

Gesunde Ernährung und Nachhaltigkeit – Grundlagen, Methodik und Erkenntnisse eines Forschungsprojektes in Rahmen des proVISION Programmes des BMWF

Zusammenfassung: Das Projekt Gesunde Ernährung und Nachhaltigkeit „GERN“ behandelt den Zusammenhang zwischen Gesundheit, Ernährung, Nahrungsmittelproduktion, Ressourcenverbrauch und Umweltbelastungen. In diesem Artikel werden generelle Grundlagen und grundlegende methodische Aspekte und in weiteren Artikeln dieses Hefts wesentliche Teilaspekte des Projektes erläutert. Ergebnisse aller Teilaspekte werden wiederum in diesem Artikel im Gesamtzusammenhang dargestellt. Es zeigt sich, dass die Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung ein wesentlicher Schlüssel für eine effektive Nahrungsmittelproduktion der Bevölkerung sind. Der Bedarf an Fläche, Pflanzennährstoffen und Energie für die Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung Österreichs könnte etwa um ein Drittel gesenkt werden, wenn die Österreicher die Ernährungsempfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung befolgen würden. Mit dieser Einsparung an Ressourcen ginge auch eine deutliche Reduktion der Umweltbelastung einher

Healthy nutrition and sustainability – principles, methods and findings of a research project launched as part of the proVISION programme of the Austrian Federal Ministry of Science and Research

Summary: The Gesunde Ernährung und Nachhaltigkeit – GERN (healthy nutrition and sustainability) project studied the relationship between health, nutrition, food production, consumption of resources and environmental pollution. This article discusses the general principles, basic

methods involved and also present a synopsis summarising the results derived from all of these sub-aspects. Further articles published in this number consider important sub-aspects of this project. It can be seen that the eating habits of the population are an important key to efficient food production. The land, plant-nutrient and energy requirements for Austria's population could be reduced by one-third provided the Austrians observed the eating recommendations of the Deutsche Gesellschaft für Ernährung – DGE (German nutrition society). Such savings in resources would also imply a reduction in environmental pollution.

1. Einleitung

„Tiere Essen“ von Jonathan Safran Foer (2010) ist eines der Beispiele von populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen, die sich mit den Auswirkungen der menschlichen Ernährungsgewohnheiten auseinandersetzen. Dieses Buch wurde in den USA zu einem großen Aufreger und sorgte bei seinem Erscheinen auch in Österreich für Wiederhall in den Medien (vergl. Der Standard vom 17. August 2010 oder die Presse vom 5.10. 2010).

Doch nicht erst seit „Tiere Essen“ ist die Frage der Umwelt-, Klima- und Gesundheitsverträglichkeit unserer Ernährungsgewohnheiten ein Thema, welches auf breiter Basis diskutiert wird. Der Publizist Hans Putzer weist in seinen Büchern „Essen macht Politik“ (2006) oder „Hungerkriege - Schicksal unserer Kinder“ (2010) auf die globale Relevanz der Ernährungsweise der Menschen und die Bedeutung, die damit dem Verhalten des Einzelnen zukommt, hin. Karl-Michael Brunner vom Institut für Soziologie und empirische Sozialforschung der Wirtschaftsuniversität Wien betont mit „Ernährungsalltag im Wandel. Chancen für Nachhaltigkeit“ (2007) die Bedeutung der Ernährung für eine nachhaltige Entwicklung. Auch die Umweltberatung hat das Thema aufgegrif-

fen und unterstreicht in der Informationsbroschüre „Was hat Ernährung ...“ (2007) die Vorteile biologischer, regional/saisonal produzierter und pflanzlicher Lebensmittel in Hinblick auf deren Umweltauswirkungen. Demgegenüber zeigt der Ernährungsbericht (Elmadfa *et al.*, 2009) auf, dass der Fleischkonsum in Österreich im Durchschnitt zumindest um Faktor 2 über dem für eine ausgewogene Ernährung optimalen Bereich liegt.

Auch Fachpublikationen in im engeren Sinn naturwissenschaftlich ausgerichteten Journalen beschäftigen sich intensiv mit der Frage des Zusammenhanges zwischen Ernährungsgewohnheiten und Umweltauswirkungen oder Gesundheitsauswirkungen. Marlow *et al.* (2009) kommen zu dem Schluss, dass eine nicht vegetarische Ernährung um 2,9 mal mehr Wasser, 2,5 mal mehr Primärenergie und um 13 mal mehr Dünger benötigt als eine vegetarische Ernährung. Ein wesentlicher Unterschied zwischen tierischer und pflanzlicher Ernährung ist die vergleichsweise niedrige Effizienz der Tierhaltung (Smil, 2002; Galloway and Cowling, 2002). Infolgedessen fragen sich Keyzer *et al.* (2005), ob wir angesichts des zunehmenden Fleischkonsums und damit zunehmenden Bedarf an Futter die Tiere in Zukunft überhaupt füttern können. Ca. 80 % des landwirtschaftlichen Bodens werden bereits heute für die Produktion von tierischen Produkten benötigt (Steinfeld, Gerber, *et al.*, 2006). Bei Anwendung der Zukunftsprognosen der FAO wird die landwirtschaftliche Fläche bis zum Jahr 2030 um 280 Mha zunehmen müssen, wenn keine Änderung in der Effizienz und im Konsum von tierischen Lebensmitteln stattfindet (Wirseniuss, Azar, *et al.*, 2010). Eine Reduktion des Konsums von tierischen Lebensmitteln um 50 % in der westlichen Welt würde nach Renault and Wandler (2000) zu einer Wassereinsparung von 545 km³/Jahr führen. Ebenfalls würde es zu einer beträchtlichen Verringerung der Einträge von Nährstoffen in die Gewässer und damit zu einer Verringerung des Eutrophierungspotentials, kommen

¹ Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien

² Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz

³ Institut für Ernährungswissenschaften, Universität Wien

⁴ Österreichische Vereinigung für Agrar-, Lebens- und Umweltwissenschaftliche Forschung

⁵ Centre for Water Resource Systems (CWRS) at the Vienna University of Technology

(Xue and Landis, 2010). Große Auswirkungen einer Ernährungsänderung werden auch von Popp et al. (2010) auf Treibhausgasemissionen berichtet (vgl. Garnett, 2009). Jedoch halten Godfray et al. (2010) fest, dass es eine zu eindimensionale Sicht der Dinge wäre, würde man tierische Produkte komplett von unserem Speisezettel verbannen. Gerade die Nutzung von Gras durch Wiederkäuer ist ein wichtiger Bestandteil der Welternährung, besonders auch in Entwicklungsländern. Für Österreich wies Fleckseder schon 1994 bzw. 1995 auf den Zusammenhang von Ernährung und Stoffhaushalt hin. Das österreichische Ernährungssystem mit dem Einfluss des Verzehrs an tierischen Nahrungsmitteln verlinkten Salmhofer et al. (2001) mit dem Weltklima.

Aus ernährungsphysiologischer Sicht sind pflanzliche Lebensmittel wie Getreideprodukte, Obst und Gemüse wichtige Lieferanten von Vitaminen, Mineral- und Ballaststoffen sowie sekundären Pflanzeninhaltsstoffen. In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass das Risiko von Krebs und Herz-Kreislauferkrankungen durch eine Ernährung mit reichlich Obst und Gemüse reduziert werden kann. Insbesondere Ballaststoffe können sich positiv auf den Cholesterin- und Blutzuckerspiegel auswirken und einen protektiven Effekt gegen Darmkrebs erzielen. Fleisch und Fleischprodukte sind gute Quellen für hochwertiges Protein, Zink, Eisen und Vitamin B12. Jedoch wird ein regelmäßiger hoher Konsum von rotem Fleisch (z.B. Rindfleisch) mit einer Erhöhung des Risikos für Darmkrebs in Verbindung gebracht (World Cancer Research Fund und American Institute for Cancer Research, 2007). Der hohe Anteil an gesättigten Fettsäuren in tierischen Produkten trägt weiters zu einem erhöhten Risiko für gesteigerte LDL-Cholesterinwerte bei. Dies kann in weiterer Folge zur Entstehung von koronaren Herzerkrankungen führen (Linseisen und Wolfram, 2006). Aber auch andere Faktoren wie Rauchen, hoher Alkoholkonsum, Übergewicht sowie wenig körperliche Bewegung, können zur Entstehung ernährungsassoziierter Erkrankungen beitragen (Chan und Giovanucci, 2010).

Generell ist es unbestritten, dass ein zu hoher Fleischkonsum einerseits eine negative Auswirkung auf die Gesundheit haben kann, andererseits Kosten im Gesundheitswesen verursacht. Generell ist es so, dass der Ressourcenbedarf (Energie, Wasser, Fläche und Pflanzennährstoffe) und die Umweltauswirkungen (Emissionen klimarelevanter Gase, Gewässerbe-

lastung) bei der Produktion tierischer Nahrungsmittel deutlich über jenen der pflanzlichen Nahrungsmittel liegen. Auch die Vorteile einer regionalen Produktion aufgrund der für die Versorgung geringeren Transportwege oder einer saisonaler Versorgung durch verringerten Aufwand für Haltbarmachung, liegen auf der Hand. Ethische Fragen in Hinblick auf eine industrielle Tierproduktion (Massentierhaltung und deren Auswüchse) sind ein relevanter sozialer Aspekt der Diskussion.

Quantitative Aussagen zum Zusammenhang zwischen Ernährung und Ressourcenbedarf werden überwiegend auf globaler Ebene gemacht (z.B. das der Flächenbedarf einer Produktion tierischer Nahrungsmittel um ein Zehnfaches über dem Flächenbedarf der Produktion pflanzlicher Nahrungsmittel liegt, oder dass die Nährstoffeffizienz bei der Produktion pflanzlicher Nahrungsmittel fünfmal so hoch ist, wie bei tierischen). Generelle quantitative Zusammenhänge werden auf die globale Ebene hochgerechnet und daraus generelle Aussagen abgeleitet. Dies ist zum einen verständlich und richtig, da es sich bei Problembereichen wie Energieverbrauch, der Klimarelevanz von Luftemissionen oder auch beim Verbrauch der begrenzten Ressource Phosphor als wesentlichem Pflanzennährstoff um globale Probleme handelt und auch die Lebensmittelversorgung der Weltbevölkerung zunehmend zu einer globalen Fragestellung wird. Zum anderen birgt diese Vorgangsweise auch die Gefahr, mit zu allgemeinen Ansätzen zu arbeiten und damit für quantitative Aussagen über Zusammenhänge auf regionaler und lokaler Ebenen keine realistische Darstellung zu liefern. Regionale Standortbedingungen (z.B. regionale Flächenverfügbarkeit von Grünland und Ackerland oder Wasserverfügbarkeit) bzw. nationaler Entwicklungsstand und gesetzliche Rahmenbedingungen spielen bei den Umweltauswirkungen der Nahrungsmittelproduktion jedoch eine ganz entscheidende Rolle. Zudem sind Umweltauswirkungen, wie die Beeinflussung des Wasserhaushaltes oder Auswirkungen der Gewässerbelastung auf die Gewässerökologie, weitgehend von regionalen Faktoren wie der lokalen Wasserverfügbarkeit abhängig und damit auf globaler Ebene nicht fassbar. So ist z.B. der Wasserverbrauch für die Fleischproduktion in Österreich auf Grund der hohen Wasserverfügbarkeit kein entscheidendes Thema, während in anderen Ländern (z.B. China) gerade hierin eine entscheidende Problematik besteht.

Das Projekt „Gesunde Ernährung und Nachhaltigkeit“ (GERN) hat sich zum Ziel gesetzt, die Zusammenhänge zwischen Ernährung, Nahrungsmittelproduktion, Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung unter den regionalen Standortbedingungen Österreichs zu untersuchen und in den Kontext der Gesundheitsrelevanz für die österreichische Bevölkerung zu stellen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der quantitativen Darstellung naturwissenschaftlicher Zusammenhänge. Die quantitativen Aussagen haben aufgrund der regionalen Fokussierung nur für Österreich Gültigkeit. Die methodische Vorgangsweise soll jedoch auch auf andere Regionen und Länder übertragbar sein.

2. Methodik

Der erste Schritt der Umsetzung des Forschungsvorhabens besteht in einer möglichst umfangreichen, quantitativen Erfassung des Zusammenhangs zwischen Gesundheit, Ernährung, landwirtschaftlicher Produktion, regionalem Wasser- und Stoffhaushalt, Energieumsätzen sowie Umweltbelastungen und deren Bewertung im regionalen Zusammenhang für einen Referenzzeitraum (2001-2006). *Abbildung 1* zeigt eine schematische Darstellung der zu betrachteten Bereiche und der benötigten Informationen zu deren Vernetzung.

Ausgangspunkt für die Betrachtung ist die Ernährung. Diese beeinflusst die menschliche Gesundheit. Dieser Zusammenhang wird anhand epidemiologischer Studien (v.a. Querschnittsstudien, Fall-Kontroll-Studien, prospektive Kohortenstudien, Observationsstudien und randomisierte klinische Studien) untersucht. Für das vorliegende Forschungsvorhaben wurde entsprechende Literatur ausgewertet.

Grundlage für die Erfassung des Zusammenhangs zwischen Ernährung und landwirtschaftlicher Produktion, der Erstellung von Stoffbilanzen und Berechnung von Energieverbräuchen, sowie der Erfassung der Beeinflussung von Boden, Wasser, Luft und des Ressourcenverbrauches sind Güter- bzw. Sachbilanzen. Diese Güterbilanzen umfassen den Einsatz von Betriebsmitteln in der Landwirtschaft (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Treibstoffe etc.), die Produktionsmengen (Erntemengen, Tierzahlen, tierische Produkte) sowie Exporte, Import, Verluste der Lebensmittelverarbeitung und -aufbereitung, sonstige Verwendungen landwirtschaftlicher Produkte und Verzehrsmen-

gen (siehe auch Zessner *et al.*, 2011 und Thaler *et al.*, 2011). Weiters werden jene Güterflüsse betrachtet, die nötig sind, um die Bedeutung der durch die landwirtschaftliche Produktion ausgelösten Energieverbräuche und Stoffflüsse im regionalen bzw. nationalen Zusammenhang bewerten zu können.

Für die Erstellung von Energiebilanzen und für die Berechnung von Luftemissionen und deren Klimarelevanz wurde das „Globale Emissions Modell Integrierter Systeme“ (GEMIS, Institut für angewandte Ökologie e.V. 2008 bzw. Umweltbundesamt 2007)¹ verwendet (siehe auch Steinmüller und Fazeni, 2011). Die regionalen Stoffbilanzen wurden basierend auf der Stoffflussanalyse von Baccini, Brunner (1991) durchgeführt (siehe auch Thaler *et al.*, 2011) und im Rahmen dieser Stoffflussanalyse das Emissionsmodell MONERIS (Modelling Nutrient Emissions in River Systems, Behrendt *et al.*, 1999) zur Quantifizierung der Nährstoffemissionen in die Gewässer herangezogen (siehe auch Schilling *et al.*, 2011).

Als zweiter Schritt wurden Szenarien definiert und diese auf Basis der im Referenz-Zustand quantitativ abgeleiteten Zusammenhänge berechnet. Die wesentliche Voraussetzung für diese Vorgangsweise ist es, dass sich die grundlegenden Zusammenhänge (stoffliche und energetische Effizienz von Produktions- und Verarbeitungsverfahren) zwischen Referenz-Zustand und Szenarien nicht verändern, oder falls Veränderungen vorgenommen werden, diese begründet und gezielt gewählt werden. In *Abbildung 2* ist die erforderliche Vernetzung der betrachteten Bereiche für die Beschreibung und Bewertung der Szenarien dargestellt. Bei den Szenarien sind die Anforderungen an die Ernährung, die sich auf Grund der Gesundheitsvorsorge ergeben, der Ausgangspunkt. Über im deutschen Sprachraum gültige lebensmittelbasierten Ernährungsempfehlungen (DGE, 2004) wird die in Österreich für eine ausgewogene Ernährung benötigte Nahrungsmittelmenge festgelegt. Auf Basis des über den Referenz-Zustand abgeleiteten Zusammenhangs zwischen Verzehrsmenge und benötigter Produktionsmenge wird eine zur Bereitstellung der ausgewogenen Ernährung benötigte Produktionsmenge ermittelt. Dabei müssen auch Exporte und Importe berücksichtigt werden. Die erforderlichen Produktionsmengen stellen nun die Grundlage für die Berechnung der Änderungen in den Energieverbräuchen und in den Stoffbilanzen dar, die wiederum die Grundlage zur Quantifizierung der Belas-

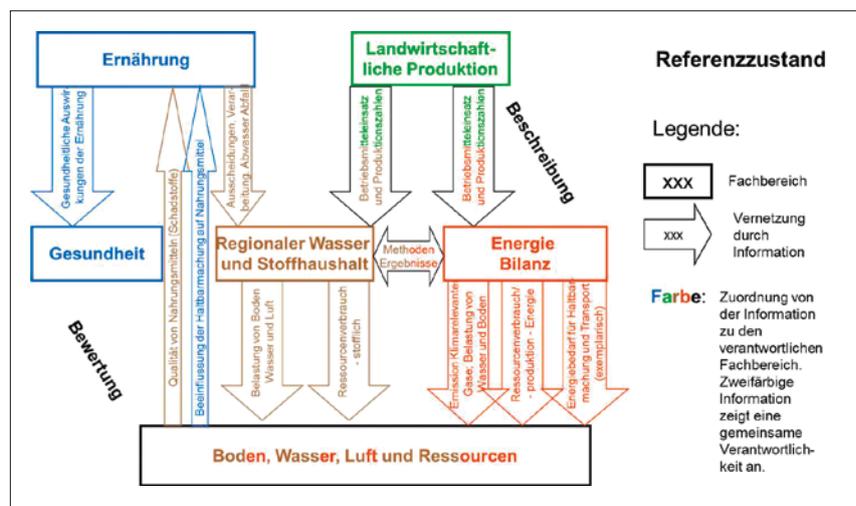


Abb. 1: Vernetzung der Fachbereiche durch Informationsfluss im Referenzzustand

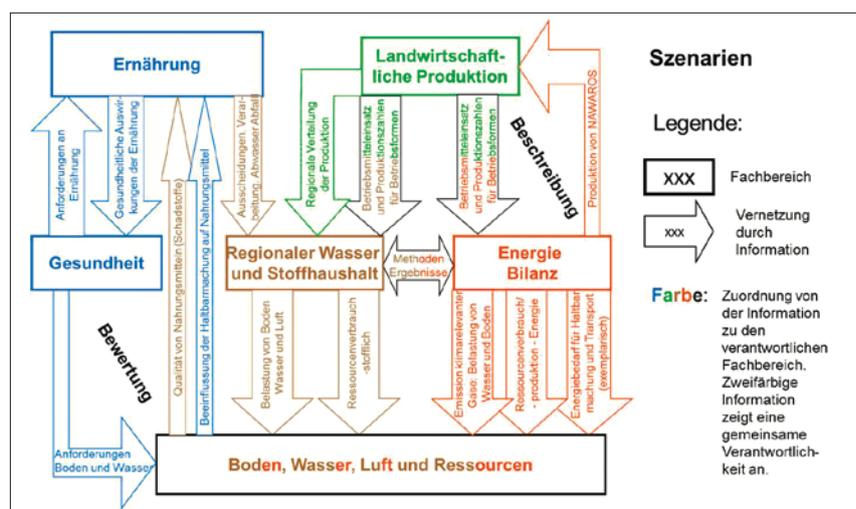


Abb. 2: Vernetzung der Fachbereiche durch Informationsfluss bei Beschreibung und Bewertung der Szenarien (NAWAROS = nachwachsende Rohstoffe)

tung von Boden, Wasser und Luft bzw. des Ressourcenbedarfs sind.

3. Betrachtung von Szenarien in GERN

3.1. Grundlegende Überlegungen

Szenarien sind keine Prognosen für die Zukunft. Zumeist sind sie jedoch in die Zukunft gerichtet und sollen mögliche Entwicklungen betrachteter Systeme darstellen. Szenarien müssen auf einem Referenz- oder Ist-Zustand aufbauen und sich auf das Verständnis der Verhältnisse und Zusammenhänge des Systems stützen. Szenarien entstehen durch virtuelle Veränderungen des Systems: durch Definition geänderter Rahmenbedingungen und Handlungsweisen.

Im Projekt GERN wurde der Begriff „rückschauendes Szenario“ geprägt. Das rückschauende Szenario lässt die Rahmenbedingungen einer vergangenen Referenzperiode unverändert, rechnet jedoch mit geänderten Handlungsweisen. Damit wird abgebildet, wie sich die geänderten Handlungsweisen auf das System in der Referenzperiode ausgewirkt hätten.

Zukunftsbezogene Szenarien – das sind zukunftsorientierte Projektionen – haben den Vorteil der herkömmlichen Auffassung vom Begriff „Szenario“ besser zu entsprechen. Wenn es gelingt die zukünftigen Veränderungen von Rahmenbedingungen gut abzubilden, können mögliche Entwicklungen plausibler dargestellt werden. In den Szenarien des Projektes GERN sind folgende Rahmenbedingungen von großer Bedeutung: Verluste an land-

wirtschaftlicher Fläche durch Versiegelung und Verwaltung, Effizienzsteigerung der landwirtschaftlichen Produktion, Bevölkerungsentwicklung in Österreich, Agrarpolitik und in weiterer Zukunft Klimaveränderungen. Für eine zukunftsbezogene Szenarienbetrachtung ist ein Baseline-Szenario erforderlich, welches das System bei gleichbleibenden Handlungsweisen aber geänderten Rahmenbedingungen abbildet. Das Baseline-Szenario dient dann als Referenz für jene Szenarien, in denen die Auswirkungen geänderter Handlungsweisen unter zukünftigen Rahmenbedingungen berechnet werden. Der Nachteil zukunftsbezogener Szenarien liegt darin, dass Veränderungen von Rahmenbedingungen festgelegt werden müssen. Sind diese Veränderungen nicht oder nur mit großen Unsicherheiten prognostizierbar, kann dies zu Problemen der Plausibilität der Szenarien führen. Auch besteht die Gefahr, dass falsche Einschätzungen von Veränderungen von Rahmenbedingungen auch dazu führen können, dass auch die davon nicht betroffenen Ergebnisse eines Szenarios nicht mehr glaubwürdig erscheinen.

Der Vorteil von rückschauenden Szenarien ist ihre Unabhängigkeit von Unsicherheiten der Prognosen für die Veränderung von Rahmenbedingungen. Die Rahmenbedingungen gegenüber einer beobachteten Referenzperiode unverändert belassen. Lediglich die Veränderung gewisser Handlungsweisen (z.B. Ernährungsgewohnheiten) wird angenommen und der Einfluss dieser Veränderungen auf das System abgebildet. Durch dieses Gedankenexperiment wird also ausschließlich der Einfluss von bestimmten Handlungsweisen auf das System betrachtet. Damit ist auch kein Baseline-Szenario nötig, sondern die Ergebnisse der Szenarienbetrachtung können direkt mit der beobachteten Referenzperiode verglichen werden. Für diese Vorgangsweise spricht auch, dass sie nicht mit einer Prognose für die Zukunft verwechselt werden kann. Es ist klar, dass es sich dabei lediglich um eine methodische Vorgangsweise handelt, um die Auswirkungen unterschiedlicher Handlungsweisen auf ein System darzustellen. Der Nachteil dieser Vorgangsweise ist, dass sich eine Veränderung der Rahmenbedingungen auch auf den Vergleich zwischen veränderten Handlungsweisen auswirken kann. Dies wird im rückwärtsgerichteten Szenario nicht berücksichtigt.

Trotz dieser Schwachstelle der rückschauenden Szenarienbetrachtung wird

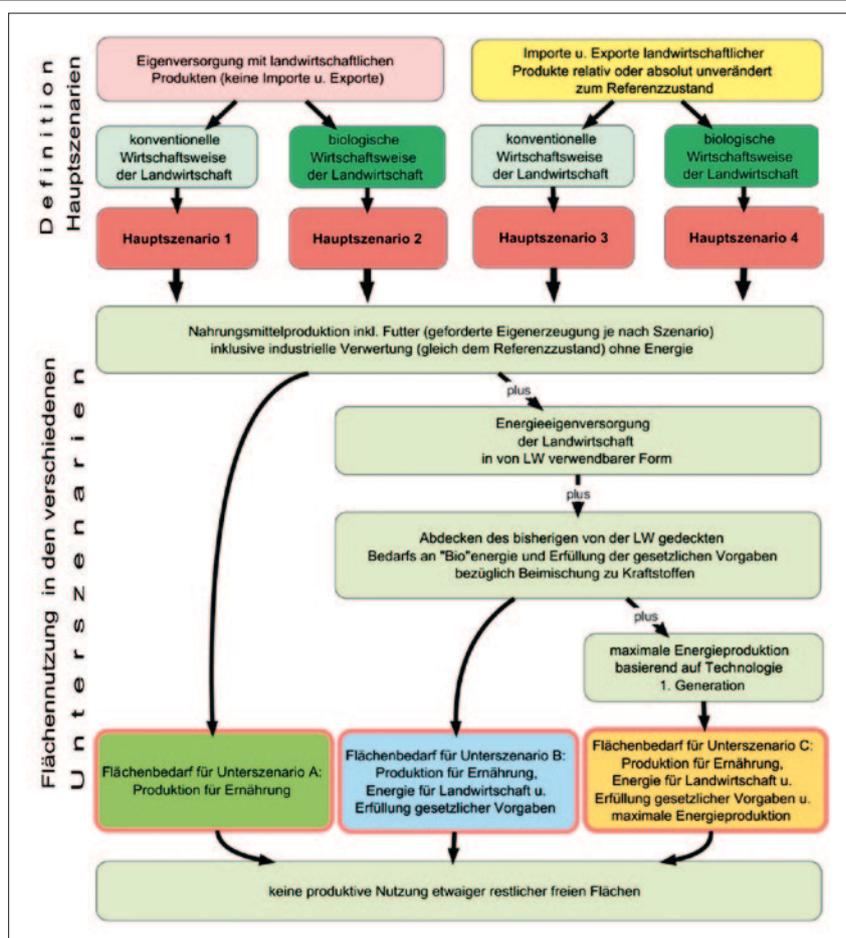


Abb. 3: Darstellung der betrachteten Szenarien.

von allen Projektbeteiligten diese Darstellung des Einflusses von Ernährungsgewohnheiten auf das System landwirtschaftlicher Produktion, Ressourcenverbrauch, Umweltbelastung und Gesundheit in GERN bevorzugt. Denn der Focus dieses Projektes liegt auf der Evaluierung des Einflusses der Ernährungsgewohnheiten auf das System und nicht auf einer möglichst realitätsnahen Abbildung einer möglichen Zukunft. Zudem ist die zukünftige Veränderung einiger der wichtigen Rahmenbedingungen nicht oder nur mit sehr großen Unsicherheiten abzuschätzen (Bevölkerungsentwicklung in Österreich, agrarpolitische Veränderungen, Änderungen des Klimas).

Eine mögliche Methodik dem Dilemma, welches sich durch die Unsicherheit der Veränderung von Rahmenbedingungen ergibt, zu entgehen, ist es die Sensitivität der Ergebnisse der Szenarienberechnungen auf veränderte Rahmenbedingungen zu testen. Dies würde jedoch die Anzahl der zu betrachtenden Szenarien auf ein Vielfaches erhöhen. Aufgrund der Komplexität des betrachteten Systems

und des damit verbundenen Aufwandes für die Berechnung eines Szenarios, ist dies im Rahmen des Projektes nicht leistbar. Es wird jedoch erforderlich sein im Zuge der Interpretation der Ergebnisse die methodischen Einschränkungen zu berücksichtigen und zumindest qualitativ auf die Bedeutung veränderlicher Rahmenbedingungen einzugehen.

3.2. Definition der Szenarien

Als Referenzzustand, mit dem in weiterer Folge die unterschiedlichen Szenarien verglichen werden, wird die Situation der Jahre 2001-2006 in Österreich festgelegt. Diese Definition ist darin begründet, dass einerseits auf eine möglichst breite Datenbasis zurückgegriffen werden kann und andererseits witterungsbedingte Schwankungen durch eine Betrachtung von mehreren Jahren abgemindert werden sollen.

Als generelle Vorgabe für alle weiteren Szenarien wird davon ausgegangen, dass eine ausgewogene Ernährung entsprechend der DGE-Vorgaben (DGE, 2004) in Österreich realisiert wird (siehe Zessner *et*

al., 2011) und die Nahrungsmittelproduktion auf diese Anforderungen abgestimmt wird. Für den Fleischkonsum wird dabei angenommen, dass eine proportionale Veränderung des Konsums aller Fleischsorten in gleicher Weise erfolgt. Nicht geändert werden die Produktion und der Konsum von alkoholischen Getränken, wie Wein, Bier und Spirituosen.

Unterschiede in den Szenarien ergeben sich durch die Art der landwirtschaftlichen Produktion (biologisch oder konventionell), die angenommenen Exporte und Importe (Eigenversorgung oder Importe und Exporte abgeleitet aus der derzeitigen Situation) und der Verwendung jener Flächen, die nicht für eine Nahrungsmittelproduktion benötigt werden (natürliche Sukzession bzw. Landschaftspflege oder Produktion nachwachsender Rohstoffe).

Als generelle Festlegungen für alle Szenarien wird von einer gleichbleibenden Effizienz der landwirtschaftlichen Produktion in Österreich ausgegangen. Das bedeutet, dass die Produktion eines bestimmten Produktes bei konventioneller landwirtschaftlicher Bewirtschaftung in den Szenarien im österreichischen Durchschnitt denselben Betriebsmitteleinsatz benötigt wie die konventionelle Bewirtschaftung im Referenzzeitraum. Dasselbe gilt für biologische bzw. bäuerlich naturnahe Produktion allerdings auf einem anderen Niveau. Auch die Effizienz der Verarbeitung wird unverändert angenommen. Das heißt aus der Ernte von 1 kg Weizen wird in den Szenarien dieselbe Menge an Nahrungsmittel für den Verzehr zur Verfügung gestellt wie im Referenz-Zustand. Für die Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche wird davon ausgegangen, dass keine Waldflächen zur landwirtschaftlichen Nutzung herangezogen werden. Die Ausdehnung der Bracheflächen wird im selben Ausmaß angenommen, wie es dem Referenzzeitraum entspricht.

Abbildung 3 stellt die grundlegenden Festlegungen zur Unterscheidung der Szenarien zusammen. *Szenario 1* geht von einer Eigenversorgung der österreichischen Bevölkerung aus der landwirtschaftlichen Produktion Österreichs mit konventioneller Produktionsweise aus. Im *Unterszenario 1A* werden neben den Nahrungsmitteln auch jene Produkte für eine industrielle bzw. energetische Nutzung produziert, welche bereits im Referenzzeitraum 2001 bis 2006 genutzt wurden. Bei landwirtschaftliche Flächen, die weder für die Produktion von Nahrungs- und Futtermittel noch für NAWAROs benötigt

werden, wird davon ausgegangen, dass diese Flächen gleichmäßig über die Regionen Österreichs aus der landwirtschaftlichen Produktion genommen und entweder einer natürlichen Sukzession oder der Landschaftspflege unterworfen werden. Diese Flächen werden somit nicht gedüngt. *Unterszenario 1B* geht davon aus, dass im *Unterszenario 1A* nicht benötigte Fläche soweit für die Energieproduktion genutzt wird, wie es zur energetischen Eigenversorgung der Landwirtschaft und der Erfüllung der gesetzlichen Beimgungspflichten von 5,25% Bioethanol zum Benzin bzw. Biodiesel zum Diesel benötigt werden würde. Im *Unterszenario 1C* wird zudem betrachtet, welches Potential zur Erzeugung von Energieträgern aus landwirtschaftlicher Produktion gegeben ist, wenn abgesehen von extensivem Grünland alle derzeit unter landwirtschaftlicher Produktion stehenden Flächen zur Produktion von Nahrungsmitteln, Futtermitteln oder NAWAROs genutzt werden. Die Flächennutzung entspricht damit der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche Österreichs ohne nicht benötigte extensive Grünlandflächen.

Szenario 2 legt den Berechnungen eine Eigenversorgung über Produkte zugrunde, welche im Rahmen einer biologischen Landwirtschaft hergestellt wurden. Soweit ausreichend Flächen vorhanden sind, werden die *Unterszenarien 2A, 2B und 2C* analog zum *Szenario 1* behandelt.

Reisproduktion ist in Österreich nicht möglich. Für die Szenarien 1 und 2 (Eigenversorgung) wird daher davon ausgegangen, dass Reis durch andere stärkehaltige Nahrungsmittel (Getreide, Kartoffel) ersetzt wird. Der Hartweizenanbau als Grundlage für die Nudelproduktion ist in Österreich nur in Gunstlagen wirtschaftlich sinnvoll. Es wird von einer Eigenproduktion ausgegangen, die maximal der in Österreich sinnvoll möglichen entspricht. Der Rest wird allenfalls durch anderes Getreide und Kartoffel ersetzt. Südfrüchte werden durch heimische Obstsorten ersetzt.

Auf Basis von Ernährungsempfehlungen sollte der Fischkonsum in Österreich deutlich gesteigert werden. Eine entsprechende Versorgung über inländische Eigenproduktion ist nicht realisierbar (siehe auch Zessner *et al.*, 2011). Zudem hat auch die Eigenproduktion aufgrund des geringen Gehaltes an Omega-3-Fettsäuren in Süßwasserfischen nur geringe Relevanz für eine entsprechende Versorgung der Bevölkerung. Für die Szenarien mit Eigenversorgung wird davon ausgegangen, dass

die für eine ausgewogene Ernährung erforderlichen Omega-3-Fettsäuren über Öle (Leinöl, Walnussöl) zur Verfügung gestellt werden.

Szenario 3 geht wie *Szenario 1* von einer konventionellen landwirtschaftlichen Produktion aus. Allerdings wird diesem *Szenario* ein Export und Import von Nahrungsmitteln und Futtermitteln zugrunde gelegt. Es wird angenommen, dass sich der Netto-Import (Import minus Export ist positiv) proportional zur Veränderung der in Österreich benötigten Nahrungsmittel- und Futtermittelmengen verändert. Der Netto-Export (Export minus Import ist positiv) bleibt gegenüber dem Referenz-Zustand konstant. Für das *Szenario* mit Export und Import kann eine Fisch-Versorgung weiter über Seefisch erfolgen. Da allerdings international das Potential der Weltmeere bereits mehr als ausgeschöpft ist, wird davon ausgegangen, dass der Import an Seefisch nicht ausgeweitet wird, sondern am derzeitigen Stand bleibt. Ein Mangel an Omega-3-Fettsäuren wird wieder durch zusätzliche Versorgung mit entsprechenden Ölen realisiert (Leinöl, Walnussöl). Die *Unterszenarien 3A, 3B und 3C* werden wieder analog zu den *Unterszenarien* des *Szenario 1* behandelt.

Szenario 4 geht von einer biologischen Produktion und vom Export und Import von Nahrungs- und Futtermitteln aus. Exporte und Importe werden wie im *Szenario 3* festgelegt. Die *Unterszenarien 4A, 4B und 4C* werden analog zu den anderen *Szenarien* definiert.

3.3. Möglichkeiten und Grenzen der Szenarien Betrachtung

Für alle jene Aspekte, für die eine quantitative Darstellung des Zusammenhanges zwischen Gesundheit, Ernährung, Nahrungsmittelproduktion, Ressourcenverbrauch und Umweltbelastungen für den Referenz-Zustand möglich war, können die Auswirkungen von in den Szenarien angenommen Änderungen von Handlungsweisen dargestellt werden. Dies ermöglicht eine quantitative Darstellungen der geänderten Handlungsweisen auf

- das landwirtschaftliche Produktionsvolumen unter Berücksichtigung von Export und Import,
- den Flächenbedarf für die Nahrungsmittelproduktion,
- das Nutzungspotential für nachwachsende Rohstoffe bzw. Energieproduktion und den entsprechenden Flächenbedarf,

- den Energiebedarf für die landwirtschaftliche Produktion,
- die Luftemissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion und deren Klimarelevanz,
- den Nährstoffbedarf und damit den Ressourcenverbrauch der landwirtschaftlichen Produktion,
- die Gewässeremissionen (Schwerpunkt Nährstoffe) aus der landwirtschaftlichen Produktion und der Abwasserentsorgung sowie
- deren Relevanz für den Gewässerschutz im regionalen Kontext.

Neben diesen Aspekten wurden einige weitere Aspekte betrachtet und in Beziehung zu den Szenarien gebracht. Diese Aspekte sollen für eine qualitative Bewertung der Szenarien im Gesamtzusammenhang genutzt werden:

- Darstellung der Belastungen unterschiedlicher Nahrungsmittel mit Rückständen und Verunreinigungen zur Evaluierung einer allfälligen Änderung der Belastung der Bevölkerung mit Rückständen und Verunreinigungen aus Nahrungsmitteln durch eine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten,
- Darstellung der Ernährungs-assoziierten Gesundheitskosten,
- Darstellung der Unterschiede in der Gesundheitsrelevanz von biologisch und konventionell produzierten Nahrungsmitteln,
- Darstellung der Gesundheits- und Energierelevanz von Haltbarmachungsformen anhand von Beispielen,
- Vergleichende Darstellung des Energieverbrauches für den Transport zur Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln.

Mit dem gewählten Ansatz ist eine Reihe von Einschränkungen verbunden, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind. Nochmals sei darauf hingewiesen, dass es nicht das Ziel der Szenarien ist, die Zukunft abzubilden bzw. nicht einmal mögliche zukünftige Zustände darzustellen. Auch dürfen die Szenarien nicht als Zukunftsvisionen missverstanden werden, die angestrebt oder vermieden werden sollen. Die in GERN verwendete Szenarienbetrachtung ist als wissenschaftliche Methode zu verstehen, welche es ermöglicht die Auswirkungen unterschiedlicher Handlungsweisen unter gleichbleibenden Rahmenbedingungen auf das betrachtete System darstellen zu können. Diese Betrachtung soll dazu dienen die komplexen Zusammenhänge bes-

ser zu verstehen und eine Vorstellung von der quantitativen Relevanz der Handlungsweisen zu vermitteln. Dies hilft bei der Beurteilung unterschiedlicher Handlungsweisen und der Festlegung von Strategien für die Zukunft. Eine Berechnung der Zukunft ist es deshalb jedoch noch nicht.

Die regionale Betrachtungsebene ist Österreich. Regionale Besonderheiten in den Regionen Österreichs werden bei der Darstellung des Referenzzustandes berücksichtigt, bei der Berechnung der Auswirkungen von geänderten Handlungsweisen muss jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Handlungsweisen in den verschiedenen Regionen Österreichs in gleicher Weise geändert werden. Rahmenbedingungen, die auf die quantitative Auswirkung von Handlungsweisen eine Auswirkung haben können, in dem Projekt aber nicht berücksichtigt wurden, da die Unsicherheiten bei der Festlegung und den Auswirkungen dieser Rahmenbedingungen, die Unsicherheiten der Ergebnisse erhöhen würden, sind z.B.:

- zukünftige Veränderungen des Klimas,
- eine Änderung der Effizienz der landwirtschaftlichen Produktion (Ausnahme: biologische Produktionsformen im Vergleich zu konventionellen Produktionsformen),
- Änderung der Effizienz der Verarbeitung von Nahrungsmitteln,
- Änderungen rechtlicher Rahmenbedingungen als Steuerungselement für eine landwirtschaftliche Produktion und
- Verluste an landwirtschaftlichen Flächen durch Versiegelung.

Zudem wird eine Veränderung des Getränkekonsums bei diesen Untersuchungen nicht betrachtet. Es wird davon ausgegangen, dass der Konsum an Getränken unverändert bleibt.

4. Zusammenfassung relevanter Ergebnisse

In den Publikationen von Schilling *et al.* (2011), Steinmüller und Fazeni (2011), Thaler *et al.* (2011) und Zessner *et al.* (2011), welche im vorliegenden Heft der Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaft erschienen sind, werden Teilbereiche der vorgestellten Untersuchungen erläutert und Ergebnisse präsentiert. Bisher wurden lediglich das Szenario 1 mit den Unterszenarien 1A, 1B und 1C im Detail berechnet und in den erwähnten Publika-

tionen beleuchtet. Wesentliche Einzelergebnisse, die bereits auf Basis dieser Betrachtungen vorliegen, werden im Folgenden im Gesamtzusammenhang dargestellt.

- Einer ausgewogenen Ernährung kommt vor allem im Hinblick auf die Verringerung des Risikos für Krebs und Herz-Kreislaufkrankungen eine wichtige Bedeutung zu.
- Die Ernährung der österreichischen Bevölkerung weicht im Mittel deutlich von den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für eine ausgewogene Ernährung (DGE-Ernährungspyramide) ab. Der Fleischkonsum sollte um ca. 60 % gesenkt, der Obst- und Gemüsekonsum um 50 % bzw. 60 % gesteigert und der Fischkonsum verdoppelt werden.
- Zur Ernährung der österreichischen Bevölkerung wird derzeit deutlich mehr Ackerfläche benötigt (ca. 400 m² pro EinwohnerIn) als in Österreich vorhanden ist. Eine Umstellung der Ernährungsgewohnheiten hin zu einer Ernährung, welche den lebensmittelbasierten Empfehlungen der DGE entspricht, würde den Flächenbedarf für die Nahrungsmittelproduktion der österreichischen Bevölkerung um knapp 30 % bzw. 1000 m²/EinwohnerIn senken. Österreich würde dann für die Ernährung der Bevölkerung deutlich weniger als die vorhandene landwirtschaftliche Fläche benötigen. Nicht für die Ernährung benötigte Flächen könnten für Energiegewinnung genutzt werden.
- Beim Fisch können die Ernährungsempfehlungen nicht durch österreichische Produktion erfüllt werden. Auch eine weltweite Erhöhung der Fischproduktion zur Deckung der von Seiten der Ernährungswissenschaften empfohlenen Verzehrsmengen ist aufgrund der begrenzten Kapazität der Weltmeere problematisch. Eine Substitution von Fisch zur Versorgung mit den benötigten alpha-Linolensäure über Pflanzenöle wie Leinsamen-, Walnuss- und Rapsöl ist möglich.
- Der Ressourceneinsatz an Pflanzennährstoffen für die Nahrungsmittelproduktion in Österreich würde sich bei Umsetzung einer ausgewogenen Ernährung für Stickstoff und Phosphor im Vergleich zum Referenzzeitraum um etwa 37 % (7,2 kg N/(E.a)) bzw. etwa 20 % (0,6 kg P/(E.a)) reduzieren. Werden Flächen, die nicht für eine

Nahrungsmittelproduktion genutzt werden, zur Produktion nachwachsender Rohstoffe (Bioenergie) eingesetzt, reduziert sich die Einsparung an von der Landwirtschaft benötigten Pflanzennährstoffen auf etwa 17% für Stickstoff und für Phosphor auf < 2%.

- Der Nettoexport an Stickstoff über die Fließgewässer Österreichs würde bei Eigenversorgung mit ausgewogener Ernährung gegenüber dem Referenzzeitraum um ca. 15% bzw. ca. 1,3 kg N/(E.a), die NH_x Emissionen in die Luft um ca. 41% bzw. ca. 3 kg N/(E.a) zurückgehen. Durch luftbürtigen Transport von reaktivem Stickstoff kommt es zu einer grenzüberschreitenden Beeinflussung durch Stickstoffdepositionen. Vergleichbare Verhaltensänderungen in Österreichs Nachbarländer hätten demgegenüber auch wieder eine Auswirkung auf die NH_x -Depositionen in Österreich und damit auf die N-Emissionen in die Österreichischen Gewässer. Die Reduktion des Nettoexportes an Stickstoff würde in diesem Fall auf etwas über 21% ansteigen.
- Werden freierwerdende landwirtschaftliche Produktionskapazitäten zur Produktion von Bioenergie genutzt, erhöhen sich die Emissionen in die Gewässer wieder. Aber selbst bei einer maximalen Ausnutzung der Produktion von Bioenergie in der österreichischen Landwirtschaft bleiben die N-Emissionen unter jenen des Referenzzeitraumes.
- Bei Phosphor wird durch die Ernährungs- und Produktionsumstellung nur eine geringfügige Verringerung der Gewässerbelastungen erreicht. Hier sind andere Maßnahmen wie Erosionsschutz oder weitergehende Abwasserreinigungsmaßnahmen effektiver.
- Die Umstellung auf eine Eigenversorgung der österreichischen Bevölkerung basierend auf einer ausgewogenen Ernährung, würde den kumulierten Energieaufwand (KEA) für die landwirtschaftliche Produktion um etwa 38% bzw. rund 50 W/EinwohnerInnen senken. Die Emissionen an CO_2 -Äquivalenten aus der landwirtschaftlichen Produktion würden um ca. 35% bzw. ca. 300 kg/(E.a) zurückgehen.
- Eine maximal mögliche Produktion von Bio-Energie auf den nicht für die Nahrungsmittelproduktion benötigten Flächen würde zusätzlich einen KEA von etwa 7 W/E bedeuten und ca. 50 W/E in Form von Bioenergie zur Verfügung stellen können.

Die Zusammenstellung zeigt, dass eine Er-

nährungsumstellung der österreichischen Bevölkerung in den Bereichen Gesundheitsvorsorge, Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung zu Verbesserungen führen kann. Dabei sind regionale bzw. nationale, überregionale und globale Aspekte zu betrachten.

Regional und national ist vor allem die verbesserte Gesundheitsvorsorge, eine potentielle Erhöhung des Eigenversorgungsgrades in der Nahrungsmittelproduktion bei geringerem Ressourcenaufwand und ein Potential zur Verringerung der lokalen Grundwasser- und Fließgewässerbelastung mit Nitrat zu sehen.

Überregional hätte die betrachtete Veränderung – vor allem, wenn sie auch in anderen Staaten Europas zum Tragen käme – das Potential, die Problematik der Meereseutrophierung deutlich zu entschärfen.

Wird die Ernährung der zunehmend wachsenden Weltbevölkerung als gemeinsames Problem der Staatengemeinschaft erkannt, zeigt sich die globale Relevanz der Ernährungsgewohnheiten auch in Österreich vor allem in Hinblick auf den Flächenbedarf für die Nahrungsmittelproduktion. Landwirtschaftliche Fläche ist in Österreich, aber auch global, eine begrenzte Ressource. Eine möglichst effektive Nutzung zur Bereitstellung der benötigten Nahrung ist damit eine Notwendigkeit. Ernährungsgewohnheiten sind ein Schlüssel für eine effektive Nutzung der Ressource „landwirtschaftliche Fläche“. Daneben ist jedoch die Eigenversorgung der Bevölkerung nicht als Dogma anzusehen, sondern neben der regionalen Versorgung der Bevölkerung wären auch Aspekte zur optimalen Nutzung von Standortbedingungen in zukünftige Überlegungen aufzunehmen.

In Hinblick auf den globalen Ressourcenbedarf würde eine Ernährungsumstellung in Österreich auch zu einer wesentlich effektiveren Nutzung von reaktivem Stickstoff beitragen. Dies ist im Weiteren vor allem in Hinblick auf den Energieverbrauch relevant, da reaktiver Stickstoff durch Energieeinsatz aus Luftstickstoff gewonnen werden kann. Auch die begrenzte Ressource Phosphor würde durch eine Ernährungsumstellung deutlich effektiver genutzt werden. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass das Potential einer Effizienzsteigerung der Phosphornutzung in Hinblick auf die Wiederverwendung urbaner Abfälle (Klärschlamm, Tiermehl), noch über dem Potential einer Effizienzsteigerung über einer Ernährungsumstellung liegt.

Auch Energieaufwand und Ausstoß klimarelevanter Gase, welche durch die Nah-

rungsmittelversorgung induziert werden, könnten sich in Österreich durch einen Umstieg auf eine ausgewogene Ernährung deutlich verringern. Im Gegensatz zum Ressourcenverbrauch an landwirtschaftlicher Fläche und Phosphor, wo die Nahrungsmittelproduktion den dominanten Hauptaspekt darstellt, ist im Bereich Energieaufwand und Emissionen klimarelevanter Gase die Nahrungsmittelproduktion nur ein Teilaspekt eines vielfältigen Verursacherspektrums. Insgesamt lassen sich somit Energiebedarf und Ausstoß klimarelevanter Gase Österreichs durch eine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten allein nur im Bereich weniger Prozentpunkte verändern. Trotzdem ist dieser Bereich einer von vielen, die in Summe zu einer Verbesserung der Situation beitragen könnten. So liegt z.B. das Potential der Energieeinsparung durch eine Ernährungsumstellung in Österreich bei ca. einem Drittel des gesamten Stromverbrauch der Haushalte, bzw. liegt das Potential zur Reduktion der Emission treibhausrelevanter Gase über den gesamten Emissionen der Abfall- und Abwasserwirtschaft.

Der potentielle Beitrag zur Energieversorgung aus nachwachsenden Rohstoffen der landwirtschaftlichen Produktion sollte nicht überbewertet werden. Doch führt eine zurückgehende Tierproduktion zu einem deutlich verringerten KEA und Flächenbedarf für die Nahrungsmittelproduktion. Werden auf den frei werdenden Flächen nachwachsende Rohstoffe zur Energieproduktion erzeugt, kann mehr als die Hälfte des nach Ernährungsumstellung reduzierten KEA der Landwirtschaft über Energieproduktion aus der Landwirtschaft kompensiert werden.

Die Schonung der Ressource Wasser, der weltweit bei der Nahrungsmittelproduktion eine ganz entscheidende Bedeutung zukommt, ist für Österreich aufgrund des reichlichen Wasserdargebots in weiten Teilen des Landes nicht in gleichem Maße relevant.

Neben dem Verbesserungspotential, das durch eine Ernährungsumstellung im Bereich Gesundheitsvorsorge, Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung gegeben ist, hätte eine entsprechende Umstellung natürlich auch gravierende Auswirkungen auf den Wirtschaftssektor Landwirtschaft. Ziel dieser Arbeit war es daher nicht Handlungsvorschläge zu erarbeiten, sondern lediglich die Auswirkungen einer Ernährungsumstellung in Hinblick auf Ressourcenbedarf und Umweltbelastung unter den Rahmenbedingungen Österreichs quantitativ darzustellen.

Weitere Betrachtungen im Rahmen der Forschungsvorhabens „GERN“ werden sich mit der Frage von Auswirkungen einer biologischen Produktion zur Bereitstellung einer ausgewogenen Ernährung und dem damit verbundenen Ressourcenverbrauch bzw. der damit verbundenen Umweltbelastung auseinandersetzen.

5. Danksagung

Diese Veröffentlichung ist aus dem Projekt „GERN“ hervorgegangen. „GERN“ ist ein Projekt im Rahmen des Programmes proVISION, welches durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung gefördert wird. Das Programm proVISION setzt die österreichische Stra-

tegie „Forschung für nachhaltige Entwicklung (FORNE)“ um und erarbeitet – gemeinsam mit komplementären Forschungsprogrammen – das wissenschaftliche Fundament der österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie. (<http://www.provision-research.at/index.html>).

Weiters wurde die Forschungstätigkeit durch den FWF im Rahmen des „Vienna Doctoral Programme on Water Resource Systems (DK-plus W1219-N22)“ unterstützt. ■

Korrespondenz:

Ao.Univ.Prof. Matthias Zessner, Institut für Wassergüte, Ressourcen und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien
Karlsplatz 13, 1040 Wien
Telefon+43 (1) 58801 - 226 16
Fax+43 (1) 58801 - 226 99
E-Mail: mzessner@iwag.tuwien.ac.at

LITERATUR

- Baccini P, Brunner PH (1991)** "Metabolism of the Anthroposphere", Springer Verlag, Berlin; Heidelberg, New York.
- Behrendt H, Huber P, Kornmilch M, Opitz D, Schmoll O, Scholz G, Uebe R (1999)** „Nährstoffbilanzen deutscher Flusseinzugsgebiete“, Forschungsbericht 296 25 515, Umweltbundesamt Berlin.
- Brunner KM, Geyer S, Jelenko M, Weiss W, Astleithner F (2007)** Ernährungsalltag im Wandel. Chancen für Nachhaltigkeit. Wien/New York: Springer.
- Chan AT, Giovannucci EL (2010)** Primary Prevention of Colorectal Cancer. *Gastroenterology*, Volume 138, Issue 6, 2029-2043
- DGE, Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2004)** DGE-Ernährungskreis – Lebensmittel-mengen. DGE info. Aus dem Bereich: Ernährung
- Elmadfa I, Freisiling H, Nowak V, Hofstädter D, Hasenegger V, Ferge M, Fröhler M, Fritz K, Meyer AL, Putz P, Rust P, Grossgut R, Mischek D, Kiefer I, Schätzer M, Spanblöchel J, Sturtzel B, Wagner KH, Zilberszac A, Vojir F, Plisek K (2009)** Österreichischer Ernährungsbericht 2008. 1. Auflage, Wien, März 2009.
- Foer JS (2010)** Tiere essen, Verlag: Kiepenheuer & Witsch
- Fleckseder H (1994)** Integrating land and water – views of „central european“, with nitrogen as an example, Stockholm water forum, 1994.
- Fleckseder H (1995)** Regionale Stoffbuchhaltung. Perspektiven, 95(5), 54-58.
- Galloway J N, Cowling EB (2002)** Reactive nitrogen and the world: Two hundred years of change. *Ambio*, 31, 64-71.
- Garnett T (2009)** Livestock-related greenhouse gas emissions: impacts and options for policy makers. *Environmental Science & Policy*, 12(4), 491-503.
- Godfray HC, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C (2010)** Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. Science.
- Institut für angewandte Ökologie e.V. (2008)** GEMIS 4.5
- Keyzer M, Merbis M, Pavel I, Vanwesenbeeck C (2005)** Diet shifts towards meat and the effects on cereal use: can we feed the animals in 2030? *Ecological Economics*, 55(2), 187-202.
- Linseisen J.; Wolfram G. (2006): Fettkonsum und Prävention der koronaren Herzkrankheit (KHK). In: Evidenzbasierte Leitlinie. Fettkonsum und Prävention ausgewählter ernährungsbedingter Krankheiten. Version 2006. Hg.: Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Bonn
- Marlow HJ, Hayes WK, Soret S, Carter RL, Schwab ER, Sabate J (2009)** Diet and the environment: does what you eat matter? *American Journal of Clinical Nutrition*, 89(5), 1699S-1703S.
- Popp A, Lotze-Campen H, Bodirsky B (2010)** Food consumption, diet shifts and associated non-CO2 greenhouse gases from agricultural production. *Global Environmental Change*, 20(3), 451-462.
- Putzer H (2006)** Essen macht Politik, tägliche Entscheidungen mit großen Folgen, 128 Seiten, Verlag: Leykam ISBN-10: 3701175470, ISBN-13: 978-3701175475
- Putzer H (2010)** Hungerkriege- Schicksal unserer Kinder, 2010, 140 Seiten, Verlag: Leykam ISBN-10: 3701176981, ISBN-13: 9783701176984
- Renault D, Wallender WW (2000)** Nutritional water productivity and diets. *Agricultural Water Management*, 45(3), 275-296.
- Salmhofer C, Strasser A, Sopper M (2001)** Ausgewählte ökologische Auswirkungen unseres Ernährungssystems am Beispiel Klimaschutz. *Natur und Kultur*, 2/2, 60-81.
- Scarborough P, Clarke D, Wickramasinghe K, Rayner M (2010)** Modelling the health impacts of the diets described in 'Eating the Planet' published by Friends of the Earth and Compassion in World Farming, Oxford, British Heart Foundation Health Promotion Research Group, Department of Public Health, University of Oxford. [online] <http://www.publichealth.ox.ac.uk/bhfhprg/publicationsandreports/publications/bhfhprgpublished/friendsoftheearth> (Accessed December 1, 2010).
- Schilling C, Zessner M, Kovacs A, Hochedlinger G, Windhofer G, Gabriel O, Thaler S, Nauth S (2011)** Stickstoff- und Phosphorbelastungen der Fließgewässer Österreichs und Möglichkeiten zu deren Reduktion, ÖWAW, Heft 5-6/2011.
- Smil V (2002)** Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. *Enzyme and Microbial Technology*, 30(3), 305-311.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar TD, Castel V, de Haan C (2006)** Livestock's long shadow: environmental issues and options, FAO.
- Steinmüller H, Fazeni K (2011)** Energiebilanzen der österreichischen Landwirtschaft unter Berücksichtigung von Ernährungsgewohnheiten, ÖWAW, Heft 5-6/2011.
- Thaler S, Zessner M, Mayr MM, Haider T, Kroiss H, Wagner KH, Ruzicka K (2011)** Der Einfluss von Ernährungsgewohnheiten auf die Nährstoffbilanz Österreichs, ÖWAW, Heft 5-6/2011.
- Umweltbundesamt (2007)** GEMIS Österreich 4.42
- Umweltberatung Niederösterreich (2007)** Was hat Ernährung, Informationsbroschüre, Herausgeber: Umweltschutzverein Bürger und Umwelt „die umweltberatung“ NO, www.umweltberatung.at
- World Cancer Research Fund / American Institute for Cancer Research (2007)** Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective. Washington, DC: AICR
- Wirsenius S, Azar C, Berndes G (2010)** How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? *Agricultural Systems*, 103(9), 621-638.
- Xue X, Landis AE (2010)** Eutrophication Potential of Food Consumption Patterns. *Environmental Science & Technology*, 44(16), 6450-6456.
- Zessner M, Helmich K, Thaler S, Weigl M, Wagner KH, Haider T, Mayer MM, Heigl S (2011)** Ernährung und Flächennutzung in Österreich, ÖWAW, Heft 5-6/2011.