

Relative Vorzüglichkeit von Mais und Gras unter Berücksichtigung von Klimawandel

Relative benefit of maize and grass under conditions of climatic change

Friedhelm Taube und Antje Herrmann

Christian-Albrechts-Universität, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abt. Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald Str. 9, 24118 Kiel, ftaube@email.uni-kiel.de

Zusammenfassung

Der in den letzten Jahren zu beobachtende betriebliche und regionale Strukturwandel der Milchproduktion hat eine drastische Änderung der Flächennutzung in intensiven Futterbauregionen zur Folge, mit einer Zunahme des Maisanbaus und einem Rückgang der Dauergrünlandnutzung. Dies wird noch verstärkt durch die Entwicklung auf dem Biogassektor, welche in einigen Regionen zu einer weiteren Verdrängung und Umbruch von Dauergrünland geführt hat. Es ist somit zu hinterfragen, ob die vielerorts eingefahrene Strategie „Mais statt Gras“ langfristig tragbar ist. Konfliktpotential besteht insbesondere im Hinblick auf die Umsetzung verschiedener EU-Umweltschutzziele. So ist das im Vergleich zu schnittgenutztem Grünland höhere N-Auswaschungspotential von Silomais kritisch zu sehen bezüglich der EU-Wasserrahmenrichtlinie, und Maisanbau nach Grünlandumbruch steht aufgrund der resultierenden Treibhausgasemission im Widerspruch zu den EU-Klimaschutzziele. Die Vorzüglichkeit von Mais ist unter anderem bedingt durch den in den letzten Jahrzehnten erzielten größeren Zuchtfortschritt. Vor dem Hintergrund des prognostizierten Klimawandels ist für Mais nach bisherigem Wissensstand jedoch, aufgrund seiner C4-Physiologie, nicht unbedingt von einer Überlegenheit im Vergleich zu C3-Gräsern und Leguminosen auszugehen. Zukünftige Optimierungsstrategien sollten differenziert betrachtet werden. Während absolute Grünlandstandorte zur Wahrung der Ökosystemfunktionen zu schützen sind, stellen Mais-Gras-Fruchtfolgen eine Alternative zur vielerorts üblichen Maismonokultur auf Gunststandorten des Maisanbaus dar.

Schlüsselwörter: Dauergrünland, Silomais, Klimawandel, Umwelteffekte

Abstract

The changes in milk production structure on the farm and regional level caused in recent years a substantial land use change in areas of intensive forage production, with an increase in maize production associated with a decrease of permanent grassland area. This process is boosted by the development in the biogas sector, which in several regions has triggered additional displacement and ploughing of permanent grassland. Thus it has to be challenged if the paradigm ‘maize instead of grass’ is on the long run sustainable. Potential conflicts with the EU environmental protection policy seem immanent. Silage maize, for instance, is

characterized by a higher nitrogen leaching potential compared to cut grassland, which is crucial with respect to the EU water framework directive. Furthermore, maize production after ploughing of grassland will cause high emissions of greenhouse gases, which is contrary to the EU's climate protection policy. The preference for maize over grassland was mainly due to the higher yield progress achieved over the last decades. In view of the predicted climate change however, we may not assume this yield effect in favor of maize to last, especially if we take into account the C4 physiology of maize compared to grasses and legumes. Future optimization strategies need more refined and balanced approaches. Obligatory grassland sites must be protected in order to ensure the beneficial services they provide for the ecosystem. At the same time grass-maize rotations offer an alternative to the common practice of maize monoculture.

Key words: Permanent grassland, silage maize, change of climate, environmental effects

Einleitung

Die Erhaltung von Dauergrünland ist seit 2003 in Deutschland im Rahmen der cross-compliance Regelungen zur guten fachlichen Praxis gesetzlich geregelt. Danach dürfen die Dauergrünlandflächenanteile in den einzelnen Bundesländern gegenüber dem Basisjahr 2003 um nicht mehr als 5% absinken. Wird dieser Wert überschritten, sind die Bundesländer gefordert, Maßnahmen zur Erhaltung von Dauergrünland einzuleiten. Dieser Schwellenwert von 5% wurde in einigen Bundesländern überschritten mit der Folge, dass diese (z.B. Schleswig-Holstein) im Rahmen einer Verordnung ein absolutes Grünlandumbruchverbot ausgesprochen haben. Die Ursache für die erheblichen Verluste an Dauergrünlandflächen in Deutschland (154.000 ha seit 2003, Statistisches Bundesamt) sind im Wesentlichen auf zwei Umstände zurück zu führen. Zum einen steigt mit zunehmender Leistung der Milchkuh der Anspruch an hoch qualitatives Grobfutter, der mit Silomais einfacher zu realisieren ist als mit Gärsubstraten vom Grünland, zum anderen hat der Biogasboom in Deutschland zu einer erheblichen Zunahme des Maisanbaus als Gärsubstrat geführt, was insbesondere in den intensiven Futterbauregionen zu einer zusätzlichen Verdrängung von Dauergrünland geführt hat. In Extremfällen in einem Ausmaß, welches auch den Umbruch von absolutem Dauergrünland mit entsprechenden negativen ökologischen Konsequenzen zur Folge hat (SRU, 2007). Der folgende Beitrag soll Argumente aufzeigen, die das bisherige Paradigma „Mais statt Gras“ zugunsten eines neuen Leitbildes „Mais und Gras“ ablösen.

Rahmenbedingungen der Milch- und Biogasproduktion in Deutschland

Verschiedene Studien (z.B. ife, 2008) zeigen an Hand der Milchquoten- Handelstermine in den vergangenen zwei Jahren, dass eine Konzentration der Milchproduktion in den Gunstregionen Norddeutschlands zu beobachten ist, die sich in den kommenden Jahren noch verstärken dürfte. Die obige Studie hat für das Bundesland Schleswig-Holstein ein Wachstumspotential von +65 % Milcherzeugung postuliert, welches allein durch die Vorgaben der Düngeverordnung (170 kg N/ha aus organischen Düngern) limitiert ist. Dagegen wandern Milchquoten aus den typischen Grünlandregionen Süddeutschlands und der Mittelgebirge

weiter ab, was ebenfalls in Verbindung mit ungünstigen Standortverhältnissen für den Maisanbau zu begründen ist. Parallel dazu führt die Novellierung des EEG (Bundesregierung, 2008) mit einer überproportionalen Förderung kleinerer Anlagen und dem Güllebonus dazu, dass insbesondere vor dem Hintergrund niedriger Milcherzeugerpreise die relative Vorzüglichkeit der Biogasproduktion in diesen intensiven Milchvieh-Futterbauregionen weiter steigen wird. Diese strukturellen Rahmenbedingungen haben zu einer deutlichen Änderung der Flächennutzung in den intensiven Futterbauregionen zugunsten des Maisanbaus und zu Ungunsten der Dauergrünlandnutzung geführt.

Konfliktpotentiale Ausdehnung Maisanbau – negative Umwelteffekte

Die oben skizzierten Rahmenbedingungen induzieren einen vermehrten Grünlandumbruch zugunsten eines intensiven Maisanbaus zur Futter- und Energiepflanzenproduktion. Hieraus resultieren Konflikte im Hinblick auf verschiedene europäische Umweltschutzziele. So ist zu konstatieren, dass insbesondere die Ziele der EU Wasserrahmenrichtlinie, die einen „guten ökologischen Zustand“ der Gewässer bis zum Jahr 2015 ausweisen, durch diese Praxis konterkariert werden. Während intensiv durch Schnitt genutztes Dauergrünland geringste Nährstoffverluste je Flächeneinheit über den Pfad Sickerwasser aufweist (Wachendorf et al., 2004), steigen diese unter Mais auch bei bedarfsorientierter Düngung deutlich an (Büchter et al., 2003; Herrmann et al., 2005), wobei insbesondere organische Dünger (Rindergülle; Gärsubstrate) aufgrund verstärkter Mineralisationsprozesse in Zeiten geringer Nährstoffaufnahme durch den Mais (Spätsommer/Herbst) als problematisch einzustufen sind. Daneben ergeben sich Konflikte in Bezug auf die CO₂-Freisetzung aus dem Boden unter Dauergrünlandflächen nach einem Umbruch. In der internationalen Literatur werden hierzu je nach Humusgehalt unter Grünland Werte in einer Größenordnung von bis zu 1,7 t C pro ha und Jahr (Dawson and Smith, 2007) angegeben, für Deutschland liegen diesbezüglich vergleichsweise wenige belastbare Daten vor. Schließlich führt eine dem Dauergrünlandumbruch folgende Silomaismonokultur zu einem zusätzlich Abbau an organischer Bodensubstanz, da selbst eine Rückführung organischer Dünger in Form von Gülle bzw. Gärresten nicht ausreicht, um eine ausgeglichene Humusbilanz zu gewährleisten (Vertes et al., 2007). Damit werden neben den Zielen der EU-Wasserrahmenrichtlinie auch die nationalen Ziele zur Reduktion klimarelevanter Gase durch großflächigen Grünlandumbruch gefährdet. Gerade die staatlich geförderte Erzeugung nachwachsender Rohstoffe wie Biogas mit dem übergeordneten Ziel der Reduktion klimarelevanter Gase wird somit in der Kombination Grünlandumbruch – Maismonokultur geradezu zur Farce.

Zuchtfortschritte Mais und Gras

Die hohe relative Vorzüglichkeit des Maisanbaus wird immer wieder mit den Zuchtfortschritten für diese Kulturpflanze in den vergangenen Jahrzehnten in Verbindung gebracht. So weisen verschiedene Autoren für die vergangenen Dekaden den Mais als die Kulturpflanze mit den höchsten Ertragszuwächsen seit den 1950er Jahren aus. Eine genauere Analyse der zur Verfügung stehenden Literatur in Europa wie in den USA zeigt jedoch, dass eine deutliche Differenzierung des Zuchtfortschrittes im Hinblick auf Ertrag einerseits und Futterqualität

andererseits geboten ist. Arbeiten von Lauer et al. (2001) zeigen deutliche lineare Ertragsteigerungen beim Vergleich genetischen Materials, welches in den Dekaden seit den 1930er Jahren zugelassen wurde, dieser Ertragszuwachs ist jedoch nahezu ausschließlich über höhere Kolbenerträge zu erklären, während die Restpflanzenerträge nur marginal angestiegen sind. Die Futterqualität, ausgedrückt als in vitro Verdaulichkeit (DOM) der organischen Masse ist dagegen über einen Zeitraum von mehr als 60 Jahren nur um etwa 3 % absolut angestiegen. Barriere et al. (2003) zeigen für europäische Hybride ebenfalls nur einen sehr begrenzten Zuchtfortschritt für das Merkmal DOM und Kruse et al. (2008a, b) weisen ebenfalls für aktuelle Maishybriden gleicher Reifegruppe, aber verschiedenster morphologischer Ausprägung („stay green-“, „dry down-“, Körner-, Restpflanzentypen) keine relevanten Qualitätsunterschiede aus. Darüber hinaus ist zu konstatieren, dass die dokumentierten Ertragszuwächse in den letzten 25 Jahren in Deutschland bereits durch den laufenden Klimawandel beeinflusst werden. Insbesondere die steigenden Tagesdurchschnittstemperaturen in der Vegetationszeit des Maises bringen die C4-Pflanze Mais gegenüber C3-Pflanzen in einen Konkurrenzvorteil. So zeigen Modellsimulationen von Hermann et al. (2004), dass der Klimawandeleffekt der vergangenen 25 Jahre den tatsächlichen Zuchtfortschritt deutlich überlagert.

Die Erfassung des Zuchtfortschrittes bei Futtergräsern gestaltet sich deutlich schwieriger, entsprechend sind die Quellen hierzu begrenzter. Zurückzuführen ist dies vor allem auf die Tatsache, dass die Sortenprüfungen z.B. für die wichtigste Kulturart des Dauergrünlandes, das Deutsche Weidelgras, in den vergangenen Jahrzehnten mehrfach modifiziert wurden und damit hinsichtlich Nutzungszeitpunkt/-häufigkeit und N-Düngungsniveau dem Wandel in der landwirtschaftlichen Praxis Rechnung trugen. Entsprechend sind die in der Literatur dokumentierten Zuchtfortschritte für das Merkmal Ertrag vergleichsweise gering ausgeprägt. Je nach Autor variieren sie zwischen 2 und 6% je Dekade (Sodin, 1991; Wilkins and Humphreys, 2003; Wilkins and Lovatt, 2004). Hingegen wurden erhebliche Fortschritte bezüglich des sekundären Merkmals Krankheitsresistenz insbesondere im Bereich der Rostresistenz erreicht (Reheul and Ghesquière, 1996). Neuere Untersuchungen zur Ertragsentwicklung von Deutschem Weidelgras auf Basis der Daten des Bundessortenamtes zeigen jedoch, dass in Abhängigkeit von Ploidiestufe und Abreifetyp durchaus ein Zuchtfortschritt in den letzten 25 Jahren zu dokumentieren ist, der insbesondere die tetraploiden Sortentypen betrifft (Salama et al., subm.). Auch bezüglich des Merkmals Futterqualität (DOM) zeigt aktuelles Zuchtmaterial des Deutschen Weidelgrases eine erhebliche Variabilität, die allerdings auch innerhalb einer Reifegruppe maßgeblich durch die phänologische Entwicklung der Bestände im Primäraufwuchs gesteuert wird (Salama et al., 2009). Der Zuchtfortschritt bezüglich des energetischen Futterwertes wird darüber hinaus durch neue Entwicklungen zur Schätzung des energetischen Futterwertes maskiert. Während in Deutschland über Jahrzehnte die Weender Futtermittelanalyse die Basis für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Mais- und Grassubstraten darstellte, beinhalten aktuelle Ansätze zur Schätzung des energetischen Futterwertes darüber hinaus Parameter der Detergentienanalyse nach van Soest (1967) und die Gasbildung nach dem Hohenheimer Futterwerttest bzw. die enzymlösliche organische Substanz (Hertwig et al., 2007; Losand et al., 2007). Insbesondere junge Grasaufwüchse werden mit diesen neuen Schätzformeln deutlich besser bewertet als auf Basis der vorhergehenden Ansätze mit der Konsequenz, dass hochwertige Grassilagen

des ersten Aufwuchses bei optimalem Schnitttermin durchaus einen energetischen Futterwert von über 6,6 MJ NEL/kg TM realisieren und damit einer guten Maissilage mehr als ebenbürtig sind.

Einfluss des Klimawandels auf Leistungsparameter von Mais und Gras

Die Klimamodelle für Deutschland gehen mit gewissen Unsicherheiten von einer deutlichen Steigerung der CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre, einer Zunahme von Starkregenereignissen, trockeneren Sommern, feuchteren und wärmeren Wintern und einer Verlängerung der Vegetationsperiode aus. Bisher gibt es keine angemessenen multifaktoriellen experimentellen Ansätze, die diese Vielfachwechselwirkungen auf Leistungsparameter von Futterpflanzen langfristig hinreichend genau untersucht hätten. Vielmehr dominieren in der Literatur sogenannte FACE-Experimente (free air CO₂ enrichment), die neben der CO₂-Konzentration einen oder zwei zusätzliche Faktoren variieren. Für Grünland liegt diesbezüglich eine größere Anzahl von Studien aus semi-intensiv bewirtschafteten Graslandökosystemen (Steppenökosysteme) vor (Körner et al., 2007; Morgan et al., 2007), die nur begrenzt auf europäisches Intensivgrünland übertragen werden können. Für Deutsch' Weidelgras-Weißklee Pflanzengesellschaften konnten Hebeisen et al. (1997) zeigen, dass eine Verdopplung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zu einer erhöhten Biomasseproduktion und vor allem zu erhöhten Leguminosenanteilen und erhöhter N-Fixierungsleistung führten. Entsprechende Versuche für Reinbestände von Deutschem Weidelgras weisen eine positive Wechselwirkung für CO₂ x N-Düngung aus, d.h. dass die Kombination aus erhöhter CO₂-Konzentration in Verbindung mit hoher N-Düngungsintensität eine Ertragsteigerung um über 25% bewirkte (Daepf et al., 2001). Darüber hinaus können Nikolaus und Körner (2004) für Deutsches Weidelgras-Weißkleebestände zeigen, dass eine Verdopplung der CO₂-Konzentration insbesondere unter Trockenstress deutliche Ertragssteigerungen im Vergleich zu aktuellen CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre induzieren, die eine Größenordnung von über 30 Prozent ausmachen. Das bedeutet bei aller Prognoseunsicherheit, dass das Grasland von einer Erhöhung der CO₂-Konzentration selbst unter zunehmendem Trockenstress im Sommer im Ertrag profitieren dürfte und stützt damit die These von Morgan et al. (2004), wonach der Wasser sparende Effekt einer CO₂-Konzentrationserhöhung bedeutender ist als der direkte „Düngungseffekt“.

Bezüglich der Auswirkungen auf die Futterqualität liegen nur sehr wenige Daten vor, die gleichermaßen darauf hindeuten, dass keine Effekte auf Futterwert bestimmende Inhaltsstoffe wie DOM und wasserlösliche Kohlenhydrate zu erwarten sind (Hebeisen et al., 1997).

Für den Silomais zeigen neueste Daten von Weigel (siehe Beitrag in diesem Band), dass ebenfalls signifikante Wechselwirkungen CO₂-Steigerung x Trockenstress für das Merkmal Ertrag abzusichern sind. Allerdings ist davon auszugehen, dass die CO₂-Steigerungseffekte für die C4-Pflanze Mais nicht so stark ausgeprägt sind wie für C3-Gräser, da die aktuelle CO₂-Konzentration in der Atmosphäre bereits nahe am Optimum für C4-Gräser ist. Schließlich zeigen Modellsimulationen von Wienforth (2008), dass trotz der vergleichsweise hohen Wassernutzungseffizienz von Mais das Ertragspotential dieser Kulturart bereits heute erheblich durch Wassermangel in der Hauptwachstumsperiode (Juli/August) eingeschränkt ist.

Ob diese Trockenstress induzierte Begrenzung der Erträge zukünftig durch züchterische Maßnahmen kompensiert werden kann, bleibt abzuwarten.

Zusammenfassend ist somit zu schließen, dass der zu erwartende Klimawandel bei aller begrenzten Prognostizierbarkeit in der Tendenz nicht unbedingt eine eindeutige Überlegenheit des Mais erwarten lässt, da Grünlandgräser bzw. -leguminosen die zu erwartende Verlängerung der effektiven Vegetationsperiode vollständig nutzen können und sensitiver auf CO₂-Steigerungen reagieren.

Optimierungsstrategien

Bevor einzelne Optimierungsstrategien behandelt werden, ist zunächst eine grundsätzliche Einordnung des Dauergrünlandes in Abhängigkeit von den standörtlichen Gegebenheiten notwendig. In der deutschsprachigen wissenschaftlichen Grünlandliteratur wird zwischen „absoluten“ und „fakultativen“ Grünlandstandorten unterschieden (Klapp, 1971), eine Terminologie, die in der englischsprachigen Literatur nicht existiert. Absolute Grünlandstandorte sind gekennzeichnet durch nicht vertretbare ökologische und ökonomische Konsequenzen einer Ackernutzung z.B. aufgrund hoher Grundwasserstände, Überschwemmungsgefährdung (Flussniederungen), Bodenkohlenstoffabbau (Anmoor, Moor) und Erosionsgefährdung (Flächen mit entsprechender Hangneigung; Mittelgebirge). Demgegenüber stehen fakultative Grünlandstandorte, welche allein aufgrund einzelbetrieblicher Entscheidungen des Betriebsleiters als Grünland genutzt werden (z.B. hofnahe Weideflächen), jedoch ohne weiteres auch als Ackerland genutzt werden könnten. In diese Kategorie fallen beispielsweise viele Grünlandareale auf den norddeutschen Sanderflächen. Unseres Erachtens sollte die Schutzwürdigkeit von Grünlandflächen wesentlich stärker an dieser Systematik ausgerichtet werden, was derzeit im Rahmen von cross-compliance nicht der Fall ist. Während eine Erhaltung des Dauergrünlands auf absoluten Grünlandstandorten zur Wahrung der Ökosystemfunktionen unumstritten ist, konzentrieren sich Optimierungsstrategien mithin auf fakultative Grünlandstandorte, die intensiv bewirtschaftet werden. Auf diesen Standorten ist die relative Standortvorzüglichkeit im Hinblick auf Ertrag und Futterqualität von Mais und Gras maßgebend. So zeigen Untersuchungen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, die Gras- bzw. Kleeegrasmischungen und Mais auf Marsch- und Geeststandorten verglichen haben (Tabelle 1), dass der Mais auf den Sanderflächen eindeutig überlegen ist, während Gras- bzw. Kleeegrasmischungen auf Marschstandorten uneingeschränkt konkurrenzfähig sind.

Tabelle 1: Relative Standortvorzüglichkeit von Mais und Grünland im Mittel der Jahre 2006-2008 (Benke, 2009).

	Ertrag (t TM ha ⁻¹)	
	Mais	Grünland
Marsch	19,8	19,8
Geest	18,7	14,3

Diese Ertragsüberlegenheit des Mais auf Gunststandorten hat vielerorts zum Einsatz von Maismonokulturen geführt (Miehe, 2008). Dies ist aus mehreren Gründen kritisch zu beurteilen. Zum einen führt eine Maismonokultur trotz der Rückführung organischer Dünger aus der Tierhaltung (Gülle) in der Regel zu einer Abnahme der organischen Bodensubstanz. Eine langjährige Versuchsreihe von Vertes et al. (2007), die den Effekt unterschiedlicher Anteile von Mais und Gras in der Fruchtfolge auf den Gehalt an organischer Bodensubstanz untersucht hat (Abb. 1), zeigt eindeutig, dass nur mit signifikanten Anteilen von Gras in der Fruchtfolge die Bodenfruchtbarkeit im Sinne der Erhaltung der organischen Bodensubstanz zu erhalten ist, während dieser Wert bei Maismonokultur über einen Versuchszeitraum von 27 Jahren um etwa 30 Prozent absinkt. Zum anderen zeigen eigene Untersuchungen (Volkers et al., 2004), dass die Ertragsleistung, die N-Verwertungseffizienz und die N-Bilanz von Mais bei einem Anbau in Fruchtfolgen im Vergleich zum Monokulturanbau deutlich gesteigert werden (Abb. 2) und optimale Rohproteingehalte mit geringerem N-Düngereinsatz erzielt werden können (Herrmann und Taube, 2004, 2005). Dies sind eindeutige Befunde, die für eine gemeinsame Nutzung von Mais und Gras auf fakultativen Grünlandstandorten im Rahmen einer Fruchtfolge sprechen.

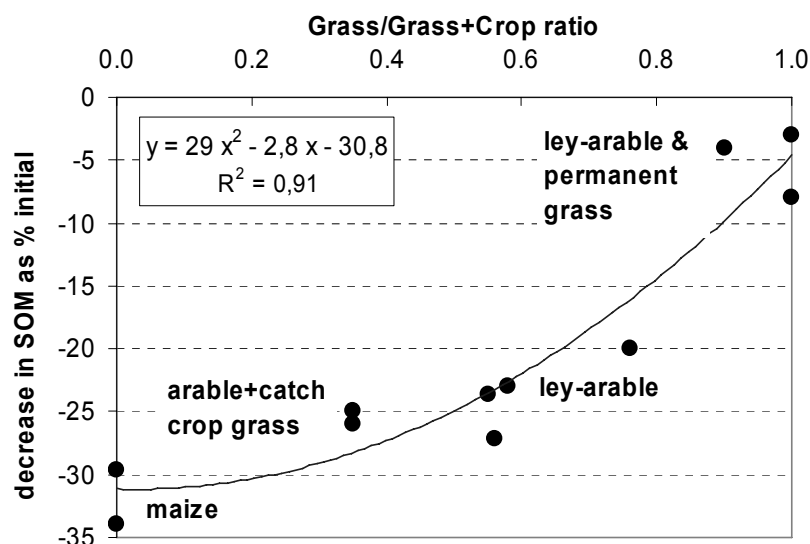


Abbildung 1: Beziehung zwischen organischer Masse des Bodens (SOM) und dem Anteil Gras in Ackergrasfruchtfolgen (Vertès et al., 2005).

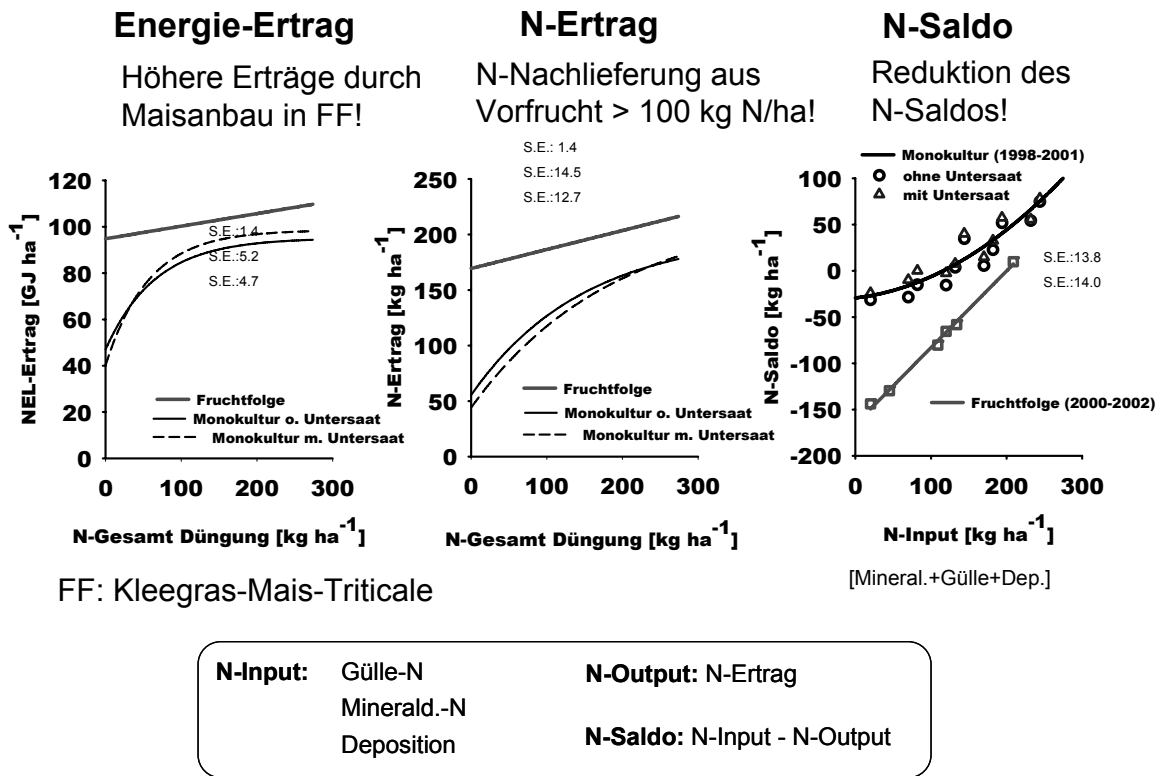


Abbildung 2: Vergleich Silomais in Fruchtfolge zu Maismonokultur (Volkers, 2004).

Forschungsbedarf

Futterqualität Gras und Mais

Die Ergebnisse in Abschnitt 3 haben gezeigt, dass der Zuchtfortschritt für das Merkmal Ertrag deutlich stärker ausgeprägt ist als für den Merkmalskomplex Futterqualität. Eine Ursache für diese Diskrepanz dürfte darin zu suchen sein, dass die Charakterisierung des Merkmals Futterqualität für den Pflanzenzüchter zumeist bei vergleichsweise einfachen Parametern wie dem ADF-Gehalt oder der in vitro Verdaulichkeit endet. Mit zunehmender Einzeltierleistung der Milchkuh spielt jedoch die Abbaukinetik im Hinblick auf die Kohlenhydrat- und Stickstoffverbindungen im Pansen und die daraus resultierende Nährstoffverfügbarkeit im Dünndarm eine zunehmende Rolle, welche mit den obigen Ansätzen nicht ausreichend genau abgebildet werden kann. Daraus ist abzuleiten, dass die Formulierung von Ideotypen von Futterpflanzen aus Sicht der Tierernährung einen Ansatz darstellt, um seitens des Futterbaus bzw. der Pflanzenzüchtung Selektionsmerkmale zu identifizieren, die diesen spezifischen Ansprüchen der Milchkuh bezüglich einer Erhöhung der Nährstoffeffizienz entsprechen. Auf dieser Basis ist die Prozesskette von der Pflanzenbauforschung (Morphologie Pflanze) über die Konservierung, die Futteraufnahme, bis zur Abbaukinetik abzubilden. Derartige integrierende Ansätze fehlen bisher.

Systemanalyse Milchproduktion

Die mit der Produktion einer Einheit Milch/Fleisch verbundenen Emissionen rücken zunehmend in den Mittelpunkt des Interesses (Umwelteffizienz). Die Erfassung des „carbon footprint“ bzw. „ökologischen Rucksacks“ je kg FCM in Abhängigkeit vom Futter- bzw. Milchproduktionssystem ist seit einigen Jahren Forschungsgegenstand mehrerer Gruppen weltweit (Kelm et al., 2004; Sedorovich et al., 2007; Basset-Mens et al., 2008; Dawn et al., 2009). Eine Studie aus dem Nordosten der USA, die intensive ganzjährige Stallhaltungssysteme auf der Grundfutterbasis Maissilage/Luzerne mit Weidegang auf Dauergrünland vergleicht, kommt zu dem Ergebnis, dass der „carbon footprint“ je kg Milch unter Berücksichtigung der Kohlenstoffakkumulation unter Dauergrünland für das System Weide deutlich günstiger zu beurteilen ist (Sedorovich et al., 2007). Derartige Studien fehlen in Deutschland für relevante Milchproduktionssysteme bisher vollständig, wären aber notwendig unter anderem, um den politischen Akteuren im Lande Hinweise auf umwelteffiziente Landnutzungssysteme zu geben.

Eine solche Analyse endet konsequenterweise in der Fragestellung, ob unter Berücksichtigung der Umwelteffizienz das derzeitige Paradigma der Milchproduktion in Deutschland „high input – high output“ mit der Ursache-Wirkungs-Kaskade - Maximierung der Einzeltierleistung > ganzjährige Stallhaltung > Probleme Tiergesundheit > hohe Remontierungsrate > hohe Maisanteile in der Ration > Verdrängung der Konkurrenzfähigkeit des Dauergrünlands für die Milchproduktion - in Frage zu stellen ist. So zeigen neueste Arbeiten von Susenbeth (2009), dass bezüglich der Nährstoffnutzungseffizienz maximale Einzeltierleistungen jenseits der 10.000 kg FCM nicht dem Optimum entsprechen, sondern dass dazu Leistungen von 8000-9000 kg FCM/Kuh/Jahr ausreichend sind, eine Größenordnung, die mit dem alleinigen Grundfutter Gras erreicht werden kann.

Schließlich ist bei der oben formulierten grundsätzlichen Fragestellung auch eine agrarische Komponente von Relevanz: Ist es vor dem Hintergrund der Maxime „Sicherung der Welternährung“ ethisch vertretbar, das Steppentier und den Wiederkäuer Milchrind zunehmend aus „seinem angestammten Agrarökosystem“, dem Dauergrünland, zu verdrängen und die originäre Nahrungsgrundlage Gras durch Futterkomponenten vom Acker, auf dem alternativ pflanzliche Nahrungsmittel für den Menschen erzeugt werden könnten, zu ersetzen? Damit wird die Milchkuh zum Nahrungsmittelkonkurrenten des Menschen, was bei low-input Milchproduktionssystemen auf absoluten Grünlandstandorten nicht der Fall ist. Wird zudem noch die Tatsache in die Überlegungen einbezogen, dass Einzeltierleistungen jenseits der 10.000 kg FCM einen überproportional zunehmenden Anspruch an hochwertigsten Proteinkomponenten wie Sojaschrot nach sich ziehen, so ist bei globaler Betrachtung ein direkter Zusammenhang zwischen dem Verlust von typischen Graslandökosystemen wie der Savanne und der Pampa in Südamerika zum Zwecke des Anbaus von Soja für den Export nach Europa und unserem aktuellen Paradigma der Milchproduktion herzustellen. All dies sind Fragen, die in transdisziplinären Ansätzen einer Bearbeitung und Bewertung bedürfen.

Schlussfolgerungen

Die dargelegten Ausführungen zeigen, dass nur Mais und Gras im System intensiver Futterbau/Milcherzeugung die Ansprüche an agronomische Leistungen und gleichermaßen an Ökosystemleistungen erfüllen können.

Literatur

- Barrière, Y., Guillet, C., Goffner, D., Pichon, M. (2003): Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. *Animal Research* 52:193-228
- Basset-Mens, C., Ledgard, S., Boyes, M. (2008): Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. *J. of Ecol. Econom.* 68:1615-1625
- Benke, M. (2009): persönliche Mitteilung
- Büchter, M., Wachendorf, M., Volkers, K., Taube, F. (2003): Silage maize production on sandy soils in northern Germany: impact of understorey, slurry and mineral N fertilizer on nitrate leaching. *Pflanzenbauwissenschaften* 2:64–74
- Bundesregierung (2008): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften. *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil 1 Nr 49, ausgegeben zu Bonn am 31. Oktober 2008*
- Dawn, C., Rotz, C.A., Richard, T. (2009): Estimated greenhouse gas emissions from a representative Northeastern dairy farm. *J. of Environ. Quality* (in press)
- Dawson, J.J.C., Smith, P. (2007): Carbon losses from soil and its consequences for land-use management. *Sci. of the Total Environ.* 382:165-190
- Hebeisen, T., Lüscher, A., Zanetti, S., Fischer, B.U., Hartwig, U.A., Frehner, M., Hendrey, G.R., Blum, H., Nösberger, J. (1997): Growth response of *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L. as monocultures and bi-species mixture to free air CO₂ enrichment and management. *Global Change Biology* 3:149–160
- Herrmann, A., Kersebaum, K.C., Taube, F. (2005): Nitrogen fluxes in silage maize production: relationship between nitrogen content at silage maturity and nitrate concentration in soil leachate. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 73: 59-74
- Herrmann, A., Kornher, A., Taube, F. (2004): Ertragsentwicklung von Silomais und Deutschem Weidelgras – Zuchtfortschritt oder Klimawandel? *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 16:99-100
- Herrmann, A., Taube, F. (2004): The range of the critical Nitrogen dilution curve for maize (*Zea mays* L.) can be extended until silage maturity. *Agronomy Journal* 96:1131-1138.
- Herrmann, A., Taube, F. (2005): Nitrogen concentration at maturity – an indicator of nitrogen status in forage maize. *Agronomy Journal* 97:201-210.
- Hertwig, F., Greef, J., Jilg, T., Kaiser, E., Losand, B., Meyer, U., Pries, M., Rodehutschord, M., Schwarz, F.J., Spiekers, H., Südekum, K.-H., Weißbach, F. (2007): Schätzung des Energiegehaltes von Maisernteprodukten – Bericht zum Stand neuer Ableitungen. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung* 28./29.03.2007: 110-111

- Informations- und Forschungszentrum der Ernährungswirtschaft, ife (2008): Milcherzeugungspotential in Schleswig-Holstein. ife Informations- und Forschungszentrum für Ernährungswirtschaft e.V. Kiel
- Kelm, M., Wachendorf, M., Trott, H., Volkens, K., Taube, F. (2004): Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. III. Energy efficiency in forage production from grassland and maize for silage. *Grass and Forage Science* 59:69-79
- Klapp, E. (1971): Wiesen und Weiden. 4. Auflage, Parey-Verlag, Berlin/Hamburg
- Körner, C., Morgan, J.A., Norby, R. (2007): CO₂ fertilization: When, where, and how much? In: Canadell, J.G., Pataki, D.E., Pitelka, L.F. (Eds) *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. The IGBP Series. pp 9-22. Springer, Berlin
- Kruse, S., Herrmann, A., Kornher, A., Taube, F. (2008): Evaluation of genotype and environmental variation in fibre content of silage maize using a model-assisted approach. *Europ. J. of Agronomy* 28:210-223
- Kruse, S., Herrmann, A., Kornher, A., Taube, F. (2008): Genotypic and environmental effects on the water-soluble carbohydrate content of forage maize. *Field Crops Research* 106:191-202
- Lauer, J.G., Coors, J.G., Flannery, P.J. (2001): Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. *Crop Science* 41:1449-1455
- Losand, B., Pries, M., Menke, A., Tholen, E., Gruber, L., Hertwig, F., Jilg, T., Kluth, H., Spiekers, H., Steingaß, H., Südekum, K.-H. (2007): Schätzung des Energiegehaltes in Grasprodukten – Bericht zum Stand neuer Ableitungen. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung* 28./29.03.2007:105-109
- Miehe, A.K. (2008): Biogaserzeugung aus landwirtschaftlichen Rohstoffen – Monitoring des Substratanbaus und der Gärrestverwertung in Schleswig-Holstein. Masterarbeit, Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel
- Morgan, J.A., Milchunas, D.G., LeCain, D.R., West, M.S., Mosier, A. (2007): Carbon dioxide enrichment alters plant community structure and accelerates shrub growth in the shortgrass steppe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104:14724-14729
- Morgen, J.A., Pataki, D.E., Körner, C., Clark, H., Del Grosso, S.J., Grünzweig, J.M., Knapp, A.K., Mosier, A.R., Newton, P.C.D., Niklaus, P.A., Nippert, J.B., Nowak, R.S., Parton, W.J., Polley, H.W., Shaw, M.R. (2004): Water relations in grassland and desert ecosystems exposed to elevated atmospheric CO₂. *Oecologia* 140:11-25
- Reheul, D., Ghesquière, A. (1996): Breeding perennial ryegrass with better crown rust resistance. *Plant Breeding* 115:165-169
- Sachverständigenrat für Umweltfragen, SRU (2007): Klimaschutz durch Biomasse, Sondergutachten. Erich Schmidt Verlag
- Salama, H., Lösche, M., Herrman, A., Gierus, M., Taube, F. (2009): Eine vereinfachte Methode zur Charakterisierung der phänologischen Entwicklung von Deutsch Weidelgrasbeständen und Quantifizierung der Beziehung zu Futterqualitätsparametern. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 10* (im Druck)
- Salama, H., Lösche, M., Herrman, A., Gierus, M., Taube, F. (2009): Effect of ploidy level on yield and its progress of perennial grasses in Germany (submitted)
- Sedorovich, D.M., Rotz, C.A., Richard, T.L. (2007): Greenhouse gas emissions from dairy farms. *ASAE Annual Meeting* 074096

- Sodin, S. (1991): Achievements in fodder crops breeding in Nordic Europe. p. 7-12. In APM Den Nijs and A. Elgersma (Ed.) Proceedings of the 16th Meeting of the Fodder Crops Section of Eucarpia. Wageningen, the Netherlands, Pudoc
- Susenbeth, A. (2009): Effizientere Energie- und Nährstoffverwertung durch Tiere mit höherem genetischen Leistungspotential? Schriftenreihe zur 59. Öffentlichen Hochschultagung der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der CAU Kiel (in Druck)
- Van Soest, P.J., Wine, R.H. (1967): The use of detergents in analysis of fibrous feeds: IV. Determination of plant cell wall constituents, J. of AOAC International 50:50–55
- Vertès, F., Hatch, D., Velthof, G., Taube, F., Laurent, F., Loiseau, P., Recous, S. (2007): Short-term and cumulative effects of grassland cultivation on nitrogen and carbon cycling in ley-arable rotations. Grassland Science in Europe 12:227-246
- Vertès, F., Menasseri, S., Morvan, T. (2005): Long term effect of the length of the grass period in ley-arable rotations on the quality of soil organic matter. In: J.J. Schröder and J.J. Neeteson (Eds) "14th N workshop" 116: 219-222. PRI, Maastricht, NL
- Volkers, K., Jovanovic, N., Wachendorf, M., Taube, F. (2002): Management of forage maize for reduced nitrogen surpluses – results from an integrated research project. Grassland Science in Europe 7: 744-745
- Volkers, K. (2004): Auswirkungen einer variierten Stickstoff-Intensität auf Leistung und Stickstoff-Bilanz von Silomais in Monokultur sowie einer Ackerfutterbau-Fruchtfolge auf sandigen Böden Norddeutschlands. Dissertation, CAU Kiel
- Wachendorf, M., Büchter, M., Trott, H., Taube, F. (2004): Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses. Grass and Forage Science 59:56-68
- Wienforth, B. (2008): Standortgerechte Wahl von Energiepflanzen für die Biogasproduktion: Modellgestützte Analyse des Trockenstresseinflusses auf das Ertragspotenzial von Silomais. In: Kage et al. (Eds.) Modellierung des Systems Nutzpflanze-Boden – Herausforderungen des 21. Jahrhunderts, 26.-27.2.2009, Kiel (in Druck)
- Wilkins, P.W., Humphrey, M.O. (2003): Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. The J. of Agric. Sci. 140:129–150
- Wilkins, P., Lovatt, A. (2004): Recent gains from forage grass breeding. Iger Innovations. In: www.aber.ac.uk/en/media/04ch3.pdf