

© Schwerpunkt »Agrarindustrie und Bäuerlichkeit«

Das Stickstoffdebakel

Wie die Düngemittelindustrie versucht, ihr Image aufzubessern

von Peter Clausing

Seit Jahrtausenden besteht der Sinn des Ackerbaus in der Umwandlung von Sonnenenergie in »essbare« Energie. Mit Hilfe von menschlicher und tierischer Energie wurden die Nahrungsmittel verarbeitet und auch lagerfähig gemacht. In den letzten Jahrzehnten kam es in vielen Teilen der Erde zu einer bedeutenden Steigerung der Hektarerträge. Erkauft wurde dieser Zuwachs mit einem extrem hohen Einsatz fossiler Energie, die vor allem zur Synthese und zur Ausbringung von mineralischen Düngemitteln und zahllosen Agrochemikalien sowie für die Pumpen zur künstlichen Bewässerung benötigt wird. Die Herstellung von synthetischem Stickstoff ist dabei nicht nur besonders energieintensiv, seine Anwendung in der Landwirtschaft stellt darüber hinaus eine erhebliche Umweltbelastung dar, wie zahlreiche Untersuchungen belegen. Was ist davon zu halten, wenn neuerdings selbst die Düngemittelindustrie und ihre Interessensverbände dafür plädieren, den Verbrauch von Mineraldüngern zu reduzieren und Stickstoff einzusparen? – Der vorliegende Beitrag analysiert die wahren Ziele, die letztlich hinter diesen Appellen der Industrie stecken.

Während der Erdölkrise 1973 begann man dem Energieverbrauch in der Landwirtschaft Aufmerksamkeit zu schenken. Denn bezogen auf den gesamten Produktionsprozess wird bereits ein Mehrfaches von dem, was an Kalorien auf dem Teller landet, zuvor an fossiler Energie in die Nahrungsmittelproduktion hineinsteckt. Nationale Nahrungsenergiebilanzen in Dänemark und den USA und eine schwedische Marktkorb-analyse kommen daher nahezu übereinstimmend zu dem Ergebnis: Unterm Strich wird rund viermal so viel fossile Energie aufgewendet als dann zum Verzehr zur Verfügung steht.¹ Beim Vergleich von agrarökologisch-kleinbäuerlichem mit konventionellem Anbau ist sogar von einem Faktor von zehn und mehr die Rede.² Für Betriebe im Allgäu wurde in einer Studie aus dem Jahr 2001 ein Energieaufwand von 2,7 Giga-joule (GJ) je produzierte Tonne Milch ermittelt, während Biobetriebe dafür weniger als die Hälfte (1,2 GJ) aufwenden mussten.³ Und eine Studie im Südwestiran zeigte – basierend auf dem Vergleich von 26 bewässerten mit 68 unbewässerten Produktionsstandorten –, dass die Erzeugung von Roggen *ohne* künstliche Bewässerung trotz 40 Prozent niedrigerer Erträge um ein Drittel energieeffizienter ist. Mit anderen Worten, die extern zugeführte Energie konnte nicht durch höhere Erträge kompensiert werden.⁴

Negative Energiebilanz und hohe Umweltschäden

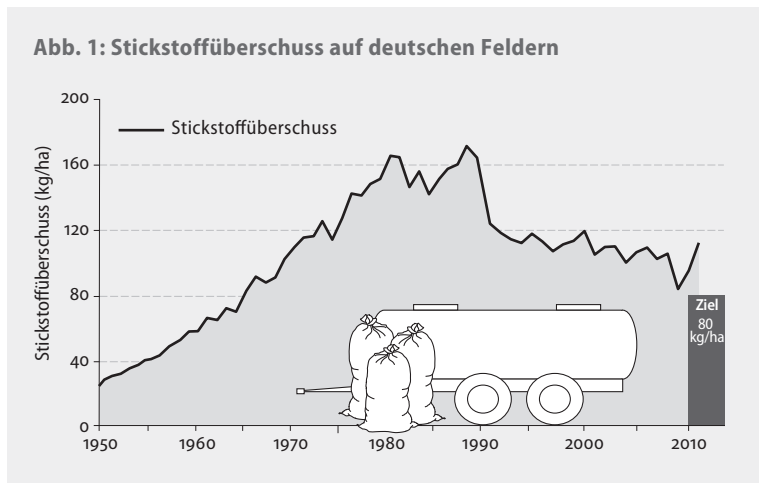
Die Energiebilanzen einzelner Produkte unterscheiden sich nicht unerheblich. Sollen Veränderungen erreicht werden, müssen die spezifischen Rahmenbedingungen genau angeschaut werden. Dabei fällt eines auf: Die Herstellung von synthetischem Stickstoffdünger zählt zu den Energiefressern Nr. 1. So steckt etwa die Hälfte der Energie, die in dem industriellen Produktionsmodell direkt verbraucht wird, in der Herstellung von Agrochemikalien, vor allem von Stickstoffdünger.⁵ Schließlich erfordert die Synthese von Ammoniak, der wichtigsten Komponente chemischer Düngemittel, im Haber-Bosch-Verfahren eine Temperatur von 500 Grad Celsius und einen Druck von 300 Bar. Das erklärt, warum fast alle landwirtschaftlichen Produkte (eine Ausnahme bilden Kartoffeln) selbst unter europäischen Verhältnissen bei biologischem Anbau eine deutlich bessere Energiebilanz haben als unter konventionellen Bedingungen. Für Großbritannien wurde in einer Studie bei den meisten Kulturen unter biologischen Anbaubedingungen eine Energieeinsparung von etwa 30 Prozent festgestellt, bei einigen Kulturen sogar deutlich mehr.⁶ Untersuchungen aus der Schweiz beispielsweise kommen zu ähnlichen Ergebnissen.⁷

Der Einsatz synthetischen Stickstoffs schlägt nicht nur bei der Energiebilanz negativ zu Buche, sondern zieht auch Folgeschäden in der Umwelt nach sich: die Eutrophierung und Versauerung von Ökosystemen und die Emission von Lachgas (N₂O). Dieses ist rund 300-mal klimaschädlicher als Kohlendioxid und führt auch zu gesundheitlichen Problemen. Die Tatsache, dass in Ländern mit Intensivlandwirtschaft im Durchschnitt 80 Prozent des ausgebrachten Stickstoffs und 25 bis 75 Prozent des Phosphors nicht als Pflanzennährstoff genutzt werden, sondern die Umwelt belasten,⁸ hat unter anderem dazu geführt, dass in Deutschland 1996 eine Düngeverordnung erlassen wurde. Sie sieht vor, dass ab 2010 der Eintrag von Stickstoff (ab 2013 auch von Phosphor) zu senken ist. Dabei werden die zulässigen Überschussmengen für Stickstoff schrittweise von 90 auf 60 Kilogramm pro Hektar reduziert. Mit anderen Worten, die jährliche Menge an Stickstoffüberschuss soll zwar reduziert werden, aber die Umwelt wird weiterhin mit reaktivem Stickstoff belastet, wenngleich in geringeren Mengen.

Das Umweltbundesamt verwies im Juli 2014 darauf, dass es einerseits gelungen sei, den Eintrag ungenutzter Nährstoffe aus »punktförmigen Quellen« (ungenügend geklärte Abwässer) deutlich zu reduzieren, dass aber »die Einträge aus diffusen Quellen [...] ein noch weitgehend ungelöstes Problem« darstellen.⁹ Zwar sank der jährlich eingetragene Stickstoffüberschuss in Deutschland zwischen 1991 und 2012 von 130 auf 101 Kilogramm pro Hektar, doch wurde damit das von der Bundesregierung für 2010 gesetzte Ziel einer Reduzierung auf 80 Kilogramm deutlich verfehlt (Abb. 1). Die vom Umweltbundesamt geschätzte Menge von 550.000 Tonnen Stickstoff, die im Jahr 2005 allein in Deutschland in Oberflächengewässer eingetragen wurden (62 Prozent davon aus der Landwirtschaft), setzt das oben erwähnte globale Einsparungsziel ins Verhältnis. Dabei gibt es regional und betriebsspezifisch sehr starke Unterschiede. Problembereiche sind Landkreise bzw. Betriebe mit hohem Viehbesatz.

Zu viel Fleisch – zu viel Stickstoff

Betrachtet man die Energiebilanzen entlang der gesamten Nahrungskette, wie es die Autorinnen und Autoren des *European Nitrogen Assessment*, einer von der Europäischen Kommission kofinanzierten, umfangreichen Bewertung der Situation in Europa¹⁰, ge-



Quelle: Gregor Louisoder Umweltstiftung 2014

tan haben, liegt eine wesentliche Ursache für die Stickstoffbelastung in den EU-Ländern im hohen Konsum tierischen Proteins. Lag der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch mit 25 Kilogramm Protein schon im Jahr 1960 deutlich über den ernährungsphysiologisch empfohlenen 18 Kilogramm, bestand er damals jeweils zur Hälfte aus pflanzlichem und tierischem Protein. Die Steigerung auf über 30 Kilogramm Protein pro Kopf und Jahr bis 2007 erfolgte dann ausschließlich durch eine Zunahme tierischen Proteins (Abb. 2).¹¹

Weitere Zahlen verdeutlichen das Problem in Bezug auf die Stickstoffbelastung: In Europa liegt die Effizienz des ausgebrachten Stickstoffdüngers für Getreide bei unbefriedigenden 30 bis 60 Prozent, d. h. 40 bis 70 Prozent werden nicht genutzt und belasten die Umwelt. Doch wenn die Verhältnisse für Getreide schon unbefriedigend sind, so sind sie, hochgerechnet auf die Fleischproduktion, katastrophal: Hier liegt die Stickstoffeffizienz, d. h. der zur Futterproduktion ausgebrachte Stickstoff im Verhältnis zur Menge an verzehbarem Produkt, je nach Tierart zwischen 2,5 und 20 Prozent.

Die Autoren beklagen das bislang geringe öffentliche Bewusstsein für diese Problematik und fordern ein holistisches Herangehen. Sonst, so der Bericht, könnten Maßnahmen zur Eindämmung einzelner Quellen dazu führen, dass die Verunreinigung durch andere Quellen vernachlässigt wird oder sogar steigt.

Umdenken bei der Industrie?

Reduktion des Stickstoffeinsatzes fordert auch die Studie *Our Nutrient World. The Challenge to Produce More Food and Energy with Less Pollution*. Sie wurde 2013 gemeinsam vom *Global Partnership on Nutrient Management* und der *International Nitrogen Initiative* publiziert. Formuliert wird das »20:20 by 2020«-Ziel.

Dahinter verbirgt sich die Vorgabe, bis zum Jahr 2020 die Nährstoffausnutzung global um 20 Prozent zu verbessern und so zur Einsparung von 20 Millionen Tonnen Stickstoff pro Jahr beizutragen. Das wäre eine Einsparung, die angesichts der stickstoff- und phosphatbedingten Umweltprobleme dringend notwendig wäre, aber nur als erster Schritt betrachtet werden kann. Überraschenderweise gehören zu den Partnern dieser *Global Partnership* zwei Schwergewichte der Düngemittelindustrie – der Internationale Verband der Düngemittelindustrie (IFA) und die von der Phosphatindustrie gegründete Nichtregierungsorganisation MPHOS. Mit anderen Worten, die Düngemittelindustrie beteiligt sich an einem Aufruf zur Reduzierung des Verbrauchs an Mineraldüngern. Sollte hier erstmals die Logik wachstumsbasierten Gewinnstrebens von den Unternehmen selbst durchbrochen worden sein? Oder ist die Umweltbelastung mit Stickstoff und Phosphor inzwischen so massiv, dass selbst die agrochemische Industrie nicht umhin kommt, dies als Problem anzuerkennen?

Keine Lösung des Welthungerproblems

Sowohl das *European Nitrogen Assessment* als auch die Studie *Our Nutrient World* bemühen sich auffällig um eine »ausgewogene« Darstellung und werden nicht müde, die positiven Effekte des Stickstoffs – des synthetischen Stickstoffdüngers wohlgerne – zu betonen. Richtig ist: Stickstoff ist ein unentbehrlicher Pflanzennährstoff. Aber Stickstoffmangel stellt in Europa nun wirklich nicht das Problem dar angesichts der hohen Verfügbarkeit von organischem Stickstoff, der aus den Abfällen der Viehhaltung kommt. Das Loblied beider Studien auf synthetische Dünger und ihre vermeintliche Unentbehrlichkeit bringt uns zu der

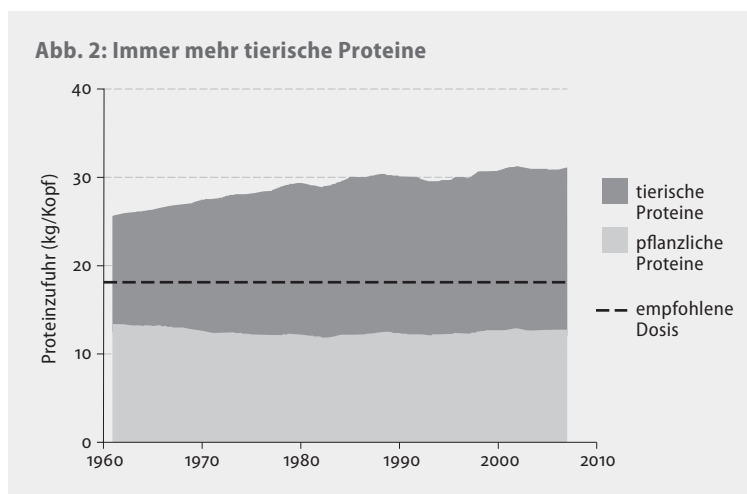
Frage: Was könnte die Düngemittelindustrie, außer den erdrückenden Beweisen für die Schädlichkeit überschüssigen Mineraldüngers, noch dazu bewegt haben, sich an dem Aufruf zur Einsparung von jährlich 20 Millionen Tonnen Stickstoff zu beteiligen?

Handfeste Indizien lassen Folgendes vermuten: Es geht hier nicht um die globale *Einsparung* von 20 Millionen Tonnen Stickstoff, sondern um die *Umverteilung* von einer – gut versorgten – Region im Norden in andere, weniger gut versorgte Regionen im Süden und dies wenn möglich bei gleichzeitiger *Steigerung* des Umsatzes. Dabei wird die geografische Verlagerung (und das Streben nach höheren Umsätzen) argumentativ mit einer (vermeintlichen!) Armutsbekämpfung durch Ertragssteigerungen in den benachteiligten Regionen der Welt verknüpft und verbrämt. Das erlaubt eine Transformation des aktuellen Negativimages der Düngemittelindustrie (Umweltbelastung) in ein Positivimage (Hungerbekämpfung).

Und so laufen durchaus parallel zu den – künftig hoffentlich erfolgreicher – Bemühungen, die exzessiven Düngermengen in Europa zu reduzieren, aktuell schon die internationalen Programme für eine Grüne Revolution in Afrika auf Hochtouren. Allein die von der Bill & Melinda Gates- und der Rockefeller-Stiftung im Jahr 2006 gegründete *Alliance for a Green Revolution in Africa* hat inzwischen 400 Millionen Dollar dafür ausgegeben. Wie bei der »alten« Grünen Revolution geht es auch dieses Mal um »verbesserte Sorten«, d. h. kommerzielles, patentgeschütztes Saatgut, das ohne den Einsatz von chemischen Inputs sein Ertragspotenzial nicht entfalten kann.

Daran schließt sich eine Diskussion um »yield gaps« an – um ungenügende Hektarerträge aufgrund fehlender Nährstoffe, die in der Logik der internationalen Geldgeber in Form von synthetischem Dünger zugeführt werden müssen. Diese Diskussion ist nicht neu. Im Jahr 2006, also sieben Jahre vor der Formulierung des »20:20 by 2020«-Ziels (siehe oben), fand in Nigerias Hauptstadt Abuja ein »Düngergipfel« statt, auf dem von der Industrie das enorme Marktpotenzial diskutiert wurde, das sich in Afrika auf tut.¹²

Zur Allianz für eine Grüne Revolution in Afrika gesellte sich 2012 die *New Alliance for Food Security and Nutrition* der G8-Länder, zu deren offiziellen »Partnern des privaten Sektors« Monsanto, Syngenta, Cargill und DuPont gehören.¹³ Der Diskurs dieser Initiativen ist immer gleich: Bekämpfung des globalen Hungers mit Hilfe gesteiger-



Pro Kopf-Zufuhr an Proteinen pflanzlicher und tierischer Herkunft innerhalb der EU.
Quelle: Satton et al. (2011)¹¹

ter Nahrungsmittelproduktion. Die Bekämpfung von *Armut* als Schlüssel zur Beseitigung von Hunger, wie sie unter anderem von Olivier De Schutter, dem langjährigen UN-Sonderberichterstatter für das Recht auf Nahrung, propagiert wird, hat bei den genannten Akteuren bestenfalls rhetorische Bedeutung.

Auch die europäische Studie *European Nitrogen Assessment* sieht die Lösung des Welthungerproblems in einem Mehr an Stickstoffdünger. So stellt sie fest, dass durch synthetischen Stickstoffdünger etwa 50 Prozent der Weltbevölkerung mit Nahrung versorgt würde und führt zur Begründung Hektarerträge von acht bis zehn Tonnen bei mit chemischem Dünger versorgtem Getreide an.¹⁴ Bei biologischem (agrarökologischem) Anbau wären es nur vier bis sechs Tonnen pro Hektar.

Diese behauptete Ertragsdifferenz von 40 bis 50 Prozent steht jedoch in deutlichem Widerspruch zu den Ergebnissen von Langzeitversuchen des Rodale-Instituts, bei denen identische Erträge für die beiden Anbauformen bei Mais und Weizen ermittelt wurden;¹⁵ wie ebenso zu den Erkenntnissen einer Metaanalyse, die 69 Untersuchungen für Getreide in Industrieländern auswertete und bei agrarökologischem Anbau einen Minderertrag von nur 7,2 Prozent fand.¹⁶ Bei den Getreideerträgen in den Ländern des Südens (102 Vergleiche) war der agrarökologische Anbau sogar um knapp 60 Prozent überlegen, allerdings bezogen auf den dort üblichen konventionellen Anbau mit seinen deutlich geringeren Mengen an chemischen Inputs. Dies sind nur zwei von mehreren Beispielen, die belegen, dass chemischer Dünger kein unumgänglicher Bestandteil der Sicherung der Welternährung ist.

Business as usual ...

Richtig ist: In vielen Ländern südlich der Sahara kommen jährlich weniger als zehn Kilogramm chemischer Dünger pro Hektar zum Einsatz. Angesichts der vermeintlichen Notwendigkeit, die globale Nahrungsmittelproduktion bis 2050 um 70 Prozent steigern zu müssen, offenbar ein unhaltbarer Zustand. Die Zeit scheint davon zu laufen. Warum aber wird eine 70-prozentige Steigerung angenommen, wenn laut Prognosen die Weltbevölkerung bis 2050 nur um 30 Prozent wachsen wird? Und hier beginnt schon der erste Fehler der Berechnungen: Die Forderung nach einer 70-prozentigen Steigerung wird getragen von der Annahme, dass eben weltweit mit den Änderungen in den Ernährungsgewohnheiten, d. h. einem steigenden Fleischkonsum, gerechnet werden müsse.

Doch war nicht gerade der Verzehr tierischen Proteins ein wesentlicher Faktor für die globale Stickstoffbelastung? Symptomatisch ist dabei, dass nicht vor der eigenen Haustür gekehrt, sondern vor allem der vermeintlich hohe Fleischverbrauch in China ins Ge-

spräch gebracht wird. Doch der dortige Pro-Kopf-Verbrauch liegt bei zwei Dritteln des Verbrauchs in Deutschland und blieb in den letzten fünf Jahren etwa gleich.¹⁷ Ein konkretes Politikziel, den Fleischverbrauch in Deutschland zu senken, scheint hingegen bislang zu fehlen. Auch das *European Nitrogen Assessment* beschränkt sich auf unverbindliche Betrachtungen zu wünschenswerten Verhaltensänderungen. Doch ohne flankierende politische Maßnahmen dürften Appelle und Aufklärung bei der Verringerung des Fleischkonsums nicht sonderlich erfolgreich sein.

Ähnliches gilt für die Beschränkung der Stickstoffbelastung auf der Fläche. So fordert das Umweltbundesamt: »Vor allem müssen die Regelungen der Düngerverordnung konsequent kontrolliert und Verstöße geahndet werden« und sieht die Ursache für eine sich andeutende Beschleunigung des Rückgangs der Stickstoffüberschüsse eher in einem Preisanstieg der Mineraldünger als in der Düngerverordnung.¹⁸ Reicht das aus? Warum nicht Mineraldünger und importiertes Kraftfutter mit einer Umweltsteuer belegen? Warum kein Werbeverbot für Fleischwaren aussprechen?

Was aber empfiehlt das *European Nitrogen Assessment*? Schließlich ist es ein wichtiges Dokument der Politikberatung. Leider verharrt dies im »business as usual«-Denken. Empfohlen werden vorrangig technische Lösungen wie Einsatz von Robotern auf dem Acker, gentechnisch veränderte Getreidesorten, die Luftstickstoff fixieren können etc. In den Stickstoff-Szenarien (Kapitel 24) aber fehlt die von den Autoren selbst geforderte »holistische«, ganzheitliche Problemlösungsstrategie. Kein Wort, keine Überlegungen zu

Folgerungen & Forderungen

- Synthetischer Stickstoffdünger trägt auch zur energetischen Ineffizienz der Intensivlandwirtschaft bei. Biolandbau schneidet um ein Drittel günstiger ab.
- Eine Belastung der Umwelt mit 70 bis 80 Prozent des ausgebrachten Stickstoffs in Ländern mit Intensivlandwirtschaft ist ein unhaltbarer Zustand.
- Eine wesentliche Ursache für die Stickstoffbelastung in den EU-Ländern ist der hohe Konsum an tierischen Produkten. Bemühungen zu seiner Reduzierung sollten nicht auf Appelle und Aufklärung beschränkt bleiben.
- Agrarökologische Anbausysteme sind eine realistische Alternative, die von der offiziellen Politik, gemessen an ihrem Potenzial, ungenügend gefördert wird.
- Dokumente zur Politikberatung wie das *European Nitrogen Assessment* sollten bei ihren Vorhersagen nicht nur technologische Veränderungen berücksichtigen, sondern in ihre Szenarien eine politisch gesteuerte Agrarwende mit einbeziehen.

einem reduzierten Fleischkonsum; die Bedenken wegen der hohen Düngermengen bei Agrotreibstoffen bleiben vage. Diese Faktoren müssten in diese Szenarien mit aufgenommen werden, ebenso wie eine Umstellung auf agrarökologische Anbauverfahren.

... statt ökologische Wende

Es steht außer Frage, dass eine Umstellung auf agrarökologische Anbauverfahren Zeit benötigt – kostbare Zeit, die nach wie vor vergeudet wird. Begleitet wird die ungenügende Förderung agrarökologischen Anbaus von Versuchen, die möglichen Ertragspotenziale solcher Anbausysteme zu diskreditieren. Doch derartige Versuche lösen sich in Luft auf, wenn man die entsprechenden Arbeiten aufmerksam genug liest.

So kommt eine in der renommierten Zeitschrift *Nature* veröffentlichte Studie zu dem Ergebnis, dass agrarökologische Systeme mit bis zu 34 Fruchtarten in verschiedenen geografischen Regionen eine 25-prozentige Ertragsunterlegenheit aufweisen. Doch an weniger sichtbarer Stelle müssen die Autoren einräumen, dass »die Mehrzahl der Daten(paare) aus Entwicklungsländern« (58 von 67 Fälle) atypisch hohe konventionellen Erträge enthielten.¹⁹ Die gute Nachricht: Sogar dort ergibt sich trotz solcher Verzerrungen für Getreide unter agrarökologischen Anbaubedingungen (161 Vergleichsstudien) nur ein 25-prozentiger Minderertrag und nicht die oben genannte 40- bis 50-prozentige Ertragsdifferenz.

Es spräche also viel dafür, agrarökologischen Anbau massiv zu fördern – sowohl in der Forschung als auch bei der praktischen Umsetzung. Aber das ist offenbar nicht der Fall. Beispielsweise enthielten im Jahr 2009 nur 14 Prozent der von der Europäischen Union mit einer Milliarde Euro geförderten Projekte zur Unterstützung gefährdeter Betriebe eine agrarökologische Komponente, während bei 51 Prozent der Projekte der Einsatz von Agrochemikalien gefördert wurde.²⁰ Es wäre allerhöchste Zeit, zumindest diese Proportion umzukehren.

Anmerkungen

- 1 A. Carlsson-Kanyama et al.: Food and life cycle energy inputs: Consequences of diet and ways to increase efficiency. In: *Ecological Economics* 44 (2003), pp. 293–307; M.C. Heller and G. A. Keoleian: Assessing the sustainability of the US food system – a life cycle perspective. In: *Agricultural Systems* 76 (2003), pp. 1007–1041; M.V. Markussen and H. Østergård: Energy analysis of the Danish food production system: Food-EROI and fossil fuel dependency. In: *Energies* 6 (2013), pp. 4170–4186.
- 2 B. B. Lin et al.: Effects of industrial agriculture on climate change and the mitigation potential of small-scale agro-ecological farms. In: *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* Nr. 6 (2011), Art. 20, pp. 1–18.

- 3 G. Haas et al.: Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment* 83 (2001), pp. 43–53.
- 4 K. Azizi and S. Heidari: A comparative study on energy balance and economical indices in irrigated and dry land barley production systems. In: *International Journal of Environmental Science and Technology* 10 (2013), pp. 1019–1028.
- 5 J. Ziese: Energy use in organic food systems. Rome 2007 (www.fbae.org/2009/FBAE/website/images/pdf/important-publication/fao-organic-report.pdf).
- 6 Ebd.
- 7 C. Schader: Cost-effectiveness of organic farming for achieving environmental policy targets in Switzerland. Dissertation Aberystwyth University, UK, 2009.
- 8 M.A. Sutton et al.: Our nutrient world: The challenge to produce more food and energy with less pollution. Edinburgh 2013 (www.initrogen.org/sites/default/files/documents/files/ONW.pdf).
- 9 Umweltbundesamt (UBA) (2014): Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft und Stickstoffüberschuss. Dessau 2014 (www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/naehrstoffeintraege-aus-der-landwirtschaft).
- 10 M.A. Sutton et al.: The European nitrogen assessment: Sources, effects and policy perspectives. Cambridge, UK, 2011 (www.nine-esf.org/ENA-Book).
- 11 Ebd., Technical Summary, p. II. – Abb. 2 im Text basiert auf Abb. TS12 im Technical Summary der Studie.
- 12 U. Hoering: Agrar-Kolonialismus in Afrika. Hamburg 2007.
- 13 Vgl. J. Koopman: Will Africa's Green Revolution squeeze African family farmers to death? Lessons from small-scale high-cost rice production in the Senegal River. In: *ValleyReview of African Political Economy* 39 (2012), pp. 500–505.
- 14 vgl. Kapitel 24 des European nitrogen assessment (siehe Anm. 10) (www.nine-esf.org/sites/nine-esf.org/files/ena_doc/ENA_pdfs/ENA_c24.pdf).
- 15 Rodale Institute: The farming systems trial. Kutztown, PA, o.J. (2012) (<http://66.147.244.123/~rodalein/wp-content/uploads/2012/12/FSTbookletFINAL.pdf>).
- 16 C. Badgley et al.: Organic agriculture and the global food supply. In: *Renewable Agriculture and Food Systems*. Vol. 22 (2007), pp. 86–108.
- 17 Vgl. Auswertung von FAO-Statistiken (2014) In: *Lunapark* 21 Nr. 25, S. 5.
- 18 UBA (2014) (siehe Anm. 9).
- 19 V. Seufert et al.: Comparing the yields of organic and conventional agriculture. In: *Nature* 485 (2012), pp. 229–232.
- 20 Oxfam: People-centred resilience: Working with vulnerable farmers towards climate change adaptation and food security. Oxfam Briefing Paper No. 135, 2009.



Peter Clausing

Agrarwissenschaftler und freier Publizist zu den Themen Welternährung und Biodiversität (www.welt-ernaehrung.de)

Heideweg 21, 14552 Wilhelmshorst
E-Mail: pcl@jpberlin.de