

Nachhaltige Intensivierung der Futterproduktion zur Milcherzeugung

Friedhelm Taube, Antje Herrmann, Martin Gierus, Ralf Loges und Philipp Schönbach
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel

1. Einleitung und Problemstellung

Das norddeutsche Tiefland als Gunststandort landwirtschaftlicher Produktion dokumentiert derzeit geradezu brennglasartig die zunehmenden globalen Nutzungskonkurrenzen um landwirtschaftliche Flächen. So führen weltweit steigende Preise für landwirtschaftliche Rohstoffe (Getreide, Milch) und die politisch induzierte Flächennachfrage (Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)) für den Anbau nachwachsender Rohstoffe (Maisanbau für Biogasanlagen) in Verbindung mit den steigenden Flächenansprüchen für Infrastrukturmaßnahmen (Flächenverbrauch in Deutschland: ca. 100 ha/Tag) und Naturschutz zu einer erheblichen Verschärfung der Flächenkonkurrenz. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Landnutzungsintensitäten insbesondere für die Grünlandwirtschaft und den Futterbau zur Milcherzeugung gerechtfertigt sind und wie dies zu begründen ist. Im folgenden Beitrag wird versucht, die eingangs gestellten Fragen mit Blick auf die globale Bedeutung des Grünlandes und seiner Ökosystemfunktionen sowie die global zunehmende Nachfrage nach Nahrungsmitteln tierischer Herkunft zu diskutieren, und entsprechende Lösungsansätze zu skizzieren.

2. Nachhaltige Intensivierung - Paradigmenwechsel der Intensitäten im Futterbau

Ein Rückblick auf die Generalthemen der EGF (European Grassland Federation), der europäischen Dachorganisation der Futterbau- und Grünlandforschung, in den vergangenen 10 Jahren macht deutlich, dass das wissenschaftliche und gesellschaftliche Paradigma zur optimalen Intensität im Futterbau einen deutlichen Wandel anzeigt. Seit den 1990er Jahren standen vorwiegend Ökosystemfunktionen jenseits der Produktionsfunktion im Mittelpunkt dieser Konferenzen (z. B. 2002, Luzern: „Multi function grasslands – quality forages, animal products and landscapes; 2008, Uppsala: „Biodiversity and animal feed – future challenges for grassland production“). Dagegen zeigt das Generalthema der EGF 2010 in Kiel in eine andere Richtung („Grassland and Globalisation“). Offensichtlich rückt die Produktionsfunktion des Grünlandes und der Futterbauflächen aufgrund der weltweit steigenden Nachfrage nach Futter wieder zunehmend in den Focus. Dies lässt sich auch aus der internationalen Literatur

zur optimalen Landnutzungsintensität in den letzten 2 Jahren ablesen. Während in Europa bis vor kurzem Extensivierungs- und Flächenstilllegungsprogramme Ausdruck von Überfluss an landwirtschaftlichen Nutzflächen waren, die auch in der personellen Reduktion der Agrarforschung an den Universitäten ihren Niederschlag fanden, weisen neuerdings die zukünftigen Herausforderungen einer wachsenden und kaufkräftigen Weltbevölkerung und die Herausforderungen des Klimawandels einen Weg, der die Bedeutung der Agrarforschung im Allgemeinen und der Futterbauforschung im Besonderen herausstellt. So publizierte das Standing Committee on Agricultural Research (SCAR) im Jahr 2009 eine Studie mit dem Titel „New challenges for Agricultural research: Climate change, food security, rural development, agricultural knowledge systems“ und kreierte den Begriff „Knowledge based Bio-Economy“ (SCAR, 2009). Dieser Begriff wurde als Bio-Ökonomie inzwischen in Deutschland übernommen und formuliert namentlich als BioÖkonomierat Deutschland (2010) entsprechende Ziele. Der Begriff „Nachhaltige Intensivierung“ wurde ebenfalls im Jahr 2009 erstmals formuliert „Reaping the benefits – Science and the sustainable intensification of global agriculture“ (THE ROYAL SOCIETY, 2009) und im Jahr 2010 in einem „Special Issue Food Security“ des Wissenschaftsjournals Science genauer definiert. Danach bedeutet „nachhaltige Intensivierung“, mehr Nahrungs- und Futtermittel auf den bestehenden weltweiten landwirtschaftlichen Nutzflächen zu produzieren und gleichzeitig die Umweltbelastungen zu reduzieren. Für die Futterproduktion bedeutet dies, eine weltweite Nachfrageverdopplung bis zum Jahr 2050 zu befriedigen (FAO, 2009).

Die Autoren der Science Studie weisen darauf hin, dass diese zusätzliche Nachfrage auf der Basis einer bedarfsgerechten Ernährung kalkuliert ist und verweisen gleichzeitig darauf, dass diese Herausforderungen auch Veränderungen in den Konsumgewohnheiten der industrialisierten Länder einschließen. „The double burden of malnutrition“ beschreibt zum einen die Tatsache, dass Über- (Industrienationen) und Unterernährung (Entwicklungsländer) weltweit mit jeweils mehr als einer Milliarde Menschen ein ethisch wie volkswirtschaftlich relevantes Problem darstellt. Zum anderen schließt diese Formulierung die Tatsache ein, dass sowohl in den so genannten Entwicklungsländern als auch in den Industrienationen etwa 30-40% der produzierten Nahrungsmittel nicht verzehrt werden. Während die Ursache in den Entwicklungsländern in mangelnder Infrastruktur (Transport- und Lagerkapazitäten) zu suchen ist, wird in den Industrienationen ein entsprechender Anteil „waste“ („Abfall“) als Ursache angeführt (GODFRAY ET AL., 2010). Zusammenfassend kann daraus abgeleitet werden, dass die Agrarforschung, trotz allen technischen Fortschritts, kaum allein in der Lage sein wird diese Herausforderungen zu lösen, sondern dass Veränderungen gesellschaftlicher Verhaltensmuster in den Industrienationen eine weitere Voraussetzung darstellen dürften.

Was bedeuten diese Herausforderungen für das Grünland weltweit?

Die Umwandlung von Futterenergie in Nahrungsmittel ist bei der Rindfleischerzeugung im Vergleich zur Erzeugung von Schweine- oder Geflügelfleisch deutlich ungünstiger zu bewerten. Allerdings liegt der spezifische Vorteil der Futtererzeugung für Wiederkäuer darin, dass absolutes Grünland, also Grünlandflächen, die aus ökologischen und ökonomischen Gründen nicht als Acker genutzt werden können und somit keine Konkurrenz zur weltweit knappen Ackerfläche darstellen, als Futterbasis genutzt werden können. Im globalen Kontext gesehen ist dies bei weitem die bedeutendste Ressource landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN). Laut FAO (2006) sind mehr als 70% der weltweiten Agrarflächen unter Grünlandnutzung. Der Grünlandanteil in Mitteleuropa (~30% der LN) ist somit im weltweiten Vergleich als niedrig einzustufen. Global sind vielmehr die zumeist durch Wassermangel von der Ackernutzung ausgeschlossenen ariden und semi-ariden Graslandökosysteme, wie die eurasische Steppe oder die südamerikanische Pampa, die sich insgesamt durch eine vergleichsweise geringe Produktivität auszeichnen, jedoch bezüglich weiterer Ökosystemfunktionen von großer weltweiter Bedeutung sind, hervorzuheben. Zum Einen sind diese Biome weltweite „hotspots“ der Biodiversität, zum Anderen spielen die Böden dieser Grünlandbiome mit über 40% der globalen Bodenkohlenstoffvorräte eine wichtige Rolle als Kohlenstoffdioxidsenke und somit in der Vermeidung von THG-Emissionen.

3. Bedrohung des weltweiten Grünlandes

„Grasslands under Threat“ („Bedrohtes Grünland“) titelte eine FAO-Studie im Jahr 2010 (FAO, 2010) und machte damit auf den Umstand aufmerksam, dass sich im letzten Jahrzehnt ein weltweiter Landnutzungswandel zuungunsten des Grünlandes verschärft hat, wobei insbesondere die eurasische Steppe sowie die südamerikanischen Grünlandbiome Cerrado, Campos und Pampa im Focus stehen. Dieser Landnutzungswandel in entfernten Kontinenten übt durch die globalen Warenströme von Futtermittelkomponenten (z. B. Soja) einen direkten Einfluss auf die Einordnung einer „nachhaltige Intensivierung“ der Futterproduktion in Norddeutschland aus. Ein Problem der quantitativen Einordnung dieses weltweiten Landnutzungswandels ist die vergleichsweise unsichere Datenbasis bezüglich des Terminus „Grünland“, der nicht auf allen Kontinenten im selben Kontext gebraucht wird. Aufgrund eigener Erfahrungen und Forschungsarbeiten in Steppengebieten der Inneren Mongolei, China, und einer guten Quellenverfügbarkeit bezüglich der südamerikanischen Grünlandbiome, soll an zwei Fallbeispielen die dortige Situation näher beleuchtet werden.

Steppengebiete der Inneren Mongolei (China)

Die Steppengebiete der Inneren Mongolei sind Teil der eurasischen Steppe und durch ein semi-arides Klima mit Niederschlagssummen zwischen 250 und 350 mm/Jahr geprägt (Abb. 1). Diese durch die perennierenden C3-Gräser *Leymus chinensis* und *Stipa grandis* geprägten Ökosysteme sind vergleichsweise sensitiv gegen Überbeweidung. Nicht-angepasste Weidestrategien und zu hohe Besatzdichten führen in diesen Gebieten zu einer raschen Abnahme der Bodenbedeckung und somit der Produktivität. Damit ist auch eine erhöhte Erosionsgefährdung verbunden, die schließlich Desertifikationsprozesse induziert. Heute gelten bereits rund 70% der eurasischen Steppe aufgrund von Überweidung als degradiert und dadurch in ihrer Funktionalität als eingeschränkt (verminderte primäre und sekundäre Produktivität, Abbau der Bodenkohlenstoffvorräte, Verlust an botanischer Diversität und an Habitatstrukturen).

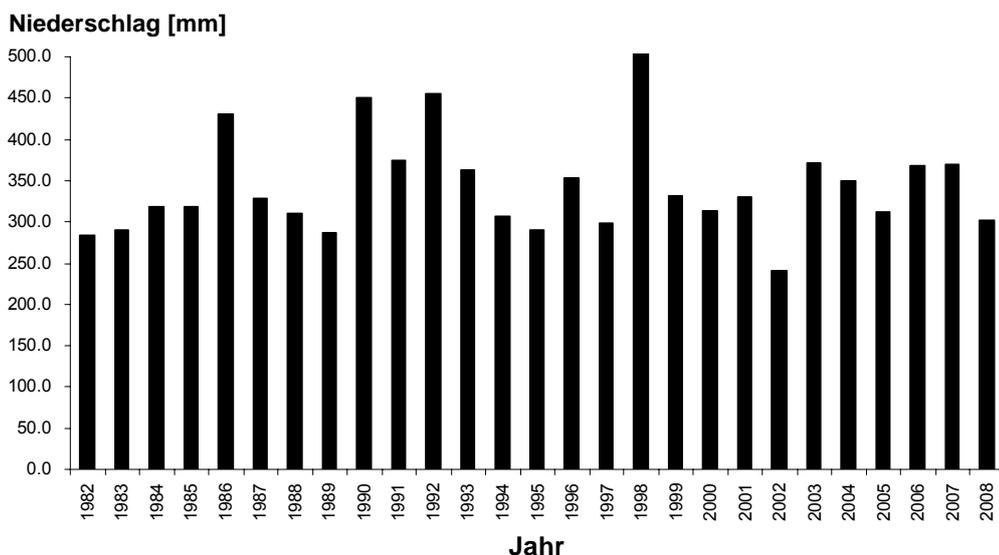


Abb. 1: Jährliche Niederschlagssummen 1982-2008 (Messwerte von IMGERS, Inner Mongolia Ecosystem Research Station).

Im Rahmen der DFG Forschergruppe 536 (MAGIM, MAtter Fluxes of Grasslands in Inner Mongolia) untersuchten Wissenschaftler verschiedener deutscher Einrichtungen gemeinsam mit chinesischen Kollegen die Prozesse der Degradierung dieses Steppenökosystems. Der Schwerpunkt in der angewandten Forschungsarbeit lag auf der Untersuchung einer optimierten Grünlandnutzung. Zielvorgabe dabei war sowohl die Produktivität der Bestände zu sichern bzw. zu erhöhen, als auch negative ökologische Auswirkungen zu vermeiden („nachhaltige Intensivierung“). Dabei galt es die Hypothese zu prüfen, inwieweit ein jährlicher Wechsel zwischen Heu- und Weidenutzung (Mixed System) auf derselben Fläche, Vorteile im Vergleich zum derzeit vorherrschenden System einer permanenten räumlichen Trennung

von Weide- und Heunutzung (Traditional System) bietet. Die Potentiale des „Mixed Systems“ im Sinne einer nachhaltigen Intensivierung wurden über einen weiten Gradienten von Beweidungsintensitäten (unbeweidet bis extrem überweidet, siehe SCHÖNBACH ET AL. 2011) überprüft. Beim Vergleich der Systeme zeigte sich zum Einen, dass das „Mixed System“ insbesondere bei hohen Besatzstärken deutlich produktiver ist als das „Traditional System“ (Abb. 2) und zum Anderen, dass die Ökosystemfunktionen (Erosion; Degradierung der Bestandeszusammensetzung) im „Mixed System“ deutlich weniger beeinträchtigt sind (Abb. 3) (SCHÖNBACH ET AL. 2011, WAN ET AL. 2011). Diese zentralen Erkenntnisse wurden an die Provinzregierung weitergeleitet und führten kurzzeitig zu einer Modifikation der Landnutzung im vorgeschlagenen Sinne. Inzwischen zeichnen sich jedoch deutlich andere Tendenzen in der Landnutzung dieser Steppengebiete ab. Der geringe Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche an der Landesfläche Chinas (16%) und die massiv zunehmende Nachfrage nach Nahrungsmitteln tierischer Herkunft führen zu einer erheblichen Verknappung der Weideressourcen (Abb. 4). Im Widerspruch dazu stehen jüngste Anstrengungen der chinesischen Zentralregierung, ergänzend zur Produktion von Schafffleisch, Milch in der Inneren Mongolei zu produzieren (ZHAO, 2009). Allerdings ist die Futterqualität der meisten Steppengräser für Milchrinder unzureichend, so dass im Gegensatz zur Schafffleischerzeugung Gras nicht als Alleinfutter ausreicht. Dadurch setzen Futtermittelimporte in diese Region ein (z. B. Ammoniak behandeltes Maisstroh aus anderen Provinzen Chinas, Soja aus Südamerika) und es erfolgt eine zunehmende Umwandlung des Steppengrünlandes in ackerbaulich genutzte Flächen. Die ackerbauliche Nutzung wiederum setzt umfangreiche Bewässerungsmaßnahmen voraus, was zum Bau von Brunnen und Bewässerungsanlagen führt. Während die zunehmenden Nährstoffimporte über Futtermittel eine Beeinflussung der regionalen Nährstoffbilanzen erwarten lassen, die die botanische Stabilität der Steppenökosysteme in Frage stellen (CHEN ET AL., 2011), sind die Umbruchmaßnahmen mit nachfolgendem Ackerbau und Bewässerung vor dem Hintergrund der erhöhten Erosionsgefährdung und der Bodenkohlenstofffreisetzung kritisch zu bewerten. Außerdem lässt die Tatsache, dass die Bewässerung von Ackerkulturen in diesen Gebieten größtenteils auf fossilem Grundwasser basiert, an der Vereinbarkeit mit den Zielen einer „nachhaltigen Intensivierung“ zweifeln. Die direkte Verbindung der globalen Warenströme von Agrarprodukten zwischen China und Südamerika ist für Soja gut dokumentiert. Um seinen Sojabedarf von aktuell rund 50 Mio t Sojabohnen jährlich zu decken, importiert China große Mengen der südamerikanischen Produktion. Heute ist China gemeinsam mit Europa wichtigster Abnehmer südamerikanischer Sojabohnen (rund 35% der südamerikanischen Sojaproduktion werden nach China exportiert). Was bedeuten diese zunehmenden

interkontinentalen Exporte von Soja für die Landnutzung auf dem südamerikanischen Kontinent, und was bedeutet dies letztlich für die Einordnung einer „nachhaltigen Intensivierung“ der Futterproduktion in Europa im Allgemeinen und in Norddeutschland im Besonderen?

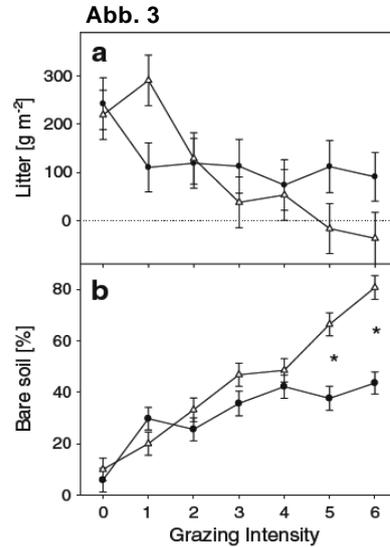
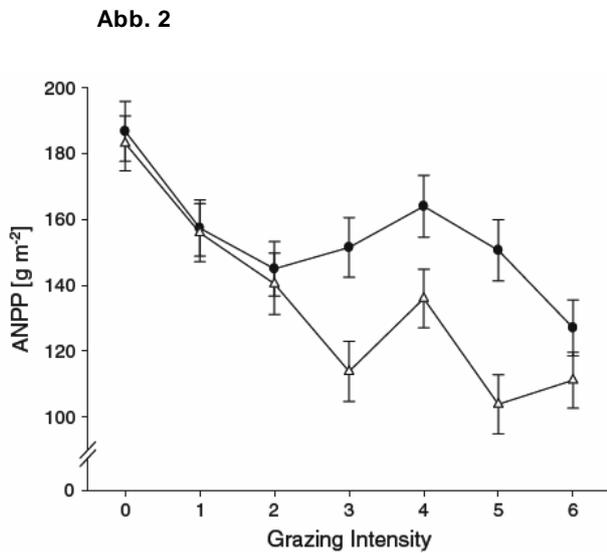


Abb. 2 (links) und 3 (rechts): **Abb. 2** zeigt den Einfluss von Weidemanagementsystem und Beweidungsintensität auf die oberirdische Nettoprimärproduktion (ANPP) der Produktionseinheiten (PE) (PE = 1 x 2-ha Weide und 1 x 2-ha Heufläche) und **Abb. 3** zeigt den Einfluss von Weidemanagementsystem und Beweidungsintensität auf die organische Streuauflage (litter) und den Anteil an unbedecktem Boden (bare soil). Kreise = Mixed System, Dreiecke = Traditional System. Beweidungsintensitäten: 0 bis 6 = unbeweidet bis sehr starke Beweidung. (SCHÖNBACH ET AL. 2011).

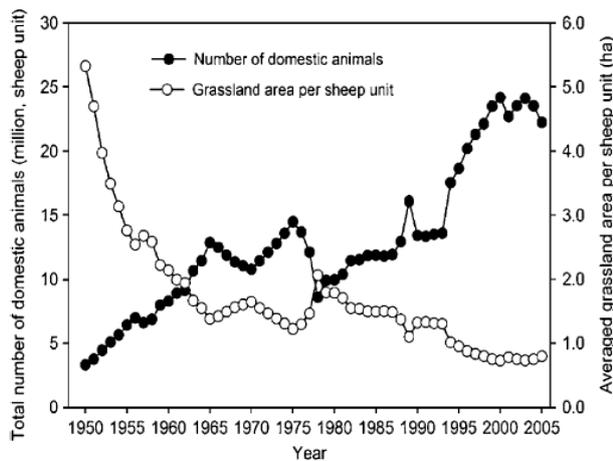


Abb. 4: Veränderung der Tierzahlen und der Weidefläche im Einzugsgebiet des Xilin River (Steppengebiet in der Inneren Mongolei, China). (BUTTERBACH-BAHL ET AL. 2011).

Landnutzungswandel in den Savannen (Cerrado) Südamerikas

Weltweit betrachtet repräsentieren die tropischen Graslandökosysteme Lateinamerikas das letzte zusammenhängende Landreservoir für eine Intensivierung der agrarischen Nutzung. Flächenmäßig entspricht dieses Biom (ursprünglich mehr als 250 Mio ha) den weltweit unter Bewässerung stehenden Ackerflächen. Seit mehr als drei Jahrzehnten werden diese natürlichen Graslandökosysteme Südamerikas zunehmend in Ackerflächen umgewandelt, um exportfähige landwirtschaftliche Güter, vornehmlich Soja, zu produzieren. Nach Zahlen der FAO (2006) kam es zwischen 1980 und 2000 zu einer Halbierung der Futterflächen (inklusive der extensiv genutzten Savannen), während die Anbauflächen für Soja im selben Zeitraum verfünffacht wurden. Nach THOMAS (2004) ist von einer weiterhin deutlich zunehmenden Kultivierung dieser Savannen auszugehen. Andere Autoren gehen sogar davon aus, dass dieses Biom bis zum Jahr 2030 weitgehend verschwunden sein wird (HECHT, 2005). Neben Mais und Zuckerrohr wird auf diesen Flächen insbesondere Soja angebaut, wobei Brasilien aufgrund seiner Flächengröße eine zentrale Rolle zukommt. Abb. 5 zeigt die Veränderung der Flächenanteile der brasilianischen Cerrado (südamerikanische Savanne) in den vergangenen Jahrzehnten. Es wird kalkuliert, dass bis zum Jahr 2020 weitere 22 Mio. ha in Brasilien einer ackerbaulichen Nutzung zugeführt werden (THOMAS, 2004). Zwar gibt es gewisse politische Anstrengungen, diesen Landnutzungswandel zu begrenzen, die Umsetzung dieser Maßnahmen vor Ort ist jedoch bisher wenig erfolgreich (BRANNSTROM, 2009).

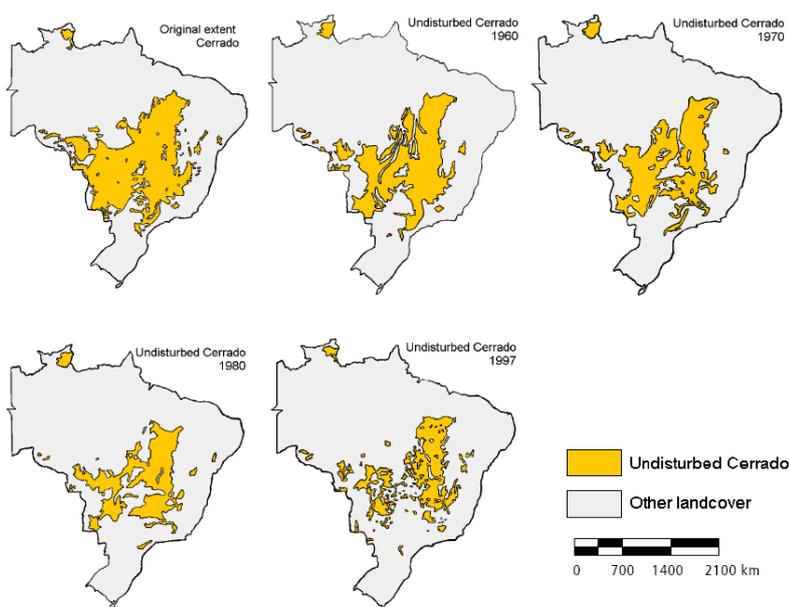


Abb. 5: Landnutzungswandel in der brasilianischen Cerrado (10 Mio. ha zwischen 1970 und 2000). (FEARNSIDE, 2001).

In der ökologischen Forschung wird der durch Landnutzungswandel verursachte Verlust an Biodiversität hervorgehoben. Allerdings sind mit diesem, vom Anbausystem abhängigen Landnutzungswandel erhebliche weitere ökologische Implikationen verbunden, insbesondere was den Kohlenstoffhaushalt der Böden betrifft. Beispielsweise wird bei so genannten traditionellen Anbauverfahren (Pflug) auf eine um 50% reduzierte Kohlenstoffspeicherung der Böden hingewiesen. Außerdem wird vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung pflugloser Anbausysteme und entsprechender Düngungsmaßnahmen auf steigende Lachgasemissionen verwiesen. Beides belastet die Klimabilanz der Sojaproduktion. Die Erfahrungen mit dem Landnutzungswandel der vergangenen Jahrzehnte belegen nach Einschätzung brasilianischer Experten, dass die Umwandlung von Grasland in Sojamonokultur zu einem jährlichen Humusabbau von 2-4% führt. Damit verbunden sind außerdem Bodenverdichtung, Erosionsprozesse sowie eine zunehmende Unkraut-, Krankheits- und Schädlingsproblematik. DROS (2004) propagiert vor diesem Hintergrund integrierte Produktionsverfahren (integrated soy-cattle), die den Anbau von leistungsfähigen tropischen Gräsern beinhalten (Kulturgrasland), welche eine erhöhte Kohlenstoffspeicherung im Boden gewährleisten und die Produktivität der Futterproduktion im Vergleich zur extensiv genutzten Savanne deutlich steigern. Diese „integrated crop-livestock zero tillage systems“ werden als zukünftige Lösungsansätze für eine nachhaltige Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion in Brasilien gesehen (GUIMARAES ET AL., 2004). Als wichtigste Gräser in diesen Anbausystemen gelten *Brachiaria spp.*, C4-Gräser, die sich durch eine hohe Wassernutzungs- und Stickstoffverwertungseffizienz auszeichnen. Durch züchterische Maßnahmen ist es gelungen die Verdaulichkeit der organischen Masse auf Größenordnungen von 70% zu steigern und gleichzeitig über ein intensives Wurzelwachstum den Eintrag von organischem Material in den Boden-Kohlenstoffpool zu sichern (Abb. 6). Diese Ausführungen machen deutlich, dass die Nachhaltigkeit einer intensivierten Futterproduktion in Südamerika als Basis für die Nachhaltigkeit der Produktion von Nahrungsmitteln tierischer Herkunft maßgeblich durch das vorherrschende Anbausystem determiniert wird. Diese Zusammenhänge werden für die europäische Landwirtschaft spätestens in dem Augenblick relevant, wenn Exportgüter aus Südamerika auf den deutschen/europäischen Markt kommen. So stellt das aus Südamerika importierte Soja eine Futterbasis für die Produktion von Nahrungsmitteln tierischer Herkunft (Milch/Fleisch) in Deutschland dar, so dass die Emissionen, die mit der Erzeugung dieser Güter in Südamerika entstehen, mit der Erzeugung von Milch und Fleisch in Europa verknüpft sind. Eingedenk der Tatsache, dass Deutschland aus Südamerika Soja im Anbauumfang von 3 Mio. ha importiert, beeinflussen die dortigen Anbauverfahren indirekt die Emissionen der Erzeugung von Milch

und Fleisch in Deutschland. Außerdem konkurriert Brasilien auf den Weltmärkten für Fleisch direkt mit den europäischen Erzeugern. Das bedeutet, dass die Nachhaltigkeitsdiskussion im Sinne von mit der Produktion verbundenen Emissionen auch für diese Produkte mit Kennzahlen untermauert werden muss, um einen globalen Vergleich hinsichtlich relevanter Nachhaltigkeitsstandards zu erlauben. Die Grundsatzdiskussion, ob ein Landnutzungswandel von natürlichem Graslandbiom hin zu intensiven, integrierten Systemen (bestehend aus exportorientiertem Ackerbau (Soja) bzw. exportorientierter Rindfleischproduktion) in Südamerika tolerierbar ist, sollte aus der europäischen Perspektive immer auch eingedenk der Tatsache geführt werden, dass die natürliche Vegetation Europas, der Wald, durch landwirtschaftliche Bodennutzung seit der Spätsteinzeit entsprechend reduziert wurde. Oder anders ausgedrückt: Die Südamerikaner holen nun das nach, was wir vor 5000 Jahren in Europa begonnen haben. Streng genommen würde dies bedeuten, dass unter der Maßgabe einer globalen Nachhaltigkeitsanalyse die Umwandlung des naturnahen Ökosystems Wald zu landwirtschaftlicher Nutzfläche in Europa mit der Umwandlung von natürlichem Grünland in Ackerfläche in Südamerika verglichen werden muss.

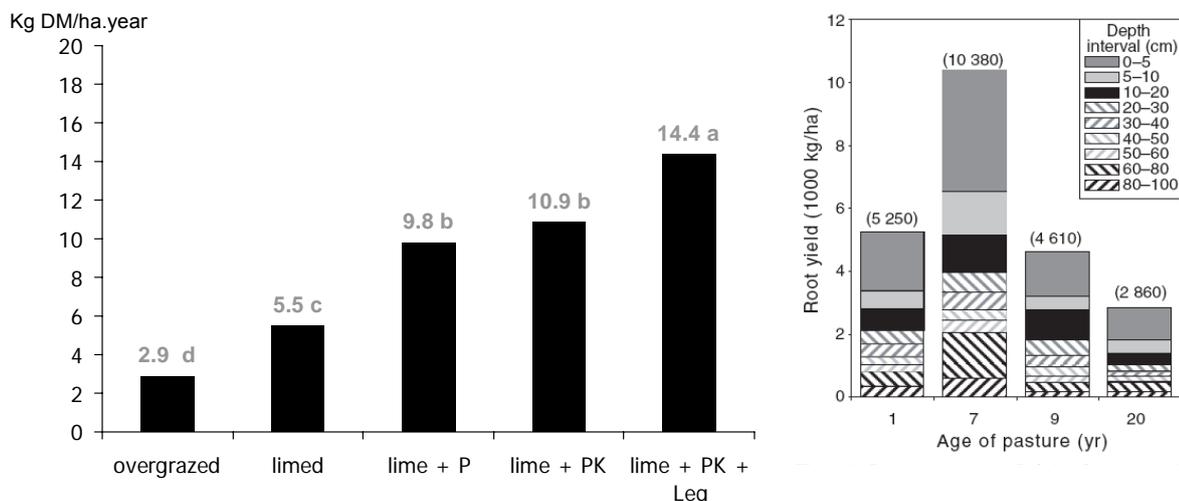


Abb. 6: Trockenmasseerträge (links) und Wurzelmasse (rechts) in *Brachiaria brizantha*-Versuchsplots (VOLPE ET AL., 2008) und auf degradierten *Brachiaria decumbens*-Weiden (FISHER ET AL., 2007).

4. Grundzüge einer nachhaltigen Intensivierung des Futterbaus zur Milcherzeugung in Deutschland

Vor dem Hintergrund der obigen Ausführungen wird deutlich, dass eine globale Vernetzung der Produktion und damit auch der Umweltwirkungen der Landnutzung zur Milcherzeugung zu konstatieren ist. Weiterhin ist unumstritten, dass die weltweite Produktion und die Verwertungseffizienz von Nahrungsmitteln im Allgemeinen und von Milchprodukten im

Besonderen gesteigert werden muss, um den weltweiten Nahrungsmittelbedarf zukünftiger Generationen angemessen zu sichern. Das Drei-Säulen Modell der Nachhaltigkeit (Ökonomie – Soziales – Ökologie) erfordert umfassende Bewertungsansätze, die sowohl die Steigerung der Produktivität (Ökonomie), als auch die Einhaltung von Sozialstandards und die Reduktion negativer ökologischer Konsequenzen berücksichtigen. In den folgenden Ausführungen wird der Bereich Soziales nicht in den Mittelpunkt gerückt, da er jenseits der klassischen naturwissenschaftlich ausgerichteten Agrarforschung angesiedelt ist und somit nicht mit einer entsprechenden Expertise der Autoren untermauert ist. Wir konzentrieren uns vielmehr auf die Interdependenzen zwischen Produktivitätssteigerung und ökologischen Konsequenzen und folgen damit den Vorgaben vieler international agierender Gruppen, die ähnliche Ansätze nutzen. Wie kann vor dem Hintergrund dieser Einschränkung eine nachhaltige Intensivierung in Maßzahlen gegossen werden? Dass Produktivitätssteigerungen auf dem Grünland mit einem steigenden Einkommen für die Milchproduktion vom Grünland korrespondieren, zeigen SMITH ET AL. (2008) in einer Metaanalyse der Grünlandproduktivität in Europa in überzeugender Weise. Bezüglich der Verknüpfung von Produktivitätssteigerungen und Umweltwirkungen hat sich in den vergangenen Jahren der Begriff der „Öko-Effizienz“ etabliert. Dieser definiert das Verhältnis von ökonomischem Ertrag oder Produktertrag zu den zusätzlich aus Produktion und Konsum resultierenden Umweltwirkungen. Als Indikator hat sich daraus das Konzept des „ökologischen Fussabdrucks“ bzw. die Lebensweganalyse eines Produktes (LCA- life cycle assessment) entwickelt (NEMECEK ET AL., 2011). Dieser „ökologische Fussabdruck“ berücksichtigt alle Umweltwirkungen, z. B. in Form von Emissionen (z. B. Nährstoffe, Klimagase), die mit der Produktion eines Produktes verbunden sind. Bezogen werden die Umweltwirkungen auf eine entsprechende Produkteinheit, z. B. kg ECM Milch. Diese abiotische Ressourceneffizienz ist somit messbar und ohne weitere Interpretation der Daten weltweit für spezifische Produkte wie Milch anwendbar und, bei Dokumentation gleicher Messstandards auch vergleichbar. Problematischer ist die Interpretation solcher Daten im Hinblick auf die biotische Ressourceneffizienz, also die Beeinflussung der Biodiversitätsfunktion von agrarischen Ökosystemen, weil damit eine Würdigung der Bedeutung einzelner Arten oder Artengruppen, die relevant für die Biodiversität eines Ökosystems sind, vorgenommen werden muss. Das kann allerdings kaum noch in metrischen Skalen abgebildet werden. Bei Analyse der Literatur zur botanischen Diversität des Grünlands zur Milcherzeugung in Deutschland und Europa ist gleichwohl festzuhalten, dass aufgrund der hohen Ansprüche an die Futterqualität Nutzungsintensitäten notwendig sind, die nur eine begrenzte botanische Artenvielfalt zulassen (TREYSE ET AL. 2007). Daher konzentrieren sich die Arbeiten zu den

Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Produktionssysteme zunächst vornehmlich auf die abiotische Ressourceneffizienz, dies um so mehr, da die Herausforderungen zur Minderung der Klimagasemissionen (Klimaschutzziele) und die Verminderung der Belastung von aquatischen Ökosystemen (Gewässerschutz) weltweit zentrale Umweltschutzziele darstellen. Diesbezüglich finden sich in der Literatur Beispiele, auf die näher eingegangen werden soll. Eine der ersten Gruppen, die sich weltweit mit dem „ökologischen Fußabdruck“ der Milchproduktion beschäftigte, war die Gruppe um BASSET-MENS ET AL. (2006) in Neuseeland. Anhand der Kategorien THG- (Treibhausgas) Emissionen, Versauerungspotential, Eutrophierung, Landverbrauch und Energieverbrauch wurden unterschiedliche Intensitäten der Futterproduktion zur Milcherzeugung eingeordnet (Abb. 7). In diesem Fall mit dem Ergebnis, dass durch den Einsatz von Mais statt Dauergrünland als Futtergrundlage zwar der Landverbrauch durch höhere Erträge leicht reduziert wurde, die negativen Implikationen in Form von höheren THG-Emissionen, Eutrophierung, Versauerung der Böden und Energieverbrauch je kg ECM Milch jedoch deutlich überwogen. Somit sind in diesem Fall die ökologischen Kosten einer Intensivierung der Futterproduktion durch Maisanbau kritisch zu würdigen.

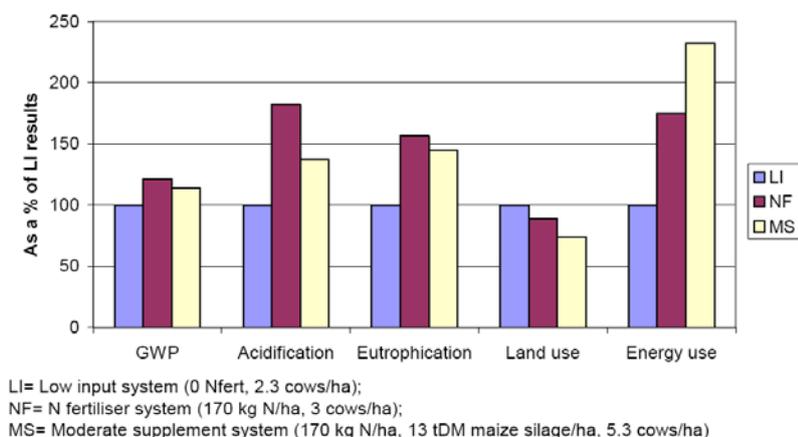


Abb. 7: Umweltwirkungen für die Milchproduktion in Neuseeland (pro kg Milch). (BASSET-MENS ET AL. 2006).

Ein weiterer interessanter Aspekt im Zusammenhang mit dieser Studie ist die Frage nach den Treibern, die solche Analysen zu nutzen gedenken. Die neuseeländische Studie, die auch Vergleiche mit Daten aus anderen Ländern der Welt beinhaltete, wurde durch das weltweit bedeutendste Milchindustriunternehmen Fonterra in Auftrag gegeben. Durch das „Labeln“ des Produktes Milch mit einem günstigen ökologischen Fußabdruck bzw. eines auf THG-Emissionen reduzierten PCF („product carbon footprint“) versprach man sich

zusätzliche Absatzmärkte. Dies macht deutlich, dass die Würdigung von Umweltleistungen auch für die Vermarktung von Produkten eine zunehmende Rolle spielt.

Die besondere Bedeutung des Dauergrünlandes für die Milcherzeugung unter Berücksichtigung der Kohlenstoffspeicherung dokumentiert auch eine Analyse von ROTZ ET AL. (2011) aus den USA (Abb. 8). Die Autoren verglichen grünland- und ackerbasierte (Mais und Luzerne) Milchproduktion in Pennsylvania und kamen zu dem Ergebnis, dass unter Berücksichtigung der Kohlenstoffsinkenfunktion in Grünlandböden ein günstigerer PCF Milch vom Dauergrünland im Vergleich zu Ackerfutterbausystemen realisiert wird. Im Vergleich zu den Arbeiten aus unserem N-Projekt Karkendamm (ROTZ ET AL., 2005; LAMPE ET AL., 2006, SENBAYRAM ET AL., 2009) wird aber auch deutlich, wie sehr diese Einordnung der Futterproduktion im Hinblick auf Emissionen durch Standortfaktoren determiniert wird. Auf den sandigen Böden Norddeutschlands ist die Ertragsüberlegenheit des Mais im Vergleich zu Dauergrünland vielfach so stark ausgeprägt und gleichzeitig die Emission von THG, insbesondere Lachgas, aufgrund der guten Bodendurchlüftung so stark reduziert, das die Stickstoff- und THG-Emissionen je Energieeinheit Futter aus Ackerfutterbausystemen gegenüber Grünland günstiger zu beurteilen sind. Hinsichtlich unterschiedlicher Ackerfutterbausysteme beschäftigte sich unsere Gruppe mit einem Vergleich der THG-Emissionen von gedüngten Grasbeständen im Vergleich zu nicht Stickstoff gedüngten Luzerne-Gras-Beständen. Bei gleichen Erträgen wiesen die leguminosenbasierte Produktionssysteme deutlich reduzierte (um mehr als 70%) THG-Emissionen je Energieeinheit Futter (GJ NEL) auf (SCHMEER ET AL., 2010). Die Ergebnisse untermauern die große Bedeutung der Futterproduktion auf den PCF Milch und unterstreichen gleichzeitig die Notwendigkeit, leguminosenbasierten Futterbau vor dem Hintergrund der Klimaschutzdiskussionen intensiver zu untersuchen und zu befördern.

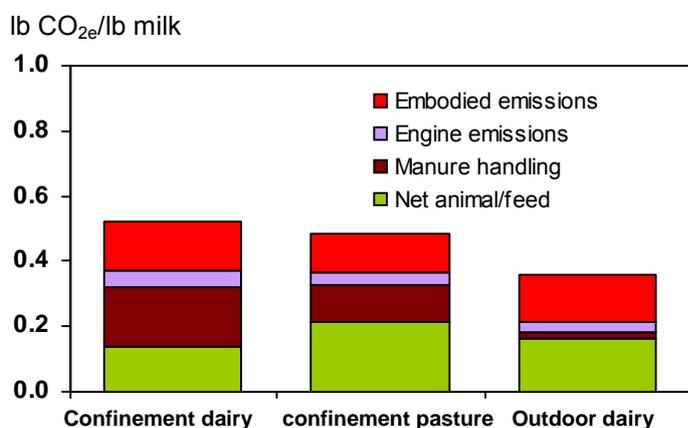


Abb. 8: U.S. carbon footprint incl. carbon sequestration. (ROTZ ET AL., 2010).

Abschließend ist ein weiterer Aspekt im Sinne der Entwicklung einer nachhaltigen Intensivierung von Futterproduktionssystemen zur Milcherzeugung zu würdigen und zu analysieren. Dies betrifft die optimale Einzeltierleistung (kg ECM/Kuh). Global betrachtet weisen Studien der FAO (2010) darauf hin, dass die Milchproduktionssysteme Europas im Hinblick auf den PCF Milch im Vergleich zu Entwicklungsländern aufgrund vergleichsweise hoher Milchleistungen und effizienterer Ressourcenausnutzung vergleichsweise günstig zu beurteilen sind. Im Rahmen einer weltweiten Sensitivitätsanalyse konnte dort gezeigt werden, dass eine Steigerung der Milchleistung/Kuh in Verbindung mit höheren Futtermitteldarstellungen die positivsten Effekte auf den PCF Milch induziert. Biologische Systeme sind jedoch nicht durch Linearität gekennzeichnet. Es stellt sich somit die Frage, ob eine Maximierung der Einzeltierleistung in jedem Fall auch zu einer Steigerung der Nachhaltigkeit eines Produktionssystems führt? Bezüglich der ökonomischen Analysen von Milchviehbetrieben in Deutschland erscheint das Ergebnis zunächst eindeutig. So zeigen beispielsweise die Untersuchungen der Rinderspezialberatung Schleswig-Holstein (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN, 2010) mit einer Datenbasis von mehreren hundert Betrieben einen offensichtlichen Zusammenhang zwischen dem ökonomischen Betriebsergebnis und der Einzeltierleistung. So korrelieren Milchleistungen jenseits der 10.000 kg je Kuh als durchschnittliche Herdenleistung linear mit überdurchschnittlichen ökonomischen Ergebnissen. Daraus ist über Jahrzehnte das Paradigma erwachsen, dass eine Steigerung der Milchleistung je Kuh nahezu lineare positive Effekte auf das ökonomische Betriebsergebnis ausübt. Solche Milchleistungen sind nur auf der Basis hoher Anteile von Mais und überproportional zunehmendem Einsatz von Kraftfutterkomponenten (z. B. Soja) zu realisieren. Dies führt inzwischen in vielen Betrieben dazu, dass 1. der N-Bilanzsaldo je kg ECM bei höchsten Milchleistungen nicht mehr günstiger ausfällt als bei mittlerer Intensität und, dass 2. der P-Bilanzsaldo den erlaubten Grenzwert von +20 kg/ha in vielen Betrieben überschreitet, d. h. bezüglich der Nährstoffverwertungseffizienz werden hier offensichtlich Grenzen erreicht. Da diese Entwicklung zusätzlich mit geringen Laktationszahlen (~2,3 Laktationen/KUH) korrespondiert, ist zu konstatieren, dass unter diesen Rahmenbedingungen im Lebenszyklus einer Kuh eine etwa gleich lange Zeit für die unproduktive Aufzuchtphase einerseits und die Laktationsphase andererseits zu Buche schlägt. Die Optimierung der Lebensleistung umgerechnet auf die Lebensstage einer Kuh ist somit ein zentraler Parameter für die Optimierung einer nachhaltigen Milcherzeugung (VGL. HARMS RINDERBERATUNG MECKLENBURG VORPOMMERN).

Darüber hinaus stellt sich die Frage der optimalen Einzeltierleistung auch vor dem Hintergrund von Klimagasemissionen einerseits und der gleichermaßen zu befriedigenden

Bedarfsdeckung von Milch und Rindfleisch andererseits. FLACHOWSKI (2008) hat dazu einige Modellkalkulationen vorgenommen, die aufzeigen, dass bei gleichzeitiger Befriedigung der Milch und Rindfleischproduktion auf nationaler Basis Deutschlands das Ein-Nutzungs- und Milch (Holstein Frisian) nicht per se überlegen ist, da mit steigender Milchleistung dieser Rassen eine entsprechende Kompensation in Form von Mutterkuhhaltung zur Fleischerzeugung voran getrieben werden muss, die mit deutlich höheren THG-Emissionen attribuiert ist (Abb. 9). In der Konsequenz ergibt sich daraus, dass Milchleistungen auf der Basis von Zwei-Nutzungsrasen in der Größenordnung von 8000 kg ECM/Kuh den niedrigsten PCF Milch/Fleisch produzieren. Diese Milchleistungen sind mit einer auf Grünland basierten Futterproduktion ohne weiteres realisierbar und machen deutlich, dass insbesondere die absoluten Grünlandregionen Norddeutschlands vor diesem Hintergrund ein großes Potential für eine „nachhaltige Intensivierung“ der Futterproduktion zur Milcherzeugung aufzeigen.

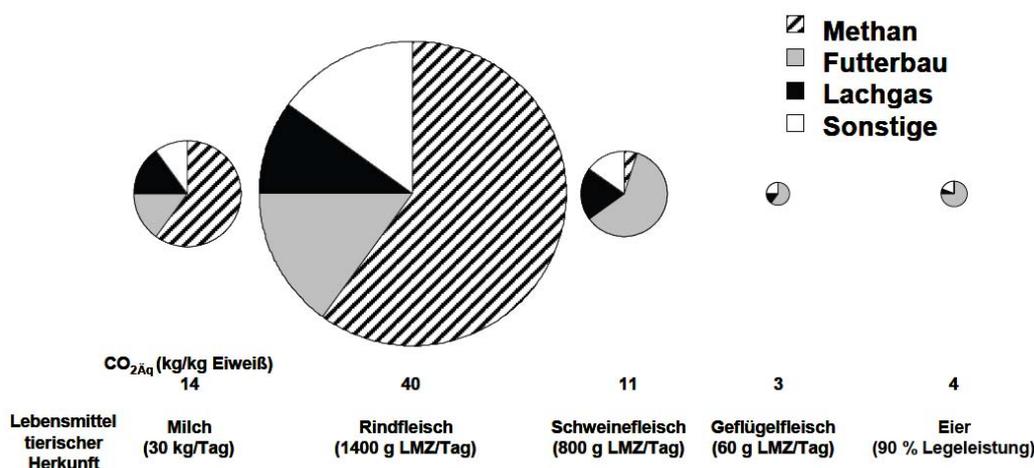


Abb. 9: Anteile (%) der verschiedenen Emissionsquellen an den CO₂-Footprints je kg essbares Protein. (FLACHOWSKY, 2008).

5. Fazit

Nachhaltige Futterproduktion zur Milcherzeugung in Norddeutschland sichert ökonomische und gesellschaftliche Wohlfahrt, solange sie im Vergleich zu anderen Gunstregionen des Futterbaus in der Welt sicher stellt, dass die Öko-Effizienz z. B. im Hinblick auf THG- und Nährstoffemissionen vergleichbar oder besser ist als in anderen Teilen der Welt. Gerade die Nutzung absoluter Grünlandstandorte zur Milcherzeugung reduziert die Konkurrenz um weltweit knappe Ackerbaustandorte und stellt somit einen zentralen Pluspunkt der Grünlandnutzung vor dem Hintergrund der Sicherung der Welternährung dar. Die Futterbauforschung ist gefordert, die Daten zur Öko-Effizienzanalyse im Rahmen von

Systemanalysen und Vergleichen verschiedener Milchproduktionssysteme in Norddeutschland bereit zu stellen und diese vergleichend zu den Daten anderer weltweiter Produktionsstandorte, so wie dies für China und Brasilien aufgezeigt wurde, zu bewerten und einzuordnen.

6. Literatur

- BASSET-MENS, C., LEDGARD, S., COX, N., KELLIHER, F., CARRAN, A. (2006) UNCERTAINTY OF GLOBAL WARMING POTENTIAL OF MILK PRODUCTION OF AN AVERAGE NEW ZEALAND DAIRY FARM. 5TH AUSTRALIAN CONFERENCE ON LIFE-CYCLE-ASSESSMENT. MELBOURNE.
- BRANNSTROM, C. (2009): SOUTH AMERICA'S NEOLIBERAL AGRICULTURAL FRONTIERS: PLACES OF ENVIRONMENTAL SACRIFICE OR CONSERVATION OPPORTUNITY? *AMBIO*, 38, 141-149.
- BRODERSEN, C. (2005) BRASILIEN. GIGANT OHNE GRENZEN. DLG-MITTEILUNGEN, BAND 12.
- BUTTERBACH-BAHL, K., KÖGEL-KNABNER, I., HAN, X. (2011) STEPPE ECOSYSTEMS AND CLIMATE AND LAND-USE CHANGES—VULNERABILITY, FEEDBACKS AND POSSIBILITIES FOR ADAPTATION. *PLANT AND SOIL* 340(1), 1-6.
- CHEN, Q., HOOPER, D., LIN, S. (2011) SHIFTS IN SPECIES COMPOSITION CONSTRAIN RESTORATION OF OVERGRAZED GRASSLAND USING NITROGEN FERTILIZATION IN INNER MONGOLIAN STEPPE, CHINA. *PLOS ONE* 6(3): E16909.
- DROS, M. MANAGING THE SOY BOOM: TWO SCENARIOS OF SOY PRODUCTION EXPANSION IN SOUTH AMERICA (2004) (ONLINE ZUGANG AM 17.06.2011: [HTTP://ASSETS.PANDA.ORG/DOWNLOADS/MANAGINGTHESOYBOOMENGLISH_NBVT.PDF](http://assets.panda.org/downloads/managingthesoyboomenglish_nbvt.pdf))
- DYER, M.I., DEANGELIS, D.L., POST, W.M. (1986) A MODEL OF HERBIVORE FEEDBACK ON PLANT PRODUCTIVITY. *MATHEMATICAL BIOSCIENCES* 79(2), 171-184.
- FAO (2006) FAOSTAT. AGRICULTURAL AREA. ([WWW.FAOSTAT.FAO.ORG](http://www.fao.org))
- FAO (2008) ARE GRASSLANDS UNDER THREAT? BRIEF ANALYSIS OF FAO STATISTICAL DATA ON PASTURE AND FODDER CROPS. ROME. ([WWW.FAO.ORG](http://www.fao.org))
- FAO (2009) THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE. LIVESTOCK IN THE BALANCE. ROME. ([WWW.FAO.ORG](http://www.fao.org))
- FAO (2010A) FAOSTAT. AGRICULTURAL PRODUCTION. ([WWW.FAOSTAT.FAO.ORG](http://www.fao.org))
- FAO (2010B) GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM THE DAIRY SECTOR – A LIFE CYCLE ASSESSMENT. ROME.
- FEARNSIDE, P. (2001) "SOYBEAN CULTIVATION AS A THREAT TO THE ENVIRONMENT IN BRAZIL", *ENVIRONMENTAL CONSERVATION* 28: 23-28.
- FISHER, M., BRAZ, S., DOS SANTOS, R., URQUIAGA, S., ALVES, B., BODDEY, R. (2007). ANOTHER DIMENSION TO GRAZING SYSTEMS: SOIL CARBON. *TROPICAL GRASSLANDS* 41(2), 65-83.
- FLACHOWSKY, G. (2008) WIE KOMMEN WIR ZU CO₂-FOOTPRINTS FÜR LEBENSMITTEL TIERISCHER HERKUNFT? *ARCH. TIERZ.*, DUMMERSTORF 51 (2008) SONDERHEFT, 67-82.
- GODFRAY, H., BEDDINGTON, J., CRUTE, I., HADDAD, L., LAWRENCE, D., MUIR, J., PRETTY, J., ROBINSON, S., THOMAS, S., TOULMIN, C., 2010. FOOD SECURITY: THE CHALLENGE OF FEEDING 9 BILLION PEOPLE. *SCIENCE* 327(5967), 812-818.
- GUIMARAES, E., SANZ, J., RAO, I., AMEZQUITA, M., AMEZQUITA, E., THOMAS, R. (2004) AGROPASTORAL SYSTEMS FOR THE TROPICAL SAVANNAS OF LATIN AMERICA. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). BRASILIA.
- HECHT, S. (2005): SOYBEANS, DEVELOPMENT AND CONSERVATION ON THE AMAZONAS FRONTIERS. *DEV. CHANGE* 36, 375 - 404.

- IFPRI (INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE) (2009) 2009 ANNUAL REPORT. WASHINGTON. (WWW.IFPRI.ORG)
- LAMPE, C., DITTERT, K., SATTELMACHER, B., WACHENDORF, M., LOGES, R., AND TAUBE, F. (2006) SOURCES AND RATES OF NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM GRAZED GRASSLAND AFTER APPLICATION OF ¹⁵N-LABELLED MINERAL FERTILIZER AND SLURRY. *SOIL BIOLOGY & BIOCHEMISTRY* 38, 2602-2613.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2010) RINDERREPORT DER LK SH. (ONLINE VERFÜGBAR UNTER: [HTTP://WWW.LWKSH.DE/CMS/FILEADMIN/USER_UPLOAD/DOWNLOADS/TIER/TIER_2011/RINDERREPORT_2010.PDF](http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user_upload/downloads/tier/tier_2011/rinderreport_2010.pdf))
- NEMECEK T., FRICK, C., DUBOIS, D., GAILLARD, G. (2011) COMPARING FARMING SYSTEMS AT CROP ROTATION LEVEL BY LCA. IN: GEERKEN, T., MATTSON, B., OLSSON, P. & JOHANSSON, E., (EDS.), PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON LCA IN FOODS, GOTHENBURG. SIK, VITO, GOTHENBURG, 65-69.
- ROTZ, C., TAUBE, F., RUSSELLE, M., OENEMA, J., SANDERSON, M., WACHENDORF, M. (2005) WHOLE-FARM PERSPECTIVES OF NUTRIENT FLOWS IN GRASSLAND AGRICULTURE. *CROP SCIENCE* 45:2139–2159.
- ROTZ, C., MONTES, F., CHIANESE, D. (2010). THE CARBON FOOTPRINT OF DAIRY PRODUCTION SYSTEMS THROUGH PARTIAL LIFE CYCLE ASSESSMENT. *JOURNAL OF DAIRY SCIENCE* 93(3), 1266-1282.
- SCAR (2009) NEW CHALLENGES FOR AGRICULTURAL RESEARCH: CLIMATE CHANGE, FOOD SECURITY, RURAL DEVELOPMENT, AGRICULTURAL KNOWLEDGE SYSTEMS. 2ND SCAR FORSIGHT EXERCISE FOR THE EUROPEAN COMMISSION. FOOD, AGRICULTURE AND FISHERIES, AND BIOTECHNOLOGY KNOWLEDGE-BASED BIO-ECONOMY (KBBE). BRUSSEL.
- SCHÖNBACH, P., WAN, H., SCHIBORRA, A., GIERUS, M., BAI, Y., MÜLLER, K., GLINDEMANN, T., WANG, C., SUSENBETH, A., TAUBE, F. (2009) SHORT-TERM MANAGEMENT AND STOCKING RATE EFFECTS OF GRAZING SHEEP ON HERBAGE QUALITY AND PRODUCTIVITY OF INNER MONGOLIA STEPPE. *CROP & PASTURE SCIENCE* 60(10), 963-974.
- SCHÖNBACH, P., WAN, H., GIERUS, M., BAI, Y., MÜLLER, K., LIN, L., SUSENBETH, A., TAUBE, F. (2011) GRASSLAND RESPONSES TO GRAZING: EFFECTS OF GRAZING INTENSITY AND MANAGEMENT SYSTEM IN AN INNER MONGOLIAN STEPPE ECOSYSTEM. *PLANT AND SOIL* 340(1), 103-115.
- SCHMEER, M., LOGES, R. UND F. TAUBE (2010) EINFLUSS HOHER RADLASTEN BEI DER GRÜNLANDBEWIRTSCHAFTUNG AUF ERTRAG, FUTTERQUALITÄT UND LACHGASEMISSIONEN. VORTRÄGE ZUR HOCHSCHULTAGUNG 2010 DER AGRAR- UND ERNÄHRUNGSWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL. 87-85.
- SENBAYRAM, M., CHEN, R., MÜHLING, KH AND DITTERT, K. (2009) CONTRIBUTION OF NITRIFICATION AND DENITRIFICATION-DERIVED NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM SOIL AFTER APPLICATION OF BIOGAS WASTE COMPARED TO OTHER FERTILIZERS. *RAPID COMMUNICATION IN MASS SPECTROMETRY*. 23; 2489-2498.
- SMITH, P., MARTINO, D., CAI, Z., GWARY, D., JANZEN, H., KUMAR, P., MCCARL, B., OGLE, S., O'MARA, F., RICE, C., SCHOLES, B., SIROTENKO, O., HOWDEN, M., MCALLISTER, T., PAN, G., ROMANENKOV, V., SCHNEIDER, U., TOWPRAYOON, S., WATTENBACH, M., SMITH, J. (2008) GREENHOUSE GAS MITIGATION IN AGRICULTURE. *PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY B-BIOLOGICAL SCIENCES* 363(1492), 789-813.
- THE ROYAL SOCIETY (2009) REAPING THE BENEFITS SCIENCE AND THE SUSTAINABLE INTENSIFICATION OF GLOBAL AGRICULTURE. LONDON. (WWW.ROYALSOCIETY.ORG)
- THOMAS, R., RONDON, M., AMEZQUITA, E., AYARZA, M., ASAKAWA, N., FRIESEN, D. (2004) OVERCOMING SOIL CONSTRAINTS IN LATIN AMERICA SAVANNAS: NEW APPROACHES AND POTENTIAL TRADE-OFFS. IN: GUIMARAES, E., SANZ, J., RAO, I., AMEZQUITA, M., AMEZQUITA, E., THOMAS, R. (EDS) AGROPASTORAL SYSTEMS FOR THE TROPICAL SAVANNAS OF LATIN AMERICA. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). BRASILIA.

- TREYSE, T., LOGES, R., SÜDEKUM, K., WACHENDORF, M., TAUBE, F. (2007) VERGLEICHENDE BEWERTUNG DER NACHHALTIGKEIT INTENSIVER GRÜNLANDWIRTSCHAFT DURCH WEIDE- UND SCHNITTNUTZUNG UNTER KLIMABEDINGUNGEN NORDDEUTSCHLANDS. PFLANZENBAUWISSENSCHAFTEN, 11 (SONDERHEFT). S. 39–48.
- VOLPE, E., MARCHETTI, M., MOTA MACEDO, M., ROSA JUNIOR, E. (2008) DEGRADED PASTURE RECOVERING WITH LIMING, FERTILIZATION, AND ASSOCIATED LEGUME IN QUARTZIPSAMENT. ACTA SCIENTIARUM-AGRONOMY 30(1), 131-138.
- WAN, H., BAI, Y., SCHÖNBACH, P., GIERUS, M., TAUBE, F. (2011) EFFECTS OF GRAZING MANAGEMENT SYSTEM ON PLANT COMMUNITY STRUCTURE AND FUNCTIONING IN A SEMIARID STEPPE: SCALING FROM SPECIES TO COMMUNITY. PLANT AND SOIL, 340(1).
- ZHAO, G. (2009) GRAZING ANIMALS AND THEIR ROLE IN GLOBAL NUTRIENT BALANCE. CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY, BEIJING, CHINA. PRÄSENTATION IM RAHMEN EINES PROJEKTGRUPPENTREFFENS DER DFG-FORSCHERGRUPPE MAGIM (MATTER FLUXES OF GRASSLANDS IN INNER MONGOLIA).