verzehrsgewohnheiten der Menschen müssen die erforderlichen Lebensmittel auf den vorhandenen Flächen erzeugt werden. In Tabelle 1 sind modellartig Kalkulationen zum Flächenbedarf für die Bereitstellung entsprechender Proteinmengen vorgenommen; diese sind abhängig vom Ertragsniveau bzw. dem Leistungsniveau der Tiere (A, B), der Höhe des Verzehrs an Protein tierischer Herkunft (10, 20, 40 bzw. 60 g je Einwohner und Tag; Deutschland: rund 55 g; DGE 2000) und verschiedener Relationen der wichtigsten Proteinquellen zueinander.

Tabelle 1: Einfluss des Verzehrs von Eiweiß tierischer Herkunft, der Relation zwischen Fleisch- und Milchprotein sowie des Ertrags- bzw. Leistungspotentials auf die erforderliche Futterfläche in m²/Einwohner und Jahr (Flachowsky, 2002b)

| Relation zwischen Fleisch ³⁾ und Milch (% des Proteins) | Verzehr an Eiweiß tierischer Herkunft (g/Einwohner und Tag) | | | | | | | |
|---|---|-----------------|------|-----|------|-----|------|------|
| | 10 | | 20 | | 40 | | 60 | |
| | Intensitätsniveau ¹⁾ | | | | | | | |
| | A ²⁾ | B ²⁾ | A | B | A | B | A | B |
| Erforderliche Futterfläche (m ² /Einwohner und Jahr) | | | | | | | | |
| 70 : 30 | 900 | 185 | 1800 | 370 | 3600 | 740 | 5400 | 1110 |
| 50 : 50 | 800 | 160 | 1600 | 320 | 3200 | 640 | 4800 | 960 |
| 30 : 70 | 700 | 135 | 1400 | 270 | 2800 | 540 | 4200 | 810 |

¹⁾Ertragsniveau A: 1,5 t Weizen; 20 t Grünfutter/ha (tropische/subtropische Regionen)

Ertragsniveau B: 6 t Weizen; 40 t Grünfutter/ha (Mitteleuropa)

²⁾Leistungsniveau A: 5 kg Milch/Tag; Rindermast: 500 g, Schweinemast: 300 g; Geflügelmast: 20 g LMZ/Tag

Leistungsniveau B: 20 kg Milch/Tag; Rindermast: 1000 g, Schweinemast: 700 g, Geflügelmast: 50 g LMZ/Tag

³⁾Unterstellte Relation zwischen Schweine-, Rind- und Geflügelfleisch = 30:60:10(A) bzw. 60:20:20 (B)

Der relativ hohe Verbrauch von Lebensmitteln tierischer Herkunft in Deutschland bedingt einen hohen Flächenbedarf für die Erzeugung von Futtergetreide und anderen Futtermitteln. Horrigan et al. (2002) beschreiben in einem Übersichtsartikel die Probleme, die mit heute üblichen Verfahren der Lebensmittelproduktion im Hinblick auf Umweltlasten und Gesundheit der Verbraucherinnen und Verbraucher verbunden sein können und diskutieren Lösungen und Ansätze, um die Lebensmittelproduktion nachhaltig zu gestalten. Bei einem geringeren Verbrauch von Lebensmitteln tierischer Herkunft in Deutschland könnte demnach der Pflanzenbau mit einem niedrigeren Intensitätsniveau betrieben werden. Seemüller (2000) kommt in einer Modellstudie zu der Einschätzung, dass bei einem Rückgang des Anteils tierischer Lebensmittel von derzeit 39 % auf 24 % die gesamte Agrarfläche in Deutschland nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaus bewirtschaftet werden könnte. Derartige Überlegungen sollten in die Diskussion über Erzeugungsintensität als eine Facette der Prozessqualität ebenso mit einfließen wie die globale Ernährungssicherung mit qualitativ hochwertigen, verantwortbar erzeugten Lebensmitteln. Auch Erzeugungskosten, Lebensmittelpreise und die vorhandene Kaufkraft der Bevölkerung können nicht losgelöst von Prozess- und Produktqualität stehen. Dies stellt sowohl für die Agrarforschung als auch für die praktische Landwirtschaft eine wesentliche Herausforderung dar.

Langjährige und grundlegend systematisch angelegte vergleichende Untersuchungen zu Prozess- und Produktqualität von ökologischen und konventionellen Produktionsverfahren, wie in der Publikation von Mäder et. al. (2002) beschrieben, sind jedoch heute noch die Ausnahme. Nach dieser Studie kann der ökologische Pflanzenbau bei einigen Produkten annähernd so produktiv sein wie der konventionelle Pflanzenbau, während jedoch die Bodenbeschaffenheit im Hinblick auf Biodiversität und Fruchtbarkeit zugunsten der untersuchten ökologischen Landbaumethoden ausfällt. Im Hinblick auf die Produktqualität der erzeugten Lebensmittel wird in dieser Studie erwähnt, dass lediglich geringe Unterschiede zu erfassen waren. Der Stand des Wissens zum Vergleich von Lebensmitteln aus dem Ökologischen und aus dem konventionellen Landbau im Hinblick auf die Qualität der Erzeugnisse und insbesondere im Hinblick auf ihren ernährungsphysiologischen Wert wurde bis zum Jahre 2002 dagegen in mehreren umfassenden Berichten zusammengestellt (Woese et al., 1995 a, b, Alföldi et al., 1997, Worthington et al., 1998, Bodenmüller, 2000, Heaton, 2001, Bourn et al., 2002, Williams, 2002). Eine weitere Studie mit der Auswertung von etwa 2.000 Veröffentlichungen wurde in den Niederlanden durchgeführt; deren Ergebnisse liegen jedoch bislang nur in Form einer Zusammenfassung vor (van Mansvelt, 2001).

3.1 Prozessqualität

Mit der Prozessqualität von Lebensmitteln sollen die im Ablauf der Lebensmittelherstellung von der landwirtschaftlichen Erzeugung bis hin zur Verarbeitung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse entstehenden Auswirkungen auf die Um- und Mitwelt erfasst und bewertet werden. Der Ressourceneinsatz (fossile Energie, Wasser, nicht erneuerbare Ressourcen, wie z.B. Phosphor; Nutzung von prozessbedingt anfallenden Nebenprodukten zur Schaffung volkswirtschaftlicher Kreisläufe), Fragen des Tierschutzes und der Tierhaltung, aber auch ethische Fragen der Lebensmittelerzeugung (Kinderarbeit, Abholzung von Tropenwald u.a.) sind außerdem wichtige Komponenten der Prozessqualität. Bei vergleichenden Betrachtungen des Ressourceneinsatzes und der Auswirkungen des Produktionsverfahrens auf die Um- und Mitwelt sind sowohl flächen- (je ha) als auch produktbezogene (je t Ertrag) Analysen möglich. Im Bericht werden beide Betrachtungsweisen berücksichtigt. Einige Unterschiede in der Prozessqualität von Lebensmitteln aus dem konventionellen und Ökologischen Landbau (Tab. 2, 3) ergeben sich aus rechtlichen Rahmenbedingungen und den Richtlinien des Ökologischen Landbaus.

Der ökologische Pflanzenbau verzichtet grundsätzlich auf chemisch-synthetischen Pflanzenschutz und leicht lösliche mineralische Stickstoffdünger. Zur Risikominimierung in der konventionellen Produktion sind durch das Pflanzenschutzgesetz und die Pflanzenschutzmittelverordnung 1998 unter anderem durch veränderte Zulassungsverfahren und eine Neubewertung der Wirkstoffe entsprechende entlastende Maßnahmen eingeleitet worden (Klingauf et al., 2000). Im Rahmen einer laufenden Evaluierung derzeit im Bereich des Pflanzenschutzes in Europa eingesetzter Wirkstoffe will die EG-Kommission bis Juli 2003 die Zulassung für mehr als 300 Pflanzenschutzmittel zurückziehen (EG Kommission, 2002).

Tabelle 2: Mögliche Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Pflanzenproduktion

Auf der Basis der gegenwärtigen Diskussion sind die wichtigsten Aspekte zur Unterscheidung der Produktionsverfahren nachfolgend grob kontrastierend zusammengefasst:

Konventioneller Landbau

Der konventionelle Landbau ist meist gekennzeichnet durch eine hohe Intensität, geringe *Organisationsintensität* und vereinfachte Fruchtfolgen mit verringerter Biodiversität. Betriebe können viehlos geführt werden. Die Produktionsgrundlage ist durch intensive Stoff- und Energiezufuhr erweitert, wobei überbetriebliche Kreisläufe angestrebt werden. Boden und Arbeit werden so weitgehend wie möglich durch Kapitalgüter substituiert.

Die *Produktion* ist biologisch, aber auch chemisch und technisch geprägt. Sie stellt die Produktmenge in den Vordergrund, hat hohe Anforderungen an die Verarbeitungseignung und sucht marktgerechte Qualität.

Die *Fruchtfolge* ist vom Getreidebau dominiert, welcher je nach Betriebsform im Wechsel mit Hackfrüchten, Raps, Mais und Futterpflanzen steht. Die Bodenbearbeitung ist intensiv, Ernterückständen und Gründüngung werden mit hohem Energieeinsatz eingearbeitet. Auch Minimalbodenbearbeitung ist von Bedeutung. Das Bundesbodenschutz-Gesetz (BbodSchG) dient als Leitlinie für die Erhaltung der *Bodenfruchtbarkeit*.

Die *Pflanzenernährung* erfolgt entsprechend der Dünge-VO. Diese erlaubt den Einsatz an leichtlöslichen mineralischen Stickstoffdüngern und begrenzt die Düngungsintensität mit betriebseigenen und -fremden Düngemitteln. Der Einsatz von Wachstumsregulatoren ist üblich. Im *Pflanzenschutz* werden alle Maßnahmen zur Schadensabwehr nach Pflanzenschutzmittelgesetz (PflSchG) genutzt. Beim chemisch-synthetischen Pflanzenschutz sind Schadschwellen und Höchstmengen zu beachten.

Umweltschutz und Ökologie: Erreichbare Ressourcen werden genutzt. Zur Schonung biotischer und abiotischer Ressourcen werden die Konzepte des integrierten Pflanzenbaus und der "*precision agriculture*" angewendet. Gentechnische Methoden dürfen angewendet werden.

Ökologischer Landbau

Der Ökologische Landbau ist komplex und systemorientiert, Viehhaltung und Futterbau sind meist unverzichtbar. Die *Betriebsorganisation* hat eine geringe spezielle Intensität, eine hohe Organisationsintensität, eine hohe Diversität und vielseitige Fruchtfolgen mit einem hohem Leguminosenanteil. Die Betriebe sind auf eine optimierte Nutzung der innerbetrieblichen Stoffkreisläufe ausgerichtet; es herrscht eine geringe Substitution von Boden und Arbeit durch Kapitalgüter.

Die *Produktion* ist biologisch-ökologisch geprägt, sie richtet sich auf die Qualität des Systems und die hohe Qualität des Produktes aus.

Den *Anbau* prägen vielseitige Fruchtfolgen mit einem hohem Leguminosenanteil, Gemengeanbau sowie Feldfutterbau.

Die natürliche *Bodenfruchtbarkeit* wird durch schonende Bodenbearbeitung, durch Nutzung von Bodenruhe, durch verlustarme Einbringung von Festmist, Gründüngung und Ernterückständen verstärkt, was eine höhere bodenmikrobiologische Aktivität zur Folge hat. Grundsätzlich wird gepflügt.

Zur *Nährstoffversorgung* der Pflanzen wird die symbiotische Stickstoff-Fixierung optimiert. Der Einsatz mineralischer Ergänzungsdünger ist auf einer Positivliste restriktiv geregelt; Wachstumsregulatoren sind verboten. Die Düngungsintensität ist gering, beim Gesamtstickstoff ist sie auf max. 170 kg N/ha begrenzt.

Auf synthetische *Pflanzenschutzmittel* wird generell verzichtet. Stattdessen steht Systemstabilisierung im Vordergrund. Methoden dazu sind eine hohe Diversität und biologischer Pflanzenschutz, Unkrautregulierung durch gesteigerte Konkurrenzkraft der Kulturpflanzenbestände, mechanische, thermische und photobiologische Maßnahmen. Einzelne chemische Pflanzenschutzmittel auf Naturstoffbasis werden eingeschränkt genutzt.

Umweltschutz und Ökologie: Nicht erneuerbare Ressourcen werden geschont. Der Erhalt und die Stützung aller systemstabilisierenden Elemente und Prozesse im Agrar-Ökosystem haben eine wichtige agronomische Funktion, deshalb werden Biodiversität und Landschaft zielgerichtet gefördert und bereichert. Der Einsatz gentechnischer Methoden ist nicht gestattet.

Unterschiede bei der Erzeugung von Produkten tierischen Ursprungs sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Prozessqualität bei tierischen Lebensmitteln beinhaltet das genetische Potenzial der Tiere, ihre Lebensbedingungen während Aufzucht und Mast, Laktation und Legeperiode sowie ihre Behandlung bei Transport und Schlachtung. Nicht alle diese Effekte sind unmittelbar qualitätsrelevant für den Genuss- bzw. den Eignungswert (s. Kap. 3.2.), jedoch unterscheiden sich die Prozesse der ökologischen und konventionellen Erzeugung (Tab. 3). Futterzusatzstoffe dürfen im Ökologischen Landbau nicht chemisch-synthetisch hergestellt sein, der Einsatz von allopathischen Arzneimitteln ist limitiert, eine Vermarktung als ökologisch erzeugtes Produkt ist bei Tieren nach mehr als zweimaliger Behandlung während eines Produktionszyklus nicht mehr erlaubt. Antibiotika werden im konventionellen Landbau entweder als Prophylaxe oder therapeutisch verabreicht; das daraus resultierende Gefahrenpotenzial wird nach Einschätzung von Schwarz et al. (2001) durch einen verantwortungsvollen Einsatz minimiert. Insgesamt ist zum Antibiotikaeinsatz anzumerken, dass im Jahre 1999 von den ca. 13.000 t in der EU eingesetzten Reinsubstanz etwa 8.500 t in der Humanmedizin (65 %), ca. 4.000 t in der Veterinärmedizin (29 %) und etwa 800 t (6 %) als Futterzusatzstoffe verabreicht wurden (nach Kamphues, 2001). Für das Jahr 2006 ist innerhalb der EU ein generelles Verbot des Antibiotikaeinsatzes als Futterzusatzstoff vorgesehen. Nach Bywater et al. (2000) haben weniger als 4 % der Resistenzprobleme in der Humanmedizin ihren Ursprung in der Anwendung antimikrobieller Wirkstoffe bei Tieren. Für den Transfer von Resistenzgenen tierpathogener Bakterien auf solche Bakterien, die beim Menschen keine direkten Krankheitsprozesse auslösen, gibt es allerdings keine Daten, die eine quantitative Risikoabschätzung ermöglichen. Dagegen warnt eine Studie der *Soil Association* (Young et al., 1999) vor möglichen Problemen durch eine missbräuchliche Anwendung von Arzneimitteln. Zur weiteren Abgrenzung von der konventionellen Produktion sind wie im Ökologischen Pflanzenbau auch bei der Öko-Erzeugung tierischer Produkte keine gentechnisch veränderten Organismen (GVO) als Futtermittel oder Zusätze erlaubt. In der konventionellen Tierernährung werden zur Verbesserung der Nährstoffverwertung, d.h. zur Verringerung der Ausscheidung von bestimmten Elementen, wie zum Beispiel Phosphor, Enzyme eingesetzt, die u.a. mit Hilfe gentechnischer Verfahren gewonnen werden können.

Tabelle 3: Mögliche Unterschiede zwischen konventionellen und ökologischen Verfahren zur Erzeugung von vom Tier stammenden Produkten

| |
|--|
| <p>Auf der Basis der gegenwärtigen Diskussion sind die wichtigsten Aspekte zur Unterscheidung der Produktionsverfahren nachfolgend grob kontrastierend zusammengefasst:</p> |
| <p>Konventionelle Erzeugung</p> <p>In der konventionellen Erzeugung wird mit <i>leistungsfähigen Spezialrassen</i> und -kreuzungen je nach Erzeugungsziel gearbeitet.</p> <p>Die <i>Haltung</i> richtet sich auf eine weitgehende Ausschöpfung des Leistungspotenzials der Nutztiere im Rahmen der tierartspezifischen Haltungsverordnungen des Tierschutzgesetzes aus.</p> <p>Die <i>Fütterung</i> lässt, wie im Futtermittelrecht geregelt, Zukaufsfuttermittel und Futterzusatzstoffe zu, darunter u.a. synthetische Aminosäuren und Enzyme, die auch gentechnisch hergestellt sein können.</p> <p>Im <i>Tiergesundheitsmanagement</i> werden nach tierärztlicher Indikation zur Behandlung die arzneimittelrechtlich für Nutztiere zugelassenen Mittel und Maßnahmen eingesetzt. Wartefristen berücksichtigt und ggf. antibiotische Einstallprophylaxe betrieben.</p> <p>Die <i>Fortpflanzung</i> erfolgt in der Milchviehzucht zu 98% mit künstlicher Besamung, während bei Schweinen etwa 50 % der Sauen künstlich besamt werden. Moderne Verfahren der Reproduktionsmedizin, wie z.B. der Embryotransfer, sind besonderen Zuchtprogrammen vorbehalten.</p> <p>Die Durchführung von <i>Tiertransporten</i> ist in der Tierschutztransportverordnung (TierSchTrV) geregelt, kurze Wege sind als Ziel angestrebt.</p> |
| <p>Ökologische Erzeugung</p> <p>In der ökologischen Erzeugung werden möglichst in Öko-Betrieben aufgezogene Tiere genutzt. Dabei wird auf <i>Rassenvielfalt</i> geachtet und einzelne Betriebe züchten gefährdete Nutztierassen.</p> <p>Besondere <i>Haltungsvorschriften</i> orientieren sich an der Tier- bzw. der Artgerechtigkeit (Besatzdichten, Größe von Haltungsgebäuden, Verbot der Anbindehaltung etc.). Besonders restriktiv sind <i>zootechnische Maßnahmen</i> (Enthornung, Stutzen von Schnäbeln, Abkneifen von Zähnen, Kupieren von Schwänzen etc.) geregelt.</p> <p>Die <i>Fütterung</i> basiert möglichst auf betriebseigenen Futtermitteln (Mindestanteile von Raufutter in den Wiederkäuerrationen sind vorgeschrieben). Es sind nur wenige spezielle Zusatzstoffe zugelassen; synthetischen Aminosäuren oder GVO sind verboten.</p> <p>Das <i>Tiergesundheitsmanagement</i> basiert auf i) der Züchtung, ii) der Prävention, iii) der komplementären Therapie (Phytotherapie, Homöopathie, Mineralstoffe) und iv) (als letzte Option) den allopathischen Behandlungen. Prophylaxe (Ausnahme: gesetzlich vorgeschriebene Impfungen) ist verboten. Allopathische Behandlungen dürfen nur 3 pro Jahr durchgeführt werden, nach Arzneimittel Einsatz ist eine doppelte Wartezeit einzuhalten.</p> <p>Die <i>Tiertransporte</i> sind gemäss Tierschutztransportverordnung (TierSchTrV) geregelt, kurze Transportwege sind als Ziel angestrebt.</p> |

3.1.1 Verfahrensweisen und Elemente der Prozessqualität bei der landwirtschaftlichen Erzeugung

Veränderte Ernährungsgewohnheiten, veränderte Ansprüche an die Lebensmittel (Abb.1) und der Wunsch der Verbraucherinnen und Verbraucher nach allumfassender Verfügbarkeit haben zu überwiegend unter Wirtschaftlichkeitsaspekten sich wandelnden landwirtschaftlichen Strukturen geführt, weg von relativ kleinen zu größeren Betrieben bis hin zu industriell organisierten Agrarunternehmen. Während eine in der Landwirtschaft beschäftigte Person im Jahr 1950 die Ernährung von etwa 10 Personen sichergestellt hat, kann eine Person bei Nutzung der heutigen landwirtschaftlichen Verfahren und gleichzeitig größerer Flächenausstattung der Betriebe Lebensmittel für etwa 120 Personen erzeugen. Im gleichen Zeitraum sank der Anteil für Nahrungsmittelausgaben am privaten Verbrauch von 44 auf 11 % des Einkommens (DBV, 2002). Derartige Entwicklungen führen zu gesteigerter Produktivität. Vor allem Leistungsselektionen bei Pflanze und Tier - das genetische Potenzial bezüglich Wachstum und Produktionsleistung hat sich bei allen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und Nutztieren in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts durch gezielte Züchtung (Selektion) stark verändert (Künzi et al., 1993) - haben die Biodiversität, aber auch ethische und soziologische Aspekte der Agrarproduktion erheblich beeinflusst. Ertragerwartung, Standortbedingungen, Futtergrundlage usw. bestimmen das zu wählende Produktionsverfahren und die Auswahl jeweils geeigneter Pflanzensorten und Tierarten bzw. die genutzten Technologien.

Die Umweltverträglichkeit der Landwirtschaft ist heute vermehrt ins Bewusstsein der Bevölkerung gerückt. Die Erzeugung pflanzlicher und vom Tier stammender Lebensmittel nimmt wahrnehmbar Einfluss auf die Umwelt. Diese Einflüsse zu beherrschen und mit der Umwelt weitgehend im Einklang zu wirtschaften, ist das Ziel einer nachhaltigen Erzeugung von Lebensmitteln. Begrenzte Ressourcen, wie landwirtschaftliche Fläche, fossile Energieträger, Wasser und Rohstoffe, zwingen ebenso zu einem rationellen Ressourceneinsatz wie die ausreichende Lebensmittelversorgung einer wachsenden Erdbevölkerung (Tab.1). Zahlreiche Untersuchungen wurden zu diesen Themen in den letzten Jahrzehnten durchgeführt und publiziert. Dabei wurden verschiedene Umweltaspekte der Prozessqualität in der Lebensmittelerzeugung näher analysiert, wie z.B. der Ressourceneinsatz (von Oheimb, 1987, Werschnitzky et al., 1987, Schulze, 1996, Bockisch et al., 2000 u.a.), Umweltfragen des Lebensmittelkonsums (z.B. Piorr et al., 1998, Jungbluth, 2000, Koerber et al., 2000, Seemüller, 2000, Taylor, 2000) oder es wurde detailliert auf verschiedene Umweltbelastungen und Reduktionspotentiale durch die Agrarproduktion eingegangen, darunter Spurengasemissionen, Flächenbelastungen und Spurenelementausscheidungen u.a. (Kirchgessner et al., 1993, Haas et al., 1995, Köpke et al., 1995, 1996, Flachowsky, 1996, Köpke et al., 1997, Bockisch et al., 2000, Anonym, 2002, Flachowsky 2002b, Köpke, 2002a, , KTBL 2002, Schenkel et al., 2002).

3.1.1.1 Ökobilanzen

Einige Studien münden in Ökobilanzen, in denen Eintrag und Austrag im landwirtschaftlichen Betrieb oder Auswirkungen landwirtschaftlicher Erzeugung in einem größeren Territorium quantifiziert, abgeschätzt und bewertet wurden (Keck, 1994, Geier et al., 1998, Wetterich et al., 1999, Geier, 2000, Christen et al., 2002). Volkswirtschaftliche Bilanzen unter Berücksichtigung entsprechender Kreisläufe werden ebenfalls angestrebt. Das Umweltbundesamt definiert die Ökobilanzmethode als ...*"ein möglichst umfassender Vergleich der Umweltauswirkungen zweier oder mehrerer unterschiedlicher Produkte, Produktgruppen, Systeme, Verfahren oder Verhaltensweisen. Sie dient der Offenlegung von Schwachstellen, der Verbesserung der Umwelteigenschaften der Produkte, der Entscheidungsfindung in der Beschaffung und im Einkauf, der Förderung umweltfreundlicher Produkte und Verfahren, dem Vergleich alternativer Verhaltensweisen und der Begründung von Handlungsempfehlungen"* (UBA, 1992).

Erste Ökobilanzen wurden für Industrieunternehmen durchgeführt. Als Instrument für die Umweltbewertung verschiedener Produktionsverfahren auch in der Landwirtschaft gilt die Methode der Ökobilanz verglichen mit Instrumenten wie der Technikfolgenabschätzung oder der Produktlinienanalyse als am weitesten entwickelt - zudem international normiert. Die Anwendung von Ökobilanzen in der Landwirtschaft hat daher in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Eine erste internationale Tagung zu Ökobilanzen in der Land- und Forstwirtschaft sowie Agrarchemie wurde erst im Jahre 1996 durchgeführt (Ceuteirck, 1996). Die direkte Übertragung üblicher, in Ökobilanzen genutzter Umweltwirkungsbereiche in landwirtschaftliche Ökobilanzen gilt jedoch als fragwürdig. Deshalb schlug Geier (2000) vor, in der Landwirtschaft bedeutende Umweltwirkungen in landwirtschaftlichen Ökobilanzen zu berücksichtigen. Der Autor empfiehlt z.B. die Arten- und Biotopvielfalt, das Landschaftsbild, die Bodenfunktionen, die Trinkwasserqualität und Tiergerechtheit in landwirtschaftlichen Ökobilanzen generell zu berücksichtigen. In Tabelle 4 sind die in Ökobilanzen üblicherweise zu berücksichtigenden Wirkungskategorien denjenigen Umweltwirkungsbereichen gegenübergestellt, die explizit zur Erfassung landwirtschaftsspezifischer externer Effekte von Geier et al. (1999) vorgeschlagen wurden. Letztere können als Referenzliste zur Auswahl der unverzichtbar bilanzräumlichen Umweltwirkungsbereiche spezifischer Ökobilanzen angesehen werden. Die Listung ist gleichwohl in Abhängigkeit des Auftretens neuer, bislang nicht berücksichtigter Umweltwirkungen oder veränderter gesellschaftlicher Präferenzen (Geier, 2000) auch dem Wandel unterworfen. So führen Geier et al. (1999) z.B. als neue Wirkungskategorie die Störung des gesamtökologischen Gefüges durch gentechnisch veränderte Organismen auf.

Umfassende Ökobilanzen zum Vergleich des Ökologischen und konventionellen/integrierten Landbaus wurden bislang kaum erstellt. Die Aussagen, die aus Gegenüberstellungen gewonnen werden, lassen sich nur sehr eingeschränkt verallgemeinern.

Tabelle 4: Umweltwirkungsbereiche bei Ökobilanzen

| Standardliste Wirkungskategorien nach DIN/NAGUS 1996 | Umweltwirkungsbereiche der Landwirtschaft nach Geier et al. 1999 |
|--|--|
| Ressourcenverbrauch | Arten- und Biotopvielfalt |
| Treibhauseffekt | Landschaftsbild |
| Ozonabbau | Bodenfunktionen |
| Versauerung | Trinkwasserqualität |
| Eutrophierung | Eutrophierung |
| Ökotoxizität | Versauerung |
| Humantoxizität | Treibhauseffekt |
| Sommersmog | Ressourcenverbrauch |
| Lärmbelastung | Ökotoxizität |
| | Humantoxizität |
| | Geruchsbelastung |
| | Tiergerechtigkeit (Tierschutz) |
| | Diversität von Kulturpflanzen und Nutztieren |
| | Ozonabbau |
| | Einsatz gentechnisch veränderter Organismen |

Geier et al. (1998) erarbeiteten für ein rund 5.700 ha LF (Landbaufläche) umfassendes Projektgebiet (Vier- und Marschlande im Süden Hamburgs) eine Prozessökobilanz, basierend auf 9 relevanten Umweltwirkungsbereichen. Nur in den Umweltwirkungsbereichen Landschaftsbild und Bodenfunktion (Bodenschutz) wurden dabei keine Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungssystemen festgestellt. In den übrigen 7 Umweltwirkungsbereichen ergaben sich hingegen z.T. sehr deutliche Umweltentlastungen durch den Ökologischen Landbau. So wurde für den Umweltwirkungsbereich Wasserqualität (Trinkwasserschutz) eine Verminderung des Stickstoff (N)-Bilanzüberschusses um 77 % (von 311 t auf 77 t) berechnet. Beim Pflanzenschutzmitteleinsatz resultiert aus der vollständigen Vermeidung (Einsparung von 22,7 t) auch die Vermeidung der Gefährdung von Oberflächen- und Grundwasser im Projektgebiet mit vergleichsweise hohem Anteil freier Wasserspiegel und hohem Grundwasserstand.

Im Umweltwirkungsbereich Ressourcenverbrauch betrug die Reduzierung des Primärenergieeinsatzes um 54 % (38,5 GJ), während die Energieersparnis durch den Ökologischen Landbau im Vergleich zum konventionellen/integrierten Landbau von Haas et al. (1994) für die Bundesrepublik Deutschland und das Referenzjahr 1990/91 mit 65 % berechnet wurde. In einem anderen Fallbeispiel zur Allgäuer Grünlandwirtschaft (Wetterich et al., 1999) wurden drei Förderungsmaßnahmen des Bayerischen Kulturlandschaftsprogramms (KULAP), intensive Bewirtschaftung, extensive Bewirtschaftung und ökologische Bewirtschaftung verglichen. Beispielsweise bestehen marginale Unterschiede in der speziellen Intensität von intensiv wirtschaftenden Milchviehbetrieben sowohl bei der konventionellen als auch bei der ökologischen Wirtschaftsweise (Taube et al., 1997). Es ist folglich offensichtlich, dass im Fall eines Vergleiches unterschiedlich intensiver Verfahren die jeweilige Intensität der Verfahrensweise gegenüber der Bewirtschaftungsmethode den Ausschlag gibt.

Weitere Studien, sowohl auf der Ökobilanz basierend als auch mit anderen systemorientierten Bewertungsverfahren, sind notwendig, um die spezifischen Unterschiede in den verschiedenen Bewirtschaftungsverfahren sowohl zwischen als auch innerhalb des konventionellen und des Ökologischen Landbaus zu verdeutlichen.

3.1.1.2 Vergleich der Produktionsverfahren für einzelne Umweltwirkungsbereiche

Die bislang nur vereinzelt durchgeführten Ökobilanzen zum direkten Vergleich ökologischer und konventioneller/integrierter Landwirtschaft mögen für eine eindeutige Beurteilung der verschiedenen Produktionsverfahren nicht hinreichend sein und auch künftig wegen der vergleichsweise hohen Aufwendungen selten umfassend durchgeführt werden. Die Beurteilung von Produktionsverfahren lässt sich allerdings durch Vergleichsuntersuchungen in den verschiedenen relevanten Umweltwirkungsbereichen der Landwirtschaft vornehmen. Die nachfolgende Literaturlauswertung, bezieht sich auf die relevanten Umweltwirkungsbereiche, beschreibt den derzeitigen Kenntnisstand und erlaubt die Identifizierung des weiteren Forschungsbedarfs. Verschiedene Autoren haben die Auswirkungen unterschiedlicher Intensitätsniveaus des Pflanzenbaues auf die Bodenfruchtbarkeit und die Biodiversität verglichen. Mäder et al. (2002) werteten ein 21 Jahre dauerndes Experiment aus und verglichen biodynamischen, bioorganischen und konventionellen Landbau. Sie kamen zu der Einschätzung, dass das Ertragsniveau im ökologischen Pflanzenbau etwa 20 % niedriger als im konventionellen Landbau war - bei gleichzeitiger Reduktion des Dünger- und Energieeinsatz um 34 bis 53 %. Dieser Ertragsabfall war deutlich geringer als die von verschiedenen Autoren häufig unterstellten Mindererträge zwischen 30 und 50 % (z.B. Bockisch et al. 2000, KTBL 1991). In den Untersuchungen von Mäder et al. (2002) waren die Bodenfruchtbarkeit und die Biodiversität bei den ökologischen Anbausystemen deutlich höher und weniger beeinflusst von äußeren Imports.

Arten- und Biotopvielfalt (Biodiversität)

Indikatoren dieses Umweltbereichs sind z.B. die charakteristische Pflanzenartenvielfalt der Kulturbiotope, das Auftreten gefährdeter und charakteristischer Pflanzengesellschaften und Einzelarten sowie die Lebensbedingungen für die Fauna. Zahlreiche Vergleichsuntersuchungen zu ökologisch und konventionell bewirtschafteten Acker- und Grünlandflächen liegen inzwischen vor. Die Auswertung von 25 verschiedenen Vergleichsuntersuchungen ergaben in allen Fällen eine bis zu fünfmal höhere Anzahl von Wildkrautarten auf ökologisch bewirtschafteten Flächen (Friebeu et al., 1994). Die Differenzen zwischen den Anbausystemen vergrößern sich i.d.R. zum Ackerinneren hin (van Elsen, 1994). Schützenswerte Pflanzen der Roten Liste sind in Getreideflächen des Ökologischen Landbaus häufiger anzutreffen; langfristige ökologische Bewirtschaftung erhöht die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens. Diesem Effekt stehen negative Auswirkungen des konventionellen Landbaus gegenüber: auf konventionell bewirtschafteten Flächen nahmen heute gefährdete Arten drastisch ab (Friebeu, 1990). Vergleiche der Artenzahlen sind jedoch oft zu einfach, um tatsächliche ökologische Effekte beider Systeme gesichert beurteilen zu können.

Zudem sind die Vorgeschichte der Flächen und die regionalen naturräumlichen Bedingungen von erheblicher Bedeutung.

Auf Äckern von 8 ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Nordrhein-Westfalen wurde ein Drittel der in diesem Bundesland gefährdeten Ackerwildkräuter gefunden (Friebe, 1998). Auch andere Autorinnen und Autoren berichten von häufigerem Auftreten gefährdeter Ackerwildkräuter in ökologisch bewirtschafteten Äckern (Meisel, 1979, Callauch, 1981, van Elsen, 1990, Basedow, 2002). Die Auswertung von 275 Vegetationsaufnahmen im Dauergrünland ergab mit 26,8 bei ökologischer Bewirtschaftung eine höhere Artenzahl im Gegensatz zur signifikant geringeren Artenzahl von 21,8 bei konventionell bewirtschaftetem Grünland (Prünke, 1994). Im Zusammenhang mit der vielfältig ausgebildeten Ackerwildkrautflora ökologisch bewirtschafteter Äcker wurde eine geringere Anfälligkeit der Nutzpflanzen gegenüber Pilzen und tierischen Schaderregern festgestellt (Ammer et al., 1988). Auch bei tierischen Organismen wurden in den meisten Untersuchungen überwiegend höhere Arten und Fangzahlen in ökologisch bewirtschafteten Feldern verglichen mit konventionell bewirtschafteten Flächen ermittelt. Pfiffner et al. (2001) werteten die Ergebnisse von 44 Vergleichsstudien aus, mit dem Ergebnis, dass sich Ökologischer Landbau im Vergleich zu konventioneller Landbewirtschaftung deutlich positiv auf diverse Tiergruppen (Regenwürmer, Laufkäfer, Spinnen, Tausendfüßer, Wanzen, Milben und Vögel) auswirkt.

Auch im konventionellen Landbau lassen sich durch vielfältige Maßnahmen ökologische Leistungen und geeignete Landschaftsstrukturierungen erreichen. In den mitteleuropäischen Kulturlandschaften gibt es heute kaum noch einen Biotoptyp, der nicht vom Menschen beeinflusst wurde bzw. wird. Viele der artenreichen Offenlandbiotope, wie z.B. Kalk-Trockenrasen, Feucht- und Nasswiesen sind typische Kulturbiotop, ebenso Hecken, Säume, Lesesteinhaufen und viele andere. Besondere Bedeutung bei der Nutzung von Indikatoren besitzen z.B. neben den Landnutzungssystemen auch die naturräumlichen Bedingungen (Hoffmann et al., 2001, 2002).

Landschaftsbild

Als Indikatoren gelten u.a die Beschreibung des Landschaftsbildes im Landschaftsprogramm oder optisch wirksame Details verschiedener Kulturbiotop. Die in den Anbau Richtlinien des Ökologischen Landbaus vorgesehene und in der Regel praktizierte Schaffung reichhaltiger Begleitstrukturen wie Feldraine, Feldgehölze, Hecken mit Säumen, sowie gezielt angesäte oder der Sukzession überlassene Ackerwildkrautstreifen verändern neben der Förderung der Nützlinge und des Niederwildes das Landschaftsbild positiv. Allerdings lässt sich diese Argumentation nicht ausschließlich auf die Verfahrensweise des Ökologischen Landbaus alleine beziehen, da die jeweilige standörtliche Spezifität ausschlaggebend ist. Oft weisen gerade große Schläge bei heterogenen Relief- und Bodenbedingungen (z.B. in vielen Teile Nordostdeutschlands), in kuppigen Bereichen, Senken, an staunassen Stellen usw. viele ökologische Nischen auf (Hoffmann et al., 2001).

Potentielle Vorteile für das Landschaftsbild können sich im Ökologischem Landbau durch eine höhere Kulturartenvielfalt, kleiner dimensionierte Feldflächen und reichhaltigere, blühende Ackerwildkrautflora ergeben. Da andererseits als landschaftsästhetisch positiv wahrgenommene Kulturpflanzen, wie blühende Ölrapssbestände, Lein, im Ökologischen Landbau weniger verbreitet sind als im konventionellen bzw. integrierten Landbau und zudem die Beurteilung des Landschaftsbildes unter anderem von seiner Lage, Historie, Topologie und nicht zuletzt den Urteilenden (Einwohner oder Touristen) abhängt, ergibt sich für diesen Umweltwirkungsbereich erheblicher Forschungsbedarf (Rahmann, 2000).

Bodenfunktionen

Als Indikatoren dieses Umweltwirkungsbereiches sind Humushaushalt, potentielle Gefügestörungen und Einsatz von Phosphordünger bei Arten- und Biotopvielfalt, zielgerichtete Reproduktion der organischen Bodensubstanz durch diversifizierte Fruchtfolgen mit hohem Anteil bodenfruchtbarkeitsmehrender Früchte, wie z.B. mehrjähriger Feldfutterbau (Bodenruhe) und die Zufuhr organischer Substanz in Form von Stallmist prägend für den Ökologischen Landbau. Die bodenbiologische Aktivität ist erhöht, das Bodengefüge stabilisiert (Mäder et al., 2002). Die Erosionsneigung kann auf ökologisch bewirtschafteten Flächen durch langanhaltende Bodenbedeckung (mehrjähriger Feldfutterbau, Untersaaten, Zwischenfruchtbau) sowie des als Folge der vorab geschilderten Maßnahmen günstigeren Bodengefüges reduziert werden (Heindl, 1991). Demgegenüber kann im konventionellen Anbau mit Festboden-Mulchsystemen und Direktsaat effizienter Erosionsschutz praktiziert werden. Direkte systematische Vergleichsuntersuchungen zu Optimierungsstrategien liegen nicht vor.

Wasserqualität

Im Bereich der Landwirtschaft ergeben sich potentielle Gewässergefährdungen u.a. durch spezifische Mikroorganismen sowie die Nutzung von stickstoff- und phosphorhaltigen Düngemitteln und von Pflanzenschutzmitteln. Indikatoren für mögliche Gewässergefährdungen wie Stickstoff- und Phosphorsalden, Ammoniak(NH₃)-Emissionen, Versauerung, Schwefeldioxid (SO₂)-Äquivalente (SO₂, NH₃, Stickoxide(NO_x)) zeigen, dass der Ökologische Landbau eine weitestgehend gewässerschonende Landbewirtschaftung (AGÖL, 1997) ermöglicht. Die Aspekte flächendeckenden Gewässerschutzes werden in den Grundsätzen durch die Bewirtschaftungsrichtlinien erfüllt; Stickstoff- und Phosphorüberschüsse sind hier deutlich niedriger. Verschiedene Untersuchungen zeigen Stickstoffbilanz-Salden unter 50 kg/ha im Gegensatz zum konventionellen Landbau mit 144 kg/ha, sowie im Mittel schwach negative Phosphorbilanz-Salden (Haas, 1995). Die Auswertung von 40 Vergleichsuntersuchungen zum Nitrataustragspotential und zum Nitrataustrag zeigt, dass bei ökologischer Bewirtschaftung in nahezu allen Fällen niedrigere Nitratmengen verlagert bzw. ausgetragen wurden (Haas, 2001). Mit dem Verbot der Anwendung jeglicher chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel ist die wiederholt festgestellte Belastung und Gefährdung von Gewässern durch Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten ausgeschlossen. So sind Grund- und Oberflächengewässer, in deren Einzugsgebiet ökologisch gewirtschaftet wird, nicht oder in deutlich geringerem Umfang mit Pflanzenschutzmitteln belastet als solche, deren Umland konventionell bewirtschaftet wird.

Eutrophierung

Dieser Umweltwirkungsbereich ist im wesentlichen durch Einträge von Stickstoff und Phosphat in Gewässer und Böden gekennzeichnet. Als potentielle Unterscheidungskriterien für die Belastung durch unterschiedliche Anbausysteme sind das Düngungsniveau, der Grad der Bodenbedeckung (Erosion) und die Ammoniakemissionen durch Festmist und Güllesysteme zu nennen. Die Höhe der N- und P-Salden, die schon vorab für den Umweltwirkungsbereich Wasserqualität genannt wurden, sowie die NH₃-Emissionen als Funktion des Umfangs der Tierhaltung und der Haltungssysteme lassen auf eine deutliche Verminderung der weiträumigen Eutrophierung durch organische Bewirtschaftung im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung schließen (Geier et al., 1998, Haas et al., 2001). Bockisch et al. (2000) zeigen den Forschungsbedarf auf.

Versauerung

Für die Versauerung von Böden und Gewässern sind im wesentlichen Einträge an Ammoniak, Schwefeldioxid und Stickoxiden verantwortlich. Der NH₃/NH₄- Eintrag steht im funktionalen Zusammenhang mit dem Düngungsniveau, dem Tierbesatz, dem Entmistungssystem bzw. der Lagerung organischer Düngemittel. Die Evolution von SO₂ und NO_x ist abhängig vom Einsatz energieintensiver Betriebsmittel. Vergleichsweise geringes Düngungsniveau, geringerer Viehbesatz und geringerer Einsatz energieintensiver Betriebsmittel führen zu einer deutlichen Verminderung des Versauerungspotentials durch organische Bewirtschaftung (Geier et al., 1998, Haas et al., 2001). Der Nachweis quantitativer Kausalzusammenhänge ist schwierig zu führen. Erheblicher Forschungsbedarf wird angezeigt (Bockisch et al., 2000).

Emissionen und Treibhauseffekt

Umweltrelevante Emissionen werden beim Pflanzenbau vor allem durch Energie- und Düngereinsatz verursacht. In die Umwelt freigesetzte Kohlendioxid-(CO₂)-Mengen stammen aus der Verbrennung von fossilen Kohlenstoff-Trägern. Im Rahmen eines Vergleiches der Klimarelevanz ökologischer und konventioneller Landbewirtschaftung in Deutschland wurde für die Bundesrepublik Deutschland bezogen auf Haupterwerbsbetriebe eine um etwa 60 % geringere flächenbezogene Emission des klimarelevanten Spurengases Kohlendioxid (CO₂) berechnet (Haas et al., 1994, 1995c). Bezogen auf den Ertrag verschiedener Kulturarten ergaben sich Minderungen der CO₂-Emission ertragsabhängig zwischen 20 und 50 %. Köpke et al. (1995) berechneten auf Basis der Daten des Agrarberichts 1993 gleich hohe Mengen an flächenbezogenem rückgebundenem CO₂ in der Spross- und Wurzelmasse, gehen aber aufgrund der Einbeziehung höherer Gehalte an organischer Bodensubstanz und höherer CO₂-Bindung in der mikrobiellen Biomasse des Bodens von höherer Rückbindung im Ökologischen Landbau aus. Da in Deutschland etwa 50 % des konventionell erzeugten Getreides ebenso wie Mais verfüttert oder industriell verarbeitet wird, gehen diese Autoren zudem für den konventionellen Landbau von einer deutlich geringeren Halbwertszeit der CO₂-Bindung in den Ernteorganen in Form von Kohlenstoff aus. Diese Aussage sollte geprüft werden.

Wenig verlässlich ist die Datenlage für Distickstoffoxid (N₂O). Während im konventionellen Landbau bei intensiv mit Stickstoff gedüngten Böden und dadurch gesteigerter Denitrifikation von einer hohen Distickstoffoxid-Emission auszugehen ist, trifft dies auf ökologisch wirtschaftende Betriebe infolge geringerer Zufuhr und Verfügbarkeit von Stickstoff in den Böden nicht zu. Dem steht eine mögliche höhere N₂O-Emission infolge des intensiveren Anbaus von Leguminosen im Ökologischen Landbau gegenüber – ein Sachverhalt, der wegen des etwa 270-fach höheren Treibhauspotentials von N₂O im Vergleich zu CO₂ weiterer Bearbeitung bedarf (Haas et al., 1994).

Die Annahme, dass wegen des geringeren Viehbesatzes und der Aufstallungsformen mit Einstreu im Gegensatz zu der im konventionellen Landbau verbreiteten stroharmen bzw. strohlosen Aufstallung mit Gülleproduktion auch die betriebs- und flächenbezogene Emission von Methan (CH₄) im Ökologischen Landbau geringer ist (Köpke et al., 1997), verlangt belastbares Datenmaterial. Dies gilt auch im Hinblick auf weitere Annahmen dieser Autoren, dass sich CH₄-Emissionen als Folge der im Ökolandbau angestrebten erhöhten Nutzungsdauer bei höherem Herdendurchschnittsalter erheblich verringern lässt. Ähnlich fragil ist die Datenlage für den Vergleich tiergerechter/artgemäßer Haltungsverfahren auf Festmist in Kombination mit Weidegang, wie sie für den Ökologischen Landbau typisch sind, womit CH₄-Emissionen aus den Exkrementen im Vergleich zu Haltungssystemen mit Gülle reduziert werden könnten. Es steht außer Frage, dass bei rohfaser- bzw. grundfutterreicher Fütterung die Methanbildung im Pansen der Wiederkäuer ansteigt. Nach Kirchgessner et al. (1991) kann die Methanbildung im Pansen in Abhängigkeit von der Rohnährstoffaufnahme folgendermaßen kalkuliert werden:

$$\text{Methanausscheidung (g/Kuh und Tag)} = 63 + 80 \times \text{kg Rohfaser} + 11 \times \text{kg NFE} \\ + 19 \times \text{kg Rohprotein} - 195 \times \text{kg Rohfett.}$$

Bei höheren Leistungen entsteht im Pansen der Kuh mehr Methan, je kg Milch ist jedoch mit einer signifikanten Verminderung zu rechnen (10 kg Milch/Tag: \approx 30 g CH₄/kg Milch; 30 kg Milch/Tag: rund 12 g CH₄/kg Milch) (Kirchgessner et al. 1991, 1993).

Für das CH₄-Rückbindungsvermögen durch die Bodenbiomasse liegen bislang wenig verlässliche Ergebnisse vor. Steudler et al. (1989), Mosier et al. (1993), Hansen et al. (1993) sowie Huetsch et al. (1993) zeigten einen Zusammenhang zwischen mineralischer Stickstoffdüngung und reduziertem Rückbindungsvermögen auf. Angesichts der in Westeuropa beträchtlichen Emissionen - 17 % der Methan-Emissionen entstammen tierischen Exkrementen, 66 % davon Güllesystemen - ist die Bedeutung der Rückbindung vermutlich gering (Köpke et al., 1997). In einer Untersuchung zur Masthähnchenproduktion von Kratz (2002) wurden Böden von Grünausläufen konventioneller und ökologisch wirtschaftender Betriebe verglichen. Zwischen den N- und P-Gehalten im Kot der Tiere wurden trotz systembedingter unterschiedlicher Nährstoffdichte keine Unterschiede festgestellt. Da die Auslaufnutzung in beiden Systemen räumlich ungleichmäßig verteilt war, wurden in intensiv genutzten Zonen hohe Stickstoff und Phosphor-Einträge gefunden, welche zu hohen Nitratgehalten auch in tiefere Bodenschichten (60 - 90 cm) führten.

Bei zusammenfassender Betrachtung der CO₂-, CH₄- und N₂O-Emissionen kommen Bockisch et al. (2000) zu dem Schluss, dass die Emissionen im konventionellen Pflanzenbau sowohl je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche als auch je Tonne Produkt generell höher sind als im Ökologischen Landbau. Für den Bereich der tierischen Erzeugung machen Bockisch et al. (2000) keine quantitativen Aussagen, wenngleich der von ihnen berechnete Primärenergieeinsatz je Produkt im konventionellen Landbau im Vergleich zur ökologischen Variante, z.B. je Tonne Schwein (Lebendgewicht) um den Faktor 1,5, je Tonne Milch um den Faktor 1,85 höher war - ein Sachverhalt, der ausschließlich auf den geringeren Energieverbrauch der Futtermittelproduktion im Ökologischen Landbau zurückgeführt wurde. Andererseits kommen die Autoren auch zu der Schlussfolgerung, dass die energetische Bewertung des Futtermiteinsatzes, insbesondere des industriellen Mischfutters, derzeit sehr problematisch ist. Dabei fehlen vor allem belastbare Zahlen für Nebenprodukte aus der Lebensmittelverarbeitung.

Für das Szenario Umstellung der Hamburger Landwirtschaft auf Organischen Landbau wurde das Treibhauspotential im Projektgebiet Vier- und Marschlande um 37 % vermindert (Geier et al., 1998). Im Vergleich zu Acker- und Grünland waren die Unterschiede einer Ökobilanz der Apfelerzeugung (Vergleich integrierter und ökologischer Bewirtschaftung) weniger markant (Geier et al., 2000, 2001). In diese Ökobilanz wurde neben der Produktion der Äpfel auch die Lagerung einbezogen. In jeweils 6 Umweltwirkungsbereichen zeigten die ökologischen (extensiv/intensiv) oder die integrierte Variante Vorteile. Bei Umweltwirkungen mit lokaler Ausprägung, bspw. Biotop- und Artenschutz, Gewässerschutz, hatten die Varianten ökologischer Bewirtschaftung Vorteile gegenüber der integrierten Bewirtschaftung. Hingegen war die integrierte Erzeugung günstiger bei den durch Energieeinsatz verursachten Umweltwirkungsbereichen Treibhauseffekt und Photooxidantienbildung. Eine einfache Gewichtung der Umweltwirkungsbereiche mit niedriger, mittlerer und hoher Bedeutung ergab indessen Vorteile bei den meisten als hoch eingestuften Umweltwirkungsbereichen für die ökologischen Bewirtschaftungsvarianten, während die Vorzüge der integrierten Bewirtschaftung vor allem bei Umweltwirkungsbereichen mit niedriger Bedeutung lagen. Generell waren die Unterschiede zwischen den Varianten der Apfelerzeugung verglichen mit denen der Ackerkulturen aber gering.

Ressourcenverbrauch (Indikatoren Primärenergieeinsatz, P-Dünger, Futtermittel)

Neben der Inanspruchnahme von Fläche und Wasser ist bei der Pflanzenproduktion vor allem der Verbrauch an direkter und indirekter Primärenergie von Bedeutung. Nach verschiedenen Literaturquellen verbraucht die Landwirtschaft in Industrienationen etwa 2 - 5 % der Gesamtenergie (Lewis et al., 1979, Vine et al., 1981, von Oheimb, 1987, Bockmann et al., 1991, Haas et al., 1995). Der Direktenergieverbrauch betrifft alle Arbeitsvorgänge auf dem Feld und bei der Ernte, wie Boden-, Pflege- und Transportarbeiten. Bei diesen Prozessen wird direkt Energie in Form von Dieselkraftstoff, Gas, Strom u.a. verbraucht. Der indirekte Energieverbrauch entfällt dagegen u.a. auf die Aufwendungen zur Erzeugung von Pflanzenschutzmitteln und Dünger. Vergleichsuntersuchungen zum Energieaufwand in der bundesdeutschen Landwirtschaft wurden im Rahmen einer Studie für die Enquetekommission des Deutschen Bundestages "Schutz der Erdatmosphäre" schon im Jahre 1994 angefertigt (Haas et al., 1994).

Danach waren flächenbezogene Einsparungen an fossilen Energieträgern im Ökologischen Landbau im Vergleich zum konventionellen Landbau mit bis zu mehr als 60 % möglich – ein Sachverhalt, den Bockisch et al. (2000) mit Einsparungen von 66 % bestätigen. Diese Autoren berechneten für den produktbezogenen Vergleich je Tonne Produkt für Ökologischen Landbau im Vergleich zu konventionellem Landbau einen Primärenergieeinsatz bei Getreide von 66 %, für Raps 42 %, Hackfrüchte 78 %, Maissilage 64 %, Grassilage 40 % und für Leguminosen 59 % und bestätigen damit im wesentlichen die Ergebnisse von Haas et al. (1994) (Möhren 22%, Winterweizen 47 %, Mähweide 60 % geringerer Energieeinsatz bezogen auf den Ertrag im Vergleich zum konventionellen Landbau). Der relativ hohe Verbrauch von Lebensmitteln tierischer Herkunft in Deutschland bedingt einen hohen Flächenbedarf für die Erzeugung von Futtergetreide und anderen Futtermitteln. Bei einem geringeren Verbrauch an Lebensmitteln tierischer Herkunft könnte demnach der Pflanzenbau mit einem geringeren Intensitätsniveau betrieben werden (s. Tab. 1). Für die Ökobilanz Hamburger Landwirtschaft wurde die Einsparung des flächenbezogenen Primärenergieeinsatzes durch Ökologischen Landbau mit 54 % quantifiziert (Geier et al., 1998). Die Ergebnisse der jüngst publizierten Langzeitstudie über einen Zeitraum von 21 Jahren aus der Schweiz (Mäder et al., 2002) weisen für die ökologisch bewirtschafteten Varianten im Vergleich zum konventionellen Landbau ebenfalls einen reduzierten Einsatz an Primärenergie (13,0 gegenüber 22,5 GJ/h und Jahr) und Phosphordünger nach. Für den Bereich der tierischen Produktion gilt, dass in Abhängigkeit von der über das Produktionsverfahren steuerbaren Leistungshöhe verschiedene Futtermittel, wie u.a. Grundfutter, Kraftfutter oder Nebenprodukte der Verarbeitungsindustrie eingesetzt werden, die wiederum mit unterschiedlichem Ressourceneinsatz erzeugt werden und in die Gesamtkalkulation eingehen. Zu dieser Thematik sind weitere umfassende Studien und Modellrechnungen zur Umweltwirkung der verschiedenen Erzeugungsverfahren notwendig, die unter Berücksichtigung der Ökobilanz-Methode auf Grundlage der ISO-Norm 14040 erstellt werden müssen, sofern ihr Schwerpunkt im Bereich der landwirtschaftlichen Erzeugung liegt (Geier et al., 1997, Bockisch et al., 2000).

Ökotoxizität

Die Wirkungskategorie Ökotoxizität beschreibt im wesentlichen die ökotoxischen Wirkungen des Pflanzenschutzes. Bewertungen der Ökotoxizität bzw. des Umweltrisikopotentials des Pflanzenschutzmitteleinsatzes wurden in Deutschland wiederholt mit dem Modell SYNOPS 2_0 (Gutsche et al., 1997), entwickelt an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), vorgenommen. SYNOPS ermittelt dabei die Umweltverfügbarkeit von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und deren biologisches Risiko für den Naturhaushalt. Das biologische Risiko wird für die Stellvertreterorganismen Regenwürmer, Wasserflöhe, Fische und Algen als akutes subchronisches Risiko berechnet. In einer Ökobilanz der Apfelerzeugung, die den integrierten mit dem ökologischen Anbau vergleicht, ergab sich ein höheres biologisches Risiko für die integrierte Bewirtschaftung (Geier et al., 2001). Das zweithöchste biologische Risiko wies die integrierte Bewirtschaftung nur mit Fungiziden auf, gefolgt von der ökologisch extensiven Bewirtschaftung. Das niedrigste biologische Risiko zeigt die Variante ökologisch-intensive Bewirtschaftung.

Das höhere biologische Risiko der ökologisch-extensiven gegenüber der ökologisch-intensiven Bewirtschaftung war - bei fast gleichem Mittelaufwand - auf eine stärkere Akzentuierung des Mitteleinsatzes durch weniger Spritzungen zurückzuführen. Bei erweiterter Betrachtung des Begriffs Ökotoxizität sind auch die in den Umweltwirkungsbereichen Eutrophierung und Ökotoxizität benannten Zusammenhänge zu nennen. Erhöhter Stickstoff- und Phosphoreintrag kann zu extremer Algenblüte, starker Trübung oder Sauerstoffmangel in aquatischen Ökosystemen - letztlich zu deren Zusammenbruch, dem sog. "Umkippen" - führen. Entsprechende Zusammenhänge gelten für empfindliche terrestrische Ökosysteme, Magerwiesen, Heide, Hochmoore (s.o. Versauerung und Eutrophierung). Weiterer Forschungsbedarf betreffend Kausalzusammenhänge und Wirtschaftsweise werden angezeigt.

Humantoxizität:

Der Umweltwirkungsbereich Humantoxizität wird vom Umweltbundesamt als Pflichtkategorie für die Durchführung von Ökobilanzen angesehen. Potentiell betroffene Bereiche der Landwirtschaft sind der Anwenderschutz und die Nahrungsmittelqualität (Belastung mit toxischen Stoffen, Nitratgehalt etc.). Als potentielle Unterscheidungskriterien dienen Klärschlammausbringung (im Ökologischen Landbau verboten), Nitratgehalte in den Produkten (im Ökologischen Landbau i.d.R. niedriger, vgl. Kap. 3.2), Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln (im Ökologischen Landbau geringer, vgl. Kap. 3.2) und Arzneimitteleinsätze (im Ökologischen Landbau potentiell geringer, vgl. Kap. 3.2). Bezüglich des Verbotes der Klärschlammausbringung auf ökologisch bewirtschafteten Flächen ist anzumerken, dass Klärschlamm ein gesamtwirtschaftliches Problem ist, welches durch ein Ausbringverbot allein nicht gelöst wird.

Die für verschiedene Pflanzenschutzmittel ausgesprochenen Auflagen zum Anwenderschutz (Hinweise auf besondere Gefahren und Sicherheitsratschläge) weisen auf das humantoxikologische Gefährdungspotential für die Anwender hin. Entsprechend kann gefolgert werden, dass das humantoxikologische Gefährdungspotential für die Landwirte selbst wegen des Anwendungsverbots chemischer Pflanzenschutzmittel im Ökologischen Landbau deutlich vermindert sein sollte. Aufgrund der eingeschränkten Datenlage kann zur Bewertung der Humantoxizität lediglich das Gefährdungspotential durch die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf Anwender bzw. Rückstände in Lebensmitteln eingeschätzt werden. Ungeachtet der Probleme der Nachweisbarkeit im Einzelfall ergibt sich für diesen Umweltwirkungsbereich im Ökologischen Landbau keine oder eine im Vergleich zum konventionellen Landbau geringere Gefährdung.

Die wichtigsten Gesundheitsrisiken reaktiver oxidierten Stickstoffverbindungen wie NO und NO₂ sind deren Langzeitwirkung auf die Lungenfunktionen sowie infektionsbedingte Atemwegserkrankungen wie Husten oder Bronchitis - ein Sachverhalt, der insbesondere für Kinder bedeutsam ist (WHO, 2000). Stickoxide sind Vorläuferschadstoffe des bodennahen Ozons. Eine hohe Belastung durch Ozon als Folge vermehrter NO_x-Emissionen kann zu akuten und chronischen Veränderungen der Struktur und Funktion der Atemorgane führen. Eine erhöhte Partikelbelastung der Atemluft (Feinstaub) und sekundäre Aerosole (NH₃) stehen in einem statistischen Zusammenhang mit verstärktem Auftreten chronischer bzw. akuter Bronchitis sowie erhöhter Sterblichkeit (Künzli et al., 2001).

Emissionen und Geruchsbelastung

Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass mit den bei höherem Intensitätsniveau der Nutztiererzeugung angestrebten zunehmenden Produktionsleistungen auch der Ressourceneinsatz und die Ausscheidungen je Tier ansteigen. Die Intensitätsniveaus steigen von ökologischen über ressourcenschonende bis hin zu konventionellen Produktionsverfahren deutlich an. Mit zunehmender Leistung werden die eingesetzten Ressourcen jedoch effektiver genutzt, die Ausscheidungen je produzierter Einheit verringern sich (Flachowsky, 2002b). Ab einem bestimmten Leistungsniveau, z.B. charakterisiert durch mehr als 10.000 kg Milch je Kuh und Laktation, wird dieser Effekt der Effizienzsteigerung jedoch immer geringer (Flachowsky et al., 2002). Generell ist ein hoher Forschungsbedarf zur Beurteilung und Reduzierung von Geruchsemissionen angezeigt (Boeker, 2003).

Tiergerechtigkeit (Tierschutz)

Die gesellschaftliche Einstellung zum Tier als Mitgeschöpf hat sich in den letzten Jahrzehnten erheblich verändert. Dieser gesellschaftliche Wertewandel hat sich in Gesetzen niedergeschlagen. So ist am 17. Mai 2002 - im vierten Anlauf nach 1994, 1998 und 2000 - der Tierschutz mit einer großen Mehrheit aller Fraktionen des Bundestages in das Grundgesetz (Artikel 20a) aufgenommen worden und am 1. August 2002 in Kraft getreten (Bundesdrucksache 14/8860). Im Tierschutzgesetz (TierSchG) sind die Grundlagen für Verordnungen zur artgerechten Haltung und zum Schutz der Tiere festgelegt: *"Zweck dieses Gesetzes ist es, aus der Verantwortung des Menschen für das Tier als Mitgeschöpf dessen Leben und Wohlbefinden zu schützen. Niemand darf einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schaden zufügen."* Auf der Basis des Tierschutzgesetzes definieren Verordnungen die Art und Weise der Tierhaltung, die diesen Ansprüchen gerecht werden. Sie beziehen sich dabei auf Teilbereiche, z.B. die landwirtschaftliche Haltung, den Transport und/oder die Schlachtung der Tiere. In der Praxis werden in der Nutztierhaltung die Anforderungen des Tierschutzes häufig sehr weit ausgelegt. Die Diskussionen über die Legehennenhaltungsverordnung, in der die Käfighaltung ab 2007 verboten wurde (BGBl 1, Nr. 16 vom 12. März 2002), hat dieses deutlich gemacht.

Die hohen gesetzlichen Ansprüche an den Umgang mit Nutztieren entsprechen den Vorstellungen des Ökologischen Landbaus (Rahmann, 2003). Die Standards für die Ökologische Tierhaltung gehen in der Regel über die gesetzlichen Anforderungen und die Haltungsbedingungen der konventionellen Nutztierhaltung hinaus. Auf eine Ausschöpfung des Leistungspotenzials wird verzichtet. Es werden Tiere nicht durch Enthornung, Schnabel stutzen, Schwanz kupieren oder Zähne abkneifen an die Haltungsbedingungen sondern die Haltungsbedingungen an die Tiere angepasst. Diese Eingriffe können ggf. nach tierärztlicher Indikation notwendig werden, sind aber auch nur dann erlaubt. Das arttypische Futter- und Wasseraufnahmeverhalten, Ausscheideverhalten, Ruhe- und Liegeverhalten, Sexualverhalten, soziale Verhalten und Bewegungsverhalten sollen so weit es geht ermöglicht werden. Daher sind je nach Tierart und -gruppe der Herden- und Familienverband, Kotplätze, der Natursprung zur Fortpflanzung, die Weidehaltung, große Stallflächen zum freien Bewegen, die Möglichkeit der Futterselektion, des Suhlers, Badens und Spielens wichtige Aspekte in der Ökologischen Tierhaltung.

Nicht erlaubt sind daher Einschränkungen der Bewegungsfreiheit (Anbindungen, alleinige Stallhaltung), die Verhinderung von Sinneseindrücken (Umweltreize wie Licht, Wetter) und die unsoziale Haltung, die keine oder zu enge Kontakte zu Artgenossen ermöglicht.

Tiere sind im Ökologischen Landbau in Gruppen zu halten. Die Gruppengröße richtet sich nach den entwicklungsbedingten Bedürfnissen der Tiere und darf nicht zu groß (Massentierhaltung) und nicht zu klein sein.

Um nicht tiergerechte Wachstumsleistungen in der Geflügelmast zu vermeiden, wurden Mindestschlachtetalter festgelegt. Der Transport von Tieren muss so schonend und stressfrei wie möglich erfolgen. Auch vor und während der Schlachtung ist der Stress für die Tiere minimal zu halten. Alle Tiere müssen jederzeit ungehinderten Zugang zu Wasser haben. Die Stallgebäude müssen eine genügende Frischluftzufuhr, ausreichenden Tageslichteinfall, niedrige Staubkonzentrationen, tier- und altersgerechte Temperaturen, angepasste Luftfeuchte und niedrige, gefahrungsfreie Schadgaskonzentrationen gewährleisten. Die Weiden und Auslaufflächen sind entsprechend den Klimaverhältnissen und der Tierart gegebenenfalls mit Schutzeinrichtungen gegen Regen, Wind, Sonne und extreme Temperaturen auszustatten. Unter dieser Voraussetzung ist die ganzjährige Freilandhaltung möglich. Die Besatzdichte im Stall soll den Tieren Komfort und Wohlbefinden ermöglichen, d.h. es muss ausreichend Platz für natürliches Stehen, bequemes Abliegen, Umdrehen, Putzen, das Einnehmen aller natürlichen Stellungen und für natürliche Bewegungen wie das Strecken und Flügelschlagen vorhanden sein. Hierfür wurden für die jeweiligen Tierarten und Nutzungsrichtungen Mindeststall- und Mindestauslaufflächen für Säugetiere und Geflügel festgelegt. Die Böden der Ställe müssen glatt, dürfen aber nicht rutschig sein; zumindest die Hälfte der gesamten Bodenfläche muss aus festem Material bestehen. So dürfen höchstens 50 % der Lauffläche aus Spaltenböden oder Gitterstrukturen bestehen. Liege- und Ruheflächen der Tiere müssen sauber und trocken sowie mit einer weichen Unterlage versehen sein, die ausreichend groß und nicht perforiert sein muss. Kälber dürfen nicht in Einzelboxen gehalten werden, sondern sind zu Gruppen zusammenzustellen, soweit dieses möglich ist. Allen Säugetieren ist Weidegang oder Zugang zu einem Auslauf immer dann zu gewähren, wenn der physiologische Zustand (z.B. Alter, Gesundheit), das Wetter und der Bodenzustand dies erlauben. Teile des Auslaufs können dabei auch überdacht sein. Den Pflanzenfressern unter den Säugetieren ist so viel wie möglich Weidegang zu gewähren.

Sauen sind in Gruppen zu halten; Ausnahmen sind das späte Trächtigkeitsstadium und die Säugephase von 40 Tagen. Ferkel dürfen nicht in *Flatdecks* (ähnlich den Hühnerkäfigen) oder Ferkelkäfigen gehalten werden. Es müssen für die Schweine Auslaufflächen zum Kot absetzen und zum Wühlen vorhanden sein; verschiedene natürliche Materialien dürfen verwendet werden.

Geflügel darf nicht in Käfigen, sondern muss traditionell mit Auslauf gehalten werden. Der Zugang zu Auslaufflächen muss jederzeit gewährleistet sein, solange die klimatischen Bedingungen dies zulassen, mindestens aber ein Drittel der Haltungsbzw. Mastdauer. Die Auslaufflächen müssen größtenteils Pflanzenbewuchs aufweisen und Schutzmöglichkeiten bieten. Die Tiere müssen ungehinderten Zugang zu Futter und Wasser haben.

In allen Geflügelställen muss mindestens ein Drittel der Bodenfläche aus einer festen Konstruktion bestehen und darf keine Spalten oder Gitterroste aufweisen; diese muss mit Streumaterial (Stroh, Holzspänen, Sand oder Torf) bedeckt sein. Sitzstangen müssen ebenso vorhanden sein, wie ausreichend dimensionierte Ein- und Ausflugklappen (bei Bioland sind diese mindestens 50 cm breit und 45 cm hoch). Geflügelställe müssen pro 100 m² mindestens eine Länge von vier Metern aufweisen; für Legehennen muss ein ausreichend großer Raum als Kotgrube vorgesehen sein. Zusätzlich zum natürlichen Licht kann Kunstlicht eingesetzt werden, um eine tägliche Lichtphase von 16 Stunden zu gewährleisten. Das Kunstlicht darf dabei nicht aus Neonlichtrohren bestehen, da die Hühner dieses als Flackern wahrnehmen; eine ununterbrochene Nachtruhe ohne Kunstlicht von mindestens 8 Stunden muss dann eingehalten werden. Bioland regelt auch die Junghennenaufzucht.

Diversität von Kulturpflanzen und Nutztieren:

Die weit gestellte Fruchtfolge ist die wichtigste Maßnahme des ökologischen Landbaus im Pflanzenschutz, in der Unkrautregulierung und im Nährstoffmanagement. Dadurch entsteht eine deutlich höhere Vielfalt an angebauten Kulturpflanzen. Hausheer et al. (1998) untersuchten die Fruchtfolgen von 110 ökologischen, integrierten und konventionellen Landwirtschaftsbetrieben, die über viele Jahre als Leitbetriebe für die Neuausrichtung der Schweizer Agrarpolitik dienen. Auf ökologischen Betrieben wurde in den Fruchtfolgen im Mittel 4,5 verschiedene Kulturpflanzen angebaut gegenüber 3,4 auf integrierten Betrieben. Nimmt man Sonderkulturen (mehrjährige Kulturen, Gemüse, Kräuter) dazu, wird der Unterschied bezüglich Anbauvielfalt noch wesentlich größer. Es zeichnet sich ein zunehmender Trend ab, nachdem sich Ökobetriebe aktiv an der Erhaltung von alten Kulturpflanzen und Nutztierassen beteiligen.

Einsatz gentechnisch veränderter Organismen

Produkte aus ökologischer Erzeugung dürfen laut Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 keine gentechnisch veränderten Organismen (GVO) oder auf deren Grundlage hergestellte Erzeugnisse enthalten. In der konventionellen Erzeugung wird die Gentechnik als Element moderner Züchtung angesehen, das eine gezielte Änderung der Eigenschaften im Empfängerorganismus erlaubt. Zur Abgrenzung von der konventionellen Produktion sind in der Erzeugung tierischer Produkte keine GMO als Futtermittel oder Zusätze erlaubt. In der konventionellen Tierernährung ist es möglich, zur Verbesserung der Nährstoffverwertung, d.h. zur Verringerung der Ausscheidung von bestimmten Elementen, wie zum Beispiel Phosphor, Enzyme einzusetzen, die mit Hilfe gentechnischer Verfahren gewonnen werden können. Diese sind in Aufbau und Wirkung den nicht aus GMO-Mikroorganismen isolierten Enzymen vergleichbar (SCAN, 2003). Da zur Gewinnung von GMO-Enzymen entsprechend leistungsfähige gentechnisch modifizierte Mikroorganismen eingesetzt werden, kann die Ökobilanz der enzymerzeugenden Betriebe wesentlich verbessert werden, z.B. durch die Reduzierung des Abwassers auf 10 bis 20 % der isogenen Ausgangsvarianten. Die Einschätzungen möglicher, aus dem Einsatz von GMO resultierender Umweltbelastungen divergieren nach wie vor beträchtlich.

In einer zusammenfassenden Bewertung von über 50 Fütterungsversuchen mit allen Nutztierarten gelangen Flachowsky et al. (2001) zu der Beurteilung, dass GVO der ersten Generation (ohne substantielle Beeinflussung der Inhaltsstoffe) keinen signifikanten Einfluss auf Tiergesundheit, Leistung und Produktqualität ausüben. Diesbezügliche Untersuchungen zu GVO der 2. Generation (mit gezielten Veränderungen von Inhaltsstoffen, wie z.B. verändertes Fettsäuren- bzw. Aminosäuremuster, höherer Phytase- bzw. geringerer Phytatgehalt, erhöhter Gehalt an Vitaminen, geringeres allergenes Potenzial u.a.) stehen noch aus.

3.1.2 Prozessqualität unter besonderer Berücksichtigung der Verarbeitung

Die Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 regelt im Rahmen der Etikettierung im Artikel 5 auch die Verarbeitung pflanzlicher Erzeugnisse. Demnach dürfen Erzeugnisse des Ökologischen Landbaus nur dann als Bio-Produkte gekennzeichnet werden, wenn das Erzeugnis und seine Zutaten nicht mit ionisierenden Strahlen behandelt wurden und zur Herstellung ausschließlich die explizit zugelassenen Zusatzstoffe verwendet wurden. Mit der Verordnung (EWG) Nr. 1804/1999 des Rates vom 19. Juli 1999 werden Verarbeitungsverfahren für alle vom Tier stammenden Erzeugnisse in den Geltungsbereich der o.g. Verordnung 2092/91 einbezogen. Die Codex Alimentarius Kommission hat 2001 ebenfalls Leitlinien für die Verarbeitung und Lagerung, den Transport, die Kennzeichnung und die Vermarktung ökologisch erzeugter Lebensmittel festgelegt. Grundsätzlich sollen zur Verarbeitung mechanische, physikalische oder biologische Verfahren eingesetzt werden; die Verwendung von erlaubten Zutaten nicht-landwirtschaftlichen Ursprungs sowie von erlaubten Zusatzstoffen soll auf das unverzichtbare Maß beschränkt bleiben. Darüber hinaus haben verschiedene Öko-Verbände, darunter IFOAM und AGÖL, hierzu wiederum eigene Richtlinien zur Auslegung und detaillierten Ausführung der EG Verordnung bzw. der Leitlinien des Codex Alimentarius herausgegeben. Im folgenden wird auf die an diesen Leit- und Richtlinien ausgerichtete Verarbeitung von Bio-Getreide sowie auf die nachhaltige Nutzung herkömmlicher Verarbeitungsverfahren und deren Ökobilanzen eingegangen.

Getreideverarbeitung: Pflanzliche Lebensmittel wie Getreide werden als Massengut im großtechnischen Maßstab be- und verarbeitet. Häufig sind die Mengen an Öko-Erzeugnissen für die Unternehmen zu gering, als dass die Behandlung (Lagerung, Aufbereitung, Stabilisierung und Transport) sowie die Verarbeitung zu fertigen Lebensmitteln vollständig mit Bio-Getreide ausgelastet wäre. Demzufolge muss in nachgeordneten Behandlungs- und Prozessstufen parallel zum Bio-Segment häufig ein konventionelles Segment mitbehandelt bzw. verarbeitet werden. Dadurch wird eine Trennung der Prozessströme notwendig, um die direkte Zuordnung des Rohstoffes zum Produkt (Rohstoffannahme, Anlagen- und Siloreinigung usw.) sowie zum Lieferanten zu ermöglichen. Die konsequente Trennung der Stoffströme ist z.B. bei Getreide ein technisches (Rückverfolgbarkeit) und ökonomisches (kostenerhöhendes) Problem.

Nacherntetechnisches-Management (Qualitäts- u. Technologieanpassung): Bei der Getreideerzeugung fallen als Reinigungsausputz natürliche Verunreinigungen wie Stäube botanischen oder mineralischen Ursprungs an, die im konventionellen Produktionsverfahren als Schadstoffsenske (Anreicherung) entsorgt werden (Münzing 2001). Das - gleichwohl nicht obligat zu erfüllende - Kreislaufprinzip im Ökologischen Landbau kann hier nur verwirklicht werden, wenn solche Reinigungsabgänge durch thermische Nachbearbeitung in einen umweltverträglichen, kreislauffähigen Zustand überführt werden (Investitionsbedarf und Überwachungsaufwand). Problematisch sind hohe Ausputzanteile u.a. bei Durchkrautung der Bestände. Dies führt zu höheren Anforderungen an die Getreidereinigungssysteme (Investitionsbedarf in die Reinigungstechnik, Kosten- und Überwachungsaufwand).

Amtlich zugelassene Vorratsschutzmittel wie Phosphor-Wasserstoff (PH₃) und chemische Wirkstoffe wie Pyrimiphosmethyl dürfen nach internen Vorschriften der Öko-Verbände nicht für Öko-Getreide verwendet werden. Alternative Bekämpfungsverfahren mit CO₂, thermischen Verfahren, Kieselalgenpräparate oder Diathomeenstäube sind u.U. technisch und ökonomisch weniger effizient; einige dieser Verfahren können nach Untersuchungen der BAGKF (Münzing 1988, 1998) die Keimfähigkeit und die sensorische Beschaffenheit der daraus hergestellten Lebensmittel beeinträchtigen. Für die Technologieanpassung sind förderliche und oder schädigende Einflüsse dieser Handlungsweisen zu ermitteln und zu berücksichtigen. Förderliche oder schädigende Einflüsse auf die für eine Erstellung von Ökobilanzen wichtigen Bio-Indikatoren sind zu erarbeiten.

Verarbeitungstechnisches-Management (Handlungsweisen der Qualitäts- u. Technologieanpassung bei der Verarbeitung): Es dürfen im Ökologischen Landbau nur Zusatzstoffe, Verarbeitungshilfsstoffe und weitere Zutaten verwendet werden, die in der Positivliste der EG-Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 (Anhang VI Öko-VO Teil A-C) aufgeführt sind. Hieraus ergibt sich für die Betriebe das (a) technische (b) ökonomische Problem, dass bei den geringen Weizenproteingehalten im Öko-Anbau für hefegelockerte Gebäcke Qualitätsweizensorten verwendet werden müssen. Bei bestimmten, chemisch gelockerten Gebäcken, die im sog. *all-in*-Verfahren hergestellt werden, sind durch den Ausschluss von Aufschlagemulgatoren (Mono-, Di-Glyceride) aufwendige Verfahrensumstellungen auf klassische, mehrstufige Herstellungsweise nötig; hieraus kann sich Forschungsbedarf ergeben. Die nach den Bio-Anforderungen u.a. in den Leitlinien des Codex Alimentarius 2001 zur Förderung der biologischen Vollwertigkeit geforderte Sorgfalt in der Verarbeitung wird in einigen Fällen die universelle Handlungsweise und die angestrebte Verwendbarkeit, d.h. den Eignungswert der Lebensmittel einschränken, u.a. bei der sogenannten Frischvermahlung von Getreide oder bei der Teigwarentrocknung. Hieraus resultieren notwendige Qualitäts- und Technologieanpassungen, die übliche Kosten-/Nutzen Relation bei der Getreideverarbeitung verschieben.

Ressourceneinsatz/Emissionen bei nachhaltiger Nutzung herkömmlicher Verarbeitungsverfahren: Steigende Kosten für Trinkwasser und Energie sowie für die Abwasserentsorgung bei der Verarbeitung landwirtschaftlicher Rohwaren führen immer mehr zum sorgfältig kalkulierten Einsatz.

So wurde im gesamten Ernährungsgewerbe 1998 im Vergleich zu 1991 insgesamt rund 25 % weniger Wasser verbraucht. Diese effizientere Nutzung der Ressource Wasser wurde nicht zuletzt auch durch die Verfügbarkeit neuer, wassersparender Technologien und Produktionsverfahren gefördert (Beck, 2002). Mit einem geringeren Wasserverbrauch bei der Verarbeitung landwirtschaftlicher Erzeugnisse ist grundsätzlich immer eine Verringerung des Abwasseraufkommens und meist auch die Einsparung von Energie verbunden (Hutjens, 1999). Weitere Studien zur Effizienzverbesserung bei der Kartoffel- sowie der Gemüse- und Obstverarbeitung sind u.a. von Spiertz et al. (1996), Larrauri (1997), Hutjens (1999), Spieß et al. (1999) und Pagella (2000) beschrieben. Spezifische Einflüsse ökologisch erzeugter Rohwaren auf Ressourceneinsatz und umweltrelevante Emissionen bei der Verarbeitung sind nicht zu erwarten und bislang nicht bekannt. Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit liegt das Hauptinteresse bei der Verarbeitung landwirtschaftlicher Erzeugnisse unabhängig von der Art der Erzeugung in der Einsparung von Wasser und Energie sowie in der Minimierung des Abwasser- und Reststoffanfalls.

Ökobilanzen bei herkömmlichen Verarbeitungsverfahren: Eine an den Gesichtspunkten der Verarbeitung landwirtschaftlicher Rohstoffe orientierte Ökobilanz beschreiben Andersson et al. (1999) für die Herstellung von Tomatenketchup. Weitere verarbeitungsbezogene Ökobilanzen untersuchen das Backen von Weißbrot von der haushaltsmäßigen Zubereitung, der Herstellung in einer lokalen Bäckerei bis hin zur industriellen Backwarenherstellung (Andersson, 1998), den Einfluss der ökologischen Weizenerzeugung auf die Brotherstellung (Lörcher et al., 1994) sowie Umweltaspekte bei der Raffination pflanzlicher Öle (Dijkstra, 1999).

3.1.3 Prozessqualität der Erzeugnisse - Bewertung durch Verbraucherinnen und Verbraucher

Verbraucherinnen und Verbraucher haben umfassende Beziehungen zu ihrer Ernährung ("Totalphänomen"). Das betrifft sowohl die Verzehr- und Kaufentscheidungen, als auch die Beurteilung der Wirkungen ihrer Handlungen. So ist das individuelle Wohlbefinden ein subjektives, dynamisches Resultat der empfundenen Wirkungen zur eigenen Person und zur Umwelt. Positive Beurteilungen schützen den Menschen (Salutogenese), negative machen Erkrankungen wahrscheinlicher (Pathogenese). Diese Beziehungen gelten für stoffliche (physiologische), aber auch für (psychologische und gesellschaftliche (soziale) Prozesse; menschliches Verhalten wird durch biopsychosoziale Systeme kontrolliert. Mit der gesellschaftlichen Entwicklung einhergehend, werden von den Verbraucherinnen und Verbrauchern vermehrt externe Signale ("*dietary goals*", *Nachhaltigkeitsaspekte*) wahrgenommen und sie werden aufgefordert diese zu beachten. Die wahrgenommene Prozessqualität von Lebensmitteln kann Auswirkungen auf das individuelle Wohlbefinden von Verbraucherinnen und Verbrauchern haben.

Eindeutige psychologische Komponenten können im Zusammenhang mit Geschmack, Aroma, Aussehen und Zusatzinformationen festgestellt werden. Johansson et al. (1999) ließen 179 Probanden Tomaten unterschiedlicher, nach den o.g. Kriterien ausgewählter Sorten und Erzeugung verkosten, verbunden mit der richtigen, der falschen oder keiner Zusatzinformation zu Anbau und Herkunft (konventionell/ökologisch). Nach den Ergebnissen können Sorteneffekte den Einfluss des Anbausystems deutlich überlagern. Die Information "aus Ökologischem Anbau" erhöhte die Präferenz positiv, allerdings weniger bei *per se* bevorzugten Proben (Sorten), deutlicher hingegen bei *per se* ungünstig beurteilten Proben. In 2 von 4 Fällen war die Präferenz signifikant vermindert, wenn die Zusatzinformation "aus konventionellem Anbau" gegeben wurde. Für die Konsumentenentscheidung bei der Bevorzugung von ökologisch erzeugtem Obst und Gemüse sind mehrere Aspekte wichtig: Verbraucherbefragungen zu Kaufmotiven erfassten in den 80er- und beginnenden 90er-Jahren vorwiegend altruistische Kaufmotive wie z.B. Umweltschutz (z.B. Mathisson et al., 1994). Seit Mitte der 90er Jahre nahmen egoistische Motive an Bedeutung zu, beispielsweise Genuss-, Geschmack-, Sicherheits- und Gesundheitsaspekte. Insbesondere der Genussaspekt scheint in jüngerer Zeit ein zentraler Beweggrund zum Kauf von ökologisch erzeugten Lebensmitteln zu sein (Götze, 2002). Befragungen dieser Art bilden jedoch nur einen Teil der für Kaufentscheidungen relevanten Aspekte ab und müssen um vertiefende Analysen des Kaufentscheidungsprozesses ergänzt werden (s. 5.1).

Die Qualität der Lebensmittel aus der Sicht der Verbraucherinnen und Verbraucher ist dementsprechend Teil ihrer Bewertung der Qualität aller ihrer Mittel zum Leben. Eine positiv empfundene Lebens(mittel)qualität - "Sich Wohlfühlen" (*Wellness*) - basiert zwar auf stofflichen Grundlagen, u.a. auf hygienisch-toxikologisch sicheren Lebenswelten, Nahrungssicherheit, doch diese Qualitätskriterien allein begründen die genannten Stimmungslagen nicht hinreichend; vielmehr muss "*das Ambiente*" i.w.S. (z.B. Produktionsbedingungen) stimmen. Höhere Lebenskulturen, zu denen auch die Ernährungskulturen gehören, wirken lebens- und gesunderhaltend, ebenso wie positive Einstellungen zum Leben. Solche Beziehungen werden in einer Reihe von Theorien postuliert, doch sind sie nur unzureichend empirisch wissenschaftlich belegt (Antonovsky, 1979, 1993, BZGA, 1999, Meinert et al., 2001, Fain et al., 2002, Lutz et al., 2002).

3.1.4 Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Forschungsbedarf im Bereich der Prozessqualität

Der Entstehungsprozess eines Lebensmittels kann über die Akzeptanz durch die Verbraucherinnen und Verbraucher entscheiden, ohne dass dieser die Inhaltsstoffe, deren Gehalte im Produkt sowie die sensorische Qualität der Produkte direkt beeinflusst. Ein gesteigertes Risiko- und Umweltbewusstsein bei ausreichend vorhandenem Nahrungsangebot führt bei Verbraucherinnen und Verbrauchern zu Nachfragen über die Herkunft und Verarbeitung der Lebensmittel. Positiv wird ein Erzeugungsprozess gewertet, der durch eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung, landschafts-, ressourcen- und naturschonend sowie tiergerecht erzeugte Lebensmittel charakterisiert ist.

Der Ökologische Landbau erfüllt zahlreiche der oben aufgelisteten Attribute, wobei aber bei der Erzeugung von Lebensmitteln ein höherer Flächenbedarf entsteht. Im Hinblick auf die Optimierung der ökologischen Erzeugung besteht hier Forschungsbedarf. Die weitere Verarbeitung der Rohwaren ist zumeist mit einem zusätzlichen Energie- und Wasserverbrauch verbunden. Ökobilanzen, die alle Bereiche der Erzeugung und Verarbeitung komplett einbeziehen, inklusive der Transportwege von Rohstoffen und verarbeiteten Lebensmitteln zum Konsumenten, sind für alle Produktionsweisen umfassender zu erforschen.

Das Wissen um höhere Prozessqualitäten von Lebensmitteln kann Auswirkungen auf das individuelle Wohlbefinden von Verbraucherinnen und Verbrauchern haben. Denn dieses basiert nicht nur auf stofflichen Prozessen (z.B. hygienisch-toxikologischen sicheren Lebensmitteln), sondern wird ebenso von psychologischen und gesellschaftlichen (sozialen) Faktoren mitbestimmt. Die möglichen Auswirkungen von höheren Prozessqualitäten von Lebensmitteln auf das Wohlbefinden von Verbraucherinnen und Verbrauchern müssen deshalb als eigenständiges Qualitätskriterium dieser Lebensmittel berücksichtigt werden. Hierzu sind die Zusammenhänge dieser biopsychosozialen Systeme des menschlichen Ernährungsverhaltens im Hinblick auf die Qualitätsbeurteilung von Lebensmitteln durch Verbraucherinnen und Verbraucher empirisch zu überprüfen.

In Tabelle 5 werden die Merkmale der Prozessqualität im konventionellen und im Ökologischen Landbau zusammengefasst.

Tab. 5: Prozessqualität im ökologischen Landbau verglichen mit konventioneller Produktion (Zusammenfassung)

| Bereich | Prozessqualität im ökologischen Landbau |
|---------------|--|
| Boden | Höherer Humusgehalt, bessere physikalische Stabilität und besseres Wasserrückhaltevermögen, d.h. geringeres Risiko für Erosion. |
| | Höhere biologische Aktivität, mehr Biomasse, rascheres Recycling von Nährstoffen, bessere Bodenstruktur. |
| | Höhere Mykorrhizierung. |
| Wasser | Kein Risiko von Pflanzenschutzmittelausträgen in Grund- und Oberflächenwasser. |
| | Wesentlich tiefere Auswaschraten für Nitrat. |
| Luft | Treibhausgase sind reduziert, weniger reaktive organische Substanzen von Pflanzenschutzmittelanwendungen. |
| | Tendenziell eine höhere CO ₂ -Rückbindung in den Boden. |
| Energie | Deutlich geringerer Verbrauch an direkter (Treib- und Schmierstoffe) und indirekter Energie (Dünger- und Pestizidproduktion) pro Fläche. |
| | Energienutzungseffizienz (Energie pro Menge) hoch, mit Ausnahme weniger Kulturen höher als konventionell. |
| Biodiversität | Landwirtschaftliche genetische Ressourcen, inkl. Insekten und Mikroorganismen, sind höher. |
| | Wildflora und -fauna sind diverser und häufiger. |
| Landschaft | Ökolandbau-System tragen zu einer diversifizierten Landschaft bei. |
| | Ökologische Flächen vernetzen besser naturnahe Biotope. |

3.2 Produktqualität

Nachfolgend werden belegbare Wirkungen von ökologischen und konventionellen Produktionsverfahren auf die Produktqualitäten "Gesetzlich vorgeschriebene Qualität (Lebensmittelsicherheit)", "Ernährungsphysiologische Qualität", "Genusswert" und "Eignungswert" dargestellt (vgl. Anhang 2, Begriffserläuterungen). Da die Wirkung der unterschiedlichen Produktionsverfahren auf diese Kriterien der Lebensmittelqualität vom jeweils betrachteten Lebensmittel abhängt, werden wichtige Sachverhalte auf Produktebene nach Lebensmittelgruppen untergliedert dargestellt und diskutiert. Die Reihenfolge der Abhandlung entspricht dabei der Bedeutung der einzelnen Lebensmittelgruppen im Rahmen einer aus ernährungsphysiologischer Sicht günstig zu beurteilenden Ernährung mit einem empfohlenen hohen Gemüse- und Obstverzehr und einem Ernährungsschwerpunkt bei pflanzlichen Lebensmitteln, dagegen weniger bei Fleisch und anderen, vom Tier stammenden Produkten (DGE, 2000). So geht aus zahlreichen epidemiologischen Studien hervor, dass ein hoher Gemüseverzehr das Risiko für degenerative Erkrankungen wie u.a. Herz-Kreislauf- und Krebserkrankungen, vermindern kann (u.a. Steinmetz et al., 1996). Eine besondere Bedeutung von Gemüse und Obst ist darüber hinaus darin begründet, dass sich postulierte Wirkungen der ökologischen Landbaumethoden auf die Produktqualität der Lebensmittel, wie etwa insgesamt höhere Gehalte an heute überwiegend als für die menschliche Gesundheit förderlich eingeschätzten, sekundären Pflanzenstoffen, bei Gemüse und Obst deutlicher manifestieren, als bei ausgereiften Feldfrüchten wie etwa Getreide. Einflüsse, die den Vergleich von ökologischen und konventionellen Verfahren zur Produktion von pflanzlichen und vom Tier stammenden Lebensmittel überlagern, sind vorangestellt.

Die Zahl der vergleichenden Untersuchungen ist für pflanzliche Lebensmittel ungleich größer als für von Tieren stammende Lebensmittel. Dies ist u. a. in der Entwicklung des Ökologischen Landbaus begründet. Für vom Tier stammende Erzeugnisse des Ökologischen Landbaus gibt es daher bislang auch wenige Daten bezüglich Rückständen und Schadstoffen, welche aus der Futtermittelkette oder aus der allgemeinen Umweltverschmutzung stammen (Pflanzenschutzmittel, Umweltkontaminanten). Die Regelung gemäß EG-Verordnung (EWG) 1804/1999, wonach vorwiegend betriebseigenes Futter eingesetzt werden muss, senkt jedoch potentielle Risiken. Im Ökologischen Landbau wird das Ziel verfolgt, die Tiergesundheit durch optimierte tiergerechte Haltung zu fördern. Die prophylaktische Anwendung allopathischer Tierarzneimittel ist untersagt, ein Antibiotikaeinsatz auf akute Erkrankungen begrenzt. Werden Tierarzneimittel eingesetzt, müssen im Vergleich zur konventionellen Erzeugung doppelte Wartezeiten von mindestens 48 Stunden bis zur Nutzung eingehalten werden. Werden mehr als drei Behandlungen mit allopathischen Tierarzneimitteln innerhalb eines Jahres durchgeführt und die Tiere länger als ein Jahr gehalten, dürfen die Produkte nicht mehr gemäß Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 als Produkte des ökologischen Landbaus vermarktet werden (Rahmann, 2002).

Die Bovine Spongiforme Enzephalopathie (BSE) - seit Beginn der 80-er Jahre beobachtet und verstärkt untersucht - kann mit der neuen Variante der Creutzfeld-Jakob-Krankheit (CJK) des Menschen in Zusammenhang gebracht werden. Das BSE-Risiko scheint durch den Verzehr von Rindfleisch oder Milchprodukten aus ökologischer Erzeugung deutlich reduziert zu werden. Bis heute ist kein Fall von BSE bekannt geworden, wenn die Kälber in Betrieben des ökologischen Landbaus geboren und aufgezogen wurden. Fälle, in denen BSE festgestellt wurde, lassen sich offensichtlich nur auf Vieheinkäufe aus nicht biologisch bewirtschafteten Betrieben oder Umstellungsbetrieben zurückführen, in denen die Tiere in früheren Jahren noch konventionell gefüttert und aufgezogen wurden. Durch die Verfütterung betriebseigener pflanzlicher Futtermittel, den Verzicht auf den Zukauf weiblicher Zuchttiere aus konventionellen Betrieben und das generelle Verbot der Verfütterung tierischer Futtermittel und Milchaustauscher wird das BSE-Risiko verringert.

Nachfolgend wird generell bei allen Erzeugnissen zwischen unerwünschten/wertmindernden Stoffen und erwünschten/wertgebenden Inhaltsstoffen sowie der Abwesenheit oder dem Vorhandensein von humanpathogenen Keimen unterschieden. Unerwünschte Stoffe und Merkmale sind bei pflanzlichen und vom Tier stammenden Erzeugnissen u.a. Pflanzenschutzmittelrückstände, Nitrat, Umweltkontaminanten sowie Mykotoxine; bei tierischen Produkten zusätzlich Arzneimittelrückstände. Unter erwünschten/wertgebenden Inhaltsstoffen bzw. Merkmalen werden der Trockenmassegehalt, der Gehalt und die Qualität des Proteins, des Fettes, der Kohlenhydrate, Vitamine, Mineralien, des Geruchs und Geschmacks sowie sekundäre Pflanzenstoffe bzw. bei Milch und Rindfleisch der Gehalt an konjugierter Linolsäure verstanden.

Die Lebensmittelgruppen Nüsse, Bier, Tee, Kaffee, Kakao, teeähnliche Erzeugnisse, Süßwaren, Gewürze, Kräuter und Honig, für die ein Vergleich der Qualität nach konventioneller bzw. ökologischer Erzeugung sicher ebenfalls von Interesse ist, konnten im Rahmen des Statusberichtes nicht abgehandelt werden.

3.2.1 Vom Produktionsverfahren unabhängige Einflüsse auf die Produktqualität

Aus umfangreichen Untersuchungen ist zu entnehmen, dass die Qualität pflanzlicher Erzeugnisse insgesamt wesentlich stärker von Sortenwahl, Standort und klimatischen Gegebenheiten determiniert wird, als durch anbauspezifische Parameter wie Bodenbearbeitung und Nährstoffversorgung über die Art der Düngung (Ehrenbergerova et al., 1997, Fredriksson et al., 1997, Kolbe, 1997, Guarenti et al., 2000, Petr et al., 2000, Varga et al., 2000). Auch die Spurenelementaufnahme wird überwiegend durch Bodenparameter begrenzt, die sich innerhalb enger lokaler Grenzen beträchtlich unterscheiden können (Kabata-Pendias et al., 2001, Neuhoff et al., 2002). Die qualitätsorientierte Erzeugung sollte sich daher sowohl im konventionellen wie auch im Ökologischen Landbau entsprechend geeigneter Sorten bedienen.

Bei der Erzeugung von Lebensmitteln tierischen Ursprungs bestimmen Unterschiede zwischen Rassen und Zuchtlinien sowie das Geschlecht und das angestrebte Mastendgewicht, damit das Alter der Tiere, die Fleischqualität weitgehend unabhängig vom Produktionsverfahren. So wird bei Rindern die kollagene Vernetzung der Fleischfasern mit zunehmendem Alter verstärkt, gleichzeitig steigt der Fettgehalt in der Muskulatur; der Genusswert des Fleisches älterer Tiere ist daher beeinträchtigt (Langholz, 2000). Der Gehalt an intramuskulärem Fett im Fleisch von Rindern und Schweinen lässt sich auch durch eine Erhöhung der Kraftfuttergaben steigern (Ender et al., 1997), daneben ist jedoch die Tierrasse ein wesentlicher Einflussfaktor (Blanchard et al., 1999, Nürnberg et al., 1999).

Umweltkontaminanten wie z.B. Dioxin, Oberflächenbehandlungsmittel, Rückstände an Pflanzenschutzmitteln, darunter lange verbotene, jedoch persistente Verbindungen wie u.a. Hexachlorbenzol, Lindan, α -, β -Hexachlorcyclohexan, polychlorierte Biphenyle (PCB) und Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT), Schwermetalle, Nitrat und Mykotoxine werden im Rahmen der Erfassung von Rückstandsgehalten in konventionell erzeugten Lebensmitteln durch die zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien (ZEBS) des BfR (ehemals BgVV) jährlich für bestimmte Lebensmittel untersucht und in Form sog. *Monitoring*-Daten zusammengefasst. In den im Jahr 2000 untersuchten Lebensmitteln wurden Umweltkontaminanten, d.h. Oberflächenbehandlungsmittel sowie persistente Pflanzenschutzmittel, bei allen fetthaltigen Lebensmittelproben wie Sonnenblumenkernen, Erdnüssen und Olivenöl sowie sämtlichen vom Tier stammenden Erzeugnissen nachgewiesen. Teilweise wurden solche Rückstände, wie z.B. bei Lachs in über 80 % der untersuchten Proben nachgewiesen, jedoch meist mit Gehalten unterhalb der zulässigen Höchstmengen. Höchstmengenüberschreitungen waren insgesamt selten (BgVV, 1995 - 2000). Schwermetalle sind grundsätzlich in allen Lebensmitteln nachzuweisen; Richtwerte bzw. zulässige Höchstmengen werden meist nicht überschritten. Im Rahmen des *Monitoring* sind bislang keine Daten über Bio-Lebensmittel ausgewiesen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Umweltkontaminanten, Oberflächenbehandlungsmittel, persistente Pflanzenschutzmittel und Schwermetalle unabhängig vom Produktionsverfahren vorliegen und häufig wesentlich vom jeweiligen Standort sowie von der früheren Landnutzung bestimmt sind (Weber, 1993, Buchberger, 2001).

3.2.2 Gesetzlich vorgeschriebene Qualität (Lebensmittelsicherheit)

Gemüse und Obst

Die Möglichkeit einer Infektion der Erzeugnisse mit pathogenen Keimen ist im Gemüseanbau über die Düngung sowohl bei konventionellen wie auch bei ökologischen Produktionsverfahren grundsätzlich möglich. Aus einem Report des *Scientific Committee on Food* (SCF) der EG vom 29. April 2002 geht hervor, dass roh verzehrtes Gemüse und Obst sowie daraus hergestellte Produkte, u.a. nicht-pasteurisierte Frucht- und Gemüsesäfte, verzehrfertig verarbeitete Schnittsalate und Sprossen, mit Mikroorganismen behaftet sein können. Auch für den Menschen pathogene Keime wurden bei Gemüse und Obst gefunden. Insbesondere werden viele Krankheitsausbrüche mit dem Auffinden von *Salmonella sp.* und *E. coli* O157 bei Sprossen oder Fruchtsäften in Verbindung gebracht.

Eine Kontamination von Gemüse und Obst kann durch die Bodenbehandlung mit organischem Dünger wie Mist, Klärschlamm oder durch die Bewässerung ausgelöst werden, so dass das *Scientific Committee on Food* (SCF) die Untersuchung der Ursachen unabhängig vom Produktionsverfahren für notwendig erachtet (SCF, 2002a). Auch Nguyen-the et al. (1994) berichten, dass konventionell erzeugte Rohwaren aufgrund ihres relativ hohen Mikroorganismengehaltes bereits zum Zeitpunkt der Ernte zur Herstellung verzehrfertiger Gemüse- und Obstprodukte grundsätzlich ungeeignet sein können. Dagegen berichten Sagoo et al. (2001), dass der mikrobielle Status von 3.200 untersuchten Proben an verzehrfertig angebotenen, ökologisch erzeugtem Gemüse in England recht gut war. Lediglich 1,5 % der Proben enthielten *E. coli* bzw. *Listeria* spp. (ohne *L. monocytogenes*). Pathogene Bakterien wie *L. monocytogenes*, *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp. und *E. coli* O157 wurden dagegen nicht gefunden. Die *Food Standards Agency* (2001) geht davon aus, dass die Erzeugnisse bei guter landwirtschaftlicher Praxis (Mindestkompostierungsdauer) frei von pathogenen Mikroorganismen sind.

Für die Produkte des konventionellen wie auch des Ökologischen Landbaus sind Höchstmengen jeweils erlaubter Pflanzenschutzmittelrückstände festgelegt. So gelten auch für die zur Zeit im Öko-Landbau eingesetzten Pflanzenschutzmittel (z.B. Pyrethrum, Azadirachtin; insgesamt 95 verschiedene Wirkstoffe) Rückstandshöchstmengen. Der Ökologische Landbau verzichtet jedoch vollständig auf den Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel, so dass an Bio-Produkten feststellbare Rückstände chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel u.a. als Folge der Abdrift aus Flächen des konventionellen Landbaus anzusehen sind. Das Vorkommen von Rückständen bei pflanzlichen Erzeugnissen des konventionellen Landbaus ist seit Mitte der 90-iger Jahre praktisch unverändert geblieben. So ergaben Untersuchungen verschiedener Salate des konventionellen Gemüsebaus auf 55 unterschiedliche Wirkstoffe beim Lebensmittelmonitoring 1997 (BgVV, 1997), dass abhängig von der Salatart 70 - 85 % der Proben Rückstände unterhalb des festgesetzten Höchstwertes aufwiesen; 8,7 % der Proben enthielten Rückstandsmengen oberhalb der Höchstwerte (über Höchstwert: Kopfsalat 10 %, Eichblattsalat 20,5 % der Proben). In Großbritannien wurden für das Jahr 2000 Pflanzenschutzmittelrückstände in etwa 50 % aller Proben von Frischgemüse und Obst aus konventioneller Erzeugung festgestellt (Heaton, 2001). Insgesamt betrachtet sind Pflanzenschutzmittelrückstände bei Gemüse und Obst in der Regel in eher wenigen der untersuchten konventionell erzeugten Proben und von wenigen Ausnahmen abgesehen im Rahmen der zulässigen Höchstmengen zu finden; die Zahl der Proben mit Höchstmengenüberschreitung lag z.B. 1995 unter 3 % (BgVV, 1995-2000). Für die Jahre 1995 bis 1997 gibt das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) als Summe aus Höchstmengen und Richtwertüberschreitungen 6,0 % (1995), 2,7 % (1996), 8,0 % (1997) und 4,9 % (1998) an. Nach einer aktuell publizierten Untersuchung der Zeitschrift Öko-Test über Pflanzenschutzmittelgehalte bei Gemüsepaprika wurde in 50 % der untersuchten 28 Proben zwischen drei und 7 unterschiedliche Pflanzenschutzmittel nachgewiesen, mit Überschreitung der zulässigen Höchstmengen bei mindestens einem Pflanzenschutzmittel. Alle beanstandeten Proben waren aus Spanien bzw. Ungarn importiert. In vier Proben aus kontrolliert biologischem Anbau waren keine bzw. wenige Pflanzenschutzmittel nachzuweisen; keine davon über den zulässigen Höchstmengen (Anonym, 2002a).

Bio-Gemüse und -Obst und daraus hergestellte Produkte sollten wie oben angeführt keine chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel enthalten, da diese im Ökologischen Landbau nicht verwendet werden dürfen. Vollkommen rückstandsfrei sind jedoch auch Bio-Erzeugnisse nicht, wie u.a. aus einer Erhebung der Stiftung Warentest für Gemüse hervorgeht (Stiftung Warentest, 2000). Eine jüngst publizierte US-amerikanische Studie bestätigt die vorgenannten Untersuchungen. Proben aus drei verschiedenen Marktherkünften (konventionelle, integrierte Erzeugung und Ökologischer Landbau) wurden drei verschiedenen Testverfahren unterzogen. Lebensmittel des Ökologischen Landbaus wiesen dabei nur etwa ein Drittel der Rückstandsmengen auf, die in konventionell erzeugten Produkten festgestellt wurden und nur etwa 50 % der in Produkten des integrierten Landbaus festgestellten Pflanzenschutzmittelrückstände (Baker et al., 2002). *Consumer Reports*-Untersuchungen in den USA auf 300 synthetische Wirkstoffe (Biozide), durchgeführt bei Tomaten, Pfirsichen, Paprika und Äpfeln, ergaben, dass Herkünfte aus zertifiziertem Ökologischem Landbau signifikant weniger Rückstände enthalten, als "*labeled green*" Produkte (nicht ökologisch, aber mit umweltfreundlichen Methoden erzeugte Produkte) bzw. "*unlabeled*" (konventionell) erzeugte Produkte. Einige Untersuchungen der staatlichen Lebensmittelüberwachung bestätigen das grundsätzlich seltenere Vorkommen von Rückständen bei ökologisch erzeugtem Obst und Gemüse (Reinhard et al., 1988, Schüpbach, 1986) ebenso wie Untersuchungen der KWALIS, Qualitätsforschung Fulda GmbH, im Auftrag des Handels, durchgeführt mit 1.041 Obst- und Gemüseproben aus ökologischem und 1.836 Proben aus nicht ökologischem Anbau (Weber et al., 2001). Hier waren Höchstmengeüberschreitungen bei ökologischen Anbau mit 0,1 % wesentlich geringer, als bei nicht ökologisch erzeugten Proben (1,7 %).

Die meisten Untersuchungen zum Vergleich von konventionell und ökologisch erzeugtem Gemüse und daraus hergestellten Produkten beschäftigen sich mit dem Nitratgehalt (Wedler, 1990, Woese et al, 1995a, b, Sorensen et al., 1996, Mozafar, 1996). In der Regel enthalten Gemüsepflanzen aus konventionellem Anbau mehr Nitrat als Ökogemüse. Nach einer BFE-Studie sind auch in konventionell angebauten Blattsalaten im Jahresdurchschnitt deutlich höhere Nitratmengen zu finden als in ökologisch angebauten Erzeugnissen (Bognår, 2002). Für Kopfsalat gelten saisonale Höchstmengen: 2.500 mg je kg Frischmasse von Mai bis Oktober, 3.500 mg/kg für die Ernte von November - April. In der Regel werden diese eingehalten; eine Ausnahme war u.a. nach *Monitoring* Daten 1995 konventionell erzeugter Feldsalat mit Überschreitungen der Höchstmengen bei ca. 50 % der gemessenen Proben. Die mögliche gesundheitliche Relevanz hoher Nitratgehalte ergibt sich aus der überwiegend aus Gemüse und Salaten stammenden täglichen Nitrataufnahme in der Humanernährung. Die Weltgesundheitsorganisation WHO empfiehlt eine Begrenzung der täglichen Nitrataufnahme auf weniger als 3,65 mg/kg Körpergewicht. Dieser Wert wird schon dann überschritten, wenn eine Person von 50 kg Körpergewicht z.B. eine große Portion Winterkopfsalat oder Rote Bete (rund 61 g) mit 3.000 mg Nitrat/kg Frischmasse verzehrt. Hinzu kommt eine weitere Nitrataufnahme aus dem Trinkwasser, aus anderen Gemüsen, Fisch, Wurst etc. So verwundert es nicht, dass die Babykost, mit maximal zulässigen 250 mg/kg Frischmasse, inzwischen auf dem deutschen Markt von Produkten des Ökologischen Landbaus dominiert wird. Entsprechend hohe Bedeutung haben die Produkte des Ökologischen Landbaus für die vegetarische Ernährung.

Die Nitratgehalte der untersuchten Obstarten liegen erwartungsgemäß deutlich unterhalb der in Gemüse nachweisbaren Gehalte (BgVV, 1995-2000).

Wein

Bio-Weine enthalten weniger Rückstände an Pflanzenschutzmitteln als Weine aus konventionellem Anbau (Anonym, 2000b). In einem Systemvergleich "Ökologischer und integrierter Weinbau" wurden Weine der Jahrgänge 1997 und 1998 chemisch analysiert. Dabei ließen sich die Moste nur anhand des Kupfergehaltes eindeutig unterscheiden. Eine allgemein gültige Übertragbarkeit der Ergebnisse kann hieraus jedoch nicht abgeleitet werden, da Kupferpräparate auch im integrierten Weinbau eingesetzt werden. Ähnliches gilt für die Differenzen im Kaliumgehalt der Moste, die im vorliegenden Fall nicht auf unterschiedliche Gehalte in den Böden, sondern auf ein differenziertes Begrünungs- und Bodenpflegemanagement zurückzuführen sind, das auch im integrierten Anbau praktiziert wird (Kauer et al., 2001).

Getreide und Getreideprodukte

Untersuchungen im Rahmen der DFG-Forschergruppe OSIOL ergaben bei ökologisch erzeugtem Weizen keine höhere Kontamination mit humanpathogenen Keimen im Vergleich zum konventionell erzeugten Weizen (Birzele et al., 2002, OSIOL-Abschlussbericht, 2002). Für die Sicherstellung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit und einwandfreier hygienischer Beschaffenheit existieren Qualitätssicherungskonzepte zur Risikominimierung (BAGKF, 1999, Münzing, 2002). Art und Umfang von Verunreinigungen in Getreideanlieferungen sind vom Anbauverfahren, vom Standort und von den Umweltbedingungen abhängig. Der Anteil an sog. Schwarzbesatz, d.h. Getreideverunreinigungen pflanzlichen, mineralischen und tierischen Ursprungs sowie durch Schadorganismen beeinträchtigte Körner, lässt sich vor der Verarbeitung mit Hilfe der Reinigung auf ein unbedenkliches Niveau senken (Münzing, 2001). Zur Verminderung des Mykotoxinvorkommens kann die Optimierung der Nachernteverfahren (umgehende Entfernung des Schwarzbesatzes, optimale Zwischen- und Endlagerung, Kühlung und Trocknung) beitragen (Birzele, 2001). Mykotoxine sind toxische Stoffwechselprodukte pilzlicher Schaderreger. Die Kontamination von Lebensmitteln und Futter durch diese sekundären Metaboliten schränkt die Lebensmittelsicherheit erheblich ein. Mykotoxine können kanzerogene, immunsuppressive nephrotoxische und hepatotoxische Auswirkungen und somit erhebliche gesundheitliche Gefährdungen nach sich ziehen. Da synthetische Fungizide zur Kontrolle pilzlicher Schaderreger im Ökologischen Landbau nicht eingesetzt werden dürfen, wurde daraus früher eine höhere Kontamination mit Mykotoxinen in ökologisch erzeugten Lebensmitteln abgeleitet. Die publizierten vergleichenden Untersuchungen zum Mykotoxin-Status bei ökologisch und konventionell angebautem Getreide ergeben kein einheitliches Bild (Marx et al., 1995, Schollenberger et al., 1999, Frühschütz, 2001). Schollenberger et al. untersuchten 237 kommerzielle Lebensmittel auf Weizenbasis. Bio-Produkte waren weniger häufig mit Trichotecenen belastet; die Konzentrationen lagen niedriger. In einer früheren Untersuchung von Weizen- und Roggenproben kamen Marx et al. (1995) zu gegenteiligen Ergebnissen.

In jüngeren Untersuchungen wurde Deoxynivalenol (DON), ein Mykotoxin, das durch Fusariosen bei Getreide auftreten kann, im Ökologischen Landbau verglichen mit der konventionell/integrierten Erzeugung deutlich seltener nachgewiesen (Birzele, 1999, Döll et al., 2002, Birzele et al., 2002, Neuhoff, 2002). Widersprüchliche Ergebnisse lassen sich unter Umständen mit den Einflüssen von Standort, Umweltbedingungen und Nachernteverfahren erklären. Bekannt ist, dass die Mykotoxinproduktion sehr variabel ist und sowohl von Umweltfaktoren als auch von Fungiziden moduliert werden kann. Die vorteilhafte Wirkung vielgestaltiger Fruchtfolgen, weniger Maisanbau, Verzicht auf pfluglose Bodenbearbeitung, die ausgewogene Düngung, insbesondere geringe Stickstoffdüngung und -verfügbarkeit, geringe Bestandsdichte und Sortenwahl kann im Vergleich zum integrierten Anbau im Ökologischen Landbau zu einem deutlich geringerem Befall mit mykotoxinbildenden Fusariumarten führen.

Alterung des Blattapparates, schnelleres Abtrocknen der Pflanzen, schnelleres Abreifen der Bestände sind für geringere Mykotoxingehalte bei Weizen aus Ökologischen Landbau verantwortlich (Oerke et al., 2002a, b). Zukünftige Änderungen, wie die Gülledüngung, die zur Erhöhung der technologischen, jedoch nicht notwendigerweise auch der ernährungsphysiologischen Backqualität führen sollen, sind in ihren Auswirkungen kritisch zu hinterfragen. Sortenwahl und Kontrolle der Begleitflora als mögliche weitere potentielle Inokulumquelle für Fusariumsporen bieten im Ökologischen Landbau weiteres Optimierungspotential (Köpke, 2001), auch wenn die pflanzenbaulichen Faktoren in Bezug auf den Fusarium-Befall der Ähren im Ökologischen Landbau derzeit als weitgehend optimiert angesehen werden. Generell dürfte die witterungsabhängige Infektion eine große Rolle spielen, und damit, ob in einer bestimmten geographischen Lage konventionell oder ökologisch angebautes Getreide mehr oder weniger mit mykotoxinproduzierenden Pilzen befallen wird. Niederschläge nach dem Ährenschieben während des Monats Juni führen zu einer Förderung des Fusariumbefalls der Ähren (Klingenhagen et al. 2001, Schauder, 2003).

Die Datenlage zum Vorkommen von Mykotoxinen in Getreide ist weiterhin unzureichend. Das in Bayern seit 1989 durchgeführte *Monitoring* zum Auftreten von DON (Deoxynivalenol), dem am häufigsten vorkommenden Fusariumtoxin in Getreide, kann als richtiger Ansatz (Ellner, 2001) und Beispiel für ein bundesweites *Monitoring* gesehen werden. Wissenschaftliche Ergebnisse, die zeigen können, ob im Öko-Anbau verwendete Sorten im Vergleich zu Sorten des konventionellen Anbaus eine abweichende Anfälligkeit gegenüber Pilzkrankheiten aufweisen, fehlen. Dass im Ökologischen Landbau die Hauptgetreidearten später und teilweise auch in geringerem Umfang mit Fusariosen, Mutterkorn und anderen Schaderregern befallen sind als Partien aus dem konventionellen Anbau, wurde wiederholt festgestellt (z.B. Thate 2002, Lücke et al. 2003). Ein Vergleich der Anbausorten und -standorte wurde in diesem Zusammenhang allerdings nicht durchgeführt. Zur Erhebung des Mykotoxinstatus wurden seit 1990 in den Mustern der "Besonderen Erntermittlung" (BEE) nach dem Agrarstatistik-Gesetz Mykotoxingehalte in Weizen und Roggen ermittelt, u.a. Ochratoxin A (OTA), Zearalenon (ZEA) und DON, ermittelt. Der BEE-Sachverständigenausschuss hat auf Vorschlag der BAGKF einer Kennzeichnung der BEE-Proben hinsichtlich des Anbauverfahrens zugestimmt. Wegen der geringen Probenzahl für Öko-Getreide wird der für eine statistische Auswertung erforderliche Datenpool erst im Verlauf von Jahren erreicht werden.

Der Befall mit *Septoria nodorum* (Dornbusch, 1998) und mit Rostkrankheiten war bei Weizen und Roggen aus dem Ökologischen Landbau (Jahn, 2002) häufiger. Diese nicht als Mykotoxinbildner geltenden Schaderreger schwächen Getreide insbesondere bei verzögerter Ernte und feuchter Witterung und fördern den Befall mit Schwärzepilzen. Allerdings kann jegliche Erkrankung oder sonstige Schwächung von Pflanzen oder Pflanzenteilen, verzögerte Ernte und feuchte Witterung den Befall mit Schwärzepilzen fördern. Hierzu zählen *Alternaria*-Arten, die Mykotoxine bilden können. Untersuchungen zum Einfluss von agrotechnischen Maßnahmen sind auf das Vorkommen von *Fusarien* ausgerichtet, *Alternarien* werden nicht erfasst. *Alternarien* gehören als typische Vertreter zur sog. Feldpilz-Flora und damit zu den am häufigsten nachgewiesenen filamentösen Pilzen auf und in wachsendem und erntefrischem Getreide. Im Jahresbericht der ATB werden Infektionsraten von *Alternarien* und *Fusarien* der Getreide aus ökologischem und konventionellem Anbau gegenüber gestellt, über die hierbei entstandenen Mykotoxingehalte konnten keine Angaben gemacht werden (Dietler, 2000). Unterschiedliche Bewirtschaftungssysteme können zu veränderten Anreicherungen zu Pilzen im Boden führen. Ein System mit Vorfruchtgrünbrache, konservierender Bodenbearbeitung und unterlassener Stickstoffdüngung beim Weizenanbau führte zu einer Zunahme der *Alternaria*-Population im Boden (Damm, 2000) und damit zu einem verstärkten Infektionsdruck auf wachsenden Pflanzen.

In der Frage der Resistenz von Getreide gegenüber Krankheiten und Schaderregern scheint Silicium in Form von Kieselsäure (SiO_2) eine besondere Bedeutung zu haben. SiO_2 als essentieller Mikronährstoff wird von Getreide aktiv aufgenommen, der Gehalt wirkt sich positiv auf Wachstum und Ertrag aus (Marschner, 1999). Untersuchungen von Buchmann et al. (2002) zeigen, dass bei der Siliciumaufnahme neben den Sortenunterschieden auch Unterschiede zwischen den Erntejahren und Standorten auftreten. Eine deutlich negative Korrelation wurde zwischen dem Siliciumoxid-Gehalt SiO_2 in der Ähre und Fusariumbefall auf der Ähre gefunden. Eine überraschend hohe Korrelation besteht zwischen Siliciumoxid- und Klebergehalt: Sorten mit erhöhtem Kieselsäuregehalt weisen auch einen hohen Klebergehalt auf. Darüber hinaus zeigt Weizen mit einem hohen Kieselsäuregehalt in der Tendenz einen tieferen Glutenindex, also für Bio-Weizen positiven weicheren Kleber. Siliciumoxidgehalte in den Ähren sind bei Pflanzen aus ökologischem Anbau deutlich höher als bei Pflanzen aus konventionellem Anbau. Die Resultate zeigen, dass der Siliciumhaushalt der Pflanzen von Bewirtschaftung und Düngung stark beeinflusst wird. Die gefundenen Unterschiede im Kieselsäuregehalt zwischen den Anbausystemen lassen sich direkt auf die Bewirtschaftungsart und Düngung und die daraus resultierenden Bodenunterschiede, und nicht auf Verdünnungseffekte durch Ertragsunterschiede zurückführen. Für die Qualitätsforschung bei Weizen ist der Hinweis, dass mit einem erhöhten Siliciumoxid-Gehalt eine Erhöhung des Klebergehaltes und einer Abnahme des Kleberindex einhergeht von Bedeutung, zumal diese Eigenschaften die Backergebnisse daraus hergestellter Mehle fördern. Die Korrelation zwischen dem Kieselsäuregehalt und dem Befall mit *Fusarium* und Mehltau weisen auf die regulative Funktion von Siliciumoxid hinsichtlich des Krankheitsdrucks hin. Aus diesen Ergebnissen leitet sich insgesamt weiterer Forschungsbedarf ab, der sich sowohl auf die Frage der Düngung als auch auf das Weizenzuchtmaterial bezieht.

Durch Siliciumoxid-orientierte Düngeintensität und Verwendung von Sorten mit hohem Siliciumoxid-Aneignungsvermögen, könnte sowohl die Resistenz gegenüber Schaderregern als auch die Backqualität von Ökoweizen verbessert werden (Buchmann et al., 2002).

Als Haupteintragspfad für zahlreiche Schwermetalle und etwa 300 verschiedenste organische Verbindungen gilt Klärschlamm, der die toxikologisch relevanten Schwermetalle Blei, Chrom, Quecksilber, Kupfer, Nickel, Cadmium und Zink enthalten kann. Der Einsatz von Klärschlamm im konventionellen Landbau wird in Deutschland daher kontrovers diskutiert. Inzwischen ist in Dänemark und Schweden die Klärschlammausbringung auf Flächen, die beweidet werden, auch im konventionellen Landbau untersagt. Im Ökologischen Landbau ist der Einsatz von Klärschlamm verboten. Eine potentielle Quelle für Cadmiumeinträge ist hier in Form von Rohphosphat, bei Kupfer durch dessen Einsatz gegen pilzliche Schaderreger im Kartoffelanbau, Obst- und Weinbau gegeben. Diese Einflüsse können durch geogene Einflüsse überlagert werden. Im Ökologischen Landbau muss die pH-Wert-Korrektur des Bodens zur Minderung einer möglichen Cadmiumaufnahme durch Kalkung stärker beachtet werden (Köpke, 2002c, 2003). Ein Vergleich von konventionell und ökologisch angebautem Getreide auf Anbauflächen mit und ohne Schwermetallvorkommen unter der Kontrolle der Landesanstalt für Ökologie, Landwirtschaft und Forsten, NRW, erbrachte keine Unterschiede im Schwermetallgehalt der Getreide und Getreideprodukte (Weizen, Roggen, Roggenmischbrot, Roggenvollkorn- bzw. -schrotbrote) (Brüggemann et al., 1995). Ein Vergleich ist auch von Jorhem in neuerer Zeit für den schwedischen Markt durchgeführt worden, ohne einen Unterschied etwa im Cadmium (Cd)-Gehalt nachweisen zu können (Jorhem et al., 2000).

Verglichen mit Obst sind Partien von Weizen und Roggen aus konventionell/integrierter Erzeugung praktisch frei von Pflanzenschutzmittelrückständen. Im Lebensmittelmonitoring-Programm der Bundesrepublik Deutschland wurden bislang keine Proben mit Höchstmengeüberschreitung gefunden. Etwa 2 bzw. 7 % der Weizen- bzw. Roggenproben wiesen Werte unterhalb der Höchstmenge auf. Einträge von Pflanzenschutzmittelrückständen in ökologisch bewirtschaftete Flächen sind durch Luft, Regen, Oberflächenwasser und Grundwasser unvermeidbar und deshalb immer möglich. Eine Trennung unterschiedlicher Herkünfte, basierend auf der Identifizierung von Pflanzenschutzmittelrückständen ist deshalb unwahrscheinlich, insbesondere weil zahlreiche Pflanzenschutzmittel und Umweltkontaminanten (Lindan, DDT oder Verbindungen der PCB-Gruppe) ubiquitär sind.

Unerwünschte Rückstände von Wachstumsregulatoren, wie Chlorcholinchlorid (CCC), können erste Hinweise auf unterschiedliche Produktionsweisen geben. Frühere Untersuchungen (Brüggemann et al., 1986) zeigten allerdings, dass nur jede zweite konventionelle Probe CCC-Rückstände (Mittel 0,1 mg/kg, Maximum 3,0 mg/kg Weizen) aufwies. Proben, die keine CCC-Rückstände aufweisen, können somit keinen klaren Hinweis auf ökologische Erzeugung geben, vorhandene CCC-Rückstände in Proben, deklariert aus ökologischer Erzeugung allerdings als Verdachtsmoment einer möglichen Fehldeklarierung dienen.

Kartoffeln

Die Anforderungen an Speisekartoffeln werden ungeachtet der Produktionsweise durch die Verordnung über gesetzliche Handelsklassen geregelt. Ziel dieser Verordnung ist es, durch Festlegung von Mindesteigenschaften, Qualitätsmerkmalen und Kennzeichnungsvorschriften den Handel mit Speisekartoffeln zu erleichtern und den Verbraucher zu informieren.

Von der Einhaltung der Handelsklassenbestimmungen sind nur die Kartoffelpartien befreit, die der Erzeuger direkt an den privaten Endverbraucher abgibt (ab Hof Verkauf) oder die der Erzeuger unsortiert direkt an einen Sortier-, Verpackungs-, Schäl- oder Verarbeitungsbetrieb liefert (§ 3 Handelsklassenverordnung). Auch bei Kartoffelerzeugnissen sind Mindestanforderungen formuliert worden, die in den Leitsätzen für Kartoffelerzeugnisse zusammengefasst sind (Anonym, 1999a).

Kartoffelknollen reichern grundsätzlich nur wenig Nitrat an. Systemvergleichende Untersuchungen weisen sehr heterogene Ergebnisse auf. In vielen Fällen gibt es keine Vorteile der einen oder der anderen Wirtschaftsweise (Woese et al, 1995b). Eine - nicht repräsentative - Stichprobenuntersuchung ökologisch produzierter Kartoffeln ergab Nitratgehalte im unteren bis mittleren Bereich der für Kartoffeln typischen Schwankungsbreite (Anonym, 2000a). Böhm (2001) konnte einen leicht niedrigeren Nitratgehalt der Öko-Kartoffeln ausmachen. In einer Absolutbetrachtung ökologisch produzierter Kartoffeln wurden sortenspezifisch sehr weite Nitratspannen gefunden (65 - 273 mg Nitrat/kg Frischmasse), die zudem eine Jahresabhängigkeit aufwiesen (Böhm 1999, Reents et al., 2001, Neuhoff, 2000, Neuhoff et al., 2002). Grundsätzlich weisen auch konventionell produzierte Kartoffelpartien oftmals sehr niedrige Nitratgehalte aus. Bei der Diskussion des Nitratgehaltes von Kartoffeln muss insgesamt berücksichtigt werden, dass Nitrat sowohl bei der küchentechnischen Zubereitung als auch bei der industriellen Verarbeitung weitgehend entfernt wird.

Höhere Kupfergehalte der Knolle nach der Anwendung von Kupfer als Fungizid im Ökologischen Landbau wurden bislang nicht festgestellt (Stumpf et al, 2002).

Ölsaaten und Öle

Ölsaaten aus dem ökologischen Anbau zeichnen sich durch ein geringes Vorkommen an Pflanzenschutzmittelrückständen aus. Obwohl nach einem Untersuchungsbericht der Stiftung Warentest (2000) in ökologisch erzeugenden Betrieben keine gentechnisch veränderten Saaten eingesetzt werden, können Spuren davon in Produkten gefunden werden, die allerdings technisch unvermeidbare Gehalte nicht überschreiten. Zur Qualität von Produkten aus ökologischem Anbau liegen nur einzelne Analysendaten einer Ölmühle vor. Die Daten zeigen, dass eine hohe Qualität erzeugt werden kann. Einige Ölsaaten wie Sonnenblumenkerne und Leinsamen enthalten natürlicherweise etwa 10 mal höhere durchschnittliche Gehalte von Cadmium (Cd) und Nickel (Ni) als andere Ölsaaten wie z.B. Raps (Betsche et al., 2000 und 2001a). Bei der technologischen Verarbeitung zu Ölen verbleiben diese Schwermetalle im Verarbeitungsrückstand, weil sie an Proteine gebunden sind. Die gesetzlich festgelegten Grenzwerte für Blei (Pb) in Ölen werden daher normalerweise nicht überschritten. Belastbare Ergebnisse über Unterschiede in der Qualität von Produkten aus ökologischem und konventionellem Anbau liegen bislang nicht vor.

Milch und Milcherzeugnisse

Infektionserreger wie z.B. *Listeria monocytogenes*, verotoxinogene und enterohämorrhagische *Escherichia coli* (VTEC, EHEC), *Staphylococcus aureus* können in der Rohmilch unabhängig vom Produktionsverfahren nachgewiesen werden (Rehacek et al., 1993, Baljer et al., 1998, Wesley et al., 2000, Hahn et al., 2001, Zschöck et al., 2000).

Gesetzliche Regelungen beziehen sich in erster Linie auf die hygienische und gesundheitliche Unbedenklichkeit der Milch. Der Verkauf von Rohmilch ist deshalb auf Vorzugsmilch, die von Vorzugsmilchbetrieben selbst abzufüllen ist, beschränkt. Ansonsten wird Milch durch thermische Behandlungsprozesse wie z.B. Pasteurisieren gesundheitlich unbedenklich und lagerfähig.

Die Ergebnisse aus vergleichenden Untersuchungen an ökologisch und konventionell erzeugter Milch waren für das Mykotoxin Aflatoxin M₁ uneinheitlich; diese Mykotoxingehalte wurden jeweils durch Schimmelbefall bei den verwendeten Futtermitteln verursacht (Aflatoxin B₁). Entweder waren beide Milchen frei von Aflatoxin oder beide enthielten Aflatoxin, wobei aber die Aflatoxingehalte der ökologisch erzeugten Milchproben niedriger waren; auch aflatoxin-freie Bio-Milchproben und aflatoxinhaltige konventionelle Vergleichsproben wurden festgestellt. Generell waren alle Messwerte deutlich niedriger als die festgesetzte Höchstmenge (Buchberger, 2001).

Rückstände lange verbotener Pflanzenschutzmittel, Beizmittel und Silolacke können in geringeren Mengen in Milchen aus beiden Produktionsverfahren vorkommen (Weber et al., 1993, Buchberger, 2001), Rückstände von aktuell im Einsatz befindlichen, nicht persistenten Mitteln werden von den Tieren metabolisiert und deshalb nicht mehr nachgewiesen.

Tierarzneimittelgehalte sind in der Milch lediglich dann nachzuweisen, wenn die nach einer Anwendung vorgeschriebenen Wartezeiten bis zum erneuten Abliefern nicht eingehalten werden; nachgewiesene Gehalte sind also auf Arbeitsfehler zurückzuführen (Rückstandshöchstmengen-VO (EWG) Nr. 2377/90). Bei der ökologischen Milcherzeugung müssen doppelte Wartezeiten eingehalten werden. Der Nationale Rückstandskontrollplan (BgVV, 1999a) unterscheidet nicht zwischen Bio- und konventioneller Milch. Es sind insgesamt nur sehr wenige positive, Tierarzneimittel enthaltende Proben gemeldet (< 1 % aller untersuchten Proben).

Fleisch und Fleischerzeugnisse

Fleisch aller Tierarten: Untersuchungsergebnisse für Rückstände von Tierarzneimitteln werden für den Nationalen Rückstandskontrollplan (BgVV, 1999) gesammelt. Die Probenahme erfolgt zielorientiert, d. h. es wird z. B. Hinweisen auf Missbrauch nachgegangen. Die zu erwartende Zahl positiver Proben ist also höher als bei rein statistischen Beprobungsplänen. Die untersuchten Proben stammen aus landwirtschaftlichen Betrieben und aus Schlachthöfen. Die Zahl der Proben, in denen Masthilfsmittel und Tierarzneimittel nachgewiesen wurden, lag bei allen Tierarten und fast allen Mitteln unter 1 % bezogen auf alle untersuchten Proben.

Fleischerzeugnisse: Notwendig ist die Eingrenzung möglicher hygienischer Risiken, die bei Bio-Erzeugnissen durch den weitgehenden Verzicht auf konservierende Zusatzstoffe gegeben sein können. Durch den Verzicht auf Nitritpökelsalz ist zum einen zwar das Auftreten von Nitrosaminen ausgeschlossen, zum anderen treten jedoch Cholesteroloxide auf. Deren gesundheitliche Bewertung im Rahmen von toxikologischen Studien ist jedoch noch nicht abgeschlossen (Münch et al., 2001).

Fisch und Fischerzeugnisse

Karpfen werden in Deutschland zumeist in konventionell-extensiv arbeitenden Betrieben und damit in einer zur ökologischen Produktion zumindest sehr ähnlichen Weise erzeugt. Dagegen wird die konventionelle Forellenzucht auf hohem Intensitätsniveau betrieben. Dabei unterscheidet sich die konventionelle Fütterung von der ökologischen durch das dort eingesetzte Getreide entsprechender Herkunft sowie das eingesetzte Fischmehl, das im wesentlichen aus Abfällen aus der Speisefischverarbeitung stammt und damit einen hohen Anteil an Därmen und Lebern aufweist, während sonst ganze Fische verarbeitet werden. Zum Einsatz von Wachstumsförderern (Antibiotika, Hormone) kommt es nicht, weil diese bei Forellen keine Wirkung haben (Stippl, 1997) und außerdem innerhalb der EG verboten sind. Die Besatzdichte ist bei der konventionellen Produktion jedoch hoch, so dass die Fische im Vergleich zur ökologischen Erzeugung durch Stress und als Folge davon durch Krankheiten weit stärker gefährdet sind. Als Konsequenz daraus ist der Tierarzneimitelesatz höher und es kommt zu mehr Ausfällen. Gegen typische Krankheiten wird bei beiden Produktionsverfahren bereits geimpft, wodurch der Tierarzneimitelesatz verringert wird; Wartezeiten bis zur Schlachtung verhindern Rückstände (Hilge, 2001, von Lukowicz, 1999, Bohl, 1999).

Pflanzenschutzmittel, Schwermetalle und Umweltkontaminanten werden über die Nahrung und über das Wasser aufgenommen und sind sowohl in ökologisch als auch in konventionell erzeugten Fischen nachweisbar. Zulässige Höchstmengen werden jedoch selten überschritten (BgVV, 2000, Karl, 2003). Es ist davon auszugehen, dass die bei Fischen nachgewiesenen Pflanzenschutzmittelgehalte aus der Nutzung dieser Stoffe im konventionellen Pflanzenbau stammen und sich über deren Eintrag in Grundwasser und Oberflächengewässer erklären lassen. Die EG-Öko-Verordnung umfasst bislang noch keine Regelungen für Tierhaltung in und Erzeugnisse aus der Aquakultur. Verbände des Ökologischen Landbaus wie Naturland, Demeter, Bioland und Biokreis haben jedoch bereits Richtlinien für die Biofischerzeugung aufgestellt; geregelt wird die Erzeugung von Friedfischen, von Salmoniden und anderen Kaltwasserfischen, von Meeresmuscheln sowie von in Teichen gehaltenen Garnelen. Ökologisch wirtschaftende Betriebe sind in Deutschland noch selten. Die in Deutschland angebotenen Bio-Lachse und -Muscheln stammen überwiegend aus irischen Farmen.

Eier

Mit Ausnahme von Eiern, die der Erzeuger auf der Hofstelle, auf einem örtlichen öffentlichen Markt oder im Verkauf an der Haustür unmittelbar an den Endverbraucher zum Eigenbedarf abgibt, gilt die EG-Vermarktungsverordnung. Verschiedene Gesetze und Verordnungen wurden zusätzlich geschaffen, damit der Verbraucher ein hochwertiges Lebensmittel erhält. Darüber hinaus existieren freiwillige Vereinbarungen (Selbstkontrollen) der Produktionsbetriebe. Für die Vermarktung von Bio-Eiern gibt es keine gesonderten gesetzlichen Regelungen. Auch wenn sich alle Produktionsverfahren in unterschiedlicher Weise auf die Qualität der Eier auswirken können, bestehen dadurch in der Regel keine gesundheitsgefährdenden Nachteile. Eier der Güteklasse A aus Boden- und Freilandhaltung weisen durchschnittlich höhere Gesamtkeimbesiedlungen der Schalenoberfläche auf als Eier aus Käfighaltung (FAL, 1982, Schwarz et al., 1999). Dabei spiegelt das Keimspektrum den Hygienestatus des jeweiligen Stalles weitgehend wider (Schwarz et al., 1999).

Untersuchungen zum Vorkommen von Salmonellen auf der Eischale und in Eiern in Abhängigkeit vom Produktionsverfahren sind bisher nicht bekannt. Lediglich einen Hinweis geben Zahlen aus der Schweiz: Seit 1990 ist der Anteil der dort produzierten Eier aus Hühnerhaltung mit Auslauf von weniger als 1 % auf etwa 10 % gestiegen. In der gleichen Periode (1991 - 2002) ist die Zahl von *Salmonella*-Enteritidis bei Hühnern stark gesunken (BVET, 2003), ebenso die Fälle von Salmonellose beim Menschen (BAG, 2002). Bei Produktionsverfahren mit Auslauf können Infektionserreger leicht in den Stall eingeschleppt werden. Bestimmte Erkrankungen der Hennen werden an der Eischale erkannt; solche Eier werden vor der Vermarktung ausgesondert. Dauergenutzte Ausläufe stellen jedoch ein erhöhtes Erkrankungsrisiko für die Hennen dar, solange keine erfolgversprechenden Entseuchungsstrategien zur Verfügung stehen. Die Entwicklung neuer Ansätze zur Kontrolle der Endoparasiten des Geflügels ohne Einsatz von Tierarzneimitteln, sog. *BioControl*-Methoden, ist hier von großem Interesse.

Bei Auslaufhaltung beträgt die Erdaufnahme je Huhn und Tag bis zu 10 g (SCAN, 2000). Damit verbunden ist auch eine zum Futter zusätzliche Aufnahme an Dioxin, besonders in Dioxin-belasteten Gebieten.

Zur Sicherung der Tiergesundheit werden heute Tierarzneimittel eingesetzt, die in Einstreuhalten im Vergleich zur Käfighaltung wesentlich häufiger erforderlich sind (Dorn et al., 1985). Problematisch sind Arzneimittelrückstände, die in Eiern aus der Einstreuhaltung höher und länger nachzuweisen sind (Hafez et al., 1988). Ohne *BioControl*-Methoden ist bei der Öko-Produktion wegen der vergleichbaren hygienischen Situation mit einem ähnlichen Umfang an Tierarzneimitteln wie in der herkömmlichen Einstreuhaltung mit und ohne Auslauf zu rechnen. Durch Auslaufmaterial können Hennen zudem Schadstoffe aufnehmen, die in das Ei gelangen könnten. Bisher ist eine davon ausgehende Gesundheitsgefährdung der Verbraucherinnen und Verbraucher nicht belegt. Mit Verminderung des Risikos dauergenutzter Ausläufe durch moderate Besatzdichte, Wechselweiden, Wahrung einer guten Einstreuqualität im Stall und Fortschritten in der Veterinärmedizin dürfte bei entsprechender Reinigung des Stalles vor Neubelegung eine geringere Behandlungsnotwendigkeit mit Arzneimitteln und Bioziden in Einstreuhaltungen mit und ohne Auslauf in Aussicht stehen.

3.2.3 Ernährung physiologische Qualität

Gemüse und Obst

Bisher vorliegende Literaturdaten zu Energie- und Nährstoffgehalten (Eiweiß, Fett, verdauliche Kohlenhydrate, Mineralstoffe, Spurenelemente, Vitamine) sowie zu physiologisch wirksamen Inhaltsstoffen (sekundäre Pflanzenstoffe, Ballaststoffe u.a.) lassen keine markanten, anbauspezifischen Unterschiede im ernährungsphysiologischen Wert erkennen (Wedler, 1990, Reddy, 1991, Rembialkowska, 1991, Reddy et al., 1995, Mozafar, 1996, Sorensen et al., 1996, Osbourn, 2000, Bognår, 2002). Unterschiede wurden zwar festgestellt, widersprüchliche Ergebnisse verhindern jedoch eindeutige Folgerungen.

Im Hinblick auf die Ernährungssituation des Menschen in Industrieländern sind auch eventuelle Unterschiede bei Mineralstoff-, Vitamin-, Protein- und Kohlenhydratgehalten mit Ausnahme bestimmter Bevölkerungsgruppen, darunter insbesondere Frauen mit nicht ausreichender Folsäure-, Jod- und Zinkversorgung, eher zweitrangig. Außer in den Ländern der Dritten Welt besteht keine generelle Unterversorgung (Brandt et al., 2001, Mensink, 2002). Auch Pflanzenschutzmittelrückstände in konventionell und ökologisch erzeugten Lebensmitteln (s. 3.2.2) werden im Hinblick auf die Gesundheit der Verbraucherinnen und Verbraucher als wenig relevant angesehen (Doll et al., 1981, Doll, 1992, Brandt et al., 2001).

Die von Heaton (2001) vorgenommene Auswertung von 19 belastbaren Vergleichsuntersuchungen ergab in 10 Fällen höhere Trockenmassegehalte ökologischer Erzeugnisse im Vergleich zu konventionellen Produkten, in acht Fällen keine Unterschiede und in nur einem Fall höhere Trockenmassegehalte der konventionellen Erzeugnisse. Die Trockenmassegehalte sind, insbesondere bei vegetativen Pflanzenteilen, abhängig von der Stickstoffverfügbarkeit bzw. der Stickstoffaufnahme. Da Stickstoffzufuhr und -verfügbarkeit im Ökologischen Landbau vergleichsweise gering sind, ist der hier festgestellte Trend zu höheren Trockenmassegehalten plausibel. Damit verbunden sind höhere Nährstoffdichten; entsprechend gilt auch die Forderung, für eine sachgerechte Beurteilung die Nährstoffgehalte stets auf die Frischmasse der Produkte zu beziehen. Auch die Untersuchungen von Bognår (2001) zeigten, dass Bio-Salate (Kopfsalat, Endivie, Eisbergsalat) im Jahresdurchschnitt einen geringfügig höheren Trockenmassegehalt aufwiesen als konventionell erzeugte. Höhere Trockenmassegehalte waren vorwiegend auf einen höheren Ballaststoffgehalt zurückzuführen. Die Auswertung umfangreicher Literatur ergibt keinen eindeutigen Trend im Hinblick auf Rohprotein, Reinprotein und Eiweißgehalt (Köpke, 2003). Basierend auf 13 belastbaren Untersuchungen ist ein positiv zu bewertender Trend geringerer Gehalte an freien Aminosäuren in Produkten des Ökologischen Landbaus feststellbar (Heaton, 2001). Die Hypothese, dass eine erhöhte Zufuhr von Stickstoff, vor allem mit mineralischen Düngemitteln, tendenziell die Konzentration von Stärke, Zuckern und Polyfruktosanen senkt, kann anhand umfassender Literaturlauswertungen von Vergleichsuntersuchungen für Gemüse und Kartoffeln nicht generell bestätigt werden (Köpke, 2003).

In 27 von Heaton (2001) ausgewerteten Studien zu den Vitaminen A, B₁, B₂ und C ergaben sich zwischen ökologischer und konventioneller Erzeugung keine Unterschiede für die ersten drei genannten. Eine neuere Studie an der BFE (Bognår, 2001) bestätigt dies für die Vitamine B₁, B₂, B₆ und C. Dagegen zeigte die Hälfte der zu Vitamin C durchgeführten Untersuchungen laut Heaton (2001) einen Trend zu etwas höheren Gehalten im ökologisch erzeugten oder gedüngten Gemüse. Besonders deutlich bei Blattgemüsen wie Kopfsalat und Spinat sowie auch bei Kohl zeigten sieben von 13 Studien einen Trend zu höheren Vitamin C-Gehalten bei Bio-Produkten, indifferente Ergebnisse finden sich in 6 der verglichenen Studien und ebenfalls in der o.g. BFE-Studie (Bognår, 2001). In keinem Fall waren signifikant höhere Vitamin C-Gehalte bei konventionell erzeugten Produkten feststellbar. Dieser Trend zu höheren Vitamin C-Gehalten im Ökologischen Landbau könnte sich ursächlich auf physiologische Zusammenhänge zurückführen lassen. So wurde wiederholt eine Korrelation von erhöhter Stickstoffzufuhr/-verfügbarkeit mit abnehmendem Gehalt an Vitamin C bei verschiedenen Früchten und Gemüsen u.a. Zitrus, Tomaten und Kartoffeln, nachgewiesen.

Im Gegensatz dazu kann die Konzentration von Provitamin A ebenso wie der Gehalt an Thiamin (Vitamin B₁) infolge erhöhter Stickstoffzufuhr zunehmen. Die Gehalte an β -Carotin als Vitamin A-Vorstufe nehmen gewöhnlich mit zunehmender Stickstoffaufnahme zu - ein Sachverhalt, der allerdings in 8 belastbaren Vergleichsstudien nicht durch niedrigere Gehalte in Bio-Produkten bestätigt wurde (Heaton, 2001). Die sehr begrenzte Datenlage zu den Vitaminen A und B₁, z.T. durch mangelnde methodische Ansätze bedingt, verlangt künftig einen höheren Forschungseinsatz.

Auf der Basis von 14 belastbaren Vergleichsuntersuchungen zum Mineralstoffgehalt von Gemüse und Früchten ergaben die auf Frischmasse bezogenen Gehalte für Bio-Produkte in sieben Fällen höhere Werte, in einem Fall niedrigere Werte und in sechs Fällen keine Unterschiede (Heaton, 2001). Tendenziell enthielten Bio-Produkte mehr Eisen. Im konventionellen Landbau werden gewöhnlich größere Mengen an Stickstoff, Phosphor und Kalium mit der Düngung zugeführt, als im Ökologischen Landbau. Mehr Untersuchungen betreffend den Gehalt an Spurenelementen sind notwendig.

Heute wird angenommen, dass viele im Sekundärstoffwechsel von Pflanzen gebildete Substanzen als Ursache dafür anzusehen sind, dass ein hoher Gemüse- und Obstverzehr das Risiko für degenerative Erkrankungen senken kann (Steinmetz et al., 1996, Giovannucci et al., 1995). Zu den bioaktiven Substanzen zählen die sekundären Pflanzenstoffe (SPS) Carotinoide, Phytosterine, Glucosinolate, Flavonoide, Phenolsäuren, Protease-Inhibitoren, Monoterpene, Phytoöstrogene, Sulfide und Chlorophylle sowie die Ballaststoffe (Watzl et al., 1999, Watzl, 2001). Bioaktive Inhaltsstoffe können in den Erzeugnissen des Öko-Landbaus in signifikant höherem Umfang vorkommen als bei konventionell erzeugten Produkten (Schlee, 1992, Ebata et al., 1993, Brandt et al., 2001, Ren et al., 2001a). Die Datengrundlage für Vergleichsuntersuchungen ist bei sekundären Pflanzenstoffen mit z.T. ausgeprägten organoleptischen Eigenschaften noch vergleichsweise gering; ein eindeutiger Trend ist daher noch nicht feststellbar. Brandt et al. (2001) haben jedoch bis zu 50 % höhere SPS-Gehalte für die Bio-Produkte postuliert. Begründet werden diese Erwartungen mit einer geringeren Stickstoffdüngung/-verfügbarkeit, günstigerer Ausreifung und kürzerer Reifedauer unter den Bedingungen des Öko-Landbaus. Einzelne Beispiele bestätigen diese Erwartungen: Äpfel der Sorte *Golden Delicious* wiesen bei ökologischer Erzeugung ca. 20 % höhere Flavonongehalte auf (Weibel et al., 2000). Tomaten wiesen höhere Gehalte des Carotinoids Lycopin auf (Pither et al., 1990) und schmeckten süßer, Kartoffeln enthielten 10 % mehr Polyphenole und 27 % mehr Glycoalkaloide (Hamouz et al., 1999a, b). Bei Brokkoli wurden doppelt bis sechsfach höhere Gehalte an Sulforaphan festgestellt (Adam, 2002). Allerdings wurden Marktproben untersucht, so dass kein Anbauvergleich vorliegt. Höhere antioxidative und antimutagene Potentiale von Gemüse des Öko-Landbaus werden von Ebata et al. (1993) wiederum auf den Reifegrad dieser Produkte zurückgeführt. Bioaktive Inhaltsstoffe werden im Zusammenhang mit der Reifung einer Pflanze (Peters et al., 1998) sowie insbesondere als Reaktion der Pflanze auf äußeren Stress gebildet. Spezifische Umweltbedingungen (Sonneneinstrahlung, Ozongehalte der Luft, Temperatur, Stickstoff- und Wasserverfügbarkeit u.a.) verursachen im physiologisch aktiven Pflanzengewebe generell die Bildung freier Radikale sowie insbesondere reaktiver Sauerstoffspezies.

Die spontanen Abwehrmechanismen der Pflanzen gegen diesen oxidativen Stress bestehen einerseits in der Aktivierung reduzierender Enzyme, u.a. Superoxiddismutase, Peroxidase und Katalase, andererseits werden radikal-eliminierende sowie weitere antioxidativ wirksame Stoffwechselprodukte, u.a. zahlreiche phenolische Verbindungen und Carotinoide vermehrt gebildet (Bergmann et al., 1999, Brandt et al., 2001, Paschold et al., 2000, Schonhof et al., 2001). Nicht kompensierter Stress führt z.B. über eine verringerte Aktivität des Enzyms Nitratreduktase zu erhöhten Nitratgehalten (Bergmann et al., 1999). Reaktionen dieser Art sind auch als Folge von Herbizidapplikationen im konventionellen Landbau bekannt. Bisher liegen Ergebnisse über Herbizide vor, die bei Nutzpflanzen in die Biosynthese der Carotinoide eingreifen (Sweeney et al., 1971, Barth et al., 1995, Simkin et al., 2000). Die Wirkung ist abhängig von der Art des Herbizids wie auch von der Pflanzenart. Durch eine spezifische Herbizidapplikation kann die Carotinoidbiosynthese grundsätzlich so gesteuert werden, dass Carotinoidvorstufen, u.a. Phytoen, selektiv angereichert werden. Auch pflanzenpathogene Mikroorganismen bewirken eine Erhöhung der SPS-Gehalte, so lassen sich z.B. die Gehalte der phenolischen Verbindung Kaffeesäure bzw. die Gesamtphenolgehalte bei Kopfsalat durch die Behandlung mit bestimmten *Pseudomonas sp.* bei gleichzeitigem Trockenstress signifikant um den Faktor 3,9 steigern (Leinhos et al., 1995, 1996).

In älteren Untersuchungen zu den meisten SPS-Stoffklassen finden sich keine vergleichenden Daten zu Gemüse aus ökologischem bzw. aus konventionellem Anbau, jedoch liegen erste Ergebnisse zum Vorkommen von Carotinoiden und Polyphenolen im Bio-Gemüse vor. Die publizierten Studien weisen teilweise erhöhte Carotinoidgehalte in ökologisch erzeugten Karotten aus (Leclerc et al. 1991, Mercadante et al., 1991, Moscatello et al. 1996). Die beobachteten Unterschiede im Carotinoidgehalt von Grünkohl führen die Autoren Mercadante et al. (1991) primär auf die oben beschriebene herbizide Wirkung des Glyphosphates auf die Carotinoidsynthese zurück. In Kohlarten weit verbreitet sind Isothiocyanate in glycosidischer Form (Glucosinolate). Glucosinolate dienen den Pflanzen hauptsächlich als Fraßschutz: Bei Verletzung der Zellen katalysiert das Enzym Myrosinase die Freisetzung von Sulforaphan (1-Isothiocyanato-4-Methylsulfinyl-butan) aus der nicht reaktiven Vorstufe Methylsulfinylbutylglucosinolat (Glucoraphanin). Das Isothiocyanat Sulforaphan aus Broccoli induziert *in vitro* wiederum Enzyme, welche in Tierversuchen eine deutliche krebsprotektive Wirkung zeigen. Für das Isothiocyanat Sulforaphan wird daher eine indirekt krebsprotektive Wirkung durch die von ihm *in vitro* induzierten Enzyme postuliert. In einer Versuchsreihe an der BFE werden zur Zeit Sulforaphangehalte in handelsüblichem Broccoli aus ökologischem und konventionellem Anbau ermittelt. Ökologisch erzeugte Broccoliprobe n enthalten demnach die doppelte bis sechsfache Menge an Sulforaphan. Eine differenzierte Zuordnung von Ursachen und Bedeutung der deutlich höheren Werte im ökologisch erzeugten Broccoli ist vorläufig noch nicht möglich (Adam, 2002). Die entzündungshemmende Wirkung der Salicylsäure ist seit langem bekannt. Nach Baxter et al. (2002) wiesen Suppen mit ökologisch erzeugten Gemüsebestandteilen signifikant höhere Salicylsäuregehalte auf als Vergleichsprodukte, die Gemüse aus konventionellem Anbau enthielten. Untersucht wurden hier allerdings Produkte aus dem Handel, die unterschiedliche Gemüsearten und -mengen enthielten und schon daher nicht direkt vergleichbar waren; darüber hinaus fehlen Angaben zu weiteren, den Salicylsäuregehalt beeinflussenden Faktoren, wie u.a. Verarbeitungsart und -bedingungen, Ernte, Anbau, Herkunft der Gemüseeinlagen.

Da die Studie insgesamt weitere gravierende methodische Fehler aufweist (u.a. die statistische Bewertung der Daten), sind die Ergebnisse nicht hinreichend sicher zu bewerten. Bei allen aufgeführten Studien handelt es sich um Einzelstudien, die aufgrund ihres spezifischen experimentellen Ansatzes nur bedingt eine Vergleichbarkeit der Anbauverfahren ermöglichen. Vergleichende Studien fehlen. Insgesamt sind bei Gemüse für SPS-Gehalte wie auch für die den Energie- und den Nährstoffgehalt bestimmenden primären Pflanzeninhaltsstoffen eher geringe Unterschiede zu erwarten. Jedoch führen bereits die o.g. tendenziell höheren Trockenmassegehalte bei Bio-Gemüse und -Obst (Sorensen et al., 1996, Mozafar, 1996, Reddy et al., 1995, Rembalkowska, 1991) durch gleichzeitig niedrigere Wassergehalte und damit insgesamt höhere Gehalte an allen Inhaltsstoffen in der Frischware zu einer verstärkten Aufnahme von wertgebenden Inhaltsstoffen durch Bio-Produkte.

Für die Erfassung des gesundheitlichen Wertes von Gemüse nach Anbauverfahren ist insbesondere künftig zu untersuchen, wie sich die jeweiligen Erzeugnisse funktionell unterscheiden, z.B. bezüglich ihres antioxidativen sowie antimutagenen Potentials ebenso wie im Hinblick auf die Bioverfügbarkeit der wertgebenden Inhaltsstoffe. Bei solchen Untersuchungen zum ernährungsphysiologischen Wert von Bio-Gemüse und -Obst sind die sekundären Pflanzenstoffe (SPS) bisher nur unzureichend berücksichtigt. Eine kürzlich publizierte Studie untersuchte erstmals das antimutagene Potential von Gemüse aus unterschiedlichen Anbauformen. Dabei zeigte sich, dass das ökologisch erzeugte Gemüse eine deutlich höhere antimutagene Wirkung besaß (Ren et al., 2001b). Ebata et al. (1993) führen höhere antimutagene und höhere antioxidative Potentiale bei Bio-Gemüse auf dessen Reifegrad zurück. Die antioxidative Kapazität von Spinat aus ökologischem Anbau liegt bei 120 % im Vergleich zu konventionell erzeugtem Spinat (Ren et al., 2001a). Im Gegensatz zu Gemüse und Gemüseerzeugnissen beschränken sich die Untersuchungen bei Obst überwiegend auf Äpfel; Beerenobst wie Erdbeeren und Himbeeren sind Gegenstand weniger Untersuchungen (Alföldi et al., 1998, Worthington, 1998). Ermittelt wurden im wesentlichen die gleichen wertgebenden Inhaltsstoffe wie auch bei Gemüse. In insgesamt drei Studien wurde ein höherer Polyphenolgehalt u.a. bei Bio-Äpfel, Bio-Pfirsichen und weiteren Bio-Früchten gemessen (Weibel et al., 1999, Carbonaro et al., 2001); eine Studie verzeichnete bei ökologisch bzw. konventionell erzeugten Früchten vergleichbare Polyphenolgehalte bei gleichzeitig verringertem antioxidativem Potenzial der Bio-Früchte (Lucarini et al., 1998).

Wein

In einer neueren Studie über den Vergleich der Gehalte an sekundären Pflanzenstoffen aus ökologisch und konventionell erzeugten Weinen wurden jeweils Trauben derselben Rebsorte angebaut und verarbeitet. Die Resveratrolgehalte des Bio-Weines lagen im Mittel um 26 % höher als die der konventionellen Produkte (Levite et al., 2000).

Getreide und Getreideerzeugnisse

Im Hinblick auf die den Energiegehalt von Getreide bestimmenden Inhaltsstoffe Eiweiß, Fett und Kohlenhydrate wurden bisher praktisch keine wesentlichen, vom Produktionsverfahren abhängigen Unterschiede ermittelt. Dies gilt ebenso für alle Getreideerzeugnisse, -nährmittel und Backwaren, da deren Qualität vom verwendeten Getreiderohstoff abhängt.

Der Nährstoffgehalt bei Getreide wird mitbestimmt durch Mineralstoffe wie Calcium (Ca), Kalium (K), Magnesium (Mg) und Phosphor (P) und Spurenelemente wie Eisen (Fe), Zink (Zn) und Kupfer (Cu).

Der Gehalt an Spurenelementen ist nach Untersuchungen der BAGKF an Brotgetreide und Broten unabhängig vom Anbauverfahren, wenn bei konventioneller und ökologischer Düngung das Mineralstoff- und Spurenelementniveau vergleichbar gehalten wird. Bio-Weizenproben "aus der Praxis" enthielten höhere Ganzkorn-Mineralstoffmengen als konventionell erzeugte (Münzing, 2002). Art und Menge an Mineralstoffen und Spurenelementen, die vom Getreide während des Wachstums aufgenommen werden, sind ebenso von einer Vielzahl von Parametern abhängig, wie die im einzelnen vorliegenden Bindungsformen innerhalb der Getreidematrix. Zur Bioverfügbarkeit dieser Stoffe können daher bislang keine Aussagen getroffen werden.

Weitere physiologisch wirksame Getreideinhaltsstoffe sind Ballaststoffe und die heute als gesundheitlich relevant zu bewertenden sekundären Pflanzenstoffe (SPS, s. Gemüse und Obst). Während Ballaststoffgehalte vom Anbauverfahren unabhängig sind, liegen zu den SPS-Gehalten in ökologisch erzeugtem Getreide keine Daten vor. Viele sekundäre Pflanzenstoffe werden aus Aminosäuren gebildet. Da die Aminosäuregehalte z.T. von der Stickstoffversorgung der Pflanze abhängig sind, können dadurch anbaubedingt ebenfalls Unterschiede im SPS-Gehalt auftreten (Schlee, 1992).

Eine vergleichende Evaluierung der aus ökologischen und konventionellen Anbauverfahren resultierenden Gehalte an energieliefernden Stoffen, Mineralstoffen, Spurenelementen, SPS und weiteren physiologisch bedeutenden Getreidebestandteilen sowie deren Verteilung im Korn wäre notwendig, um das genetische Potential der vorhandenen Getreidesorten im Hinblick auf den gesundheitlichen Wert besser beurteilen zu können. Eine Reihe nicht vergleichender Arbeiten über den Einfluss ökologischer oder konventioneller Anbauverfahren auf ertrags- und qualitätsrelevante Faktoren wie u.a. Nährstoffgehalte, -art und -verfügbarkeit liegen vor (Dao, 1993, Fortin et al., 1994, Maskina et al., 1993, Borstlap et al., 1994, Cannell et al., 1994, Rao et al., 1994, Salomonsson et al., 1994, Singh et al., 1994 und 1995, Unger, 1994, Wani et al., 1994, Zeddies et al., 1994, Mwaja et al., 1995, Sarandon et al., 1995, McGonigle et al., 1996, Blumhorst et al., 1997, Kessavalou et al., 1997, Honeycutt, 1998, Sharma et al., 1998, Fernandez et al., 1999, Gajri et al., 1999, Thakur et al., 1999, Kettler et al., 2000, Moyer et al., 2000, Hao et al., 2001).

Vollkornherzeugnisse besitzen im Vergleich zu Weißmehlprodukten, d.h. Erzeugnissen, denen die Kornrandschichten fehlen, einen höheren gesundheitlichen Wert. In Reformhäusern und im Naturkostfachhandel wurden früher im wesentlichen Vollkorn- oder Feinschrotvollkornbrote aus ökologischer Produktion angeboten. Der Anteil an Weizenvollkorn bei Bio-Brotten und Bio-Kleingebäck ist insgesamt abnehmend und liegt zur Zeit bei weniger als 10 %. Mit höherem Stickstoffgehalt des Endosperms nimmt der Anteil der Albumin- und Globulinfraktion bei Weizen ab, der Anteil des Prolamins mit deutlich geringerem Gehalt an Lysin, einer essentiellen Aminosäure, dagegen zu. Für Weizenkörner aus Ökologischem Landbau wird postuliert, dass diese Tendenz vergleichsweise weniger ausgeprägt ist, als für Produkte des konventionellen Landbaus.

Zwei belastbare Untersuchungen zeigen, dass der Index der essentiellen Aminosäuren für Mehle aus dem Öko-Landbau höher war als bei den konventionellen Vergleichsprodukten (Heaton, 2001). Da Lysin aus Weizen in geringerem Umfang bioverfügbar ist als z.B. aus tierischen Lebensmitteln, kann der Lysinbedarf nicht überwiegend aus dem Verzehr von Weizen gedeckt werden. Welche Agro-Umweltfaktoren vom landwirtschaftlichen Anbauverfahren mitbestimmt werden und den Gesundheitswert von pflanzlichen Lebensmitteln letztlich beeinflussen, kann mittels wissenschaftlich allgemein anerkannten und geprüften Methoden wie z.B. "Profiling" und "Bioassay" geprüft werden (Betsche et al., 2001b). Anhand derartiger Datensätze ließe sich ein Beitrag zur Modulation der Genexpression und letztlich auch ein Beitrag zur ganzheitlichen Bewertung von Lebensmitteln leisten (Kap. 4).

Kartoffeln

Die Qualität bei Speisekartoffeln unterliegt zahlreichen Einflussfaktoren (u.a. Sorte, Standort, Witterung). Diese überdecken in den meisten Fällen die Unterschiede zwischen verschiedenen Anbausystemen. Vor- und Nachteile einzelner Produktionsweisen sind damit nur sehr schwer zu belegen. Direkte Vergleiche unterschiedlicher Produktionssysteme sind zudem nur begrenzt verfügbar (u.a. Hannukkala et al., 1990, Besson et al., 1992, Woese et al., 1995 b). Auch für Kartoffeln gilt, dass mit höherer Stickstoffzufuhr im konventionellen Landbau der Trockenmassegehalt der Knollen abnimmt und die Produkte ökologischer Erzeugung tendenziell geringere Nitratgehalte aufweisen. Kartoffeln enthalten zahlreiche ernährungsphysiologisch relevante Substanzen wie z.B. Vitamin C (Brunsch, 2002). Bedingt durch eine unterschiedliche Nährstoffversorgung der verschiedenen Anbausysteme kann es bei konkreten Kartoffelpartien zu leichten Verschiebungen der Daten kommen. Allerdings gilt, dass die Faktoren Sorte, Boden und Witterung meist einen größeren Einfluss haben als die hier zu vergleichenden Produktionsverfahren (Kolbe, 1997, Neuhoff, 2000, Reents et al., 2001, Brunsch, 2002).

Milch und Milcherzeugnisse

Das im Ökologischen Landbau vorgegebene Verhältnis von Grundfutter zu Kraftfutter von 60:40 bzw. 50:50 während der höchsten Milchleistung in der Laktation begrenzt die Fütterungsintensität und beeinflusst damit die mögliche Höhe der Laktationsleistung und die Zusammensetzung der Milch. Die Eiweißgehalte können dadurch bedingt niedriger liegen als bei konventionell gefütterten Herden. In den Vergleichsversuchen waren im Mittel die Eiweißgehalte in den ökologisch erzeugten Milchen signifikant, die Fettgehalte tendenziell niedriger. Die Mineralstoffgehalte, u.a. Calcium, Kalium, Natrium und Phosphor, waren vom Produktionsverfahren unabhängig, ebenso die Vitamin- und Aminosäuregehalte; die ermittelten Fettsäuremuster unterschieden sich nicht (Buchberger, 2001). Signifikante Unterschiede im gesundheitlichen Wert sind daher wenig wahrscheinlich.

Eine vorbeugende Wirkung bestimmter konjugierter Linolsäuren (CLA) gegen Krebs und Arteriosklerose wird diskutiert, nachdem im Tierversuch solche Beobachtungen gemacht wurden. CLA und trans-Vaccensäure als CLA-Vorstufe werden im Pansen von Wiederkäuern aus Linolen- und Linolsäure gebildet, die wiederum aus dem Fettanteil des Futters aufgenommen werden (Peterson et al., 2002).

Aus zahlreichen Arbeiten zur Untersuchung des Einflusses der Fettmenge und ihrer Zusammensetzung auf den CLA-Gehalt im Milchfett geht hervor, dass eine Steigerung um ein Mehrfaches möglich ist (Precht et al., 1997, Baumann et al., 2000, Donovan et al., 2000, Baer et al., 2001, Chouinard et al., 2001, Peterson et al., 2002, Abu-Ghazaleh et al., 2001). Auch Grünfütterung enthält hohe Anteile an Linol- und Linolensäure. Da Weidegang im Ökologischen Landbau obligat ist, könnte dies zu höheren CLA-Gehalte der Milch mit entsprechend positiver Bewertung führen. Jahreis et al. (1996) fanden in der Milch eines ökologisch bewirtschafteten Betriebes im Vergleich zu zwei konventionell wirtschaftenden Betrieben höhere CLA- und die höchsten trans-Fettsäuren-Gehalte. Letztere werden unter gesundheitlichen Aspekten eher negativ bewertet. Die genannte Vergleichsstudie ist jedoch für eine wissenschaftliche Bewertung der Bedeutung des Produktionsverfahrens im Hinblick auf die CLA-Gehalte der Milch noch nicht hinreichend.

Fleisch und Fleischerzeugnisse

Der Gehalt des Fleisches an intramuskulärem Fett ist für die Geschmacksgebung besonders wichtig. Die Fettsäurezusammensetzung ist unter gesundheitlichen Aspekten, insbesondere im Hinblick auf Herz- Kreislauferkrankungen, von Interesse. Fettmenge und -zusammensetzung sind bei Rindern und Schweinen über die Fütterung steuerbar (Fischer et al., 1992), wobei letztere von der verfügbaren Futterfettmenge und deren Fettsäuremuster abhängig ist. Wird dieser Sachverhalt nicht berücksichtigt, so führen durch den Stärkeanteil energiereiche Rationen zu einem relativ höheren Anteil an gesättigten Fettsäuren. Durch die Fütterung von Rindern mit Leinsamen konnte die Linolensäurekonzentration um rund 50 % angehoben werden (Wood et al., 1999); die Fütterung mit Gras erhöhte den Linolensäuregehalt im Vergleich zur Getreidefütterung ebenfalls. Beide Maßnahmen beinhalten die Option auf höhere CLA- und trans-Fettsäuren-Gehalte im Fleisch (vgl. Milch). Auch bei der Schweinemast führte die Verabreichung von Rau- oder Saftfutter (Grassilage) im ökologischen Produktionsverfahren zur geringfügigen Erhöhung der Gehalte an n-3-Fettsäuren (Fischer et al., 1998 und 1999). Das Fleisch von Rindern, die mit Getreide gefüttert wurden, wies dagegen relativ hohe Linolensäuregehalte auf (French et al., 2000), wobei jedoch darauf hinzuweisen ist, dass der Polyenfettsäuregehalt im Rinderfett mit 2 - 5 % der Gesamtfettsäuren relativ niedrig ist (Flachowsky et al., 1997, Langenhoff et al. 2003).

Bei Lamm-(Schaf)- und Ziegenfleisch sind Einflüsse der Produktionsverfahren nicht bekannt. Durch die niedrigere Mastintensität bei der Erzeugung von Bio-Geflügel enthalten diese tendenziell weniger intramuskuläres Fett im Brust- und Schenkelfleisch, weniger Wasser und mehr Protein. So fand Ellendorf (2002) geringfügige, aber signifikante Unterschiede im Wassergehalt von 74,9 bzw. 75,8 %, im Proteingehalt (23,4 bzw. 24,2 %) und im Fettgehalt (0,92 bzw. 1,01 %). Hähnchen aus konventioneller Auslaufmast hatten die höchsten Wasser- und geringsten Proteingehalte, bei der Öko-Mast war das Ergebnis umgekehrt. Systeme zur Erzeugung von Masthähnchen im Ökologischen Landbau sind allerdings bislang wenig entwickelt, so dass auch vergleichende Untersuchungen hier noch zu verzerrten Ergebnissen führen können.

Fleischerzeugnisse: Da zur Herstellung von Bio-Rohwurstherzeugnissen weder Nitritpökelsalz noch Salpeter verwendet werden dürfen, werden grundsätzlich auch keine Nitrosamine im Erzeugnis gebildet (Kühne, 1995). Durch den Verzicht auf Nitritpökelsalz können aber nach der Erhitzung und anschließender Kühllagerung solcher Fleischerzeugnisse höhere Gehalte an Cholesteroloxiden entstehen (Münch et al., 2001). Deren gesundheitliche Bewertung ist allerdings noch nicht abgeschlossen. Die Bildung von Benzo-a-pyren lässt sich über einen standardisierten und ständig kontrollierten Räucherprozess verringern (Troeger et al., 2000).

Fisch und Fischerzeugnisse

Wissenschaftliche Vergleichsuntersuchungen zum gesundheitlichen Wert von Fischen aus ökologischer und konventioneller Aquakultur fehlen; dies gilt ebenfalls für Fischerzeugnisse.

Eier

Vergleichende Untersuchungen, die sich mit den haltungsspezifischen Auswirkungen von ökologischer bzw. von konventioneller Boden- oder Freilandhaltung auf die Eiinhaltsstoffe befassen, stehen bislang nicht zur Verfügung; auch spezifische Fütterungsaspekte wurden noch nicht untersucht. Hingegen liegen Vergleiche von herkömmlicher Bodenhaltung mit herkömmlicher Freilandhaltung vor, die teilweise Rückschlüsse auf das Auslaufangebot bei Öko-Haltung zulassen. Eine Reihe von Literaturquellen kann für einen Vergleich auf wissenschaftlicher Basis nicht herangezogen werden, da innerhalb der beschriebenen Studien bei den Produktionsverfahren unterschiedliche Alleinfuttermischungen verwendet wurden und gleichzeitig die Zuordnung der untersuchten Eier zum Produktionsverfahren nicht gesichert war (Majchrzak et al., 1997a, b, Scharf et al., 1998). Aus belastbaren Quellen lassen sich folgende Erkenntnisse gewinnen: In Untersuchungen mit identischem Alleinfutter (Futter im Stall) bei konventioneller Erzeugung stellten Ristic (1982) und Köhler (2000) zwischen Boden- und Freilandhaltung keine Unterschiede in der Dotterfarbe fest. Verbraucherinnen und Verbraucher sehen in der Dotterfarbe oft einen Hinweis auf den Vitamingehalt der Eier und damit eine generell bessere Qualität bei intensiver Färbung. Dotterfarbe und Vitamin-A-Gehalt sind abhängig vom Gehalt und von der Carotinoidzusammensetzung. Bei gleicher Dotterfarbe der Gruppen zeigten sich Unterschiede in der Photonenemission sowie ein höherer Anteil an Gesamtcarotinoiden bei der Auslaufgruppe (Köhler, 2000, Lambing, 1992). Ältere Untersuchungen des Dotters von Auslaufhennen wiesen auf einen höheren Gehalt an Vitamin A hin, der auf das zusätzliche Futterangebot (Pflanzen u.a.) im Auslauf zurückgeführt wurde. So wurden die höchsten Vitamin-A-Gehalte während des Jahres bei guter Versorgung mit Grünfutter im Auslauf gemessen. Nach Grünfutteraufnahme lagen die Gehalte der Carotinoide Lutein, das die Gelbfärbung des Eidotters bewirkt, und β -Carotin ohne Farbwirkung sowie der ungesättigten Fettsäure Linolensäure höher (Lesmeister, 2000). Dagegen waren die Gehalte der Spurenelemente Eisen, Kupfer, Mangan, Zink, Natrium und Rubidium nicht signifikant vom begrüneten Auslauf abhängig (Ristic, 1982). Eine zusätzliche Versorgung der Hennen mit Grünfutter führte damit zu einer Anreicherung der Gehalte bestimmter Eiinhaltsstoffe. Über weitere auslösende Faktoren, sowie Art und Gehalte der angereicherten Inhaltsstoffe ist zur Zeit noch wenig bekannt.

Die Futterzusammensetzung sollte wie dargestellt von Bedeutung sein; ungeklärt sind u.a. die Einflüsse von Einzelhennen- bzw. Herdenhaltung, der Aufnahme von Bodenmaterial und Insekten, von Wetter- und Lichtverhältnissen auf den Eiinhalt. Inwieweit die Ergebnisse aus der konventionellen Haltung auf die Öko-Haltung übertragen werden können, bedarf der Prüfung. Zur Zeit wird davon ausgegangen, dass konventionelle und Öko-Haltung vergleichbar sind.

3.2.4 Genusswert

Gemüse und Obst

Wie aus einer neuseeländischen Studie aus dem Jahr 2002 hervorgeht (Bourn et al.), sind bedeutsame Abweichungen zwischen ökologisch und konventionell erzeugtem Gemüse und Obst in der äußeren Erscheinung nicht zu erwarten. Auch bei den übrigen sensorischen Eigenschaften lässt der bisherige Wissensstand keine eindeutige Unterscheidung erkennen. Es gibt wie bereits ausgeführt einen eindeutigen Trend zu höheren Trockenmassegehalten im ökologisch erzeugten Gemüse (Sorensen et al., 1996, Mozafar, 1996, Reddy et al., 1995, Rembialkowska, 1991), was infolge von veränderten physikalischen Strukturen, z.B. der Gewebestruktur und der Zellwanddicke, auch mit einer festeren Textur einhergehen sollte. Durch höhere Trockenmassegehalte, d.h. niedrigere Wassergehalte, liegen alle Pflanzeninhaltsstoffe bezogen auf die Frischmasse, die verzehrt wird und somit für den Genusswert von Bedeutung ist, stärker konzentriert vor. Bio-Gemüse und -Obst mit höheren Trockenmasseanteilen als konventionelle Erzeugnisse, können daher grundsätzlich auch höhere Genusswerte aufweisen. Teilweise waren bei Bio-Gemüse die Geschmacksausprägungen "süß" und "gemüsetypisch" verstärkt. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass bei sensorischen Untersuchungen häufig methodische Mängel deutlich werden und dies die Aussagekraft der Ergebnisse einschränkt (Bourn et al., 2002). Reaganold et al. (2001) fanden süßere und weniger sauer schmeckende Äpfel nach ökologischer Erzeugung; Weibel et al. (1999) haben eine um 15 % bessere organoleptische Bewertung ermittelt. Im Rahmen von Rangordnungstests erfolgte Verkostungen von Karotten zeigten in der Schweiz eine Bevorzugung von Bio-Karotten. Im Jahr 2002 wurden 73 Proben von 53 Karottenproduzenten verkostet, wobei die ersten drei Ränge von ökologischen Produzenten mit der Sorte Bolero eingenommen wurden (Schädeli et al., 2003). Bereits 2001 wurden im Rahmen der gleichen Verkostung die beiden Spitzenränge von Öko-produzenten eingenommen.

Wein

Am Beispiel der Weinerzeugung lässt sich die Zusammenwirkung von Böden und erzielbarem Genusswert sehr gut verdeutlichen, da Wechselwirkungen zwischen bestimmten Bodenbeschaffenheiten und der sensorischen Qualität der Weine aus der konventionellen Erzeugung hinlänglich bekannt sind. Solche Wechselwirkungen könnten durch ökologische Produktionsmethoden unterstützt werden, da das im Ökologischen Landbau praktizierte Bodenmanagement durch die Behandlung mit organischem Dünger und Kompost die Erhaltung und Vermehrung nützlicher Mikroorganismen, Nematoden und Protozoen unterstützt, womit wiederum das Pflanzenwachstum gefördert werden kann.

Hinsichtlich des Aromavergleichs zwischen ökologisch und konventionell angebauten Weinen wird jedoch berichtet, dass im Wesentlichen keine Unterschiede bestehen. Die Ergebnisse sind vielschichtig: u. a. übertraf die geographische Herkunft in ihrer Wirkung die Produktionsweise, und der Einfluss der individuellen weinbaulichen und oenologischen Praktiken war geringer als erwartet. Die konventionell erzeugten Weine waren fruchtiger und blumiger, in zahlreichen Fällen wurde dieser Sachverhalt für ökologisch erzeugte Weine festgehalten; eine Zuordnung der Stichproben zu verschiedenen Weinanbaugebieten war möglich (Fischer et al., 2000). Im Rahmen von Rangordnungstests erfolgte Verkostungen von Weinen zeigten keine einheitliche Präferenz für Bio-Weine (Kauer, et al., 2001).

Getreide und Getreideprodukte (Getreideerzeugnisse, Brot, Getreidenährmittel)

Unter der Voraussetzung sensorisch und verarbeitungstechnisch einwandfreier Getreidepartien können Bio-Getreideerzeugnisse wie Flocken, Müsli und Frühstückskost nicht von vergleichbaren konventionellen Lebensmitteln unterschieden werden. Aufbereitungs- und Verarbeitungsverfahren sowie Zutaten unterscheiden sich in der Regel kaum, weshalb Unterschiede in der sensorischen Ausprägung allenfalls aus unterschiedlicher Rohstoffbeschaffenheit resultieren. Im Bio-Sortiment bei Getreiderohstoffen und in der Folge auch bei daraus hergestellten Bio-Getreidenährmitteln (Müsli, Getreide, Reis, Getreidemahlerzeugnisse, Flocken, Cerealien, Cornflakes) und Bio-Brotten festgestellte Mängel im Genusswert sind nicht anbauspezifisch, sondern wurden durch fehlerhafte Herstellungspraxis verursacht. Mit gezielten Maßnahmen sind diese Mängel im Bio-Sortiment ohne weiteres zu beseitigen (Brack, 2002a, Brümmer, 2002). Teigwaren (Nudeln, Spaghetti etc.) aus Ökogetreide waren hingegen sensorisch in der Regel fehlerfrei (Brack, 2002b).

Kartoffeln

Sowohl die Anbauverfahren wie auch die Kartoffelsorten wirken sich auf die Synthese von Aromakomponenten aus, deren Interaktionen den Geruch und Geschmack einer Kartoffel bestimmen (Mutti et al., 1999, Ulrich et al., 2000). So verursacht einerseits eine Überdüngung die vermehrte Bildung unerwünschter Aromakomponenten, andererseits kann sich die Düngung mit Stallmist im ökologischen Anbau günstig auf den sortentypischen Geschmack auswirken (u.a. Kölsch et al., 1988). Wie jedoch schon in der Studie von Woese et al. (1995a, b) festgestellt, sind insgesamt keine gravierenden Geschmacksunterschiede zwischen Kartoffeln aus ökologischen oder konventionellen Anbauverfahren zu erwarten.

Milch und Milcherzeugnisse

Bestimmte Grundfuttermittel wirken sich unmittelbar auf den Milchgeschmack aus, da Geschmacksstoffe aus Futtermitteln sowohl über den Blutkreislauf der Kühe als auch über die Stallluft während des Melkens in die Milch gelangen (Pabst, 1995). Weder ökologische noch konventionelle Produktionsverfahren regeln die Verwendung der potentiell den Milchgeschmack beeinflussenden Futtermittel, so dass mit den Produktionsverfahren auch keine typischen Geschmacksrichtungen der Milch verbundenen sind. Milch wird üblicherweise von vielen landwirtschaftlichen Betrieben gesammelt und in großen Mengen zu Produkten verarbeitet (u. a. thermisch behandelt, Fettgehalt eingestellt) und vermarktet, so dass betriebsindividuelle Effekte verloren gehen ("verdünnt werden").

Einzigste Ausnahme ist die Vorzugsmilch, die als Milch einzelner Betriebe in kleinen Mengen erhältlich ist. Signifikante Geschmacksunterschiede bei ansonsten fehlerfreien Rohmilchproben wurden durch unterschiedliche Fettgehalte ab etwa 0,4 % verursacht; bei pasteurisierten Milchproben mit eingestelltem Fettgehalt traten dagegen keine Unterschiede auf (Weber, 1993).

Genuss- und Gebrauchswert von Käse werden nach derzeitigem Kenntnisstand nicht durch ökologische bzw. konventionelle Produktionsverfahren beeinflusst (Buchberger, 2001); zu weiteren Milchprodukten liegen keine vergleichenden Daten vor.

Fleisch und Fleischerzeugnisse

Rindfleisch: Weidefütterung bzw. ein hoher Anteil an Gras in der Ration wirken sich günstig auf den pH-Wert des Fleisches, die Farbhelligkeit und Zartheit aus (Ender et al., 1997, Mandell et al., 1998). Solche Art der Fütterung ist im Ökologischen Landbau vorgeschrieben. Auf die Bedeutung des intramuskulären Fettgehaltes wurde bereits hingewiesen. Die sensorische Qualität des Rindfleisches wird jedoch überwiegend durch die Behandlung der Schlachtkörper nach dem Schlachten bestimmt (Ender et al., 1997). Untersuchungen zum Vergleich der Produktionsverfahren fehlen.

Schweinefleisch: Sensorische Mängel bei Schweinefleisch sind durch Eigenschaften wie "PSE" (*pale, soft, exudative*) und "DFD" (*dark, firm, dry*) und intramuskuläre Fettgehalte unter 2,5 % zu beschreiben. PSE- und DFD-Eigenschaften lassen sich durch die Wahl geeigneter Rassen und korrekte Behandlung bei Transport und Schlachtung weitgehend vermeiden (Fischer et al., 2001). Der erwünschte Fettgehalt ist wiederum durch geeignete Rassen (Blanchard et al., 1999) und Fütterung bezogen auf die Intensität oder den Einsatz bestimmter heimischer Eiweißträger ohne Aminosäureoptimierung (z. B. Süßlupine) zu erzielen (Hoppenbrock et al., 2000). Besonders günstige Auswirkungen auf das Kriterium Genusswert durch ein Produktionsverfahren sind bislang nicht belegt.

Lamm(Schaf)- und Ziegenfleisch: Sensorische Nachteile bei Fleisch von Öko-Lämmern waren auf einen durch die Weidemast bedingten hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren zurückzuführen (Kurt et al., 1999). Weniger intramuskuläres Fett führte ebenfalls zur schlechteren Beurteilung (Rousset-Akrim et al., 1997). Für Schaf- und Ziegenfleisch aus ökologischer oder konventioneller Erzeugung sind sensorische Unterschiede nicht bekannt. Konventionell gemästete Lämmer werden wegen ihres höheren Fettgehalts sowie der kürzeren Mastdauer tendenziell besser bewertet als solche aus Weidemast.

Geflügel: Bedingt durch die Produktionsrichtlinien der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 wachsen Masthähnchen und -puten bei ökologischer Erzeugung langsamer, was zu festerem und weniger zartem Fleisch und als schlechter bewertetem Aroma führt (Ristic, 1996, 2000). Keine Unterschiede im Hinblick auf Aroma, Saftigkeit, Zartheit und Gesamteindruck fand Ellendorf (2002) zwischen intensiver Hähnchenmast einerseits und Auslauf- und Ökomast andererseits. Signifikante Unterschiede bestanden zwischen Auslauf- und Ökomast für Zartheit und Gesamteindruck. Die gegrillte Brust der Bio-Hähnchen ließ sich mit dem geringsten Kraftaufwand zerteilen. Die Grillverluste beliefen sich auf 20, 17 und 15 % für Intensiv-, Auslauf- und Ökomast.

Fisch und Fischerzeugnisse

Der Genuss- und Gebrauchswert von Fisch und Fischerzeugnissen, d.h. Geschmack, Farbe und Textur des Fischfleisches, wird maßgeblich durch die Futterqualität und die Art der Fütterung bestimmt (Anonym, 2000/2001, Schreckenbach et al., 2000). Auch hier führt der durch hohe Besatzdichten sowie durch Abfischen und Transport verursachte Stress der Nutztiere zu Qualitätsminderungen im Erzeugnis. Vergleichende Untersuchungen zum Einfluss konventioneller und ökologischer Produktionsverfahren fehlen.

Eier

Da sich wiederholt zeigte, dass die Haltungsort keinen wesentlichen Einfluss auf die sensorischen Merkmale von Eiern ausübt (Wegner et al., 1982, Haris et al., 1982, Mäkinen et al., 1985), wurden vergleichende Untersuchungen von konventionell und ökologisch erzeugten Eiern bisher nicht durchgeführt. Nach früheren Untersuchungen korreliert die Dotterfarbe mit dem Pigmentgehalt des Futters, d.h. mit dessen Carotinoidgehalt. Wird kein Grünfutter verabreicht, müssen Ersatzpigmente dosiert werden, damit die Dotterfarbe den Verbraucherwünschen entspricht. Bei konventionellen Produktionsverfahren werden dazu synthetische oder extraktiv aus Naturstoffen hergestellte Carotinoide zugefügt. Wegen der möglichen Pigmentanreicherung in der Netzhaut des Auges (Retina) und damit verbundenen Nachteilen für das menschliche Sehen hat die EU beschlossen, die zulässige Höchstmenge des Carotinoids Canthaxanthin als Futterzusatzstoff u.a. für Legehennen drastisch zu verringern (SCF, 2002b). Dotterfleckchen sind ebenso wenig wie Blut- und Fleischfleckchen durch das Produktionsverfahren regulierbar. Die Schalenfarbe ist hauptsächlich genetisch geprägt (Rauch, 1987, Belyavin, 1988). Braune Schalen können durch bestimmte Erkrankungen und medikamentöse Behandlungen aufhellen. Auch Schalenstabilität und -form werden durch bestimmte Erkrankungen der Hennen beeinträchtigt, jedoch ist Schalenstabilität von vielen weiteren Einflüssen abhängig (FAL, 1982, Belyavin, 1988), vor allem von der Futterzusammensetzung (Vogt, 1987). Mit zunehmendem Tieralter nimmt die Schalenstabilität in jedem Fall während eines Legejahres ab. An ersten vergleichenden Untersuchungen zu ökologischen und konventionellen Produktionsverfahren wird zur Zeit gearbeitet (Jeroch et al., 2001). Die Ergebnisse zeigen, dass die mit konventionellen Produktionsverfahren erzielbare vergleichsweise dunkle Dotterfarbe bei Bio-Eiern ohne Pigmentzusätze zu Futter nicht erreicht wurde. Nach Seemann (1997) besteht jedoch die Möglichkeit, über den Ersatz von synthetischen Pigmenten durch natürliche Farbstoffe im Futter die gewohnte Farbintensität zu erzielen. Für die Absicherung einer gleichbleibenden Dotterpigmentierung sollten allerdings nur standardisierte, möglichst verseifte Produkte von *Tagetes* und Paprika zum Einsatz kommen.

3.2.5 Eignungswert

Gemüse und Obst

Schon aus der Studie von Woese et al. (1995 a, b) geht hervor, dass Bio-Gemüse und -Obst in der Regel höhere Trockenmassegehalte aufweisen als konventionell erzeugte; weitere Arbeiten haben dies bestätigt (Sorensen et al., 1996, Mozafar, 1996, Reddy et al., 1995, Rembialkowska, 1991).

Nach einer an der Bundesforschungsanstalt für Ernährung in Karlsruhe (BFE) laufenden Pilotstudie zur Erhebung neuer Daten über wertgebende Inhaltsstoffe weisen auch Bio-Blattsalate im Vergleich zu konventionell erzeugten geringfügig höhere Trockensubstanz- sowie Ballaststoffgehalte auf (Bognàr, 2002). Hier wurden Proben aus dem Handel untersucht, so dass eine Überlagerung mit Sorten-, Standort- und Klimaeinflüssen nicht auszuschließen ist. Höhere Trockenmassegehalte sollten infolge von veränderten physikalischen Strukturen, z.B. der Gewebestruktur und der Zellwanddicke, auch mit einer festeren Textur einhergehen. Wegen der zu erwartenden festeren Textur sollten Bio-Rohwaren einerseits zur Herstellung von Trocken- und Tiefkühlprodukten besser geeignet sein als konventionelle Erzeugnisse; andererseits ist bei der Safterstellung mit geringeren Saftausbeuten zu rechnen. Durch den Einsatz von Enzymen wie auch durch gezielte thermische Vorbehandlung von pflanzlichen Rohwaren kann die erzielbare Saftausbeute erhöht werden (Bao et al., 1994a). Dabei werden Zellstrukturen so verändert, dass in der Folge wertgebende Inhaltsstoffe verstärkt zugänglich (Katsaboxakis, 1984, Bao et al., 1994b, Préstamo et al., 1998) und damit voraussichtlich auch verstärkt bioverfügbar werden. Für konventionell erzeugte Tomaten ist beispielsweise bekannt, dass das darin enthaltene gesundheitsfördernde Carotinoid Lycopin (Giovannucci et al., 1995, Kohlmeier, 1997) erst nach thermischer Verarbeitung der Tomaten, d.h. aus Suppen, Saucen oder Ketchup, besonders gut verfügbar und daher im menschlichen Darm besser resorbiert wird (Gärtner et al., 1997). Auch der im Fall von pflanzlichen Erzeugnissen den meisten Konservierungsverfahren generell vorgeschaltete Blanchierprozess lässt sich bei geeigneter Prozessführung sowohl zur Steigerung der Verfügbarkeit wertgebender, als auch zur Entfernung unerwünschter Inhaltsstoffe, u.a. Nitrat und Oxalsäure, nutzen (Spieß et al., 1999, Mayer-Miebach et al., 2003a). Da Bio-Gemüse höhere Trockenmassegehalte und damit sehr wahrscheinlich auch andere physikalische Struktureigenschaften (Matrixeigenschaften) aufweist als konventionell erzeugtes Gemüse, sind Auswirkungen auf die Verfügbarkeit wertgebender Inhaltsstoffe durch die Verarbeitung anzunehmen, jedoch bislang praktisch nicht untersucht. Eine Arbeit von Gronowska-Senger et al. (1997) über die Bioverfügbarkeit von rohen und gekochten Karotten jeweils aus ökologischem bzw. konventionellem Anbau kommt jedenfalls zu dem Ergebnis, dass die β -Carotin-Bioverfügbarkeit im Tierversuch an Ratten bei gekochten Bio-Karotten am höchsten und bei rohen Bio-Karotten am niedrigsten ist. β -Carotin aus konventionell erzeugten Karotten war nach dem Kochen ebenfalls besser bioverfügbar als aus der Rohware; die ermittelten Unterschiede waren statistisch signifikant. Da bei dieser Untersuchung Karotten aus dem Handel verwendet wurden und somit den Anbau überlagernde Einflüsse nicht ausgeschlossen werden können, empfehlen die Autorinnen weitere Untersuchungen zur Verifizierung der Ergebnisse.

Um eine gleichmäßige Wirkung thermischer Verarbeitungsschritte wie Blanchieren und Trocknen zu gewährleisten, müssen Rohwaren möglichst eine einheitliche Größe aufweisen. Voraussetzung für z.B. regelmäßig dimensionierte Karottenscheiben sind möglichst lange Karotten mit möglichst gleichmäßigem Durchmesser vom Wurzel- bis zum Kopfende, Bedingungen, die bei den üblicherweise verwendeten Industriestandardsorten gewährleistet sind. Ökologisch erzeugte Rohwaren erfüllen diese Industriestandards noch vergleichsweise selten, und in der Regel nur dann, wenn Standardsorten eingesetzt werden.

Zu prüfen wäre hier, inwieweit die auf der Basis der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 erzeugten Industriestandsorten den bislang an die Verarbeitung gestellten Anforderungen genügen. Gleichzeitig sollten ausgewiesene Öko-Sorten nach anbautechnischer Optimierung im Hinblick auf die Verarbeitbarkeit überprüft werden. Daten dieser Art wurden bislang für unterschiedliche Getreide- und Kartoffelsorten sowie für Zuckerrüben erhoben und publiziert (Varis et al., 1996, Pfefferkorn, 1997).

Eine Zertifizierung für besonders schonende, chemikalienfreie Verfahren zur Verbesserung der Lagerstabilität bei Bio-Äpfeln (Schirmer et al., 2000) sowie zur Sicherung der mikrobiologischen Stabilität bei Schnittsalaten (Mayer-Miebach et al., 2002, 2003b) wird empfohlen.

Getreide und Getreideerzeugnisse

Bio-Weizen enthält vergleichsweise weniger Gesamtprotein sowie Schrotkleber; die Sedimentationsvolumina sind niedriger als bei konventionell erzeugtem Weizen (Münzing, 2002b). Hieraus leitet sich eine für die Backqualität eingeschränkte Funktionalität der Proteinkomponenten ab. Die Zuchtziele sollten keineswegs nur auf günstige qualitätsbestimmende Proteinfractionen ausgerichtet sein, zumal die hochwertigen sog. E-Sorten im ökologischen Anbau heute bereits eine hohe Backqualität liefern. Forschungs- und Zuchtziele sind auf günstige, der Prozessqualität angemessene Backeigenschaften zu orientieren. Die Optimierung der Verarbeitungsprozesse durch Mischung unterschiedlicher Sorten/Herkünfte sollte durch den engeren Austausch von Züchtern, Anbauern und Verarbeitern gefördert werden (Köpke 2002b). Grundlegende, vom Anbauverfahren abhängige und sortenspezifische Unterschiede im Eignungswert wurden bei Weizen und Roggen bislang nicht beschrieben. Zur Förderung der Biodiversität und anderer im Ökolandbau wichtigen Ziele erstellt die BAGKF derzeit eine umfassende Datensammlung zu den Verarbeitungseigenschaften der heute seltenen Weizenformen wie z.B. Einkorn und Emmer.

Verunreinigungen im ökologisch erzeugten Getreiderohstoff verursachen im Vergleich zu Getreidepartien aus konventionellem Anbau höhere Kosten zur Entfernung des sog. Schwarzbesatzes. So kann der Verzicht auf Herbizide bei Bio-Getreide zu einem wesentlich höheren zu entfernenden Unkrautanteil führen. Darunter sind auch schädliche Unkrautsämereien, die entsprechende Entsorgungskosten verursachen. Unterschiedliche Verarbeitungseigenschaften von ökologisch und konventionell erzeugten Getreidepartien erfordern entsprechend angepasste Reinigungs- und Mahlverfahren. So lässt sich der Proteingehalt von Bio-Weizenmahlerzeugnissen durch die Vermahlung anheben; für den Eignungszweck unerwünschte Bestandteile oder Inhaltsstoffe können dabei gezielt entfernt werden. Beide Maßnahmen fördern den Verarbeitungswert und die sensorische Qualität der daraus hergestellten Backwaren. Zur Bewertung des Eignungswertes von Mehlen aus Bio-Getreide für Backzwecke werden die materialwissenschaftlich abgesicherten Methoden des Mahl- und Backversuchs grundsätzlich herangezogen. Vorhandene Verrechnungsdaten für die Relation der Korninhaltsstoffqualität zum Mahl- und Backverhalten beruhen auf normiertem Datenmaterial, das sich zunächst nach dem konventionellen Getreideanbau ausrichtet. Bislang wird Öko-Weizen allerdings nach Standardverfahren zur Mehltypen 550 bewertet. Auf Basis dieser Mehltypen können die individuellen Qualitätseigenschaften nicht beschrieben werden. Dadurch können sich Fehlinterpretationen ergeben.

Bio-Weizenstärke und Bio-Kleber kommen als texturbestimmende Bestandteile in hochwertigen Bio-Lebensmitteln zum Einsatz (Kröner, 2002). Nach der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 sind als Zusätze zu Bio-Lebensmitteln ökologisch erzeugte Zutaten zu verwenden. Die strukturliefernden Eigenschaften des Klebers aus Bio-Weizen erreichen nicht die Qualitätseigenschaften der konventionellen Produkte (Münzing, 2002). Ein Sorten-/Anbauvergleich im Hinblick auf die Klebereigenschaften des Weizens ist für die ökologische Klebergewinnung daher von Interesse.

Für die Herstellung von Backwaren sind Mehle mit bestimmten, für die weitere Verarbeitung relevanten Eigenschaften von Bedeutung; die auf den Anbauverfahren beruhenden Verarbeitungsunterschiede sind beschrieben (Brümmer, 1997). Bio-Weizen kann bei gezielter Sortenwahl, ausreichendem Stickstoffangebot und angepasster Vermahlung das backtechnische Niveau des konventionellen Weizens erreichen. Infolge des bei Bio-Weizen niedrigeren Klebergehaltes liegt auch das durchschnittliche Backvolumen im Mittel um ca. 50 bis 80 ml je 100 g Brot niedriger (Brümmer, 2002). Bio-Backmittel und Bio-Backhefen als Zutaten für die Brotherstellung können im Vergleich zu konventionellen Produkten zu Volumenverminderungen bei Weizenbrot und Weizenmischbrot sowie bei Weizengebäcken führen (Brümmer, 1997).

Kartoffeln

Die Verarbeitung roher Kartoffeln zu den unterschiedlichen Kartoffelprodukten erfolgt in der Regel über eine Vielzahl von Verfahrensschritten. Dabei treten deutliche Auslaugungsverluste auf, so dass oft kein direkter Einfluss der agrarischen Produktionsweise mehr zu beobachten ist. Die Qualitätsstandards der Rohware müssen allerdings eingehalten werden, was bei ökologisch erzeugten Kartoffeln nicht immer gegeben ist (Böhm et al., 2002). Zu nennende Kriterien sind die Größensortierung und der phytosanitäre Zustand der Knollen sowie insbesondere der Gehalt an reduzierenden Zuckern als Ursache für eine unerwünschte Braunfärbung während des Frittierens. Kartoffeln für die verarbeitende Industrie werden bei 8 °C unter Verwendung von Keimhemmungsmitteln gelagert, um eine Anreicherung reduzierender Zucker zu verhindern. Eine Langzeitlagerung von ökologisch produzierten Kartoffeln ist unter diesen Voraussetzungen nach bisherigen Erkenntnissen so gut wie nicht möglich. Allerdings gibt es mittlerweile zwei Verarbeitungssorten, die bei einer Kaltlagerung keine reduzierten Zucker anreichern.

Milch und Milcherzeugnisse

Die Verarbeitungseignung von Milch aus beiden Produktionsformen zu Käse ist nur in wenigen Versuchen geprüft worden, wobei die Ergebnisse keine signifikanten Unterschiede aufwiesen (Guinot-Thomas et al., 1991, Weber et al., 1993). Vergleichende Untersuchungen an anderen Milchprodukten wurden in der Literatur nicht gefunden.

Fleisch und Fleischerzeugnisse

Die Bedingungen während Transport und Schlachtung sowie danach bestimmen wesentlich die Fleischqualität.

Die Belastungen, die kurz vor dem Töten auf Nutztiere einwirken, d.h. das Verladen, der Transport und die Schlachtung selbst, beeinträchtigen den post mortalen Stoffwechsel unmittelbar und wirken sich daher auch stark auf alle Aspekte der Fleischqualität aus (Judge et al., 1975). So kann die Geschwindigkeit des Energieabbaus in der Muskulatur die physikalisch-chemische Beschaffenheit des Fleisches und zusätzlich dessen Farbeindruck beeinflussen. Auch die Anfälligkeit für bakterielle Kontaminationen kann verändert werden und insofern i. S. der gesetzlich vorgeschriebene Qualität relevant werden. Daher ist es nicht allein aus Tierschutzgründen, sondern auch zur Erhaltung der Produktqualität erforderlich, Schlachttiere bei der Abholung vom Stall, beim Verladen und bei der Ankunft im Schlachthof möglichst schonend zu behandeln. Die Auflagen der Öko-Verordnung zur Behandlung der Tiere vor und bei der Schlachtung sollten sich bei Bio-Fleisch daher günstig auswirken.

Schweinefleisch: Die mikrobiologische Stabilität, die Farbe und das Wasserbindungsvermögen bestimmen die Eignung von Schweinefleisch für die Verarbeitung. Derzeit dominierende Nutzierrassen, d.h. auf sehr hohen Magerfleischanteil gezüchtete, stressempfindliche Schweinerassen, die mit regional unterschiedlicher Häufigkeit immer noch als Vätertierherkünfte zur Erzeugung von Gebrauchskreuzungen eingesetzt werden, und gängige konventionelle Schlachtmethoden sind hier kritisch zu betrachten (Looft et al., 2000, Fischer et al., 2001). Vom Produktionsverfahren abhängige Untersuchungen des Eignungswertes von Rind-, Lamm-, Schaf-, Ziegen- und Geflügelfleisch sowie von Fisch und Eiern zur weiteren Verarbeitung liegen nicht vor.

Fleischerzeugnisse: Für die Herstellung von Dauerwaren ist Speck mit fester Konsistenz und hoher Oxidationsstabilität erforderlich. Gewährleistet wird dies vor allem durch eine geeignete Futterzusammensetzung, die keinen zu hohen Anteil ungesättigter Fettsäuren enthält, sowie durch die Auswahl geeigneter Nutzierrassen (Gläser, 2000). Die zur Sicherung eines hohen Eignungswertes notwendigen Maßnahmen können sowohl im ökologischen als auch im konventionellen Produktionsverfahren realisiert werden.

3.2.6 Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Forschungsbedarf im Bereich der Produktqualität

Pflanzliche Lebensmittel

Aus umfangreichen Untersuchungen ist zu entnehmen, dass die Qualität von Getreide und Kartoffeln insgesamt stark von Sortenwahl, Standort, klimatischen Gegebenheiten und Bodenparametern determiniert wird, während anbauspezifische Parameter wie Bodenbearbeitung und Düngung im wesentlichen bei Gemüse und Obst und hier insbesondere im Zusammenhang mit höheren Gehalten an gesundheitsfördernden sekundären Pflanzenstoffen der Bio-Erzeugnisse sichtbar werden. Vorkommen an Pflanzenschutzmitteln, Schwermetallen und Umweltkontaminanten sind in allen Produktkategorien eher gleichverteilt und werden vom jeweiligen Erzeugungsstandort sowie von der früheren Landnutzung bestimmt. All diese Einflüsse können die Wirkungen der Produktionsverfahren auf die Qualität der Erzeugnisse überlagern.

In der Folge konnten bislang nur wenige vom Produktionsverfahren bedingte Unterschiede eindeutig identifiziert werden, so u.a. bei pflanzlichen Erzeugnissen niedrigere Nitratgehalte, höhere Trockenmassengehalte sowie höhere Gehalte an sekundären Pflanzenstoffen (SPS) nach ökologischer Erzeugung.

Eine höhere Nitrataufnahme aus konventionell erzeugtem Gemüse könnte infolge der bislang nicht geklärten, potentiellen Bildung krebsauslösender Nitrosamine aus Nitrat gesundheitsabträglich sein. Es gelten daher Empfehlungen für eine maximale tägliche Nitrataufnahme (ADI-Wert). Epidemiologische Daten weisen jedoch eine umgekehrt proportionale Korrelation zwischen der Aufnahme an Gemüse und Obst und dem Auftreten von Krebs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen nach: Je mehr Gemüse und Obst verzehrt wird, um so geringer ist das Risiko für Krebs- sowie für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Dies wird heute der Wirkung potentiell gesundheitsfördernder sekundärer Pflanzenstoffe (SPS) zugeschrieben und relativiert gleichzeitig die Bedeutung niedrigerer Nitratgehalte in ökologisch erzeugtem Gemüse, da Nitrat zu ca. 70 % über den Gemüseverzehr aufgenommen wird. Vergleichende Untersuchungen zur Auswirkung der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren auf den SPS-Gehalt in pflanzlichen Lebensmitteln haben bisher nicht zu übereinstimmenden Ergebnissen geführt. Insgesamt können die hier beobachteten höheren Gehalte im Bio-Gemüse zur Zeit nicht eindeutig beurteilt werden, so dass auch auf dieser Basis heute noch keine besondere Bedeutung der ökologischen Erzeugung für die Gesundheit des Menschen abgeleitet werden kann. Da die gesundheitsfördernde Wirkung der SPS jedoch unbestritten ist, empfiehlt die SAG hier weitere, gezielt auf den Vergleich der Produktionsverfahren ausgerichtete Arbeiten.

Lebensmittel tierischen Ursprungs

Von der historischen Entwicklung des Ökologischen Landbaus her hatte die Produktion der vom Tier stammenden Lebensmittel eine eher untergeordnete Bedeutung und wurde später entwickelt als die Pflanzenproduktion. Dies kommt auch in der um zehn Jahre zeitlich versetzten Entwicklung bzw. Inkraftsetzung der zugehörigen EG-Öko-Verordnung zum Ausdruck, die auch heute für die Aquakultur noch keinerlei Regelungen enthält, während eine Reihe von Öko-Verbänden solche bereits vorlegen. Vergleichende Untersuchungen fehlen deshalb auch für manche Tierarten vollständig (Rinder, Fische); auch vergleichende Daten für die Darstellung des Eignungswertes von Lamm-, Schaf- und Ziegenfleisch sowie von Eiern fehlen. Im Vergleich zur Zahl der über pflanzliche Produkte vorhandenen Literaturquellen ist die Zahl der Publikationen zur Produktion vom Tier stammender Lebensmittel gering; wohl u.a. deshalb, weil der Aufwand für entsprechende Untersuchungen auch erheblich größer ist.

Im Bereich der Lebensmittelsicherheit werden an die Produkte aus beiden landwirtschaftlichen Produktionsformen die gleichen gesetzlichen Anforderungen gestellt. Umweltkontaminanten und Rückstandslasten sind gleichermaßen zu finden; Tierarzneimittelrückstände stammen aus Arbeitsfehlern. Die Belastung der Milch mit dem Mykotoxin Aflatoxin M1 ist bei Bio-Milch seltener, wobei in allen untersuchten Proben aus beiden Produktionsverfahren ausschließlich Gehalte unterhalb der Grenzwerte für diätetische Lebensmittel gemessen wurden.

Zur Beschreibung der ernährungsphysiologischen Qualität wurden die Mengen an Nährstoffen und deren Zusammensetzung herangezogen. Insbesondere wurden die Fettgehalte sowie Fettsäuremuster und der Anteil an ungesättigten Fettsäuren betrachtet. Über produktionsformenabhängige Unterschiede wurde in den Studien nicht berichtet, ebenso wenig über Vitamine und Mineralstoffe. Der Genusswert wurde anhand der Prüfung der sensorischen Eigenschaften dargestellt; auch hier sind keine Unterschiede beschrieben. Insbesondere für den Eignungswert bei der Verarbeitung konnten nur für wenige Produkte Daten ermittelt werden: bei Milch und Schweinefleisch gab es hier keine Unterschiede; bei konventionell erzeugtem Geflügel waren geringere Fleischanteile beobachtet worden. Zur Herstellung von Fleischerzeugnissen derzeit laufende Arbeiten werden den Einsatz von Verfahren und Konservierungsmitteln bestimmen. Von großer Bedeutung ist hier insbesondere der Einfluss des in konventionellen Erzeugnissen verwendeten Zusatzstoffes Nitritpökelsalz. Ohne Nutzung von Nitritpökelsalz wird zwar die Bildung von Nitrosaminen ausgeschlossen, andererseits werden hier Cholesteroloxidgehalte beobachtet, die toxikologisch relevant sein könnten.

Die nachfolgenden Tabellen fassen die ermittelten anbauspezifischen Unterschiede bei pflanzlichen (Tab. 6) und bei vom Tier stammenden (Tab. 7) Lebensmitteln zusammen.

Tabelle 6: Produktqualität von ökologisch erzeugten pflanzlichen Lebensmitteln verglichen mit konventionellen Produkten

| Ökoprodukte | ernährungsphysiologische Qualität | Genusswert | Eignungswert |
|---|--|--|--|
| Erntegetreide (Mähdrusch) | Mykotoxine: divergente Datenlage mit Trend zu niedrigeren Gehalten | kein Unterschied | verringert, da erhöhter Schwarzbesatz |
| Getreideerzeugnisse, -nährmittel, Backwaren u. Stärke | kein Unterschied bei Vollkornernzeugnissen Trend zu höheren Mineralstoffgehalten | kein Unterschied; bei hefe-gelockerten Weizenmehlgebäcken verringert | kein Unterschied; bei hefegelo-ckerten Weizenmehlgebäcken je-doch verringert |
| Kartoffeln | divergente Datenlage | divergente Datenlage | kein Unterschied |
| Ölsaaten | weniger/keine Rückstände | keine Information | keine Information |
| pflanzliche Öle/Fette | kein Unterschied | kein Unterschied | kein Unterschied |
| Gemüse und Obst | weniger (keine) Rückstände, höhe-re Trockenmassegehalte: Trend zu höherer Nährstoffdichte, höhere Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe | höher bei Bio-Äpfeln, Trend zu höherem Genusswert | kein Unterschied, jedoch ange-passte Verarbeitungsverfahren er-forderlich |
| Wein | weniger/keine Rückstände, höherer SPS-Gehalt (Resveratrol) | divergente Datenlage | keine Information |
| Nüsse, Bier, Tee, Kaffee, Kakao, teeähnliche Erzeugnisse, Süßwaren wurden nicht erfasst | | | |

Tabelle 7: Produktqualität von Lebensmitteln tierischen Ursprungs aus Ökologischem Landbau verglichen mit konventionell erzeugten Produkten

| Ökoprodukte | ernährungsphysiologische Qualität | Genusswert | Eignungswert |
|------------------------------|--|------------------|----------------------------|
| Milch und Milcherzeugnisse | geringerer Eiweißgehalt, divergente Datenlage bei Aflatoxin | kein Unterschied | kein Unterschied |
| Rindfleisch | keine Studien | keine Studien | keine Studien |
| Lamm-, Schaf-, Ziegenfleisch | keine Studien | kein Unterschied | keine Studien |
| Schweinefleisch | kein Unterschied | kein Unterschied | kein Unterschied |
| Geflügelfleisch | tendenziell weniger Fett | weniger zart | geringere Fleischanteile |
| Fleischerzeugnisse | ohne Nitritpökelsalz, kein Nitrosamin, höherer Cholesteroxidgehalt | keine Studien | für Speck kein Unterschied |
| Fisch und Fischerzeugnisse | keine Studien | keine Studien | keine Studien |
| Eier | kein Unterschied | kein Unterschied | keine Studien |

4 Komplementäre Ansätze zur Erfassung der Lebensmittelqualitäten

Im ganzheitlichen Ansatz des Ökologischen Landbaus – auch der Ernährungsökologie – setzt man sich über das engere Fachgebiet hinausgehend umfassend mit der Frage auseinander, "Was ist Leben und welche Eigenschaften müssen Lebensmittel haben, die Lebensprozesse unterstützen?". Entsprechend werden Analysemethoden, die sich im wesentlichen auf physikalisch-technische/chemisch-biochemische Parameter stützen für die Beschreibung und Erfassung der Lebensmittelqualität als unzureichend angesehen. Meier-Ploeger (1995) stellt vor diesem Hintergrund folgende Prämissen auf:

- Das lebende Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile;
- Leben ist mit Gestaltbildung und deren Aufrechterhaltung verbunden;
- Leben ist an Licht gebunden;
- Leben wird beeinflusst von terrestrischen und kosmischen Faktoren;
- Leben ist Kommunikation;
- Leben ist Reproduktion.

Bezogen auf diese Aspekte werden nachfolgend verschiedene komplementäre Methoden und bislang mit ihnen erarbeitete Ergebnisse vorgestellt. Komplementäre Methoden sollen bei der Differenzierung und Erfassung unterschiedlicher Anbauverfahren helfen. Unterschiede, die durch die üblichen anerkannten Methoden nicht festgestellt werden können, werden erwartet. Es werden Methoden eingesetzt, die u.a. Gestalt, Formation, Ordnung und Struktur der Lebensmittel untersuchen und nicht allein deren stoffliche Zusammensetzung berücksichtigen. Drei wesentliche Fragen sollen mit Hilfe der komplementären Methoden beantwortet werden:

1. Können eindeutige und reproduzierbare Unterschiede zwischen unterschiedlichen Anbauverfahren (konventionell und ökologisch) festgestellt werden?
2. Wenn Unterschiede feststellbar sind, welche Ursachen sind hierfür verantwortlich?
3. Welche Bedeutung haben diese Unterschiede für die menschliche/tierische Gesundheit?

Lebewesen weisen einen bestimmten Grad an Ordnung auf. Sie erhalten ihre Struktur während ihres Lebens. Strukturzerfall ist gleichbedeutend mit Lebensende. Für den Strukturerehalt werden endogene und exogene Faktoren als ursächlich angesehen. Ordnungs- und Strukturerehalt werden mit den Attributen hoher Lebensmittelqualität verbunden. Primär sind endogene Faktoren (Genetik), exogene Faktoren wirken modifizierend. Die Struktur der Lebensmittel wird als für Struktur, Strukturerehalt und damit die Gesundheit des ernährten Organismus bedeutsam angesehen. Günstige Struktur bzw. Ordnung eines Lebensmittels geht mit einer hohen, sogenannten "Vitalaktivität" einher. Strukturelle exogene Faktoren, die positiv (anregend) auf den ernährten Organismus wirken, kann man als "Vitalaktivität" bezeichnen.

Eine einfache Hypothese unterstellt, dass ein Lebensmittel mit hoher innerer Differenzierung in struktureller Hinsicht besser die Lebensprozesse des Menschen oder Tieres unterstützt, als ein weniger differenziertes. So weisen beispielsweise reife Tomaten eine ausgeprägtere innere Differenzierung auf, als unreife - u.a. ausgedrückt durch die höhere Vielfalt und höhere Gehalte an Inhaltsstoffen (Peters et al., 1998, Krumbein et al., 2000). Auch Unterschiede in den physikalischen Strukturen eines Lebensmittels (Gewebestruktur und Zellwanddicke) auf die ernährungsphysiologische Wirkung von Inhaltsstoffen tragen zur inneren Differenzierung bei. Analytische Methoden, die diese strukturelle Differenzierung messen, erfassen damit einen Aspekt der "Vitalaktivität" (siehe auch Anhang 4).

Ziel der "komplementären" Analysenmethoden ist es, zur Charakterisierung der Vitalaktivität beizutragen. Da diese der ganzheitlichen Erfassung der Lebensmittelqualität dienen, sollten sie idealerweise in Kombination und nicht nur einzeln eingesetzt werden. Auch die gängige chemisch-/physikalische Analytik beschreibt anhand einer qualitativen und quantitativen Erfassung einzelner Lebensmittelinhaltsstoffe die innere Differenzierung eines Lebensmittels. Angesichts der Vielzahl an gesundheitlich bedeutsamen Pflanzeninhaltsstoffen wäre die ernährungsphysiologischen Qualität eines Lebensmittels damit alleine allerdings nicht zu charakterisieren. Daher werden heute neue Methoden zur Beschreibung der ernährungsphysiologischen Wirkung parallel sowohl von Lebensmitteln als auch von einzelnen wertgebenden Inhaltsstoffen erarbeitet. Das weite Spektrum solcher Methoden reicht dabei von der chemisch-analytischen Erfassung u.a. des antioxidativen Potenzial eines Lebensmittels bis hin zu Humanstudien.

Bezogen auf die o.a. Aspekte zum Verständnis von Leben, Lebenserhalt und Lebensmittelqualität werden nachfolgend einige komplementäre Methoden und die bislang mit ihnen erarbeiteten Ergebnisse kurz detaillierter beschrieben:

- Bildschaffende Methoden wie Kupferchloridkristallisation, Steigbild- und/oder Tropfenbildmethode, Chromatest (→ Form/Gestaltbildung);
- Nachernteverhalten: Aufrechterhaltung der Gestalt: Lagertests, bzw. Stresslagertest, Vitalkraft (Bewertung des pflanzlichen Immunstatus) (→ Form/Gestalterhalt);
- Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie: Ultraschwache Photonenemission (→ Innere Differenzierung, Leben und Licht);
- Physiologischer Aminosäurestatus (→ innere Formation, Organisation);
- Elektrochemische Messungen: Sensorik, Futterwahltests (→ Kommunikation).

Diese Methoden werden ergänzt mit

- Futterwahltests, Fütterungsversuchen und Fertilitätsuntersuchungen (→ Reproduktion)

in denen der Zielorganismus Mensch zunächst – ähnlich wie in der Pharmakologie – durch den Zielorganismus Tier ersetzt wird.

4.1 Bildschaffende Methoden

Seit Mitte der achtziger Jahre wächst das Interesse an den bildschaffenden Methoden für die Erfassung von Lebensmittelqualität. Sie gelangen nicht durch die physiko-chemische Analyse zu einer Beurteilung (meistens) pflanzlicher Qualitäten, sondern durch die Interpretation der Gestaltungen und Formen (Bilder), die pflanzliche Extrakte im Kristallbild oder Chromatogramm mit verschiedenen Salzen hervorrufen. Die erweiternden Kriterien der bildschaffenden Methoden zur Beurteilung von Lebensmittelqualität berücksichtigen eine "innere" Fähigkeit zur Gestaltbildung. Die innere Formung oder Ordnung der Lebensmittel wird als wesentlich wertgebend für deren Qualität angesehen. Sie ist möglicherweise zum Teil auch biochemisch erfassbar.

Im Gegensatz zur chemischen Analyse gehen die bildschaffenden Methoden von lebendigen, nicht analytisch zerlegten Lebensmittelsubstanzen aus. Mit ihnen wird die typische Fähigkeit der organischen Welt, Gestaltbildung zu bewirken, erfasst (Köpke, 2000). Allen hier aufgeführten bildschaffenden Methoden ist gemeinsam, dass wässrige Extrakte des Untersuchungsgutes mit bestimmten Metallsalzlösungen in angepasster Konzentration in Verbindung treten. Nach dem Übergang aus der Flüssig- zur Festphase werden Substanzqualitäten in Formen und zum Teil auch mit Farben "ins Bild gesetzt". Leben mit Bildung und Vergehen kann nur im Zeitenlauf verstanden werden. Struktur- und Substanzbildungen sind im lebendigen Lebensmittel einer dauernden Wandlung unterworfen. Deshalb werden lebenswichtige substantielle, strukturelle (d.h. gestaltbildende) und zeitliche Dimensionen der Prozesse auch in Bilderfolgen dargestellt. Beurteilungsgrundlage sind also in der Regel Bilderreihen, die bestimmte Lebensprozesse, wie z.B. die Phasen von Blüte oder Samenbildung charakterisieren. Zu den bildschaffenden Methoden gehören die Kupferchloridkristallisation, die Steigbildchromatographie und die Rundbildchromatographie (Balzer-Graf et al., 1988, Meier-Ploeger et al., 1991, *Soil Association*, 2001, Weibel et al., 2001).

In der Qualitätsforschung wird die Methode der empfindlichen Kristallisation (Kupferchloridkristallisation) angewandt, um die Qualität der Lebenskräfte ("Vitalqualität") in Lebensmitteln zu beurteilen. Die Methode wird wie folgt durchgeführt: Die zu analysierende Flüssigkeit (Pflanzensäfte, Milch etc.) wird einer Kupferchloridlösung in angepasster Konzentration zugesetzt. Für jedes Probenmaterial lässt sich die optimale Konzentration ermitteln, bei der sich die typische Form am günstigsten ausbildet und die beste Differenzierung erlaubt (Balzer-Graf et al., 1991a). Durch Überführung der Flüssig- in die Festphase entstehen bei erschütterungsfreier Trocknung Kristallisationsnadeln mit substanzspezifischer Formung (Beckmann, 1959, Kleber et al., 1958). Im Falle der Kupferchloridkristallisation sind es geordnete und produkttypische Kristallstrukturen auf einer plangeschliffenen Glasplatte, während es sich bei den anderen beiden Methoden um vertikale bzw. horizontale Chromatogramme handelt. Mit dem Zusatz der zu untersuchenden pflanzlichen Säfte oder Extrakte wird die ohne Zusatz unregelmäßig, quasi amorph ablaufende Kristallisation der Kupferchloridlösung von den Formkräften der zu untersuchenden Lösung überprägt.

Die Zusätze, z.B. Pflanzenextrakte beeinflussen diese Form charakteristisch, wobei die Form (Verästelung, Hohlformen, Nadeldicke etc.) konzentrationsabhängig ist (Pettersson, 1967, Engquist, 1970). Die Unterscheidung verschiedener Proben lässt sich mit der Optimierung der experimentellen Randbedingungen verbessern (Andersen, 1992, Ballivet et. al., 1999). Damit erhält man eine für jedes Probenmaterial charakteristische Kristallstruktur, die im Blindversuch wiederholt treffgenau zugeordnet werden konnte (u.a. Mäder et. al., 1993).

Mit der Steigbildchromatographie, einem papierchromatographischen Verfahren, entstehen die Bilder, indem der zu untersuchende Extrakt, z.B. verdünnter Rote-Bete-Saft, vertikal im Chromatographiepapier standardisierter Qualität und Größe aufsteigt. Nach einer Zwischentrockenzeit von mindestens zwei Stunden lässt man z.B. eine 0,25 %-ige Silbernitratlösung nachsteigen, die den löslichen Anteil des Pflanzensaftes mit der aufsteigenden Front nach oben trägt. Nach erneuter Zwischentrockenzeit lässt man eine 0,25 %-ige Eisensulfatlösung nachsteigen, die den löslichen Anteil des Pflanzenextraktes weiter an der Steigfront nach oben trägt. Der interpretationswesentliche mittlere Teil des entstehenden Bildes zeigt dann, in "Fahnen" zart nach oben auslaufende "Negativformen" einer oben befindlichen farbigen "Tropfengirlande" (Balzer-Graf et al., 1988). Die Methode der Rundbildchromatographie folgt einem ähnlichen Prinzip wie die Steigbildchromatographie, nur dass dabei Saft und Metallsalzlösungen dem Papier zentral über einen Docht zugeführt werden. Die Flüssigkeiten werden nacheinander horizontal durch das Papier geführt. Sie erzeugen radiale Strukturen, deren Zentral-, Innen-, Mittel- und Außenzone später bewertet werden. So entstehen substanzspezifische, reproduzierbare Bildgestalten, deren sichere Interpretation aber langer Übung bedarf. Beide Methoden erfordern für die Auswertung langjährig exakt geschulte Analytiker - eine Anforderung, die allerdings für diese Methoden nicht exklusiv ist (vgl. Sensorik).

Die bildschaffenden Methoden wurden bislang in einer Reihe von Vergleichstudien unterschiedlicher Anbaumethoden eingesetzt. Trotz der bisher ausschließlich visuellen Auswertung konnten mit diesen Methoden durch geschulte Personen verschlüsselte Proben von Produkten aus ökologischem und konventionellem Anbau differenziert werden (Pettersson, 1970, Schudel et al., 1980, Mäder et al., 1993, Balzer-Graf, 1996, Raupp, 1996, Alföldi et al., 2001). Auch für Untersuchungen des Einflusses der Lichtintensität auf das Pflanzenwachstum bei unterschiedlichem Anbau (Klett, 1968, Engquist, 1963) sowie zur Überprüfung des Lagerverhaltens (Engquist, 1961, Selwary, 1975) und der thermischen Behandlung bei Milch (Merten et al., 1959, Balzer-Graf et al., 1991b) konnten mit der Methode der Kupferchloridkristallisation Proben unterschieden werden (Balzer-Graf, 2001b). Im Bereich von Bodenuntersuchungen in der die Methode ebenfalls angewendet wurde, konnten hingegen keine reproduzierbaren Unterschiede zwischen verschiedenen, ökologisch bewirtschafteten Böden gefunden werden (Schulte, 1996).

Obwohl die Bedeutung der Methoden bei der Untersuchung ökologischer Lebensmittel stark zugenommen hat, gibt es nur wenige rein methodische Arbeiten (Alföldi et al., 2001). Neuere Grundlagenarbeiten über die Selektivität, Reproduzierbarkeit oder Präzision der Methoden fehlen bzw. sind erst in jüngerer Zeit wieder aufgenommen worden. Mit den Arbeiten von Andersen et al. (1998, 1999 und 2001) wurden erste Schritte in einer computergestützten Interpretation von Kupferchloridkristallisationsbildern unternommen. Mittlerweile sind die Randbedingungen der Kristallisation in Klimakammern untersucht. Für die computergestützte Bildauswertung werden die Bilder *gescannt* und die Textur über eine Transformation der Graustufenverteilung statistisch analysiert.

4.2 Nachernteverhalten

Der Erhalt äußerer und innerer Form, Struktur und Organisation von Produkten in der Nacherntephase muss als ein bislang nicht hinreichend für die Qualitätsbeurteilung genutztes Kriterium angesehen werden. Das Nachernteverhalten lässt sich durch direkte Parameter wie Wasser- und Substanzverluste (Schwund), Anreicherung schädlicher Stoffe wie z.B. Nitrat, Amine, Mykotoxine und durch mikrobielle Infektionen charakterisieren. Indirekte, physiologische Parameter sind u.a. Atmungs-, Enzym- und Hormonaktivitäten. Auch der Abbau oder Umbau von Inhaltsstoffen, die strukturelle Beschaffenheit (Abschlussgewebe, Festigkeit, Turgeszenz), aber auch resistenzbiologische Parameter (Gehalt bzw. Bildung von Abwehrstoffen), sowie Zahl und Zusammensetzung der epiphytischen Mikroorganismen (Ahrens, 1988). Das Nachernteverhalten kann direkt in Bezug zum Gebrauchs- oder Eignungswert und dem Gesundheits- und Genusswert gesetzt werden.

Im Gegensatz zu Nacherntebehandlungen wie bestimmte Lagerbedingungen, kontrollierte Atmosphäre, künstliches Wachsen oder Fungizid-Applikationen zur Reduzierung von Lagerverlusten, wird die Lagerfähigkeit ökologisch erzeugter Produkte als ein im Produkt selbst determinierter Qualitätsaspekt (Erhalt von Gestalt, Form und Ordnung) angesehen. Das Verhalten von Früchten und Gemüsen unter Nacherntebedingungen kann wichtige Informationen zur Produktqualität liefern. Die Wachstumsbedingungen, beeinflusst durch Standort, Klima, Jahreszeit, Licht, Boden und Nährstoffmanagement beeinflussen die Morphologie und Ertragsbildung ebenso wie die chemische Zusammensetzung des Ernteprodukts, seine äußere Form und Gestalt, aber auch innere Struktur und Organisation. Die Nacherntequalität, ausgedrückt beispielsweise im Erhalt der Form, geringer Atmungsaktivität der Produkte etc. wird neben genetisch bedingten Faktoren als direkte Folge der Umwelt- und Wachstumsbedingungen angesehen.

Verschiedenste Untersuchungen liegen vor, die Hinweise darauf geben, dass Produkte des Ökologischen Landbaus resp. geringer Düngungsintensität im Vergleich zu Produkten des konventionellen Landbaus resp. hoher Düngungsintensität ein günstigeres Lagerverhalten im Hinblick auf einen besseren Formerhalt zeigten. Ungünstige Einflüsse auf das Lagerverhalten ergeben sich aus diesen Untersuchungen insbesondere durch hohe Zufuhr und Verfügbarkeit stickstoffhaltiger mineralischer Düngemittel. Tendenzwerte physiologischer, mikrobiologischer und struktureller Parameter für ein stabiles Nachernteverhalten hat Ahrens (1988) zusammengestellt (Tabelle 8).

Tabelle 8: Tendenzwerte physiologischer, mikrobiologischer und struktureller Parameter für ein stabiles Nachernteverhalten (Ahrens, 1988)

| Messwert | Physiologische, mikrobiologische und strukturelle Parameter | | |
|------------|---|--------------------|------------------------|
| hoch | Oxidation | Syntheseleistung | Gesamtzucker |
| | Di-/Monosaccharide | Hemmstoffgehalt | Hemmstofftoxizität |
| | Wachstumshormone | Vitamine | alkalilösliches Pectin |
| | Gewebefestigkeit | Turgeszenz | |
| | Trockenmassegehalt | Schalenfestigkeit | |
| mittel | Stoffwechselaktivität | Protein-N | Größe |
| niedrig | Monosaccharide | Gesamt-N | Nitrat-N |
| | Freie Aminosäuren | Katalysatoren | Beschädigung |
| | epiphyt. Keimbesatz | | Leitfähigkeit |
| Verhältnis | Oxidation > Hydrolyse | Protein N > | Amid-N |
| | alkalilösliches Pectin > | wasserlösl. Pectin | |

Bemerkung: farbtypisch, glatte Schale, harmonische Form

Tabelle 9 und 10 zeigen, dass in rund 76 % der Untersuchungen von Ahrens und Mitarbeitern (1988) bei Gemüse das günstigere Nachernteverhalten für organisch gedüngte Produkte nachgewiesen wurde. Die größten Unterschiede traten bei den Parametern Verderbnis, Schrumpfung, Besatz mit epiphytischen Mikroorganismen, Peroxidase-Aktivität, Nitratanreicherung und Vitamin C-Abbau auf, die geringsten hingegen bei der Selbstzersetzung, im Schwund und bei der CO₂-Respiration. Die Vorteile ökologisch erzeugter Produkte zeigten sich somit wiederholt durch geringere Lagerverluste als Folge von Gewichtsverlust, Schrumpfung und Fäulnis; Vorteile organischer Düngung in verringerten Enzymaktivitäten und Autolysevorgängen, einer verminderten Atmung und geringerem pilzlichen und bakteriellem Befall (Ahrens, 1988).

Tabelle 9 Nachernteverhalten von Gemüse bei mineralischer und organischer Düngung (je nach Parameter 8 - 21 Versuche mit 37 - 111 Varianten berechnet nach dem geometrischen Mittel) (Ahrens et al., 1988)

| | Prozentuale Zu-/Abnahme bei organischer Düngung | % der Fälle |
|---------------------------|--|-------------|
| Verderbnis/Schrumpfung | -43,4 | 87,0 |
| Schwund | - 7,2 | 75,9 |
| Selbstzersetzung | -10,9 | 60,0 |
| Atmung (CO ₂) | -10,1 | 69,8 |
| Peroxidaseaktivität | -21,8 | 89,5 |
| Katalaseaktivität | - 8,1 | 74,4 |
| Bakterien-Keimzahl | -67,1 | 72,1 |
| Pilz-Keimzahl | -38,1 | 84,2 |
| Ø | | 76,6 |

Tabelle 10 Mikrobiologische, physiologische und biochemische Merkmale bei Spinat aus fünf verschiedenen Düngungsversuchen berechnet nach dem geometrischen Mittel (Ahrens et al., 1988)

| Prozentuale Zu-/Abnahme bei organischer Düngung | | |
|---|-----------------|-------------------|
| | frischer Spinat | gelagerter Spinat |
| Bakterien-Keimzahl | -43,3 | N ₂ O |
| Nitritbildner- Keimzahl | -29,6 | 4./5. Tag -50,8 |
| Atmung (CO ₂) | - 5,8 | 8./9. Tag -60,1 |
| Peroxydaseaktivität | -23,3 | |
| NO ₃ -Gehalt | -81,9 | Vitamin C |
| Vitamin A | - 7,9 | 4./5. Tag +41,9 |
| Vitamin C | +14,1 | 8./9. Tag +55,8 |

4.3 Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie

Pflanzliches Material emittiert Licht geringer Intensität, nachdem es beleuchtet (optisch ange-regt) wurde. Die Lichtemission (ultraschwache Photonenemission) tritt breitbandig im Spek-tralbereich von 190 - 800 nm auf und klingt zeitlich ab (*delayed luminescence*) (Ruth, 1977).

Im Jahr 1981 wurde mit Untersuchungen zur Darstellbarkeit unterschiedlicher Kulturbedingungen mittels der ultraschwachen Photonenemission (Ruth et al., 1976) an Pflanzen begonnen (Teubner, 1983, Kopp et al., 1989, Lambing, 1992, Popp, 1993, Fuchshofen, 1994, Schulze-Böckenhoff, 1994). Anfangs wurde für die Unterscheidung pflanzlicher Proben nach ihren Kulturbedingungen die Intensität und die Abklingkinetik der Emission nach optischer Anregung durch weißes Licht untersucht (Teubner, 1983, Köhler et al., 1991, Lambing, 1992). Der Vergleich von mineralisch und organisch gedüngten Pflanzen durch Messung der Photonenemission nach optischer Anregung durch weißes Licht führte zu widersprüchlichen Ergebnissen. In einigen Fällen war die höhere Emission der organischen Düngung, in anderen Fällen der mineralischen Düngung zuzuordnen. Eine Literaturstudie der bis 1993 verfügbaren Arbeiten kam vermutlich deshalb zu dem Ergebnis, dass die gemessenen Unterschiede zwar zumeist die Düngungsweisen trennten, jedoch eine durchgehende Systematik der Messgröße zur Düngungsart fehlte (Woese et al., 1995a, b). Die widersprüchlichen Ergebnisse konnten aufgeklärt werden, als die Anregung mit weißem Licht durch Anregungen mit verschiedenen Farben erweitert wurde (Strube et al., 1999a, b).

Intensitätsmessungen im Zeitbereich von > 1 Sekunde nach farbiger optischer Anregung (Rot bis nahes UV 780 - 360 nm) zeigten, dass Samen nach blauer Anregung intensiver strahlten, weniger hingegen nach Anregung mit rotem und gelbem Licht. Bei Blättern und Früchten war es umgekehrt. Bei organischer Düngung von Pflanzen nimmt bei Blättern und Früchten die Emission nach Anregung mit gelbem Licht zu, bei Samen dagegen ab. Nach blauer Anregung war es umgekehrt. Bei Anregung durch weißes Licht überlagern sich die Effekte offensichtlich und können damit zu widersprüchlichen Ergebnissen führen. Aus diesen Ergebnissen resultierte die Weiterentwicklung der Messung der ultraschwachen Photonenemission zu einer Form der bekannten Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie. Das Verfahren erlaubt im derzeitigen Entwicklungsstand den Vergleich von Proben gleicher Sorte. Es werden Samen in ihrer Tendenz zur samentypischen Ausprägung, Früchte in ihrer Tendenz zur vegetativen Prägung und inneren Differenzierung unterschieden (Strube et al., 2002). Die ultraschwache Photonenemission in Form der Anregungs-Spektroskopie wurde bislang in einigen Vergleichsstudien unterschiedlicher Anbaumethoden eingesetzt und auf ihre Aussagekraft geprüft. Beim Vergleich von Anbau in Hydrokultur und in Erde bei Bohnen wurden verschlüsselte Proben signifikant getrennt und sachgerecht charakterisiert. Hydrokultur führte zu vegetativer Prägung. Konventionelles Saatgut war weniger samentypisch ausgeprägt als ökologisch erzeugtes (Strube et al., 2000). Bei Äpfeln wurden fünf Reifestadien im Blindversuch signifikant getrennt und sachgerecht mit zunehmend vegetativ geprägter gesteigerter innerer Differenzierung beschrieben (Bloksma et al., 2001a, b, Strube et al. 2002). Auch bei Untersuchungen zur Wirkung von unterschiedlich intensivem Licht und der Auswirkung biologisch-dynamischer Präparate auf das Wachstum von Äpfeln konnten die Proben systematisch getrennt werden (Bloksma et al., 2001a, b). Bei Calendulasamen wurden die Anbauformen konventionell, kontrolliert ökologisch und biologisch-dynamisch im Blindversuch getrennt und als unterschiedlich samentypisch geprägt sachgemäß zugeordnet (Strube et al., 2001c). Neben der spektralen Auswertung werden weiterhin die ursprünglich bewertete Intensität und Abklingkinetik gemessen.

Die Messtechnik ist inzwischen so stabil, dass bei Auswertung der Abklingkinetik in Untersuchungen des gleichen Probenmaterials (Äpfel) bei zwei verschiedenen Arbeitsgruppen mit verschiedenen Geräten unter Blindbedingungen die gleichen Probenreihenfolgen ermittelt wurden (Bloksma et al., 2001b), die Reproduzierbarkeit scheint somit gewährleistet. Bei Lebensmitteln tierischer Herkunft wurden bisher nur Hühnereier systematisch untersucht. Die Untersuchung erfolgte dabei noch nicht spektroskopisch, sondern als Fluoreszenz-Intensitätsmessung nach weißer Anregung. Untersucht wurden die Dotter. Unterschiede durch Futter, das nach ökologischen bzw. konventionellen Kriterien zusammengesetzt war (bei gleicher Grundlage) waren signifikant (Köhler, 2000). In Tabelle 11 ist eine Übersicht über neuere Fluoreszenz-Untersuchungen an codierten Proben dargestellt.

Tabelle 11: Differenzierung ökologisch und konventionell erzeugter codierter Proben durch Fluoreszenz-Untersuchungen

| Produkt | bewertete Größe | Bewertung | Quellen |
|------------------------|---|--|---|
| Bohnen, weiße | Fluoreszenzverhältnis nach gelber und blauer Anregung | stärkere samentypische Ausprägung bei ökologischem Anbau als in Hydrokultur | Strube et al. 2000 |
| Calendula-Samen | Fluoreszenzverhältnis nach gelber und blauer Anregung | stärkere samentypische Ausprägung bei ökologischem als bei konventionellem Anbau | Strube et al. 2001c |
| Apfel, Frucht | Fluoreszenzverhältnis nach gelber und blauer Anregung | Unterschiede zwischen ökologisch und biologisch-dynamischem Anbau | Bloksma et al. 2001a,b, Strube et al. 2000 |
| Hühnereier | Fluoreszenzintensität nach Weiß-Anregung | ökolog. Futterkomposition besser als konventionelle | Köhler, 2000 |

Obwohl das Verfahren inzwischen zunehmend angewandt wird, müssen die methodischen Arbeiten fortgeführt und intensiviert werden. Es fehlen Grundlagenarbeiten über Verfahrenseinzelheiten sowie Präzision, Reproduzierbarkeit und Stabilität der Methode. Forschungsbedarf besteht weiterhin darin, die Methode der Anregungs-Spektroskopie der ultraschwachen Fluoreszenz umfassend zu dokumentieren und in Untersuchungen an Probenmaterial aus wissenschaftlich kontrollierten Anbauversuchen zu validieren. Diese kann die Basis für zukünftige Vergleiche und die Bewertung von weiteren pflanzlichen aber auch tierischen Lebensmitteln unterschiedlicher Anbauverfahren bilden. Das weitere in den Spektren enthaltene Informationspotential ließe sich nutzen. Weiterer Forschungsbedarf besteht daher in der Aufklärung der physiko-chemischen Grundlagen der gemessenen Unterschiede. Hier bestehen möglicherweise Beziehungen zur Fluoreszenz von Chlorophyll und anderen Komponenten des Photosynthesystems (Lichtenthaler et al., 2000).

4.4 Physiologischer Aminosäurenstatus

Zur Frage der Unterscheidung von Lebensmitteln aus ökologischer und konventioneller Produktion sind verschiedentlich protein- bzw. aminosäureanalytische Methoden eingesetzt worden (z.B. Klett, 1968, Pettersson, 1970, Schuphan, 1974, Vetter et al., 1983, Abele, 1987, Kerpen, 1988, Stöppler et al., 1989, Reinken et al., 1990, Matthies, 1991, Kjer, 1993, Schulz et al., 1997). In diesen Arbeiten wurde der Rohproteingehalt (Gesamtproteingehalt) zur Qualitätsbeurteilung ermittelt. Einige dieser Arbeiten enthalten auch die Bestimmung des mit Trichloressigsäure, Tannin etc. fällbaren Reinproteins und des relativen Eiweißgehaltes als Quotient aus Reinprotein zu Rohprotein (z.B. Klett, 1968, Schuphan, 1974). Die Untersuchung der gesamten im Protein gebundenen Aminosäuren zur chemischen Bestimmung der ernährungsphysiologischen Proteinqualität (Pettersson, 1982) oder ausgewählter proteingebundener Aminosäuren (z.B. Schuphan, 1974, Vetter et al., 1983) erfolgte in einigen Fällen. Untersuchungen der Gesamtmenge freier Aminosäuren wurden durchgeführt, eine Differenzierung der einzelnen freien Aminosäuren jedoch nicht vorgenommen (Schuphan, 1974). Hinsichtlich der Differenzierung zwischen ökologischem und konventionellem Anbau ergaben sich teilweise Unterschiede. Bei Getreide aus konventionellem Anbau wurden höhere Gesamtproteingehalte (z.B. Stöppler et al., 1989) festgestellt, bei Kopfsalat aus konventionellem Anbau geringere relative Eiweißgehalte (Reinken et al., 1990). Die gefundenen Unterschiede wurden jedoch nicht im Rahmen eines geschlossenen Konzeptes weiterverfolgt. Der relative Eiweißgehalt (Schuphan, 1976) beschreibt die physiologische Proteinsyntheseleistung der Pflanze und kann damit zusätzlich im Sinne einer ganzheitlichen Beurteilung interpretiert werden. Die Organisationsleistung der Pflanze (als physiologische Proteinsyntheseleistung) wurde bislang als Kriterium zur Unterscheidung der Qualität ökologischer Produkte von konventionellen noch nicht explizit diskutiert, obwohl sie im Parameter "Relativer Eiweißgehalt" bereits der Sache nach enthalten ist.

Die oben beispielhaft angeführten Untersuchungen nutzen zur Beurteilung der Produktqualität auf Grundlage der Aminosäuren/Proteingehalte Teilaspekte des vorkommenden analysierbaren Stoffspektrums N-haltiger Substanzen. Insbesondere in älteren Arbeiten sind jedoch z.T. Methoden angewendet worden, die bezüglich Präzision und Dokumentation heutigen Standards (DIN ISO 17025) nicht entsprechen. Eine systematische Unterscheidung von Lebensmitteln aus ökologischer und konventioneller Produktion auf Grundlage von Protein/Aminosäuren-Untersuchungen mit validierter Datenbasis ist damit derzeit noch nicht möglich. Insbesondere fehlen im Sinne eines holistischen Anspruchs validierte Verfahren zur Datenerhebung, die statistischen Kriterien genügen und biologisch plausible Bezüge zum Pflanzenorganismus ermöglichen. Die bisherigen Ergebnisse lassen vermuten, dass für eine sichere Identifizierung von Proben nach Anbauweisen die Zusammenfassung mehrerer Prüfparameter erforderlich ist. Die Anwendung produktspezifischer Kombinationen von protein- bzw. aminosäureanalytischen Verfahren zur Untersuchung pflanzlicher Proben wird hier zusammenfassend als Bestimmung des physiologischen Aminosäurenstatus bezeichnet.

Eine derartige Zusammenfassung mehrerer Parameter zu einem "physiologischen Index" (Huber et al., 1988) für Möhren, "Qualitätsindex" (Schulz et al., 1997, Schulz, 2000, Brunsch, 2002) für Kartoffeln oder zu einem "technischen Index bzw. Vitalindex" (Weibel et al., 2001) für Äpfel zeigen jeweils gute Korrelationen zum Anbauverfahren. Die Aminosäuren (ggf. Peptid-/proteingebunden) wurden als Indikatorstoffklasse ausgewählt, weil sie für den pflanzlichen Stoffwechsel des Stickstoffs die biochemisch bedeutsamste Substanzgruppe darstellen. Das Konzept basiert auf modernen chemisch-analytischen Verfahren, verfolgt jedoch nicht nur eine quantitative Stofforientierung. Der physiologische Aminosäurenstatus kann zusätzlich darüber Aufschluss geben, wieweit gewisse Vorgänge des Aminosäurenstoffwechsels zum Untersuchungszeitpunkt fortgeschritten sind.

Aus dem physiologischen Aminosäurenstatus ließen sich mit codierten Proben in einem Vergleichsversuch an Äpfeln die Einflüsse von Lichtexposition und biologisch-dynamischen Präparaten bei sonst gleicher Nährstoffversorgung zeigen (Tab. 12) (Bloksma et al., 2001a, b, Stolz et al., 2002).

Tabelle 12: Differenzierung ökologisch und konventionell erzeugter codierter Proben durch Bestimmung des physiologischen Aminosäurestatus

| Produkt | bewertete Größe | Bewertung | Quellen |
|----------------------------|----------------------------------|---|--|
| weiße Bohnen, Samen | gebundene Aminosäuren, Protein-N | erhöhter Protein-N-Gehalt bei konventioneller Anbau | Stolz et al., 2000 |
| Apfel, Frucht | freie Aminosäuren, Protein-N | erhöhter Protein-(N)-Gehalt, mehr freie Aminosäuren/Protein-(N) ohne biologisch-dynamische Präparate | Bloksma et al., 2001a, b, Stolz et al., 2002 |
| Weizen, Samen | gebundene Aminosäuren, Protein-N | erhöhter. Protein-(N)-Gehalt bei konventionellem Anbau, verändertes Verhältnis gebundener Aminosäuren/Protein-(N) bei konventionellem Anbau | Stolz, 2001 |

Im reifen Apfel kennzeichnen freie Aminosäuren den Grad der nicht vollständig abgeschlossenen physiologischen Entwicklung; niedrige Anteile freier Aminosäuren am Gesamtprotein sind als Ausdruck der Reife anzusehen. Biologisch-dynamische Präparate wirkten in diesem Sinne reifestergernd und hatten damit die gleiche Wirkung wie höhere Lichtexposition. Bei Bohnen die zum einen in Hydrokultur und zum anderen biodynamisch in Erde angebaut waren konnte unter codierten Bedingungen das Anbauverfahren richtig zugeordnet werden (Stolz et al., 2000). Bei Weizen konnten an codierten Proben aus dem kontrollierten DOK-Anbauversuch des Forschungsinstitutes für biologischen Landbau (FiBL) Unterschiede verschiedener Anbauverfahren durch protein-/aminosäureanalytische Untersuchungen ermittelt und sachgemäß zugeordnet werden (Stolz, 2001).

4.5 Elektrochemische Methoden

Auf der Suche nach einer Ergänzung zur chemischen Analyse entwickelte der französische Hydrologe Vincent ab 1955 die BIO-ELECTRONIC VINCENT für die gesundheitsrelevante Beurteilung der Wasserqualität über die drei Basisparameter pH, Redoxpotenzial und elektrischer Widerstand. 1952 hatte schon der ungarische Bio-Mathematiker Kemeny festgestellt, dass jedes biologische Terrain richtig und vollständig durch diese drei Parameter beschrieben werde, da sie den biologischen Zustand eines Organismus, "das Leben in seiner Gesamtheit" vollständig erfassen würden und es "überflüssig und gegenstandslos" sei, noch nach etwas anderem zu suchen, um Leben zu beschreiben (Kemeny, 1952). Die Besonderheit dieses Ansatzes gegenüber gebräuchlichen Bewertungsverfahren, die auf Einzelkomponenten von Lebensmitteln fokussieren, besteht darin, dass das Redoxpotenzial ein elektrochemischer Summenparameter (Mischpotenzial) ist, der eine ganzheitliche Bewertung im Rahmen von *Screening*-Testverfahren zulässt. Auf der Grundlage vorliegender Messergebnisse lässt sich vermuten: Je "stressärmer" sich die Produktentwicklung gestalten konnte, desto reduzierter (gleich elektronenreicher) ist das Produkt.

In der Lebensmittelbeurteilung sind die Redoxpotenzial- und Leitfähigkeitsbestimmung bislang unüblich. Private Institutionen haben in den letzten Jahren ein umfangreiches *know-how* entwickelt, um auf der Basis der Messung speziell des Redoxpotenzials Qualitätsdifferenzierungen von Lebensmitteln vornehmen zu können. Gegenstand waren vor allem flüssige oder leicht zu verflüssigende Proben (Obstsäfte, Wein, Bier bzw. Gemüse und Obst) (Hoffmann, 1995, Hoffmann et al., 1997). Die gewonnenen Messwerte werden mit einem errechneten, alle drei Basiswerte integrierenden P-Wert, der in Mikrowatt dimensioniert ist, zu einem Physiogramm zusammengefasst. Auf der Basis einer umfangreichen Datenbank kann so eine Aussage sowohl über die aktuelle physiologisch orientierte Produktqualität als auch über die elektronenenergetisch begründete Reduktionskapazität bzw. das thermodynamisch abgeleitete Ordnungsniveau getroffen werden.

Aus vergleichenden Untersuchungen zur Futterwahl mit ökologisch und konventionell erzeugten Möhren und Roten Rüben, die vom Ludwig Boltzmann Institut in Wien in Zusammenarbeit mit dem Institut für Gemüsebau der Universität für Bodenkultur in Wien ausgeführt wurden, resultierten sehr gute Übereinstimmungen zwischen der Futterpräferenz der Versuchstiere und dem jeweils elektrochemisch optimalen Futter - ausgedrückt durch einen niedrigen P-Wert (Velimirov, 2002). Die ökologisch angebauten Varianten wurden jeweils signifikant bevorzugt. Im Humanbereich hat Kuplinski (1997) bei Blutuntersuchungen an 1.215 paraklinisch untersuchten Patienten aus dem Bereich der Umweltmedizin in 89 % der Fälle eine erniedrigte Redox-Kapazität gefunden. Dieser Befund verweist auf Stressbelastungen des menschlichen Körpers und signalisiert einen hohen Bedarf an reduktiver Kapazität, der durch Lebensmittel mit hoher antioxidativer Kapazität, also durch elektrochemisch optimierte Lebensmittel zu decken wäre. Einen Hinweis auf Stressbelastungen liefert auch Malondialdehyd, ein im Blut nachweisbares, aus freien Radikalen gebildetes Oxidationsprodukt. Für ökologisch und konventionell erzeugte Vergleichsproben ergaben sich in der Praxis in ca. 85 bis 95 % aller Fälle signifikante Differenzierungen.

Von großem Vorteil ist der Sachverhalt, dass durch jahrelange geräte- und elektrodentechnische Entwicklungsarbeit eine reproduzierbare und sehr sensible Messgüte im Bereich der Redoxmessungen erreicht werden konnte, die gleichwohl weiter entwickelt und im Vergleich mit den anderen Methoden der Qualitätsbestimmung validiert werden muss.

4.6 Futterwahl und Fütterungsversuche

In Futterwahl- und Fütterungsversuchen werden Auswirkungen unterschiedlichen Futters auf Präferenz, ernährungsphysiologische und reproduktionsphysiologische Parameter am Zielorganismus Tier untersucht. In drei Futterwahlversuchen mit biologisch und konventionell angebauten Möhren (Ernten 1998 und 1999) und Roten Rüben (Ernte 1999) wurden jeweils die biologischen Varianten signifikant bevorzugt. Die Bestimmung des physiologischen Aminosäurenstatus ergab parallel dazu niedrigere Werte für die präferierten Varianten (Velimirov, 2002). Dieses Beispiel zeigt bereits sehr deutlich Grenzen und Möglichkeiten integrativer Testmethoden und die Notwendigkeit interdisziplinärer Forschung mit Nutzung mehrerer komplementärer Methoden. Weitere Untersuchungen an Kaninchen, Hühnern und Ratten bestätigen die bevorzugte Wahl ökologisch erzeugter Futterrüben (Edelmüller, 1984, Plochberger, 1984, 1989, Plochberger et al., 1992, Velimirov, 2001) ebenso, wie die Ergebnisse aus Futterwahlversuchen an Laborratten, denen jeweils konventionell und ökologisch angebaute Proben an Roten Rüben, Weizen, Äpfeln und Möhren angeboten wurden (Mäder et al., 1993, Velimirov, 1992, 2001). Im Rahmen einer Dissertation an der Universität Bonn ging Staiger (1986) der Frage nach, ob Produkte aus konventionellen und biodynamischen Anbausystemen eine unterschiedliche ernährungs- und reproduktionsphysiologische Qualität haben (Tab. 13).

Tabelle 13: Anzahl Embryonen pro Kaninchen acht Tage nach dem Belegen in Abhängigkeit von der Fütterung (Staiger, 1986)

| | Mittelwert x | Streuung s | Variationsbreite min – max | n |
|--|------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------|
| 1. Generation | | | | |
| Gruppe I | 10,0 | 2,8 | 4 – 15 | 15 |
| Gruppe II | 9,0 | 2,8 | 5 – 13 | 10 |
| 2. Generation | | | | |
| Gruppe I | 6,3* | 4,4 | 1 – 13 | 8 |
| Gruppe II | 10,8 | 1,9 | 8 – 13 | 6 |
| 3. Generation | | | | |
| Gruppe I | 6,3** | 3,4 | 1 – 11 | 17 |
| Gruppe II | 9,7 | 2,8 | 4 – 15 | 29 |
| Gruppe I: Futter aus konventionellem Anbau; Gruppe II: Futter aus biologisch-dynamischem Anbau; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ | | | | |

Kaninchen wurde die gleiche, bedarfsdeckende Menge an lebensnotwendigen Inhaltsstoffen aus den gleichen pflanzlichen Produkten aus ökologischer bzw. aus konventioneller Erzeugung verabreicht. Bei den Ergebnissen fiel auf, dass in der 2. und 3. Generation deutliche Leistungsunterschiede auftraten, nicht jedoch in der ersten. So war bei den mit biologisch-dynamisch angebautem Futter ernährten Kaninchen die Trächtigkeitsrate in der 2. Generation gegenüber der Vergleichsgruppe deutlich verbessert (86 % bzw. 59 %), die Embryonenanzahl war in der 2. und 3. Generation erhöht; die Würfe waren ab der 2. Generation zudem signifikant größer. Selbst bei gleichem analytisch ermitteltem Gehalt des Futters an essentiellen und wertmindernden Inhaltsstoffen kann bei den Tieren eine unterschiedliche Stoffwechselleistung resultieren - je nachdem, ob sie ökologisch oder konventionell erzeugtes Futter erhalten.

Tab. 14: Vergleich der Gewichtszunahme und der Fruchtbarkeit von Ratten und Kaninchen bei ökologischen und konventionellen Futtermitteln (Williams, 2002)

| Species | Studie | | Tiere, die ökologisches Futter bekamen zeigten ... |
|------------------|---|--------|---|
| Ratten und Mäuse | McCarrison (1926) | + | Höhere Gewichtszunahmen |
| | Rowlands & Wilkinson (1930) | + | Höhere Gewichtszunahme |
| | Scheunert et al. (1934) | - | Kürzere Lebensspanne, schlechtere Gesundheit |
| | Miller & Dema (1958) | 0 | Kein Unterschied in Gewichtsentwicklung und Fruchtbarkeit |
| | Scott et al. (1960) | + | Höhere Fruchtbarkeit mit Bio-Futter, schlechtere Gesundheit bei einem Futtermix (ökologisch/konventionell) |
| | McSheehy (1977) Neudecker (1987), Velimirov et al. (1992) | 0 + | Kein Unterschied beim Absetzgewicht Kein Unterschied in Trächtigkeitsrate, Geburts- und Absetzgewicht, weniger Tot- und Fehlgeburten |
| Ratten | Hahn et al. (1971), Aehnelt & Hahn (1973) und Aehnelt & Hahn (1978) | + | Größere Anzahl Eier, höhere Fruchtbarkeitsrate, vorteilhafte histologische Veränderungen in den weiblichen Geschlechtsorganen |
| | Bram (1974), Alter (1978), Meinecke (1982) | 0 | Keine Unterschiede in Fruchtbarkeit, Eierstöcke, Gebärmutter |
| | Gottschewski (1975) | + | Geringere Mortalität bei Neugeborenen |
| | Staiger (1986) | + | Höhere Langzeit-Fruchtbarkeit (drei Generationen) |
| | Edelmüller (1984) | + | Höhere Überlebensrate bei der Geburt |

Das bedeutet, so die Schlussfolgerung der Autorin, dass die übliche, umfassende chemische Futteranalyse nicht hinreichend sein kann, um eine endgültige Aussage über die ernährungsphysiologische Qualität von Lebensmitteln zu treffen. Ersichtlich wird auch, dass sich solche Untersuchungen über mehrere Generationen erstrecken sollten (Edelmüller, 1984, Plochberger, 1984, 1989, Plochberger et al., 1992).

In 11 von 17 vergleichenden Untersuchungen, die in der Literatur beschrieben werden (Tab. 14), wurden deutliche Vorteile für mit Produkten des Ökologischen Landbaus gefütterte Tiere festgestellt. Fünf Studien konnten keine Unterschiede feststellen und nur in einer Studie schnitt die Gruppe mit ökologischen Futtermitteln schlechter ab (Williams, 2002).

4.7 Konsequenzen für die Forschung zur Erfassung der Lebensmittelqualität - Modellvorstellungen

Eine vergleichende und überprüfbare Qualitätserfassung von Lebensmitteln aus ökologischer bzw. konventioneller Landwirtschaft ist unabdingbar für eine fundierte Lebensmittelbewertung und entspricht den Konsumentenerwartungen. Psychologische Aspekte bei der Lebensmittelauswahl durch Verbraucherinnen und Verbraucher, die es in der Qualitätsbewertung zu berücksichtigen gilt, sind nachgewiesen. Gegenwärtig anerkannte und validierte chemisch-analytische Methoden können Lebensmittel aus ökologischem und konventionellem Anbau selten sicher unterscheiden. Verschiedene komplementäre Analysemethoden könnten nach bisherigen Untersuchungen einsetzbar sein, um potentielle Unterschiede zwischen den verschiedenen Produktionsformen, Sorten, Verarbeitungsgraden etc. unter vergleichbaren Versuchsbedingungen zu belegen (z.B. Meier-Ploeger et al., 1991, Weibel et al., 2001). Diese Methoden müssen hinsichtlich ihrer Spezifität, Vergleichbarkeit, Präzision und Robustheit validiert werden. Besondere Bedeutung kommt der Erforschung von Struktur und Ordnung sowie von Form und Formerhalt bei Lebensmitteln zu. Neben der Entwicklung komplementärer analytischer Ansätze sollten hier auch ausgewählte konventionelle Verfahren zur Strukturcharakterisierung einbezogen werden. So können „*Profiling techniques*“ und „*Bioassay*“ als erweiterte methodische Ansätze zur Bewertung der Qualität oder des Ordnungszustandes bei Lebensmitteln im Hinblick auf deren ernährungsphysiologische Wirkung ebenso hinweisen, wie auf eine Herkunft aus bestimmten Produktionsverfahren (Betsche, 2001b).

Eine mit Hilfe komplementärer Methoden erzielte Identifizierung von Lebensmitteln aus unterschiedlichen Produktionsverfahren wäre jedoch im Gegensatz zur Anwendung konventioneller Analysenmethoden darüber hinaus zugleich Basis für die Erfassung der "Vitalaktivität" als neuartigem Kriterium zur Beschreibung der Lebensmittelqualität. Für die Bedeutung dieser Struktur-, Ordnungs- und Form-/Formerhaltungsunterschiede bei Lebensmitteln liegen noch keine systematisch erarbeiteten Erkenntnisse vor. Gleichwohl existieren Modelle zum Verständnis von Qualitätsbildung und Lebensmittelqualität. Die darauf basierenden Ausführungen können deshalb nur andeuten, in welche Richtung gedacht und gearbeitet werden kann.

In Tabelle 15 ist modellhaft gezeigt, wie die Entstehung unterschiedlicher Qualitäten durch die Polarität natürlicher Einwirkungen wie Licht und Wärme („kosmische Einwirkungen“) und vom Menschen bestimmte Umweltfaktoren wie Wasser, Humus und Stickstoff („terrestrische Einwirkungen“) modifiziert wird. Dieses frühe, von Wissenschaftlern des biologisch-dynamischen Landbaus entwickelte Modell, in das die vorab dargestellten qualitätsdifferenzierenden Faktoren einbezogen werden können, wird durch die Theorie des Kohlenstoff-/Nährstoff-Gleichgewichts, die von Ökologen in den frühen 80-er Jahren publiziert wurde, gestützt (Bryant et al. 1983).

Tabelle 15: Pflanzliche Qualität als Folge polarer Einflüsse (Schaumann, 1972, Koepf, 1993; ergänzt)

| | Einseitiger Einfluss von... | |
|--|---|--|
| | Wasser, Humus, Stickstoff | Licht und Wärme |
| Entwicklung | Spätreife, Unreife, wässriger Zerfall Vegetative Prozesse gefördert Blattmetamorphose verzögert | Frühreife, Notreife, Vertrocknen Reproduktive Prozesse gefördert Blattmetamorphose gefördert |
| Form | Flaches Wurzelsystem lange Internodien lange, breite Blätter | Tiefreichendes Wurzelsystem Kurze Internodien kurze, dicke, kleine durchgestaltete Blätter |
| Krankheiten/Schaderreger | pilzliche Schaderreger dominieren | Insekten als Schaderreger dominieren |
| Lagerfähigkeit | geringe Haltbarkeit | lange Haltbarkeit |
| Inhaltsstoffe (Gehalte) | | |
| Trockenmasse | Gering | Hoch |
| Rohprotein | Hoch | Niedrig |
| Reinprotein | Niedrig | Hoch |
| Nitrat, Amide, Freie Aminosäuren | Hoch | Niedrig |
| EAA Index | Niedrig | Hoch |
| Disaccharide | Niedrig | Hoch |
| Monosaccharide | Hoch | Gering |
| Vitamine | Vitamin A: Hoch | Vitamin C: hoch |
| Enzymaktivität | Hoch | Gering |
| Geruch und Geschmack | Schwach | Ausgeprägt |
| Gehalt sekundärer Inhaltsstoffe | Gering | Hoch |

In der einfachsten Form nimmt diese Theorie an, dass sich bei hinreichend verfügbarem Stickstoffmengen Pflanzen mit hohen Gehalten an stickstoffhaltigen Verbindungen entwickeln, während durch geringe Stickstoffverfügbarkeit ein Assimilateüberschuss zu kohlenstoffhaltigen Inhaltsstoffen wie Stärke, Zellulose und stickstofffreien SPS führt. Da die Kohlenstoff-Nährstoff (Stickstoff)-Gleichgewichtstheorie nicht alle Phänomene der pflanzlichen Zusammensetzung in Bezug zur pflanzlichen Morphologie erklären kann, wurde diese Theorie mit der komplexeren „Wachstums-Differenzierungs-Gleichgewichtstheorie“ weiter entwickelt (Lorio, 1986). Beide Erklärungsmodelle stützen das in Tabelle 15 dargestellte Modell der Ausbildung pflanzlicher Qualität als Folge polarer Einflüsse (Köpke, 2003).

Das Modell integriert morphologische, physiologische und inhaltsstoffliche Parameter, wie sie in den vorangestellten Kapiteln mit verschiedenen Methoden erarbeitet werden können. Eine hohe Pflanzenqualität ergibt sich als Folge des Gleichgewichts dieser polar auf die Pflanzen, ihre Entwicklung, Metamorphose und Zusammensetzung einwirkenden Faktoren. Dieses Modell zum erweiterten Verständnis der Lebensmittelqualität ist geeignet, der künftigen Forschung zur Lebensmittelqualität eine neue Orientierung zu geben. Durch weitere Methoden und Parameter, wie beispielsweise vorgenannte komplementäre Methoden, aber auch histologische, zytologische, sensorische und physikalisch-technische Parameter, kann dieses Modell weiter entwickelt werden. Die methodische Prüfung und Weiterentwicklung der komplementären Methoden sollte an diesem Modell orientiert sein; es gilt künftig:

- Den theoretischen Hintergrund (Konzept) und den Stand der Entwicklung der komplementären Methoden zu dokumentieren;
- die Validität der Methoden zu bestimmen;
- zu prüfen, welche Methoden für welche Lebensmitteln geeignet sind;
- Einflüsse von Variationen (z.B. Sorten) zu untersuchen;
- Produktartspezifische Verfahrensstabilität zu bestimmen;
- Charakterisierung der messtechnischen Unterschiede und Bezug zur Herstellung (Anbau);
- die Praxiseignung der komplementären Methoden auf der Ebene verschiedener Verarbeitungsstufen (frisch, nachgereift, be- und verarbeitet) zu überprüfen;
- Die Aussage, Leistungsfähigkeit, Spezifität und Vergleichbarkeit der komplementären Methoden in Relation zu den bestehenden Methoden zu bestimmen.

5. Sozioökonomische Aspekte ökologisch erzeugter Lebensmittel in Deutschland

Wie in den vorigen Kapiteln dargestellt, ist der Nachweis objektiver Qualitätsunterschiede zwischen konventionell und ökologisch erzeugten Lebensmitteln aus naturwissenschaftlicher Sicht nur teilweise bzw. nicht eindeutig zu erbringen. Die Verbraucherinnen und Verbraucher stellen in ihrer Wahrnehmung und subjektiven Bewertung der Qualitätseigenschaften dennoch häufig qualitative Unterschiede zwischen Lebensmitteln aus beiden Produktionsverfahren fest. In diesem Kapitel wird die Betrachtung deshalb erweitert auf die sozioökonomischen Bedingungen für den Konsum ökologisch erzeugter Lebensmittel. Dazu werden zunächst die relevanten Studien zu Einstellungen und Verhalten der Verbraucherinnen und Verbraucher bei ökologisch erzeugten Lebensmitteln in Deutschland dargestellt und bewertet (Kap. 5.1).

Das Ernährungshandeln ist - neben anderen Faktoren wie u.a. Wohnung, Kleidung - Ausdruck verschiedener Lebens- und Konsumstile. Durch sie nehmen Verbraucherinnen und Verbraucher direkten Einfluss z.B. auf den Verbrauch natürlicher Ressourcen, auf Kosten im Gesundheitswesen sowie - im Sinne eines nachhaltigen Ernährungsstils - auf globale gesellschaftliche Strukturen. Inwieweit der Konsum ökologisch erzeugter Lebensmittel Auswirkungen auf die genannten Bereiche hat, wird in den Kapiteln 5.2 und 5.3 behandelt. Ergänzt werden die Analysen durch eine Betrachtung zu den Kosten der Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung ökologischer Lebensmittel (Kap. 5.4) und dem Forschungsstand bei Bio-Lebensmitteln in der Gemeinschaftsverpflegung (Kap. 5.5).

5.1 Ökologisch erzeugte Lebensmittel aus Verbrauchersicht

Mit dem Ziel, die Absatzmöglichkeiten von Bio-Lebensmitteln zu verbessern, wurden in der Vergangenheit zahlreiche Untersuchungen zu Verbrauchereinstellungen und Kaufabsichten durchgeführt. Sie variieren hinsichtlich der Befragungsmethodik, der geografischen Studienregion und dem Untersuchungszeitraum. Den hier dargestellten Verbrauchereinstellungen liegt im Gegensatz zu den vorhergehenden Ausführungen ein nicht wissenschaftlich-objektiver, sondern ein auf subjektiven Bewertungskriterien basierender Qualitätsbegriff zugrunde. Er gibt das Alltagsverständnis von "Lebensmittelqualität" seitens der Verbraucher wieder (z.B. "Frische") und ist demnach weniger konkret und greifbar. Zentrale Ergebnisse der Verbraucherbefragungen werden im folgenden kurz skizziert und im Anschluss bewertet.

Bekanntheitsgrad und Image

„Bio-Produkte“ sind dem Großteil von Verbraucherinnen und Verbrauchern als Begriff bekannt, ihr Image ist positiv. Sie assoziieren mit dem Begriff spontan vorwiegend Aspekte der Prozessqualität: "ohne Chemie", "ungespritzt", "ohne Kunstdünger". In Krisenzeiten - wie nach dem ersten BSE-Fall im November 2000 – assoziieren Verbraucherinnen und Verbraucher mit Biolebensmitteln auch verstärkt den Begriff "gesund" im Sinne von "nicht die Gesundheit schädigend" (Bruhn et al., 2001).

Kaufmotive

Das wichtigste Kaufmotiv für Bio-Produkte ist - nach Angaben mehrerer Studien - seit den 80er Jahren der wahrgenommene "höhere Gesundheitswert" gefolgt von den Motiven "weniger Rückstände/Chemie" und "besserer, natürlicherer Geschmack" (stellvertretend Bruhn et al., 2001, ZMP, 2001a, b). Gesellschaftsbezogene Kaufmotive wie "Umweltschutz" oder "Unterstützung ökologischer Anbauverfahren", die noch in den 80er Jahren vor allem bei den jüngeren Verbrauchergruppen wichtig waren, verloren bis Mitte der 90er Jahre an Bedeutung.

Götze (2002) ermittelt in einer aktuellen, qualitativen Studie zur Kaufentscheidung bei Bio-Lebensmitteln eine andere Gewichtung der Kaufmotive: an erster Stelle steht der Genuss ("natürlicher, besser schmecken"), gefolgt von "Rückstandsfreiheit" und der Überzeugung einen eigenen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten. Nach Götze (2002) beeinflussen neben individuellen Motiven und Einstellungen zwei weitere Faktoren die konkrete Kaufabsicht des Verbrauchers in Bezug auf Bioprodukte: soziale Normen (z.B. wahrgenommene Kaufabsicht relevanter Bezugspersonen) und situative/persönliche Rahmenbedingungen (wahrgenommene Verfügbarkeit der Produkte, Einkommen, Preise etc.). So können beispielsweise weniger hoch ausgeprägte Kaufabsichten von wichtigen Bezugspersonen (soziale Norm) die eigene positive Einstellung und Kaufabsicht bei ökologisch erzeugten Produkten beeinflussen und damit die Kaufentscheidung für ein Ökoprodukt hemmen. Das in o.g. quantitativen Studien ermittelte Gesundheitsmotiv erweist sich nach Götze (2002) als nicht kaufbestimmend. Ein Jahr nach dem ersten BSE-Fall standen im Dezember 2001 vor allem "Sicherheitsmotive" im Vordergrund ("natürlich gedüngt", "keine Chemie", "keine Gentechnik", "keine Rückstände" etc.), aber auch hedonistische Motive („Genuss“) und altruistische Beweggründe ("Tieren helfen", "Hilfe für die Umwelt"). Der früher von vielen Verbraucherinnen und Verbrauchern als zu hoch empfundene Preis für Bio-Lebensmittel scheint in Krisenzeiten weniger wichtig zu sein (Götze, 2002).

Kaufbarrieren

Insgesamt gesehen werden die "klassischen" Kaufbarrieren "zu teuer", "Zweifel an der Echtheit", "kein Unterschied festzustellen", "schmeckt nicht besser", "mangelnde Verfügbarkeit" und "keinen Bedarf/Interesse" in geringfügig wechselnder Reihenfolge nach wie vor als die bedeutendsten Kaufhemmnisse angeführt (ZMP, 2001a, b, Schölzel, 1998, Meier-Ploeger, 1997 für Hessen, Prummer, 1994 für Bayern).

Einkaufsstätten

Der Supermarkt liegt inzwischen als Einkaufsstätte für ökologisch erzeugte Produkte auf Rangplatz 1. Vor allem jüngere Personen, Einpersonenhaushalte und Personen in Großstädten bevorzugen diese Einkaufsstätte. Die nächsten Rangplätze nehmen die "traditionellen" Einkaufsstätten für ökologisch erzeugte Produkte ein, wie der Wochenmarkt, der Naturkost-/Bioladen und der Bauernhof. Wird die Einkaufsstättenwahl in Abhängigkeit von der Kaufintensität ökologisch erzeugter Lebensmittel untersucht, zeigt sich, dass der Gelegenheitskäufer den Supermarkt vorzieht und dass bei Intensivverwendern der Naturkost/Bioladen an erster Stelle steht (ZMP 2001a).

Käuferstruktur

Widersprüchliche Aussagen in Bezug auf das Alter und das Nettoeinkommen der Käufer von Öko-Produkten liegen vor. Übereinstimmung findet sich im Hinblick auf den sozialen Status. So sind beispielsweise vorwiegend Angestellte, Selbständige, Studenten und Beamte die Klientel der Naturkostläden (BNN, 2000). Festgestellt werden kann, dass je nach "Profilierung" und Lage der Bio-Einkaufsstätte unterschiedliche Kundentypen angesprochen werden. Beispielsweise werden in Berlin Einkaufsgemeinschaften vorwiegend von Personengruppen mit geringem Einkommen genutzt, Öko-Wochenmärkte gelten als Orte des Erlebniskaufes und des Kaufs von Frischeprodukten, in der Bio-Corner wird der Kauf von Bio-Produkten mit anderen Einkäufen verbunden und im Bio-Supermarkt werden vor allem die kleineren Einkäufe getätigt; dort versorgten sich die befragten Berliner mit speziellen Produkten, die in anderen Einkaufsstätten nicht erhältlich oder teurer sind (Schäfer, 2001a,b).

Kaufintensität

Während in den 80er-Jahren ein signifikanter Anstieg der Kaufhäufigkeit von Biolebensmitteln zu beobachten war, erfolgten weitere Zuwächse bis zum Jahr 2000 nur langsam bzw. sie stagnierten. Für eine relativ kurze Zeitspanne wurden widersprüchliche Käuferanteile ermittelt: 63 % im Jahr 1998, 29 % im Jahr 2000 und bis zu 71 % im Jahr 2001 (Schaer, 2001, ZMP, 2001, Bruhn, et al., 2001). Die hohen Käuferanteile werden kritisch betrachtet, da ein Vergleich mit der Marktentwicklung auf eine Konsumüberschätzung hinweist (Hensche et al., 2001). Personen, die Bio-Produkte gelegentlich einkaufen, stellen den größten Anteil der Käufer ökologisch erzeugter Produkte. Der Anteil des Bedarfs an Lebensmitteln, der durch ökologisch erzeugte Lebensmittel gedeckt wird, variiert in Abhängigkeit von der Kaufintensität zwischen unter 5 bis über 10 % (ZMP, 2001a). Knapp zwei Drittel der Verbraucherinnen und Verbraucher wollen ihren Konsum von Bio-Produkten in Zukunft etwas steigern (ZMP, 2001a). Nachgefragte Segmente bei ökologisch erzeugten Produkten sind vorrangig Eier, Gemüse, Obst, Kartoffeln, Brot, mit zunehmender Tendenz bei Milch und Milchprodukten sowie bei Fleisch und Fleischerzeugnissen. Ein jährliches Marktwachstum von 15 % wird von Götze (2002) abgeleitet. Dabei wird "den tatsächlichen Bio-Produkten ein leicht höheres Wachstum (unterstellt) als den Produkten, die dafür gehalten werden..." , u.a. direktvermarktete konventionelle Erzeugnisse.

Ausgaben für Ökoprodukte, Mehrpreisakzeptanz

In ca. zwei Dritteln der Haushalte von Bio-Produkte-Verwendern macht der Ausgabenanteil für Bio-Lebensmittel höchstens bis zu 10 % aus (ZMP, 2001a). Die (durchschnittliche) Mehrpreisakzeptanz wird von verschiedenen Autoren in einer Spanne zwischen 10 % (Spiller, 2001) und 20 % (Götze, 2002) angegeben.

Bewertung der Ergebnisse

Die vorgestellten Studien unterscheiden sich hinsichtlich der Befragungsmethodik (z.B. qualitativ versus quantitativ), der geografischen Studienregion und des Untersuchungszeitraumes. Sie lassen nur allgemeine Trendaussagen zu. Die Verwendung der ermittelten Zahlen für konkrete Verhaltensprognosen bei Biolebensmitteln ist deshalb nicht sinnvoll.

Der stets festgestellte Widerspruch zwischen der von Verbraucherinnen und Verbrauchern geäußerten Kaufabsicht bei Bio-Produkten und der tatsächlichen Marktentwicklung hängt u.a. mit der Erhebungsmethodik zusammen:

- Werden Verbraucherinnen und Verbraucher zu Einstellungen und Kaufabsichten direkt befragt, wird nach Götze (2002) jeweils nur ein Teil der für die Kaufentscheidung relevanten Aspekte erfasst.
- Befragungen erzeugen ein in der empirischen Sozialforschung bekanntes Phänomen: Personen antworten im Interview in gesellschaftlich anerkannter Weise, nicht unbedingt gemäß ihren tatsächlichen Einstellungen. Sind Bioprodukte "in" und damit "sozial erwünscht", werden eigene Kaufabsichten eher überschätzt.
- Verbraucherinnen und Verbraucher haben Probleme, Bio-Produkte eindeutig zu identifizieren und zählen auch sogenannte "Pseudo"-Bio-Produkte (Einkauf auf dem Bauernhof, "kontrollierter Anbau", die "naturnahe" Anmutung der Verpackung etc.) zu ökologisch erzeugten Lebensmitteln. Eine Befragung unter Vorlage verschiedener Öko-Siegel, um eine gemeinsame Basis für die Befragung zu erzeugen, ist jedoch aufgrund der immensen Anzahl von Gütesiegeln nahezu unmöglich. Die Befragungen erfolgen somit häufig nur verbal.

5.2 Auswirkungen von ökologischen Ernährungsstilen auf die Kosten im Gesundheitswesen und auf den Ressourcenverbrauch

Aus Sicht der Ernährungs- und Haushaltswissenschaft müssen Nutzen- und Kostenabwägungen auf Lebensmittelebene um eine Betrachtung des Ernährungsverhaltens von Verbrauchern erweitert werden. Hier wirken sich objektive Qualitätsunterschiede der Lebensmittel beider Anbauformen - unter Beibehaltung des gewohnten Ernährungsverhaltens - nur wenig aus. Die folgende Betrachtung weitet deshalb den Blick von Nutzen und Kosten ökologisch erzeugter Lebensmittel hin zu jenem von ökologischen Ernährungsstilen. Die Betrachtungen sind qualitativer Art.

5.2.1 Auswirkungen auf die Kosten im Gesundheitswesen

Das Krankheitsspektrum hat sich in Deutschland, wie in allen vergleichbaren Industrieländern, radikal verändert. Nicht mehr der Mangel an Hygiene, Nahrung, Gesundheitsdiensten usw. ist bestimmend, sondern der vorherrschende Lebensstil, ein "Schlaraffenland-Syndrom", das durch Überkonsum und körperliche Inaktivität geprägt ist. Es ist allgemein anerkannt, dass Entstehung, Verlauf und Behandlung der modernen Zivilisationskrankheiten nicht monokausal, sondern multifaktoriell sind; der Anteil der Ernährungsfaktoren gilt dabei als erheblich. Fehlernährung hat Funktionseinbußen beim Menschen zur Folge, das Humankapital wird nicht ausgeschöpft. Dadurch werden gesellschaftliche Entwicklungen beeinflusst.

Gegenwärtig dürften sich die Kosten der ernährungsbedingten Erkrankungen in Deutschland auf jährlich mehr als 50 Mrd. € belaufen, dies ergeben Extrapolationen früherer Studien (Kohlmeier et al., 1993, UPI, 1998).

Ein erhöhter Verzehr von ökologisch erzeugten Lebensmitteln wird nach dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnisse keine direkte Auswirkung auf das Gesundheitsspektrum zeigen, denn die im Rahmen der bisher betrachteten Qualitätskriterien festgestellten Unterschiede der erzeugten Produktqualität sind eher gering (vgl. Kap. 3.2.6). Es erscheint weder möglich noch sinnvoll, diesen Sachverhalt empirisch nachweisen zu wollen. Dagegen wird sich die mit den beabsichtigten Umstellungen der Lebensmittelerzeugung möglicherweise einhergehende Hinwendung zu ökologischen Lebensstilen reduzierend auf die Gesundheitskosten auswirken. Ökologische Lebensstile umfassen auch die Umsetzung der allgemeinen Ernährungsziele, also insgesamt weniger Verzehr, weniger an Fleisch, jedoch mehr an Obst und Gemüse, bei verstärkter körperlicher Aktivität. Ermittlungen der durch die beabsichtigte Verstärkung der ökologischen Lebensmittelerzeugung verursachten Wirkungen müssen daher Faktoren wie u.a. höhere Lebenserwartungen, Veränderungen in den Behandlungskosten berücksichtigen und sind äußerst komplex. Der Forschungsbedarf für solche Ermittlungen liegt im Bereich der projekt-prozess-orientierten Forschung, der Planung, Durchführung und Evaluierung von Präventionsprogrammen, der *Public Health and Community Nutrition*.

Die Korrelation von ökologischer Lebensmittelerzeugung und Gesundheit ist nur ein Ausschnitt des komplexen Zusammenhangs zwischen Ernährung und Gesellschaft (Oltersdorf et al., 2000 und 2001). Die Ernährung verdeutlicht unmittelbar die Wechselwirkung zwischen dem Menschen und der Nutzung der Natur bzw. deren Ressourcen durch den Menschen. Die Stoffzyklen im Rahmen der Nahrungskette werden durch Menschen induziert und gestaltet: Mit dem Essen gehen im wahrsten Sinne die Stoffflüsse der Natur durch ihn hindurch und die "Stoffe wechseln" ihre materielle Struktur. Der Mindestbedarf ist biologisch determiniert (Primärverbrauch), in der Realität wird jedoch ständig mehr verbraucht. Die Bereitstellung der Lebensmittel erfordert den Einsatz der Ressourcen Material, Geld und Zeit. Verglichen mit dem Primärbedarf wird gegenwärtig das Zehnfache an Ressourcen verbraucht (Oltersdorf et al., 2000, Hofer, 1999, Erdmann et al., 2000, Hoffmann, 2002).

5.2.2 Auswirkungen auf die Kosten in den Bereichen Umwelt und Ressourcen

Die Ernährung ist für alle Beteiligten am komplexen Ernährungssystem ein bedeutender wirtschaftlicher Faktor. Die privaten Haushalte geben für Lebensmittel jährlich mehr als 200 Mrd. € aus (Oltersdorf et al., 2000). Diese Angaben umfassen nur die Grundaussgaben für die Ernährung. Es wird meist übersehen, dass der Haushalt weitere Ausgaben tätigen muss, damit das „Essen auf den Tisch“ kommt. Es fehlen entsprechende umfassende Zusammenstellungen über die Kosten der Ernährung für die verschiedenen Verbrauchergruppen. Zwar sind ökologisch erzeugte Lebensmittel (noch) teurer als konventionelle, dies führt jedoch nicht zwangsläufig auch zu höheren Ernährungskosten im privaten Haushalt.

Wird beispielsweise ein ökologischer Lebensstil mit o.g. Verzehrsmuster gepflegt, ergeben sich u.a. Einsparungen bei Fleisch- und Wurstwaren; weitere Einsparungen, u.a. bei den Gesundheitskosten sind durchaus denkbar. Um die Auswirkungen einer vermehrten ökologischen Lebensmittelerzeugung auf die Ressourcennutzung in Privathaushalten zu ermitteln, sind systematische Modellrechnungen notwendig und bei Änderung der Rahmenbedingungen jeweils zu aktualisieren. Es besteht ein Forschungsbedarf für Haushalts-(Mikrosystem) Modelle und deren Simulation.

Die Nachfrage der Verbraucherinnen und Verbraucher nach Bio-Lebensmitteln führt langfristig zu veränderten Wirtschaftskreisläufen. Es wird Anbieter geben, die Verluste erleiden und die Entwicklung daher aus ihrer betriebswirtschaftlichen Sicht als schädlich bezeichnen werden; andere werden profitieren. Zur Erfassung der volkswirtschaftlichen Folgen zunehmender ökologischer Ernährungsstile sind analog zu Privathaushalten umfassende Modellrechnungen erforderlich. Wirtschaftliche Überlegungen gehen mit der Ressourcennutzung einher: Es ist wirtschaftlich effizient und ökonomisch, kostbare Ressourcen sparsam einzusetzen.

Ökobilanzen, *Environmental Life Cycle Assessments*, entlang der gesamten Nahrungskette von der landwirtschaftlichen Erzeugung über die Verarbeitung bis hin zum Verzehr im privaten Haushalt oder in Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung sind zur nachhaltigen Nutzung der Ressourcen erforderlich (s. Kapitel 3.1.1 und 3.1.2). Bislang vorliegende Ökobilanzen sind jedoch lückenhaft und noch nicht genügend aussagekräftig. Abhängig vom Untersuchungsmodell zeigen sich methodische Probleme, wie u.a. bei Zuordnungen von Lebensmitteln zu verschiedenen Ernährungsweisen sowie im Hinblick auf nicht konstante Messgrößen wie z.B. bei Transportwegen (Hofer, 1999, Erdmann et al., 2000, Hoffmann et al., 2000, Jungbluth, 2000). Die Bestrebungen nach einer effizienten nachhaltigen Erzeugung müssen um die Förderung von "suffizienten" Ernährungsstilen ergänzt werden, in deren Rahmen Lebensmittel nicht im Übermaß, sondern den o.g. Ernährungszielen entsprechend verzehrt werden.

Der für die Zubereitung erforderliche Zeitaufwand ist grundsätzlich unabhängig davon, mit welchen Lebensmitteln "Essen" produziert wird. Der für die Ernährung im privaten Haushalt aufgewendete Zeitanteil am gesamten Zeitbudget folgt einem traditionellen Muster, insgesamt ist dieser Zeitanteil rückläufig (Claupein et al., 2001). Eine angestrebte ökologische Lebensweise mit besserer Ausgestaltung der Esskultur, d.h. der Pflege der Fähigkeiten, mit Essen umgehen zu können, benötigt eine neue Bewertung des Zeitaufwandes für die Ernährung (Zängler, 2000).

Die genannten Zielvorgaben setzen eine entsprechende Ernährungsbildung voraus, die in Sozialisationsprozessen erworben wird. Diese Bildungsaufgaben obliegen anfangs in der Regel den Eltern bzw. der Familie und sollten später durch ein Netz von Bildungseinrichtungen unterstützt bzw. übernommen werden. Es fehlen zwar umfassende Untersuchungen zur Ernährungskompetenz, doch die vorhandenen Daten zeigen eindeutig, dass immer mehr Alltagsgrundfähigkeiten verloren gehen (Pfau et al., 2002).

Dies geht einher mit der abnehmenden Wertschätzung von Alltagsbildung in unserer Gesellschaft. Die Kenntnisse der Verbraucher im Bereich Gesundheit sind gut, dagegen sind sie ungenügend im Hinblick auf einen ökologischen Lebensstil. Im privaten Haushalt bündeln sich die Aktivitäten der Daseinsvorsorge. Dies erfordert hohe organisatorische Leistungen, bei denen sich eigene Aufwendungen und die von außen kommenden ergänzen. Die notwendigen Aufgaben sind neu zu bewerten und neu zu integrieren. Dies gilt für Haushalt (Eigenarbeit), Gewerbe (Erwerbsarbeit) und Gesellschaft (Ehrenamt, politische Arbeit). Zukünftige Ernährungsberichte sollten nicht nur die stoffliche Qualität der Lebensmittel im Rahmen des "Lebensmittel-Monitoring" darstellen, sondern um einen Bericht über die Ernährungsbildung ergänzt werden (dgh e.V., 2001).

5.3 Nachhaltige Entwicklung im Bedürfnisfeld Ernährung

Als nachhaltige Entwicklung (*sustainable development*) wird ein gesellschaftliches Projekt bezeichnet, bei der die natürlichen Lebenslagen so genutzt werden sollen, dass menschenwürdiges Leben auf der ganzen Erde auch in Zukunft möglich ist. Eine ernsthaft betriebene Umsetzung von Nachhaltigkeitsstrategien wirkt sich nicht nur auf der Produktionsseite aus, sondern verändert insgesamt die gesellschaftliche Entwicklung und damit die Arbeits-, Lebens- und Konsumstile der westlichen Industrieländer. Die Benennung verschiedener Bedürfnisfelder ermöglicht eine präzise Formulierung der jeweiligen Probleme und Ziele.

Eine nachhaltige Entwicklung im Bedürfnisfeld Ernährung verfolgt als ökologische Teilziele u.a. die Ressourcenschonung sowie den Erhalt und die Entwicklung der Arten- und Biotopvielfalt. Als ökonomische Teilziele werden u.a. die Nahrungssicherheit und stabile Märkte und als soziale Teilziele internationale Gerechtigkeit und Solidarität, Stärkung der Verbraucherinteressen, Gesundheitsförderung sowie Veränderungen der Ernährungsgewohnheiten formuliert. Diese Ziele können nur durch ein Zusammenwirken aller beteiligten Akteure erreicht werden, das sind einerseits die direkten Akteure (Landwirtschaft, Lebensmittelhandwerk, -industrie, und -handel, Gastronomie und Verbraucherinnen und Verbraucher) und die indirekten Akteure (Staat, Medien, Schulen, soziales Umfeld) (Erdmann et al, 2000, Jungbluth, 2000).

Neben dem Bedürfnisfeld Bauen/Wohnen und Mobilität ist die Ernährung einer der drei Konsumbereiche, in dem der direkte und indirekte Umweltverbrauch durch die Konsumententscheidungen und das Verhalten der privaten Haushalte deutlich beeinflussbar ist (Spangenberg et al., 2001). Der Anbau und Konsum von ökologisch erzeugten Produkten ist dabei ein wesentlicher, aber kein ausreichender Aspekt bei der Entwicklung von zukunftsfähigen Ernährungs- und Konsumstilen.

5.4 Aspekte des Marktes für ökologisch erzeugte Lebensmittel

Ökonomische Aspekte des Marktes spielen hinsichtlich der Qualitätsbewertung von ökologisch und konventionell erzeugten Lebensmitteln eine eher untergeordnete Rolle. Die Frage nach Nutzen und Kosten der Lebensmittelqualität ist hier von Interesse. Für beide Bereiche gibt es kaum belastbare verallgemeinerungsfähige Informationen. Der Nutzen von Lebensmittelqualität wird vorrangig durch zahlreiche Ausprägungen des Verbraucherverhaltens dokumentiert, auf die im Kapitel 5.1 ausführlich eingegangen wurde. Die folgenden Ausführungen beschränken sich deshalb auf Anmerkungen zu den Kosten, die durch das Angebot unterschiedlicher Qualität von Lebensmitteln entstehen.

Unternehmer verschaffen sich durch eine qualitative Produktdifferenzierung, die sich an den Wünschen der Kunden und deren subjektivem Nutzen orientiert, Wettbewerbsvorteile im Markt. Im Normalfall sollten diese ausreichen, die erhöhten tatsächlichen und kalkulierten Kosten über entsprechende Preise abzudecken. Dem Wettbewerbsprozess im Markt kommt dabei die Lenkungsrolle im Blick auf die Vermeidung ungerechtfertigter Gewinne und die Aufrechterhaltung ausreichender Innovationsaktivitäten zu. Im Bereich der Bio-Produkte ergeben sich gegenüber konventionellen Produkten höhere Erzeugungs- und Herstellungskosten zum einen aufgrund besonderer Erzeugungs- und Verarbeitungsverfahren entlang der Wertschöpfungskette und der damit eng verknüpften Notwendigkeit von Kontrollen sowie zum anderen wegen der oft geringen anfallenden Mengen, die eine Ausnutzung von Skaleneffekten nur selten erlauben.

Die spezifischen Erzeugungs- und Herstellungsvorschriften verursachen auf jeder Stufe entlang der Wertschöpfungskette gegenüber konventionell erzeugten Lebensmitteln zusätzliche Kosten. Deren Höhe ist mit Ausnahmen auf der landwirtschaftlichen Ebene, wo zumindest für Teilbereiche entsprechende Analysen verfügbar sind, aufgrund der Vielfalt jeweils anders gelagerter Einzelfälle praktisch schwer zu ermitteln und daher im Blick auf Durchschnittswerte weitgehend unbekannt. Insofern fehlen belastbare Informationen, welche kostenbedingten Preisaufschläge einzukalkulieren sind bzw. einkalkuliert werden, bis Bio-Produkte zu Verbraucherinnen und Verbrauchern gelangen. Die unzulängliche Kenntnis von Preisen auf den einzelnen Absatzstufen ist im Hinblick auf Marktprognosen besonders deshalb zu bedauern, weil die Verbraucherinnen und Verbraucher in Deutschland ihre Einkaufsentscheidungen besonders an den Preisen orientieren. Derartige stufenspezifische Kalkulationen wären natürlich derzeit auch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, da bei anhaltendem Wachstum des Marktes auch zunehmend kostensenkende Skaleneffekte möglich sind, die sich im Einzelnen aber nur schwer ermitteln lassen und nach Art der Produkte erhebliche Unterschiede aufweisen. Anhaltspunkte können hier Preisentwicklungen geben, die auf den einzelnen Absatzstufen erhoben werden. Solche Preiserhebungen werden von der Zentralen Markt- und Preisberichtsstelle (ZMP) bislang nicht in ausreichendem Umfang durchgeführt, um daraus verallgemeinerungsfähige Ergebnisse zur oben beschriebenen Problematik abzuleiten.

Ein wesentlicher Kostenfaktor bei der Herstellung von Bio-Produkten resultiert daraus, dass ein separates Handling von Roh-, Zwischen- und Endprodukten auf den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette notwendig ist. Da derzeit allein eine Endproduktkontrolle keine zuverlässige Unterscheidung zwischen Biolebensmitteln und konventionellen Produkten erlaubt, sind im Öko-Sektor Warenflusskontrollen auf den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette notwendig, um die Qualität "Öko" glaubhaft zu belegen. Dadurch entstehen insbesondere dann in erheblichem Umfang Kosten, wenn es sich um kleinere Verarbeitungs- bzw. Verkaufsmengen handelt, was heute eher die Regel ist. Über die Höhe der daraus resultierenden Kosten und ihr Reduktionspotential liegen keine Detailkenntnisse vor. Diese Mehrkosten sind für Produkte des ökologischen Landbaus allerdings nicht exklusiv. Auch durch Qualitätsmerkmale wie "weitgehender Verzicht auf Zusatz- und Hilfsstoffe" und "Verzicht auf gentechnisch veränderte Substanzen" entstehen bei der Be- und Verarbeitung erhöhte Anforderungen an die Qualitätssicherungssysteme entlang der Wertschöpfungskette, die ebenfalls die Kosten erhöhen.

Ein weiterer erheblicher Kostenfaktor ist die Verbraucherinformation und die Kommunikation über die Qualitätsunterschiede zwischen ökologisch erzeugten und konventionellen Lebensmitteln. Ökonomisch stellt sich hier das interessante Problem, mittel- und langfristig die Kosten der Informationsbereitstellung im Rahmen der Aktionsparameter des Marketings mit den dadurch anfallenden zusätzlichen Einnahmen ausgleichen zu müssen. Die Abschätzung dieser Problematik ist aufgrund der Schwierigkeiten, Verbraucherverhalten und Verbraucherverwünsche sicher zu prognostizieren, mit sehr großen Unsicherheiten behaftet. Im Bereich der Bio-Produkte wirkt dies besonders erschwerend. Häufig mangelt es beim Absatz an der Sicherheit, die auf Ebene der landwirtschaftlichen Erzeugung infolge längerer Umstellungszeiten notwendig ist.

5.5 Ökologisch erzeugte Lebensmittel in der Gemeinschaftsverpflegung (GV)

Über den Einsatz und die Verwendung ökologisch erzeugter Produkte in der Gemeinschaftsverpflegung (GV) liegen für Deutschland keine repräsentativen Daten vor. Das vorhandene Datenmaterial bezieht sich in erster Linie auf Erfahrungsberichte, Einzelfallstudien (Bischofberger, 1998 und 2000) oder Studien mit Befragungen von Großküchen einer Region (Fraunhofer, 2000, Große-Lochtmann et al., 1994). Über den Anteil von Gemeinschaftsverpflegungseinrichtungen, die Speisen aus ökologisch erzeugten Produkten anbieten, geben zwei Befragungen mit höheren Fallzahlen Auskunft: Nach den Ergebnissen des Leser-*Panels* einer Großverpflegungsfachzeitschrift (GV-Praxis 1999) bieten 64 % der Studentenwerke am häufigsten Gerichte mit Bio-Produkten an, es folgen 55 % der Betriebsrestaurants und 50 % der Kliniken/Heime (Anonym, 1999b). Die Studie des Fraunhofer Institutes für Materialfluss und Logistik hingegen weist für das östliche Ruhrgebiet in 35 % der Küchen die Verwendung ökologisch erzeugter Produkte aus (Fraunhofer, 2000). Die Befragung der GV-Praxis enthält außerdem Informationen über die Häufigkeit des Öko-Angebotes und den jeweiligen Anteil der ökologisch erzeugten Produkte am Gesamtwareneinsatz (Anonym, 1999b); die des Fraunhofer-Institutes über die Art und den Umfang der eingesetzten Produkte (Fraunhofer 2000).

Verfügbar sind allgemeine Informationen zu Merkmalen wie die möglichen Arten des Öko-Angebotes der GV-Betriebe (vollständiger Austausch einzelner Produkte, Austausch einzelner Menükomponenten, überwiegendes oder ausschließliches Angebot aus ökologisch erzeugten Produkten an einem Öko-Tag, Angebot eines kompletten Öko-Menüs unter anderen Menüs, komplette oder weitgehende Umstellung aller Produkte), die möglichen Bezugsquellen der GV für ökologisch erzeugte Produkte (landwirtschaftlicher Erzeuger, Erzeugergemeinschaften, Naturkost(fachgroß)handel, spezialisierter Frischdienst - Öko-Anbieter für Gastronomie und GV, Ernährungshandwerk, konventioneller Großhandel) sowie zu Erfolgsfaktoren, Vorteilen und Hemmnissen, die von den Betrieben beim Einsatz ökologisch erzeugter Produkte genannt werden (Roehl et al., 2001a, b).

Als Gründe für die Verwendung von Bio-Produkten werden höhere Produktqualität, Kundenwunsch, Imagegründe, Umweltschutz und als Gründe dagegen der Preis, mangelnde Lieferqualitäten, schlechte Produktqualität, keine Nachfrage, mangelnde Termintreue und ungenügender *Convenience*-Grad angegeben (Fraunhofer, 2000). Die Verfügbarkeit ökologisch erzeugter Produkte scheint sich, auch in Bezug auf häufig gewünschte höhere Verarbeitungsgrade, zu verbessern (Hermanowski et al., 1997, Roehl et al., 2001a, b). Sehr deutlich wird auf erforderliche Maßnahmen zur Motivation von Geschäfts-, Küchenleitung und Küchenmitarbeitern sowie zur Information der Tischgäste hingewiesen; diese Maßnahmen werden als ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei der Einführung von Bio-Produkten angesehen (Hermanowski et al., 1997, Laberenz, 2001b, Roehl et al., 2001a, b). Aus Einzelfallstudien liegen Ergebnisse von Tischgastbefragungen vor (Laberenz, 2001a, Bischofberger, 1998, 2000, Ökolöwe, 2001); sie sind jedoch wegen unterschiedlicher Fragestellungen nicht vergleichbar.

5.6 Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Forschungsbedarf zu sozioökonomischen Aspekten bei Bio-Lebensmitteln

Bio-Produkte sind dem Großteil der Verbraucherinnen und Verbraucher als Begriff bekannt - mit positivem Image. In Krisenzeiten wie nach dem ersten BSE-Fall im November 2000 assoziieren Verbraucherinnen und Verbraucher mit Bio-Lebensmitteln auch verstärkt den Begriff "gesund" im Sinne von "nicht die Gesundheit schädigend", was jedoch nicht kaufbestimmend ist. Im Vordergrund der Kaufentscheidung stehen neben den Kaufmotiven "Genuss", "Rückstandsfreiheit" und "Beitrag zum Umweltschutz" ebenso soziale Normen (z.B. die wahrgenommene Kaufabsicht relevanter Bezugspersonen) und situative/persönliche Rahmenbedingungen (wahrgenommene Verfügbarkeit der Produkte, Einkommen, Preise etc.). Kaufhemmnisse sind nach wie vor die höheren Preise der Bio-Lebensmittel, Unsicherheiten bei der Identifizierung sowie die Verfügbarkeit von Bio-Produkten. 5 - 10 % des Bedarfs an Lebensmitteln decken Verbraucherinnen und Verbraucher durchschnittlich über Bio-Produkte - mit einem prognostizierten Wachstum von jährlich bis zu 15 %. Gelegenheitskäufer nutzen die Angebote der Supermärkte, während Intensivanwender Bioläden bevorzugen.

Aus solchen Verbraucheraussagen lassen sich jedoch keine konkreten Verhaltensprognosen über die Akzeptanz von Bio-Lebensmitteln ableiten, da stets ein Widerspruch zwischen der von Verbraucherinnen und Verbrauchern geäußerten Kaufabsicht bei Bio-Produkten und der tatsächlichen Marktentwicklung festgestellt wird. Hierfür gibt es mehrere Gründe: Dies sind zum einen der unzureichende Kenntnisstand über die gesetzlich vorgeschriebene Öko-Kennzeichnung und Schwierigkeiten der Verbraucherinnen und Verbraucher, Bio-Produkte von konventionell erzeugten Produkten zu unterscheiden; hier kann das neue Biosiegel des BMVEL Hilfestellung geben. Zum anderen sind die Erhebungsmethodik und die zugrundeliegenden Modelle zur Kaufentscheidung vieler Studien als Grund für die beschriebene Divergenz zu nennen. So erzeugen u.a. rein quantitativ ausgelegte Befragungen ein in der empirischen Sozialforschung bekanntes Phänomen: Personen antworten im Interview in gesellschaftlich anerkannter Weise und nicht unbedingt gemäß ihren tatsächlichen Einstellungen. Sind Bio-Produkte "in", werden eigene Kaufabsichten häufig überschätzt. Darüber hinaus wurden in vielen Studien bisher nur Teile der für die Kaufentscheidung der Verbraucherinnen und Verbraucher relevanten Faktoren berücksichtigt.

Insgesamt sind zur Ermittlung der tatsächlichen Kaufabsichten von Verbraucherinnen und Verbrauchern bei Bio-Lebensmitteln verstärkt qualitative Studien notwendig, die über die bloße Abfrage von Kaufmotiven hinausgehen und valide Aussagen zu zukünftigen Kaufabsichten bei Bio-Lebensmitteln zulassen. Die in den bisherigen Studien ermittelten Kaufabsichten reichen für Verhaltensprognosen nicht aus. Dennoch ist durch das positive Image der Bio-Produkte aus Vermarktungssicht durchaus ein Käuferpotential in der Verbraucherschaft vorhanden. Hierbei sind verstärkt Forschungen zu einer zielgruppengerechten Verbrauchersprache notwendig. Ebenso wichtig ist die Entwicklung geeigneter Kommunikationsstrategien über ökologische Lebensmittel und deren Erzeugung/Verarbeitung. Darüber hinaus sind Verbraucherbildungsprogramme zu empfehlen, die zum einen in Richtung eines bewussteren Umgangs mit Lebensmitteln wirken und Alltagskompetenzen fördern und die zum anderen auch den Umweltaspekt der ökologischen Erzeugung mehr in den Vordergrund rücken. Zu letzterem kann das Bundesprogramm Ökologischer Landbau einen wertvollen Beitrag leisten. Weitere Absatzwege wie z.B. in der Gemeinschaftsverpflegung sind bisher nur unzureichend erschlossen. Hier sind vertiefende und repräsentative Untersuchungen zu den Einsatzbedingungen notwendig.

Ein erhöhter Konsum von Bio-Lebensmitteln allein wird jedoch nach gegenwärtigem Stand der Erkenntnisse keine Auswirkungen auf das Spektrum und die Kosten ernährungsabhängiger Krankheiten haben. Eine verstärkte Orientierung an ökologischen Lebens- bzw. Ernährungsstilen jedoch wird sich reduzierend auf die Gesundheitskosten auswirken. Hierzu bedarf es verstärkter Forschung für die Planung, Durchführung und Evaluierung von Präventionsprogrammen im Bereich Ernährung. Wenn ökologische Erzeugungsverfahren aus politischer Sicht verstärkt gefördert werden sollen, sind Gesamtbetrachtungen zum Mikrosystem Haushalt und dem Makrosystem Volkswirtschaft notwendig. Hinweise aus der Ernährungsökologie lassen darauf schließen, dass ökologische Wirtschaftsweisen sich gesamtgesellschaftlich lohnen, hierbei werden auch immaterielle Werte ("Esskultur") berücksichtigt.

6 Schlussfolgerungen, Empfehlungen und Forschungsbedarf

Nach Auswertung der vorliegenden Literatur hat die Senatsarbeitsgruppe (SAG) den derzeitigen Kenntnisstand in die wichtigsten Schlussfolgerungen aufgenommen. Daraus abgeleitete Empfehlungen sowie der sich daraus ergebende Forschungsbedarf wurden themenbezogen zusammengestellt.

6.1 Prozessqualität

Mit der Prozessqualität von Lebensmitteln sollen die im Ablauf der Lebensmittelherstellung von der landwirtschaftlichen Erzeugung bis hin zur Verarbeitung der landwirtschaftlichen Produkte und Lebensmittel entstehenden Auswirkungen auf die Umwelt erfasst und bewertet werden. Externe Effekte, d.h. positive Umweltleistungen oder negativ zu bewertende Umweltlasten gehen prägend in die Prozessqualität ein, darunter u.a. die Auswirkungen der Produktionsverfahren auf die Biodiversität, auf Spurengasemissionen mit Klimarelevanz sowie auf die Gestaltung der Kulturlandschaft, ebenso die Auswirkungen des Grundsatzes der Regionalität von Erzeugung und Vermarktung im Ökologischen Landbau. Einige Unterschiede in der Prozessqualität von Lebensmitteln aus dem konventionellen und dem Ökologischen Landbau ergeben sich aus den rechtlichen Rahmenbedingungen (vgl. Tabellen 1, 2 im Anhang 2) und Richtlinien des Ökologischen Landbaus.

Mit Ökobilanzen, *Environmental Life Cycle Assessments*, als Informationsinstrument können ökologische Belastungen und Leistungen, die von Prozessen, Produkten und Betrieben ausgehen, systematisch erfasst werden (Wahlers, 1995). Die Methode der Ökobilanzierung wurde in der Industrie entwickelt und inzwischen in verschiedenen Arbeiten auch auf ihre Anwendung in der Landwirtschaft übertragen (Geier, 2000). Vorteile der Ökobilanzmethode sind die internationale Standardisierung nach DIN 14000, ihre Transparenz, d.h. die Offenlegung von Zielsetzung und Systemgrenzen, sowie die Anpassung der Umweltwirkungsbereiche und Indikatoren auf die jeweils spezifischen Verhältnisse. Neben dem umfassenden Vergleich der Umweltwirkungen verschiedener Produkte, Produktgruppen, Systeme, Verfahrens- oder Verhaltensweisen sollte die Ökobilanz künftig auch zur Offenlegung von Schwachstellen, der Verbesserung von Umwelteigenschaften der Produkte, der Entscheidungsfindung in der Beschaffung und im Einkauf, der Förderung umweltfreundlicher Produkte und Verfahren sowie dem Vergleich alternativer Verhaltensweisen und der Begründung von Handlungsempfehlungen verstärkt genutzt werden (UBA, 1992). Bisher vorliegende Ökobilanzen zum Vergleich Ökologischer/konventioneller Landbau bestätigten in den meisten Umweltwirkungsbereichen der landwirtschaftlichen Primärproduktion deutliche Vorteile des Ökologischen Landbaus. Die Ökobilanz-Methode in ihrer Anwendung auf die Landwirtschaft ist wissenschaftlich ebenso weiterzuentwickeln wie die für ein künftiges Agrar-Umweltmonitoring der OECD nutzbaren Indikatoren.

Die Schwerpunkte der bislang erstellten Ökobilanzen liegen im wesentlichen bei den Aspekten der landwirtschaftlichen Erzeugung oder der Verarbeitung landwirtschaftlicher Erzeugnisse. Ziel weiterer Entwicklungen sollte es sein, auf bestimmte Produkte oder Produktgruppen bezogene Ökobilanzen zu erstellen, die nachhaltige Entwicklung im Bedürfnisfeld Ernährung erfassen und belegen können. Hierzu müssen möglichst alle Teilschritte der Lebensmittelherstellung wie u.a. das landwirtschaftliche Anbauverfahren, Standorteinflüsse, Produktionsprozesse bei der Verarbeitung, Verpackung, Transport bis hin zum Verzehr im Privathaushalt oder in Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung berücksichtigt werden (Kap. 5.5). Die Erstellung von möglichst umfassenden Ökobilanzen wird von der Senatsarbeitsgruppe empfohlen.

Es zeigt sich, dass der heute relativ hohe Verbrauch an vom Tier stammenden Lebensmitteln in Deutschland eine hohe Intensität der Futtermittelproduktion bei gleichzeitig hoher Flächeninanspruchnahme erfordert. Die konventionelle Futtermittelerzeugung erfordert einen beträchtlichen Einsatz an mineralischen Düngemitteln, der bei weitgehendem Verzicht auf Leguminosen mit einem hohen Energieeinsatz für die Produktion von stickstoffhaltigen Düngemitteln verbunden ist. Da im ökologischen Pflanzenbau keine mineralischen N-Düngemittel eingesetzt werden, ist dieser im Hinblick auf den Ressourceneinsatz bei der Pflanzenproduktion günstiger zu bewerten, als konventionell/intensive Produktionsverfahren. Grundsätzlich steigen Ressourceneinsatz und Emissionen bei der Erzeugung vom Tier stammender Lebensmittel mit zunehmendem Leistungsniveau. Mit zunehmender Erzeugungsleistung werden jedoch die eingesetzten Ressourcen effektiver genutzt, die auf das erzeugte Produkt bezogenen Emissionen verringern sich. Bei Überschreitung eines bestimmten Leistungsniveaus wird dieser effizienzsteigernde Effekt wieder aufgehoben; für unterschiedliche Erzeugnisse gibt es daher jeweils optimale Leistungsniveaus, die sich gezielt nutzen lassen.

Der Umfang der durch Nutztiere direkt verursachten Emissionen an Methan sowie Stickstoff (N) und Phosphor (P) ist von der Tierart und von der erzeugten Lebensmittelkategorie abhängig. Bei der Beurteilung der N- und P-Ausscheidung ist jedoch die verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche mit zu berücksichtigen: Bei ausreichender Flächenausstattung können auch größere N- und P-Ausscheidungen sinnvoll als Pflanzennährstoffe genutzt werden. Ökologische Produktionsverfahren legen daher eine flächenbezogene maximale Nutztierzahl fest.

In die Betrachtung des Energieeinsatzes bei vom Tier stammenden Lebensmitteln geht selbstverständlich der o.g. Energieeinsatz zur Futtermittelerzeugung mit ein. Hinzu kommt weiter der Energieeinsatz, der für die Aufbereitung von Prozessreststoffen der Lebensmittelindustrie notwendig ist, damit diese im Sinne geschlossener Nährstoffkreisläufe als Futtermittel genutzt werden können. Grundsätzlich kann der Energieeinsatz für die Aufarbeitung von Prozessreststoffen jedoch auch dem Energieverbrauch für die Produktion des verarbeiteten Lebensmittels zugerechnet werden, bei dessen Herstellung dieses Material angefallen ist. Die Erzeugung pflanzlicher Lebensmittel durch konventionelle Produktionsverfahren ist in der Regel analog mit entsprechend höherem Energieeinsatz verbunden als im Ökologischen Landbau.

Bei der nachhaltigen Verarbeitung landwirtschaftlicher Erzeugnisse sind in erster Linie der Verbrauch der Ressourcen Trinkwasser und Energie sowie die Einleitung von Prozessabwässern in die Natur umweltrelevant. Die Betrachtung von Ressourceneinsatz und ökologischen Aspekten ist hier grundsätzlich unabhängig von der Art der landwirtschaftlichen Erzeugung der verarbeiteten Produkte. Vergleichende Untersuchungen liegen daher auch nicht vor und werden von der SAG angeregt.

Das Wissen um höhere Prozessqualitäten von ökologisch erzeugten Lebensmitteln kann Auswirkungen auf das individuelle Wohlbefinden von Verbraucherinnen und Verbrauchern haben. Denn dieses basiert nicht nur auf stofflichen Prozessen (z.B. hygienisch-toxikologisch sicheren Lebensmitteln), sondern wird ebenso von psychologischen und gesellschaftlichen (sozialen) Faktoren mitbestimmt. Beispielsweise schützen positive Beurteilungen den Menschen, negative machen Erkrankungen wahrscheinlicher. Die möglichen Auswirkungen von höheren Prozessqualitäten von Lebensmitteln auf das Wohlbefinden von Verbraucherinnen und Verbrauchern müssen deshalb als eigenständiges Qualitätskriterium dieser Lebensmittel berücksichtigt werden. Hierzu sind die Zusammenhänge der biopsychosozialen Systeme des menschlichen Ernährungsverhaltens im Hinblick auf die Qualitätsbeurteilung von Lebensmitteln durch Verbraucherinnen und Verbraucher empirisch zu überprüfen.

Der wichtigste Forschungsbedarf für den Bereich Prozessqualität ist nachfolgend aufgeführt:

6.1.1 Ökobilanzen über Umweltwirkungsbereiche

Da umfassende Ökobilanzen nur mit sehr hohem Aufwand erstellt werden können, ist die Beschränkung von Vergleichsuntersuchungen auf einzelne wohlbegründete Umweltwirkungsbereiche hilfreich, so z.B. zu:

- Verbesserung der Datenbasis für die Kalkulation des Ressourceneinsatzes und zu ökologischen Aspekten bei der Erzeugung von Lebensmitteln in unterschiedlich intensiven Systemen
- Bewertung des Primärenergieeinsatzes und des Optimierungspotentials im konventionellen und im Ökologischen Landbau
- Bewertung des Primärenergieeinsatzes sowie der Emissionen beim Einsatz von Nebenprodukten in der Tierernährung
- Treibhauspotential: Weiterentwicklung von Messmethoden zur Erfassung von Emissionen
- Tierhaltung: Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit verschiedener Haltungsformen

- Nutzung alter Getreidearten zur Erhaltung der Biodiversität
- Prozessqualitätsorientierte Sortenwahl im ökologischen Landbau

6.1.2 Erzeugung von Lebensmitteln (Tierhaltung)

- Verbesserung der Kenntnisse zum Direktenergieverbrauch in der Erzeugung von Lebensmitteln tierischen Ursprungs
- Vergleichende Studien mit unterschiedlicher Erzeugungs-Intensität im Bereich tierischer und pflanzlicher Produkte (Ökobilanzen)
- Eignung von Nutztierassen für verschiedene Produktionsformen - züchterische und produktionstechnische Fragen
- Einschätzung des Risikopotentials für den Einsatz gentechnisch veränderter Organismen

6.1.3 Lebensmittelverarbeitung

- Ökobilanzen zur Optimierung von Lebensmittelerzeugung und -verarbeitung unter umweltrelevanten Aspekten (*Environmental Life Cycle Assessments*) insbesondere bei *Convenience* Produkten, wie u.a. verzehrfertige Gemüse- und Obsterzeugnisse

6.1.4 Bewertung durch den Verbraucher

- Untersuchung biopsychosozialer Modelle des menschlichen Ernährungsverhaltens im Hinblick auf die Qualitätsbeurteilung von Lebensmitteln durch Verbraucherinnen und Verbraucher

6.2 Produktqualität

Aus umfangreichen Untersuchungen ist zu entnehmen, dass die Qualität von Getreide und Kartoffeln insgesamt stark von Sortenwahl, Standort, klimatischen Gegebenheiten und Bodenparametern determiniert wird, während anbauspezifische Parameter wie Bodenbearbeitung und Düngung im wesentlichen bei Gemüse und Obst und hier insbesondere im Zusammenhang mit höheren Gehalten an gesundheitsfördernden sekundären Pflanzenstoffen der Bio-Erzeugnisse sichtbar werden.

Bei der Erzeugung von Milch, Eiern und Fleisch werden die betrachteten Qualitätskriterien weitgehend durch die genetische Variation der Nutztiere, das Geschlecht sowie bei Fleisch durch das angestrebte Mastendgewicht (das Schlachtagter) bestimmt. Hier ist insbesondere zu erwähnen, dass Belastungen, die kurz vor dem Töten auf Nutztiere einwirken, d.h. das Verladen, Transporte und die Schlachtung selbst, den *post mortalen* Stoffwechsel unmittelbar beeinflussen und sich daher auch stark auf alle Aspekte der Fleischqualität auswirken. Entsprechende Vorschriften zum schonenden Umgang mit Schlachttieren im Ökolandbau sollen die Bildung solcher Stoffwechselprodukte weitgehend verhindern. Tierarzneimittel und Masthilfsstoffe werden in konventionellen, vom Tier stammenden Lebensmitteln eher selten nachgewiesen; die zulässigen Höchstmengen werden dabei nicht überschritten. In Bio-Erzeugnissen sollten diese Stoffe wegen des weitgehenden Verbotes der Anwendung im Ökologischen Landbau auch nicht zu finden sein.

Vorkommen an Pflanzenschutzmitteln, Schwermetallen und Umweltkontaminanten sind in allen Produktkategorien eher gleichverteilt und werden vom jeweiligen Erzeugungsstandort sowie von der früheren Landnutzung bestimmt. All diese Einflüsse können die Wirkungen der Produktionsverfahren auf die Qualität der Erzeugnisse überlagern. In der Folge konnten bislang nur wenige vom Produktionsverfahren bedingte Unterschiede eindeutig identifiziert werden, so u.a. bei pflanzlichen Erzeugnissen niedrigere Nitratgehalte, höhere Trockenmassengehalte sowie höhere Gehalte an sekundären Pflanzenstoffen (SPS) bei ökologischer Erzeugung. Eine höhere Nitrataufnahme aus konventionell erzeugtem Gemüse könnte infolge der bislang nicht geklärten, potentiellen Bildung krebsauslösender Nitrosamine aus Nitrat gesundheitsabträglich sein. Es gelten daher Empfehlungen für eine maximale tägliche Nitrataufnahme (ADI-Wert). Epidemiologische Daten weisen eine umgekehrt proportionale Korrelation zwischen der Aufnahme an Gemüse und Obst und dem Auftreten von Krebs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen nach: Je mehr Gemüse und Obst verzehrt wird, um so geringer ist das Risiko für Krebs- sowie für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Dies wird heute der Wirkung potentiell gesundheitsfördernder sekundärer Pflanzenstoffen (SPS) in Gemüse und Obst zugeschrieben. Da auch Nitrat zu ca. 70 % über den Gemüseverzehr aufgenommen wird, ist die diskutierte, möglicherweise gesundheitsabträgliche Wirkung des Nitrats eher unwahrscheinlich. Vergleichende Untersuchungen zu den potentiell gesundheitsfördernden sekundären Pflanzenstoffen (SPS) haben bisher nicht zu übereinstimmenden Ergebnissen geführt. Insgesamt können die hier beobachteten höheren Gehalte im Bio-Gemüse zur Zeit nicht eindeutig beurteilt werden, so dass auch auf dieser Basis heute noch keine besondere Bedeutung der ökologischen Erzeugung für die Gesundheit des Menschen abgeleitet werden kann. Da die gesundheitsfördernde Wirkung der SPS jedoch unbestritten ist, empfiehlt die SAG hier weitere, gezielt auf den Vergleich der Produktionsverfahren ausgerichtete Arbeiten.

Nur wenige der in der Literatur bislang beschriebenen Auswirkungen ökologischer und konventioneller Produktionsverfahren genügen den kritischen Anforderungen, die eine objektive Bewertung der Erzeugnisse aus unterschiedlichen Produktionsverfahren ermöglichen würde. So wurden überlagernde Einflussfaktoren häufig nicht berücksichtigt. Erschwert wird der Vergleich der Produktionsverfahren durch sehr unterschiedliche Ausgestaltungsvarianten sowohl bei der konventionellen wie auch bei der ökologischen Landbewirtschaftung bis hin zu Überschneidungen der angewendeten Prozessmethoden. Unterschiedliche Entwicklungsstufen der Produktionsverfahren beeinflussen zusätzlich die Qualität der zu vergleichenden Erzeugnisse.

Der wichtigste Forschungsbedarf für den Bereich Produktqualität:

6.2.1 Produktspezifischer Forschungsbedarf bei pflanzlichen Erzeugnissen

- Vergleichende Bewertung von pflanzlichen Rohstoffen und daraus hergestellten Lebensmitteln aus konventionellem und ökologischem Anbau (Getreide, Kartoffeln, Ölsaaten, Obst und Gemüse)
- Bewertungssystem Bio-Lebensmittel mit üblichen Methoden
- Bewertungssystem für Lebensmittel mit speziellen Prüf- und Messmethoden (z.B. Bildanalyse, *Profiling*, *Bioassay*, Sensorik, Vitalitätsprüfungen und Keimungsstest).
- Etablierung einer Züchtungsforschung für den Ökologischen Landbau
- Bewertung der stofflichen Variabilität von Land- und Wildtypen sowie seltener Kulturformen und adaptierten Sorten für den Öko-Anbau
- Ertragssicherung bei Produkten des Öko-Landbaus (Raps, Getreide, Kartoffel-, Gemüse- und Obstbau)
- Schadorganismen, vorbeugender Pflanzenschutz

6.2.2 Produktspezifischer Forschungsbedarf für Bio-Lebensmittel

- Untersuchungen zur Entwicklung und Anpassung der Verarbeitungswert-Vorhersage mittels Schnellmethoden für Öko-Brotgetreide
- Qualitätsfördernde technologische Maßnahmen zur Herstellung von Lebensmitteln aus Öko-Weizen (Brot, Gebäck, Gluten)
- Gehalte und funktionelle Eigenschaften sekundärer Pflanzenstoffe von pflanzlichen Lebensmitteln aus dem Öko- und konventionellen Anbau (Gemüse, Obst, Getreide)
- Vergleichende Untersuchungen zur ernährungsphysiologische Wirksamkeit ökologisch und konventionell erzeugter Lebensmittel (Gemüse, Obst, Getreide)
- Erfassung des antioxidativen und antimutagenen Potentials
- Untersuchung der Bio-Verfügbarkeit anhand von *in vitro* Tests, bei *in vitro* detektierten Unterschieden, Verifizierung anhand von Humanuntersuchungen *in vivo*
- Untersuchungen zum Einfluss der Verarbeitung auf das antioxidative und antimutagene Potenzial sowie die Bioverfügbarkeit bei Gemüse, Obst und Getreide
- Entwicklungsmöglichkeiten zur Steigerung der Produktqualität von Bio-Lebensmitteln (Gemüse, Obst, Getreide, Kartoffeln)
- Nacherntephase: Hygienische Qualität, Risikopotential unerwünschter Stoffe, Möglichkeiten ihrer Entfernung, qualitätsförderliche Lagerung,
- Verarbeitung: Technologische Anpassung der ökoanbau-typischen Ausprägungen des Verarbeitungswertes

6.2.3 Produktspezifische Qualitätssicherung bei Erzeugnissen tierischen Ursprungs

- **Milch:** Bei der Herstellung von Bio-Milchprodukten kommt es zu Qualitätsproblemen. Deren Ursachen sind zu finden und Ansätze zu ihrer Beseitigung aufzuzeigen.
 - Unerwünschte Mikroorganismen in Lebensmitteln: Erfassung, Risikoabschätzung und Vermeidungsstrategien
 - Methodik und Bewertung von Umweltkontaminanten (z.B. Dioxine) und Rückständen (z.B. Antibiotika) in Lebensmitteln
 - Moderne Melkverfahren und ihr Einfluss auf hygienische Eigenschaften der Milch
 - Verfälschungen von Milch und Milcherzeugnissen
 - Einfluss der Tierhaltung auf die Milchezusammensetzung
 - Bewertung der Wärmebehandlung von Milch
 - Analyse der Milchsäurebakterien-Flora der Rohmilch aus konventioneller und ökologischer Erzeugung
 - Einfluss der Qualität der Rohmilch auf Fermentationen
 - Gesundheitliche Bewertung von Lebensmitteln aus Ökologischem Landbau
 - Lebensmittelallergene/Kontaminanten/Herkunftsnachweise
 - Absatzhemmnisse für Bio-Milch (-produkte) und Ansätze ihrer Behebung (ökonomische und ökologische Determinanten optimaler Betriebsstättengrößen)
 - Unternehmensgrößenabhängige ökonomische und ökologische Auswirkungen bei der Be- und Verarbeitung von Milch und Milchprodukten
- **Rindfleisch:** Ursachen für geschmackliche Eigenschaften und Eigenarten in Abhängigkeit von den Produktionsverfahren sind nicht bekannt. Insbesondere die Bedeutung des Fettgehalts und der -zusammensetzung sind in Vergleichsversuchen zu untersuchen und bewerten.
- **Schweinefleisch:** Unklar ist teilweise die Bedeutung von Erzeugungsparametern auf die Qualität. Klärung dieser Fragen in Vergleichsversuchen.
- **Fleischerzeugnisse:** Vermeidung handwerklicher Mängel mit Auswirkung auf die Produktqualität von Bio-Fleischerzeugnissen: hygienische Risiken, Rückstände (Nitrosamine, Cholesteroloxide, Benzpyren). Beurteilung der Verarbeitungsverfahren und Produkte.
- **Fisch und Fischerzeugnisse:** Schaffung einer belastbaren Parametergrundlage. Bislang liegen keine Ergebnisse aus Vergleichsversuchen vor. Zu prüfen sind Leistungsparameter, Fleischparameter, sensorische Eigenschaften, erwünschte und unerwünschte Inhaltsstoffe, mikrobiologischer Status, Verarbeitungseigenschaften und Haltbarkeit.
- **Eier:** Erstellung einer hinreichend belastbaren Datenbasis. Es gibt zu wenig Vergleichsversuche. Produktionsverfahren und Produktqualität müssen umfänglicher geprüft und bewertet werden, Handlungsanweisungen zur Optimierung insbesondere auch im Hinblick auf Einflüsse von Auslauf und Einstreu sind zu erarbeiten.

6.3 Komplementäre Methoden der Qualitätserfassung

Ein Grund für die bislang schwierige bis unmögliche anbauspezifische Zuordnung frischer oder verarbeiteter landwirtschaftlicher Erzeugnisse besteht nach Ansicht von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus privaten und staatlichen Forschungseinrichtungen des Ökolandbaus in der Art der angewendeten analytischen Methoden zur Qualitätsbewertung. Während fast alle gängigen chemisch-analytischen Methoden für eine Differenzierung offensichtlich nicht genügen, scheinen verschiedene, gegenwärtig jedoch naturwissenschaftlich nicht anerkannte, komplementäre Analysenmethoden eine Unterscheidung treffen zu können. Diese schreiben der Lebensmittelstruktur, äußerer Form, Formerhalt und innerer Formation als Qualitätskriterium eine besondere Bedeutung zu und können so zwischen verschiedenen Produktionsverfahren, Sorten, Verarbeitungsgraden u.a. unterscheiden.

Die komplementären Methoden sind jedoch im Hinblick auf ihre Spezifität zur Unterscheidung der Produktionsverfahren, Vergleichbarkeit, Präzision, Robustheit noch umfassend zu validieren. Obwohl die komplementären Methoden auch nach dieser Validierung nicht notwendigerweise Aussagen über die Qualität der Lebensmittel aus unterschiedlichen Produktionsverfahren zulassen, ist die Möglichkeit der Unterscheidung von konventionell erzeugten Lebensmitteln und Bio-Lebensmitteln gleichwohl von hohem Interesse. Die SAG empfiehlt daher ausdrücklich die Validierung der beschriebenen ganzheitlichen Methoden auf naturwissenschaftlich-statistischer Grundlage zu komplementären Methoden der Qualitätserfassung.

Der wichtigste Forschungsbedarf für den Bereich komplementäre Methoden:

- *Prüfung der Praxiseignung der komplementären Methoden* auf der Ebene verschiedener Verarbeitungsstufen (frisch, nachgereift, be- und verarbeitet)
- *Bestimmung von spezifischen Aussagen der komplementären Methoden in Relation zu den klassisch-analytischen Methoden*
- *Produktorientierte Prüfung* der Eignung der im Bericht dargestellten Methoden
- *Validierung und vergleichende Analyse* der komplementären Methoden: bildschaffende Methoden, Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie (FAS), physiologischer Aminosäurenstatus, elektrochemische Methoden
- *Anwendung und Überprüfung komplementärer Methoden an tierischen Lebensmitteln* (z.B. Eiern, Milch, Fleisch)
- *Auswahl geeigneter Methoden* und Weiterentwicklung zur Praxisfähigkeit
- *Entwicklung weiterer Methoden zur Differenzierung und Qualitätsbestimmung* von Lebensmitteln unterschiedlicher Produktionsverfahren
- *Systematische Validierung und Weiterentwicklung von Futterwahl- und Fütterungsversuchen* mit geeigneten Versuchstieren
- *Prüfung und Validierung der komplementären Methoden für weitere pflanzliche Erzeugnisse*

- *Ermittlung der Treffsicherheit verschiedener komplementärer Untersuchungsverfahren bei der Beurteilung unbekannter Proben (bei einzelnen pflanzlichen und tierischen Erzeugnissen)*
- *Aufbau eines Netzes von Prüfverfahren zur Unterscheidung ökologischer Erzeugnisse von konventionellen mit hoher Zuverlässigkeit*
- *Prüfung und Validierung der FAS-Methode für Fleischerzeugnisse*
- *Steigerung der Trennschärfe der komplementären Methoden durch technische Weiterentwicklung*
- *Prüfung der Differenzierung zwischen ökologischen und konventionellen Hühnereiern durch FAS-Messung auf Praxistauglichkeit*
- *Legehennen als Modellsystem für Ernährungsstudien zur Wirkung der Supplementierung isolierter Einzelsubstanzen in der Ernährung- FAS-Messung am Eidotter als sicherer Indikator des Hennenstatus*
- *Entwicklung weiterer Methoden zur Qualitätsbestimmung ökologischer Erzeugnisse*
- *Bedeutung komplementärer Untersuchungsergebnisse für das Qualitätsverständnis von Bio-Lebensmitteln*
- *Aufbau einer Datenbank pflanzlicher und tierischer Erzeugnisse mit Referenzdaten komplementärer Methoden*
- *Untersuchung und Bewertung gentechnisch modifizierter pflanzlicher Lebensmittel mit komplementären Methoden*
- *Untersuchung der antioxidativen und antimutagenen Kapazität pflanzlicher Lebensmittel unter ganzheitlichen Gesichtspunkten*

6.4 Sozioökonomische Aspekte

Bio-Produkte sind dem Großteil der Verbraucherinnen und Verbraucher als Begriff bekannt - mit positivem Image. In Krisenzeiten wie nach dem ersten BSE-Fall im November 2000 assoziieren Verbraucherinnen und Verbraucher mit Bio-Lebensmitteln auch verstärkt den Begriff "gesund" im Sinne von "nicht die Gesundheit schädigend", was jedoch nicht kaufbestimmend ist. Im Vordergrund der Kaufentscheidung stehen neben den Kaufmotiven "Genuss", "Rückstandsfreiheit" und "Beitrag zum Umweltschutz" ebenso soziale Normen (z.B. die wahrgenommene Kaufabsicht relevanter Bezugspersonen) und situative/persönliche Rahmenbedingungen (wahrgenommene Verfügbarkeit der Produkte, Einkommen, Preise etc.). Kaufhemmnisse sind nach wie vor die höheren Preise der Bio-Lebensmittel, Unsicherheiten bei der Identifizierung sowie die Verfügbarkeit von Bio-Produkten. 5 - 10 % des Bedarfs an Lebensmitteln decken Verbraucherinnen und Verbraucher durchschnittlich über Bio-Produkte - mit einem prognostizierten Wachstum von jährlich bis zu 15 %. Gelegenheitskäufer nutzen die Angebote der Supermärkte, während Intensivanwender Bioläden bevorzugen.

Aus solchen Verbraucheraussagen lassen sich jedoch keine konkreten Verhaltensprognosen über die Akzeptanz von Bio-Lebensmitteln ableiten, da stets ein Widerspruch zwischen der von Verbraucherinnen und Verbraucher geäußerten Kaufabsicht bei Bio-Produkten und der tatsächlichen Marktentwicklung festgestellt wird. Hierfür gibt es mehrere Gründe: Dies sind zum einen der unzureichende Kenntnisstand der Verbraucher über die gesetzlich vorgeschriebene Öko-Kennzeichnung und Schwierigkeiten der Verbraucher, Bio-Produkte von konventionell erzeugten Produkten zu unterscheiden; hier kann das neue Biosiegel des BMVEL Hilfestellung geben. Zum anderen sind die Erhebungsmethodik und die zugrundeliegenden Modelle zu Kaufentscheidung vieler Studien als Grund für die beschriebene Divergenz zu nennen. Insgesamt sind zur Ermittlung der tatsächlichen Kaufabsichten von Verbraucherinnen und Verbrauchern bei Bio-Lebensmitteln verstärkt qualitative Studien notwendig, die über die bloße Abfrage von Kaufmotiven hinausgehen und valide Aussagen zu zukünftigen Kaufabsichten bei Bio-Lebensmitteln zulassen. Die in den bisherigen Studien ermittelten Kaufabsichten reichen für Verhaltensprognosen nicht aus. Dennoch ist durch das positive Image der Bio-Produkte aus Vermarktungssicht durchaus ein Käuferpotential in der Verbraucherschaft vorhanden. Hierbei sind verstärkt Forschungen zu einer zielgruppengerechten Verbraucheransprache notwendig. Ebenso wichtig ist die Entwicklung geeigneter Kommunikationsstrategien über ökologische Lebensmittel und deren Erzeugung/Verarbeitung. Darüber hinaus sind Verbraucherbildungsprogramme zu empfehlen, die zum einen in Richtung eines bewussteren Umgangs mit Lebensmitteln wirken und Alltagskompetenzen fördern und die zum anderen auch den Umweltaspekt der ökologischen Erzeugung mehr in den Vordergrund rücken. Zu letzterem kann das Bundesprogramm Ökologischer Landbau einen wertvollen Beitrag leisten. Weitere Absatzwege wie z.B. in der Gemeinschaftsverpflegung sind bisher nur unzureichend erschlossen. Hier sind vertiefende und repräsentative Untersuchungen zu den Einsatzbedingungen notwendig.

Das Weißbuch der EG zur Lebensmittelsicherheit (EG, 2000) nimmt verbraucherbezogene Aspekte auf: Nachzulesen ist hier, dass sich die Rechtsetzung für politische Entscheidungen nicht ausschließlich auf wissenschaftliche Urteile stützt, sondern auf eine umfassendere Einschätzung der in der Gesellschaft vorherrschenden Wünsche und Bedürfnisse“. Das bedeutet, dass öffentliche Ansichten und Meinungen über Prozess- und Produktqualität eines Lebensmittels entscheidend für dessen (Sicherheits-)Bewertung sein können. Auch die Öko-Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 berücksichtigt mit einschlägigen Regelungen wie u.a. dem Verbot der "grünen Gentechnik" oder dem Verbot der Nutzung ionisierender Strahlen Ansichten und Meinungen der Verbraucherinnen und Verbraucher.

Ein entsprechend ökologischer Ziele ausgestaltetes Ernährungssystem, das ökologische Produktionsweisen fördert und ökologische Lebensweisen unterstützt, kann jedoch positive Beiträge in den Bereichen Gesundheit und Nachhaltigkeit leisten. Zur Unterstützung eines solchen Ernährungssystems muss die positive Rolle der Ernährung als Instrument der Gestaltung der Gesellschaft erkannt und genutzt werden.

Aus dem zu erwartenden Nutzen/Gewinn für die einzelnen Menschen und für die Gesellschaft lassen sich diejenigen Arbeitsfelder finanzieren, die dabei Kosten verursachen. Diese entstehen aus der Mehrarbeit für Ernährungsplaner und -bildner, umfassendere Ernährungshilfen für Pflegebedürftige und sozial Schwache. Die Kompetenz dazu besitzen die in „*Public Health Nutrition*“ und „*Community Nutrition*“ ausgebildeten Wissenschaftler.

Ein erhöhter Konsum von Bio-Lebensmitteln allein wird jedoch keine Auswirkungen auf das Spektrum und die Kosten ernährungsabhängiger Krankheiten haben. Eine verstärkte Orientierung an ökologischen Lebens- bzw. Ernährungsstilen jedoch wird sich reduzierend auf die Gesundheitskosten auswirken. Hierzu bedarf es verstärkter Forschung für die Planung, Durchführung und Evaluierung von Präventionsprogrammen im Bereich Ernährung. Wenn ökologische Erzeugungsverfahren aus politischer Sicht verstärkt gefördert werden sollen, sind Gesamtbetrachtungen zum Mikrosystem Haushalt und dem Makrosystem Volkswirtschaft notwendig. Hinweise aus der Ernährungsökologie lassen darauf schließen, dass ökologische Wirtschaftsweisen sich gesamtgesellschaftlich lohnen, hierbei werden auch immaterielle Werte ("Esskultur") berücksichtigt.

Der wichtigste Forschungsbedarf im Bereich sozioökonomische Aspekte:

6.4.1 Ökologisch erzeugte Lebensmittel aus Verbrauchersicht

- *Qualitative Studien*, die Aufschluss über den tatsächlichen Zusammenhang von geäußerter *Kaufabsicht und dem Kaufverhalten* geben und in methodischer Hinsicht über die reine Abfrage von Kaufabsichten hinausgehen (psychologisch-soziale Faktoren).
- *Quantitative Studie zum Verbraucherverhalten* bei ökologischen Erzeugnissen, die alle relevanten Verhaltensaspekte methodisch einheitlich abfragt. Zu empfehlen ist hierbei eine Einbettung der Betrachtung von Bio-Lebensmitteln in den Kontext einer nachhaltigen Entwicklung. Als Stichworte hierzu sind zu nennen: Saisonalität, Regionalität, Energieverbrauch, Abfallaufkommen, Transport- und Handelsbedingungen, Arbeitsplätze. Dabei sind neben ökologischen und ökonomischen Aspekten auch Aspekte der sozialen Gerechtigkeit einzubeziehen.
- *Entwicklung von Konzepten zur Verbraucherbildung* und Förderung von Kompetenzen im Umgang mit Lebensmitteln
- *Detaillierte Analyse entscheidungsbestimmender Parameter nicht-chemischer/nicht-physischer Qualitätsparameter* mit Bezug auf das Wohlbefinden der Verbraucherinnen und Verbraucher

6.4.2 Auswirkungen von ökologischen Ernährungsstilen auf die Kosten im Gesundheitswesen und auf den Ressourcenverbrauch

- *Kosten-Nutzen-Abschätzungen* von Veränderungen im Gesundheits- und Wirtschaftssystem durch verschiedene Ernährungsstile
- *Simulationsmodelle für private Haushalte* für den Vergleich verschiedener Lebens- bzw. Ernährungsstile, einschließlich der Berechnung aller Ressourcen für die Ernährung im privaten Haushalt
- *Ökobilanzen* entlang der gesamten Kette Erzeugung - Verarbeitung - Distribution - Verzehr in privaten Haushalten und Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung
- *Projekt-/prozessorientierte Forschung zur Planung, Durchführung und Evaluierung von Präventionsmaßnahmen im Bereich Ernährung* (analog und in Ergänzung zum gerade gestarteten Förderprogramm für sozial-ökologische Forschung des BMBF)
- *Ermittlung der Ernährungskompetenz* verschiedener Verbrauchergruppen
- *Systematische Erstellung von Ökobilanzen für verschiedene Ernährungsstile* (methodische Entwicklungen; Datenbanken)
- *Entwicklung von zielgruppengerechten Ernährungsinformationsangeboten* (Struktur, Aufbereitung und Inhalt) zur effizienten Nutzung (Informationsmanagement; schnellerer Zugang - besseres Verständnis; Monitor- und Berichtssysteme)

6.4.3 Aspekte des Marktes

Unter dem Gesichtspunkt besserer Marktprognosen und damit fundierterer Entscheidungsgrundlagen sind belastbare Informationen zu folgenden Aspekten notwendig:

- *Kosten des separaten Handlings* von Roh-, Zwischen- und Endprodukten auf den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette und den Kosten der entsprechenden Warenflusskontrollen
- *Preisbildung auf den einzelnen Absatzstufen* von Bio-Lebensmitteln
- *Verbesserung von Umsetzungsstrategien für Verbraucherinformationen* über Bio-Produkte

6.4.4 Ökologische Erzeugnisse in der Gemeinschaftsverpflegung (GV)

- *Quantitative* und qualitative Studien zur Verwendung von ökologischen Erzeugnissen in der *Gemeinschaftsverpflegung*

6.5 Schlussbetrachtung

Zusammenfassend ist festzustellen, dass bis heute die Produktqualität von Lebensmitteln aus unterschiedlichen Produktionsverfahren insgesamt nicht abschließend vergleichend bewertet werden kann. Hierzu wären noch umfangreiche, gezielt auf einen Vergleich ausgerichtete Arbeiten auf der Basis der gängigen Qualitätsbeurteilung erforderlich; wichtig sind insbesondere Studien, die gezielt mögliche Unterschiede im gesundheitlichen Wert von ökologisch und konventionell hergestellten Produkten, untersucht am Zielorganismus Mensch, darstellen können. Bis heute wurden weder epidemiologische Studien noch Probandenstudien am Menschen und nur wenige vergleichende Tierfütterungsversuche durchgeführt. Vergleichende Aussagen zur Wirkung der Erzeugnisse aus ökologischem und konventionellem Produktionsverfahren auf die menschliche Gesundheit können deshalb nur indirekt abgeleitet werden. Bis heute gibt es damit letztlich keinen wissenschaftlichen Nachweis dafür, dass der ausschließliche oder überwiegende Verzehr von ökologisch erzeugten Lebensmitteln direkt die Gesundheit des Menschen fördert. Deutlich hervorzuheben ist, dass für die Gesundheit des Menschen in erster Linie eine ausgewogene Ernährung wichtig ist, also insgesamt eine geringere Verzehrsmenge und dabei weniger Fett und Fleisch, jedoch viel Gemüse und Obst. Aspekte höherer Prozessqualität der Lebensmittelerzeugung, wie z.B. Naturverträglichkeit und Erhalt von Kulturlandschaften beispielsweise durch Ökologischen Landbau werden von Verbraucherinnen und Verbrauchern wahrgenommen und können zu deren Wohlbefinden beim Lebensmittelkonsum und -verzehr beitragen und somit indirekt Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben.

Anhang 1: Literatur

Anhang 2: Begriffserläuterungen/Rechtliche Rahmenbedingungen

Anhang 3: Grundlagen des Lebensmittelrechts

Anhang 4: Ganzheitlichkeit in der Lebensmittelforschung