



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Forschung für den Ökologischen Landbau in Bayern

**Ökolandbautag am 16.02.2005
in Weihenstephan**

Tagungsband



Schriftenreihe

**6
2005
ISSN 1611-4159**

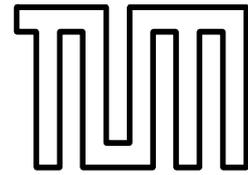
Impressum:

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: <http://www.LfL.bayern.de>

Redaktion: Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und
Bodenschutz
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: IAB@LfL.bayern.de
Tel.: 08161/71-3640

1. Auflage April / 2005

Druck: lerchl druck, 85354 Freising



**Forschung für den
Ökologischen Landbau
in Bayern**

Ökolandbautag der
Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft,
der Technischen Universität München in
Freising-Weihenstephan und der
Landesvereinigung für den
Ökologischen Landbau
am 16.02.2005
in Freising-Weihenstephan

Tagungsband

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Vorwort	13
2	Low Input Systeme in der Milchviehhaltung als Beispiel für 100 % Ökofütterung	14
2.1	Ziel einer ökologischen Milchviehhaltung	14
2.1.1	Grundsätzliche Überlegungen einer ökologischen Milchviehhaltung	14
2.2	Merkmale einer Low – Input Milchviehhaltung	15
2.3	Kurzrasenweide (KRW) – Charakteristika	16
2.4	Betriebsbefragung – Darstellung der Ergebnisse	17
2.5	Fütterung – viel Weidegang und Grundfutter, sehr wenig Ergänzungsfutter	19
2.6	Zusammenfassung	20
2.7	Forschungsbedarf und offene Fragen	20
2.8	Literatur	21
3	Verbesserung der Eiweißversorgung von Milchkühen mit hohen Leistungen	22
3.1	Einleitung	22
3.2	Material und Methode	22
3.3	Ergebnisse und Diskussion	24
3.3.1	Untersuchungen zum Futterwert	24
3.4	Fütterungsversuch mit Milchkühen	26
3.4.1	Futter- und Nährstoffaufnahme	26
3.5	Schlussfolgerung	29
3.6	Literatur	30
4	Zur Aminosäurenversorgung von Ökoschweinen	32
5	Qualität ökologischer Produkte – Kriterien, Methoden, Bewertungen	39
5.1	Qualität – Versuch einer Begriffsbestimmung	39
5.2	Kriterienbildung für die Qualitätsbestimmung	40
5.3	Methoden zur Qualitätsbestimmung und Ergebnisse für Ökologische Produkte	42
5.3.1	Stoffe ernähren den Menschen	42
5.3.2	Stoffe fördern oder schädigen die Gesundheit	44
5.4	Nahrungsmittel übertragen Strukturen und schaffen Ordnung	47
5.5	Nahrungsmittel schaffen die Grundlage für Seelenleben und Individualität	49
5.6	Zusammenfassung und Ausblick	50
5.7	Literatur	50
6	Qualitätsmanagement am Beispiel von Frischgemüse	52

7	Humusmanagement im ökologischen Betrieb	55
7.1	Einleitung	55
7.2	Ackerbauliche und ökologische Funktionen des Humus	56
7.3	Analyse der Humusversorgung unter praktischen Bedingungen	58
7.4	Dauerfeldversuche als Grundlagen der Humusbilanzierung	60
7.5	Methoden der Humusbilanzierung	61
7.6	Praktische Anwendung der Humusbilanz	65
7.7	Schlussfolgerungen	67
7.8	Zusammenfassung	68
7.9	Literatur	69
8	Auswirkung einer Mulch- statt Schnittnutzung von Klee gras auf die N-Flüsse in einer Fruchtfolge	71
8.1	Einleitung	71
8.2	Problemstellung – N-Flüsse in verschiedenen Fruchtfolgen	72
8.3	Ergebnisse	74
8.3.1	N ₂ -Fixierung	74
8.3.2	Ammoniakverluste	75
8.3.3	Lachgasverluste	75
8.3.4	Nitratanreicherung als Potential für Nitratverluste	76
8.4	Zusammenfassung mit Schlussfolgerung	77
9	Biogaswirtschaft im System ökologischer Landbau: Anlagentypen, Verwertung der Gärreste, Konsequenzen für das Düngemanagement	80
9.1	Einleitung:	80
9.2	Grundlagen der Fermentation:	80
9.3	Anlagentypen	81
9.4	Energiepotenziale	84
9.5	Pflanzenbauliche und umweltrelevante Aspekte	85
9.6	Pflanzenbaulich	87
9.7	Umweltwirkungen	87

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 1: Grundfuttervollkosten bis Futtervorlage	15
Abb. 2: Futterjahresprofil und Graswachstumskurve eines Betriebes mit saisonalen Vollweidemilchproduktion.....	17
Abb. 3: Verlauf der Aufnahme an aufgewerteter Grundration während des Versuchs	26
Abb. 4: Verlauf der Milchmenge während des Versuchs	28
Abb. 5: Verlauf des Milchfettgehaltes während des Versuchs	28
Abb. 6: Verlauf des Milcheiweißgehaltes während des Versuchs	29
Abb. 7: Verlauf des Milchlarnstoffgehaltes während des Versuchs	29
Abb. 8: Wertigkeit der Futterinhaltsstoffe	32
Abb. 9: Heimische Eiweißfuttermittel	33
Abb. 10: Wichtige Aminosäurelieferanten (87% T)	33
Abb. 11: Energiefutter: Relative Abweichung (2003/2004)	33
Abb. 12: Eiweißfutter: Relative Abweichung (2003/2004)	34
Abb. 13: Rationen: Relative Abweichung zur Empfehlung (2003/2004).....	34
Abb. 14: Rationen: Relative Abweichung zur Empfehlung (2003/2004).....	35
Abb. 15: Futteraufnahmekurven	36
Abb. 16: 100% Ökofütterung – Aufzuchtleistungen.....	36
Abb. 17: Futteraufnahmekurven	37
Abb. 18: 100% Ökofütterung - Futterkosten.....	37
Abb. 19: 100% Ökofütterung – Futterkosten pro kg Zuwachs - Mehrerlös.....	38
Abb. 20: Eiweißfutterstrategien	38
Abb. 21: Hilfestellung	38
Abb. 22: Entwicklung von Meßmethoden und kritischen Messgrößen zur Beurteilung der Qualität von Nahrungsmitteln.....	40
Abb. 23: Schematische Darstellung des Wachstums und der Differenzierung von Pflanzen und Pflanzenorganen (Blätter, Rüben, Blüten, Früchte) im Lauf der physiologischen und morphologischen Entwicklung (Louis Bolk Inst.)	41
Abb. 24: Ratten mit induziertem Krebs bilden bei Zugabe von Karotten in die Fütterung weniger und kleinere Läsionen und Tumore im Darm aus.....	45
Abb. 25: Risiken der Unter- und Überversorgung mit isolieren sekundären Pflanzenstoffen, (Daniel, 2003)	46
Abb. 26: Gehalt an Konjugierten Linolsäuren im Fett von Kuhmilch im Laufe des Jahres und bei unterschiedlicher Fütterung (JAHREIS 1997)	47
Abb. 27: Steigbildphasen von Rote Bete; Saft – mit Silbernitrat – mit Eisen(II)sulfat (HIRSCHBERGER, 2004)	48

Abb. 28: Differenzierung des Steigbildes von Tomaten im Laufe des Reifeprozesses (HIRSCHBERGER, 2004).....	48
Abb. 29: Vergleich eines samenfesten Kohls mit einer Hybrid Sorte (Irión, 2000)	49
Abb. 30: Beziehung zwischen C _t - und N _t -Gehalt, Dauerdüngungsversuch Seehausen	57
Abb. 31. Räumliche Variabilität der C _t -Gehalte auf einem Praxisschlag (Hülsbergen & Diepenbrock 2000)	58
Abb. 32. Entwicklung der N _t -Gehalte im Dauerdüngungsversuch Seehausen	60
Abb. 33. Entwicklung der C _t -Gehalte im Fruchtfolge-Düngungsversuch Seehausen	61
Abb. 34: Beziehung zwischen Humussalden nach HE- und VDLUFA-Methode, n = 227 Betriebe (ökologischer und konventioneller Landbau). Der HE-Saldo wurde in kg C ha ⁻¹ a ⁻¹ umgerechnet.	66
Abb. 35: Häufigkeitsverteilung der Humussalden nach HE- und VDLUFA-Methode, n = 227 Betriebe (ökologischer und konventioneller Landbau)	66
Abb. 36: Durchschnittlicher Viehbesatz in Betrieben des Ökologischen Landbaus in den bayerischen Regierungsbezirken, ergänzt um den Anteil viehloser Betriebe. Datenzusammenstellungen nach InVeKoS & KuLaP 200 (Projektarbeit 2002).....	71
Abb. 37: Theoretisch erwartete N-Flüsse (Pfeile) in Flächen von viehhaltenden und viehlosen Betrieben des Ökologischen Landbaus. Aus der Intensität der N-Flüsse wurde die Ertragserwartung für die erste und zweite Frucht (NF) nach der Leguminose abgeleitet.	72
Abb. 38: N-Flüsse (Pfeile) in ausgewählten Fruchtfolgen (FF) des Dauerversuches der LfL in Viehhausen. Durchschnittserträge (1998-2003) der ersten und zweiten Frucht nach der Leguminose sind als Relativerträge dargestellt (100% sind bei Winterweizen 46 dt/ha, bei Sommergerste 42 dt/ha und bei Kartoffel 334 dt/ha).	73
Abb. 39: Kumulierte Ammoniakverluste, die in den ersten zwei bis drei Wochen nach einer differenzierten Klee grasnutzung entstanden sind (Weber et al. 2002). Die kontinuierlichen Messungen wurden beendet, sobald die Emissionen in beiden Systemen auf demselben niedrigen Hintergrundfluss lagen.	75
Abb. 40: Emission an Lachgas in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung von Klee gras im Dauerversuch der LfL in Viehhausen von 04/2003 bis 04/2004. Dargestellt sind die Emissionen aus der FF3 (+ Vieh, Stallmist zur Kartoffel im Frühjahr) im Vergleich zur gleich aufgebauten FF4 (ohne Viehhaltung, gemulchtes Klee gras). Zusätzlich ist die FF5 dargestellt, mit ebenfalls gemulchtem Klee gras, das im Herbst zum Winterweizen umgebrochen wird. Die senkrechten Pfeile markieren die vier Termine der Klee grasnutzung (grau) und den Umbruch (schwarz).....	76
Abb. 41: Nitratgehalte in vier Bodentiefen nach unterschiedlich genutztem Klee gras im Winter 2002-2003 bzw. 2003-2004. Dargestellt sind Mittelwerte aus vier Wiederholungen.	77

Abb. 42: Einfluss des Bewirtschaftungssystems klassisch viehlos (nv) und viehlos mit Vergärung (BG) auf die N_{\min} -Gehalte im Herbst unter den Einzelkulturen86

Tabellenverzeichnis	Seite
Tab. 1: Betriebskennzahlen der befragten 8 Öko-Betriebe (4 Bioland, 4 Demeter), Dezember 2004	18
Tab. 2: Wirkungen der Kurzrasenweide	19
Tab. 3: Was sind die wesentlichen Vor- bzw. Nachteile?	19
Tab. 4: Roh Nährstoff- und Energiegehalte der eingesetzten Futterkomponenten	23
Tab. 5: Roh Nährstoffgehalte der untersuchten Erbsen	24
Tab. 6: Verdaulichkeiten der Roh Nährstoffe (%) und Energiegehalte der untersuchten Erbsen	25
Tab. 7: Chemische Fraktionierung des Rohproteins von Futtermitteln für Wiederkäuer (Licitra et al., 1996)	25
Tab. 8: Rohprotein-, Struktur- und UDP-Gehalte der untersuchten Erbsen	26
Tab. 9: Milchmenge und Milch Inhaltsstoffe	27
Tab. 10: Tendenz der Veränderung der Gehalte verschiedener Inhaltsstoffe in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus ökologischem Anbau im Vergleich zum konventionellen wie sie aus verschiedenen Literaturquellen ableitbar sind (eigene Darstellung)	42
Tab. 11: Mineral- und Wirkstoffgehalt von ökologischen Ernteprodukten gegenüber konventionell angebauten (Worthington 2001)	43
Tab. 12: Mineral- und Wirkstoffgehalt (in mg) von einer Tagesration verzehrten Gemüses (ökologisch – konventionell) bestehend aus Salat, Spinat, Karotten, Kohl und Kartoffeln (Worthington 2001)	43
Tab. 13: Tendenz der Veränderung der Struktur und Gehalte verschiedener Inhaltsstoffe in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus ökologischem Anbau im Vergleich zum konventionellen, wie sie aus verschiedenen Literaturquellen ableitbar sind (eigene Darstellung)	43
Tab. 14: Hauptgruppen der sekundären Pflanzenstoffe	44
Tab. 15: Beziehungen zwischen C _t -Gehalten und Bodeneigenschaften, Korrelationskoeffizienten r (n = 64), Dauerdüngungsversuch Seehausen (Hülsbergen 2003)	57
Tab. 16: Anzustrebende C _t - und OBS-Gehalte (nach Körschens 1984)	59
Tab. 17: Richtwerte für die anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte ackerbaulich genutzter Böden; (nach VDLUFA 2004)	63
Tab. 18: Richtwerte für die Humusreproduktion verschiedener organischer Substanzen (nach VDLUFA 2004)	64
Tab. 19: Bewertung der Humussalden (nach VDLUFA 2004)	64
Tab. 20: N ₂ -Fixierung, Trockenmasseertrag und Leguminosenanteil von Klee gras zweier Fruchtfolgen (FF) des Dauerversuches der LfL in Viehhausen. Das geschnittene Klee gras steht im ersten Jahr der FF1, das gemulchte Klee gras steht in FF5. Beide Bestände werden mit derselben Ansaatmischung nach Roggen (FF1) bzw. Sommergerste (FF5) in	

Blanksaat gesät. Dargestellt sind die über die Vegetation aufsummierten Erträge und N ₂ -Fixierung, sowie der mittlere Leguminosenanteil am Trockenmasseertrag (s.a. Heuwinkel et al. 2005).....	74
Tab. 21: Einteilung der Verfahren zur Biogaszeugung	81
Tab. 22: Vor- und Nachteile sog. Rührkesselfermenter	82
Tab. 23: Vor- und Nachteile sog. Pfropfenstromfermenter.....	83
Tab. 24: Vor- und Nachteile sog. Boxen- bzw. Garagenfermenter	84
Tab. 25: Durchschnittliche N ₂ O-Emissionsraten [g N ₂ O-N/ha*d] nachfolgender Fruchtfolge in Abhängigkeit des Bewirtschaftungssystems (Gladbacherhof September 2004 bis März 2005)	86

1 Vorwort

Dr. Günter Pommer, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Die zweite Ökolandbautagung in Bayern wurde an der Technischen Universität München in Weihenstephan abgehalten. Damit sollte auf das Zusammenwirken von universitärer Forschung mit der angewandten Forschung der Landesanstalt unter Einbeziehung der Praxiserfahrung von Beratern hingewiesen werden. Ein sich anbahnender Öko-Forschungsverbund Bayern hatte dabei Gelegenheit, seine Zusammenarbeit darzustellen. Im Ökolandbautag wurden aktuelle Themen behandelt, die derzeit diskutiert werden und für den Ökologischen Landbau von großer Bedeutung sind. Hier geeignete Wege zu finden, diese auch erfolgreich in die Praxis umzusetzen, ist eine Herausforderung für Forschung, Beratung und insbesondere für die Landwirte selbst.

Die Referate ziehen einen breiten Bogen von Praxisuntersuchungen über Qualitätsmanagementsysteme, Forschungsberichten bis zur Analyse neuer Betriebszweige für den Ökologischen Landbau. Bei drei der vorgestellten Forschungsvorhaben waren die Berater bereits an der Formulierung der Forschungsziele beteiligt, zwei der Forschungsvorhaben wurden in Zusammenarbeit der TUM mit Beratern oder mit der LfL durchgeführt. Der Forschungsverbund kann auf der Tagung bereits Erfolge vorweisen.

Mit dem Ökolandbautag wird auch die Diskussion mit den Hauptbetroffenen, den Landwirten, gesucht. Ihnen wird auf Wunsch der Tagungsband nachträglich zur Verfügung gestellt. Dies gilt auch für jene Landwirte, die auf Grund ungünstiger Witterungsverhältnisse nicht anwesend sein konnten.

Dr. Günter Pommer
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Institut für Agrarökologie, Ökologischen
Landbau und Bodenschutz
Vöttinger Str. 38
85354 Freising
e-mail: guenter.pommer@lfl.bayern.de

2 Low Input Systeme in der Milchviehhaltung als Beispiel für 100 % Ökofütterung

Ulrich Mück, Demeter Erzeugerring Bayern e.V., Martin Hermle, Bioland Erzeugerring Bayern e.V., Josef Brunnbauer, Biokreis Erzeugerring Bayern e.V.

2.1 Ziel einer ökologischen Milchviehhaltung

Das grundsätzliche Ziel einer ökologischen Milchviehhaltung ist die Erzeugung eines hochwertigen biologischen Lebensmittels unter Einbeziehung der sozialen und ökonomischen Bedürfnisse der Tierhalter und der physiologischen und ethologischen Anforderungen der Tiere.

Wird ein Low – Input System diesen Anforderungen gerecht? Können Milchkühe in diesem System zu 100 % mit biologischen Futtermitteln ernährt werden?

Diese Fragen sollen in dem folgenden Beitrag geklärt werden

2.1.1 Grundsätzliche Überlegungen einer ökologischen Milchviehhaltung

- **Steigende Kosten in der Milchviehhaltung**

Die Kosten für Betriebs- und Futtermitteln sowie für Maschinen und Gebäude sind in den letzten Jahren stetig angestiegen. Andererseits gingen die Erzeugerpreise auch für Biomilch kontinuierlich zurück. Die Betriebsleiter haben nun die Möglichkeit die Einkommensverluste über eine Leistungssteigerung bei den Tieren oder einer konsequenten Reduzierung der Kostenseite auszugleichen. Leistungssteigerung ist i. d. Regel mit dem Einsatz von Zukaufsfuttermitteln verbunden und stellt hohe Ansprüche an die Managementeigenschaften des Tierhalters.

- **Teure Zukaufsfuttermittel**

Ökologische Zukaufsfuttermittel zur Leistungssteigerung sind sehr teuer. Die Kraftfutterpreise liegen zwischen 24,- bis 34,- € je nach Energie- und Eiweißgehalt. Kraftfutter mit erlaubtem Anteil an konv. Komponenten liegen etwa 1,- € /dt darunter

- **Kraftfuttereffizienz**

Auch im ökologischen Landbau wird mit der Formel 1 kg Kraftfutter gleich 2 kg Milch gerechnet. Von Praktikern wird jedoch immer wieder berichtet, dass beim Absetzen des Kraftfutters nicht der erwartete rechnerische Rückgang der Milchleistung eingetreten ist. Dies ist durch eine Verdrängung des Grundfutters durch Kraftfutter zu erklären. Nach dem Absetzen gleicht die Kuh ihre Leistung teilweise durch eine höhere Grundfutteraufnahme aus.

Weide als billiges Grundfuttermittel

Die Weide stellt von allen Grundfuttermitteln die billigste Fütterungsvariante dar. Ein maximaler Anteil von Weidefutter ist deshalb anzustreben.

- Abb. 1 vergleicht die Grundfuttervollkosten incl. Futtervorlage von 89 schweizerischen Milchviehbetrieben (Stettler und Vetsch 2004)

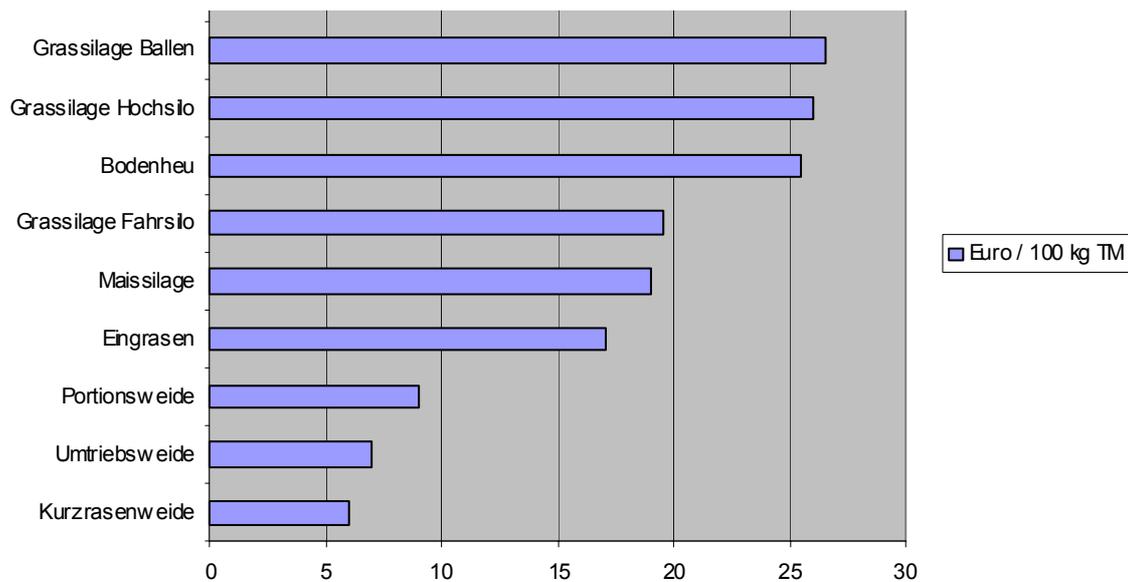


Abb. 1: Grundfuttervollkosten bis Futtervorlage

- **Weide als artgerechteste und natürlichste Art der Fütterung**
Darüber hinaus gewährt nur die Weide das arteigene Fressverhalten des Rindes: Es „wandert“ dabei, das Futter selektierend, in Gruppen mit genügend Individualabstand zu den Nachbartieren, über die Weide. Die Weide – besonders die Kurzrasenweide, bei der die Tiere sehr viel Platz haben - gewährt das Sozial-, Bewegungs- und Selektionsbedürfnis in vollem Umfang.
- **Verbrauchererwartungen**
Speziell dem ökologischen Landbau gegenüber hat der Verbraucher die Erwartung, dass Biomilch mit Weidehaltung und ohne Kraftfutter bzw. Zukaufsfuttermittel produziert wird.

2.2 Merkmale einer Low – Input Milchviehhaltung

- **Ausdehnen des Weideanteils auf das Maximum**
Zu Vegetationsbeginn erfolgt eine großflächige Vorweide. Dazu erhält die Kuh im Stall qualitativ gutes Grundfutter und zusätzlich bei Bedarf geringe Kraftfuttergaben. Wenn genügend Struktur im Futter vorhanden ist, gibt es Weidegras, Heu oder strukturreiche Silage wird zum Strukturausgleich oder bei extremen Witterungssituationen gefüttert. Im Herbst steigt der Anteil der Zufütterung wieder an. Die Kurzrasenweide stellt das dafür passende Weidesystem dar. Sie liefert sowohl energie- als auch rohproteinreiches Futter mit einem ausreichenden Rohfaseranteil und relativ geringer Schwankungen der Inhaltstoffe.
- **Kraftfutter auf ein Minimum reduzieren**
Die Kühe erhalten Getreide oder Kraftfutter vorwiegend in der ersten Phase der Laktation. Es dient dazu, das häufig im ersten Laktationsdrittel auftretende Energiedefizit auszugleichen. Außerdem stabilisiert es besonders im Herbst die Milchinhaltsstoffe, da die Kurzrasenweide im Herbst mehr struktur- und energieärmeres Gras liefert.
- **Verzicht auf Höchstleistung**
Kühe mit einer Leistungsbereitschaft jenseits von 8000 kg Milch haben in diesem Sys-

tem mit einem stetigen Energiedefizit zu kämpfen. Die angestrebten Grundfutterleistungen liegen im Bereich von 4500 bis 6500kg Milch.

- **Kosten- und Arbeitszeitreduzierung**

Insbesondere bei Vollweide, d.h. bei Verzicht auf das Eingrasen treten erhebliche Kosteneinsparungen auf. Die variablen Kosten der Fütterung auf der Weide unterschreiten die der Fütterung von Gras im Stall um etwa 50 Prozent. Es kann bei Vollweide also eine deutliche Reduzierung der Arbeitszeit erreicht werden. Arbeitszeiterparnis tritt jedoch auch bei Kurzrasen-Teilweide gegenüber der Portionsweide und der Umtriebsweide bei der Weidebereitstellung und Weidepflege auf.

- **Weitere Merkmale**

In ein Low-Input-System lässt sich der Einsatz eines Deckstieres sehr gut integrieren. Er erhöht die Fruchtbarkeit der Herde und reduziert den Arbeitsaufwand und damit die Kosten für die Herdenbetreuung zusätzlich.

Noch etwas Zukunftsmusik stellt die saisonale Abkalbung im Frühjahr dar. Sie stellt höchste Ansprüche an das Herdenmanagement und verstärkt den Selektionsdruck auf Fruchtbarkeit. Bezüglich der Fütterung hat dieses System jedoch einen großen Vorteil: In der Hochleistungsphase der Kuh mit deren höchsten Ansprüchen an die Futterqualität, bietet die Weide dieses Futter in großer Menge an. Wenn gegen Herbst die Futterqualität abnimmt, sinken auch die Qualitätsansprüche der Milchkuh an das Futter. In der Schweiz wurde ein Projekt zur saisonalen Abkalbung auf mehreren Praxisbetrieben (auch ökologisch wirtschaftenden) mit Erfolg durchgeführt. In Deutschland erwägen auch Biobauern dieses System in naher Zukunft einzuführen.

2.3 Kurzrasenweide (KRW) – Charakteristika

- **Kurzrasen**

Der Aufwuchs muss durch entsprechende Besatzstärke kurz gehalten werden. Er soll eine Höhe von 6-7 cm bis Mai, bzw. 7-8 cm im Sommer nicht überschreiten. Nur in den Geilstellen dürfen die Gräser das generative Stadium erreichen. Dort ist ein Aus Samen erwünscht und trägt zu einer natürlichen Bestandserneuerung bei. Es bildet sich eine dichte und wüchsige Weidenarbe.

- **Frühzeitiger Austrieb**

Die Kühe werden etwa Mitte April ausgetrieben, dies fördert die Bestockung der Gräser und die Gräser bilden keine Halme. Es darf insbesondere bis Mai keine Halmbildung erfolgen.

- **Große Weideflächen ohne Unterteilung**

Die Tiere kommen auf zusammenhängende Flächen ohne weitere Abtrennung und bleiben darauf. Es entfällt das tägliche Portionieren und bei arrondierten Flächen kann auch das periodische Umtreiben unterbleiben.

- **Düngung**

Neben dem Kot und Harn der Weidetiere erfolgen 1-2 Güllegaben im Frühjahr und Herbst.

- **Lenkung und Ausgleich des Futterangebotes auf der Weide durch:**

- Ausdehnen der Weideflächen: Aufgrund des verringerten Graswachstums werden ab Mitte/Ende Mai bzw. im Sommer und Herbst 2-3 mal angrenzende Flächen zugegeben. Es erfolgt eine vorherige Schnittnutzung dieser Flächen als Heu oder Silage.

- Zufütterung im Stall: konservierte Grundfuttermittel, Heu insbesondere im April und Mai sowie ab September; kein oder sehr wenig Ergänzungsfutter, Getreide ausschließlich für hochleistende Kühe ab ca. 24 kg Milch/Tg.
- Verkleinerung oder Vergrößerung des Besatzes, Wechsel zwischen Tag- und Vollweide.

Das Ideal: Die Kuh füttert sich im Sommer selbst

1 Den Futterbedarf an das Graswachstum anpassen

Der höchste Futterbedarf der Kuhherde fällt mit dem maximalen Graswachstum zusammen.

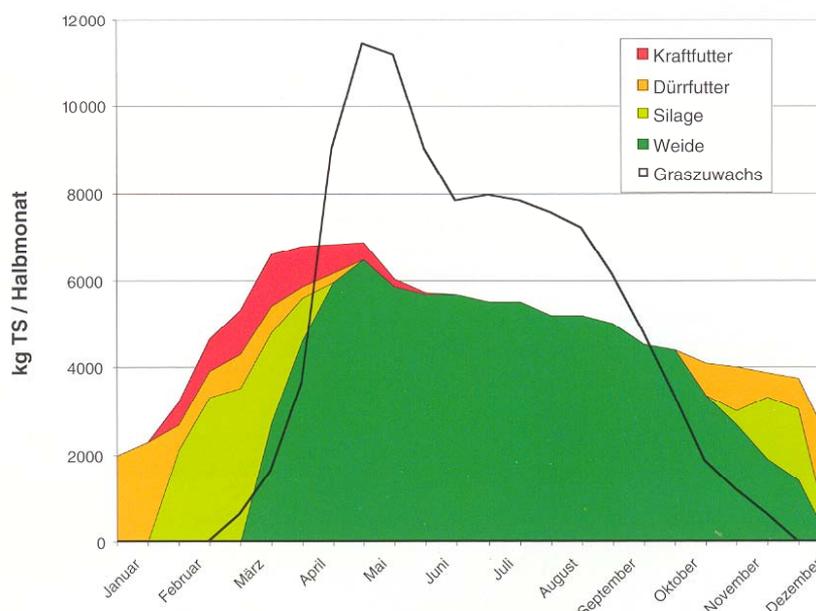


Abb. 2: Futterjahresprofil und Graswachstumskurve eines Betriebes mit saisonaler Vollweidemilchproduktion

➤ Betriebliche Voraussetzungen KRW

Ausreichend Weideflächen in Hofnähe (mind. 0,15 ha/Kuh), einigermaßen homogene Weidebestände, keine Steilhänge, genügend Niederschläge (> 800) ohne Sommertrockenheit

2.4 Betriebsbefragung – Darstellung der Ergebnisse

Im Dezember 2004 wurden 8 ökologische Milchviehbetriebe mit Kurzrasenweide in Schwaben und Oberbayern befragt (4 Bioland, 4 Demeter). Die Erfahrung der Betriebe mit dem Weidesystem betrug im Mittel 8,2 Jahre, jedoch mit großen Unterschieden. 4 Betriebe praktizierten das System KRW mehr als 4 Jahre (max. 22 Jahre). 4 Betriebe drei oder zwei Jahre. Auf den Höfen wird eine mittlere Anzahl von 29,3 Milchkühen gehalten (17-38 MK). Die durchschnittliche Milchleistung liegt bei 5600 kg (4000-6700 kg).

Tab. 1: Betriebskennzahlen der befragten 8 Öko-Betriebe (4 Bioland, 4 Demeter), Dezember 2004

Betriebskennzahlen der befragten 8 Öko-Betriebe (4 Bioland, 4 Demeter), Dezember 2004	
Erfahrung mit Kurzrasenweide (Jahre)	8,2 Jahre (2 – 22)
Milchkühe (Anzahl)	29,3 Milchkühe (17 – 38)
Milchleistung (kg)	5600 kg (4000 – 6700)
Betriebsgröße (ha)	37,3 ha (20 – 70)
Stallsystem (Betriebe)	Laufstall: 4, Anbindestall: 4

Kennzahlen der Weideführung	
Weidefläche pro Betrieb	11,3 ha (6,3 – 15,7)
Teilflächen	1 – 4
Weidesystem vor Umstellung auf KRW (Betriebe)	Portionsweide: 6 Umtriebsweide: 1 keine Weide: 1
Art der Beweidung (Betriebe)	nur Tagweide: 5 Betriebe, Vollweide (Tag+Nachtweide) 3 Betriebe
Weidetage	>180 Tage: 3 Betriebe, >190 Tage: 2 Betriebe, >200 Tage: 3 Betriebe
Weidebeginn	im März: 2 Betriebe (Vorweide) bis Mitte April: 1 Betrieb (Vorw.) bis Ende April: 5 Betriebe
Weideende	bis Mitte Okt: 1 Betrieb bis Ende Okt: 2 Betriebe bis Mitte Nov: 3 Betriebe später: 2 Betriebe
Besatzstärke (GV/ha)	2,8 GV/ha (4,28 -2,23)
Weidefläche pro Kuh (ha)	0,37 ha (0,23 – 0,45)
Besatz zu Weidebeginn	7,3 GV/ha (5,6 – 10)
Besatzdichte zu Weidebeginn (ha/Kuh)	0,14 (0,08 – 0,18)

Tab. 2: Wirkungen der Kurzrasenweide

Wirkungen der Kurzrasenweide	
Pflanzenbestand	wüchsig, sehr dicht, trittfest, (8); Vergrößerung des Kleeanteils und der Untergräser (6). Verringerter Ampferbesatz durch KRW (4)
Tiergesundheit	Verbesserung der Tiergesundheit durch KRW (4), gute Tiergesundheit (8)

Tab. 3: Was sind die wesentlichen Vor- bzw. Nachteile?

Was sind die wesentlichen Vor- bzw. Nachteile?	
Vorteile	Anzahl der Nennungen
Arbeitsersparnis (8)	Weniger Arbeit (8), das Eingrasen kann entfallen (3), mehr Freizeit (1)
Tierverhalten (8)	Ruhige Einzeltiere und eine harmonische Herde (8), artgerechte Haltung (4), Stier läuft mit (4)
Kostenersparnis (4)	Weniger Maschinenkosten, geringere Produktionskosten
Tiergesundheit (4)	Gesunde Tiere, niedrige Tierarztkosten
Sonstiges	Weniger Mäuse auf KRW-Flächen (1)
Nachteile	Anzahl der Nennungen
Hoher Flächenbedarf (2)	
Kühe kommen weniger zum Melken (2)	
Hoher Heubedarf (2)	
Düngung mit Gülle ist schwieriger (2)	Düngungszeitpunkt (1), Gülle muss dünn sein um einzudringen(1)
Bestand ist trockenheitsanfälliger (2)	

2.5 Fütterung – viel Weidegang und Grundfutter, sehr wenig Ergänzungsfutter

Alle Betriebe führen eine ausgeprägt auf Weidegang und Grundfutter basierende Fütterung durch. Sie haben durchweg mehr als 180 Weidetage, drei Betriebe haben über 200 Weidetage. Zwei Betriebe setzen das Low-Input-System konsequent um, indem sie Vollweide praktizieren und kein Grünfutter im Sommer zufüttern. Allerdings hat keiner der Betriebe bisher saisonale Abkalbung. Zwei Betriebe möchten in diesem Jahr auf saisonale Kalbung umstellen.

Alle anderen Betriebe führen Tagweide durch bzw. Grasens zusätzlich ein. Der Wechsel zwischen Vollweide und Tagweide wird von einigen Betrieben durchgeführt, um das Futterangebot variabel zu nutzen.

➤ **Zufütterung konservierter Grundfuttermittel**

Im April und Mai sowie ab September füttern alle befragten Betriebe bevorzugt Heu zu, um den rohfasearmen und eiweißreichen Weideaufwuchs auszugleichen. Teilweise wird Heu zur freien Aufnahme angeboten. Silage wird ebenfalls insbesondere im Frühjahr und ab August/September bei unzureichendem Futterangebot auf der Weide angeboten.

➤ **Zufütterung von Grünfutter**

Drei der Betriebe setzen ausschließlich auf den Weideaufwuchs und die konservierten Grundfuttermittel. Fünf Betriebe füttern noch zu. Als Gründe wurden genannt: zu kleine Weideflächen, die Verwertung von Klee gras und Ackerfutter, um Heu zu sparen und nicht nochmals silieren zu müssen und die gute Aufnahme von Wiesengras neben dem Weide gras.

➤ **Ergänzungsfuttermittel/Getreide**

Die Fütterung von Ergänzungsfuttermitteln/Kraftfutter ist sehr gering und liegt zwischen 0 und 6 dt/Kuh*Jahr.

➤ **Milchleistung**

Die durchschnittliche Milchleistung liegt dennoch bei 5600 kg (4000-6700). Fünf Betriebe haben über 5600 kg Leistung.

2.6 Zusammenfassung

Aufgrund der Befragung der Betriebsleiter ist KRW ein im Ökolandbau praktikables Low-Input-System mit dem es möglich ist, den Anspruch der 100 % Biofütterung zu erfüllen. Es ist eine sehr artgerechte Haltungsform die sichtlich zufriedene und ruhige Tiere mit sich bringt. Zudem entsprechen Weidetiere und Weidemilch den Erwartungen der Verbraucher an den Ökolandbau. Mit hohen Anteilen an Weidefutter (min. 50 %) sind mit Kurzrasenweide ansprechende Leistungen bei gleichzeitiger Kosteneinsparung zu erreichen. Die wirtschaftliche Erzeugung von Öko-Milch ist damit möglich. KRW hat zudem arbeitswirtschaftlich erhebliche Vorteile. Es kann bei der Weidebereitstellung, bei der Weidepflege - und sofern Vollweide praktiziert wird - besonders beim Eingrasen erheblich Arbeitszeit gespart werden. Aufgrund der zu erwartenden Besserstellung extensiver Grünlandnutzung durch die Agrarreform und die mögliche Einführung einer Weideprämie im Rahmen des GAK werden sich die wirtschaftlichen Bedingungen für Weidehaltung zudem verbessern. Vor diesem Hintergrund und aufgrund der Erfahrungen der befragten Betriebsleiter kann die Kurzrasenweide bei entsprechenden betrieblichen Voraussetzungen als geeignetes Weideverfahren für Öko-Betriebe empfohlen werden.

2.7 Forschungsbedarf und offene Fragen

- 1) Ist Vollweide mit saisonaler Abkalbung auf Biobetrieben möglich? Dieses System setzt eine Abkalbung mit 24 Monaten voraus. Ist dies mit den im Ökologischen Landbau zur Verfügung stehenden Futtermitteln möglich? Geht eine Züchtung auf Frühreife zu Lasten einer im Ökologischen Landbau angestrebten hohen Lebensleistung?.
- 2) Umstellung von Wiesen und Weiden auf Kurzrasenweide. Wann ist eine Nachsaat mit welchen Bestandteilen sinnvoll? Bestandsentwicklung mit und ohne Nachsaat.
- 3) Bei Vollweide bevorzugen die Tiere trotz angebotener Futtermittel im Stall das Weide gras. Wie kann der Strukturausgleich im Frühjahr und Herbst verbessert werden?.

- 4) Züchtung im Hinblick auf eine stoffwechselstabile Weidekuh mit bester Fruchtbarkeit auf niedrigerem Leistungsniveau! Wie neuere Untersuchungen in Neuseeland belegen (Thomet 2004) hatten Hochleistende HF - Kühe mit amerikanischer Genetik im Vergleich zu den Kühen neuseeländischer Herkunft im Vollweidesystem dramatische Fruchtbarkeitsprobleme. Über die Hälfte der Kühe wurden nicht rechtzeitig tragend.

2.8 Literatur

Münger, A., 2002: Umtriebs- oder Kurzrasenweide für Milchkühe?, Rapaktuel, 5/2002.

Schick, M., 2001: Weidesysteme für Milchvieh, Informationstagung Landtechnik, FAT, 10.10.2001.

Stettler M. und Vetsch A., 2004: Vollkosten bis vors Kuhmaul unter der Lupe. Dossier Grundfutterkosten, Schweizer Bauer vom 8.5.04, Bern, S. 21.

Thomet A. et.al, 2003: Saisonale Vollweide-Milchproduktion, AGFF-Merkblatt 1c.

Thomet, 2004: Weide oder Stallhaltung von Milchkühen. Deutscher Grünlandverband e.V. Schriftenreihe 3/2004. Chancen der Milchviehhaltung im Berggebiet – am Beispiel des Schwarzwaldes, 73-79.

Adressen:

Ulrich Mück
Demeter Erzeugerring Bayern e.V.
Hohenbercha 23
85402 Kranzberg
ulrich.mueck@demeter-bayern.de

Martin Hermle
Bioland Erzeugerring Bayern e.V.
Heinrichgasse 8
87435 Kempten
mhermle@berater-lkp.de

Josef Brunnbauer
Biokreis Erzeugerring Bayern e.V.
Regensburger Str. 34
94036 Passau
biokreis@t.online.de

3 Verbesserung der Eiweißversorgung von Milchkühen mit hohen Leistungen

Dr. Wolfgang Preißinger, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft

3.1 Einleitung

Die Rohproteinversorgung über das Futter sagt wenig über die konkrete Eiweißversorgung der Kuh am Dünndarm aus. Diese wird wesentlich durch die Mikroben in den Vormägen bestimmt. Das am Dünndarm angeflutete Protein besteht zum größten Teil aus Mikrobenprotein aber auch aus Futterprotein, das im Pansen nicht abgebaut wurde. Der Gehalt an nutzbarem Eiweiß (nXP) ist deshalb wesentlicher Bestandteil bei der Kalkulation von Milchviehrationen (GfE, 2001). Als Maßzahl für den Proteinabbau im Pansen dient der UDP-Wert (undegradable protein). Je höher dieser Wert ist, desto pansenstabiler ist das Protein des entsprechenden Futtermittels. Soja-, Raps- und Leinprodukte, vor allem Extraktionsschrote oder Ölkuchen weisen einen hohen (>30) UDP-Wert auf, ebenso heißluftgetrocknete Grasprodukte, Bierhefe und Biertreber (Südekum und Spiekers, 2002; Südekum 2004a). Gras und Grassilagen sowie einheimische Körnerleguminosen haben demgegenüber eine hohe bis sehr hohe Proteinabbaurate im Pansen ($UDP < 20$). Für den ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieb stehen zur Zeit nur wenige Futtermittel mit hohen UDP-Gehalten zur Verfügung. Extraktionsschrote dürfen nicht eingesetzt werden und der Zukauf von Futtermitteln, wie z.B. Raps- und Leinkuchen, Biertreber oder Bierhefe aus konventioneller Erzeugung wird zukünftig nicht mehr möglich sein. Als Alternativen stehen Grascobs aus biologischem Anbau sowie Sojakuchen vorwiegend aus Italien, Ungarn und Österreich zur Verfügung.

Zur Zeit wird diskutiert, durch hydrothermische und/oder druckthermische Verfahren den UDP-Gehalt von Körnerleguminosen zu erhöhen (Yu et al., 1999, Goelema 1999).

In der vorliegenden Versuchsreihe wurde geprüft, welchen Einfluss eine hydro- und druckthermische Behandlung von Erbsen auf den Futterwert sowie auf Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen ausübt.

3.2 Material und Methode

Drei Erbsenchargen aus ökologischer Erzeugung wurden jeweils zur Hälfte nach dem „Opticon“-Verfahren der Fa. Deuka (Kleine, Klausling und Pfeil 2002, 2003) behandelt. Als Kontrollfutter diente die andere Hälfte der jeweiligen Charge.

Die Bestimmung des Futterwertes der Erbsen erfolgte über Verdaulichkeitsmessungen an Hammeln nach den Vorgaben der GfE (1991) in der Stoffwechselanlage des Institutes für Tierernährung und Futterwirtschaft in Grub. Die Rohproteinfraktionierung bzw. die UDP-Bestimmung wurden nach Licitra et al. (1996) bzw. Shannak et al. (2000) an der Universität Kiel vorgenommen. Die weiteren Futteranalysen erfolgten im Futtermittellabor der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen in Grub (VDLUFA Methodenbuch).

Die Untersuchungen zur Futteraufnahme und Milchleistung wurden in der Zeit von April bis Oktober 2004 auf dem Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell durchgeführt. Die ca. 60 Tiere umfassende Milchviehherde der Rasse Fleckvieh wurde dazu in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Zuteilung der Tiere auf die einzelnen Gruppen erfolgte nach Milchleistungsparametern, Laktationstagen, Anzahl der Laktationen und Lebendmasse.

Die Tiere erhielten eine Grundfuttermischung aus 53 % Grassilage, 38 % Maissilage sowie 9 % Heu und Stroh (% TM). Diese Mischung wurde mit 6 kg der jeweiligen Erbsenvariante, 2 kg Körnermais, und 200 g Mineralfutter aufgewertet. Oberhalb von 25 kg Milch pro Tag (bei Jungkühen 21 kg Milch) wurde Kraftfutter nach Leistung über Abrufstationen zugeteilt. Die Kraftfuttermischungen setzten sich wie folgt zusammen: 40 % Triticale, 32 % Erbsen (behandelt bzw. unbehandelt), 25 % Körnermais und 3 % Mineralfutter.mmen.

Die Trockenmasse der aufgewerteten Grundrationen wurde 3 mal wöchentlich bestimmt und daraus alle zwei Wochen eine Sammelprobe für die Weender-Analyse erstellt. Die Berechnung der Energiegehalte erfolgte mit dem Programm Zifo. Zusätzlich wurden die Energiegehalte in Verdauungsversuchen mit Hammeln bestimmt. Die Trockenmasse der eingesetzten Silagen wurde wöchentlich bestimmt. Kraftfuttermittel wurden je Charge, Silagen nach Silowechsel und Heu bzw. Stroh einmal während des Versuches nach Weender analysiert. In Tab. 4 sind die Rohnährstoff- und Energiegehalte der aufgewerteten Grundfutterrationen, der Kraftfuttermittel sowie ausgewählter Futterkomponenten angegeben.

Im Versuchsmittel waren sämtliche Futtermischungen hinsichtlich der Nährstoffzusammensetzung vergleichbar. Auf die Ausweisung des nXP-Gehaltes der behandelten Erbsen und der damit erstellten Futtermischungen wurde verzichtet, da weitere Untersuchungen zur UDP-Bestimmung (Steingäß, 2001) durchgeführt werden. Die Rohnährstoffgehalte der eingesetzten Erbsenchargen sind in Tab. 5 dargestellt. Die dazugehörigen Energiegehalte finden sich zusammen mit den Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe in Tab. 6.

Tab. 4: Rohnährstoff- und Energiegehalte der eingesetzten Futterkomponenten

	TM g/kg	Roh- asche g/kg	Roh- protein g/kg	nXP g/kg	Roh- fett g/kg	Roh- faser g/kg	MJ NEL /kg
Grassilage, 3.S., 2003	275	130	204	142	24	210	6,12
Grassilage, 1. S., 2004	285	112	177	146	33	193	6,62
	± 23	± 11	± 4	± 0	± 8	± 29	± 0,10
Grassilage, 2. S., 2004	276	114	173	134	27	235	5,83
	± 36	± 7	± 13	± 4	± 2	± 13	± 0,15
Maissilage	355	39	68	126	33	216	6,37
	± 16	± 13	± 13	± 14	± 4	± 14	± 0,13
Heu	858	81	117	122	17	286	5,42
	± 15	± 10	± 27	± 10	± 2	± 37	± 0,33
KF, Mischwagen, unbehandelt	868	26	187	--	28	26	8,30
	± 7	± 4	± 8		± 2	± 2	± 0,01
KF, Mischwagen, behandelt	878	27	186	--	30	47	8,19
	± 8	± 1	± 8		± 1	± 3	± 0,03
Grundmischung, unbehandelt	395	81	140	143	28	197	6,32
	± 16	± 6	± 9	± 3	± 3	± 15	± 0,17
Grundmischung, behandelt	399	79	142	--	26	199	6,32
	± 17	± 6	± 8		± 3	± 18	± 0,19
MLF, Erbsen unbehandelt	882	45	157	173	29	26	8,22
	± 6	± 16	± 16	± 7	± 3	± 3	± 0,15
MLF, Erbsen behandelt	887	54	150	--	29	36	8,12
	± 6	± 14	± 11		± 5	± 3	± 0,13

Tab. 5: Rohnährstoffgehalte der untersuchten Erbsen

	TM g/kg	Rohasche g/kg TM	Rohprotein g/kg TM	Rohfett g/kg TM	Rohfaser g/kg TM	NfE g/kg TM
Unbehandelt 1	870	30	207	11	58	694
Unbehandelt 2	851	28	240	12	61	659
Unbehandelt 3	894	38	243	10	63	646
Unbehandelt	872	32 ± 5	230 ± 20	11 ± 1	61 ± 3	666 ± 25
Behandelt 1	875	35	237	20	94	614
Behandelt 2	865	29	246	10	56	659
Behandelt 3	856	39	227	9	54	671
Bebehandelt	865	34 ± 5	237 ± 10	13 ± 6	68 ± 23	648 ± 30
-DLG, 1997	880	34 ± 6	251 ± 22	15 ± 5	67 ± 14	633 ± 29

Die Futtermittelaufnahme wurde täglich aus Ein- und Rückwaage gruppenweise ermittelt. Um ad libitum Fütterung zu gewährleisten, wurde ein Futterrest von 5 % gefordert. Milchmenge und Milchinhaltstoffe (Fett, Eiweiß, Laktose, Harnstoff, Zellgehalt) wurden in den Probemelken des LKV-Bayern nach den Richtlinien des Milchprüfungs Bayern bestimmt. Zwischen jedem Probemelken wurde ein Sonderprobemelken eingeschoben, so dass alle zwei Wochen die Milchleistung der Tiere erfasst wurde. Zusätzlich wurde im Melkstand die Milchmenge durch das Programm DP 5 täglich aufgezeichnet. Die Auswertung des Fütterungsversuchs erfolgte nach dem Testtagsmodell mit dem Programmpaket SAS. In den Tabellen sind die LS- Means angegeben.

3.3 Ergebnisse und Diskussion

3.3.1 Untersuchungen zum Futterwert

Verdaulichkeit der Erbsen

In Tab. 3 sind die Verdaulichkeiten der eingesetzten Erbsen dargestellt. Mit ca. 96% wiesen beiden Erbsenvarianten im Vergleich zu den Werten in der DLG-Futterwerttabellen (DLG, 1997) eine sehr hohe Verdaulichkeit der organischen Substanz auf.

Tab. 6: Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe (%) und Energiegehalte der untersuchten Erbsen

	org. Substanz	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	NfE	MJ NEL /kg TM
Unbehandelt	95,6	84,3	75,1	95,6	99,2	7,97
Behandelt	96,2	86,2	90,2	96,6	99,8	8,11
DLG, 1997	90 ± 5	82 ± 8	62 ± 21	78 ± 18	95 ± 3	7,51

Rohproteinfraktionierung und UDP-Anteilsschätzung bei Erbsen

Die Behandlung der Erbsen erhöhte die NPN-Fraktion (A) und führte zu einer dramatischen Verschiebung der B1- zur B2-Fraktion ohne erkennbare Auswirkungen auf die B3- und C-Fraktion (Tab. 7). Gleichzeitig wurde bei den behandelten Erbsen ein geringerer Zellwand-(NDF-)-Gehalt ausgewiesen, möglicherweise weil Teile der Zellwandkohlenhydrate durch die Hitzebehandlung in eine lösliche Form überführt wurden (Südekum 2004b).

Tab. 7: Chemische Fraktionierung des Rohproteins von Futtermitteln für Wiederkäuer (Licitra et al., 1996)

Fraktion	Verfügbarkeit	Rohprotein-Fraktion	Lieferung 1		Lieferung 2	
			unbeh.	beh.	unbeh.	beh.
A	im Pansen schnell abbaubar zu Ammoniak	NPN (Harnstoff, Peptide, Aminosäuren)	70	123	73	178
B1	im Pansen schnell abbaubar zu Ammoniak	Reinprotein	654	138	667	54
B2	im Pansen potentiell vollständig abbaubar	Reinprotein	262	718	244	757
B3	Im Pansen langsam, nicht unbedingt vollständig abbaubar	zellwandgebundenes Reinprotein	4	12	14	10
C	im Pansen und Dünndarm nicht verfügbar	an Lignin, Tannin oder in Maillard-Produkten gebundenes Protein	9	8	2	2

Tab. 8: Rohprotein-, Struktur- und UDP-Gehalte der untersuchten Erbsen

	Probe 1		Probe 2	
	unbehandelt	behandelt	unbehandelt	behandelt
Rohprotein (g/kg T)	200	230	234	235
PNDF (g/kg T)	147	109	142	116
ADF (g/kg T)	75	74	61	72
UPD 8 (g/kg XP)	-80	-39	-25	25
UPD 5 (g/kg XP)	-140	-130	-70	-59
UPD 2 (g/kg XP)	-145	-206	-59	-133

Der Zusatz 2, 5 bzw. 8 zum Kürzel UDP bedeutet, dass die jeweiligen UDP-Anteile am Rohprotein unter Annahme einer Passage aus den Vormägen in Höhe von 2, 5 bzw. 8 % pro Stunde geschätzt wurden.

3.4 Fütterungsversuch mit Milchkühen

3.4.1 Futter- und Nährstoffaufnahme

Im Mittel wurden von den Tieren der Versuchsgruppe 1,7 kg T pro Tag mehr an aufgewerteter Grundmischung aufgenommen (17,5 kg T gegenüber 15,8 kg T). Erklärt werden könnte die höhere Futteraufnahme durch eine Verbesserung der Schmackhaftigkeit durch den Behandlungsprozess. Auch die Veränderung der Struktur der Erbsen wäre in diesem Zusammenhang zu diskutieren. Die Kraftfütterzuteilung war mit 1,4 kg T bzw. 1,3 kg T pro Tier und Tag nahezu identisch, was zu Gesamtfutteraufnahmen von 18,8 kg T bzw. 17,2 kg T in der Behandlungs- bzw. Kontrollgruppe führte.

Insbesondere während der heißen Jahreszeit war die Aufnahme an aufgewerteter Grundration in der Versuchsgruppe deutlich höher (vgl. Abb. 3).

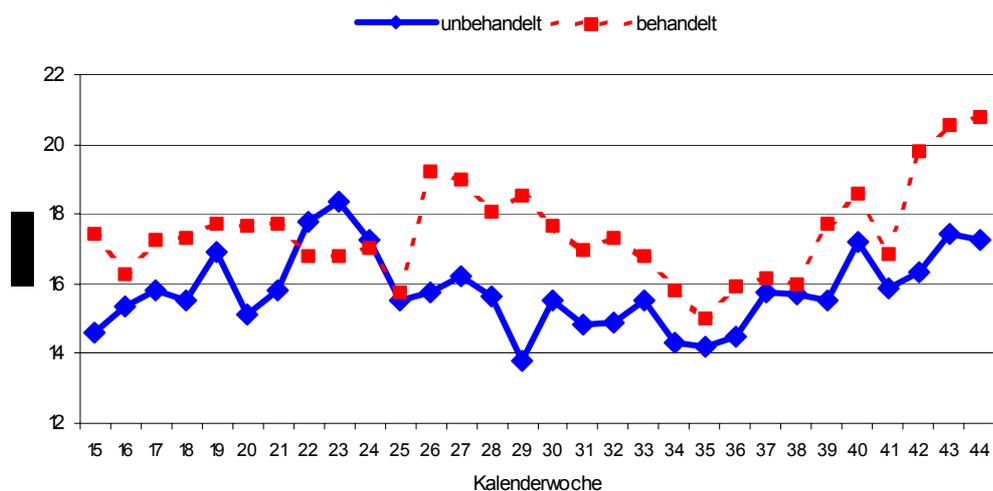


Abb. 3: Verlauf der Aufnahme an aufgewerteter Grundration während des Versuchs

Analog der Futteraufnahme war auch die Aufnahme an Rohprotein und Energie während des Versuches bei Einsatz der behandelten Erbsen erhöht.

Aufgrund fehlender Einzeltiermessungen wurde bei den Parametern der Futteraufnahme die statistische Auswertung verzichtet.

Milchmenge und Milchinhaltsstoffe

In Tab. 9 sind die Milchleistungsparameter für die beiden Gruppen dargestellt. Bei Einsatz der hydrothermisch behandelten Erbsen wurde mit 24,3 kg Milch pro Tier und Tag genau 1 kg mehr ermolken als in der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied ließ sich statistisch nicht absichern. Aufgrund nahezu identischer Milchfett- und Milcheiweißgehalte war auch bei der energiekorrigierten Milchmenge (ECM) genau 1 kg mehr an Milch in der Gruppe mit behandelten Erbsen festzustellen.

Überraschenderweise war der Milchharnstoffgehalt in der Kontrollgruppe um 0,9 mg/100 ml niedriger. Dies ist möglicherweise auf die über den Versuchszeitraum höhere Rohproteinaufnahme zurückzuführen. Der Milchzellgehalt lag mit Werten von 197.000 bzw. 240.000 Zellen für beide Gruppen in einem vergleichbaren Bereich.

Tab. 9: Milchmenge und Milchinhaltsstoffe

	Kontrolle	Versuchsgruppe
Milch (kg/Tag)	23,3	24,3
Fett (%)	4,23	4,23
Eiweiß (%)	3,45	3,46
Laktose (%)	4,84	4,83
ECM (kg/Tag)	23,8	24,8
Harnstoff (mg/100 ml)	17,7	18,6
Zellgehalt (Tsd)	197	240

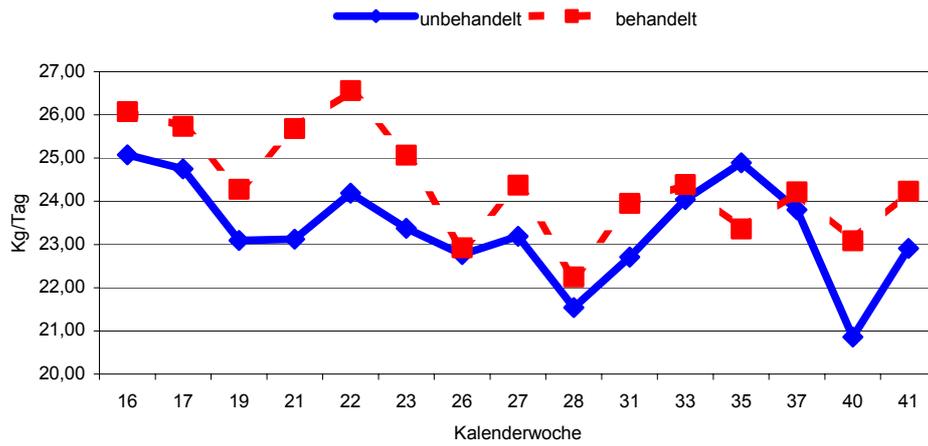


Abb. 4: Verlauf der Milchmenge während des Versuchs

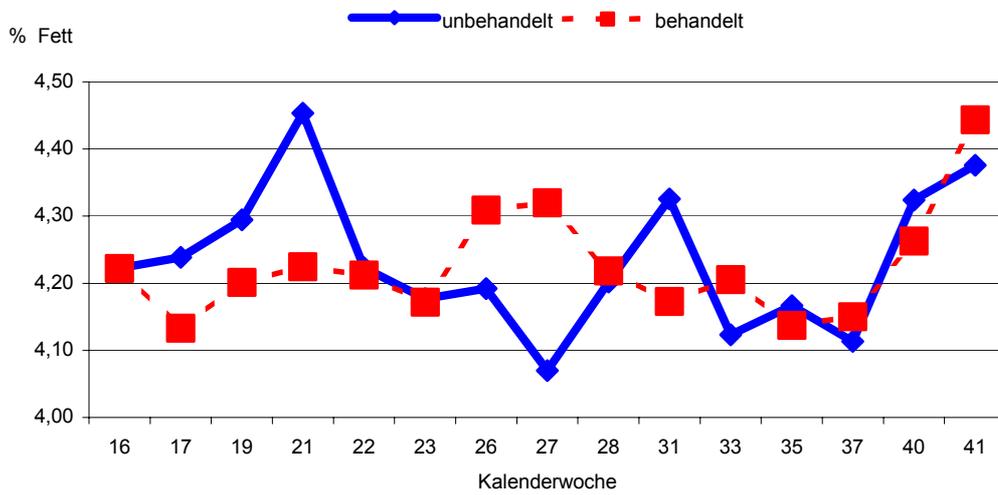


Abb. 5: Verlauf des Milchfettgehaltes während des Versuchs

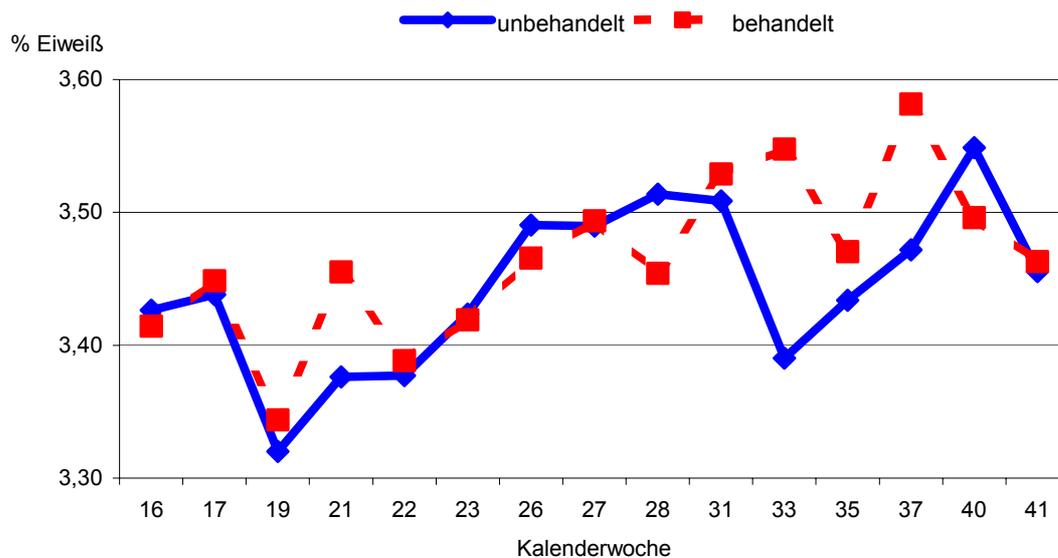


Abb. 6: Verlauf des Milcheiweißgehaltes während des Versuchs

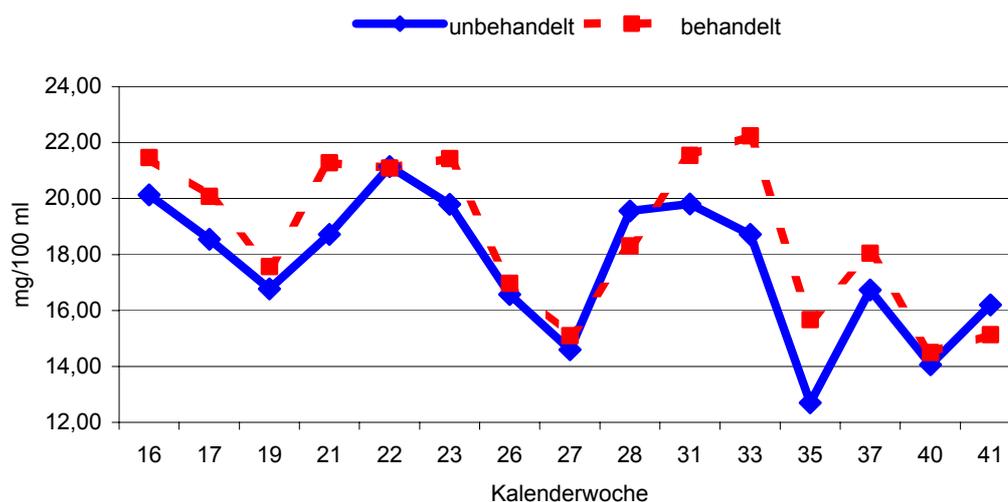


Abb. 7: Verlauf des Milchharnstoffgehaltes während des Versuchs

3.5 Schlussfolgerung

Die Behandlung von Erbsen mittels Opticon-Verfahren führt zu einer deutlichen Verschiebung der B1- zur B2-Fraktion, was eine Verlangsamung des Rohproteinabbaues im Pansen, d. h. eine reduzierte Abbaurrate, zur Folge haben dürfte. Eine UDP-Anteilsschätzung nach Shannak et al. 2000 kann bei Erbsen mit der bestehenden Schätzformel nicht durchgeführt werden. Zur nXP- bzw. UDP- Bestimmung müssen weitere Verfahren geprüft werden.

Der Einsatz von behandelten Erbsen führte zu einer höheren Futteraufnahme und Milchleistung.

Alternativ kann auch der Einsatz von behandelten Lupinen in der ökologischen Milchviehhaltung diskutiert werden. Erste Ergebnisse liegen hier bereits vor (Pries et al., 2005) Neben der Steigerung des UDP-Gehaltes ist die Erhöhung der mikrobiellen Proteinsynthese-

se im Pansen ein weiterer, wenn nicht sogar wichtigerer Ansatzpunkt. Aus dem Bereich der Proteinforschung ist bekannt, dass die Höhe der mikrobiellen Proteinsynthese in erster Linie von der im Vormagen freigesetzten Energie abhängig ist. Alle Maßnahmen zur Erhöhung der Energieaufnahme sind damit auch positiv im Hinblick auf die mikrobielle Proteinsynthese. Zum Zweiten gilt es stabile Fermentationsbedingungen im Pansen zu schaffen. Dies heißt geringe pH-Wert-Schwankungen und eine möglichst gleichmäßige und zeitlich abgestimmte Freisetzung von Energie und Stickstoff im Vormagen. Um die Möglichkeiten der mikrobiellen Proteinsynthese auszuschöpfen, gilt es daher in erster Linie die klassischen Empfehlungen zu Futterqualität, Rationsgestaltung und Rationskontrolle möglichst perfekt umzusetzen. Im Hinblick auf Futteraufnahme und der Reduktion des Körperfettabbaus kommt der Optimierung des Laktationsstarts eine hohe Relevanz zu. Der verstärkte Abbau von Körperfett erhöht das Proteindefizit am Darm, da aus Körperfett zwar Energie für die Milchbildung, aber kein Protein bereitgestellt wird.

3.6 Literatur

- GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), 1991: Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern, *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 65, 229–234.
- GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG Verlag Frankfurt/Main.
- Goelema, J.O. 1999: Processing of legume seeds: Effects on digestive behaviour in dairy cows, PhD-thesis Wageningen Agricultural University.
- Kleine Klausing, H.; Pfeil, Katharina 2003: German feedmiller protects protein better with new technology, *dairy & beef* 2, 2 (2003), 10-12.
- Kleine Klausing, H.; Pfeil, Katharina 2002: Extrusion processing protects protein *Feed Tech* 6, 9/10 (2002), 25-28.
- Licitra, G., T.M. Hernandez und P.J. van Soest, 1996: Standardization of procedures for nitrogen fractions of ruminants feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 347–358.
- Pries, M., Anja Hauswald, Angelika Schöneborn, H. Spiekers und Mechthild Freitag 2005: Hydrothermisch behandelte Lupinen zur Eiweißversorgung der Milchkuh, in Vorbereitung.
- Shannak, S., K.-H. Südekum und A. Susenbeth, 2000: Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures *Anim. Feed Sci. Technol.* 85, 195–214.
- Südekum, K.-H. und H. Spiekers 2002: Raps- und Sojaextraktionsschrot neu bewertet/Reevaluation of rapeseed and soybean meal. *Kraftfutter/Feed Magazine* 85, 62-68 A. Susenbeth.
- Südekum, K.-H. 2004a: Proteinbewertung und Proteinversorgung in der Milchviehfütterung (nXP- und UDP-Bestimmung, Routineanalytik, Aminosäurenversorgung) In 31. Viehwirtschaftliche Fachtagung „Kälberaufzucht, Mutterkuhhaltung, Milchviehfütterung“. BAL Gumpenstein, Irnding 41-49.
- Südekum, K.-H. 2004b: Rohproteinfraktionierung und UDP-Anteilsschätzung, persönliche Mitteilung.

Steingäß, H., D. Nibbe, K.-H. Südekum, P. Lebzien und H. Spiekers 2001: Schätzung des nXP-Gehaltes mit Hilfe des modifizierten Hohenheimer Futterwerttests und dessen Anwendung von Raps- und Sojaextraktionsschroten. 113 VDLUFA- Kongress, Berlin, Kurzfassungen der Vorträge, 114.

Yu, P. A.R. Egan und B.J. Leury 1999: Influence of dry roasting of whole faba beans (*Vicia faba*) and whole lupin seeds (*Lupinus albus*) on rumen disappearance and estimated intestinal digestion of CP using the optimal three-step in vitro technique in dairy cows, Asian-Aus. J. Anim. Sci., 12 (7), 1054 – 1062.

Adresse:

Dr. Wolfgang Preißinger
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3
85586 Poing
ITE@LfL.bayern.de

4 Zur Aminosäurenversorgung von Ökoschweinen

Dr. Hermann Lindermayer, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft

Die qualitativ und quantitativ ausgewogene Aminosäureversorgung von Ökoschweinen ist ernährungsphysiologisch nicht nur notwendig, sondern praktisch auch machbar – wenn auch unter erschwerten Bedingungen:

- Biogetreide enthält gegenüber konventioneller Ware etwa 5-10 % weniger an Rohprotein und damit auch an (essentiellen) Aminosäuren;
- Leguminosen (Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen) haben Mängel in der Aminosäureausstattung (Methionin), enthalten oft verzehrs- und leistungshemmende Futterinhaltsstoffe, weisen geringere (schwankende) Aminosäureverdaulichkeiten auf, bringen ohne entsprechende Ergänzung Aminosäuremangel (Energiemangel) bei N-Überschuss in die Ration und es gibt große Sortenunterschiede;
- Eiweißfutter mit guter Aminosäurelieferung und Ergänzungswirkung (Nebenprodukte aus der Milchverarbeitung / Stärkeindustrie / Brauerei, Biosojaprodukte) sind knapp und teuer. Außerdem findet sich keine ausgeglichene und stabile Qualität auf dem Markt (siehe Abb. 8, , Abb. 9, Abb. 10, Abb. 11, Abb. 12, Abb. 13, Abb. 14).

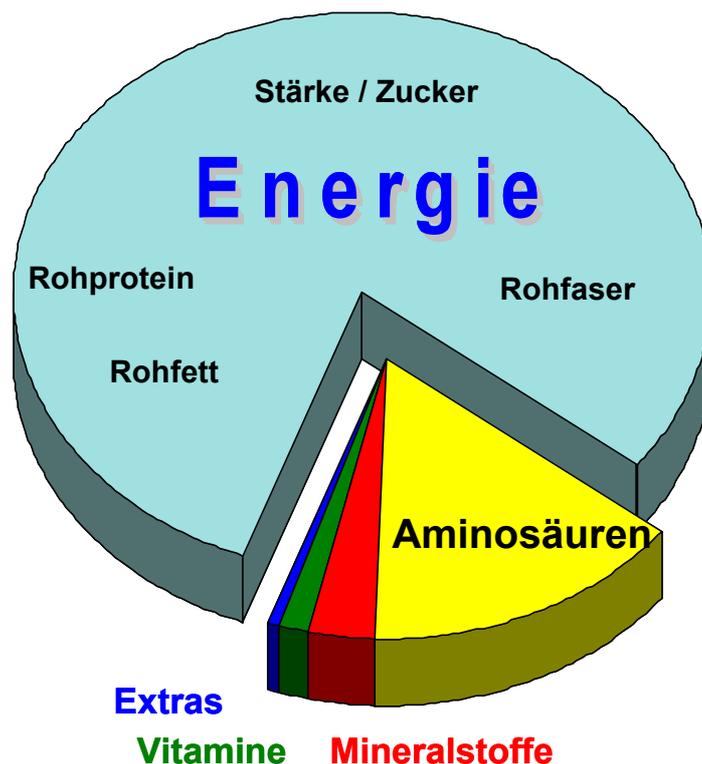


Abb. 8: Wertigkeit der Futterinhaltsstoffe

• Körnerleguminosen	Ackerbohnen Erbsen Lupinen
• Ölsaaten	Sojabohnen, Sojakuchen (Rapsschrot, Rapskuchen) Lein-, Sonnenblumenschrotkuchen
• Nebenprodukte	(Kartoffeleiweiß) Molke, Magermilch Bierhefe
• Grundfutter	Grünfutter, Silagen, Cobs

Abb. 9: Heimische Eiweißfuttermittel

Futtermittel	Rp g	Lys g	Met g	Reale Verdaulichkeiten	
				Lys	Met
Ackerbohnen	260	16,5(6,3)	2,0(0,8)	84	77
Erbsen	200	15,0(7,5)	2,1(1,0)	85 ¹⁾ /68 ²⁾	78/65
Kartoffeleiweiß	726	56,0(7,7)	16,4(2,2)	81	75
Magermilchpulver	293	24,5(8,3)	8,2(2,9)	88	90
Sojabohnen (getoastet)	344	20,9(6,1)	4,9(1,4)	84	81
Sojakuchen	395	23,7(6,0)	6,0(1,5)	?	?
Rapskuchen (10%)	306	20,7(6,7)	7,4(2,4)	74	75

¹⁾< 5 TIA/mgT ²⁾>10 TIA/mg

Abb. 10: Wichtige Aminosäurelieferanten (87% T)

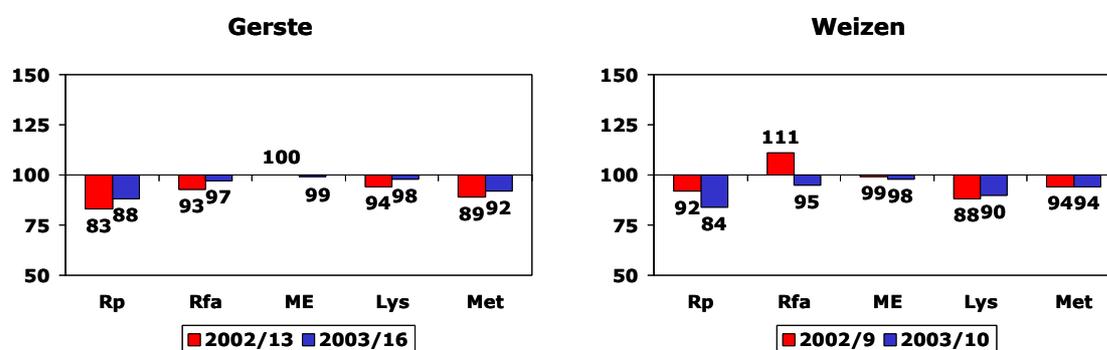


Abb. 11: Energiefutter: Relative Abweichung (2003/2004)

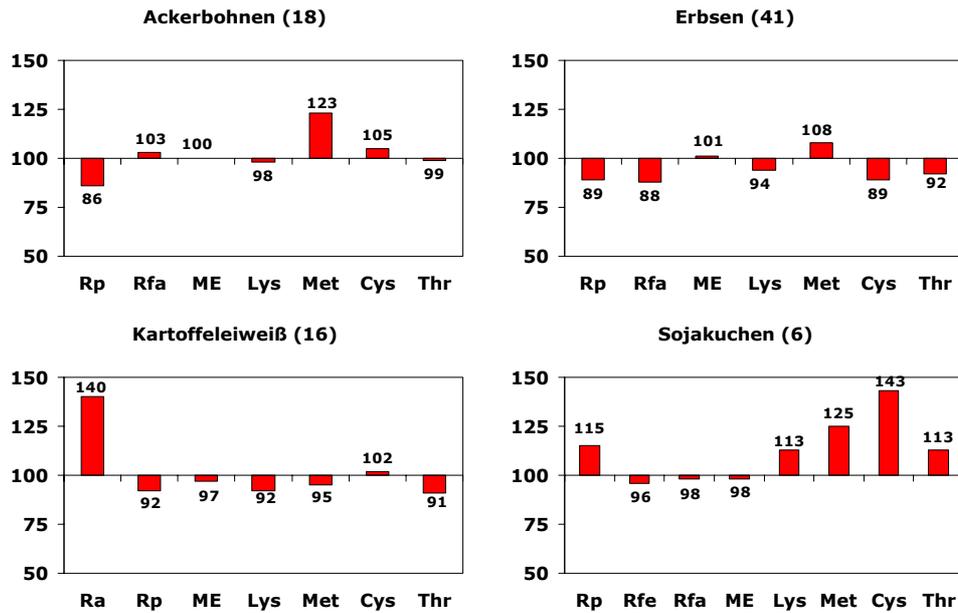
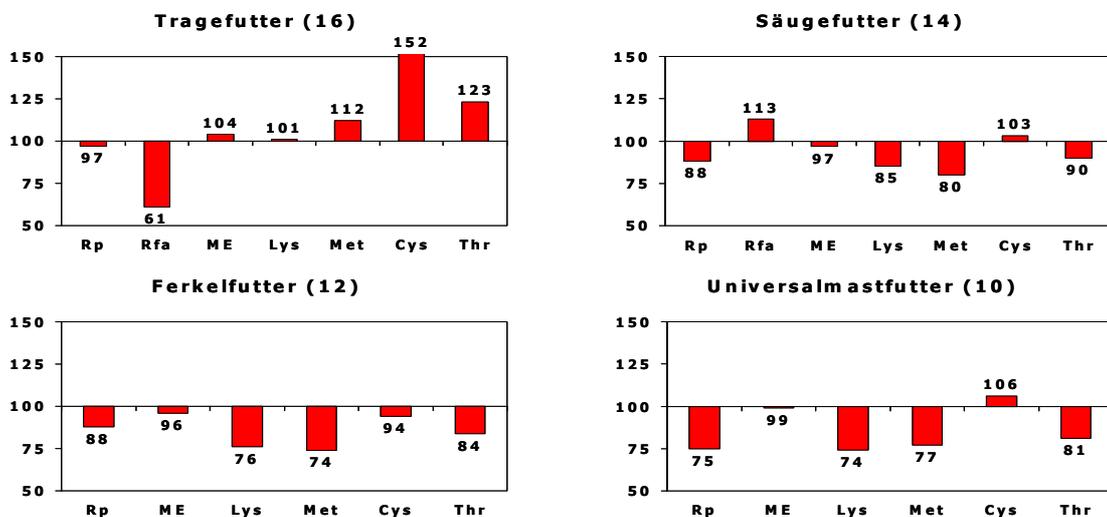


Abb. 12: Eiweißfutter: Relative Abweichung (2003/2004)

Die Aminosäuremängel der Einzelfutter finden sich zwangsläufig zusammen mit „gewollten und/oder versteckten“ Mischungsfehlern in den analysierten Rationen aus bayerischen Praxisbetrieben wieder. Aus den Erhebungen 2002/2003/2004 geht klar hervor, dass

- eine/wenige Futtermittelration/en (z.B. Universalmast-/zuchtfutter) die Nährstoffansprüche des Ferkels und der Zuchtsau bis hin zum Mastschwein und über viele Leistungsstadien nicht erfüllen kann;
- extreme Unterversorgungen an Aminosäuren insgesamt anzutreffen sind;
- mit abnehmenden Versorgungsansprüchen (Zuchtsauen – tragend, Endmast) oder mit zunehmender Betriebsgröße (Mast-Phasenfütterung) die vollwertige Ernährung besser gelingt (siehe Abb. 13, Abb. 14).

Abb. 13: Rationen: Relative Abweichung zur Empfehlung (2003/2004)



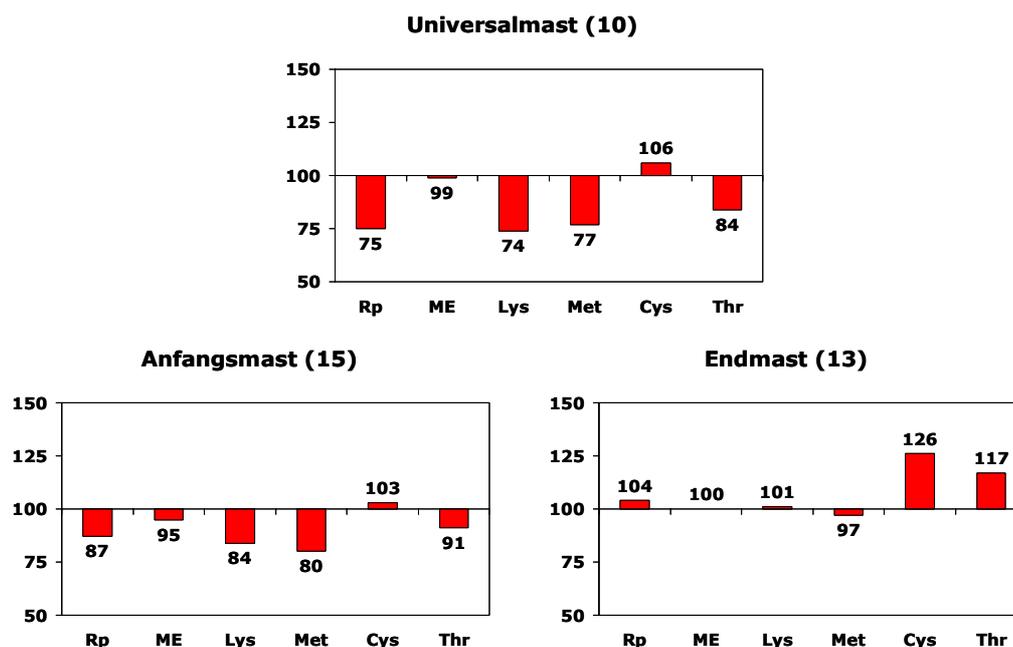


Abb. 14: Rationen: Relative Abweichung zur Empfehlung (2003/2004)

Sollte die angedachte oder zum Teil bereits umgesetzte Forderung „100% Öko“ 2005 greifen, dann gilt:

- „100% Öko“ geht in Hinblick auf die Tiere;
- „100% Öko“ verlangt mehr Fütterungswissen – vom Landwirt (Futteruntersuchungen, Controllingmaßnahmen, Futtermanagement
- „100 % Öko“ bedarf mehr Rationen und vielfältigere Rationsgestaltung (Phasenfütterung, Futtertechnik / Logistik, intelligente Ergänzter
- „100% Öko“ bedeutet mehr Futterkosten bzw. erfordert höhere Erlöse (ca. 20-30 €/...)
- „100% Öko“ – Einführung in Stufen?

Zur Hilfestellung wird seitens der Landesanstalt für Landwirtschaft an der Verbesserung der Aminosäureleistungen vom Anbau über die Aufbereitung bis zur Fütterung (Beispiel Öko-Soja) gearbeitet. Außerdem werden die Ökoberater in Sachen Fütterung (Berechnungen, Controllingmaßnahmen) „fitgemacht“. Die neue „Fütterungsfibel für Ökoschweine“ steht jedem Landwirt zur Verfügung (siehe Abb. 15, Abb. 16, Abb. 17, Abb. 18, Abb. 19, Abb. 20, Abb. 21).

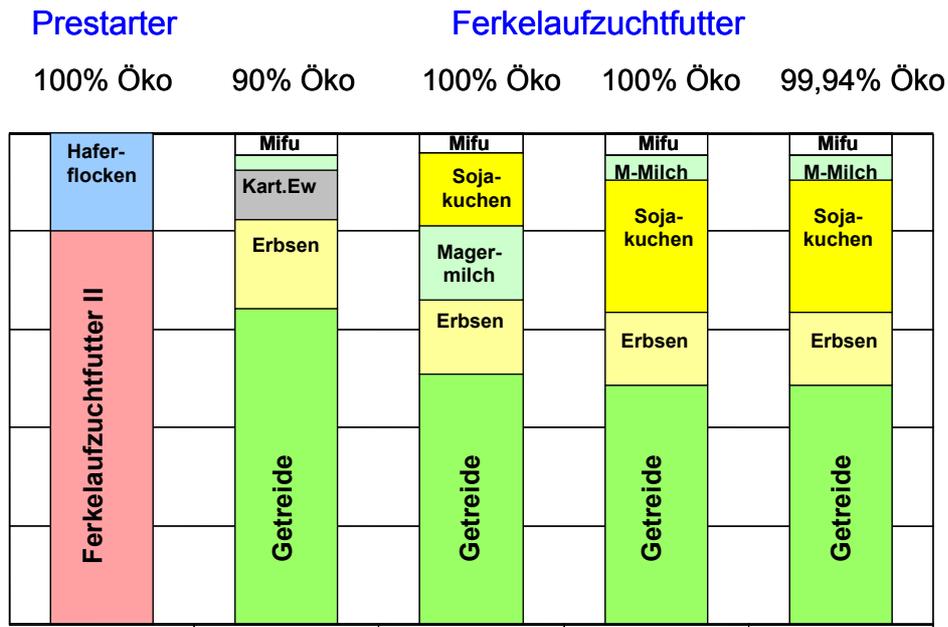


Abb. 15: Futteraufnahme kurven

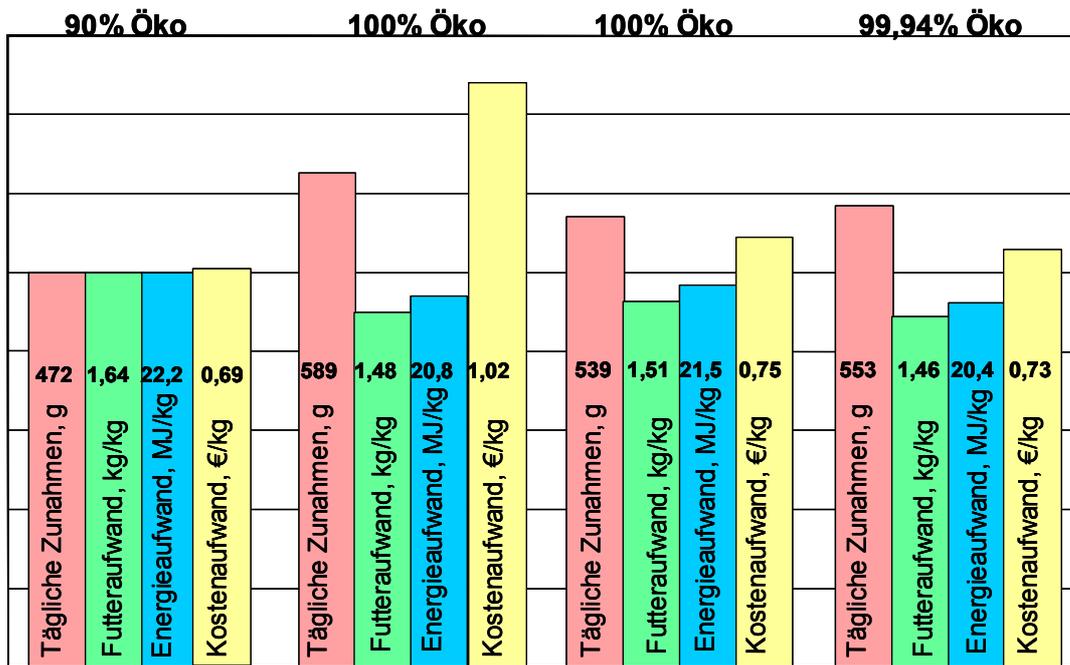


Abb. 16: 100% Ökofütterung – Aufzuchtleistungen

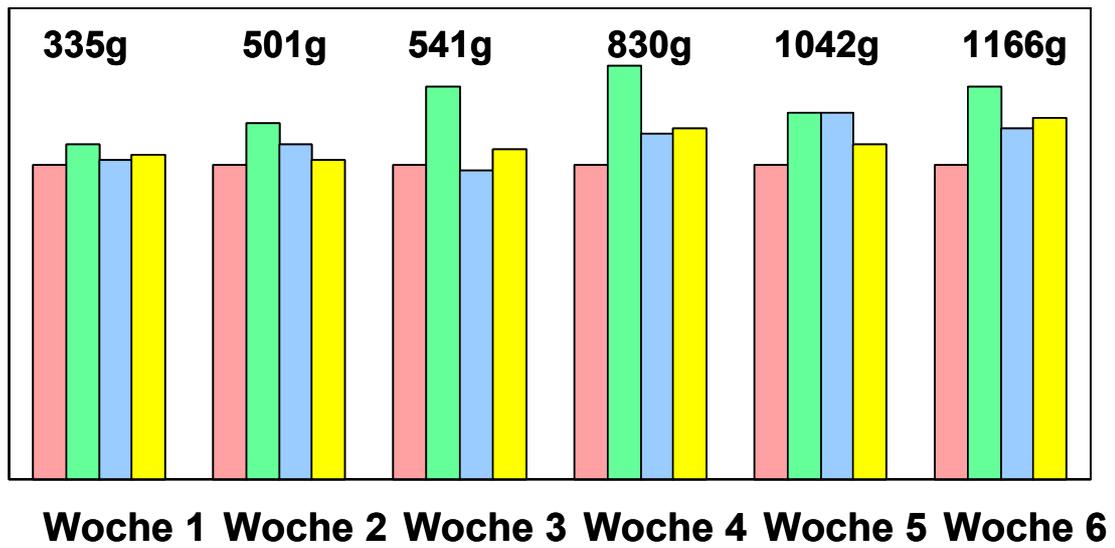


Abb. 17: Futteraufnahmekurven

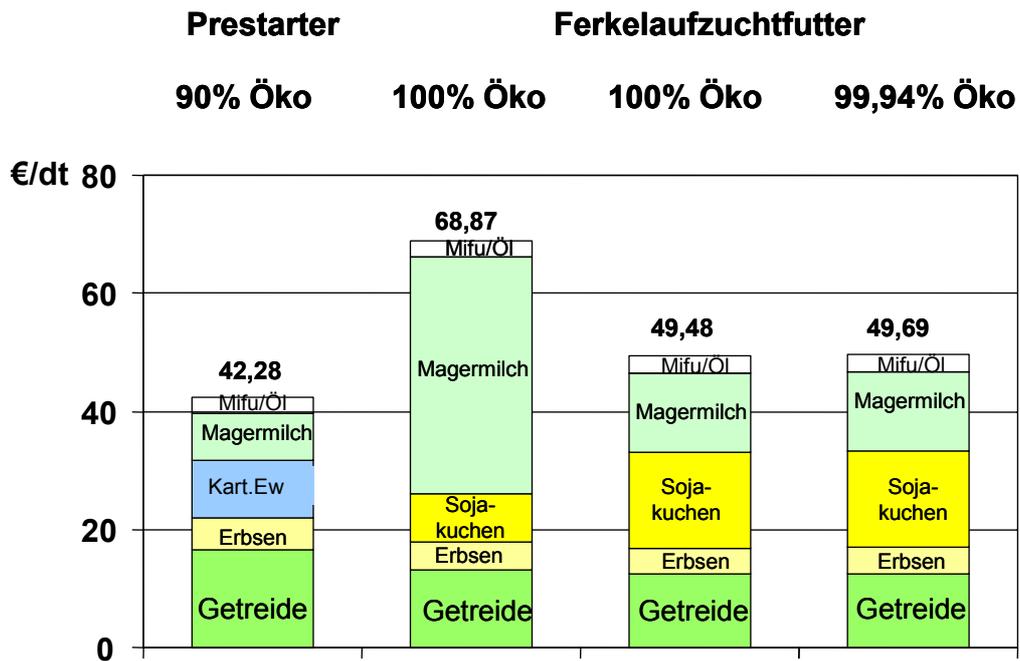


Abb. 18: 100% Ökofütterung - Futterkosten

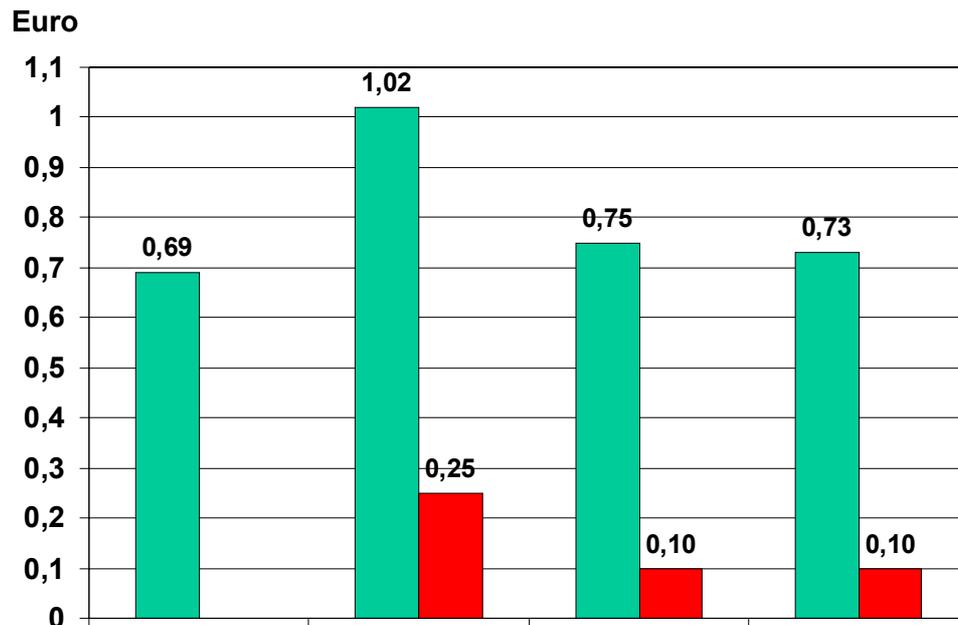


Abb. 19: 100% Ökofütterung – Futterkosten pro kg Zuwachs - Mehrerlös

- Eiweißfutter einsparen
(Versorgungsempfehlungen, Phasenfütterung, Futtercontrolling...)
- Eiweißfutter sichern
(Nebenprodukte der Ökoschiene)
- Eiweißfutter „machen“
(Pflanzenzucht, -bau, ...Verarbeitung)

Abb. 20: Eiweißfutterstrategien

- Sojaprojekt
- Beraterschulung
- Fütterungsfibel

Abb. 21: Hilfestellung

Adresse:

Dr. Hermann Lindermayer
 Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
 Prof.-Dürrwaechter-Platz 3
 85586 Poing
 ITE@LfL.bayern.de

5 Qualität ökologischer Produkte – Kriterien, Methoden, Bewertungen

Dr. Hans Jürgen Reents, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau

5.1 Qualität – Versuch einer Begriffsbestimmung

Die Qualität von Nahrungsmitteln ist in der Diskussion häufig ein sehr kontroverses Thema, insbesondere dann, wenn über die relative Vorzüglichkeit von Ökoprodukten oder die Risiken von gentechnisch veränderten Organismen gestritten wird. Ein Teil der Kontroversen mag vielfach darauf beruhen, dass über den Begriff „Qualität“ zu wenig Einvernehmen vereinbart wurde.

Qualität ist zunächst nur eine Beschreibung einer Sache, eines Gegenstandes nach seiner Beschaffenheit wie Zusammensetzung oder Aussehen. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird mit der Nutzung des Begriffes eine Bewertung in Richtung von „gut“ oder „besser“ verbunden. Damit beinhaltet der Begriff eine Beziehung in Form eines Vergleiches oder Verhältnis zur Nutzung. So kann ein Apfel eine bessere Qualität haben, weil er als schöner empfunden wird als ein anderer, ein Weizenmehl wird als besser qualifiziert, weil sich größere Semmeln daraus backen lassen.

Qualität beinhaltet also im üblichen Sprachgebrauch immer eine Beurteilung, sei es aufgrund der eigenen Erfahrung und Wahrnehmung oder in dem man sich auf die Bewertung eines Anderen, z. B. eines „neutralen“ Experten oder eines Untersuchungsinstitutes beruft. Wenn es um die Qualitätsbestimmung von Nahrungsmitteln geht, stellt sich natürlich die Frage, wer bewertet sie wofür und mit welchen Methoden und Kriterien.

Der zweite zu klärende Begriff in diesem Zusammenhang ist der des Nahrungsmittels selber, denn dies hat Konsequenzen für die Methoden und Kriterien, mit dem es beurteilt wird. Der Vorgang der Ernährung stellt sich zunächst einfach dar, d.h. wenn man Hunger hat, isst man etwas, man nimmt Stoffe zu sich. Ernährung wäre in diesem Sinne eine Übertragung von Stoffen. Da viele der Nahrungsbestandteile, die wir in größeren Mengen zu uns nehmen, den Energiehaushalt unterstützen, ist Ernährung eine Übertragung von Energie.

Andere Nahrungsbestandteile, wie Vitamine, essentielle Aminosäuren und Fettsäuren sind in erster Linie keine Energieträger sondern halten die Funktion des Stoffwechsels und die Gesundheit aufrecht. Im Sinne von SCHRÖDINGERS (2003) Verständnis von Ernährung sollten in diesem Zusammenhang Nahrungsmittel als Überträger von „Ordnung“ verstanden werden. Gleichzeitig ist ein Essen auch immer ein sinnliches Erlebnis. Durch das Aussehen, den Geruch und den Geschmack wird die Gefühlswelt angeregt und damit die Harmonie von Körper und Seele. Diese Wirkung der Nahrungsmittel soll hier ebenfalls unter den Begriff „Ordnung“ mit erfasst werden.

Nahrungsmittel

- Führt Stoffe und Energie zu – Stoffwechsel und autonomes Leben
 - Befriedigt die Sinne und das Gefühl
 - Schafft dir Grundlage für Harmonie und Gesundheit
 - Schafft die Grundlage für die Individualität
- } Stoffe

} Ordnung

} Idee

5.2 Kriterienbildung für die Qualitätsbestimmung

Die Kriterienbildung auf der Basis der eigenen sinnlichen Wahrnehmung lässt sich am Beispiel des Apfels darstellen. Ein Apfel verändert sich im Laufe des Reifevorgangs. Zuerst ist er noch zu hart und zu sauer zum Essen. In der weiteren Entwicklung wird der bissfähig und erreicht nach und nach die volle Genussreife, wahrgenommen an einem ausgewogenen Zucker-Säure-Verhältnis, angenehmen Duft, passendem Biss. Im weiteren Verlauf wird er mürbe, mehlig, trocken, die Säure verliert sich; die Genussreife wird überschritten.

Diese Wahrnehmungen und Empfindungen können mit Messwerten von verschiedensten Methoden und Messgeräten in Beziehung gesetzt werden (Abb. 22). Das einfachste sind Farbskalen zur Bestimmung der Reife, aber auch aufwändigere Methoden wie Zucker-, Säure- und Vitamin-Bestimmungen oder der P-Wert (elektrochemischer Kennwert nach HOFMANN). Aus dem Vergleich von direkter Wahrnehmung mit den Messwerten lassen sich kritische Werte ableiten, d.h. am Beispiel des Apfels Werte für die Pflückreife, Genussreife, Überreife.

Sind solche kritischen Werte festgelegt, lassen sich daran gleichartige unbekannte Nahrungsmittel einordnen. Je nach dem Erreichen der kritischen Werte wird es zu einer Beurteilung als gute oder weniger gute Qualität kommen. Weiterhin ist es mit Hilfe dieser kritischen Werte möglich, andere Untersuchungsmethoden zu eichen, d.h. man vergleicht die neue Methode mit der bereits bekannten und erhält entsprechende Eichwerte.

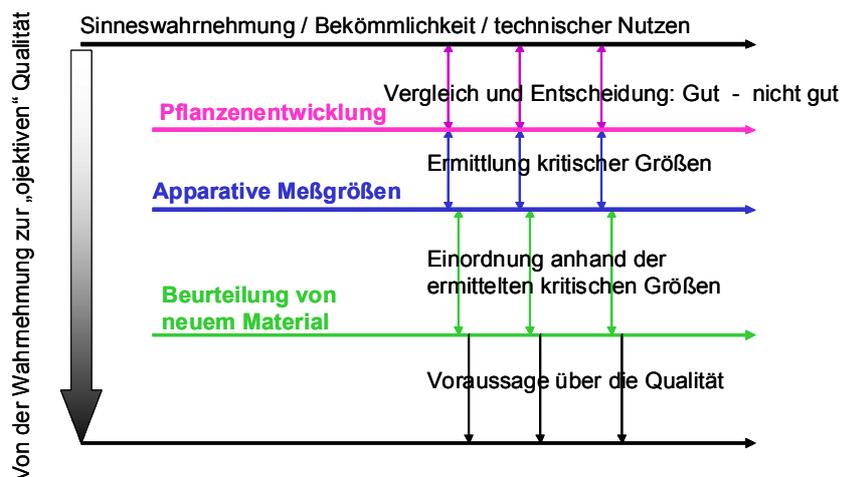


Abb. 22: Entwicklung von Meßmethoden und kritischen Messgrößen zur Beurteilung der Qualität von Nahrungsmitteln.

Ein zweites Verfahren, Kriterien für die Qualität von Nahrungsmitteln abzuleiten, führt über Ernährungsstudien. Um den Effekt eines einzelnen Nahrungsmittels oder eines einzelnen Stoffes zu untersuchen, muss in der Regel mit einer sehr großen Zahl von Probanden gearbeitet werden, weil die Gruppen inhomogen sein werden (Beispiel: an einer Studie zur Krebsprävention von β -Carotin und Vitamin E in Finnland haben 30.000 Personen teilgenommen). Als Kriterium dienen Abweichungen in der Häufigkeitsverteilung bei Parametern wie in dieser Studie z.B. das Auftreten von Krankheiten, Todesursachen, Blutwerte in den unterschiedlich behandelten Gruppen.

Der andere Weg bei Ernährungsstudien führt über eine kleine Gruppe von Probanden, die möglichst geringe Variation aufweist und deren Lebensbedingungen und Ernährung während des Testzeitraums sehr genau kontrolliert werden. Als Kriterium dienen dann die

Veränderungen bestimmter physiologischer Parameter (z.B. Blut-, Leberwerte, Ausscheidungen im Harn) in der Zeit bei der Umstellung der Ernährung oder Einführung eines einzelnen zu untersuchenden Nahrungsmittels.

Sollen zusätzlich die Effekte der Ernährung auf die körperliche und seelische Befindlichkeit und geistige Leistungsfähigkeit geprüft werden, so müssen die möglichen Beurteilungskriterien erweitert und die Methoden angepasst werden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Beschreibung der Qualität von Nahrungsmitteln mit den verschiedensten Methoden erfolgen kann, die kritischen Werte, mit denen man zu einer Beurteilung „gut“ oder „besser“ kommt, haben unmittelbar oder mittelbar einen direkten Bezug zum Menschen, seinen Bedürfnissen, seinem physiologischen Zustand aber auch seinen Ansprüchen an die technische Nutzung. Dies ist bei allen apparativen und damit scheinbar objektiven Meßgrößen zu berücksichtigen.

Aus der Sicht des Autors besteht eine zusätzliche Möglichkeit, Qualitätskriterien für pflanzliche Produkte weitgehend unabhängig von den direkten menschlichen Bedürfnissen und der technischen Nutzung zu ermitteln, in der Beobachtung des Entwicklungsprozesses der Pflanzen.

Pflanzen bauen zunächst Masse auf und im Laufe der Entwicklung tritt eine Differenzierung ein, äußerlich sichtbar an morphologischen Veränderungen der Blätter, der Blütenbildung, der Fruchtbildung. Im Inneren differenzieren sich die Stoffe, Speicherstoffe nehmen zu, ebenso sekundäre Inhaltsstoffe, die als Farbe, Geschmack, Geruch wahrgenommen werden können (Abb. 23). Kritische Werte lassen sich für bestimmte Entwicklungsabschnitte ableiten.

Im Gegensatz zur oben genannten Beurteilung in Relation zum Menschen, kann auch eine Beurteilung in Bezug auf den Nutzen für die Pflanze erfolgen; z.B. haben bestimmte Stoffverhältnisse in einer Möhre einen Einfluss auf die Überwinterungsfähigkeit (technisch: Lagerfähigkeit) und damit die Fähigkeit zur Samenproduktion und Erhalt der Art im nächsten Jahr.

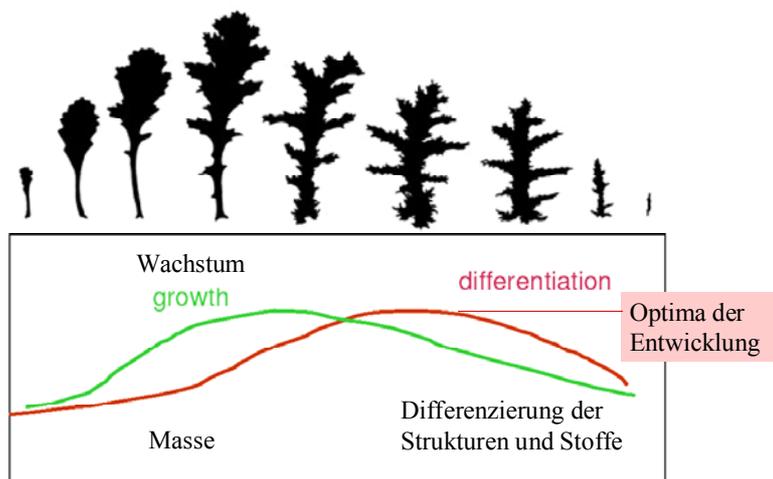


Abb. 23: Schematische Darstellung des Wachstums und der Differenzierung von Pflanzen und Pflanzenorganen (Blätter, Rüben, Blüten, Früchte) im Lauf der physiologischen und morphologischen Entwicklung (Louis Bolck Inst.)

5.3 Methoden zur Qualitätsbestimmung und Ergebnisse für Ökologische Produkte

5.3.1 Stoffe ernähren den Menschen

Kohlehydrate, Eiweiße, Fette und Mineralstoffe sind Hauptbestandteile der Nahrungsmittel. Dementsprechend werden ihre Anteile in pflanzlichen Produkten als Kriterien zur Beurteilung deren Qualität herangezogen. Aus den Wachstumsbedingungen im ökologischen Landbau kann prognostiziert werden, wie sich die Relationen der Inhaltsstoffe in den Produkten entwickeln. In der physiologischen Entwicklung gehen die Stickstoffaufnahme und die Eiweißbildung der Reservestoffeinlagerung voraus und der Reifeprozess ist abhängig von der Dauer dieser Aufnahmeperiode. Da bei der ökologischen Produktion das N-Angebot in der Regel niedriger als im konventionellen Anbau ist, wird sich das Verhältnis von Eiweiß zu Kohlehydraten erweitern, gleichzeitig wird der Trockensubstanzgehalt höher. Die Konzentration von Stoffen im Produkt - speziell einiger Mineralstoffe – erhöht sich. Diese Zusammenhänge sind im Überblick in Tab. 10 und anhand von Versuchsergebnissen in Tab. 11 dargestellt.

Tab. 10: Tendenz der Veränderung der Gehalte verschiedener Inhaltsstoffe in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus ökologischem Anbau im Vergleich zum konventionellen wie sie aus verschiedenen Literaturquellen ableitbar sind (eigene Darstellung)

	Gehalte	Bewertung
Kohlehydrate	↗	?
Gesamteiweiß	↓	- (?)
Mineralstoffe	↑	+
Trockenmasse	↑	+

Für die Ernährung wird die höhere Dichte der Inhaltsstoffe in der Qualitätsbeurteilung meist günstiger bewertet, was einerseits auf dem besseren Geschmack beruht und andererseits als Ausdruck einer besseren Ausreife gewertet wird. Hinsichtlich der Grundsätze für eine gesunde Ernährung zeigt sich, dass mit pflanzlichen Nahrungsmitteln, die höhere Gehalte aufweisen, die empfohlene tägliche Aufnahme dieser Inhaltsstoffe leichter erreicht werden kann (Tab. 12).

Der Vorteil eines niedrigen Eiweißgehaltes in pflanzlichen Ökoprodukten ist umstritten. Für Tätigkeiten, die einen geringen Kraftaufwand benötigen, ist eigentlich ein weiteres Eiweiß-Kohlenhydrat-Verhältnis eher ungünstig. Andererseits wird mit einer sehr Eiweiß betonten Ernährung die Gefahr von Erkrankung wie Gicht oder Nierensteinen verbunden. Für manche technische Zwecke wie z.B. das Backen von Semmeln aus Weizenmehl ist ein Mindestmaß an Eiweiß notwendig, um Volumen und Struktur zu erzielen.

Tab. 11: Mineral- und Wirkstoffgehalt von ökologischen Ernteprodukten gegenüber konventionell angebauten (Worthington 2001)

	mittlere proz. Abweichung	Anzahl Vergleiche	Anzahl Studien
Vitamin C	+27	132	20
Eisen	+21	83	16
Magnesium	+29	102	17
Phosphor	+13	102	18
Nitrat	-15	176	18

Tab. 12: Mineral- und Wirkstoffgehalt (in mg) von einer Tagesration verzehrten Gemüses (ökologisch – konventionell) bestehend aus Salat, Spinat, Karotten, Kohl und Kartoffeln (Worthington 2001)

	Vitamin C	Eisen	Magnesium	Phosphor
Ökologisch	89,2	3,7	80,0	124,0
Konventionell	67,9	3,0	68,6	111,8
Empfohlene tägliche Aufnahme	75	10-15	350	1500

Vorstufen der Eiweißbildung, wie das unerwünschte Nitrat oder freie Aminosäuren, sind in pflanzlichen Produkten aus ökologischem Anbau in geringerer Konzentration zu finden. Die Aggregation der Kohlehydrate nimmt z. T. zu, das heißt der Anteil von Einfachzuckern nimmt im Verhältnis zu den Mehrfachzuckern ab (Tab. 13).

Diese Eigenschaften werden in der Regel als günstig bewertet, da sie von der physiologischen Entwicklung der Pflanze her auf eine bessere Ausreife deuten. In der menschlichen Ernährung wird Nitrat wegen der potentiellen Erhöhung des Krebsrisikos nach wie vor als ungünstig bewertet. Einem geringeren Sättigungsgrad von Ölen wird eine Schutzfunktion im Stoffwechsel zu geschrieben.

Tab. 13: Tendenz der Veränderung der Struktur und Gehalte verschiedener Inhaltsstoffe in pflanzlichen Nahrungsmitteln aus ökologischem Anbau im Vergleich zum konventionellen, wie sie aus verschiedenen Literaturquellen ableitbar sind (eigene Darstellung)

	Gehalte / Grad	Bewertung
Aggregation Kohlehydrate	↗	+ ?
Reineiweiß an Roheiweiß	↗	+
Nitrat	↓	+
Sättigungsgrad der Öle	↘	+?

5.3.2 Stoffe fördern oder schädigen die Gesundheit

Neben den Hauptbestandteilen Eiweiß, Kohlehydrate, Fette und Mineralstoffen enthalten pflanzliche Produkte eine Vielzahl von Stoffen, die sowohl für die Pflanze als auch für die Ernährung von großer Bedeutung sind. Dies ist die Gruppe der sekundären Inhaltsstoffe, die im Stoffwechselprozess vermehrt nach dem Aufbau von Kohlehydraten und Eiweiß gebildet werden.

Sie haben unterschiedliche Funktionen in der Pflanze. Viele der Stoffe stehen in Zusammenhang mit Abwehrreaktionen gegenüber Pathogenen. Sie wirken giftig, indem sie in den Stoffwechsel des Pathogens eingreifen oder sie führen gezielt den eigenen Zelltod herbei, um so dem Pathogen die Nahrungsgrundlage zu entziehen.

Man findet darunter vielfältige Farb- und Aromastoffe. Farbstoffe sind Signalstoffe, die einerseits Fraßfeinde abwehren sollen, andererseits die Pflanzenteile, die für die Verbreitung wichtig sind, also Samen und Früchte, attraktiv machen, damit sie von Tieren aufgenommen und verschleppt werden. Duftstoffe können eine vergleichbare Funktion ausüben.

Im Pflanzenstoffwechsel üben diese Stoffe häufig Schutzfunktionen aus, d. h. sie verhindern die oxidative Zerstörung von chemischen Verbindungen durch Luftsauerstoff oder Sauerstoffradikale, z.B. Reduktion durch Vitamin C, einem der bekanntesten Antioxidantien.

Die sekundären Inhaltsstoffe werden nach ihrer chemischen Struktur eingeteilt in die Hauptgruppen Phenole, Terpene, Alkaloide und Schwefelhaltige Verbindungen (Tab. 14). Die Vitamine lassen sich je nach Struktur in die entsprechende Gruppe einordnen.

Tab. 14: Hauptgruppen der sekundären Pflanzenstoffe

(Poly)Phenole	aromatische Verbindungen wie Flavonoide, Flavone, Anthocyane <i>Farbstoffe, Pathogenabwehr</i>
Terpene	Carotinoide wie Lutein und Lycopon, Steroide einige Vitamine und deren Vorstufen <i>Farbstoffe, Aroma, Schutz von Stoffwechselprozessen</i>
Alkaloide	Stickstoffhaltige Verbindungen wie Nikotin, Cocain, Atopin, Solanin, Chaconin <i>Pathogenabwehr</i>
Schwefelhaltige Verbindungen	Schwefelhaltige Verbindungen wie Glucosinolate, Allicin <i>Aroma, Pathogenabwehr</i>

(Goertz 2005)

Inzwischen haben medizinische und lebensmittelwissenschaftliche Untersuchungen gezeigt, dass diese Stoffgruppen eine vielfältige Bedeutung für die menschliche Gesundheit haben. Sie zeigen die unterschiedlichsten pharmakologischen und gesundheitserhaltenden Wirkungen (Goertz 2005):

- in natürlich vorkommenden Konzentrationen pharmakologische Wirkung
 - stimulierende Wirkung auf das Immunsystem,
 - antikanzerogen
 - antimikrobiell

- antithrombotisch
- immunmodulierend
- entzündungshemmend
- Blutdruck-beeinflussend (senkend)
- Cholesterinspiegel-senkend
- Blutglucose-beeinflussend
- Verdauungsfördernd
- in höheren Dosierungen auch toxisch - antinutritive Lebensmittelinhaltsstoffe
- Duft- und Geschmacksstoffe für die Auswahl der Nahrungsmittel

In einer neueren Untersuchung haben KOBÆK-LARSEN et al. (2004) Ratten, bei denen schon ein Krebs induziert war, mit einer Futterkombination versorgt, die getrocknete Karotten bzw. Falcarinol als Stoffauszug aus Karotten enthielt. Es wurde eine geringere Anzahl von Läsionen im Darm mit gleichzeitig geringerer Ausdehnung und Tumore gebildet, wenn Karotten bzw. Falcarinol im Futter war.

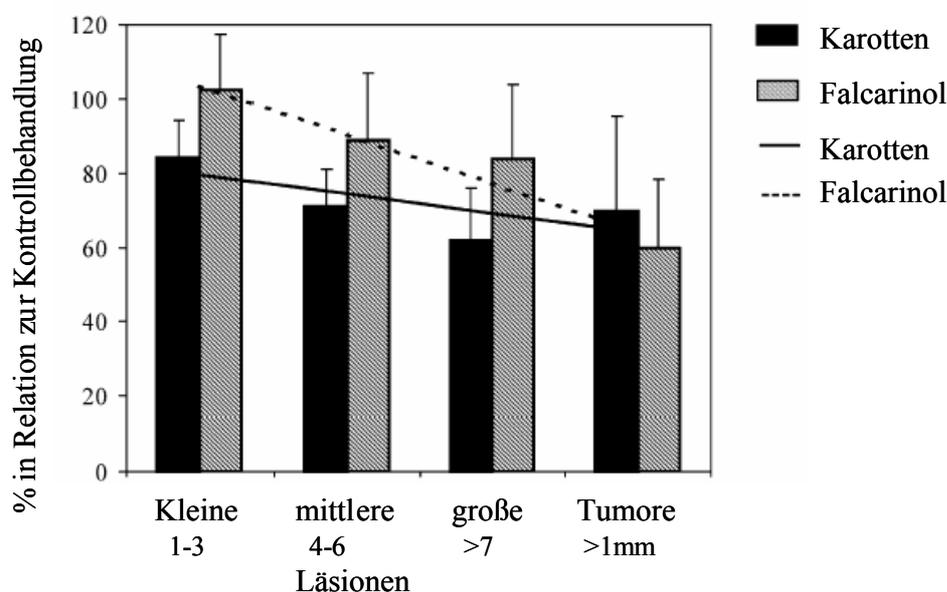


Abb. 24: Ratten mit induziertem Krebs bilden bei Zugabe von Karotten in die Fütterung weniger und kleinere Läsionen und Tumore im Darm aus

In einem Mutagenitätstest mit Salmonellen konnten REN et al. (2001) zeigen, dass Gemüsesäfte die mutagene Wirkung von Chemikalien senken und der Effekt bei Säften aus Pflanzen mit organischer Düngung stärker ausgeprägt war als bei mineralischer Düngung. Dieses Ergebnis könnte auf einem höheren Gehalt der sekundären Inhaltsstoffe beruhen, wie sie in mehreren Untersuchungen in letzter Zeit nachgewiesen wurden.

Auf der Basis dieses Wissens und der Ansicht, dass eine höhere Aufnahme dieser Stoffe die Gesundheit noch mehr fördert und uns vor den Folgen des Stress schützt, werden Lebensmittel-Ergänzungstoffe sowie die neuen Functional-Foods hergestellt und mit viel Werbung teuer verkauft.

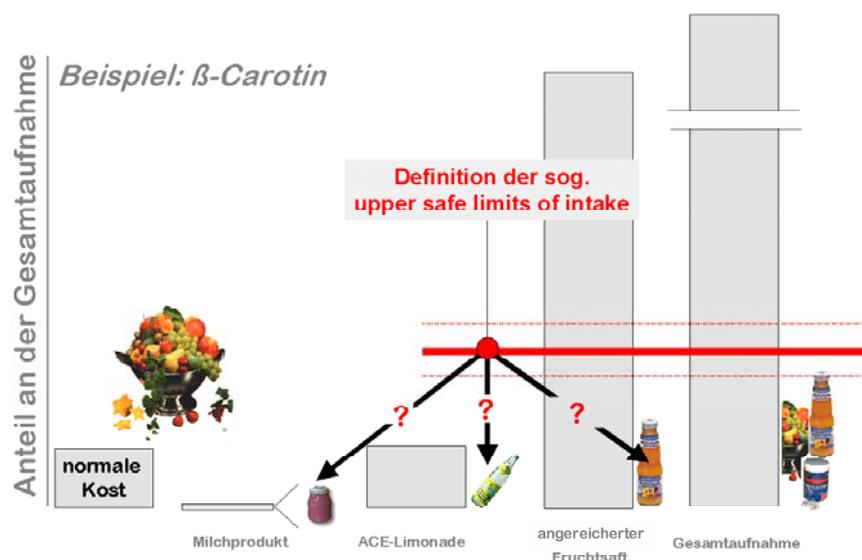


Abb. 25: Risiken der Unter- und Überversorgung mit isolierten sekundären Pflanzenstoffen, (Daniel, 2003)

Bei Untersuchungen, die im Vorfeld der Einführung von angereicherten Lebensmitteln durchgeführt wurden, zeigten sich für die Ernährung u.a. folgende wichtigen Ergebnisse. Für Stoffe wie β -Carotin gibt es Maxima für die tägliche Aufnahme, die noch förderlich für die Gesundheit sind. Eine höhere Aufnahmedosis, wie sie z.B. durch den Verzehr von verschiedenen angereicherten Lebensmitteln entsteht, kann sogar zu einem Gesundheitsrisiko führen (Abb. 25).

Auf der anderen Seite werden Vitamine und andere sekundäre Inhaltsstoffe, wenn sie in der natürlichen Zusammensetzung und in der Komplexität, wie sie im originären pflanzlichen Produkte vorhanden sind, verzehrt werden, wesentlich besser resorbiert und im Stoffwechsel verwertet (Thiel, 2000).

Für die Qualitätsbewertung lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass natürliche hohe Gehalte an sekundären Inhaltsstoffen als günstig zu beurteilen sind. In vielen Fällen könnten Wildfrüchte einen Vergleichswert liefern, der maximal erreichbar ist, auch wenn es im Einzelfall Zuchtsorten geben mag, die für einige Stoffe höhere Werte erreichen. Wenn mit dem ökologischen Anbau inhaltsstoffreichere Nahrungsmittel erzeugt werden können, erübrigt sich eine Diskussion über Ergänzungsstoffe und über Risiken, die damit verbunden sein können, wenn jeder Lebensmittelproduzent sie in seinen Produkten einsetzt.

Eine Fütterung der Tiere mit frischem und gut gereiftem Futter führt auch im tierischen Stoffwechsel zu Veränderung und damit zu Veränderungen im tierischen Produkt. Insbesondere JAHREIS (1997) hat aufgezeigt, wie sich die Fettsäurezusammensetzung der Milch von Kühen verändert, wenn sie statt Mais- und Grassilage viel frisches Gras zu fressen bekommen. Der höhere Gehalt an konjugierten Linolsäuren (CLA) im Milchfett bei ökologischer Fütterung (Tab. 13) ist auf die Zusammensetzung des Futters (Futterkomponenten) und auf die Qualität (Inhaltsstoffe) zurückzuführen.

Für die menschliche Ernährung werden die konjugierten Linolsäuren günstiger bewertet, ihnen wird insbesondere eine antikanzerogene Wirkung zugeschrieben.

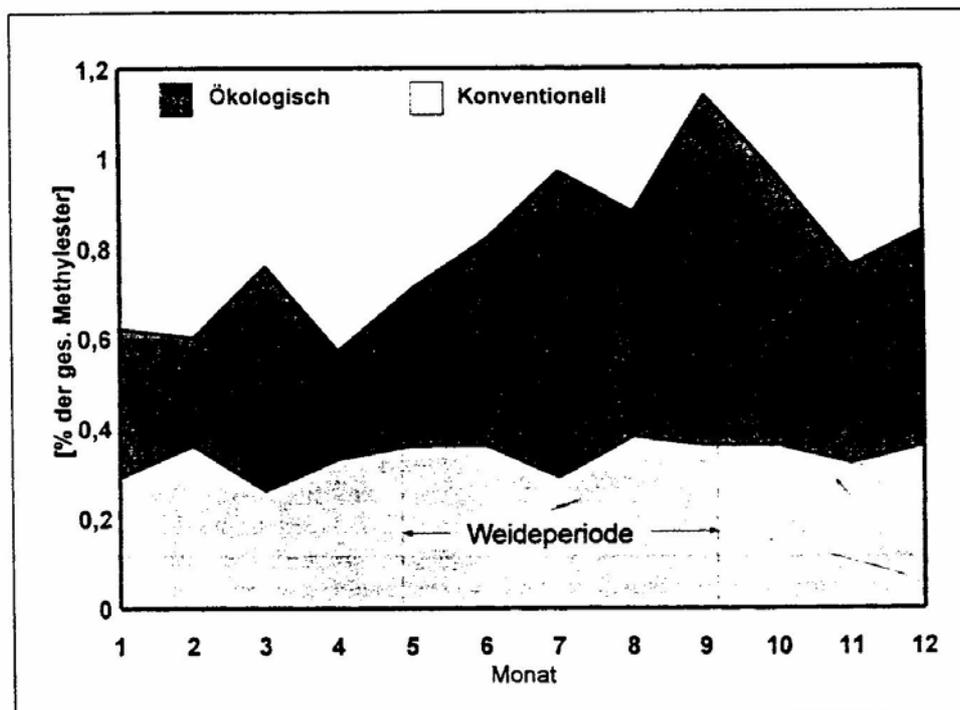


Abb. 26: Gehalt an Konjugierten Linolsäuren im Fett von Kuhmilch im Laufe des Jahres und bei unterschiedlicher Fütterung (JAHREIS 1997)

5.4 Nahrungsmittel übertragen Strukturen und schaffen Ordnung

Leben stellt sich in den vielfältigsten Formen und Strukturen dar. Das Beispiel in Abb. 23 zeigt, wie sich mit dem Wachstum der Pflanze auch die äußeren Formen verändern und wie für jede Entwicklungsphase eine Form typisch ist. Innerhalb der Pflanze und den Pflanzenzellen gibt es eine Vielzahl von Strukturen, die notwendig sind, damit sie funktionsfähig ist. Zusammenbruch von Strukturen wie z.B. des Plasmalemmas führt zum Zelltod. Diese Aussagen gelten in entsprechender Weise auch für den tierischen und menschlichen Organismus.

Nach den Thesen von SCHRÖDINGER (2003) schöpfen Pflanzen ihre „Ordnungsstruktur“ aus dem Sonnenlicht und setzen sie in Strukturen von Stoffen um. Mensch und Tier nehmen „Ordnung“ mit der Nahrung auf und halten damit ihren eigenen Ordnungszustand aufrecht. Soll auf dieser Basis eine Qualitätsbeurteilung der Nahrungsmittel erfolgen, so müssen angepasste Methoden genutzt werden.

Nach Ansicht des Autors wären die sogenannten bildschaffenden Methoden wie Kupferchlorid-Kristallisation, Steigbild und Rundbildchromatogramm geeignet, eine die ordnungsbildende Kraft von Nahrungsmitteln sichtbar zu machen und zu bewerten. In der Literatur werden die Bildformen u.a. als Ausdruck einer Vitalaktivität oder Vitalqualität interpretiert, die sich mit Laufe des Entstehungsprozesses eines Nahrungsmittels entwickelt (KÖPKE, 1997).

Bei diesen Methoden ist es ebenfalls notwendig, einen Bewertungsmaßstab zu erarbeiten. Am Beispiel der Bilder zum Reifeprozess der Tomaten wird deutlich, wie nach und nach eine intensivere Differenzierung im Übergangsbereich vom dunklen Sockel zum darüber liegenden Bereich stattfindet, man spricht von einer Ausdifferenzierung, Schalenformen und Fahnen (HIRSCHBERGER, 2004). Erst aus dem Erfahrungsfeld einer Vielzahl sol-

cher Bilder ist es möglich, bestimmte Formen Pflanzen und Entwicklungsprozessen zuzuordnen. Die besondere Schwierigkeit der Bewertung im Vergleich zu Messwerten besteht darin, dass es sich um ein komplexes Bild handelt und im urteilenden Betrachter einen umfassenderen Eindruck hinterlässt als eine einfache Zahl.

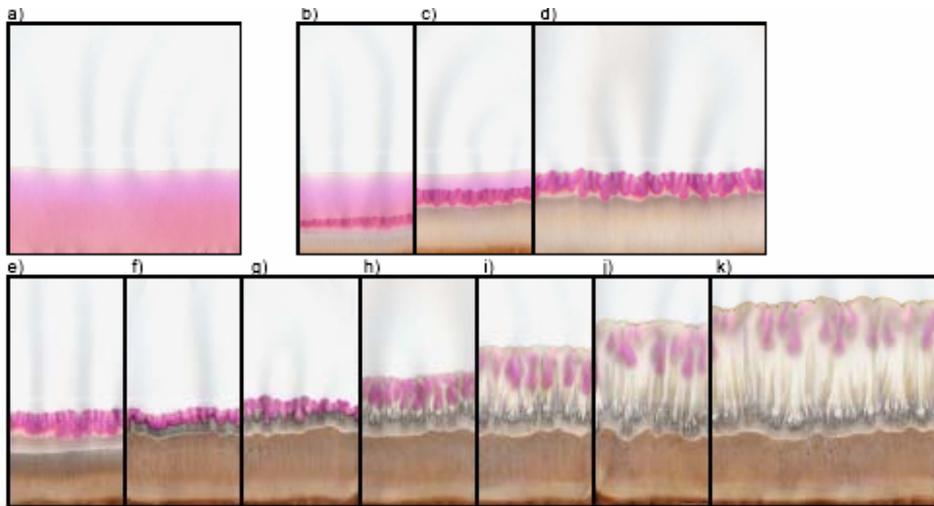


Abb. 27: Steigbildphasen von Rote Bete; Saft – mit Silbernitrat – mit Eisen(II)sulfat (HIRSCHBERGER, 2004)

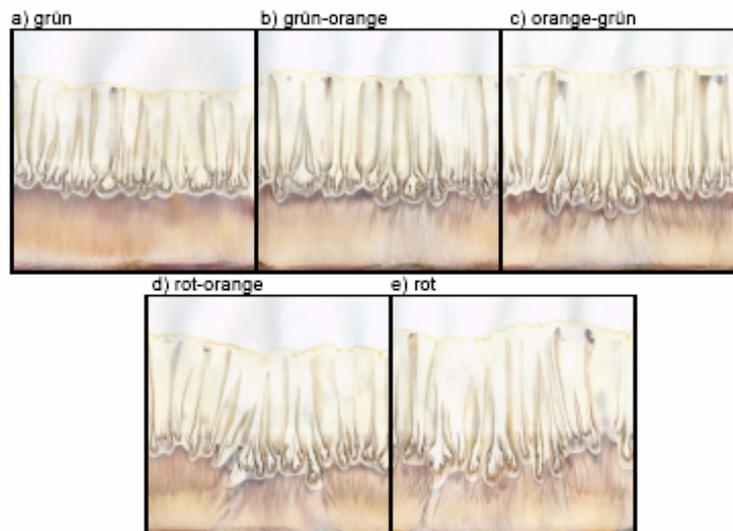


Abb. 28: Differenzierung des Steigbildes von Tomaten im Laufe des Reifeprozesses (HIRSCHBERGER, 2004)



Abb. 29: Vergleich eines samenfesten Kohls mit einer Hybrid Sorte (Irion, 2000)

Ein Vergleich von Kohlsorten (samenfeste Sorten – Hybridsorten) zeigt eine unterschiedliche Strukturierung in den Bildern je nach Sortentyp (Irion, 2000). Das Kristallbild der samenfesten Sorten geht von einem Zentrum aus und ist durchgeförmigt bis zum Rand mit gleichmäßiger Aufgliederung bis zum Rand. Bei den Hybriden ist keine so klare Zentrenbildung zu beobachten. Die Steigbilder der Hybriden sind eher vom Typ „junge, noch nicht stark differenzierte Blätter“, bei den samenfesten Sorten gehen die Strukturen schon in Richtung Fruchtbildung, d.h. einer stärkeren Reife und weitergehenden Differenzierung.

Die derzeitige Interpretation solcher Bilder orientiert sich zunächst an typischen Ausprägungen für die verschiedensten Pflanzen und pflanzlichen Produkte. Gute Qualität in diesem Sinne wäre dann eine gute typische Ausprägung und eine intensive, harmonische Strukturierung des untersuchten Materials. Engere Zusammenhängen zur menschlichen Gesundheit und dem Wohlbefinden müssen noch erarbeitet werden.

5.5 Nahrungsmittel schaffen die Grundlage für Seelenleben und Individualität

Geht man von der These aus, dass Ernährung noch über die Funktionen von Stoff- und Ordnungsübertragung hinausreicht, dann ist es ebenfalls dafür notwendig, ein angepasstes methodisches Instrumentarium zu entwickeln, um damit zu Kriterien zu kommen. Da sich Ernährung in diesem Sinne auf den Menschen als Ganzes bezieht, können nur Beobachtungen am Menschen zu einer Urteilsbildung führen, wobei nicht so sehr die physiologischen Parameter im Vordergrund stehen, sondern eher das Verhalten, die Empfindungen oder die geistige Leistungsfähigkeit.

Ein möglicher methodischer Ansatz wäre, eine solche Untersuchung wie eine homöopathische Arzneimittelprüfung aufzubauen, bei der nach Einnahme der Arznei ein sehr genaues Protokoll über physische und psychische Veränderung geführt wird, nur dass hier

die Arznei durch eine völlige Umstellung der Ernährung auf Bio-Produkte ersetzt würde. Da in einem solchen Fall der Proband weiß, welches Essen er zu sich nimmt, könnte ein Placebo-Effekt nicht ausgeschlossen werden.

Deshalb wäre ein anderer Ansatz, mit einer geschlossenen Gruppe von Menschen zu arbeiten, die von einer Gemeinschaftsküche versorgt werden und die keine Kenntnis über die Herkunft der Zutaten des Essens haben. Veränderungen im Verhalten und Befinden wären dann kaum vom Wissen über Nahrungsmittel beeinflusst und können eher als „objektiv“ betrachtet werden.

Die von HUBER und FUCHS (2003) veröffentlichte sogenannte „Klosterstudie“ mit Nahrungsmitteln aus biologisch-dynamischer Herkunft über einen Zeitraum von 4 Wochen hatte den Charakter einer Pilotstudie in diesem Sinne, konnte aber die Forderung nach einer verdeckten Ausgabe der ökologischen Produkte nicht realisieren. Trotzdem kann sie dazu dienen, Anregungen für den Aufbau zukünftiger Studien zu geben.

5.6 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgangspunkt für die Beurteilung von Qualität von Nahrungsmitteln ist die begriffliche Klarheit von dem, was Qualität bedeutet und welche Funktion Nahrungsmittel haben. Auf dieser Basis können verschiedene Methoden zur Beschreibung der Qualität entwickelt werden. An verschiedenen Beispielen wie Eiweiß-, Vitamin- und Mineralstoffgehalt wird aufgezeigt, welche Veränderungen durch den ökologischen Anbau im Vergleich zum konventionellen entstehen. Dabei wird deutlich gemacht, dass kritische Werte, die für die Beurteilung der Qualität benötigt werden, sich letztlich wieder auf sinnliche Wahrnehmung durch den Menschen zurückführen lassen.

Der Autor geht davon aus, dass die alleinige stoffliche Betrachtung der Ernährung hin zu einer umfassenden Wirkung der Nahrungsmittel auf den ganzen Menschen erweitert werden sollte. Damit erlangt der Mensch als „Messfühler“ wieder eine größere Bedeutung. Deshalb wird es notwendig sein, sich vermehrt in Beobachtung und Wahrnehmung der Qualität von Nahrungsmitteln zu schulen. Ansätze dazu sind Übungen zur Beurteilung des Aussehens, der Form und Farbe von Produkten und zur Sensorik, am besten kombiniert mit physiologischen Entwicklungsreihen der Produkte.

5.7 Literatur:

DANIEL, H. (2001): Funktionelle Lebensmittel – Chance oder Risiko für die Gesundheit. – Vortrag auf den 1. Freisinger Gesundheitstagen.

GOERTZ, B. (2005): Der aktuelle Stand der Qualitätsforschung im Bereich der sekundären Pflanzenstoffe in landwirtschaftlichen Erzeugnissen - Ein Vergleich zwischen konventioneller und biologischer Erzeugung. – Bachelor-Arbeit TUM-Weihenstephan.

HIRSCHBERGER, S. (2004): Grundlagen zur Steigbildmethode für die Erfassung von Merkmalen der Qualität und Ökophysiologie von Gemüse. – Dipl.arbeit LS Gemüsebau, TUM Weihenstephan.

HUBER, K. UND N. FUCHS (2003): Wie wirkt die Erzeugungsqualität von Lebensmitteln? – Leb. Erde 4/2003, 42-47.

IRION, R. (2000): Untersuchung der Vitalqualität von Weißkohlsorten. – Interner Forschungsbericht.

JAHREIS, G. (1997): Krebshemmende Fettsäuren in Milch und Rindfleisch. – Ernährungs-Umschau, 44, 168-172.

KOBÁK-LARSEN, M., L. P. CHRISTENSEN, W. VACH, J. RITSKES-HOITINGA AND K. BRANDT (2005): Inhibitory Effects of Feeding with Carrots or (-)-Falcarinol on Development of Azoxymethane-Induced Preneoplastic Lesions in the Rat Colon. – J. Agric. Food Chem., 53, 1828-1832.

LOUIS BOLK INSTITUUT (o.J.): Research on Inner Quality, a food quality concept for organic nutrition. – Präsentation

REN, H., H. ENDO, T. HAYASHI (2001): The superiority of organically cultivated vegetables to general ones regarding antimutagenic activities. – Mutation Res., 496, 83-88.

THIEL, R.J. (2000): Natural vitamins may be superior to synthetic ones. – Medical Hypotheses, 55, 461-469.

WORTHINGTON, V. (2001): Nutrition quality of organic versus conventional fruits, vegetables and grains. – J. Altern. Complem. Medicine, 7, 161-173.

Adresse:

Dr. Hans Jürgen Reents
Lehrstuhl für Ökologischen Landbau
Alte Akademie 16
85350 Freising
reents@wzw.tum.de

6 Qualitätsmanagement am Beispiel von Frischgemüse

J. Plagge und O. Ruhtenberg, Bioland Erzeugerring Bayern e.V.

Qualitätsmanagement ist ein umfangreiches Thema, das sowohl die Lebensmittelqualität (Produktqualität) beinhaltet, als auch die Lebensmittelsicherheit im Hinblick auf den Verbraucherschutz (Prozessqualität). Beide Bereiche werden zur Zeit im Rahmen des Projekts *„Einführung von QM-Systemen zur Sicherstellung von Rückverfolgbarkeit und erlebter Frischequalität in regionalen Ökogemüse-Ketten im LEH und NEH“* vom Bioland Erzeugerring Bayern e.V. in Zusammenarbeit mit dem ATB Potsdam, Erzeugern und Abnehmern (tegut, Ökoring) bearbeitet.

Die Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit haben mit dem in Kraft treten der EU-Verordnung EG (Nr.) 178/2002 ein neues Gesicht bekommen. Durch die geforderte Einführung stufenübergreifender Rückverfolgbarkeitssysteme werden Lebensmittelchargen identifizierbar. So soll gewährleistet sein, dass in jedem Moment herausgefunden werden kann, woher ein Lebensmittel kommt, wohin es geht und wo sich weitere Lebensmittel aus der gleichen Charge befinden. Wenn dies bekannt ist, lassen sich im Ernstfall die schadhaften Lebensmittel schnell und zuverlässig aus dem Verkehr ziehen. Dadurch sollen Auswirkungen von Lebensmittelskandalen in Zukunft möglichst gering gehalten, sowie das Risiko eines Image-Schadens für eine Produktart oder eine ganze Lebensmittelbranche auf ein Minimum reduziert werden.

Die konventionelle Lebensmittelwirtschaft reagierte zur Erhöhung der Lebensmittelsicherheit mit Qualitätsstandards wie EurepGap, IFS und QS. Anhand von Zertifizierungen der Erzeuger, Lieferanten und Händler nach diesen Standards sollen risikobehaftete Schwachstellen aufgedeckt und beseitigt werden. Die Zertifizierungskriterien betreffen u.a. die Bereiche Dokumentation von Kulturmaßnahmen, Einhaltung von Hygieneanforderungen bei der Ernte und Aufbereitung sowie Risikoanalysen des Produktionsprozesses. Bio-Erzeuger werden neben dem EU- und Verbandsstandard zunehmend auch mit den Anforderungen dieser Systeme konfrontiert. Um den Dokumentations- und Zertifizierungsaufwand möglichst gering zu halten, werden von Seiten der Öko-Kontrollstelle ABCert vermehrt Mehrfachzertifizierungen angeboten (EurepGap u.a.). Die Bioland Beratung hat einen Betriebscheck und eine Dokumentationshilfe („Mein BioHof“) erarbeitet, der für den eigenen Betrieb einen übersichtlichen Fahrplan durch den „Auflagenschunzel“ der Rechtsvorschriften und QS-Systeme bieten soll.

Neben den Qualitätsstandards für die Prozessqualität stellen die Abnehmer von Frischgemüse immer höhere Ansprüche an die Produktqualität der Lebensmittel. Grundsätzlich muss Gemüse den Handelsklassennormen entsprechen. Darüber hinaus werden bei der Wareneingangskontrolle je nach Handelshaus eigene Maßstäbe angesetzt. Befragungen wichtiger Abnehmer von Öko-Produkten ergaben für das Beispiel von Frischmöhren Folgendes: Die Handelsklassen spielen nach wie vor die Hauptrolle, müssen klar ausgewiesen sein und werden von HKL-Prüfern kontrolliert. Sie weisen an sich einen Interpretationsspielraum auf, der aber zunehmend enger ausgelegt wird. Bei Eigenmarkenprodukten werden ggf. weitere Boniturstufen und Produktspezifikationen angesetzt, die nicht weiter bekannt gegeben werden. Darüber hinaus wird auf die Haltbarkeit ein großes Augenmerk gelegt. Um sie zu verbessern, werden mit den Erzeugern Anbauempfehlungen erarbeitet, die im letzten Jahr zu einer wesentlich besseren Haltbarkeit führten.

Reklamationen gründen sich in den häufigsten Fällen auf Probleme mit den Handelsklassennormen. Darunter zählen bei Möhren vor allem Grünköpfe, Bruchmöhren und zu große oder zu kleine Möhren. Ebenso können holzige Möhren, Bitterkeit oder das Vorhandensein einer Silberhaut zur Herabstufung der Qualität führen.¹

Wenn es darum geht, bestimmten Qualitätsansprüchen zu genügen, ist es von Bedeutung, die üblicherweise angewendeten Boniturmethode bei der Wareneingangskontrolle zu kennen. Standard ist grundsätzlich die visuelle Prüfung zur Bewertung der Handelsklassennormen. Hinzu kommen analytische Prüfungen (Pflanzenschutzmittelrückstände) sowie sensorische Tests in unterschiedlichem Umfang. Die Festigkeit wird auf verschiedene Arten überprüft, da sie ein wichtiges Merkmal für die Frische und Haltbarkeit der Möhren (bzw. des Frischgemüses) ist.¹

Zur Klärung der Ursachen für eine schlechte Haltbarkeit von Frischgemüse werden im Rahmen des Projekts verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Diese umfassen vor allem Temperatur- und Luftfeuchtemessungen entlang der gesamten Handelskette. Es wurden vier Abschnitte unterteilt: Aufenthalt beim Erzeuger (1), Transport zum Großhandel (2), Aufenthalt beim Großhandel (3) und Wareneingang beim Einzelhandel (4): a) bis Regalbestückung, b) bis Abverkauf. Für Möhren konnte im ersten Jahr der Untersuchungen festgehalten werden, dass der Wasserverlust (in mg / h) während des Abschnitts 2, gefolgt von Abschnitt 3 besonders groß ist. Die thermische Belastung (in Kh) dagegen ist in den Abschnitten 4 a) und b) extrem hoch, aber auch im Abschnitt 1 kann Verderb infolge hoher thermischer Belastung auftreten. Weitere Untersuchungen laufen hierzu im Jahr 2005¹.

Sind die Qualitätsmängel und die qualitätsmindernden Phasen bekannt, ist der nächste Schritt für alle Beteiligten, die Einflussfaktoren in der Produktions- und Handelskette zu beseitigen, die zu den Mängeln führen. Dies kann anhand eines kettenübergreifenden Qualitätsmanagement-Programms erfolgen. Das umfasst beispielsweise die Definition von Qualitätszielen, sowie umfangreiche Risikoanalysen der betrieblichen Produktionsabläufe, bis hin zu langfristigen Betriebsentwicklungsplänen.

Am Beispiel Möhren lässt sich darstellen², welche Faktoren in der Produktion die Qualität maßgeblich beeinflussen. Im Wesentlichen sind dies die Grundbedingungen *Standortwahl* (hinsichtlich Bodenart, pH-Wert, durchschnittlicher Niederschlagsmenge und Temperatur), *Fruchtfolgegestaltung* (Anbaupausen, Vorfrüchte, Düngermengen zur/durch Vorfrucht), *Sortenwahl* und die *Wasserversorgung* während der Kultur (Bodenfeuchte $\geq 75\%$ nutzbarer Feldkapazität von Aussaat bis ca. Mitte September).

Zusammenfassend bietet das Qualitätsmanagement ein großes Potential, die Qualität von regional erzeugtem Frischgemüse kettenübergreifend zu verbessern. Einerseits durch den Ausschluss von Risiken und Gefahren während der Produktentstehung und der nachfolgenden Lagerung, andererseits aber auch durch die Optimierung von Produktionsfaktoren während des Anbaus und der Klimabedingungen entlang der Handelskette.

¹ Bioland Erzeugerring Bayern e.V., Zwischenbericht 2004 Projekt 03OE256. Dieses Projekt wird im Rahmen des Bundesprogrammes Ökologischer Landbau vom BMVEL gefördert.

² Ruhtenberg O., 2004: Dokumentationssysteme zur Qualitätssicherung, Rückverfolgbarkeit und Zertifizierung am Beispiel der Prozesskette von Bio-Möhren, Diplomarbeit, TUM-Weihenstephan, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau

Adressen:

Dipl. Ing. agr. Jan Plagge
Bioland Erzeugerring Bayern
Auf dem Kreuz 58
86152 Augsburg
jplagge@bioland-beratung.de

Olivia Ruthenberg
Bioland Erzeugerring Bayern
Auf dem Kreuz 58
86152 Augsburg

7 Humusmanagement im ökologischen Betrieb

K.-J. Hülsbergen, B. Küstermann & H. Schmid, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau

7.1 Einleitung

Im ökologischen Landbau erfährt der Humus³ eine große Wertschätzung als Grundlage der Bodenfruchtbarkeit und der Ertragsbildung. So schreiben KOEPF et al. (1980): *„Der fortgesetzte Umsatz der organischen Substanz ist die Quelle der Bodenfruchtbarkeit. Es ist das Ziel, den Humusgehalt über einen bestimmten Sollwert anzuheben. Oberhalb desselben kommen unharmonische Pflanzenernährung, Mangelercheinungen, mangelnde Strukturbildung kaum vor, die Pflanze bleibt gesund.“*

Auch in den Richtlinien der Verbände gibt es Regelungen zur Humuswirtschaft, z. B.:

- „Wirtschaftsdünger müssen so aufbereitet und ausgebracht werden, dass das Bodenleben gefördert und der Humusgehalt erhalten bzw. erhöht wird“ (Bioland 2004).
- „Die Humusbilanz muss im Rahmen einer vielseitigen Fruchtfolge mindestens ausgeglichen gestaltet sein“ (Naturland 2004).

Die rasante Entwicklung des ökologischen Landbaus in den letzten Jahren war teilweise mit Veränderungen der Struktur der Betriebe (Spezialisierung, viehlose Wirtschaftsweise, Getreide betonte Fruchtfolgen), der Düngung (Güllewirtschaft, Strohdüngung) und der Bewirtschaftungsintensität verbunden. Somit steht die Frage, wie die Humussituation dieser Betriebssysteme einzuschätzen ist, ob Überschuss- oder Mangelsituationen auftreten. Auch die energetische Nutzung pflanzlicher Biomassen (z.B. Feststoffvergärung) muss unter dem Aspekt der Humusversorgung bewertet werden.

Jeder Landwirt sollte in der Lage sein, die Humusversorgung seiner Böden mit praktikablen Methoden einzuschätzen. Dies ist eine Voraussetzung, um durch ein betriebliches „Humusmanagement“ reagieren und gezielt Einfluss auf die Humusgehalte nehmen zu können.

Seit Jahrzehnten arbeiten Wissenschaftler an Instrumenten zur Einschätzung der Humusversorgung ackerbaulich genutzter Böden. Es wurden verschiedene methodische Ansätze entwickelt, z.B. Methoden der Humusbilanzierung und der C/N-Simulation. Darüber hinaus sind standortbezogene Richtwerte der organischen Bodensubstanz (OBS) abgeleitet worden.

Mit den Cross Compliance Regelungen (DirektZahlVerpflV 2004) werden künftig Anforderungen an die Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand formuliert, die auch den Erhalt der organischen Substanzen im Boden einschließen. In bestimmten Fällen (weniger als 3 Fruchtarten mit jeweils > 15 % der betrieblichen Ackerfläche, d.h. für den ökologischen Landbau praktisch nicht zutreffend) sind Humusbilanzen zu berechnen oder Humusgehalte zu bestimmen. In diesem Zusammenhang werden eine Methode der Humusbilanzierung und Grenzwerte für die Humusbilanz vorgegeben, deren Kennzahlen regional anzupassen sind. Damit rückt die

³ Unter dem Begriff Humus wird nachfolgend die Gesamtheit der abgestorbenen organischen Substanz des Bodens verstanden, die ständigen Ab-, Um- und Aufbauprozessen unterliegt.

Humusbilanz auch in der konventionellen Landwirtschaft wieder stärker in den Blickpunkt. Hingegen ist fraglich, ob diese Methode unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus anwendbar ist.

Im folgenden Beitrag werden:

- ausgehend von den ackerbaulichen und ökologischen Funktionen des Humus die Notwendigkeit eines Humusmanagements im ökologischen Landbau begründet,
- beispielhaft die C_T -, N_T -Dynamik in Dauerfeldversuchen beschrieben, die als Grundlage zur Ableitung und Validierung von Humusbilanzmethoden dienen,
- das Prinzip der Humusbilanzierung erläutert,
- verschiedene Humusbilanzmethoden bezüglich ihrer Eignung für den ökologischen Landbau eingeschätzt,
- Schlussfolgerungen zum weiteren Forschungsbedarf gezogen.

7.2 Ackerbauliche und ökologische Funktionen des Humus

Die Belebung des Bodens sowie die Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit sind Grundanliegen des ökologischen Landbaus. Die Bedeutung des Humus liegt in der Verbesserung nahezu aller Bodeneigenschaften. Eine ausreichende Humusversorgung ackerbaulich genutzter Böden dient der nachhaltigen Sicherung ihrer Produktivität.

Humus übt zudem ökologische Funktionen aus (vgl. Sauerbeck 1992):

- als Speicher und Transformator von Nährstoffen, insbesondere von Stickstoff, Schwefel und Phosphor: Nährstoffnachlieferung und Verbesserung der Nährstoffausnutzung, wichtiger N-Pool im Stickstoffkreislauf mit 95 bis 98 % des Gesamt-N des Bodens,
- als Filter und Puffer: Immobilisierung und Entgiftung toxischer Substanzen,
- als CO_2 -Senke: C-Speicherung und Beeinflussung des CO_2 -Haushaltes der Atmosphäre,
- durch die Förderung der bodenbiologischen Aktivität: erhöhter mikrobieller Umsatz und Besiedlung durch die Bodenfauna bei guter Humusversorgung, damit verbundene phytosanitäre Wirkungen,
- beim Aufbau eines günstigen Bodengefüges: erhöhte Aggregatstabilität, gute Bodendurchlüftung, verbesserte Wasserspeicherung und Durchwurzelbarkeit; verminderte Bodenerosion durch geringere Verschlammungsneigung, höhere Infiltrationsrate und geringeren Oberflächenabfluss. Die Gefahr der Bodenschadverdichtung kann bei optimaler Humusversorgung vermindert werden.

Dauerfeldversuche sind geeignet, die Zusammenhänge zwischen langjähriger Bewirtschaftung, Humushaushalt, Bodenparametern und der Ertragsbildung zu analysieren.

Beispielhaft werden Ergebnisse aus Langzeit-Feldexperimenten auf einem Lößstandort in Mitteldeutschland vorgestellt (Abb. 30, Abb. 32, und Abb. 33 sowie Tab. 15). Der Versuchsstandort Seehausen bei Leipzig ist als Sandlöß-Tieflehm-Staugley eingestuft; der Jahresniederschlag beträgt 550 mm a^{-1} , die Jahresdurchschnittstemperatur $9,3^\circ\text{C}$ (Hülsbergen 2003).

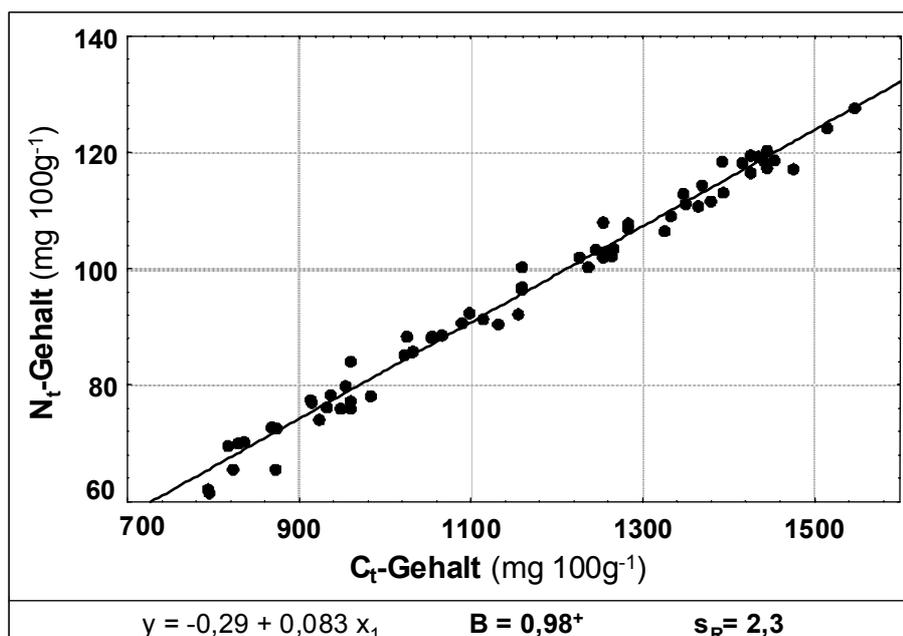


Abb. 30: Beziehung zwischen C_t - und N_t -Gehalt, Dauerdüngungsversuch Seehausen

Tab. 15: Beziehungen zwischen C_t -Gehalten und Bodeneigenschaften, Korrelationskoeffizienten r ($n = 64$), Dauerdüngungsversuch Seehausen (Hülsbergen 2003)

	Bodenchemische Parameter					
	C_{hwl}	N_t	N_{hwl}	NO_3-N	NH_4-N	N_{min}
C_t	0,93	0,98	0,91	0,72	n.s.	0,68
	Bodenbiologische Parameter			Bodenphysikalische Parameter		
	C_{mik}	Katalase-aktivität	Regenwurm-abundanz	Trockenroh-dichte	Poren-volumen	Grobporen-volumen
C_t	0,66	0,83	0,37	-0,50	0,50	0,36

Im Düngungsversuch Seehausen haben sich nach mehr als 30 Jahren differenzierter ackerbaulicher Nutzung sehr unterschiedliche C_t -Gehalte eingestellt. Variiert wurde u.a. die organische Düngung (ungedüngt bis zu maximalen Stallmistgaben in Höhe von $150 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$).

Zu Versuchsbeginn im Jahre 1967 betrug die C_t -Gehalte der Versuchsfläche etwa $1000 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ Boden, die N_t -Gehalte ca. $95 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ Boden. Die C_t -Gehalte korrelieren sehr eng mit den N_t -Gehalten im Ap-Horizont. Das C:N-Verhältnis ist ca. $11,5 : 1$, nahezu einheitlich in allen Varianten, d.h. unabhängig von der differenzierten Düngung.

Auf den Parzellen mit hohen C_T - und Humusgehalten ist die bodenbiologische Aktivität erhöht (Tab. 15) die mikrobielle Biomasse (C_{mik}), die Enzymaktivität (z.B. Katalaseaktivität) sowie die Abundanz und Biomasse der Regenwürmer korrelieren mit den C_T -gehalten. Besonders enge Korrelationen bestehen zwischen C_T -gehalten und bodenchemischen Parametern (z.B. C_{hwl} = heißwasserlöslicher Kohlenstoff; diese C-Fraktion wird näherungsweise als umsetzbarer C angesehen). Auch die bodenphysikalischen Parameter wurden durch hohe organische Düngung und hohe Humusgehalte positiv beeinflusst. Beispielhaft sind in Tab. 15 die Trockenrohdichte und die Porenvolumen angeführt.

7.3 Analyse der Humusversorgung unter praktischen Bedingungen

Um zu beurteilen, ob eine Bewirtschaftung Humus anreichernd oder mindernd wirkt, bedarf es zumeist eines langen Messzeitraumes, der standortabhängig deutlich mehr als 10 Jahre in Anspruch nehmen kann. Erschwerend sind zusätzlich die jahreszeitlichen Schwankungen und die großen räumlichen Unterschiede der Bodenumumgehalte, auch auf einheitlich genutzten Flächen. Als Beispiel wird in Abb. 31 die räumliche Verteilung der C_T -Gehalte auf einer 7,9 ha großen Ackerfläche dargestellt, die seit Jahrzehnten einheitlich bewirtschaftet wird. Es ist schwierig, einen so inhomogenen Schlag repräsentativ zu beproben und hinsichtlich seines Humusgehaltes zu charakterisieren. Nur wenige Meter entfernte Areale können sich deutlich im C_T -Gehalt unterscheiden.

Bewirtschaftungsbedingte Veränderungen der C_T -Gehalte wären somit nur nachweisbar, wenn die Probenahme exakt an den gleichen Messpunkten erfolgen würde; hierzu wäre u.U. eine Unterteilung in Teilflächen notwendig.

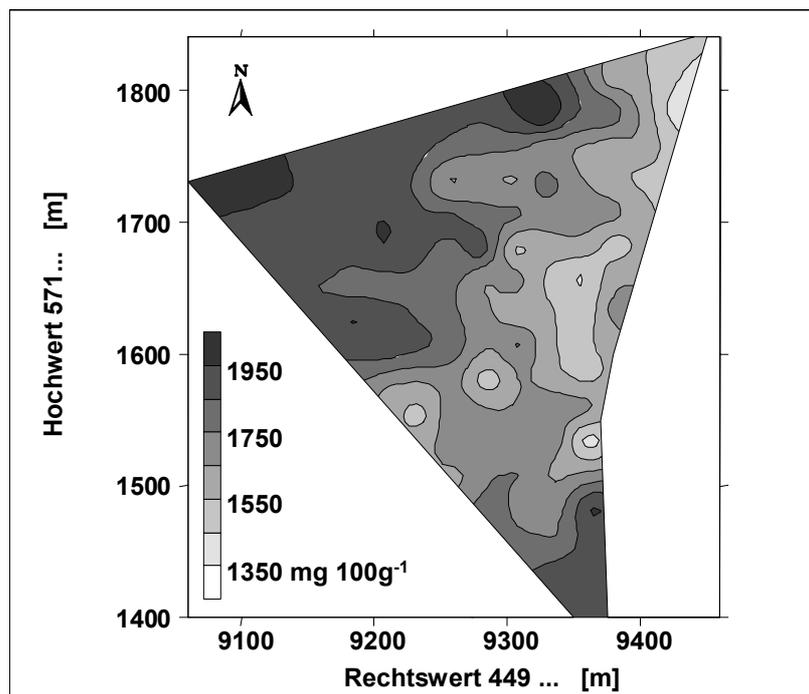


Abb. 31. Räumliche Variabilität der C_T -Gehalte auf einem Praxis Schlag (Hülsbergen & Diepenbrock 2000)

Auf Ackerschlägen bestimmte Humusgehalte sind aber auch deshalb schwierig zu beurteilen, weil bisher – trotz intensiver Forschung – geeignete, allgemein anerkannte Grenzwerte fehlen. Bisher veröffentlichte Kennzahlen (Tab. 16) berücksichtigen lediglich den Fein-

anteil (Ton- und Feinschluff) als Einflussfaktor auf den inerten Kohlenstoff der organischen Bodensubstanz. Die Werte wurden für Löß- und Diluvialstandorte in Nordostdeutschland abgeleitet und müssten für eine Anwendung in Bayern regional den Boden- und Klimaverhältnissen angepasst werden. Aber selbst wenn dies gelänge, bliebe doch das Problem der räumlichen und zeitlichen Variabilität und der langen Untersuchungszeiträume bis zum sicheren Nachweis von Humusgehaltsveränderungen.

Tab. 16. Anzustrebende C_t - und OBS-Gehalte (nach Körschens 1984)

Bodenart	Feinanteil (M %)	C_t	OBS
Sand	≤ 7	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$
Lehmiger Sand	8 – 15	0,6 – 0,9	1,1 – 1,5
Sandiger Lehm	16 – 25	0,9 – 1,3	1,6 – 2,3
Lehm	26 – 28	1,3 – 1,8	2,3 – 3,2
Ton	≥ 39	$\geq 1,9$	$\geq 3,2$

Feinanteil = Ton + Feinschluff

In den Cross Compliance Regelungen ist der in Tab. 16 dargestellte Zusammenhang zwischen Textur und C-Gehalt nochmals drastisch vereinfacht, d.h. es gibt nur 2 Grenzwerte der OBS:

Ton < 13 %: Humusgehalt > 1,0 %

Ton > 13 %: Humusgehalt > 1,5 %.

Es ist äußerst fraglich, ob auf dieser Grundlage Bewertungen vorgenommen werden können.

Die analytische Erfassung von kurzfristigen, aber im Vergleich zur Gesamtmenge nur relativ geringen Veränderungen der Humusvorräte zwecks Ableitung von Bewirtschaftungsempfehlungen ist kaum praktikabel. Um die aufgeführten methodischen Schwierigkeiten zu umgehen, wurde die Humusbilanzierung als Instrument zur indirekten Einschätzung des Humushaushaltes ackerbaulich genutzter Böden entwickelt. Mit Humusbilanzen sind quantitative Aussagen zur Humusersatzwirtschaft realer oder geplanter Bewirtschaftungssysteme möglich. Das rein rechnerische, auf langjährigen Versuchsergebnissen und den Bewirtschaftungsdaten der Betriebe basierende Bilanzierungsverfahren liefert auf einfache Weise Informationen für eine aus Sicht der Bodenfruchtbarkeit und des Umweltschutzes anzustrebende Versorgung der Ackerböden mit organischer Masse. Alternativ zur Humusbilanz wären Simulationsmodelle nutzbar, mit denen die Humus-Dynamik detailliert und in hoher zeitlicher Auflösung zu beschreiben ist. Sie werden bisher vorrangig im wissenschaftlichen Bereich eingesetzt, da die erforderlichen Boden- und Witterungsdaten nur in Ausnahmefällen zur Verfügung stehen. Die Modellierung setzt meist Spezialkenntnisse voraus.

7.4 Dauerfeldversuche als Grundlagen der Humusbilanzierung

Die Parameter der Humusbilanzierung (Tab. 18 und Tab. 19) wurden aus langjährigen Fruchtfolge-Düngungsversuchen anhand der Kohlenstoff- und Stickstoffdynamik im Boden abgeleitet.

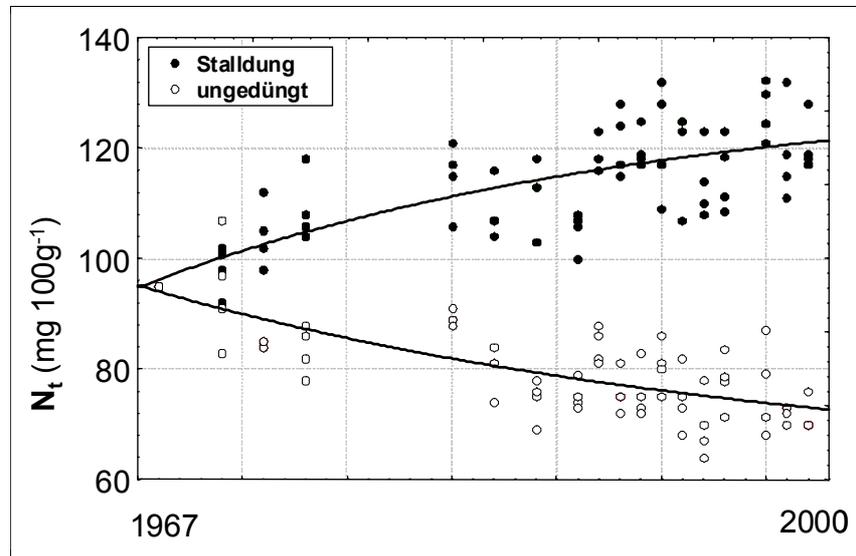


Abb. 32. Entwicklung der N_t -Gehalte im Dauerdüngungsversuch Seehausen

Abb. 32 zeigt die langjährige Entwicklung der N_t -Gehalte bei unterschiedlicher Düngung im Dauerdüngungsversuch Seehausen. Gegenüber den Ausgangsgehalten zu Versuchsbeginn verminderten sich die N_t -Gehalte bei unterlassener organischer Düngung; bei hohen Stallmistgaben kam es zur N-Anreicherung (gleiches gilt für C). Die zeitlichen Veränderungen sind nicht linear; sie können mit e-Funktionen beschrieben werden. Bei ausreichend langer Bewirtschaftung stellen sich neue bewirtschaftungsabhängige Fließgleichgewichte im Boden ein. Der Differenzierungsprozess ist in diesem Versuch jedoch – selbst nach mehr als 30 Jahren gleich bleibender Bewirtschaftung – noch nicht abgeschlossen.

Bei der Humusbilanzierung wird hingegen vereinfachend von einer linear verlaufenden An- bzw. Abreicherung ausgegangen. Das bedeutet, dass in der Anfangsphase nach einer Bewirtschaftungsumstellung die Humusgehaltsänderungen tendenziell unterschätzt, bei sehr langen Analysezeiträumen eher überschätzt werden.

Ein weiteres Beispiel zeigt den Einfluss des Luzerneanbaus auf die C_t -Dynamik im Boden (Abb. 33). Der Fruchtfolge-Düngungsversuch diente ebenfalls der Ableitung und Validierung der Humusbilanzparameter. Die einbezogenen Fruchtfolgen enthielten 40 % Luzerne-Klee-Gras bzw. Getreide als Referenzfrucht. Infolge des tiefreichenden Wurzelsystems der Luzerne sind signifikante C_t - und N_t -Anreicherungen bis in den Unterboden festzustellen. Bestimmende Faktoren für die Humusakkumulation beim Anbau mehrjähriger Futterpflanzen sind die großen Mengen an Ernte- und Wurzelrückständen sowie die während der Nutzungsdauer bestehende Bodenruhe. Auf die Humusakkumulationsleistung der Luzerne haben das Ansaatverfahren, die Nutzungsdauer und das Ertragsniveau Einfluss.

Auch aus anderen Dauerversuchen ist bekannt, dass im Ackerbau der höchstmögliche Humusgehalt durch Feldfutterpflanzen oder periodische Grasnutzung erreicht wird (Sau-

erbeck 1992). In Fruchtfolgen mit hohem Anteil mehrjähriger Futterpflanzen wird der Bedarf des Bodens an organischer Substanz oftmals bereits durch die Ernte- und Wurzelrückstände der Futterpflanzen gedeckt.

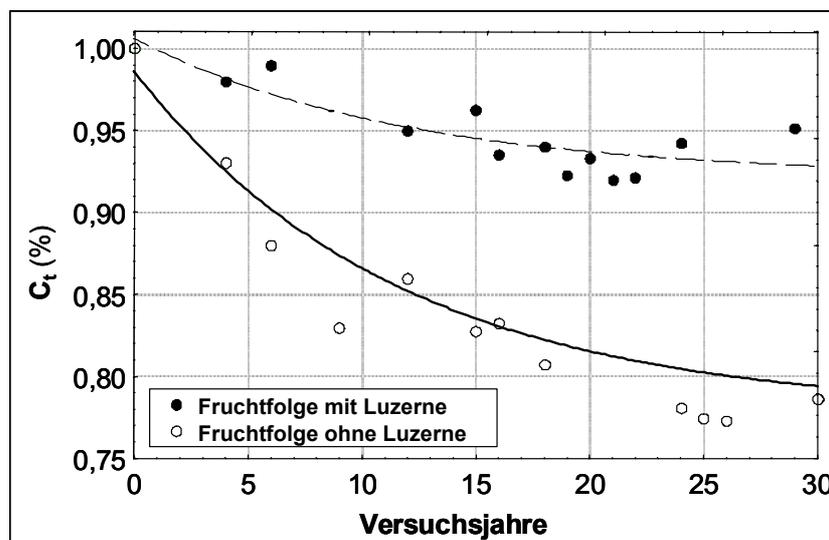


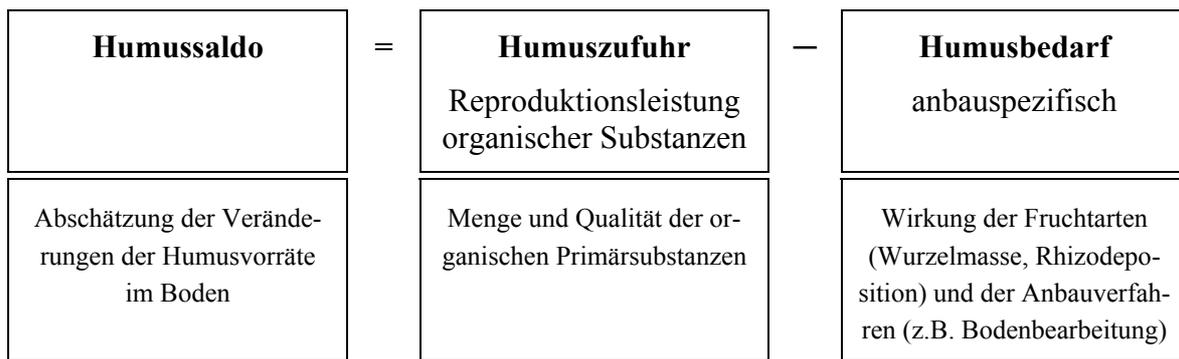
Abb. 33. Entwicklung der C_t-Gehalte im Fruchtfolge-Düngungsversuch Seehausen

7.5 Methoden der Humusbilanzierung

Ziel der Humusbilanzierung ist es, auf Schlag-, Fruchtfolge- oder Betriebsebene die bewirtschaftungsbedingt zu erwartenden Veränderungen der Humusvorräte acker- und gartenbaulich genutzter Böden abzuschätzen. Aus den Bilanzsalden ist abzuleiten, in wie weit Änderungen in der Bewirtschaftung notwendig sind, um eine standortangepasste Humusversorgung der Böden zu erhalten.

Das Prinzip der Humusbilanz besteht darin, dass dem durch den Anbau humuszehrender Fruchtarten (Hackfrüchte, Silomais...) verursachten Humusbedarf die Zufuhren durch den Anbau humusmehrender Fruchtarten (Leguminosen, Feldgras...) und organische Dünger (Stroh, Stallmist, Gülle...) gegenübergestellt werden. Die angebauten Pflanzen beeinflussen einerseits über ihr Wurzelsystem (Wurzelmasse, Rhizodeposition) und andererseits durch ihre spezifischen Anforderungen an die Bodenbearbeitung (Intensität, Bodenruhe) den Netto-Zuwachs oder -Verlust an Humus im Boden. Aus Menge und Qualität der zugeführten Ernterückstände und organischen Dünger lässt sich deren unterschiedliche Fähigkeit zur Humusproduktion ermitteln.

Prinzip der Humusbilanzierung:



Unsicherheiten bei der Anwendung von Humusbilanzen entstehen dadurch, dass verschiedene Methoden existieren, die auf unterschiedlichen Bewertungsmaßstäben basieren:

Methoden	Maßeinheit	Literatur
ROS	Reproduktionswirksame organische Substanz (ROS) = organische Trockenmasse (TM) von Stalldung 1 t ROS = 1 t org. TM von Stalldung	Asmus & Herrmann (1977)
HE	Humuseinheiten (HE) = 1 t Humus mit 55 kg N und 580 kg C 1 t ROS = 0,35 HE	Leithold & Hülsbergen (1998)
VDLUFA	Humusäquivalent = 1 kg Humus-C 1 t ROS = 200 kg Humus-C 1 HE = 580 kg Humus-C	VDLUFA (2004)

Das älteste der aufgeführten Verfahren ist die ROS-Methode nach Asmus & Herrmann (1977). Sie basiert auf alten Dauerversuchen und reflektiert daher auch die Bewirtschaftungs- und Ertragssituation der 60er und 70er Jahre. Aus pragmatischen Gründen wurde Stalldung als Bezugsbasis gewählt, weil zu diesem organischen Dünger die meisten Langzeituntersuchungen vorlagen. Problematisch ist, dass Stalldung kein einheitliches Substrat darstellt, sondern je nach den Ausgangsstoffen und der Aufbereitung stark in der Zusammensetzung variiert. Ein weiterer Nachteil ist, dass viele aktuelle Bewirtschaftungsmaßnahmen nicht berücksichtigt werden.

Die Humuseinheiten-(HE)-Methode nach Leithold et al. (1997) wurde im Wesentlichen auf der Grundlage des Stickstoffhaushaltes abgeleitet, um einen Ertragsbezug herstellen zu können. Neben der statischen HE-Methode gibt es eine computergestützte dynamische HE-Methode, bei der die Standortbedingungen, die Höhe der N-Düngung und der Ertrag als Einflussfaktoren berücksichtigt werden (Hülsbergen 2003). Die HE-Methode unterscheidet als einzige der hier aufgeführten Methoden nach konventionellem und ökologischem Landbau. Für den ökologischen Landbau wird ein höheres Humusreproduktionsniveau als Ziel definiert (Leithold & Hülsbergen 1998).

Die VDLUFA-Methode wurde erst im vergangenen Jahr verabschiedet; sie stellt einen Kompromiss der beteiligten Wissenschaftler dar. Aufgrund der verwendeten Datenbasis ist die VDLUFA-Methode für integriert wirtschaftende Betriebe konzipiert, für den ökologischen Landbau ist u.a. aus Gründen der Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff eine höhere Zufuhr organischer Substanzen erforderlich. Auf diesen Zusammenhang wird von den Autoren des VDLUFA-Standpunktes „Humusbilanzierung“ ausdrücklich hingewiesen.

Die VDLUFA-Methode wurde in vereinfachter Form in die Cross Compliance Regelung übernommen, deshalb werden nachfolgend diese Bilanzparameter vorgestellt. Die entsprechenden Parameter der HE-Methode sind ausführlich bei Leithold & Hülsbergen (1998) beschrieben.

Richtwerte für die anbau- bzw. fruchtartenspezifische Veränderung der organischen Bodensubstanz sind in Abb. 31 aufgeführt. Da der Humusumsatz im Boden von den Standortbedingungen und der Nutzungsweise (z.B. Bodenbearbeitung, Ertragsleistung und Menge der Ernterückstände) beeinflusst wird, werden für die einzelnen Kulturen Schwankungsbereiche angegeben. Die unteren Richtwerte sind vorzugsweise bei Böden in gutem Kulturzustand, die oberen Richtwerte für bereits längere Zeit mit Humus unterversorgte Böden anzuwenden.

Tab. 17: Richtwerte für die anbauspezifische Veränderung der Humusvorräte ackerbaulich genutzter Böden; (nach VDLUFA 2004)

Fruchtart	kg Humus-C ha ⁻¹ a ⁻¹	
	Verlust (-) oder Gewinn (+)	
	untere Werte	obere Werte
Zuckerrüben*	- 760	- 1300
Kartoffeln	- 760	- 1000
Silomais	- 560	- 800
Getreide*, Ölfrüchte*	- 280	- 400
Körnerleguminosen	+ 160	+ 240
Luzerne-/Klee gras	+ 600	+ 800
Stoppelsaaten	+ 80	+ 120
Untersaaten	+ 200	+ 300

* Ohne Berücksichtigung der Nebenprodukte (Rübenblatt, Stroh); diese werden separat bewertet (Tab. 5).

Der Humusbedarf entspricht der Menge an organischer Substanz, die zum Erhalt des Humusausgangsvorrates genügt und damit den Abbau durch Mineralisation bei den verschiedenen Kulturarten kompensieren würde. Den höchsten Humusbedarf weisen die Hackfrüchte auf; sie gelten daher als die stärksten Humuszehrer. In den Koeffizienten ist hier auch die verstärkte Mineralisierung infolge mechanischer Pflegemaßnahmen unterstellt. Eine Humusanreicherung wird umgekehrt durch den Anbau von mehrjährigem Ackerfutter und Leguminosen aber auch durch Zwischenfrüchte erzielt. Der Humusersatz durch Ernte- und Wurzelrückstände dieser Fruchtarten übertrifft den Abbau organischer Substanz infolge von Mineralisation. Die Humus-Reproduktionsleistung organischer Düngstoffe (Richtwerte in Tab. 18), ausgedrückt in kg Humus-C je t Substrat, ist abhängig von

deren stofflicher Zusammensetzung, welche den Abbau und die Humifizierung im Boden maßgeblich bestimmt.

Entsprechend ist die Humusersatzleistung auch abhängig vom Rottegrad des Festmistes (Frischmist, Rottemist, Mistkompost), von der Tierart (Gülle) und vom Trockensubstanzgehalt. Die für Stroh angegebene Humusreproduktion von 80 bis 110 kg C je t Substrat entspricht der in Dauerversuchen je nach Umsatzaktivität der Böden festgestellten unterschiedlichen Humifizierung. In einigen Versuchen wurden noch deutlich niedrigere Humusersatzleistungen des Strohs ermittelt.

Tab. 18: Richtwerte für die Humusreproduktion verschiedener organischer Substanzen (nach VDLUFA 2004)

Organische Substanz	TM %	Humusreproduktion	
		kg Humus-C t ⁻¹	relativ zu Stallung*
Pflanzenmaterial			
Stroh	86	80 bis 110	58 bis 80
Gründüngung	10	8	50
Stallmist			
frisch	20	28	88
verrottet	25	40	100
kompostiert	35	62	111
Gülle			
Schwein	8	8	63
Rind	10	12	75

* C-Humus-Reproduktionsleistung, bezogen auf gleiche Trockenmasse; verrotteter Stallmist = 100 %

Tab. 19: Bewertung der Humussalden (nach VDLUFA 2004)

Humussaldo		Bewertung
kg Humus-C ha ⁻¹ a ⁻¹	Gruppe	
< - 200	A sehr niedrig	Ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistungen
- 200 bis - 76	B niedrig	Mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus angereicherten Böden
- 75 bis 100	C optimal	Optimal hinsichtlich der Ertragssicherheit bei geringem Stickstoff-Verlustisiko, Einstellung standortgerechter Humusgehalte
101 bis 300	D hoch	Mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus verarmten Böden

Zur Bewertung der Humusversorgung nach VDLUFA (2004) auf Basis der Humussalden werden die Wirkungen sowohl auf die Ertragssicherheit als auf das Verlustpotenzial für Stickstoff berücksichtigt. Die Bewertung erfolgt anhand von Saldengruppen gemäß Tab. 19. Zwischen der Gruppe C (optimal) und den sehr ungünstig bewerteten Gruppen A (sehr niedrig) und E (sehr hoch) wurden mit den Gruppen B und D Bereiche für Humussalden definiert, bei denen zumindest mittelfristig eine Überprüfung der bestehenden Humuswirtschaft erfolgen sollte. Die Humusbilanz sollte stets eine ganze Fruchtfolge erfassen. Sofern keine Fruchtfolgen ausgewiesen sind, empfiehlt sich eine schlagspezifische Humusbilanz der letzten 5 bis 10 Jahre. Zur vergleichenden Bewertung von Bewirtschaftungssystemen ist auch eine Humusbilanz auf Betriebsebene geeignet.

7.6 Praktische Anwendung der Humusbilanz

Obwohl die VDLUFA-Methode nicht für Betriebe des ökologischen Landbaus abgeleitet wurde, so ist sie doch ohne Hinweis auf diese Einschränkung in Cross Compliance übernommen worden. In dieser Regelung werden abweichend von Tab. 17 nur die unteren Richtwerte verwendet, so dass generell ein sehr niedriger Humusbedarf ausgewiesen wird. Für Stroh wird zudem mit $100 \text{ kg Humus-C t}^{-1}$ ein hoher Humusersatzwert angenommen. Als Grenzwert wird formuliert (abweichend von Tab. 19): Der Humusbilanzsaldo soll im Bereich zwischen $-75 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und $+125 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ liegen und darf den Wert von $-75 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ nicht unterschreiten.

Was bedeutet dies nun bei einer Anwendung der VDLUFA- (Cross Compliance-) Methode unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus im Vergleich zur HE-Methode? Sind die Ergebnisse interpretierbar, stimmen sie mit praktischen Erfahrungen überein und können sie zur Optimierung ökologischer Betriebssysteme beitragen?

Unter Verwendung des Modells REPRO (Hülsbergen 2003) wurden beide Humusbilanzmethoden (HE- und VDLUFA-) in einer großen Zahl von Betrieben parallel angewendet. REPRO ist eine Agrarsoftware, mit der gleichermaßen ökologische und konventionelle Betriebssysteme analysiert, deren Stoff- und Energieflüsse dargestellt sowie Umweltwirkungen bewertet werden können.

In die Untersuchungen sind über 200 Betriebe unterschiedlicher Struktur und Bewirtschaftungsintensität verschiedener Agrarregionen (z.B. Tertiäres Hügelland in Bayern, Magdeburger Börde in Sachsen-Anhalt, Sächsisches Hügelland, Spreewaldregion in Brandenburg, Hügelland in Schleswig-Holstein u.a.) einbezogen, um eine möglichst große Schwankungsbreite zu erfassen (Abb. 34 und Abb. 35).

Es zeigt sich, dass die Humussalden der HE- und VDLUFA-Methode in Beziehung stehen, d.h. mit steigendem Saldo nach HE-Methode steigen tendenziell auch die Salden der VDLUFA-Methode (Abb. 34). Allerdings kommt es in Einzelfällen zu deutlichen Abweichungen von dieser Beziehung, weil die Bilanzparameter teilweise sehr unterschiedlich gesetzt sind (z.B. deutliche geringere Bewertung des Strohs in der HE-Methode). Nach der HE-Methode wird für etwa die gleiche Anzahl von Betrieben ein positiver wie ein negativer Humussaldo ausgewiesen, d. h. eine (theoretische) Humusunterversorgung trat fast genau so häufig auf wie eine Humusübersversorgung. Ganz anders bei der VDLUFA-Methode: Von 227 untersuchten Betrieben wurde nur für einen einzigen Betrieb ein deutlich negativer Saldo von $< -100 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ermittelt. Wenn dies zuträfe, würde in der Landwirtschaft kein Humusmangel-, sondern ein Humusüberschussproblem bestehen.

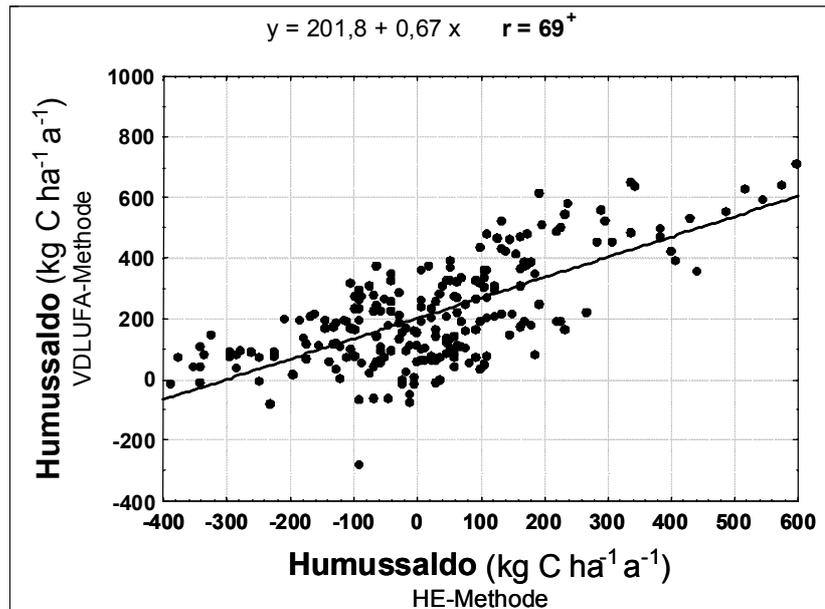


Abb. 34: Beziehung zwischen Humussalden nach HE- und VDLUFA-Methode, $n = 227$ Betriebe (ökologischer und konventioneller Landbau). Der HE-Saldo wurde in $\text{kg C ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ umgerechnet.

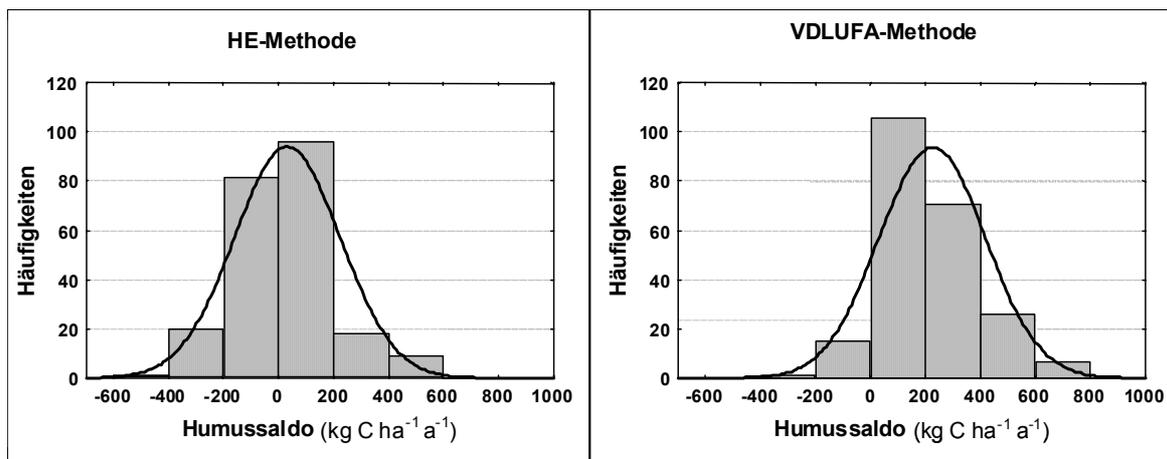


Abb. 35: Häufigkeitsverteilung der Humussalden nach HE- und VDLUFA-Methode, $n = 227$ Betriebe (ökologischer und konventioneller Landbau)

Noch deutlicher wird die unterschiedliche Bewertung der betrieblichen Humusversorgung in Abb. 35. Nach der HE-Methode weisen 36 % der Betriebe einen Humussaldo zwischen -200 und $0 \text{ kg C ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ auf, nach der VDLUFA-Methode sind es hingegen nur 7 % der Betriebe.

Bei Anwendung des in Tab. 19 dargestellten Bewertungsschemas ergibt sich folgende Einstufung der Humussalden (jeweils in % der untersuchten Betriebe):

Methode	Betriebe (n)	Landbauform	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D	Gruppe E
HE	227	Integrierter +	9	17	44	22	8
VDLUFA	227	Ökologischer Landbau	1	1	27	42	29
HE	74	Ökologischer	3	4	49	35	9
VDLUFA	74	Landbau	0	1	15	43	41

Demnach werden nach der VDLUFA-Methode 41 % der untersuchten Betriebe des ökologischen Landbaus in die Gruppe E eingestuft, für die ein erhöhtes Risiko für N-Verluste ausgewiesen wird. Nach der HE-Methode gelten 49 % der Betriebe als optimal versorgt und nur 9 % der Betriebe als extrem überversorgt.

7.7 Schlussfolgerungen

Bei der praktischen Anwendung der VDLUFA-Methode wird deutlich, dass die für konventionelle Betriebe auf der Grundlage konventioneller Dauerversuche abgeleitete Humusbilanzmethode nicht ungeprüft auf die Betriebe des ökologischen Landbaus übertragbar ist.

Nach Leithold & Hülsbergen (1998) ist im ökologischen Landbau ein höheres Humusproduktionsniveau anzustreben.

Die Mitglieder der VDLUFA-Arbeitsgruppe „Humusbilanzierung“ waren sich dieser Einschränkungen durchaus bewusst, als sie formulierten:

- Für den ökologischen Landbau ist eine Präzisierung des Humusbedarfes erforderlich.
- Die Bilanzierungsmethode bedarf noch einer weiteren Absicherung für unterschiedliche Standortbedingungen, Klimaräume und Böden.
- Hierzu sind Langzeitexperimente erforderlich. Zusätzlich sollten Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen und Modellbetrieben sowie Simulations- und Bodenprozess-Modelle einbezogen werden.
- Der Kenntnisstand über den bewirtschaftungsspezifischen Humusbedarf moderner Anbausysteme muss verbessert werden. Die Bedarfsfaktoren sind insbesondere auf ihre Richtigkeit bei pflugloser Bewirtschaftung zu überprüfen.

Das vorgestellte Verfahren zur Humusbilanzierung bedarf demnach einer weiteren Validierung und Anpassung an den verfügbaren Kenntnisstand. Dies gilt auch für die derzeitige Gruppenzuordnung (A – E) der Humussalden. Eine ungeprüfte Anwendung der VDLUFA-Methode könnte zu Fehlbewertungen führen, weil Humusanreicherungen und N-Verlustpotenziale ausgewiesen werden, die so in der Realität nicht existieren.

Generell bleibt zu fragen, ob der bei der Bewertung von Humussalden unterstellte Zusammenhang zwischen hoher Humusversorgung (hohen Humusgehalten) und hohem N-Verlustpotenzial (vgl. Tab. 19) unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus besteht. Kann es unter praktischen Bedingungen überhaupt zu einer Überversorgung kommen und in welchen negativen Wirkungen äußert sie sich?

In der Literatur sind Beispiele beschrieben, in denen höhere Humusgehalte zur verbesserten N-Ausnutzung und Minderung der N-Verluste beitragen. So führten in einer 15jährigen Untersuchung in den USA Leguminosen basierte Fruchtfolgen in Kombination mit Stalldung gegenüber einer konventionellen Mais-Soja-Fruchtfolge und Mineral-N-Einsatz nicht nur zu höheren C-Gehalten der untersuchten Böden, sondern zur Erhöhung der C- und N-Effizienz bei Reduzierung der Nitratausträge (Drinkwater et al. 1998).

In der Versuchsstation Scheyern im Tertiärhügelland Bayerns wurden nach Umstellung des Betriebes auf ökologischen Landbau im Jahre 1992 die C- und N-Kreisläufe intensiviert, u.a. durch eine schrittweise Erhöhung des Tierbestandes von 0 auf 1,4 GV ha⁻¹. Mit steigendem C- und N-Input stiegen die Humusgehalte und die Ertragsleistungen kontinuierlich. Gleichzeitig stieg die N-Effizienz, während die flächenbezogenen N-Verluste unverändert auf niedrigem Niveau verblieben (Küstermann et al. 2005).

7.8 Zusammenfassung

Eine ausreichende Humusversorgung ackerbaulich genutzter Böden dient der nachhaltigen Sicherung ihrer Produktivität. Am Beispiel eines Dauerfeldversuches wird der Zusammenhang zwischen den C_t-Gehalten, bodenchemischen, -biologischen und -physikalischen Parametern dargestellt.

Die analytische Erfassung von kurzfristigen, aber im Vergleich zur Gesamtmenge nur relativ geringen Veränderungen der Humusvorräte zwecks Ableitung von Bewirtschaftungsempfehlungen ist kaum praktikabel. Deshalb wurde die Humusbilanz als Instrument zur indirekten Einschätzung des Humushaushaltes ackerbaulich genutzter Böden entwickelt.

Die Parameter der Humusbilanzierung sind aus langjährigen Fruchtfolge-Düngungsversuchen anhand der Kohlenstoff- und Stickstoffdynamik im Boden abgeleitet worden. Beispielhaft wird die C_t- und N_t-Dynamik in zwei Dauerfeldversuchen beschrieben, die als Grundlage zur Ableitung und Validierung von Humusbilanzmethoden dienen.

Das Prinzip der Humusbilanz besteht darin, dass dem durch den Anbau humuszehrender Fruchtarten (Hackfrüchte, Silomais...) verursachten Humusbedarf die Zufuhren durch den Anbau humusmehrender Fruchtarten (Leguminosen, Feldgras...) und organischer Dünger (Stroh, Stallmist, Gülle...) gegenübergestellt werden.

Unsicherheiten bei der Anwendung von Humusbilanzen entstehen dadurch, dass verschiedene Methoden existieren, die auf unterschiedlichen Bewertungsmaßstäben basieren.

Die HE-Methode ist als einzige der aufgeführten Methoden an die Bedingungen des ökologischen Landbaus angepasst. In der VDLUFA-Methode werden niedrige Humusbilanzwerte angesetzt, so dass generell ein sehr niedriger Humusbedarf ausgewiesen wird. Der Humusbilanzsaldo soll im Bereich zwischen -75 kg C ha⁻¹ a⁻¹ und +125 kg C ha⁻¹ a⁻¹ liegen und darf den Wert von -75 kg C ha⁻¹ a⁻¹ nicht unterschreiten.

Die HE- und VDLUFA-Humusbilanzmethode kamen parallel in über 200 Betrieben zur Anwendung. Nach der HE-Methode wird für etwa die gleiche Anzahl von Betrieben ein positiver wie ein negativer Humussaldo ausgewiesen, nach der VDLUFA-Methode nur für einen Betrieb ein deutlich negativer Saldo von < -100 kg C ha⁻¹ a⁻¹ ermittelt. Bei der praktischen Anwendung der VDLUFA-Methode wird deutlich, dass die für konventionelle Betriebe abgeleitete Methode nicht ungeprüft auf die Betriebe des ökologischen Landbaus übertragbar ist. Die Anwendung der VDLUFA-Methode kann zu Fehlbewertungen führen, weil Humusanreicherungen und N-Verlustpotentiale ermittelt werden, die in der Realität nicht existieren.

7.9 Literatur

Asmus, F. & V. Herrmann (1977): Reproduktion der organischen Substanz des Bodens. Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft Bd. 15, Heft 11.

Bioland (2004): Bioland-Richtlinien. www.bioland.de

DirektZahlVerpflV (2004): Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (Direktzahlungen – Verpflichtungenverordnung). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004, Teil I, Nr. 58, ausgegeben zu Bonn am 12. November 2004.

Drinkwater, L.E., P. Wagoner & M. Sarrantonio (1998): Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature* 396, 262-265.

Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwirtschaft. Shaker Verlag Aachen. ISBN 3-8322-1464-X.

Hülsbergen, K.-J. & Diepenbrock, W. [Hrsg.] (2000): Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau. Schriftenreihe des Universitätszentrums für Umweltwissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Neue Folge, Sonderband, ISBN 3-86010-600-7.

Koepf, H.H., B.D. Pettersson & W. Schaumann (1980): Biologisch-dynamische Landwirtschaft. Ulmer Verlag Stuttgart.

Körschens, M. (1984): Wechselbeziehungen zwischen acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen, dem Gehalt des Bodens an organischer Substanz und Merkmalen der Bodenfruchtbarkeit. Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss. 224, 155-162.

Küstermann, B., M. Hofmann, H. Schmid, G. Gerl, M. Kainz & K.-J. Hülsbergen (2005): Langzeituntersuchungen der Stickstoff- und Kohlenstoffkreisläufe eines intensiven Betriebssystems – am Beispiel des Versuchsgutes Scheyern. 8. Wissenschaftstagung des Ökologischen Landbaus in Kassel, 1.-4. März 2005.

Leithold, G. & K.-J. Hülsbergen (1998): Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. *Ökologie & Landbau* 105, 32-35.

Leithold, G., K.-J. Hülsbergen, D. Michel & H. Schönmeier (1997): Humusbilanzierung - Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt [Hrsg.]: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion - Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Zeller Verlag Osnabrück, S. 43-55.

Naturland (2004): Naturland-Richtlinien. www.naturland.de

Sauerbeck, D. (1992): Funktionen und Bedeutung der organischen Substanzen für die Bodenfruchtbarkeit - ein Überblick. *Ber. Ldw. SH* 206, 13-29.

VDLUFA (2004): VDLUFA-Standpunkt: Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten.

Adressen:

Prof. Kurt Jürgen Huelsbergen
Lehrstuhl für Ökologischen Landbau
Alte Akademie 12
85350 Freising
huelsbergen@wzw.tum.de

B. Küstermann
Lehrstuhl für Ökologischen Landbau
Alte Akademie 12
85350 Freising
kuestermann@wzw.tum.de

Harald Schmid
Lehrstuhl für Ökologischen Landbau
Alte Akademie 12
85350 Freising
harald.schmid@wzw.tum.de

8 Auswirkung einer Mulch- statt Schnittnutzung von Klee gras auf die N-Flüsse in einer Fruchtfolge

Hauke Heuwinkel, Reinhold Gutser und Urs Schmidhalter, Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU München

8.1 Einleitung

Der Anteil viehlos wirtschaftender Betriebe im Ökologischen Landbau nimmt in den letzten Jahren immer mehr zu (Schmidt 2004). In Bayern wird die Bedeutung dieser Betriebsform stark von regionalen Besonderheiten geprägt. In Gebieten mit geringem Grünlandanteil stellen sie fast die Hälfte aller Betriebe des Ökologischen Landbaus (Abb. 36).

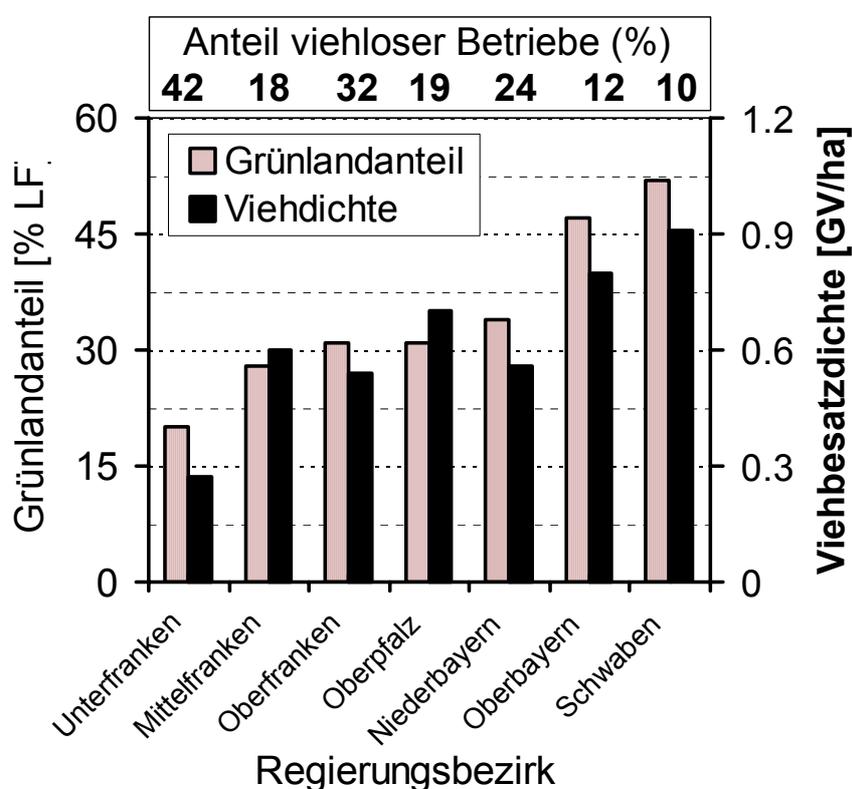


Abb. 36: Durchschnittlicher Viehbesatz in Betrieben des Ökologischen Landbaus in den bayerischen Regierungsbezirken, ergänzt um den Anteil viehloser Betriebe. Datenzusammenstellungen nach InVeKoS & KuLaP 200 (Projektarbeit 2002)

Neben solch strukturellen Gründen gibt es eine Vielzahl weiterer Gründe für die zunehmende Bedeutung des viehlosen Ökologischen Landbaus (Schmidt 2004). Allerdings stehen diese Betriebe mit ihrer N-Versorgung über die Leguminosen-Rhizobium-Symbiose vor einem Dilemma: der klassische Weg über die Nutzung eines Klee gras zur Futterwerbung, um mit dem daraus entstehenden organischen Dünger gezielt die Nicht-Leguminosen in der Fruchtfolge zu düngen, ist nicht mehr gegeben. Viele viehlose Betriebe versuchen als reine Marktfruchtbetriebe ihre N-Versorgung über Körnerleguminosen und Zwischenfrüchte zu decken, andere dagegen nehmen den betriebswirtschaftlichen Nachteil einer Rotationsbrache in Kauf und Mulchen das Klee gras. Dies sicher auch, da dem Klee gras in der Beikrautregulierung eine zentrale Bedeutung im Ökologischen Land-

bau zukommt. Alternativ zu diesen beiden Varianten gibt es auch im Ökologischen Landbau Möglichkeiten die Viehhaltung mit ihren Vorzügen nachzustellen. Hier sind Kooperationen mit Viehhaltern eine Möglichkeit, während technische Lösungen wie Kompostierung des Kleeegrases mit dem Stroh, oder deren Nutzung in einer Biogasanlage aktuell an Bedeutung gewinnen. Dieser Beitrag beschäftigt sich aber nur mit den Betrieben, die entweder über Körnerleguminosen mit Zwischenfrucht oder über eine Klee grasrotationsbrache ihre N-Versorgung sichern.

8.2 Problemstellung – N-Flüsse in verschiedenen Fruchtfolgen

Betrachtet man die N-Flüsse in einer Fruchtfolge so strukturierter Betriebe im Vergleich zum klassisch viehhaltenden System (Abb. 37), dann ist das Auffälligste, dass Betriebe mit Brache den benötigten Stickstoff innerhalb sehr kurzer Zeit dort, wo das Klee gras wächst, anreichern, während Marktfruchtbetriebe nahezu die gesamte N-Versorgung durch Zwischenfrüchte decken, da der N-Gewinn der Körnerleguminose mit den Körnern verkauft wird.

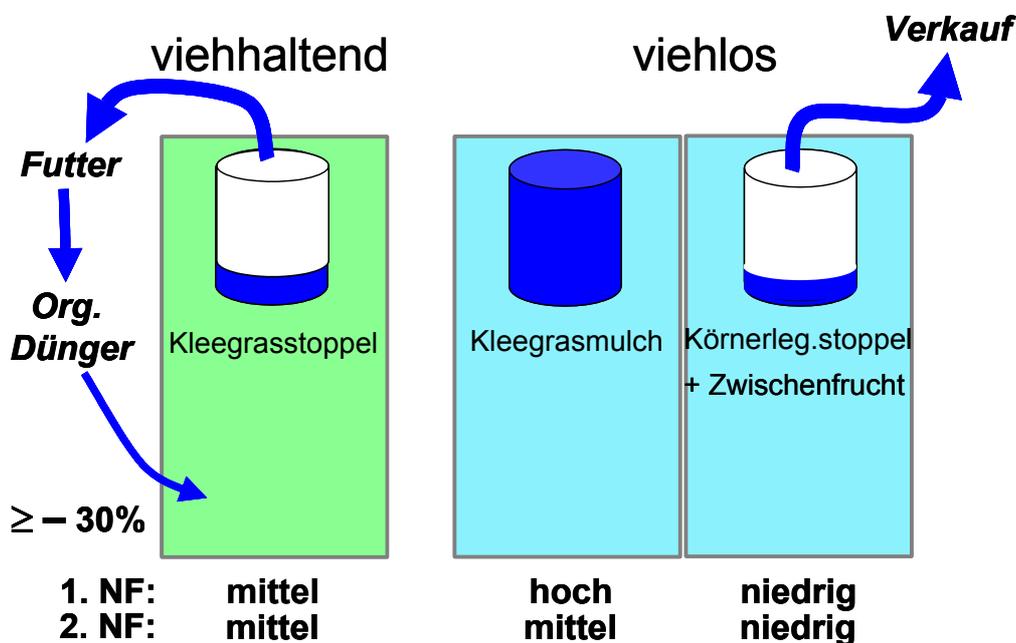


Abb. 37: Theoretisch erwartete N-Flüsse (Pfeile) in Flächen von viehhaltenden und viehlosen Betrieben des Ökologischen Landbaus. Aus der Intensität der N-Flüsse wurde die Ertragerwartung für die erste und zweite Frucht (NF) nach der Leguminose abgeleitet.

Demgegenüber steht die gezielte Verteilung des organischen Düngers im viehhaltenden Betrieb. Leitet man aus dieser Vorstellung die Erträge für die nächsten zwei Früchte nach den Leguminosen ab, dann ist im Vergleich zum klassisch viehhaltenden Betrieb im ersten Jahr nach der Klee grasbrache ein relativ hoher Ertrag zu erwarten, während er nach Körnerleguminose geringer ausfallen müsste. Im zweiten Jahr nach der Leguminose dürften viehlose Betriebe im Ertrag etwas zurückfallen, da kein Dünger zur Verfügung steht. In der Praxis wird aber immer wieder beobachtet, dass es direkt nach der Klee grasbrache eher geringere Erträge zu geben scheint. Um optimale Fruchtfolgen viehhaltender und viehloser Betriebe zu finden, wurde von der Landesanstalt für Landwirtschaft ein Dauer-

versuch auf der Versuchsstation für Ökologischen Landbau der TU München in Viehhau-
sen angelegt. In diesem Versuch werden sechs Fruchtfolgen (FF), dreifach wiederholt,
miteinander verglichen, die je zur Hälfte viehhaltende (FF 1 bis 3) bzw. viehlose
(FF 4 bis 6) Betriebe nachstellen. Ein großer Vorteil des Versuches ist der gleichzeitige
Anbau aller Glieder einer Fruchtfolge im jedem Jahr. Damit wird über den Vergleich der
durchschnittlichen Erträge der Nicht-Leguminosen in den ersten sechs Jahren des Versu-
ches (1998-2003) eine Aussage zur Wirkung einer Vorfrucht im System möglich. In Abb.
38 werden die drei viehlosen FF mit der FF2 (viehhaltend mit Gülle) verglichen.



Abb. 38: N-Flüsse (Pfeile) in ausgewählten Fruchtfolgen (FF) des Dauerversuches der LfL in Viehhau-
sen. Durchschnittserträge (1998-2003) der ersten und zweiten Frucht nach der Leguminose sind als Relativerträge dargestellt (100% sind bei
Winterweizen 46 dt/ha, bei Sommergerste 42 dt/ha und bei Kartoffel 334 dt/ha).

Die Daten bestätigen die Beobachtungen aus der Praxis, nach denen es nach Brache im
ersten Jahr zu keinem Ertragsanstieg kommt. Es wurde mit Winterweizen sogar ein gerin-
gerer Ertrag als im viehhaltenden Betrieb erzielt. Im reinen Marktfruchtsystem (FF 6)
wurden die erwartet geringen Erträge gemessen, die im zweiten Jahr, wie im System mit
Rotationsbrache weiter zurückfallen. Damit war in diesem Versuch das viehhaltende Sys-
tem in allen Jahren ertragsstärker. Mit dem heutigen Wissensstand ist aber insbesondere
das Ergebnis der ersten Frucht nach der Rotationsbrache schwer zu erklären.

Hier setzen zwei Fragen an, die durch das Forschungsprojekt bearbeitet wurden:

- (1) Warum führt Klee grasbrache in der ersten Nachfrucht (Kartoffel oder Winterweizen)
nicht zu höheren Erträgen als abgefahrenes Klee gras?.
- (2) Gibt es systembedingte Unterschiede in der Effizienz der Verwertung des symbion-
tisch gebundenen Stickstoffs?.

Zur Beantwortung der Fragen wurden versuchsbegleitend Messungen zur N₂-Fixierung,
zur N-Emission an Ammoniak (NH₃) und Lachgas (NO₂), sowie Untersuchungen zum
Nitratauswaschungspotential vorgenommen. Damit wurde gewährleistet, dass die für die
widersprüchlichen Ergebnisse entscheidenden Prozesse im N-Haushalt der Flächen be-
schrieben sind. Die Untersuchungen erfolgten im Klee gras bei unterschiedlicher Nutzung
und im Übergang zu dessen erster Nachfrucht.

8.3 Ergebnisse

8.3.1 N₂-Fixierung

Die N₂-Fixierung unterschied sich im Vergleich der beiden Nutzungsformen des Klee-grases deutlich (Tab. 20). Gut 300 kg N/(ha*a)⁻¹ wurden durch Futter-nutzung mit dem Erte-gut als N-Gewinn abgefahren, während das Mulchen zu einer Verminderung des N-Gewinns um 1/3 auf gut 200 kg N/(ha*a)⁻¹ führte.

Tab. 20: N₂-Fixierung, Trockenmasseertrag und Leguminosenanteil von Klee-gras zweier Fruchtfolgen (FF) des Dauerversuches der LfL in Viehhausen. Das geschnittene Klee-gras steht im ersten Jahr der FF1, das gemulchte Klee-gras steht in FF5. Bei-
de Bestände werden mit derselben Ansaatmischung nach Roggen (FF1) bzw. Sommergerste (FF5) in Blanksaat gesät. Dargestellt sind die über die Vegetation aufsummierten Erträge und N₂-Fixierung, sowie der mittlere Leguminosenanteil am Trockenmasseertrag (s.a. Heuwinkel et al. 2005).

Jahr	N ₂ -Fixierung		Trockenmasseertrag		Leguminosenanteil	
	Schnitt	Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt	Mulch
	—— [kg N/ha] ——		—— [dt/ha] ——		[% der Trockenmasse]	
2000	340	208	164	149	70	54
2001	316	212	135	123	74	60
2002	296	188	131	116	76	61

Die Messwerte bestätigen damit Vermutungen aus Bilanzen in Dauerversuchen und ähn-lich aufgebauten Feldversuchen (LOGES et al. 2000). Hier sind noch weitere Schlussfol-gerungen möglich: Die Verminderung der N₂-Fixierung ging zu gut 2/3 auf den geringeren Leguminosenanteil im Gemenge zurück, der durch einen geringen, aber immer wieder gemessenen, Ertragsrückgang verstärkt wurde. Außerdem kam es noch zu einem Rück-gang der Fixieraktivität (Heuwinkel et al. 2005), ausgedrückt durch den Anteil Luft-N an der N-Aufnahme der Leguminosen. Damit scheint auf den ersten Blick das oben geschild-erte Ertragsparadoxon gelöst, da weniger Stickstoff in das viehlose System hineinkommt. Berücksichtigt man allerdings die N-Verluste aus der Viehhaltung und der Lagerung des organischen Düngers in Höhe von 30 %, dann ist der tatsächliche N-Gewinn im Feld für die Fruchtfolge wieder gleich. Häufig dürften die Verluste aus der Tierhaltung sogar noch höher und damit auch die N-Versorgung der viehhaltenden FF im Vergleich schlechter sein. Außerdem wird i.d.R. nur ein Teil des organischen Düngers zur ersten Nachfrucht nach Klee-gras gegeben, womit die fehlende Ertragswirkung der Rotationsbrache im ersten Jahr (aller Stickstoff liegt vor) weiterhin zu klären bleibt.

8.3.2 Ammoniakverluste

In der Literatur gibt es Hinweise, dass aus Grünmulch ganz erhebliche Mengen an NH_3 entweichen könnten (Larsson et al. 1998), weshalb im Versuch entsprechende Messungen vorgenommen wurden (Weber et al. 2002). Die Daten lassen zwar den Schluss zu, dass Mulchen NH_3 -Verluste erhöht, dies allerdings auf einem vergleichsweise geringen Niveau von weniger als $10 \text{ kg N}/(\text{ha}\cdot\text{a})^{-1}$ (Abb. 39), wodurch unterschiedliche Vorfruchteffekte kaum erklärt werden können.

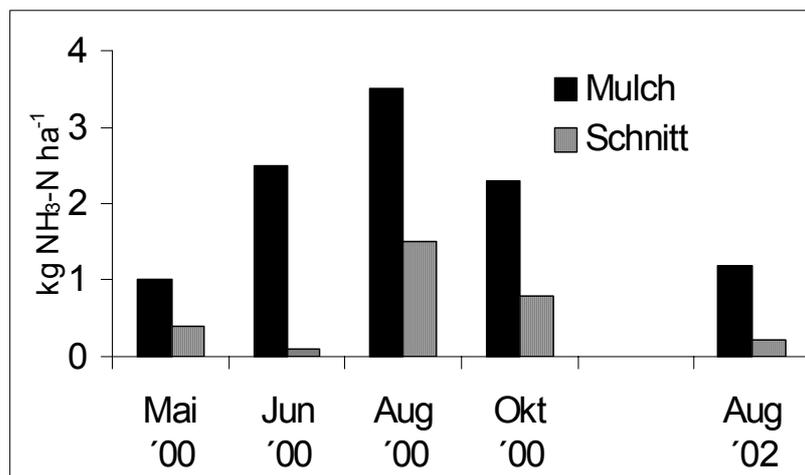


Abb. 39: Kumulierte Ammoniakverluste, die in den ersten zwei bis drei Wochen nach einer differenzierten Klee-grasnutzung entstanden sind (Weber et al. 2002). Die kontinuierlichen Messungen wurden beendet, sobald die Emissionen in beiden Systemen auf demselben niedrigen Hintergrundfluss lagen.

8.3.3 Lachgasverluste

Lachgasverluste tragen in ihrer absoluten Höhe nicht zur Klärung der Frage nach der Vorfruchtwirkung bei, allerdings kommt diesen Verlusten im Rahmen der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft (Kyoto-Protokoll) eine besondere Bedeutung zu. Darüberhinaus sind sie ein Indikator für die nur schwer zu messenden N_2 -Verluste, die mit der N_2O -Bildung einher gehen, aber i.d.R. deutlich höher liegen (Faktor 5-10, aber sehr variabel, s.a. Granli & Bóckman, 1994). Lachgasverluste entstanden im untersuchten Zeitraum nach jeder Bearbeitung, d. h. einer Störung des Systems (Abb. 40). Innerhalb von 2-3 Wochen nach dem Mulchen kam es zu deutlich erhöhten Emissionen an Lachgas, deren Höhe wesentlich durch die N-Menge im Mulch bestimmt war (Helmert et al., in Vorbereitung). Auch der Umbruch verstärkte Lachgasverluste. Sie entstanden dabei weniger nach Herbst-, sondern mehr nach Frühjahrsumbruch. Im direkten Vergleich beider Systeme (+/-Vieh) wird deutlich, dass durch die organische Düngung (im Beispiel ist die FF mit Stallmist dargestellt) erhebliche Mengen an Lachgas freigesetzt werden können (s.a. Dosch 1996). Vermutlich werden deshalb Lachgasverluste nach organischer Düngung im zweiten Jahr der viehhaltenden FF einen Teil der nach einem Jahr $4\text{-}6 \text{ kg N}/\text{ha}$ höheren Verluste der Brache-FF wieder aufwiegen. Überraschenderweise kam es über Winter kaum zu den oft beschriebenen, durch den Wechsel von Frost zum Tau bedingten, erhöhten Verlusten an Lachgas (Teepe et al. 2001), obwohl es einige Frost-Tau Ereignisse gab. Statt 50 % trug der Winter in beiden Systemen nur zu gut 30% zur Lachgasemission des ganzen Jahres bei. Versucht man aus den Lachgasverlusten die Verluste an molekularen Stickstoff abzuschätzen, dann würden weitere $20\text{-}50 \text{ kg N}/(\text{ha}\cdot\text{a})^{-1}$ mehr aus Brache als aus Schnittnutzung verloren gehen.

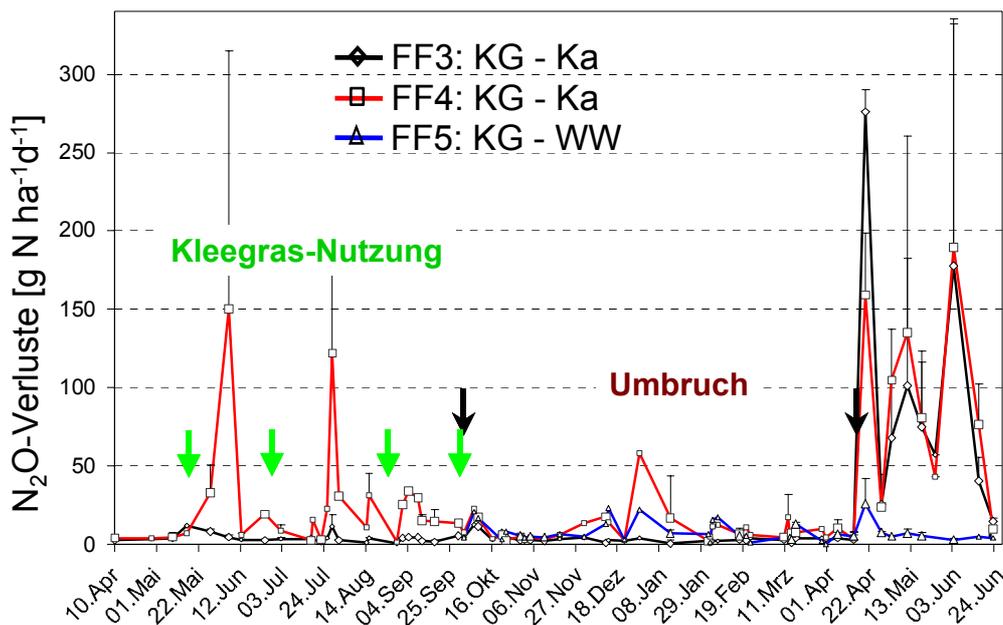


Abb. 40: Emission an Lachgas in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung von Klee gras im Dauerversuch der LfL in Viehhausen von 04/2003 bis 04/2004. Dargestellt sind die Emissionen aus der FF3 (+ Vieh, Stallmist zur Kartoffel im Frühjahr) im Vergleich zur gleich aufgebauten FF4 (ohne Viehhaltung, gemulchtes Klee gras). Zusätzlich ist die FF5 dargestellt, mit ebenfalls gemulchtem Klee gras, das im Herbst zum Winterweizen umgebrochen wird. Die senkrechten Pfeile markieren die vier Termine der Klee grasnutzung (grau) und den Umbruch (schwarz).

Trotz aller Unsicherheit in dieser Abschätzung (z.B. Granli & Bóckman, 1994) könnten damit die Lachgasverluste auf ertragsrelevante Verluste an Stickstoff hinweisen. Ein Unterschied, der durch die nicht gemessenen, aber zu erwartenden Lachgasverluste nach organischer Düngung zu nachfolgenden Marktfrüchten der viehhaltenden FF vermindert würde.

8.3.4 Nitratanreicherung als Potential für Nitratverluste

Nitratverluste können nach gemulchtem Klee gras von erheblicher Bedeutung sein, wie Untersuchungen der Universität Kiel zeigen (Ruhe et al. 2003). Vergleichende Untersuchungen hierzu wurden in Flächen des Versuchsbetriebes in Viehhausen durchgeführt. In allen Jahren erhöhte Mulchen die N_{min} -Gehalte im Boden schon zu Vegetationsende, ein Unterschied der sich im Verlauf des Winters verstärkte (Abb. 41). Darüber hinaus zeigen die Daten aber auch, dass der Jahreswitterung ein noch viel stärkerer Einfluß zukommt. Hierbei ist nicht nur die Winter-, sondern auch die Sommerwitterung wichtig. Die Niederschlagsverteilung im Sommer bestimmt nicht nur wesentlich die Ertragsbildung beim Klee gras, sondern auch wieviel vom Mulch schon während der Vegetation umgesetzt wird. Deshalb ist eine Klee grasrotationsbrache auf gleichmäßig mit Wasser versorgten Standorten geringer Gründigkeit (z.B. alpennahe Standorte auf Schotter) mit einem erheblichen Verlustpotential für Nitrat verbunden. Dagegen sind leichte Böden in Kombination

mit geringen Niederschlägen (z.B. Frankenalp) weniger kritisch anzusehen, da der geringere Aufbau an Biomasse im Sommer das Potential für Nitratbildung über Winter vermindert.

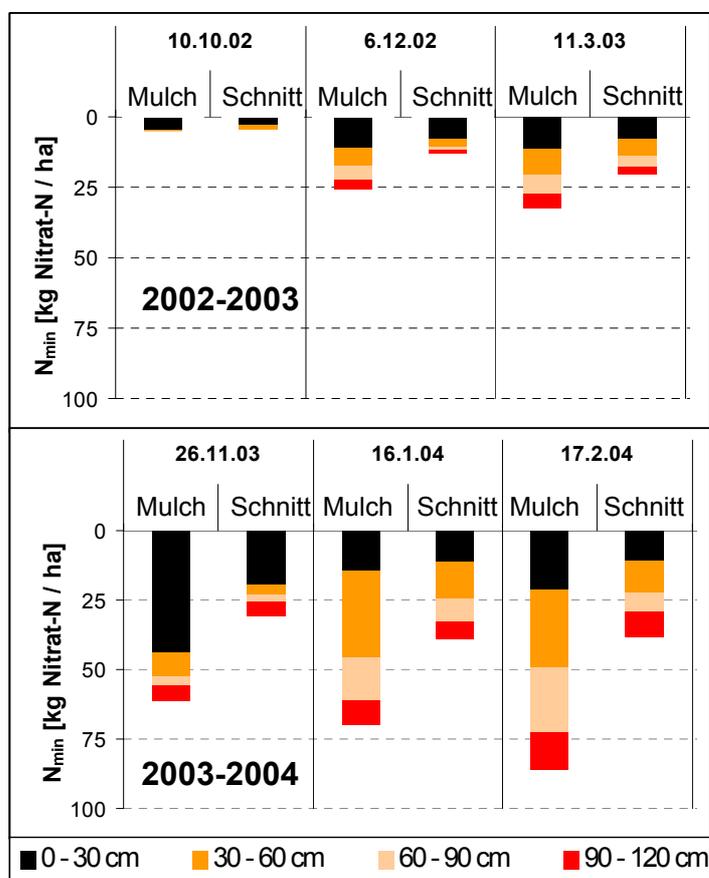


Abb. 41: Nitratgehalte in vier Bodentiefen nach unterschiedlich genutztem Klee gras im Winter 2002-2003 bzw. 2003-2004. Dargestellt sind Mittelwerte aus vier Wiederholungen.

8.4 Zusammenfassung mit Schlussfolgerung

In der Gesamtschau der Ergebnisse ist hervorzuheben, dass die interne Rückkopplung der N-Flüsse während der Klee grasrotationsbrache für eine geringere N-Zufuhr in das System sorgte, womit in beiden Systemen (viehlos und viehhaltend) vergleichbare Mengen an Stickstoff ins Feld kamen. Die unterschiedliche Verteilung dieses Stickstoffs über die Zeit führte aber bei Lachgas und Nitrat zu erhöhten Verlusten durch die Brache, wobei aber noch zu zeigen ist, ob sich diese Unterschiede zwischen den Systemen nicht während der zweiten abtragenden Frucht verringern würden. Unabhängig davon weisen im Mittel höhere Erträge (bei gleicher Qualität) des viehhaltenden Systems auf eine höhere Effizienz der Verwertung des Stickstoffs hin, die vermutlich auf die bessere Steuerung des pflanzlichen Wachstum durch die Düngung zurückzuführen sein dürfte. Sicherlich kommt dabei dem Ammonium in der Gülle der Vergleichsvariante als schnell verfügbarem Stickstoff eine besondere Bedeutung zu.

Einzelbetrieblich gesehen belegen die Untersuchungen keine gravierenden Nachteile in den N-Flüssen des viehlosen im Vergleich zum viehhaltenden Betrieb im Ökologischen

Landbau. Allerdings sind etwas geringere Erträge hinzunehmen. Innerhalb viehloser Betriebe verdrängt die Brache eine Marktfrucht mit Ertrag. Im Dauerversuch der LFL wird auch der Frage nachgegangen, ob die Vorteile der Brache als Vorfrucht im Hinblick auf N-Versorgung, Bodenfruchtbarkeit und Beikrautbekämpfung die Verluste an Marktware ausgleichen.

Danksagung:

Die Autoren danken der Landesanstalt für Landwirtschaft für die Möglichkeit die Untersuchungen im Dauerversuch in Viehhausen durchzuführen. Besonderer Dank gilt Georg Salzeder für seine Bereitschaft unsere Untersuchungen in der Versuchsbetreuung umfassend zu berücksichtigen. Wir danken den Kollegen und Mitarbeitern am Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München für die kritische Begleitung des Projektes und dem bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten.

Literatur

DOSCH, P. (1996). Optimierung der Verwertung von Güllestickstoff durch Separiertechnik und kulturartspezifische Applikationstechniken. Dissertation Technische Universität München.

GRANLI, T. & BØCKMAN, O. C. (1994). Nitrous oxide from agriculture. *Norwegian Journal for Agricultural Sciences*, Supplement No. 12, 128.

HEUWINKEL, H., R. GUTSER & U. SCHMIDHALTER (IN DRUCK): Does N-cycling impair the N₂-fixing activity of mulched legume-grass in field? Beitrag zum Poster auf dem Workshop der COST Action 852, Ystad, Schweden 20-23.09.2004.

HELMERT, M. H. HEUWINKEL, R. GUTSER & U. SCHMIDHALTER (IN VORBEREITUNG). Differences in the management of legume-grass swards markedly alter N₂O emissions during and after the vegetation period.

LARSSON, L., FERM, M., KASIMIR-KLEMEDTSSON, A. & KLEMEDTSSON, L. (1998). Ammonia and Nitrous Oxide Emissions from Grass and Alfalfa Mulches. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 41-46.

LOGES, R., KASKE, A., INGWERSEN, K., AND TAUBE, F. (2000). Yield, Forage Quality, Residue Nitrogen and Nitrogen Fixation of Different Forage Legumes. In: Alföldi, T., Lockeretz, W., and Niggli, U.: *13th International IFOAM Scientific Conference - IFOAM 2000 - The World Grows Organic*, 83. VDF Hochschulverlag AG, Zürich.

Projektarbeit (2002). Konzepte und Bedeutung von viehlosem Ökologischen Landbau in Bayern. Bearbeitet von Gerald Reinsch, Melanie Wild und Dietmar Betz. Lehrstuhl für Pflanzenernährung, TU München.

RUHE, I., LOGES, R., AND TAUBE, F. (2003). Stickstoffflüsse in verschiedenen Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus – Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Lindhof. In: Freyer, B.: *Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*, 97-100. Universität für Bodenkultur, Wien.

SCHMIDT, H. (2004). Viehloser Öko-Ackerbau - Beiträge, Beispiele, Kommentare. Verlag Dr. Köster, Berlin.

TEEPE, R., BRUMME, R. & BEESE, F. (2001). Nitrous Oxide Emissions from Soil During Freezing and Thawing Periods. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 1269-1275.

WEBER, A., HEUWINKEL, H., and GUTSER, R. (2002). Emission N-haltiger Spurengase aus Klee grasbeständen mit Schnitt- und Mulchnutzung. Posterpräsentation VDLUFA-Tagung Leipzig.

Adressen:

Dr. Hauke Heuwinkel
Lehrstuhl für Pflanzenernährung
Wissenschaftszentrum Weihenstephan
TU München
Am Hochanger 2
D-85350 Freising
hauke@wzw.tum.de

Dr. Reinhold Gutser
Lehrstuhl für Pflanzenernährung
Wissenschaftszentrum Weihenstephan
TU München
Am Hochanger 2
D-85350 Freising
Gutser@wzw.tum.de

Prof. Urs Schmidhalter
Lehrstuhl für Pflanzenernährung
Wissenschaftszentrum Weihenstephan
TU München
Am Hochanger 2
D-85350 Freising
Schmidhalter@wzw.tum.de

9 Biogaswirtschaft im System ökologischer Landbau: Anlagentypen, Verwertung der Gärreste, Konsequenzen für das Düngemanagement

Kurt Möller, Justus-Liebig-Universität Gießen

9.1 Einleitung:

Als Folge des im Jahre 2004 novellierten Gesetzes zur Förderung der Erneuerbaren Energien (EEG), das eine erhebliche Verbesserung der Bedingungen zur Einspeisung von Strom aus der Biogasgewinnung vorsieht, ist es zu einem wahren Boom bei der Neueinrichtung und dem Ausbau von landwirtschaftlichen Biogasanlagen gekommen. Bisher liegen kaum Untersuchungen zu den Auswirkungen der Einbindung der Biogasanlage in das Anbausystem eines landwirtschaftlichen Betriebes vor.

9.2 Grundlagen der Fermentation:

Wie aus dem Namen hervorgeht, entsteht „Biogas“ aus einem biologischen Prozess. Unter anoxischen Bedingungen entsteht aus einem Teil des in Fetten, Kohlenhydraten und Eiweißen gebundenen Kohlenstoffs ein Gasgemisch, das sog. Biogas. Dieses Gasgemisch besteht zu etwa 50 - 65% aus Methan und zu 35-50 % CO₂. Daneben enthält Biogas noch geringe Mengen an Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak und anderen Spurengasen, die vor der Verbrennung zum Schutze des Motors herausgereinigt werden sollten.

Um den Entstehungsprozess des Biogases anschaulicher zu machen, kann dieser in mehrere Teilschritte unterteilt werden. Im ersten Teilschritt, der sog. „Hydrolyse“ werden durch Ektoenzyme der daran beteiligten hydrolytischen Bakterien die komplexen Verbindungen des Gärsubstrates (z.B. Kohlenhydrate, Eiweiße, Fette) in einfachere organische Verbindungen (z.B. Zucker, Aminosäuren, Fettsäuren) zerlegt. Die gebildeten Zwischenprodukte werden durch fermentative, säurebildende Bakterien in der darauf folgenden „Versauerungsphase“ weiter zu einfachen Fettsäuren (Essig-, Propion-, Butter- und Milchsäure), Alkoholen sowie CO₂ und Wasserstoff abgebaut. Diese Produkte werden wiederum in der dritten Phase, der sog. „Acetogenese“ oder „Essigsäurebildung“ durch essigsäurebildende Bakterien zu Vorläufersubstanzen des Biogases (Essigsäure, Wasserstoff und CO₂) umgesetzt. In der abschließenden vierten Phase, der sog. „Methanogenese“, wird aus den Produkten der „Acetogenese“ das Methan gebildet.

Da bei einem zu hohen Säure- bzw. Wasserstoffgehalt und damit bei einem zu tiefen pH die essigsäurebildenden sowie die methanogenen Bakterien inaktiviert werden, müssen die Bakterien eine enge Lebensgemeinschaft bilden. Die methanogenen Bakterien der letzten Stufe verbrauchen bei der Bildung von Methan die in den vorangegangenen Stufen gebildeten Zwischenprodukte Essigsäure ($\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$) und Wasserstoff ($\text{HCO}_3^- + 1,5 \cdot \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$).

Werden alle Abbauschritte gemeinsam in einem Fermenter durchgeführt, spricht man von einstufigen Anlagen. Solche Anlagen haben den Nachteil, dass die Bakterien der vier verschiedenen o.g. Stufen ein jeweils anderes Optimum an ihre Lebensbedingungen stellen, so dass ein Kompromiss gefunden werden muss. Da sich die Methanbakterien am langsamsten vermehren und sie zugleich am empfindlichsten gegenüber Störungen reagieren, werden die Milieubedingungen in solchen Anlagen an sie angepasst. Dagegen werden in sog. „zweistufigen“ Anlagen die „Hydrolyse“ und die „Versauerungsphase“ (pH-Wert-

Optimum: 4,5 bis 6,3) von den nachfolgenden Stufen „Essigsäurebildung“ und „Methanogenese“ (Anforderungen an den pH-Wert: 6,8 bis 7,5) räumlich getrennt. Dadurch können die Bedingungen im Fermenter besser an die jeweiligen Bakteriengruppen angepasst werden. Dies ermöglicht höhere Abbauleistungen sowie eine bessere Steuerung und macht den Fermenter unempfindlicher gegenüber Störungen im Abbauprozess.

Die biologischen Prozesse in einer Biogasanlage sind vergleichbar mit denen eines Pansens bei den Wiederkäuern. Deshalb sind für optimale Gasausbeuten ähnliche Anforderungen an das Gärsubstrat zu stellen wie an das Futter einer hochleistenden Kuh. Die Bakterien reagieren auch deshalb genauso negativ wie eine Kuh auf „Fütterungsfehler“.

9.3 Anlagentypen

Biogasanlagen können nach verschiedenen Kriterien eingeteilt werden (siehe Tab. 21). In der Landwirtschaft sind in der Regel zweistufige sog. Durchflussanlagen üblich, in denen neben einem Hauptgärbehälter ein zweiter Lagerbehälter vorhanden ist, der am besten ebenfalls gasdicht geschlossen werden sollte und so als Nachgärbehälter verwendet werden kann. Dies steigert die Gasausbeuten und reduziert die Emissionen an Methan, Ammoniak und anderen Spurengasen. Vergorene Gülle bildet keine Schwimmschicht, so dass bei offener Lagerung erhebliche N-Verluste auftreten. In der Landwirtschaft sind nahezu ausschließlich Anlagen im mesophilen Temperaturbereich mit quasikontinuierlicher oder kontinuierlicher Beschickung in Betrieb. Eine Beschickung in kleineren Mengen mehrmals täglich ist insbesondere in Anlagen mit einer hohen Raumbelastung für die Prozesssteuerung vorteilhaft.

Tab. 21: Einteilung der Verfahren zur Biogaszeugung

Kriterium	Unterscheidungsmerkmale
Anzahl der Prozessstufen	- einstufig - zweistufig - mehrstufig
Prozesstemperatur	- mesophil - thermophil
Art der Beschickung	- diskontinuierlich - quasikontinuierlich - kontinuierlich
Trockensubstratgehalt der Substrate	- Nassvergärung - Trockenvergärung

Mit den Bezeichnungen Nass- bzw. Trockenvergärung kommt es immer wieder zu Missverständnissen, sie stehen nicht für spezielle Reaktortypen, sondern sind eine Beschreibung des Trockensubstanzgehaltes und damit indirekt der Pumpfähigkeit des Substrates. Im Allgemeinen wird bis zu TS-Gehalten von 15 % von Nassfermentation gesprochen, liegt der TS-Gehalt des zugeführten Substrates bei über 15 % ist es in der Regel nicht mehr pumpfähig (Eintrag z.B. über Förderschnecken notwendig), häufig wird dann missverständlich von Trockenvergärung gesprochen.

Tab. 22: Vor- und Nachteile sog. Rührkesselfermenter

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Kostengünstig – Einfache Bauweise – Gut kombinierbar mit weiteren Funktionen (Gasspeicher, biol. Entschwefelung, Nach- und Endlager) – Wartung technischer Aggregate meist ohne Fermenterentleerung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – <u>Rührtechnik</u> problematisch (v.a. bei faserigem Material), hoher Rühr-Energieaufwand nötig – Sandaustrag aufwändig – „<u>Kompromissbiologie</u>“: keine Optimierung der Bedingungen für die Teilprozesse – <u>Prozessstörungen</u> stören den gesamten Fermenter – sog. „Kurzschlussströme“ – geringere <u>oTS-Raubelastung</u> (2 bis max 4 kg oTS/d * m³) – nur geeignet zur Vergärung von pumpfähigen Substraten geringen und mittleren TS-Gehaltes – Abdeckung der Fermenter bei großen Anlagen sehr aufwändig

In der Landwirtschaft sind heute v.a. sog. Rührkesselfermenter in Betrieb. Solche Anlagen können vereinfacht als ein übliches „Güllelager mit einer zusätzlichen Rührvorrichtung, einer gasdichten Haube sowie Heizung und Isolierung“ beschrieben werden. Sie sind vergleichsweise billig aufzustellen, dafür aber mit verschiedenen Nachteilen behaftet (siehe Tab. 22), und daher v.a. zur Vergärung von Gülle und Substraten mit geringerem Fasergehalt geeignet.

Pfropfenstromfermenter: Sie sind einem liegenden Tank vergleichbar, es findet keine volle Durchmischung des Substrates statt und sind auch geeignet zur Fermentation von strukturreichen Substraten mit hohem TS-Gehalt. Die großen Vorteile liegen in der geringeren Gefahr von Schwimmschichtbildungen sowie in der hohen möglichen sog. Raumbelastung, also der Menge an täglicher Substratzuführung. Sie kann mit 6 bis 8 kg organischer Trockensubstanz (oTS) etwa doppelt so hoch wie bei Rührkesselfermentern sein (siehe Tab. 23). Die sog. „Pfropfenströmer“ können bei kleinen Anlagen (100 – 150 m³ Reaktortvolumen) sehr kostengünstig gebaut werden, größere Anlagen sind jedoch deutlich teurer als z. B. Rührkesselfermenter.

Für landwirtschaftliche Betriebe, die keine Gülle als Grundsubstrat einsetzen können, ist die Biogasgewinnung durch die klassische Nassvergärung mit einigen Nachteilen verbunden, wie das Fehlen einer Gülleausbringtechnik und den höheren Anforderungen an die biologische Führung und damit an die Betriebsleiterqualifikation sowie an die Regeltechnik der Biogasanlage (Gülle kann im hohen Maße Fehlgärungen abpuffern).

Tab. 23: Vor- und Nachteile sog. Pfropfenstromfermenter

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Hohe <u>Raumbelastungen</u> möglich (6 bis 8 kg oTS/m³ * d) – <u>Rührtechnik</u> nicht so anfällig, geringerer Rühr-Energiebedarf – kompakte Bauweise, daher geringer Heizenergiebedarf – Gute <u>Durchmischung</u> quer zur Durchflussrichtung, geringe längs der Durchflussrichtung – Keine Kurzschlussströme – Sandaustrag teilweise technisch gelöst – <u>Prozessstörungen</u> betreffen meist nur Teilbereiche, daher leichter behebbar – Geringere Schwimmschichtbildung – Auch geeignet zur Fermentation von <u>struktureichen</u> Substraten mit hohem TS-Gehalt – kompakte, kostengünstige Bauweise bei Kleinanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> – bei größeren Anlagen aufwändige Bauweise, daher hohe Kosten – keine Gasspeicherfunktion – <u>Wartungsarbeiten</u> am Rührwerk erfordern Entleerung des Fermenters

Eine alternative Anlagentechnik für solche Betriebe ist die im Prototypen- und Versuchsstadium befindliche Biogasgewinnung durch Trockenvergärung in sog. Boxen- oder Garagenfermentern bzw. in Containerfermentern. Prozessablauf und grundsätzlicher Aufbau sind bei beiden Fermentertypen im Prinzip gleich. Das Substrat wird mit einer gewissen Menge an vergorenem Material zur Animpfung vermischt und mit dem Radlader in den Fermenter eingefüllt. Im Containerverfahren wird das angeimpfte Substrat in Container gefüllt und anschließend in den Fermenter eingefügt. Bei beiden Systemen kann die Erwärmung des Substrates durch eine aerobe Vorrotte oder mit angewärmtem Perkolatwasser erfolgen. Der Nachteil dieser Trockenvergärungssysteme sind die geringeren Gasausbeuten, die ungleichmäßigere Gaszusammensetzung und v.a. die nicht ausgereifte Technik (siehe Tab. 24). Aus landwirtschaftlicher Sicht ist noch hinzuzufügen, dass sich die Gärreste solcher Anlagen, die sich im Vergleich zu den Gärresten von üblichen Nassvergärungsanlagen durch den doppelten bis dreifachen Trockensubstanzgehalt auszeichnen, nicht so gut für die gezielte Düngung N-bedürftiger Kulturen zu Vegetationsbeginn eignen. Trockenvergärungsverfahren werden im ökologischen Landbau teilweise in der wahrscheinlich irrigen Annahme bevorzugt, dass die Gärreste, die nach der Vergärung als organische Dünger zur Verfügung stehen, besser für die Humusreproduktion geeignet seien. Der wichtigste Unterschied im Hinblick auf die Humusreproduktion zwischen den Gärresten von den verschiedenen Anlagentypen liegt im Wassergehalt, die auf die Trockensubstanz bezogene Menge an Kohlenstoff in den Gärresten ist jedoch vergleichbar. Zudem kommt es bei der mehr oder weniger offenen Zwischenlagerung der Gärreste zu erheblichen N-Verlusten (Ammonium, Lachgas). Eine luftdichte Zwischenlagerung der ausgegorenen Gärreste ist bei Rührkesselanlagen durch Abdeckung der Lagerbehälter technisch

unter Hinzugewinnung von potenziellem Reaktorvolumen leicht lösbar, bei der Vergärung in Boxenfermentern jedoch nicht zu erreichen.

Tab. 24: Vor- und Nachteile sog. Boxen- bzw. Garagenfermenter

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Einfache Bauweise, geringe Kosten – modulare Bauweise ermöglicht flexible Anpassung an den Reaktorbedarf – Geringer Prozessenergiebedarf – Geringer Verschleiß – Keine eigenen u.U. anfälligen Eintrags- und Austragsysteme – Keine sog. „Kurzschlussströme“ – geringerer Transportaufwand für die Rückführung der ausgefaulten Gärreste 	<ul style="list-style-type: none"> – Geringere Gasausbeuten: – Teilbereiche mit ungenügender Vergärung – Energieverluste bei der aeroben Anwärmung – Keine gleichmäßige Gaszusammensetzung – Technik für landwirtschaftliche Standards nicht ausgereift – Höhere Emissionen (beim Öffnen des Fermenters, auf dem Lagerplatz für die Gärreste) – Explosionsgefahr beim Öffnen des Fermenters – Anwenderschutz – Biofilter notwendig – ungünstigere landwirtschaftliche Verwertung der Gärreste

9.4 Energiepotenziale

Auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof der Universität Gießen werden die pflanzenbaulichen Systemwirkungen der Umstellung eines viehlosen bzw. eines viehhaltenden Betriebssystems auf die Vergärung von Klee gras und sonstigen Koppelprodukten sowie von Gülle auf Biogasvergärung hin untersucht.

Im abgebildeten viehlosen System mit einer sechsfeldrigen Fruchtfolge (Klee gras, Kartoffeln, Winterweizen, Erbsen, Winterweizen, Sommerweizen) besteht gemäß den auf dem Standort Gladbacherhof ermittelten Ergebnissen ein Biogaspotenzial von ca. 1500 l Heizöläquivalente je ha. Davon trägt das Klee gras etwa 40 % bei, das Stroh ca. ein Drittel, die Zwischenfruchtaufwüchse ca. 18 % und sonstige Gärsubstrate ca. 5 %. Im abgebildeten viehhaltenden System mit einer achtfeldrigen Fruchtfolge (2x Klee gras, Winterweizen, Kartoffeln, Winterroggen, Erbsen, Dinkel, Sommerweizen) und einem GV-Besatz von 0,8 Rindergroßvieheinheiten beträgt das nutzbare Energiepotenzial aus der ausschließlichen Nutzung von Gülle, Reststroh sowie Zwischenfruchtaufwüchsen ohne Umwidmung von Flächen von der Nahrungsmittel- zur Energieproduktion ca. 900 l Heizöläquivalente pro ha. Nur etwa ein Viertel der nutzbaren Energie stammt aus der Gülle einschließlich Einstreu, ein Drittel vom Stroh des Getreides und der Erbsen. Etwa 35 % des Gesamtpotenzials stammen aus der Vergärung der Zwischenfrüchte und knapp 10 % von den Futterresten und sonstigen Abfallstoffen.

9.5 Pflanzenbauliche und umweltrelevante Aspekte

Im viehlosen System ermöglichte die Vergärung von Koppelprodukten Ertragssteigerungen von bis zu 20 % bei den nichtlegumenn Druschfrüchten, bei gleichzeitig höheren Rohproteingehalten beim Weizen.

Im viehhaltenden System unterschied sich die Stickstoffverwertungseffizienz der Rohgüllevariante nicht von der Variante, bei der fermentierte Gülle eingesetzt wurde. Zwar weist vergorene Gülle deutlich höhere Ammonium-Gehalte auf als nicht vergorene Gülle, die eine stärkere Direktwirkung erwarten ließe, jedoch sind anders als häufig behauptet, die N-Verluste nach der Ausbringung von vergorener Gülle höher als die von unvergorener Gülle. Vergorene Gülle ist aufgrund ihrer niedrigeren TS-Gehalte zwar fließfähiger als unvergorene (dies reduziert die N-Verluste), aber gleichzeitig weist sie einen höheren pH-Wert auf, was zusammen mit den höheren Ammoniumgehalten zu höheren Ausbringungsverlusten führt. Daher ist bei der Ausbringung von vergorener Gülle besonders auf die Gefahr gasförmiger N-Verluste zu achten. Gasförmige Ammoniakverluste lassen sich vermindern durch rasche Einarbeitung (auch z.B. Gölledrill), bodennahe Ausbringung, Ausbringung am besten abends bei kühler Witterung, Windstille und bedecktem Himmel, dünnflüssige Gülle (Wasserzusatz) und streifenförmige Gölleablage (z.B. Schleppschlauchverfahren).

Erst die Einbeziehung von Koppelprodukten wie die Aufwüchse der Zwischenfrüchte führte zu einer Erhöhung der N-Verwertungseffizienz des Gesamtsystems.

Hinsichtlich der Auswaschungsgefahr des Nitrats wurde festgestellt, dass auf dem Standort Gladbacherhof im viehlosen System durch die Vergärung von Klee gras und den Koppelprodukten die Gefahr der Nitratauswaschung bei den am stärksten gefährdeten Fruchtfolgefeldern Klee gras, Winterweizen nach Kartoffeln und Winterweizen nach Körnererb sen (siehe Abb. 42) signifikant gesenkt wird. Im viehhaltenden System wurde – anders als häufig unterstellt wird –, kein Effekt der Göllevergärung auf die Nitratauswaschungsgefahr im Vergleich zur üblichen Göllewirtschaft festgestellt. Ähnlich wie bei der N-Effizienz führte erst die Ernte und Vergärung der Koppelprodukt, wie den Aufwuchs der Zwischenfrüchte, zu einer signifikanten Reduzierung der Nitratauswaschungsgefahr.

In den in den Versuchen abgebildeten Systemen wurden nicht nur Effekte hinsichtlich der Nitratauswaschungsgefahr, sondern gleichzeitig in der Emission des klimawirksamen Lachgases (N₂O) festgestellt. Ernte und Vergärung von Klee gras sowie die Ernte von Zwischenfrüchten zur Vergärung unmittelbar vor der Pflugfurche reduzierte v.a. bei einer Herbstpflugfurche mit anschließender Aussaat einer Winterung die Emissionen dieses Spurengases erheblich (siehe Tab. 25).

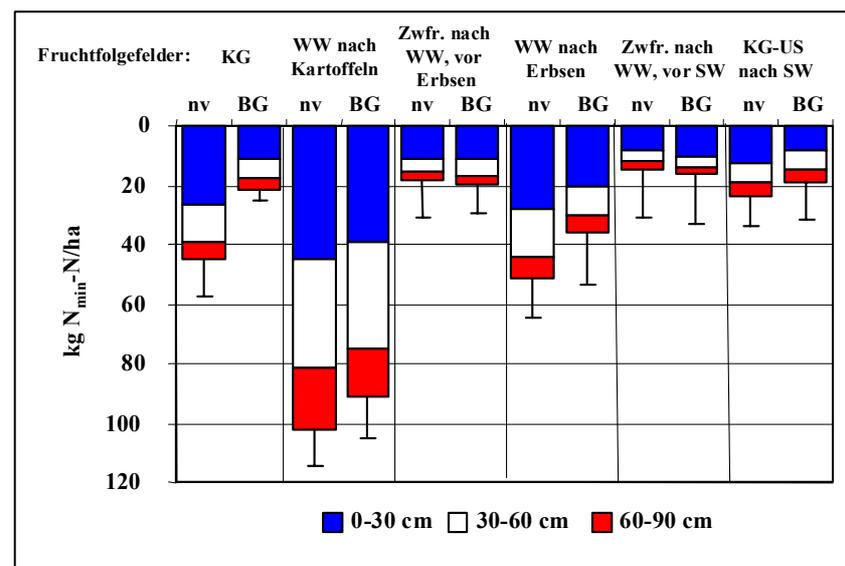


Abb. 42: Einfluss des Bewirtschaftungssystems klassisch viehlos (nv) und viehlos mit Vergärung (BG) auf die N_{min} -Gehalte im Herbst unter den Einzelkulturen

Tab. 25: Durchschnittliche N_2O -Emissionsraten [$g N_2O\text{-N/ha}\cdot d$] nachfolgender Fruchtfolge in Abhängigkeit des Bewirtschaftungssystems (Gladbacherhof September 2004 bis März 2005)

	v-los	v-los BG	relativ (v-los = 100%)
KG	2,71	0,42	15,6
Kartoffeln	0,99	0,73	73,5
WW 3	2,66	4,08	153,5
Erbsen	1,84	0,89	48,6
WW 5	17,89	11,26	62,9
SW	1,79	1,38	77,0
Mittelwert	4,6	3,1	67,3

Fazit

9.6 Pflanzenbaulich

- Die alleinige Vergärung von Gülle führt auf den Ackerflächen teilweise zu etwas höheren Erträgen, teilweise nicht. Eine Ursache hierfür ist die höhere Gefahr von NH_3 -Verlusten nach Ausbringung von vergorener Gülle.
- Erst die Einbeziehung der Koppelprodukte (Zwischenfrüchte) erlaubt einerseits eine erhebliche Erhöhung des mobilen N-Düngepools und andererseits eine gewisse Verbesserung der N-Effizienz des Systems (Leguminosen werden z.B. zu einer höheren N_2 -Fixierungsleistung angeregt).
- Im viehlosen System ermöglicht der Abtransport der Koppelprodukte (Klee gras, etc.) und deren anschließende Rückführung die Bildung eines erheblichen N-Düngepools (100 bis 120 kg N/ha) à Biogasanlage = Stallersatz.
- Dies ermöglicht teilweise Ertragssteigerungen von 0 bis zu 20 % und erhöhte RP-Gehalte bei Getreide.

9.7 Umweltwirkungen

- Es konnten keine Unterschiede in der Gefahr von Nitratauswaschungen von unvergorener Gülle im Vergleich mit vergorener Gülle festgestellt werden (anders als in aller Regel behauptet wird).
- Erst die Ernte und Vergärung von Klee gras und von Zwischenfrüchten und deren Rückführung vorwiegend zu Vegetationsbeginn senkt die Gefahr von Nitratauswaschungsverlusten über Winter teilweise erheblich.
- Das durch die Einarbeitung von leicht abbaubarer Substanz (Zwischenfrucht bzw. Stapel- bzw. Frischmist) stark angeregte „Bodenleben“ ist mit einer erheblichen Steigerung des doppelt klimawirksamen Lachgasausstoßes verbunden. Dies gilt insbesondere bei Herbstpflugfurche.
- Der Abtransport der Koppelprodukte senkt zwar einerseits die Gefahr von stark klimawirksamen bodenbürtigen N_2O -Emissionen; es steigt jedoch die absolute Menge an den indirekt klimawirksamen NH_3 -Verlusten bei der Ausbringung der Gärreste.

Adresse:

Dr. Kurt Möller
Justus-Liebig-Universität Gießen
Professur für Organischen Landbau
Karl-Glöckner-Str. 21C
35894 Gießen
e-mail: kurt.moeller@agrار.uni-giessen.de