



**LfL**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

**Fruchtfolgen im ökologischen  
Landbau  
Pflanzenbaulicher Systemvergleich  
Viehhausen**

**Zwischenbericht  
über die Anbaujahre 1998 – 2004**



**Schriftenreihe**

**4  
2009  
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 Str. 38, 85354 Freising-Weihenstephan  
E-Mail: [IAB@LfL.bayern.de](mailto:IAB@LfL.bayern.de)  
Tel.: 08161/71-3640

1. Auflage März / 2009

Druck: lerchl-druck, 85354 Freising

Schutzgebühr: 10.- €

© LfL



# **Fruchtfolgen im ökologischen Landbau Pflanzenbaulicher Systemvergleich Vieh- hausen**

**Zwischenbericht 1998 – 2004**

**Günter Pommer, Georg Salzeder, Rupert Fuchs  
Peter Capriel & Robert Beck**

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Pflanzenbau-Ertragsrelationen und Qualitätsparameter .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Auswirkungen auf Humusgehalt und Humusqualität.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Auswirkungen auf die Bodenmikrobiologie .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>21</b>

## Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Anlageplan Fruchtfolgeversuch Viehhausen, Ernte 2004.....	10
Tab. 2: Einfluss der Fruchtfolge sowie der Art und Höhe der organischen Düngung auf den Kornertrag von Weizen (1999 – 2004).....	11
Tab. 3: Einfluss der Fruchtfolge auf die Backqualität von Winter-/Sommerweizen (2001 – 2003) .....	12
Tab. 4: Einfluss der Fruchtfolge auf den Marktwarenertrag (ohne Untergrößen) von Kartoffeln (1999 – 2004).....	13
Tab. 5: Einfluss der Fruchtfolge und der Anbaudauer auf den Ertrag von Klee gras (1999 – 2004) .....	13
Tab. 6: Einfluss der Fruchtfolge auf Ertrag und Qualität von Sommergerste .....	14
Tab. 7: Vergleich der Düngewirkung von Gülle und Stallmist bei Kartoffel, Weizen und Klee gras (1999 – 2004).....	15
Tab. 8: Entwicklung der Humuskennwerte im Zeitraum 1998 – 2004 .....	17
Tab. 9: Veränderungen der bodenmikrobiologischen Kennwerte nach 6-jähriger Versuchsdauer im Mittel der Fruchtfolgen FF 2 – FF 6 .....	18
Tab. 10: Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolgen auf bodenmikrobiologische Parameter (Kennwerte, Beprobung Frühjahr 2004).....	18

# 1 Einleitung

Günter Pommer

Der Anbau von Leguminosen spielt in den Fruchtfolgen des Ökologischen Landbaus eine zentrale Rolle. Von ihm hängt im Ackerbau das Ausmaß des Stickstoffes im Betriebskreislauf, der Erfolg der Unkrautbekämpfung und die Bodenfruchtbarkeit insbesondere Humusgehalt und Porenvolumen ab. Er beeinflusst zudem Boden, Bodenflora und –fauna. Ein zu geringer Anteil an (Futter-) Leguminosen mindert den Ertrag der Marktfrüchte, ein zu hoher Anteil verringert den Markterlös der gesamten Fruchtfolge.

Ziel des Versuchs ist es, optimale Leguminosenanteile zu definieren und Produktionstechniken zu ermitteln, um den Ackerbau in viehhaltenden und viehlosen Betrieben so günstig wie möglich zu gestalten. Die Produktionstechnik schließt Düngung, Zwischenfruchtbau, Saatverfahren und Umbruchzeitpunkte mit ein. Bei den organischen Düngern werden Gülle und Stallmist vergleichend geprüft.

In der Humusforschung dient der Feldversuch in anderen Forschungsvorhaben zur Beurteilung des Humusgehaltes in verschiedenen Fruchtfolgen.



Bild 1: Fruchtfolgeglieder FF 4. Von links: Winterweizen, Kartoffel, Klee gras

## 2 Material und Methoden

Günter Pommer, Rupert Fuchs

Der Versuch wurde an zwei Orten angelegt. Der erste Ort ist die Versuchsstation Viehhäuser, Versuchsbetrieb für den ökologischen Landbau der TU München – Wissenschaftszentrum Weihenstephan, der 1995 auf ökologischen Landbau umgestellt wurde. Der zweite Ort ist die Versuchsstation Puch der LfL (konventionelle Bewirtschaftung). In dem vorliegenden Bericht werden nur die Ergebnisse des Versuches der ökologisch bewirtschafteten Station Viehhäuser berichtet.

Der gesamte Versuch besteht mit den Wiederholungen aus 60 Parzellen, die jeweils 125 m<sup>2</sup> groß sind. Beerntet wird ein zentraler Teil mit einer Fläche von ca. 48 m<sup>2</sup>. Der Versuch besteht aus einer Blockanlage mit drei Wiederholungen. Bei der jeweiligen Fruchtart werden die Feststellungen und Beobachtungen nach den Durchführungsrichtlinien des Bundessortenamtes (BSA 2000) erhoben.

Tabelle 1 zeigt den Anlageplan und gibt einen Einblick in die Zusammenstellung der Fruchtfolgen, die angebauten Sorten, die Art der organischen Düngung und die angebauten Zwischenfrüchte. Sie zeigt den Stand des Anbaujahres 2004.

Das Klee gras der Fruchtfolgen 1 bis 3 (FF1 bis FF3) wird geerntet und abgefahren, während bei den Fruchtfolgen FF 4 und FF 5 der Aufwuchs am jeweiligen Schnitttermin gemulcht wird und als Gründüngung auf den Parzellen verbleibt. Mit dieser Versuchsdurchführung wird in den FF1 bis FF3 das Bewirtschaftungssystem viehhaltender Betriebe imitiert, die das Erntegut grün verfüttern bzw. dieses in Form von Anwelksilage für die Winterfütterung konservieren und den anfallenden Wirtschaftsdünger wieder auf die Ackerflächen ausbringen. Es werden zwei Arten von Wirtschaftsdüngern eingesetzt: Gülle in FF1 und FF2 und Stallmist in FF3. In den Fruchtfolgen FF3 bis FF6 ist das System viehloser Betriebe unterstellt, die den Aufwuchs mulchen und so eine Gründüngung durchführen.

Der in Form von Gülle oder Stallmist anfallende Wirtschaftsdünger wird auf die mit Marktfrüchten bebaute Ackerfläche ausgebracht. Nach Tab. A (Anhang) errechnen sich in FF1 ein GV-Besatz von 0,51, in FF2 von 0,61 und in FF3 von 0,33. Die mit den Wirtschaftsdüngern jährlich ausgebrachten Stickstoff (N)-Mengen betragen in FF1 55,2 kg ha, in FF2 65,7 kg ha und in FF3 42,5 kg ha.

Beim Vergleich der Faktorkieferungen der Fruchtfolgen mit Viehhaltung zu den viehlosen Fruchtfolgen ist zu kalkulieren, wie viele Rinder, ausgedrückt in GV, mit dem innerhalb der Fruchtfolge erzeugten Grünfutter gefüttert werden können und wie hoch der hierbei anfallende Wirtschaftsdüngeranfall wäre. Der errechnete Anfall an Wirtschaftsdünger ist mit der im Versuch tatsächlich vorgenommenen organischen Düngung zu vergleichen, um erkennen zu können, ob die Systeme auch hinsichtlich des Nährstoffkreislaufes vergleichbar sind. Entsprechend der Kalkulation des Futterbedarfs nach Tab. D (Anhang) sind für eine Kuh (680 kg Lebendgewicht mit Nachzucht, 6jährige Nutzungsdauer), im Mittel 77 dt an Grüngut trockenmasse im Feldbestand notwendig. Die bei einer in Dreischnittnutzung eines Klee grasses unterstellte Ertragsleistung von 100 dt TM/ha\*a könnte somit das Grundfutter für 1,14 bis 1,53, bei 120 dt TM/ha\*a Grundfutter für 1,36 bis 1,86 Rinder liefern.

Der Vergleich des GV-Besatzes, berechnet nach den ausgebrachten Wirtschaftsdüngern, mit dem der sich nach der Berechnung der hypothetischen Ertragsleistungen des Klee-grases errechnet Tab. A (Anhang), zeigt, dass die Werte in FF1 mit 0,51 GV-Besatz gedüngt und 0,52 GV-Besatz erfüttert, annähernd gleich auf liegen. Entsprechend wird in FF2 mehr Gülle ausgebracht und in FF3 kommt deutlich weniger Stickstoff über den Stallmist auf das Feld zurück als sich aus der Verfütterung des auf dem Feld erzeugten Futters ergäbe.

Die im Feldversuch vorgenommene Nutzungsintensität ist nach den von Steinberger genannten Angaben praxisüblich (Steinberger 2008, mdl. Mittg). Das Problem der Überalterung von Futterbeständen in der Praxis durch nicht optimale Nutzungszeitspannen wird im Versuch, bei dem die Aufwüchse immer zum optimalen Termin beerntet werden, nicht berücksichtigt.

Der hier vorgelegte Bericht der Anbaujahre 1998-2004 beruht auf Ertragsdaten, die mithilfe des Statistikprogramm SAS verrechnet wurden. Nach dem Beginn dieses Versuchs wurde im Jahre 2001 ein neues bundeseinheitliches Informations- und Auswertungssystem für Feldversuche (PIAF) eingeführt. Die Umstellung der Datenformate und der Datenverarbeitung in diesem Versuch auf PIAF erfolgte erst ab dem Anbaujahr 2005. Die Anbaujahre 2005-2008 werden zu gegebener Zeit berichtet.

Die nachfolgenden Ertragstabellen enthalten die Ertragsrelationen im Mittel von 1999 – 2004. In den Tabellen mit einer Statistik für Mittelwerte wurde der Student Newman-Keuls-Test (SNK) bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $P = 5\%$  angewandt. Werte, die sich nicht signifikant unterscheiden, sind mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet.

Nach einer Versuchsdauer von 1998 – 2004, in der die meisten Fruchtfolgen zwei Rotationen durchlaufen hatten, wurden Bodenparameter in Hinblick auf Humusgehalte und bodenmikrobielle Aktivität untersucht, um erste Hinweise auf zu erwartende Veränderungen zu erhalten.

1998 und 2002 wurden Futtererbsen, 1999 – 2001 und 2003 Ackerbohnen und seit 2004 Sojabohnen als Körnerleguminosen angebaut. Die Futtererbsen wurde bereits nach dem ersten Jahr 1998 aus der Fruchtfolge genommen und durch Ackerbohnen ersetzt, weil zur Ernte hin ein sehr starkes Auftreten von Erbsenwickler beobachtet wurde. Diese Beobachtung ließ es als angebracht erscheinen, auf Futtererbsen in den nächsten Jahren zu verzichten, weil das Schädlingspotential eine enorme Gefährdung in den Folgejahren der in Kleinparzellen anzubauenden Futtererbsen darstellte. In 2002 wagte man wiederum den Anbau von Futtererbsen. Aufgrund eines Kornertrages von nur 3,4 dt/ha in diesem Jahr (sehr starkes Auftreten des Erbsenwicklers, zusätzlich Fußkrankheiten) entschloss man sich auf den Anbau von Futtererbsen für einen längeren Zeitraum zu verzichten. Ab 2004 standen als großkörnige Leguminosen Sojabohnen auf dem Feld. Bei den viehhaltenden Anbauverfahren wurde eine Variante mit zweijährigem Klee-gras d.h. mit zwei Hauptnutzungs-jahren (HNJ) aufgenommen, um einen Vergleich von zweijährigem und einjährigem Klee-gras zu ermöglichen. Diese Fruchtfolge (FF 1) besteht aus fünf Gliedern, während alle anderen Fruchtfolgen über nur drei Glieder verfügen.

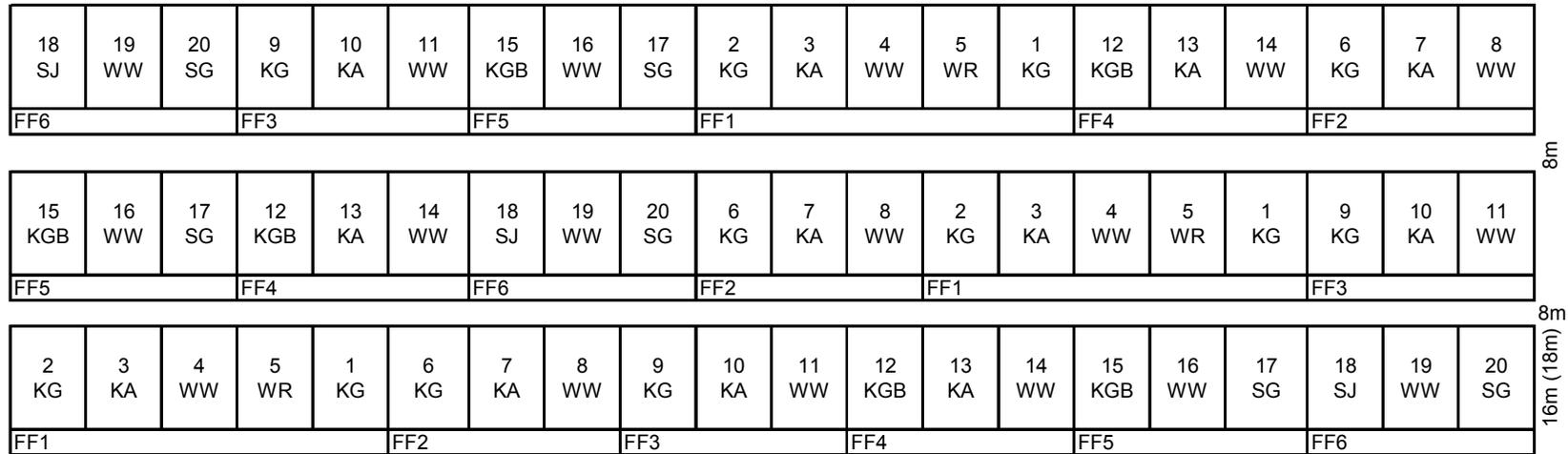
In allen Fruchtfolgen wird das anfallende Stroh in den Boden eingearbeitet. Ausgenommen davon sind die Parzellen, die Stallmist erhalten und diejenigen, in denen Klee gras als Untersaat angelegt wurde. Hier wurde das Stroh der Deckfrucht abgefahren. Auf das Belassen des Strohs auf den Parzellen mit Untersaat war verzichtet worden, weil das Risiko, dass durch Abdeckeffekte die Entwicklung der eingesäten Feldfutterbaumischung, die jeweils überjährlig bis mehrjährlig genutzt werden soll, beeinträchtigt wird, zu groß war, zumal kein Versuchsmähdrescher mit Stroh häcksler vorhanden ist.

Klee grasbestände oder Zwischenfrüchte, denen eine Sommerung nachfolgte, wurden erst im Frühjahr vor dem Anbau der nächsten Frucht umgebrochen.

Für die Berechnung der Erträge der Fruchtarten wurde das Jahr 1998 weggelassen, da im ersten Anbaujahr nach der jeweils gleichen Vorfrucht keine Fruchtfolgewirkungen zu erwarten waren. Die nachfolgend dargestellten Berechnungen beziehen sich daher auf den sechsjährigen Zeitraum von 1999 bis 2004.

Tab. 1: Anlageplan Fruchtfolgeversuch Viehhausen, Ernte 2004

Anb.Nr.	FF	K-Bez	Art	Sorte	Düngung	As. KG So-zw-fr.		Anb.Nr.	FF	K-Bez	Art	Sorte	Düngung	As. KG So-zw-fr.	
1	1	KG1	Kleegras 1HNJ	FM3	0	0	0	12	4	KG-B	Kleegras Br. 1HN. FM3	Gründüngung		0	0
2	1	KG2	Kleegras 2HNJ	FM3	0	0	0	13	4	KA	Kartoffel	Agria	0	0	0
3	1	KA	Kartoffel	Agria	30cbmG.	0	0	14	4	WW	Winterweizen	Achat	0	U FM3	0
4	1	WW	Winterweizen	Achat	20 cbm G.	U WKL	WKL	15	5	KG-B	Kleegras Br. 1HN. FM3	Gründüngung		0	0
5	1	WR	Winterroggen	Nikita	20cbmG BlankHe.FM3			16	5	WW	Winterweizen	Achat	0	U WKL	WKL
6	2	KG1	Kleegras 1HNJ	FM3	0	0	0	17	5	SG	Sommergerste	Ria	0	Blank He.FM3	0
7	2	KA	Kartoffel	Agria	30cbmG.	0	0	18	6	SJ	Sojabohne	Merlin	0		0
8	2	WW	Winterweizen	Achat	20cbmG.	U FM3	0	19	6	WW	Winterweizen	Achat	0	U WKL	WKL
9	3	KG1	Kleegras 1HNJ	FM3	0	0	0	20	6	SG	Sommergerste	Ria	0	0	Stoppels.WIS-HA.Gem.
10	3	KA	Kartoffel	Agria	Stallm. 200 dt/ha	0	0								
11	3	WW	Winterweizen	Achat	0	U FM3	0								



Breite 176m

8m  
8m  
16m (18m)

Tiefe 86m

### 3 Pflanzenbau-Ertragsrelationen und Qualitätsparameter

Günter Pommer, Rupert Fuchs

Es werden die Erträge von Fruchtarten verglichen, die in verschiedenen Fruchtfolgen angebaut wurden. Dies ist beim Weizen (6 Fruchtfolgen), der Kartoffel (4 Fruchtfolgen), dem Klee gras (3 Fruchtfolgen) und der Sommergerste (2 Fruchtfolgen) der Fall.

Angebaut wurde im Erntejahr 2004 die EU-Sorte Winterweizen Achat, die in ihren Qualitätseigenschaften in etwa einer E-Sorte nach Einstufung Bundessortenamt entspricht, in den Erntejahren 2000 und 2002 die Winterweizensorte Bussard, ebenfalls E-Sorte, 1999 die Winterweizensorte Batis, A-Sorte. 2001 und 2003 wurde wegen ungünstiger Witterung beim beabsichtigten Saattermin statt Winterweizen Sommerweizen, Sorte Triso, angebaut.

Tab. 2: Einfluss der Fruchtfolge sowie der Art und Höhe der organischen Düngung auf den Kornertrag von Weizen (1999 – 2004)

Fruchtfolge	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6
<b>Vorvorfrucht</b>	Klee gras 2-jährig	Klee gras 1-jährig	Klee gras 1-jährig	Klee gras Rot. Brache*	Sommer- gerste	Sommer- gerste
<b>Vorfrucht</b>	Kartoffel	Kartoffel	Kartoffel	Kartoffel	Klee gras Rot. Brache*	Ackerbohnen bzw. Futter- erbsen bzw. Sojabohnen
<b>org. Düngung</b>	Gülle  Weizen-, Roggenstroh	Gülle	Stallmist	Gründüngung Klee gras Grünbrache	Gründüngung Klee gras, Weizen-, Gerstenstroh Weißklee Sommerzwi- schenfrucht	Weizen-, Gerstenstroh Weißklee Sommerzwi- schenfrucht, Hafer/Wicken- Gemenge als abfrierende Winterzwi- schenfrucht
gedüngte N- Menge (kg/ha*a)	55,2	65,7	42,5	-	-	-
Ertrag dt/ha /SNK**	43,7 a	41,7 a b	35,2 d	38,0 c	40,5 b	27,4 e
Ertrag rel.	116	110	93	101	107	72

\* R. G. = Rotationsgrünbrache

\*\* Werte, die sich nicht signifikant unterscheiden (SNK- Test, P = 5 %) sind mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet.

Der höchste Weizenertrag wurde in Fruchtfolge FF1 mit zweijährigem Klee gras und Gülledüngung erreicht. Der Mehrertrag im Vergleich zu FF2 ist nicht signifikant, zu allen anderen jedoch signifikant.

Die Weizenerträge der Fruchtfolgen 2 und 5 lagen gleich hoch. Weizen in zweiter Marktfruchtstellung mit Gülledüngung war demnach ähnlich gut mit Stickstoff versorgt wie Weizen, der direkt nach Grünbrache mit Klee gras angebaut wurde. Weizen in zweiter Marktfruchtstellung nach Klee gras Grünbrache (FF4) fiel im Ertrag signifikant zu Weizen in erster Marktfruchtstellung (FF5) ab. In FF3, in der die organische Düngung als Stallmist zu Kartoffeln gegeben wird, wurden deutlich geringere Weizenerträge erzielt, als in den Fruchtfolgen mit Gülledüngung oder Grünbrachen. In der viehlosen Fruchtfolge mit Körnerleguminosen (FF6) fiel der Ertrag extrem ab. Diese Reaktion ist nicht allein fruchtfolgespezifisch, sondern u. a. auch verursacht durch schlechte Bestände der Futtererbsen in den Jahren 1998 (starker Erbsenwicklerbefall) und 2002 (starker Erbsenwicklerbefall, Fußkrankheiten) und auch der Ackerbohnen im Jahr 2003 (Sommertrockenheit).

Die Fruchtfolgen übten Einfluss auf die Backqualität des Weizens aus (Tab. 3). Da die Preise für Backweizen zumeist nach ihren Feuchtklebergehalten festgelegt werden wurde dieser Parameter zum Vergleich herangezogen. Die Weizen der Fruchtfolgen 1, 2, 4 und 5 erreichten die erforderlichen Werte für Backweizen, der Weizen der FF3 wäre nur noch mit Abschlägen als Backweizen vermarktbar und der Weizen aus Fruchtfolge 6 kann nur noch als Futterweizen vermarktet werden.

Tab. 3: Einfluss der Fruchtfolge auf die Backqualität von Winter-/Sommerweizen (2001 – 2003)

Fruchtfolge	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6
<b>Vorfrucht</b>	Kartoffel	Kartoffel	Kartoffel	Kartoffel	Klee gras, Rot. Brache	Ackerbohnen bzw. Futter- erbsen bzw. Sojabohnen
<b>org. Düngung</b>	Gülle Weizen-, Roggen- stroh	Gülle	Stallmist	Gründüngung Klee gras Grün- brache	Gründüngung Klee gras, Weizen-, Gers- tenstroh Weißklee Som- merzwi- schenfrucht	Weizen-, Gerstenstroh Weißklee Sommerzwi- schenfrucht, Hafer/Wicken- Gemenge als abfrierende Winterzwi- schenfrucht
<b>Backqualität</b>						
Rohprotein %	10,8	10,6	10,4	10,9	11,1	9,9
Feuchtkleber %	25,4	24,2	22,7	24,4	24,6	21,0
Sediwert, Einh.	22	21	20	23	27	19
Backvolumen ml	605	612	588	616	622	605
Fallzahl Sek.	354	328	320	384	393	336

Allen 4 Parametern der Backqualität (Feuchtklebergehalt, Sedimentationswert, Backvolumen, Fallzahl) ist zu entnehmen, dass die Stickstoffversorgung der Bestände in späteren Entwicklungsstadien in den Fruchtfolgen 3 und 6 ungenügend war.

In Tabelle 4 ist der Einfluss der Fruchtfolgen auf den Marktwarenertrag von Kartoffeln wiedergegeben. Bei dieser gewinnträchtigen Fruchtart, die immer in bevorzugter Stellung nach dem Klee gras stand, kam es zu einer wenig ausgeprägten Differenzierung im Knollen ertrag. Die Erträge der FF1 waren denen der FF2 und FF3 signifikant überlegen. Angebaut wurden die Sorten Linda (1999 – 2000) und Agria (2001 - 2004).

Tab. 4: Einfluss der Fruchtfolge auf den Marktwarenertrag (ohne Untergrößen) von Kartoffeln (1999 – 2004)

Fruchtfolge	FF1	FF2	FF3	FF4
<b>Vorvorfrucht</b>	KLG <sup>+</sup> 1-HNJ	Weizen	Weizen	Weizen
<b>Vorfrucht</b>	KLG <sup>+</sup> 2-HNJ	KLG <sup>+</sup> 1 HNJ	KLG <sup>+</sup> 1HNJ	KLG <sup>+</sup> Rot. Brache
<b>org. Düngung</b>	Gülle Weizen-, Roggen- stroh	Gülle	Stallmist	Gründüngung Klee- gras-Aufwüchse Grün- brache
Ertrag dt/ha/SNK**	355,0 a	334,6 b	332,4 b	350,6 a b
Ertrag rel.	103	97	97	102

\* KLG = Klee gras, HNJ = Hauptnutzungsjahr; \*\* Werte, die sich nicht signifikant unterscheiden (SNK-Test, P = 5 %) sind mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet.

Alle Klee graserträge (Tab. 5) lagen auf einem hohen Niveau und unterschieden sich nicht signifikant. Die Klee grasbestände waren in jedem Anbaujahr gut gelungen und konnten ihre Funktion als aufbauende Frucht voll erfüllen.

Tab. 5: Einfluss der Fruchtfolge und der Anbaudauer auf den Ertrag von Klee gras (1999 – 2004)

Fruchtfolge	FF1	FF1	FF2	FF3
<b>Standjahr/ Saatverfahren</b>	1.HNJ, Blanksaat Herbst	2.HNJ, -	1.HNJ, Untersaat	1.HNJ, Untersaat
<b>Vorvorfrucht</b>	Weizen	Winterroggen	Kartoffel	Kartoffel
<b>Vorfrucht</b>	Winterroggen	Klee gras	Weizen	Weizen
<b>org. Düngung</b>	Gülle/ Weizen-, Rog- genstroh	Gülle/ Weizen-, Rog- genstroh	Gülle	Stallmist
Ertrag dt/ha TS/SNK**	141,0 a	142,4 a	134,7 a	139,2 a
Ertrag rel.	101	102	96	100

\* = Klee gras, HNJ = Hauptnutzungsjahr; \*\*\* Werte, die sich nicht signifikant unterscheiden (SNK-Test, P = 5 %) sind mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet.

Die Sommergerste (Tab. 6) wurde nur in den FF5 und FF6 viehloser Betriebe als zweite Marktfrucht angebaut. Der Anbau erfolgte nach dem Umbruch einer überwinternden Untersaat mit Weißklee im Winterweizen. Infolge von Vorvorfruchtwirkungen war die Sommergerste der FF5 mit Rotationsbrache Klee gras derjenigen der FF6 mit Körnerleguminosen signifikant im Ertrag überlegen. Die Brauqualität (Rohproteingehalt, Malzqualitätsindex, HL- Gewicht und Vollgerstenanteil), wurde von der Fruchtfolgegestaltung nicht beeinflusst.

Tab. 6: Einfluss der Fruchtfolge auf Ertrag und Qualität von Sommergerste

Fruchtfolge	FF5	FF6
Vorvorfrucht	Gründüngung Klee gras-Aufwüchse Grünbrache	Ackerbohnen bzw. Futtererbsen bzw. Sojabohnen
Vorfrucht	Weizen	Weizen
org. Düngung	Weizen-, Gerstenstroh, Weißklee Sommerzwischenfrucht	Weizen-, Gerstenstroh, Weißklee Sommerzeichenfrucht, Hafer/Wickengemenge als abfrierende Winterzwischenfrucht
Ertrag dt/ha/SNK**	38,5 a	34,1 b
Ertrag rel.	106	94
Rohprotein (2002/2003)	9,4	9,3
Malzqualitätsindex* (2002/2003)	10,7	10,9
HL-Gewicht kg	69,8	69,9
Vollgerstenanteil	84,6	84,0

\* Malzqualitätsindex (MQI); Für die Berechnung des Malzqualitätsindex werden auf Empfehlung des Wissenschaftlichen Beirates der Braugerstengemeinschaft folgende Malzqualitätsparameter herangezogen: VZ 45°C (Hartongzahl), Friabilimeter, Extrakt und Endvergärung

\*\* Werte, die sich nicht signifikant unterscheiden (SNK-Test, P = 5 %) sind mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet.

In Tabelle 7 wird die Düngewirkung von Gülle im Vergleich zu der von Stallmist in den Fruchtfolgen 2 und 3 dargestellt. Bei Weizen führte die Güllendüngung zu signifikanten Mehrerträgen, die sich mit der gezielten Gabe von schnell verfügbarem Stickstoff und der höheren gedüngten Stickstoffmenge erklären lassen. Bei der Kartoffel hingegen waren keine Ertragsunterschiede erkennbar. Zu ihr wurde der gesamte Stallmist direkt vor der Bestellung verabreicht, so dass die Kartoffel nur den im Stallmist enthaltenen schnell verfügbaren Stickstoff nutzen konnte. Obwohl der schnell verfügbare Stickstoff im Stallmist nur etwa ein Drittel des Stickstoffs der Güllengebe in FF2 ausmacht, kam es zu keinen Ertragsunterschieden. Klee gras, weitgehend unabhängig von Stickstoffdüngern, verzeichnete in der Stallmistvariante einen leichten Ertragszuwachs.

Bei einem Vergleich beider Düngerarten ist zu bedenken, dass mit dem Stallmist eine vergleichsweise niedrigere Stickstoffmenge, siehe Tab. A (Anhang) ausgebracht wurde.

Zudem benötigt er mit seinem hohen Gehalt an organisch gebundenem Stickstoff lange Anlaufzeiten, um ein Stickstoffdepot im Boden aufzubauen, das somit erst nach Jahren eine Düngerwirkung zeigen kann. Der weitere Versuchsverlauf soll klären, wie sich unterschiedliche Wirkungen von Gülle und Stallmist ausprägen. Dazu ist vorgesehen ab 2008 die mit Stallmist und Gülle jeweils ausgebrachte N-Menge anzugleichen.

Tab. 7: Vergleich der Düngewirkung von Gülle und Stallmist bei Kartoffel, Weizen und Klee gras (1999 – 2004)

Düngermenge kg N/ha*a	Düngerart	Düngewirkung bei					
		Kartoffel		Weizen		Klee gras	
		dt/ha	rel.	dt/ha	rel.	dt/ha	rel.
65,7	Gülle (FF2)	335 a	100	41,7 a	100	134,7 a	100
42,5	Stallmist (FF3)	332 a	99	35,2 b	84	139,2 a	103

\*\* Werte (Vergleich innerhalb der Fruchtart), die sich nicht signifikant unterscheiden (SNK-Test, P = 5 %) sind mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet.

## 4 Auswirkungen auf Humusgehalt und Humusqualität

Peter Capriel, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Nach sechsjähriger Versuchsdauer waren zwei Anbauzyklen der dreigliedrigen Fruchtfolgen (FF2 – FF6) durchlaufen. Im Frühjahr 2004 wurden Bodenproben gezogen und auf Humusparameter (organischer Kohlenstoff  $C_{org}$ , Gesamtstickstoff  $N_t$ ,  $C_{org}/N_t$  Verhältnis) und Parameter der Bodenmikrobiologie (Biomasse, Bodenatmung, Katalaseaktivität) untersucht, um Unterschiede in den Humuskennwerten der Böden zu erkennen. Dabei wurden dieselben Parzellen beprobt, an denen im Frühjahr 1998 die anfänglichen Proben gezogen worden waren. Diese Situation war in FF1 mit fünf Anbaufrüchten nicht gegeben. Deshalb werden von ihr keine Ergebnisse mitgeteilt, weil die mikrobiologischen Parameter bekanntlich von der angebauten Frucht stark beeinflusst werden.

Von jeder Fruchtfolge wurden die Parzellen, auf denen Winterweizen angebaut war, beprobt. Von jeder Parzelle (Wiederholung) wurden ca. 40 Einstiche (Tiefe 0 - 10 cm) zu einer Mischprobe vereinigt. Das ergibt drei Mischproben für jede Fruchtfolge. Für jede Mischprobe wurden die Humuskennwerte und die mikrobiologischen Parameter bestimmt.

In der sechsjährigen Laufzeit des Versuchs sind die Humusgehalte ( $C_{org}$ ,  $N_t$ ) leicht angestiegen (Tab. 8), obwohl diese Zeitspanne zur Feststellung von durch Bewirtschaftung verursachten Veränderungen noch relativ gering ist. Dabei ist der prozentuale Anstieg beim Gesamtstickstoff mit durchschnittlich 5% deutlicher als beim organischen Kohlenstoff mit etwa 3%. Die Fruchtfolge mit Stallmist (FF3) liegt mit einem prozentualen Anstieg von jeweils 8 und 10% für  $C_{org}$  und  $N_t$  über dem Durchschnitt. Die Differenzen zwischen 1998 und 2004 sind jedoch bei keiner Fruchtfolge-Variante signifikant (T – Test,  $p = 0,05$ ).

Das C/N – Verhältnis, der klassische Indikator für die Humusqualität, zeigt bei allen Fruchtfolge - Varianten eine abnehmende Tendenz, was auf eine Stickstoff - Anreicherung im Boden hindeutet (Tab. 8). Bemerkenswert ist, dass diese N - Anreicherung auch bei den Fruchtfolgen ohne Gülle bzw. Stallmist zu beobachten ist. Allerdings sind auch hier die Differenzen zwischen 1998 und 2004 nicht signifikant (T – Test,  $p = 0,05$ ).

Tab. 8: Entwicklung der Humuskennwerte im Zeitraum 1998 – 2004

FF	Mittelwert 1998			Mittelwert 2004			Diff. 1998 - 2004		
	C <sub>org</sub>	N <sub>t</sub>	C <sub>org</sub> /N <sub>t</sub>	C <sub>org</sub>	N <sub>t</sub>	C <sub>org</sub> /N <sub>t</sub>	C <sub>org</sub>	N <sub>t</sub>	C <sub>org</sub> /N <sub>t</sub>
2	12,8	1,20	10,7	13,3	1,26	10,5	0,5	0,06	-0,13
3	11,7	1,12	10,5	12,6	1,23	10,3	0,9	0,11	-0,17
4	12,2	1,17	10,4	12,3	1,21	10,1	0,1	0,04	-0,27
5	12,1	1,17	10,3	12,5	1,23	10,1	0,4	0,06	-0,18
6	11,8	1,14	10,4	12,0	1,18	10,2	0,2	0,03	-0,18

C<sub>org</sub> in mg C/g

N<sub>t</sub> in mg N/g

Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus jeweils drei Einzelwerten

## 5 Auswirkungen auf die Bodenmikrobiologie

Robert Beck, Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Bodenmikroorganismen und ihre Stoffwechsellleistungen spielen eine zentrale Rolle in Hinblick auf eine langfristige Bodenfruchtbarkeit. Im Forschungsvorhaben wurde die Aktivität der Mikroorganismen über eine substratinduzierte Respiration ermittelt. Hieraus ergibt sich der Anteil an mikrobiologischem Kohlenstoff ( $C_{mic}$ ) ausgedrückt in  $\mu\text{g C/gTS}$ . Für alle Fragen nach der Bodenfruchtbarkeit ist neben dem  $C_{mic}$ -Gehalt vor allem das  $C_{mic}/C_{org}$ -Verhältnis entscheidend. Es gibt den Prozentsatz des in mikrobieller Biomasse festgelegten C zum Gesamt  $C_{org}$ -Gehalt eines Bodens an, d. h. ein Kennwert, der die Besiedlungsdichte unabhängig vom Humusgehalt charakterisiert. Ein hohes  $C_{mic}/C_{org}$ -Verhältnis kennzeichnet einen gut belebten Boden und lässt auf eine langfristige Humusmehrung schließen.

Nach sechsjähriger Versuchslaufzeit ist sowohl die mikrobielle Biomasse als auch das  $C_{mic}/C_{org}$  Verhältnis über alle Versuchsglieder gesehen signifikant angestiegen (siehe Tabelle 9).

Tab. 9: Veränderungen der bodenmikrobiologischen Kennwerte nach 6-jähriger Versuchsdauer im Mittel der Fruchtfolgen FF 2 – FF 6

Zeitpunkt der Messung	$C_{mic}$ $\mu\text{g C/gTS}$	$C_{mic}$ stat. Test	$C_{org}$	$C_{org}$ stat. Test	$C_{mic}/C_{org}$ - Verhältnis
1998	326	a	12,1	a	2,69
2004	394	b	12,5	a	3,15

Über die einzelnen Versuchsglieder gesehen nahmen beide bodenmikrobiologische Parameter von FF 2 nach FF 6 zwar kontinuierlich ab (siehe Tabelle 10), lagen aber jeweils noch deutlich über dem Ausgangswert (vgl. Tabelle 9). Dies bedeutet, dass es bei gleichbleibender Bewirtschaftungsweise in jedem Versuchsglied langfristig zu einer Humusmehrung kommen sollte.

Tab. 10: Auswirkungen unterschiedlicher Fruchtfolgen auf bodenmikrobiologische Parameter (Kennwerte, Beprobung Frühjahr 2004)

Fruchtfolge	$C_{mic}$ $\mu\text{g C/gTS}$	$C_{mic}$ stat. Test	$C_{org}$	$C_{org}$ stat. Test	$C_{mic}/C_{org}$ - Verhältnis
FF 2	440	a	13,3	a	3,31
FF 3	395	a	12,6	a	3,13
FF 4	381	a	12,3	a	3,10
FF 5	394	a	12,5	a	3,15
FF 6	363	a	12,0	a	3,03
Mittel	394		12,5		3,15

## 6 Schlussfolgerungen

Günter Pommer, Rupert Fuchs

Die Fruchtfolge FF1 - 2-jähriges Klee gras – Kartoffeln - Winterweizen mit Weißklee in Untersaat - Winterroggen (mit Gülledüngung zu Kartoffeln und den Getreidearten) – erzielt beim Weizen die höchsten Kornerträge und die besten Ausprägungen der Qualitätsparameter. Letztere erreichen im Zeitraum 2000 – 2003, einmal Bussard, zweimal Triso mit einem durchschnittlichen Feuchtklebergehalt von 25,4 % nur ein knappes Niveau. In der Fruchtfolge FF1 sind auch die Kartoffel- und Klee graserträge am höchsten.

An zweiter Stelle folgt die Fruchtfolge FF2 - überjähriges Klee gras – Kartoffeln - Winterweizen (mit Gülledüngung zu Kartoffel und Weizen) - wobei im Vergleich zu FF1 beim Weizen geringe Mindererträge und Qualitätseinbußen bestehen, die sich auch bei den Kartoffel- und Klee graserträgen fortsetzen.

Die Fruchtfolge FF3 - überjähriges Klee gras – Kartoffeln - Winterweizen (mit Stallmist zu Kartoffel) - liegt im Vergleich zu FF2 bei den Kartoffelerträgen gleich auf. Sie erbringt höhere Klee graserträge und niedrigere Weizen erträge sowie schlechtere Weizenqualitäten. Der Vergleich ist jedoch durch die verschiedenen Nährstoffmengen gestört (FF1: 55 kg N/ha\*a, FF2: 66 kg N/ha\*a, FF3: 43 kg N/ha\*a). Dies soll zukünftig angeglichen werden.

Die Fruchtfolge FF4 - überjähriges Klee gras zur Gründung als Rotationsgrünbrache - Kartoffeln – Winterweizen - erbringt bei Kartoffel ansprechende Erträge, erfüllt aber beim Weizen weder die Ertrags- noch die Qualitätserwartungen.

Bei den Fruchtfolgen ohne Viehhaltung liegt die Folge FF5 - überjähriges Klee gras zur Gründung als Rotationsgrünbrache - Weizen mit Weißkleeuntersaat – Sommergerste - beim Kornertrag und den Qualitätsparametern des Weizens und der Sommergerste unerwartet günstig.

Die Fruchtfolge FF6 – Futtererbsen, Ackerbohnen oder Sojabohnen - Winterweizen mit Weißkleeuntersaat - Sommergerste mit einer Sommerzwischenfrucht aus Hafer/Sommerwicken/- Gemenges als Stoppelsaat mit Umbruchzeitpunkt im Frühjahr - erfüllt weder beim Weizen die Ertrags- und die Qualitätserwartungen noch bei der Sommergerste die Ertragserwartungen.

Die Absicht, das kostenverursachende Klee gras einer Rotationsgrünbrache durch eine vermarktungsfähige Futtererbse bzw. Ackerbohnen bzw. Sojabohne zu ersetzen, führt im Versuch zu unzureichenden Ertrags- und Qualitätserwartungen beim Weizen und ebenso unzureichenden Erträgen bei der Sommergerste.

Eine belastbare Bewertung ist in dem betrachteten Zeitraum von nur sechs Anbaujahren noch nicht möglich. Der Versuch wird fortgeführt.

## **7 Literatur**

Bundessortenamt (Hrsg.) (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Landbuch Verlagsgesellschaft mbH, Hannover, 328 S.

Bayerische Landesanstalt f. Landwirtschaft (Hrsg.)(2003): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. 7. überarbeitete Auflage

## 8 Anhang

Tab. A: Kalkulationsgrundlagen, ausgebrachte Wirtschaftsdünger in dt/ha\*a, ausgebrachte N-Menge in kg/ha\*a und daraus errechneter hypothetischer Viehbesatz

Fuchs Rupert & Wendland Matthias

Fruchtfolge	Fruchtart	Wirtschaftsdünger	ausgebrachte Menge m <sup>3</sup> bzw. dt/ha	Fläche in ha	ausgebrachte N-Menge kg/ha (s. Tab. B u. C)	GV-Besatz, (Kuh, Kalb, Kalbin, 6jährige Nutzungsdauer)/ha		
						ausgebrachte Wirtschaftsdünger	erfütterbar mit Grüngutrockenmasse /ha 100 dt/ha s. Tab. E	120 dt/ha s. Tab. E
FF1	Kleegras 1.HNJ	ohne	0,0	1	0			
	Kleegras 2.HNJ	ohne	0,0	1	0			
	Kartoffel	Gülle ca. 8% TS	30,0	1	118			
	Winterweizen	Gülle ca. 8% TS	20,0	1	79			
	Winterroggen	Gülle ca. 8% TS	20,0	1	79			
	Gesamt	Gülle ca. 8% TS	70,0	5	276			
FF1	Mittel/1ha	Gülle ca. 8% TS	14,0	1	55,2	0,51	0,52	0,63
FF2	Kleegras 1.HNJ	Gülle ca. 8% TS	0,0	1	0			
	Kartoffel	Gülle ca. 8% TS	30,0	1	118			
	Winterweizen	Gülle ca. 8% TS	20,0	1	79			
	Gesamt	Gülle ca. 8% TS	50,0	3	197			
FF2	Mittel/1ha	Gülle ca. 8% TS	16,7	1	65,7	0,61	0,43	0,52
FF3	Kleegras 1.HNJ	ohne	0,0	1	0			
	Kartoffel	Stallmist	200,0	1	127,6			
	Winterweizen	ohne	0,0	1	0			
	Gesamt	Stallmist	200,0	3	127,6			
FF3	Mittel/1ha	Stallmist	66,7		42,5	0,33	0,43	0,52

Tab. B: Gülleanfall und N-Gehalt (Quelle: Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft 2003)

Tierart	Anfall /Tier und Jahr in m <sup>3</sup> bei 7,5% TS	Anteil bei 6jähriger Nutzungsdauer	Anteilige Güllemenge m <sup>3</sup> bei 7,5% TS /Jahr	N-Gehalt kg/m <sup>3</sup> der Gülle bei 7,5%TS	Anteilige Güllemenge m <sup>3</sup> bei 8,0% TS /Jahr	N-Gehalt kg/m <sup>3</sup> der Gülle bei 8,0%TS
Milchkuh, 6000 l/Jahr	24,9	1	24,9	3,7	23,3	3,9
Kalb	2,6	0,15	0,4	4,8	0,4	5,1
Kalbin	10,3	0,36	3,7	3,5	3,5	3,7
Milchkuh und Nachzucht	-	-	29	3,67	27,2	3,94

Tab. C: Anfall an Rottemist 25% TS, Tiefstall, und N-Gehalt (nach Abzug von Lagerverlusten in Höhe von 10 %) ( Quelle: Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft 2003)

Tierart	Anfall/Jahr in dt bei 9,0 kg Einstreu /Tag	Anteil bei 6jähriger Nutzungsdauer	Anteilige Menge/Jahr in dt	N-Gehalt kg/t	Anfall / Jahr kg N
Milchkuh, 6000 l/Jahr	170,0	1	170	6,5	110,5
Kalb	20,0	0,15	3	7,5	2,3
Kalbin	75,0	0,36	27	5,5	14,8
Milchkuh und Nachzucht			200	6,38	127,6

Tab. D: Kalkulationsgrundlagen Fütterung und Futtererzeugung an Grüngut-trockenmasse auf dem Feld in dt für 1 Kuh (680 kg LG) bei der unterstellten Fütterung, nur Grundfutter, ohne Berücksichtigung des Kraftfittereinsatzes einschließlich Nachzucht bei 6jähriger Nutzungsdauer

Fuchs Rupert & Steinberger Siegfried

	Periode	Grundfutterart	kg TM/ Tag, je nach Qualität	dt TM/ Periode	Feld u. Lagerver- luste TM in %	Grüngut- trocken- masse auf dem Feld in dt	Grüngut, 18% TM, Grünmasse auf dem Feld in dt
Kuh, 680 kg LG	Sommerfütte- rung (200 Tage)	Grünfütter Klee- Luzernegras, 18%TM	11 - 15	22,0 - 30,0	10	24,4 - 33,3	135,6 - 185,0
	Sommerfütte- rung (200 Tage)	Heu, 84%TM	1	1,7	25	2,3	12,8
	Winterfütte- rung (165 Tage)	Anwelksilage aus Klee- Luzernegras, 35%TM	10 - 14	16,5 - 23,1	15	19,4 - 27,2	107,8 - 151,1
	Winterfütte- rung (165 Tage)	Heu, 84%TM	1	1,4	25	1,9	10,6
	Gesamt Jahr		-			48,0 -64,7	266,7 -359,4
Kalb bis 12 Monate		kein Grundfütter- einsatz	2-8				
Kalbin, ab 12 Monate	Sommerfütte- rung (200 Tage)	Grünfütterung mit Klee-Luzernegras	11 - 15	22,0 - 30,0	10	24,4 - 33,3	135,6 - 185,0
	Sommerfütte- rung (200 Tage)	Heu	1	1,7	25	2,3	12,8
	Winterfütte- rung (165 Tage)	Anwelksilage Klee-Luzernegras	10 - 14	16,5 - 23,1	15	19,4 - 27,2	107,8 - 151,1
	Winterfütte- rung (165 Tage)	Heu	1	1,4	25	1,9	10,6
	Gesamt Jahr					48,0 -64,7	266,7 -359,4
Kalbin, an- teilig 0,36 GV, bei 6jähr. Nut- zungsdauer	Gesamt Jahr					17,3 - 23,3	96,0 - 129,4
<b>Kuh, 680 kg LG und Nachzucht, 6jähr. Nut- zungsdauer</b>	<b>Gesamt Jahr</b>					<b>65,3 - 88,0</b> <b>Mittel: 76,6</b>	<b>362,7 - 488,8</b> <b>Mittel: 425,8</b>

#### Hypothetische Grundfutterfläche im Ackerbaubetrieb:

Werden auf einem Hektar Klee gras bei 3 Schnitten 100 dt/ha an Trockenmasse geerntet, so kann hiermit der Grundfutterbedarf 1,14 bis 1,53 (bei 120 dt/ha: **1,36 bis 1,86**) Rinder mit 680 kg LG einschließlich Nachzucht gedeckt werden.

Tab. E: Fruchtfolge, Flächenanteile des Kleegrases – reicht zur Versorgung mit Grundfutter für Kühe mit 680 kg Lebendgewicht, mit Nachzucht, bei 6jähriger Nutzungsdauer

Fruchtfolge	Flächenanteil Klee gras an der Fruchtfolge		Flächenertrag an Grüngut-trockenmasse Feld in dt/ha		reicht für Kühe bei	
	ha	Bruchteil	Hypothese 1	Hypothese 2	Hypothese1	Hypothese2
FF1	2 von 5	0,40	100	120	0,52	0,63
FF2	1 von 3	0,33	100	120	0,43	0,52
FF3	1 von 3	0,33	100	120	0,43	0,52

unterstellter Bedarf an Grünguttrockenmasse Feld in dt für 1 Kuh nach Tab. D: 76,6