

Leitthema: „Mehr Eiweiß vom Grünland und Feldfutterbau“



***Leguminosen im Futterbau:
Aktuelle und zukünftige Bedeutung sowie
Forschungsbedarf***

Ralf Loges

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
- Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau –
-Christian Albrechts Universität zu Kiel



Das Interesse am Anbau von Leguminosen-Gras-Beständen im Ackerfutterbau ist in der letzten Zeit stark gestiegen.

Gründe hier für sind:

- **Ihr hoher Rohprotein-Gehalt**, da die weltweit generell gewachsene Nachfrage kurz- und langfristig zu steigenden Preisen für Proteinfuttermittel führte und weiter führt.
- **Ihre Eigenschaft zur Selbstversorgung mit N**, denn langfristig wird die Verknappung nicht erneuerbarer Energieträger zu deutlich höheren Preisen für mineralische N-Düngemitteln führen
- **Europaweite Zunahme ökologisch bewirtschafteter Flächen** für die Leguminosen die zentrale N-Quelle sind.
- **Hohe Erwartungen in Bezug auf den Klimaschutz:**
Leguminosenanbau werden in der Literatur als Milderungsstrategie gegenüber dem Klimawandel diskutiert (JENSEN et al 2011)

Möglichkeiten der Integration von
Leguminosenbeständen in die Futterproduktion



- **Nutzung von Kleeartigen im Hauptfruchtfutterbau**
Kleegras, Luzerne(gras)
- **Grobleguminosen in Reinsaat oder Gemenge für die**
 - a) Körnerproduktion bzw. alternativ für die**
 - b) Nutzung als Ganzpflanzensilage**
- **leguminosen- in der Regel weißkleebasiertes Dauergrünland**
- **Nutzung von Kleeartigen bzw. Grobleguminosen im**
Zwischenfruchtfutterbau

Flächenumfang ausgewählter Produktionsverfahren in der Bundesrepublik Deutschland



Produktionsverfahren	Deutschland insgesamt	Ökologischer Landbau	Öko-Anteil
Kleegras	263.000 ha	90.000 ha	34,2 %
Getreide-Körnerleguminosen-GPS	84.600 ha	11.500 ha	13,6 %
Grobleguminosen zur Körnernutzung	97.500 ha	25.500 ha	26,2 %
Zum Vergleich:			
Ackergras	397.500 ha	32.000 ha	8,1 %
Silomais + CCM	2.028.800 ha	7.000 ha	0,3 %
Getreide zur Körnernutzung	6.500.600 ha	294.000 ha	3,1 %
Raps zur Körnernutzung	1.370.000 ha	5.800 ha	0,1 %
Ackerland insgesamt	11.874.100ha	435.000 ha	3,7 %

- nach Jahren des kontinuierlichen Rückgangs des Kleegrasanbaus wird derzeit eine, wenn auch überschaubare Zunahme des Kleegrasanbaus verzeichnet

- im Bereich der Körnerleguminosen tut sich wenig, selbst der Ökolandbau beklagt Rückgänge und deckt seinen Bedarf zu großen Teilen aus Importen



Ursachen für das geringe Potenzial von Körnerleguminosen

- **In Deutschland werden mit Körnerleguminosen im Durchschnitt nur halb so hohe Kornerträge erzielt wie mit Getreide**
(BMLEV, 2013: 35 dt/ha im Vergleich zu 69,7 dt/ha)
- **Großes Anbaurisiko**
- **Hohe Flächenpreise im Vergleich zu den Soja-Herkunftsländern**
- **Große Konkurrenz durch höherwertiges Soja- bzw. Rapsextraktionsschrot**
- **Niedrige Energiekonzentrationen von Ganzpflanzensilagen**
(5,69-5,71 MJ NEL im Vergleich zu Ackergras mit 6 bis 6,3 bzw. zu Mais mit 6,3 bis 6,7 MJ NEL (siehe LFL, 2012))
- **Geringere Humusleistungen bzw. Luftstickstoffbindeleitungen als Klee gras**

N-Fixierungsleistungen produktiver Leguminosenbestände in Norddeutschland



Bestandstyp bzw. Nutzungsform	Potentiell erntbare Biomasse (dt TM/ha)	N ₂ -Fixierung (kg N/ha)	Ernterückstände		
			org. Substanz (dt OM/ha)	N-Menge (kg N/ha)	N-Konzentration (% d. OM)
überjähr. Klee gras- Grünbrache	80 – 115 ^a	75 – 200	70 – 104	120 – 269	1,4 – 2,6
überjähr. futterbaulich genutztes Klee gras aus Untersaat	85 – 131 ^b	190 – 380	40 – 65	82 – 126	1,5 – 2,4
überjähr. futterbaulich genutztes Klee gras aus Blanksaat	80 – 122 ^b	165 – 340	42 – 68	80 – 122	1,6 – 2,3
Körnererbsen	27 – 55 ^c	80 – 220	29 – 58	60 – 101	1,6 – 1,9
Erbsen-Gersten-Gemenge Körnernutzung	28 – 51 ^c	60 – 150	30 – 55	35 – 70	1,0 – 1,4
Erbsen-Gersten-Gemenge Silagenutzung	60 – 90 ^b	60 – 150	14 – 23	20 – 35	1,2 – 1,8
Kleeuntersaat in Getreide	10 – 21 ^a	20 – 70	20 – 30	40 – 85	1,9 – 3,0

^a = Aufwuchs der Gründungsbestände auf dem Feld belassen

^b = geerntete Sprossmasse

^c = Körnertrag bei 0 % Kornfeuchte

aus Loges, R. et al. (2002). Leguminosenanbau richtig machen. bioland 14-15.

Zielsetzung des Vortrages:

- **Bewertung des Leistungspotenziales von Leguminosengrasbeständen in Bezug auf:**
 - **Ertragsleistung**
 - **Futterqualität**
 - Energiedichte
 - Proteingehalte und -qualität
 - Mineralstoffgehalte
 - Silierfähigkeit
 - **Klimarelevanz**
- **Kritische Bewertung des zukünftigen Potenzials**
- **Forschungsbedarf**

Einflussgrößen auf Ertragsleistung, Futterqualität sowie Höhe der N_2 -Fixierung von Leguminosenbeständen
bei gegebenen Standortverhältnissen

Pflanzenbauliche Beeinflussungsmöglichkeiten

- **Bestandszusammensetzung**
 - Leguminosenart bzw. -sorte
 - Begleitpflanzenart bzw. -sorte
 - Zusammensetzung der Saatmischung
- **Nutzungsart bzw. -häufigkeit**
- **Nutzungsdauer**
- **Etablierungsverfahren**
- **Düngung**

Ertragspotential

Effekt der Artenwahl

Dazu Ergebnisse eines 3-jähriger Versuchs zum Anbaupotential

von **Luzerne**, **Rotklee** und **Weißklee**
in Reinsaat sowie im Gemenge mit Dt. Weidelgras
den wir **im Vergleich zur Anbaualternative**
differenziert gedüngter Dt. Weidelgras-Reinsaaten
unter norddeutschen Bedingungen am
Versuchsstandort Hohenschulen mit folgenden
Faktoren durchgeführt haben:

Material und Methoden des Versuches:

Feldversuch durchgeführt in den Jahren 1997-1999 auf dem Versuchsstandort Hohenschulen der Universität Kiel (Bodenart/-typ: sL; 50-55 Bp.; PH: 6,2; Ø-Jahresniederschlag: 716mm Ø-Jahrestemperatur: 7,8°C; mit folgenden Versuchsfaktoren:

1. Leguminosenart

- a) Weißklee (WK) (Sorte: Milkanova)
- b) Rotklee (RK) (Sorte: Maro)
- c) Luzerne (LZ) (Sorte: Planet)

2. Ansaatmischung

- a) Leguminosen-Reinbestand
- b) Leguminosen/Gras (= Mischbestand
mit Dt. Weidelgras (Sorte Mandat))

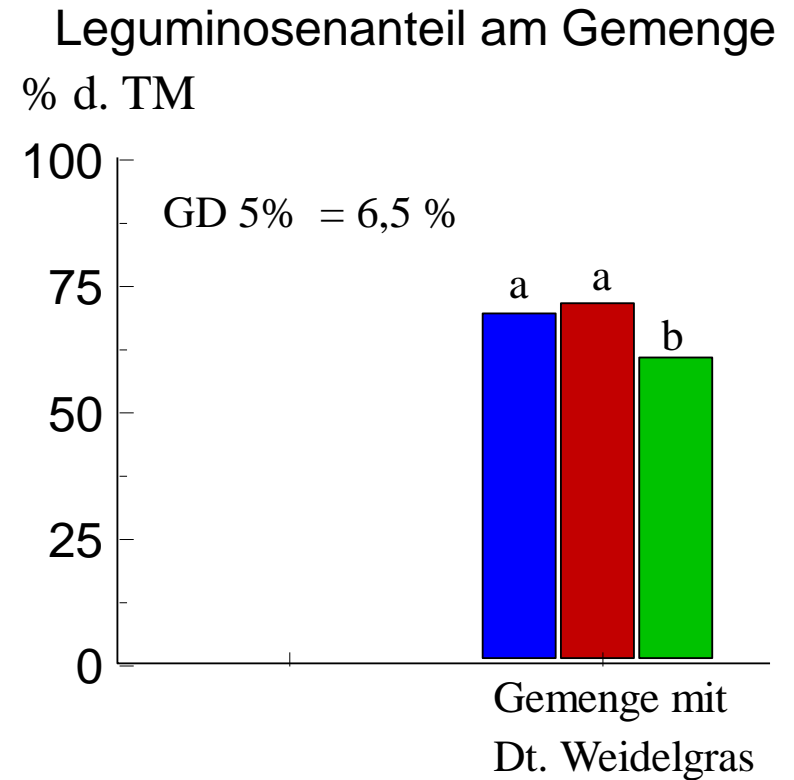
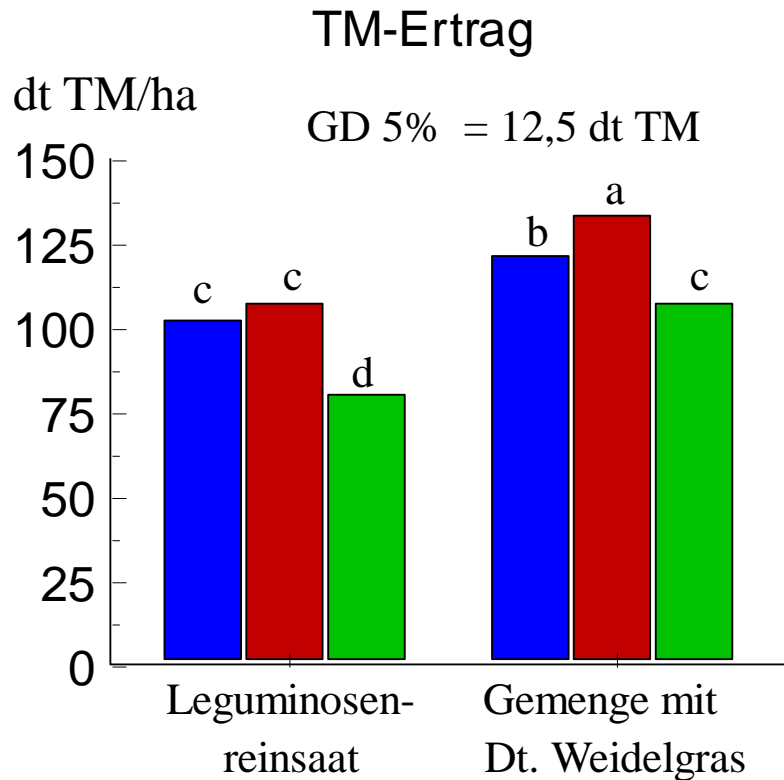
3. Referenzbestände (gedüngte Dt. Weidelgrasreinsaaten):

- a) 0 kg N ha⁻¹
- b) 100 kg N ha⁻¹
- c) 200 kg N ha⁻¹
- d) 300 kg N ha⁻¹
- e) 400 kg N ha⁻¹

Düngungsverteilung: (35%/25%/25%/15%)

Nutzungsart: 4-Schnittnutzung, Leguminosen ohne N-Düngung

Ergebnisse: Trockenmasseertrag u. Leguminosenanteil



F-Test

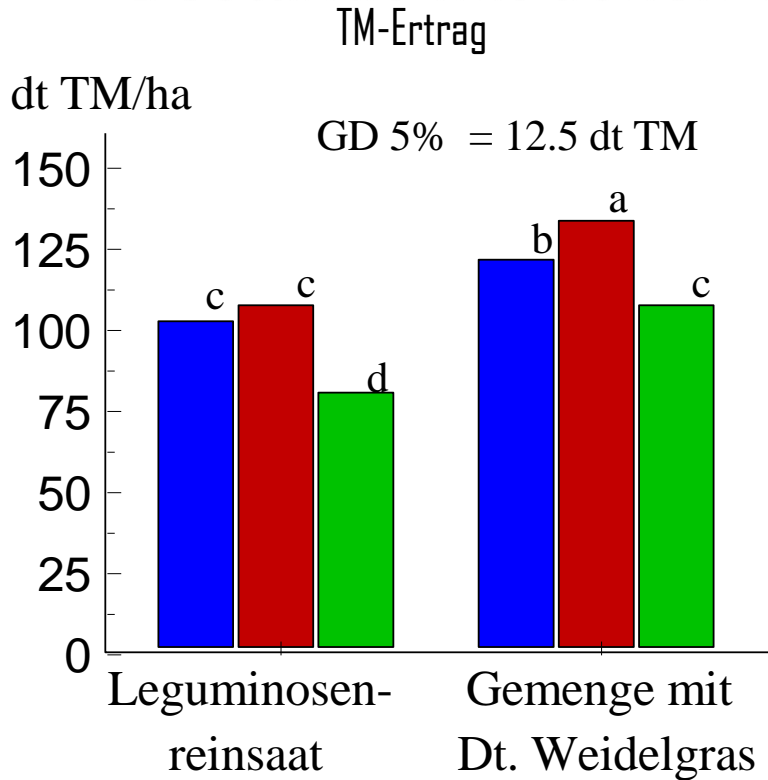
TM-Ertrag	Pr > F
Leg-Art	0.0001***
Saatmischung	0.0001***
Leg*Misch	0.3698 (ns)

F-Test

Leg-Anteil	Pr > F
Leg-Art	0.0002***

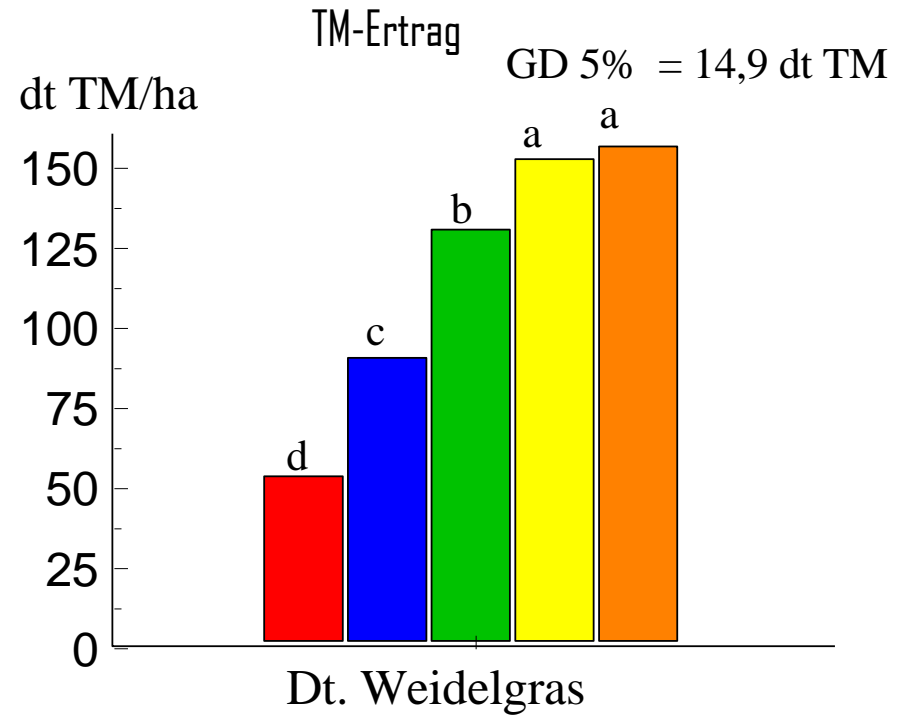
Leguminosenart: ■ Rotklee ■ Luzerne ■ Weißklee

Vergleich der Trockenmasseerträge der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



Leguminosenart:

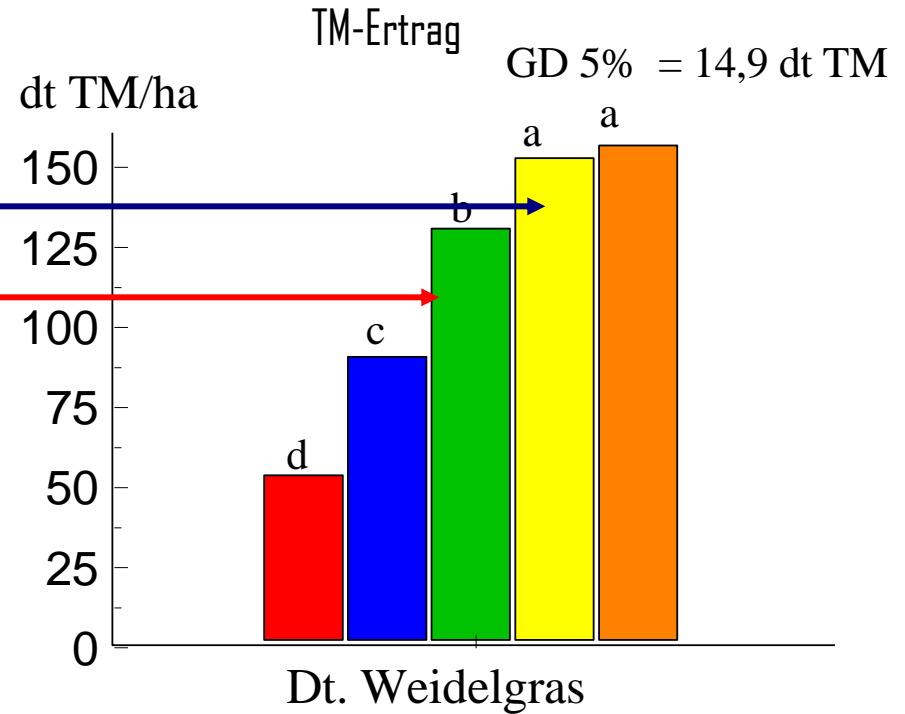
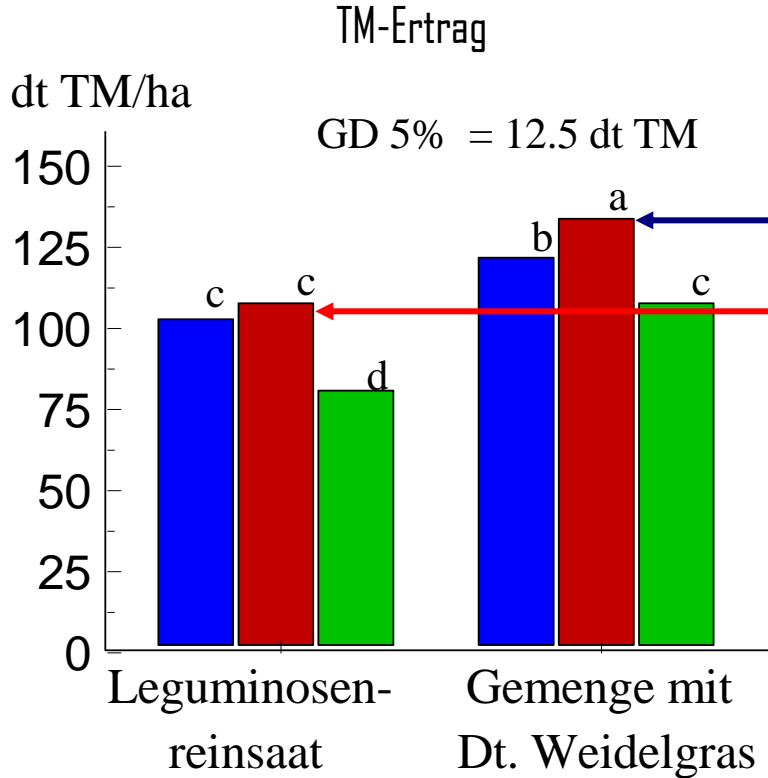
- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee



Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der Trockenmasseerträge der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



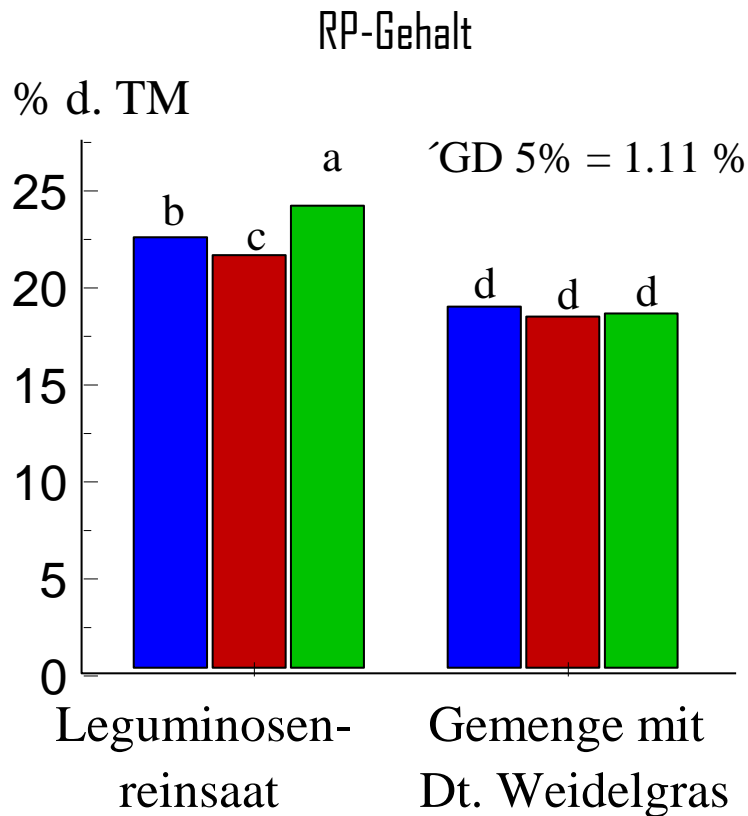
Leguminosenart:

- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

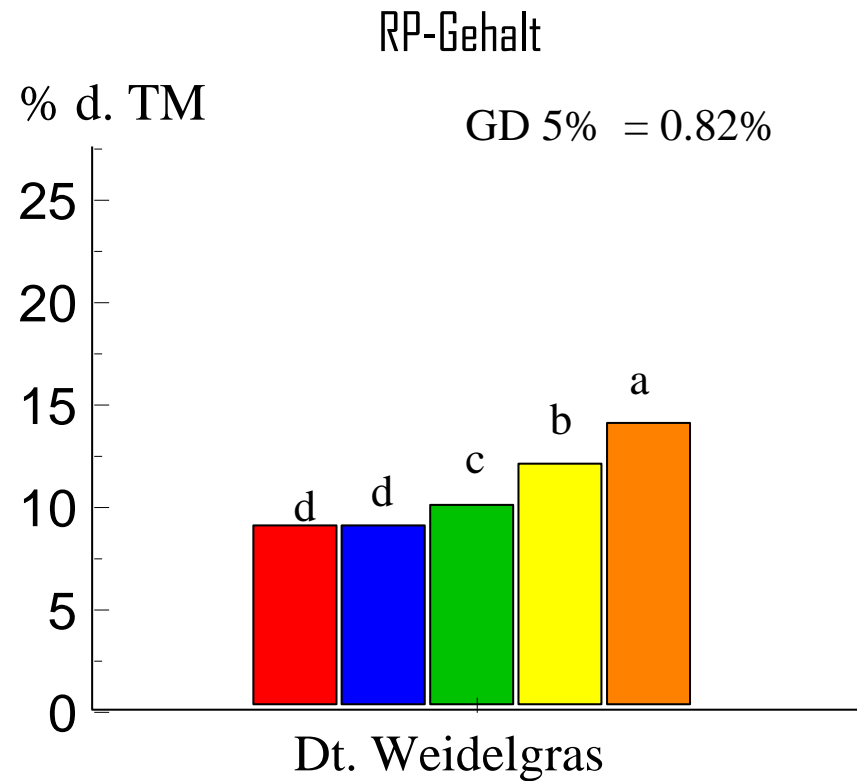
- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der Rohproteingehalte der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



Leguminosenart:

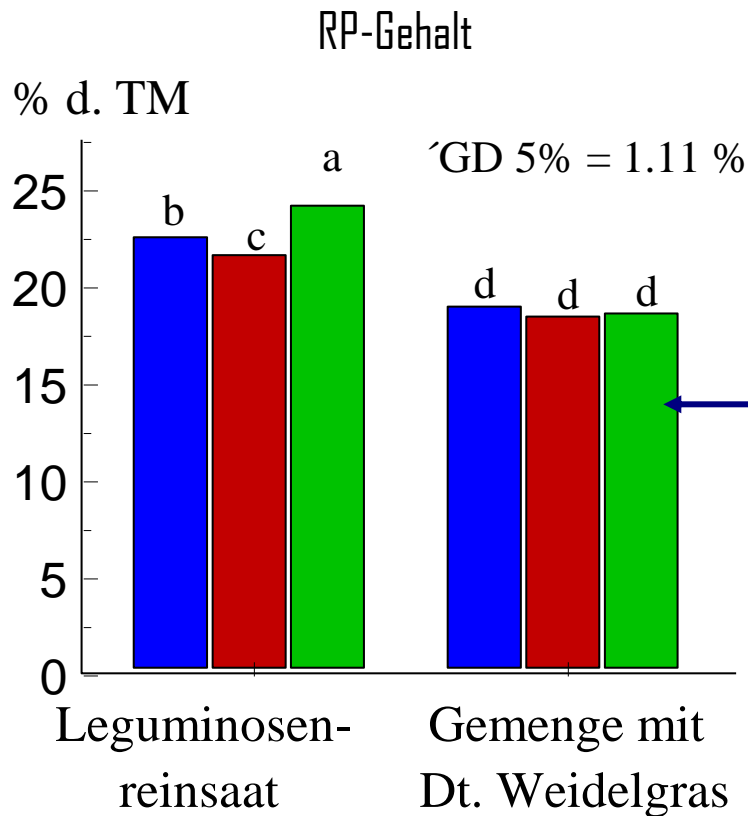
- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee



Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

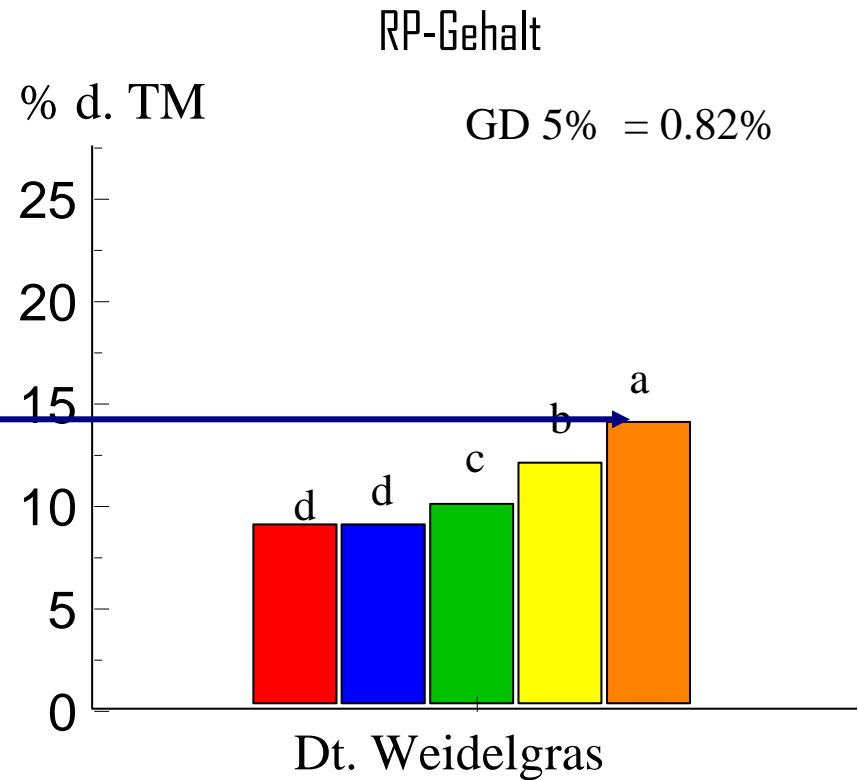
- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der Rohproteingehalte der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



Leguminosenart:

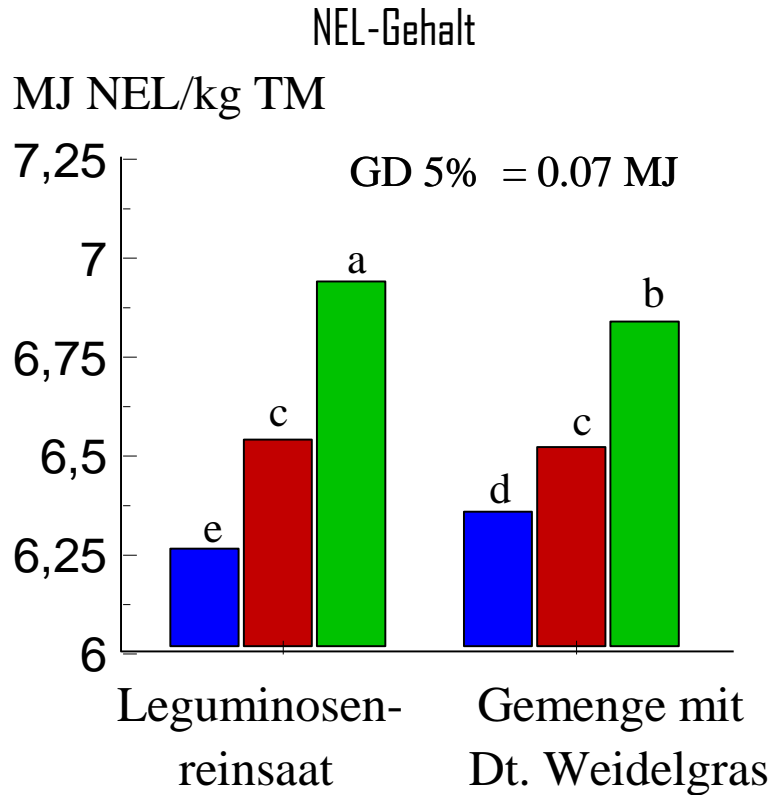
- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee



Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

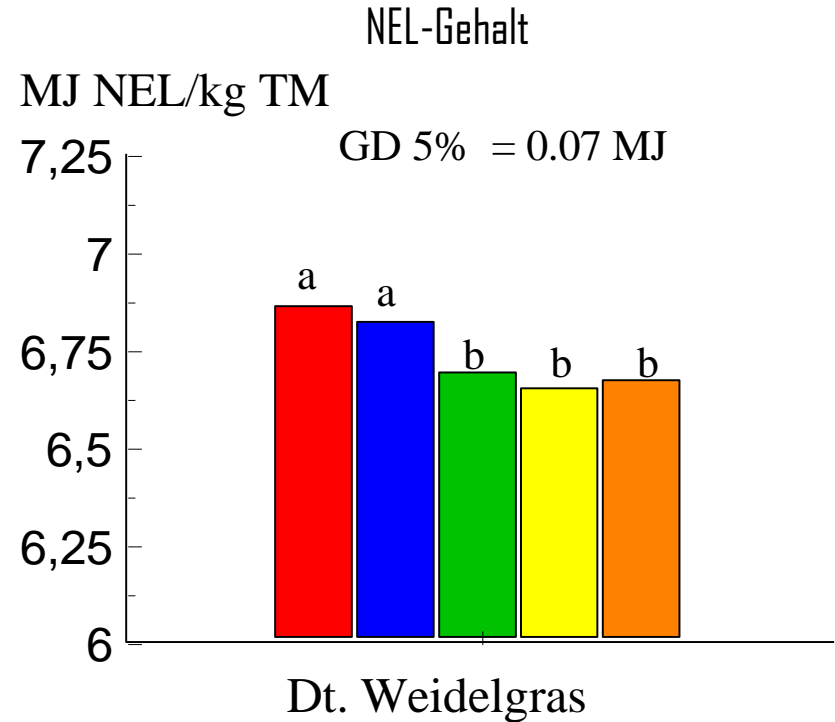
- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der Energiekonzentrationen der Leguminosen-gras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



Leguminosenart:

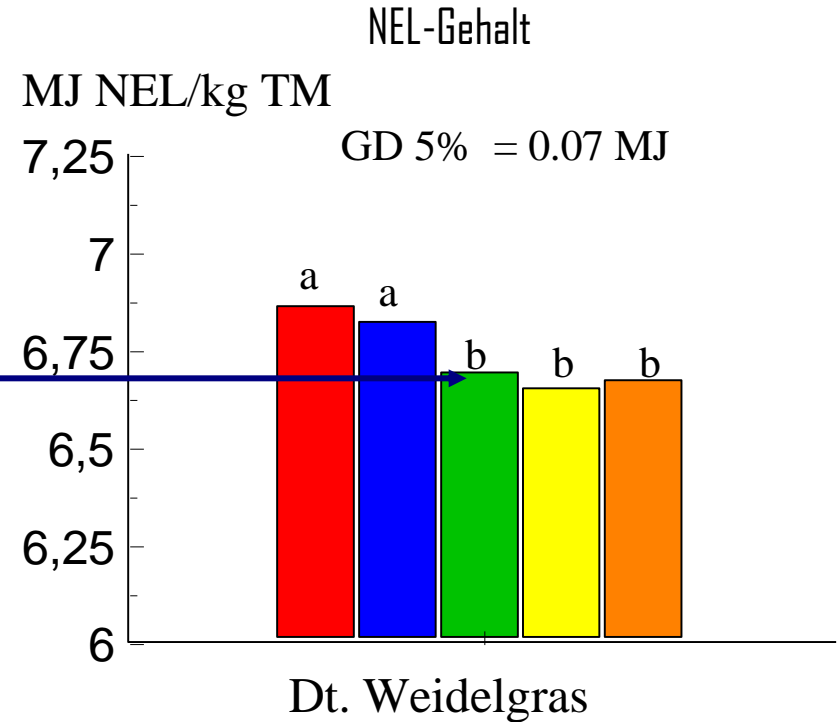
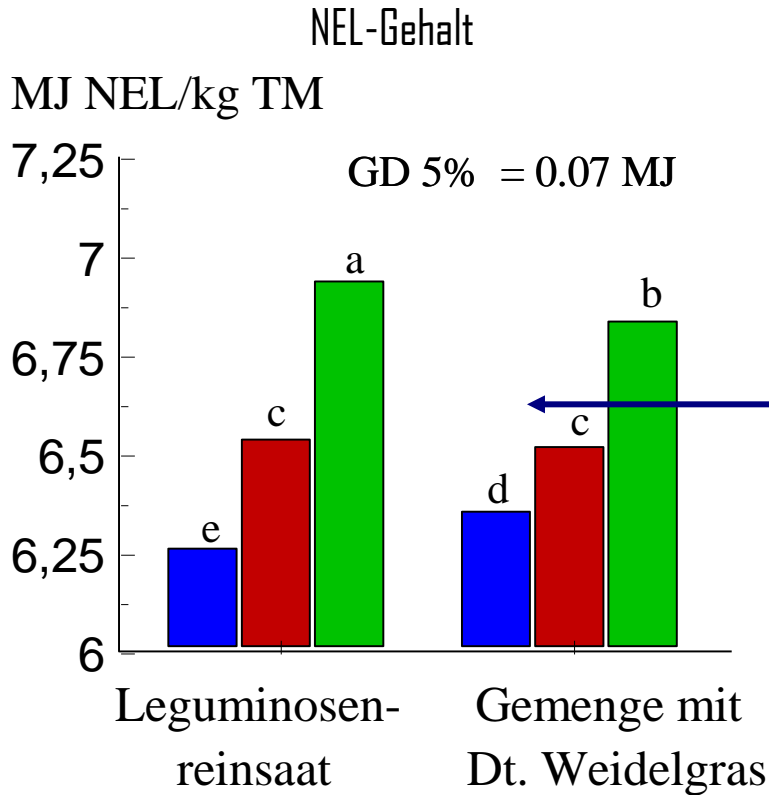
- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee



Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der Energiekonzentrationen der Leguminosen-gras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



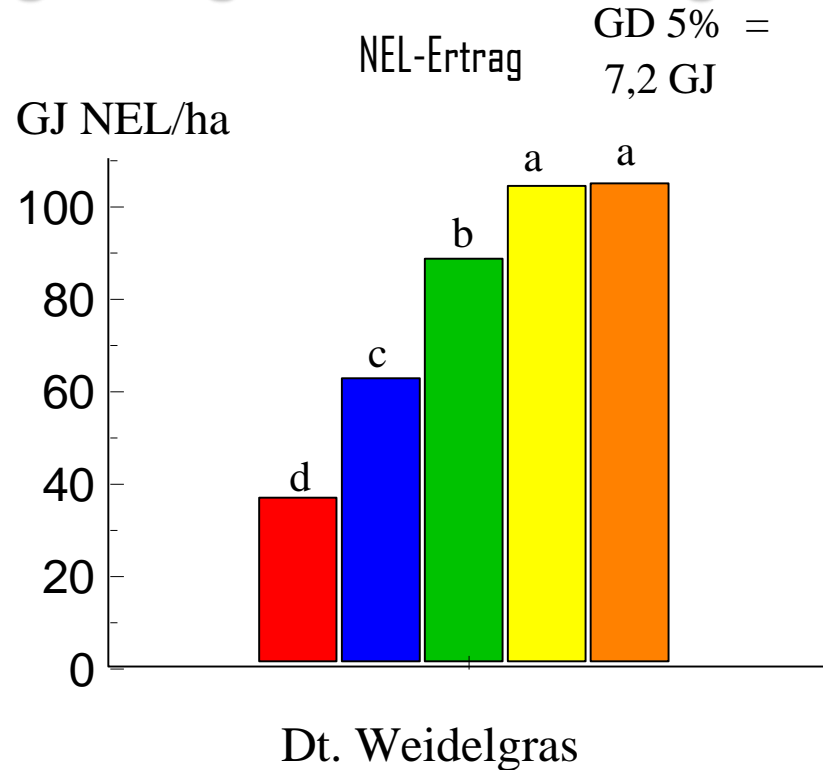
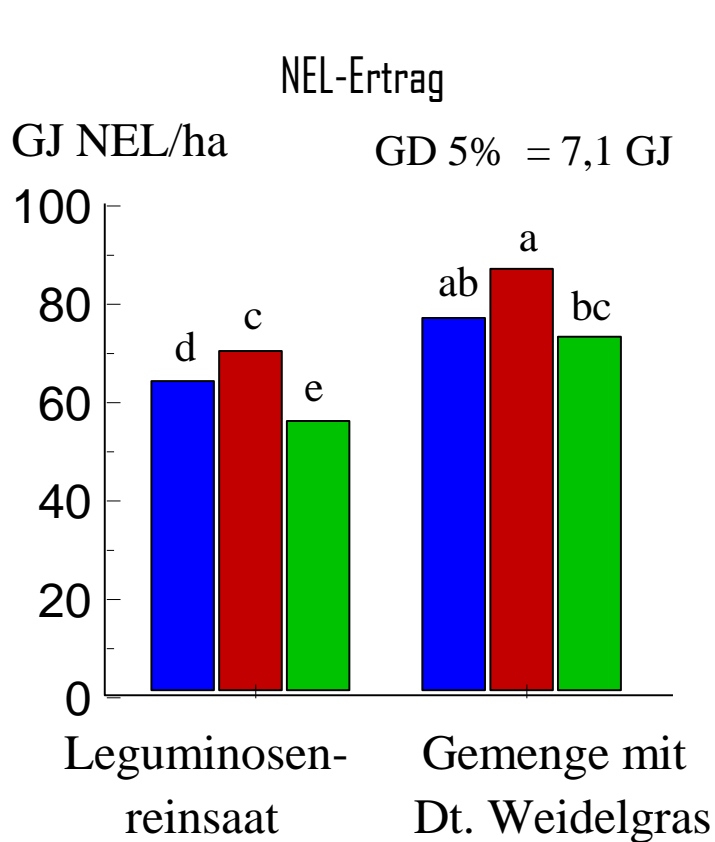
Leguminosenart:

- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der Energieerträge der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



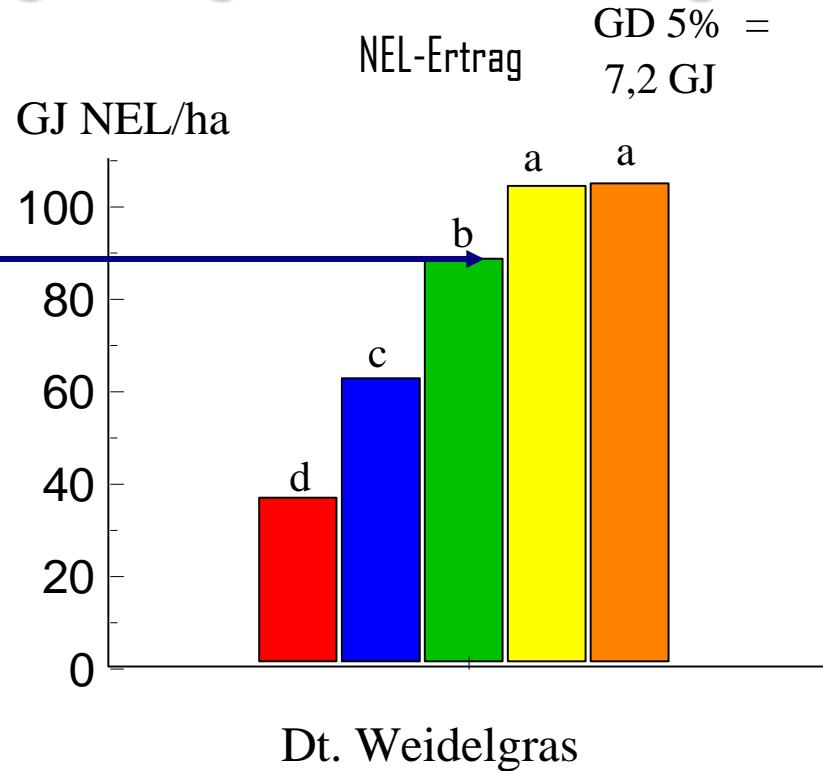
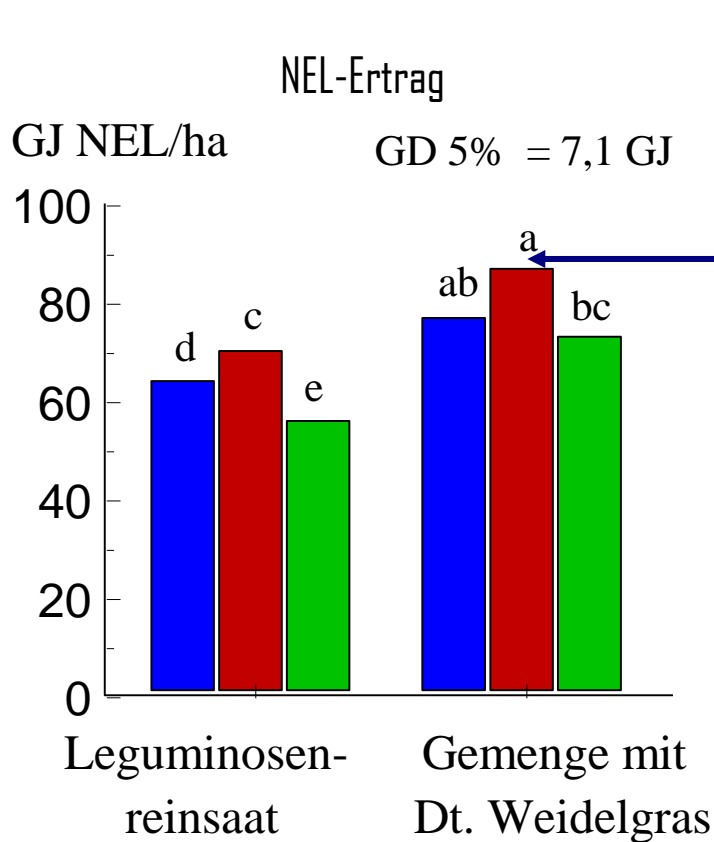
Leguminosenart:

- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der Energieerträge der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



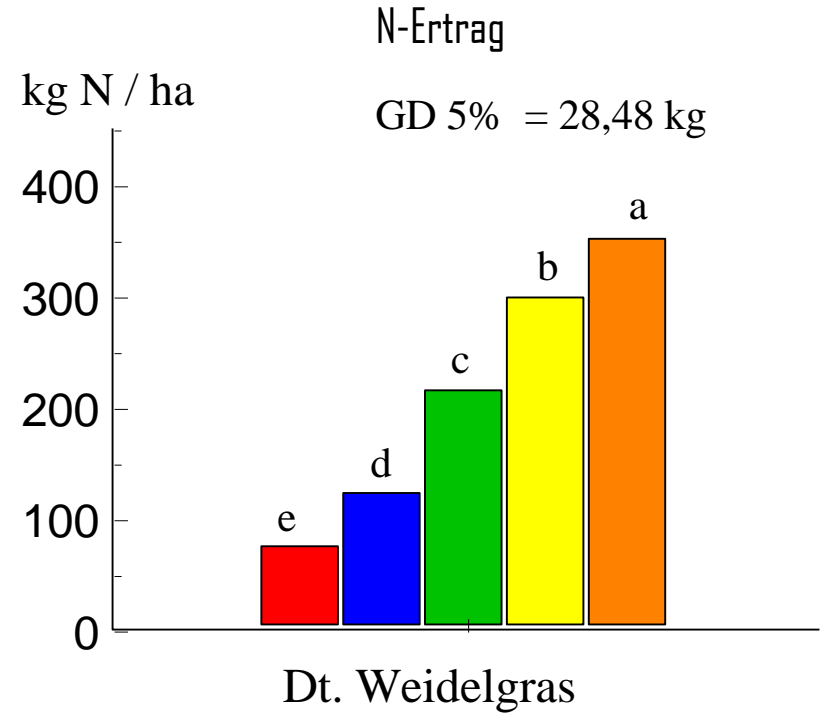
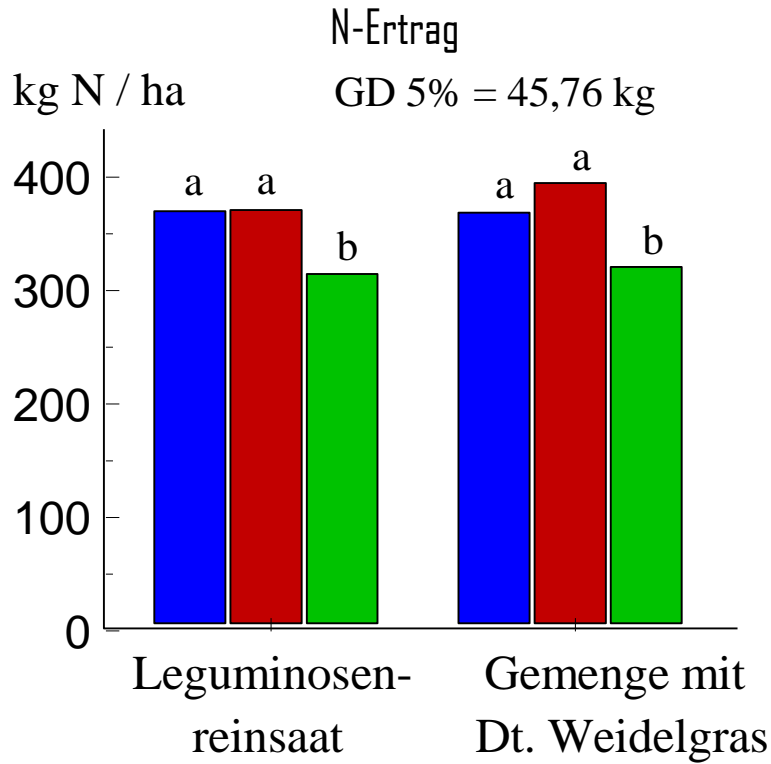
Leguminosenart:

- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der N-Erträge der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



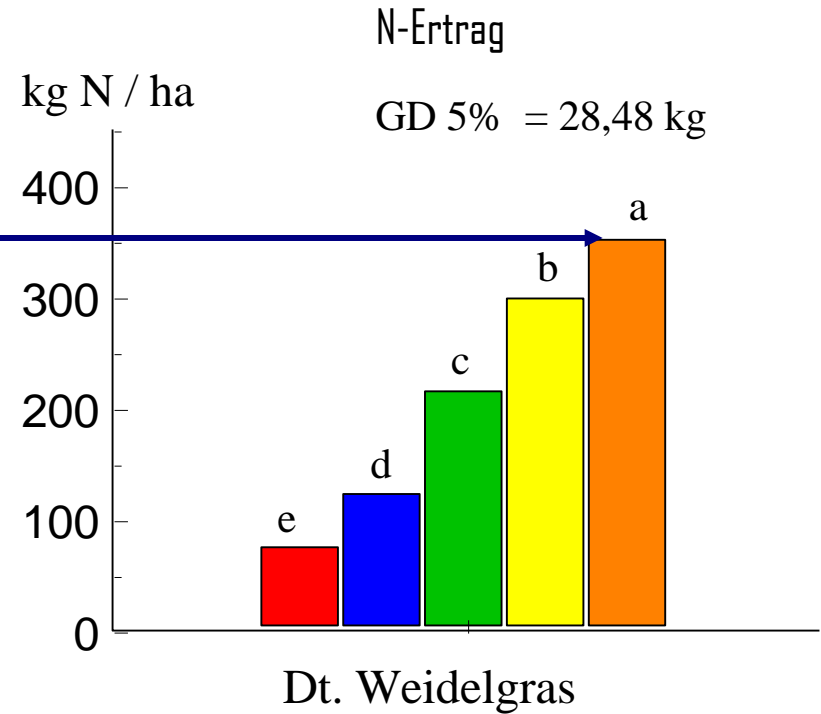
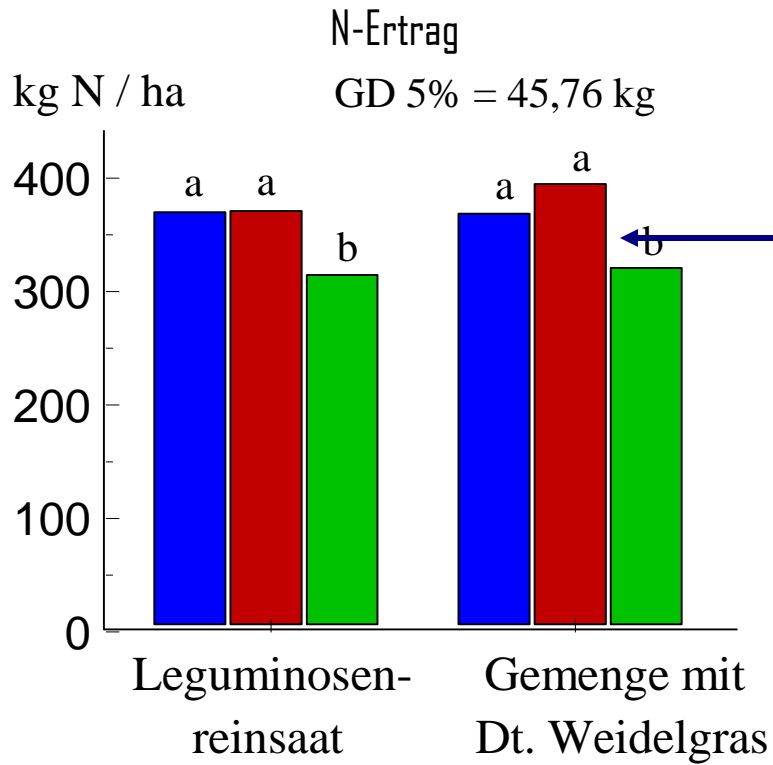
Leguminosenart:

- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der N-Erträge der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



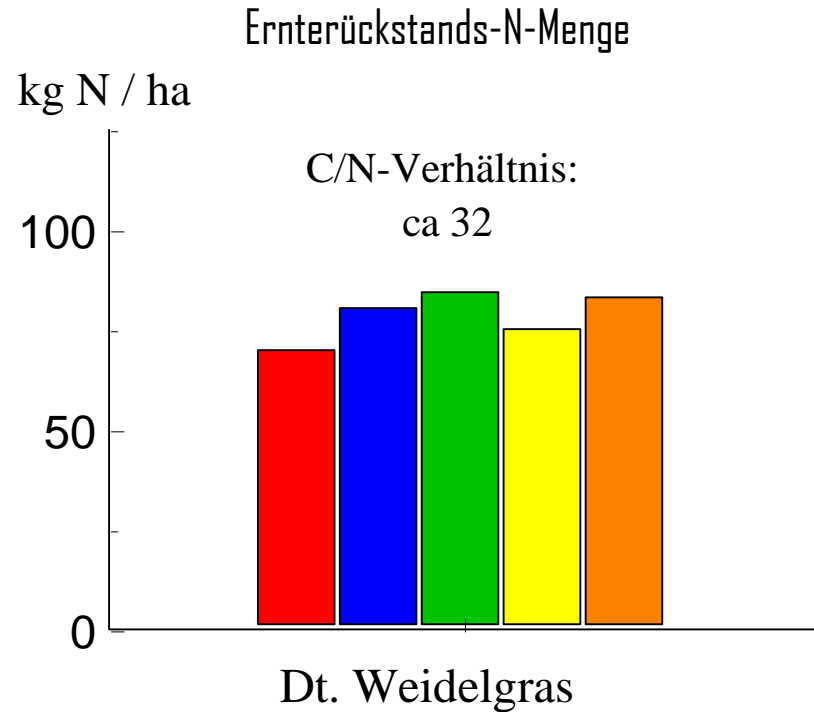
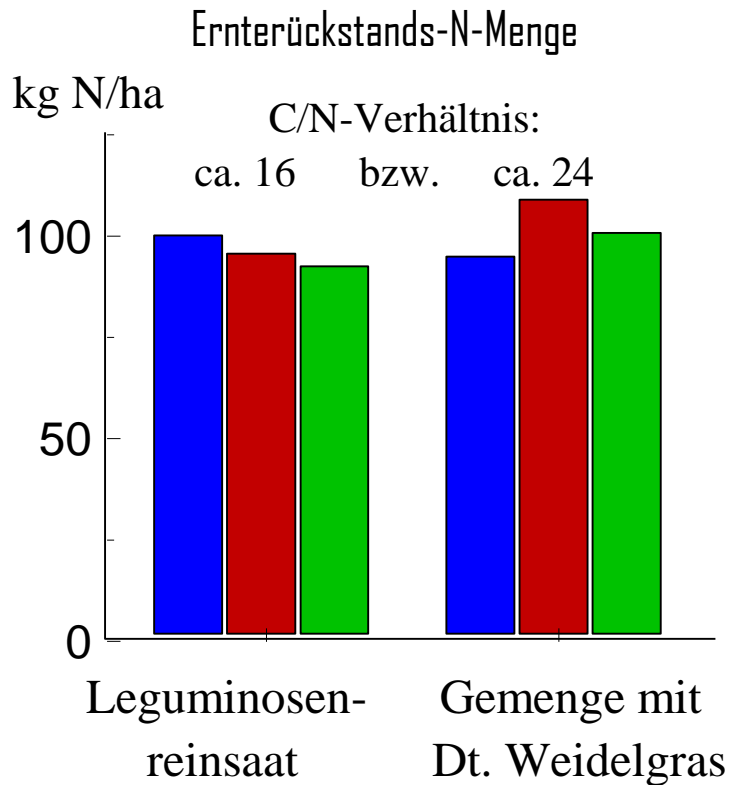
Leguminosenart:

- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der N-Mengen der Ernterückstände der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



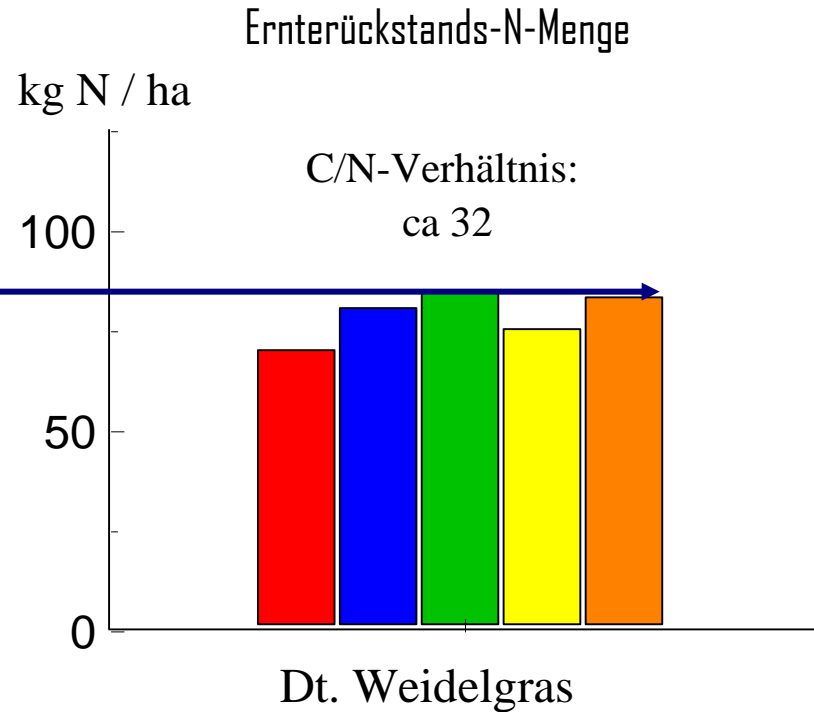
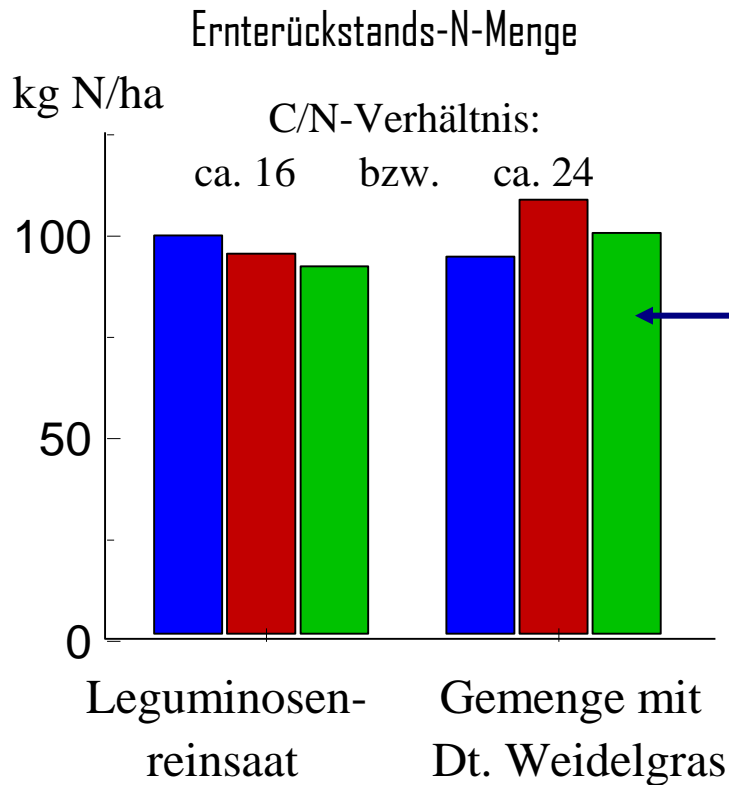
Leguminosenart:

- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der N-Mengen der Ernterückstände der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras



Leguminosenart:

- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

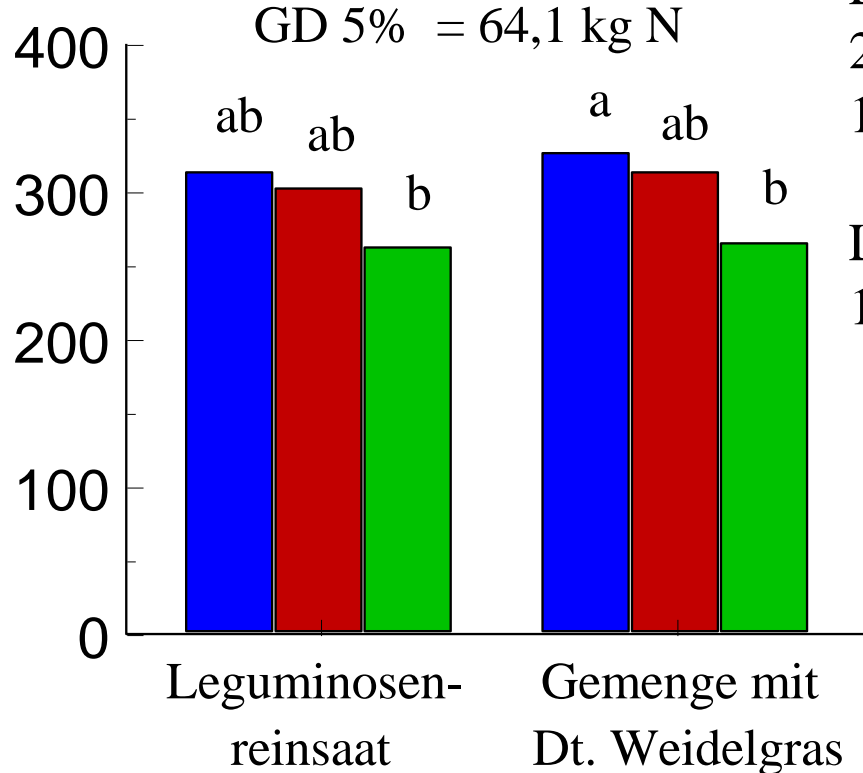
Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Ergebnisse: N₂-Fixierungsleistung der Leguminosenbestände

N-Fixierung (erw. Differenzmethode)

kg N/ha



Vergleichsangaben:

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein:

235 kg N ha⁻¹ für Rotklee bzw.

170 kg N ha⁻¹ für Klee gras mit 70% Kleeanteil

Landwirtschaftskammer Weser-Ems

136 kg N ha⁻¹ für Klee gras mit 70% Kleeanteil

Leguminosenart:

Rotklee

Luzerne

Weißklee

Leguminosen verfügen über hohe Rohproteingehalte,
aber wie sieht es mit der Qualität des Rohproteins aus?

Leguminosen verfügen über hohe Rohproteingehalte, aber wie sieht es mit der Qualität des Rohproteins aus?

Fraktionierung des XP nach Licitra et al. 1996:

Fraktion	Verfügbarkeit der Fraktionen	Rohprotein-Fraktion
A	Im Pansen schnell abbaubar zu Ammoniak	NPN (Harnstoff, Peptide, Aminosäuren)
B1	Im Pansen schnell abbaubar zu Ammoniak	Reinprotein
B2	Im Pansen potenziell vollständig abbaubar	Reinprotein
B3	Im Pansen langsam, nicht unbedingt abbaubar	Zellwandgebundenes Reinprotein
C	Im Pansen und Dünndarm nicht verfügbar	An Lignin oder Tannin gebundenes Protein

Proteinqualität

	Tannin- äquivalent	XP Abbaurate in vitro, %/h	UDP, % ¹⁾
Luzerne	0,0	23,7	19,2
Weißklee	0,0	26,9	17,5
Rotklee	0,0	15,0	27,2
Hornklee	7,0	18,6	23,0
Espарsette	14,6	5,4	49,5

Broderick and Albrecht, 1997

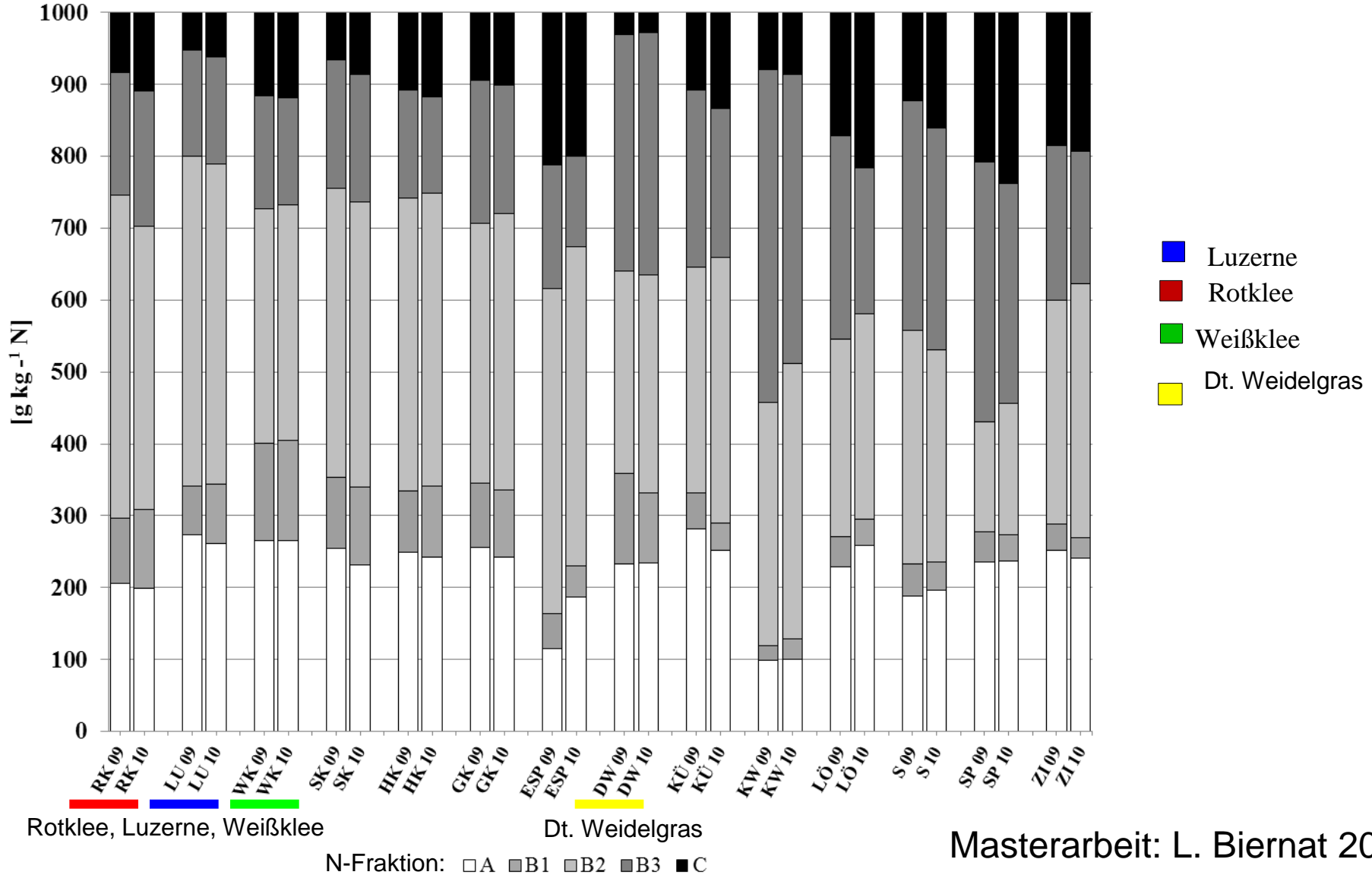
Zum Vergleich:

Laut DLG-Futterwerttabellen hat:

Sojaextraktionsschrot einen UDP-Gehalt von 35 %

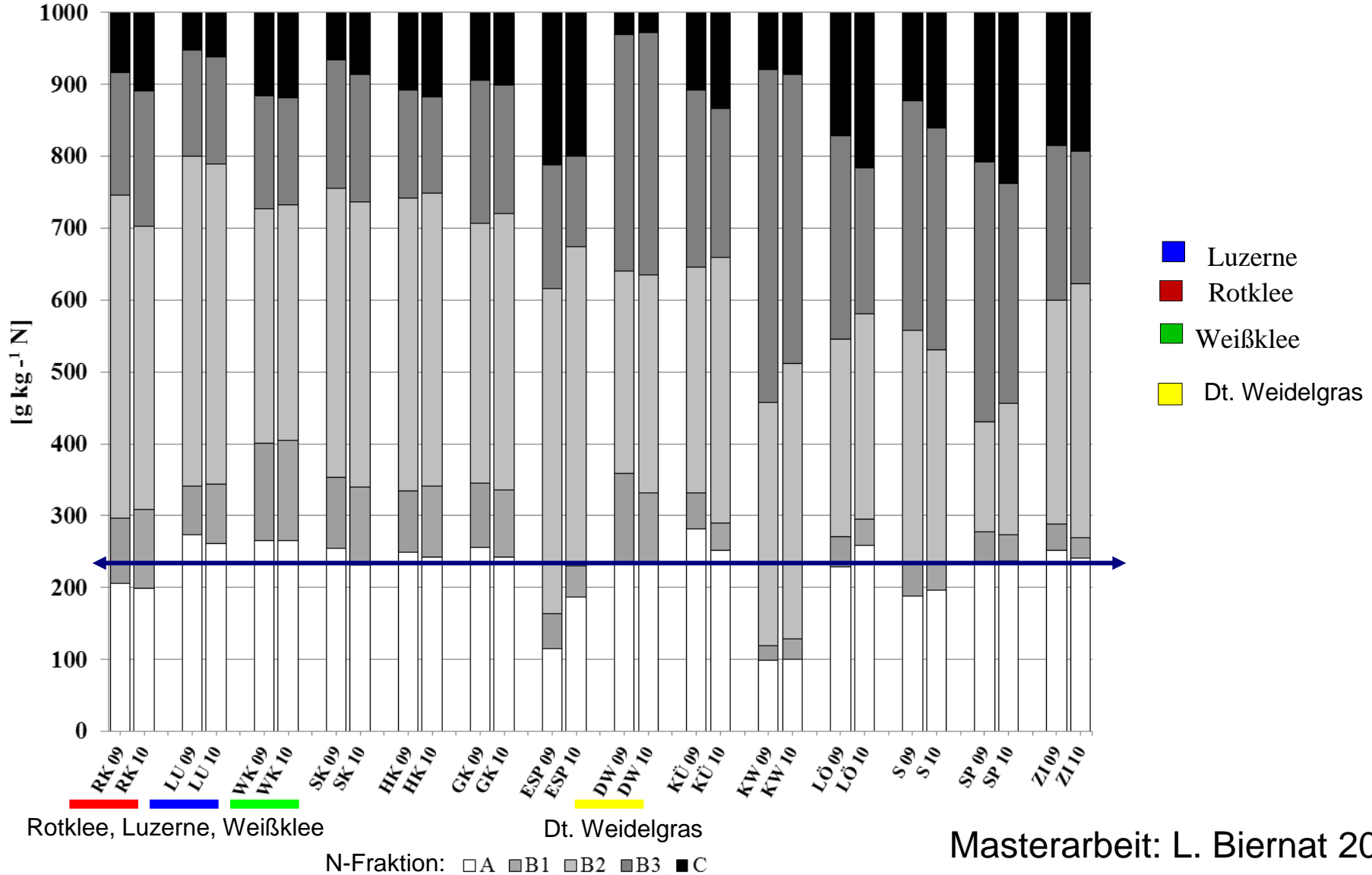
Anteil der einzelnen XP-Fraktionen:

Versuchsbetrieb Lindhof 2009 und 2010



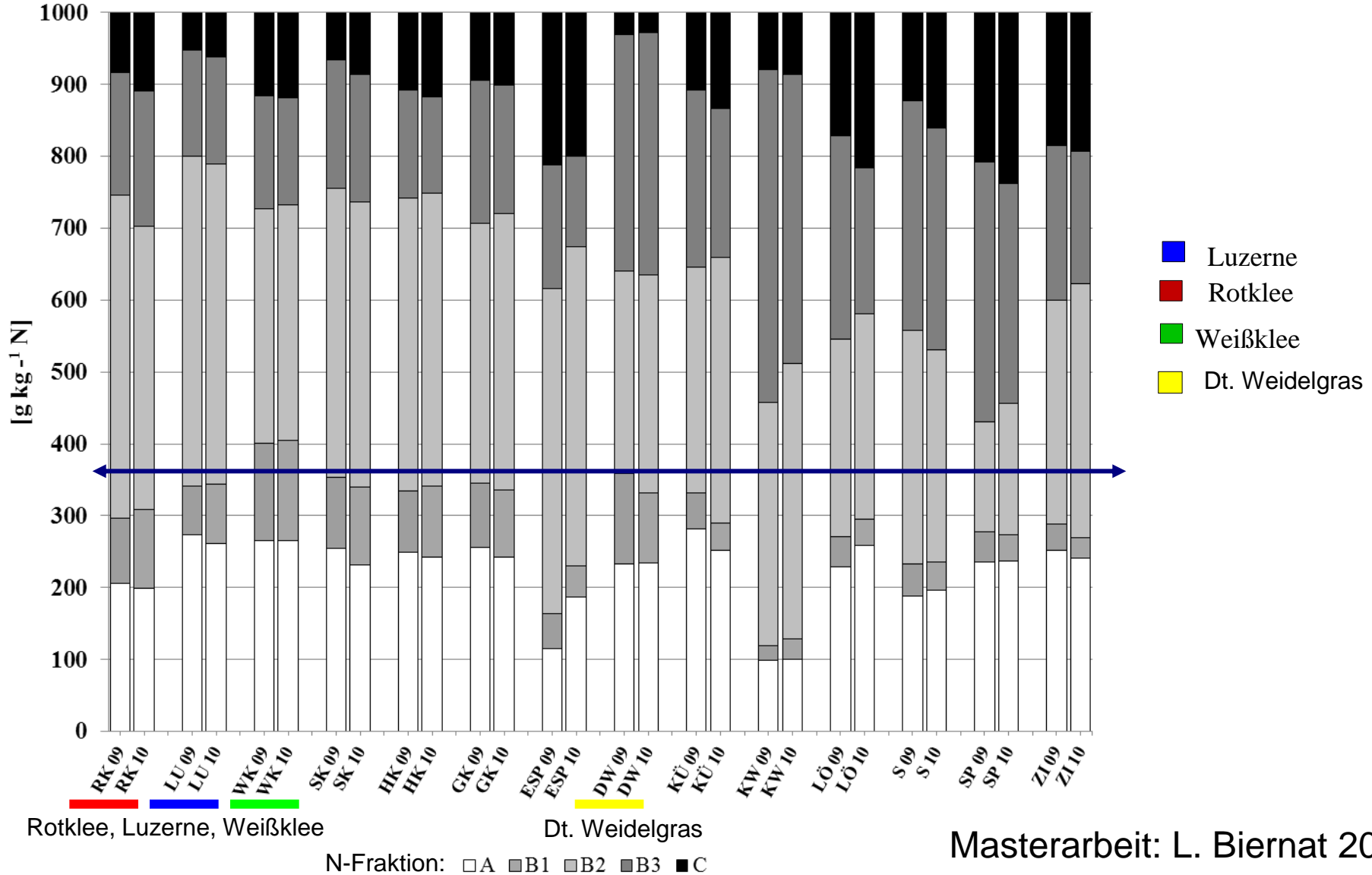
Anteil der einzelnen XP-Fraktionen: Fraktion A

Versuchsbetrieb Lindhof 2009 und 2010



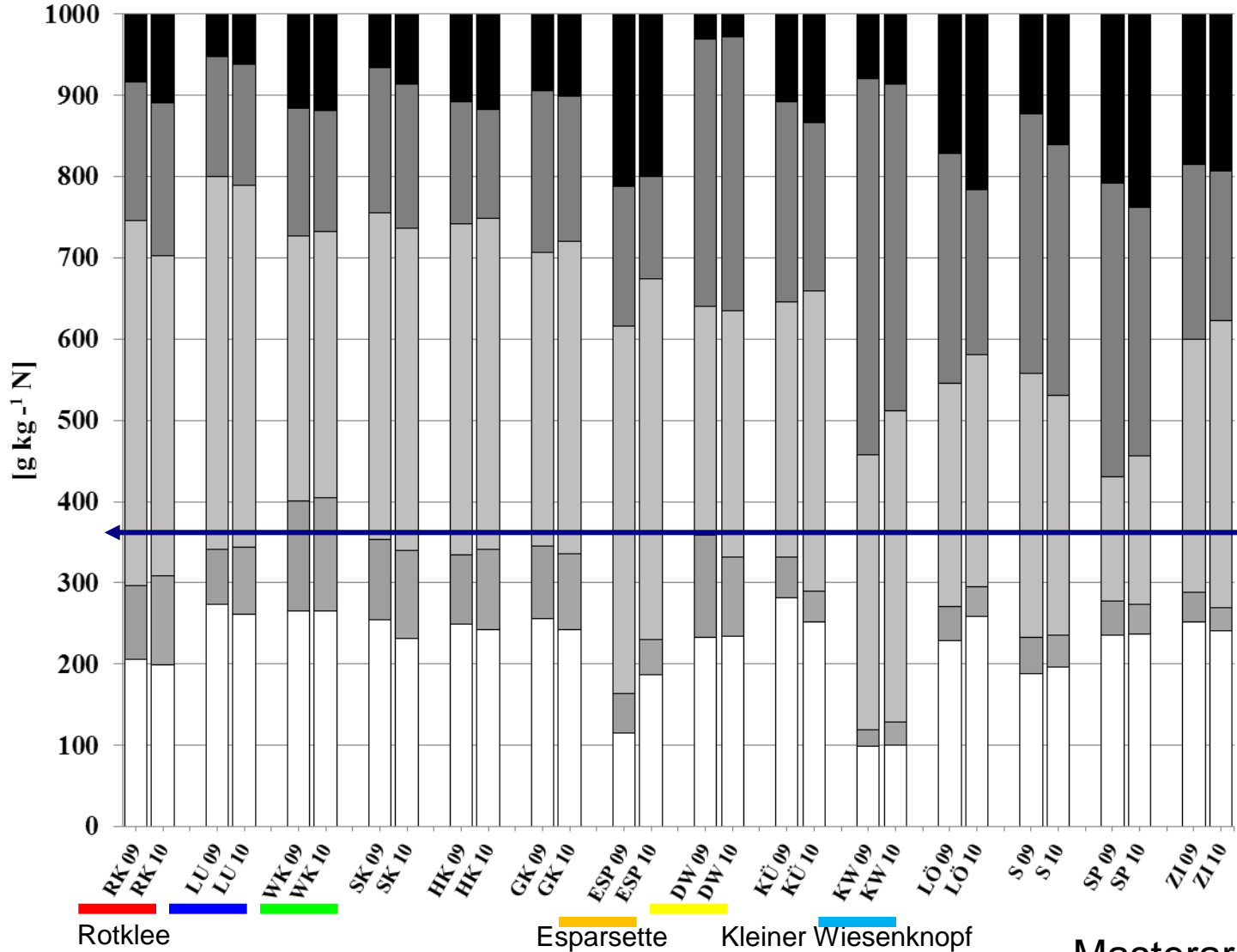
Anteil der einzelnen XP-Fractionen: Fraktion B

Versuchsbetrieb Lindhof 2009 und 2010



Anteil der einzelnen XP-Fraktionen: Fraktion B

Versuchsbetrieb Lindhof 2009 und 2010



Weitere Auffällige:
 — Eparsette (ESP)
 — Kleiner Wiesenknopf (KW)
 aber auch andere Wiesenkräuter

- Rotklee
- Weißklee
- Dt. Weidelgras

- Löwenzahn (Lö)
- Spitzwegerich (SP)
- Wegwarte (Zi)

Rotklee Eparsette Kleiner Wiesenknopf

N-Fraktion: □ A ■ B1 ■ B2 ■ B3 ■ C

Mineralstoffgehalte von Leguminosenbeständen

hier Fokus auf die zweiwertigen Kationen,

Diese korrespondieren extrem stark mit der

Kationenaustauschkapazität, die in

Leguminosenfutter sehr hoch ist,

und sich z.B. im Falle der Luzerne extrem günstig

auf das Pansenmieu auswirkt,

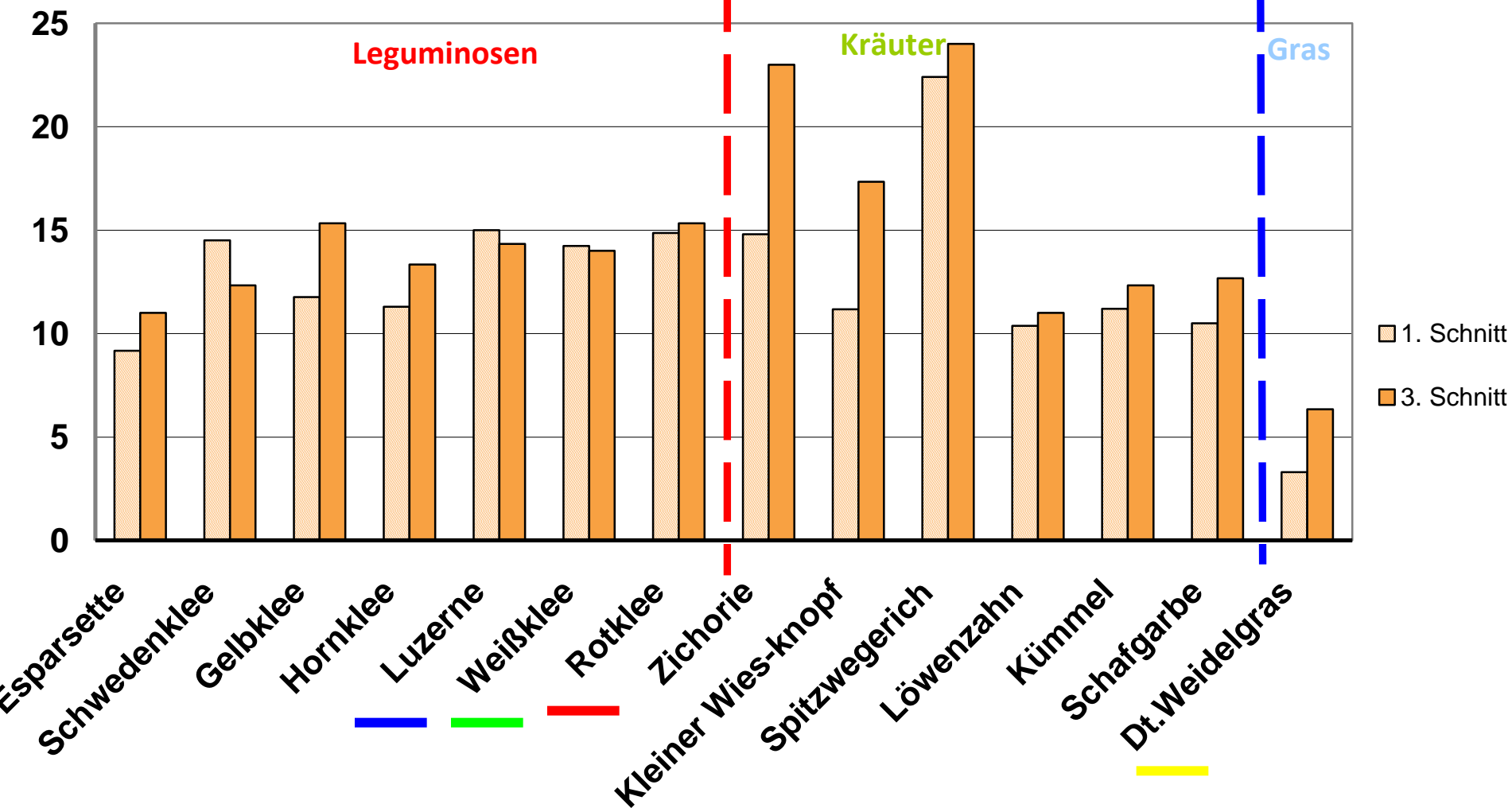
das ist einer der Gründe ist warum

Hochleistungsmilchviehbetrieb auf Luzerne

zurückgreifen

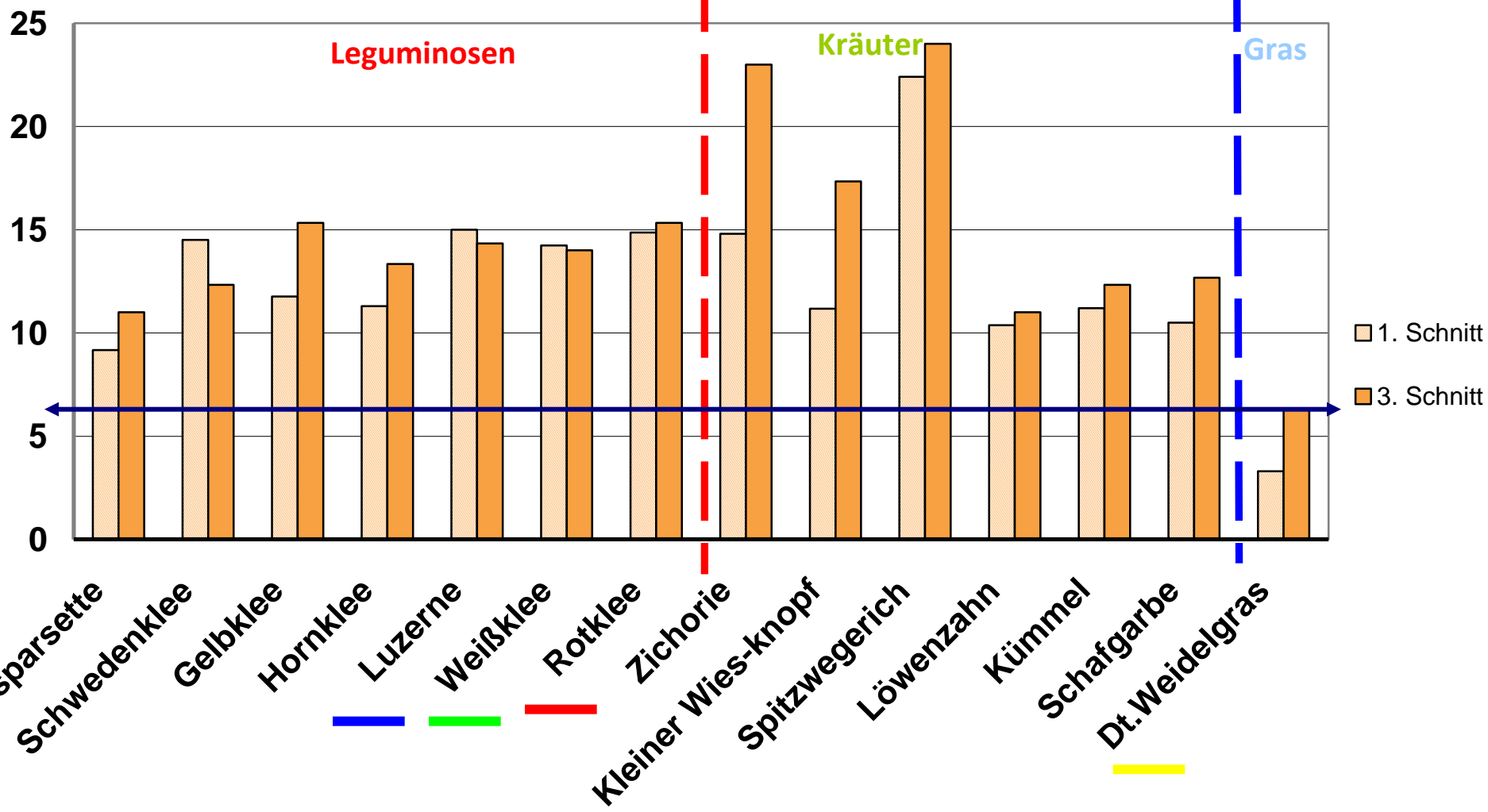
Kalziumgehalt des 1. und 3. Schnittes, 2010

gr/kg TM Versuchsbetrieb Lindhof 2010



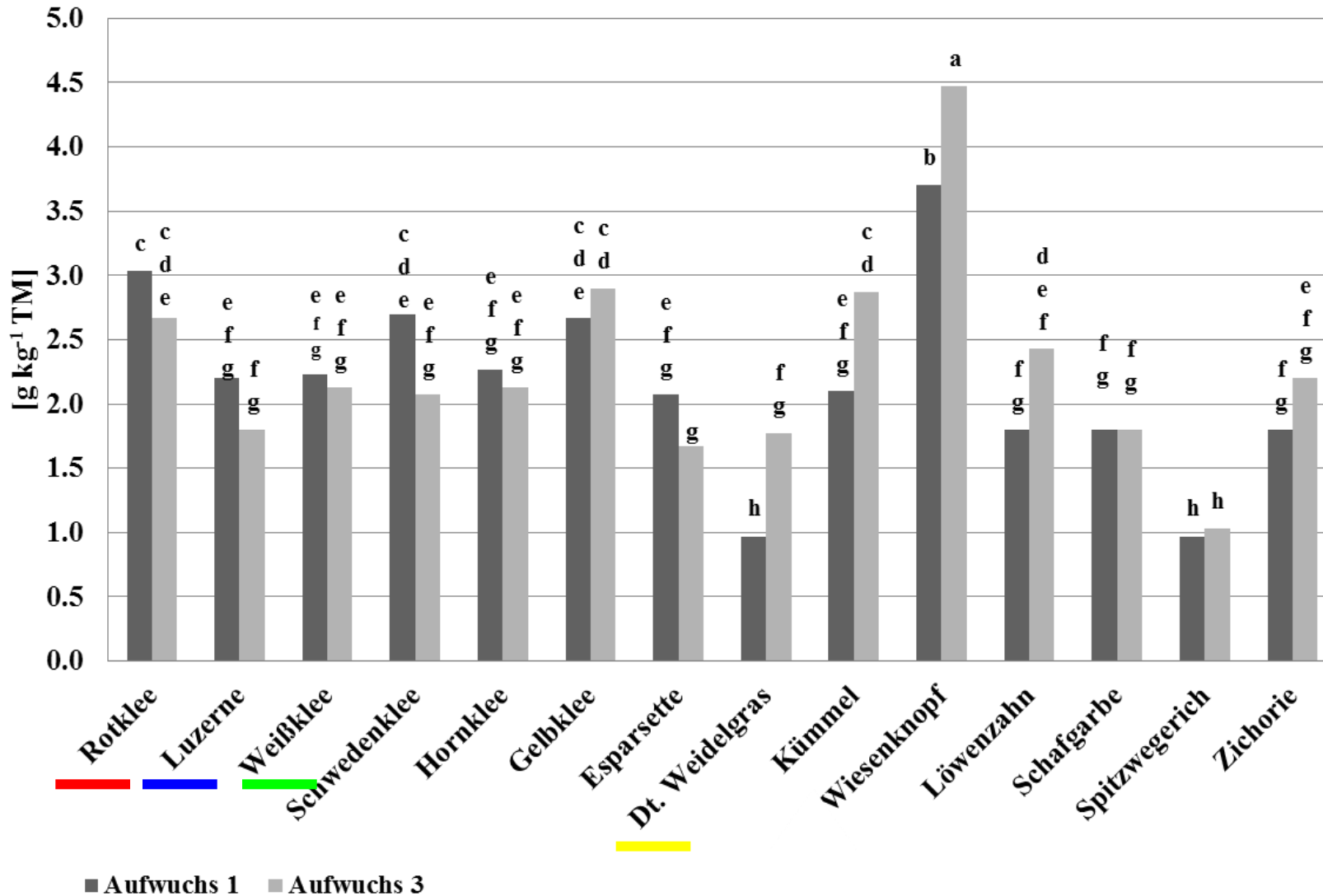
Kalziumgehalt des 1. und 3. Schnittes, 2010

gr/kg TM Versuchsbetrieb Lindhof 2010



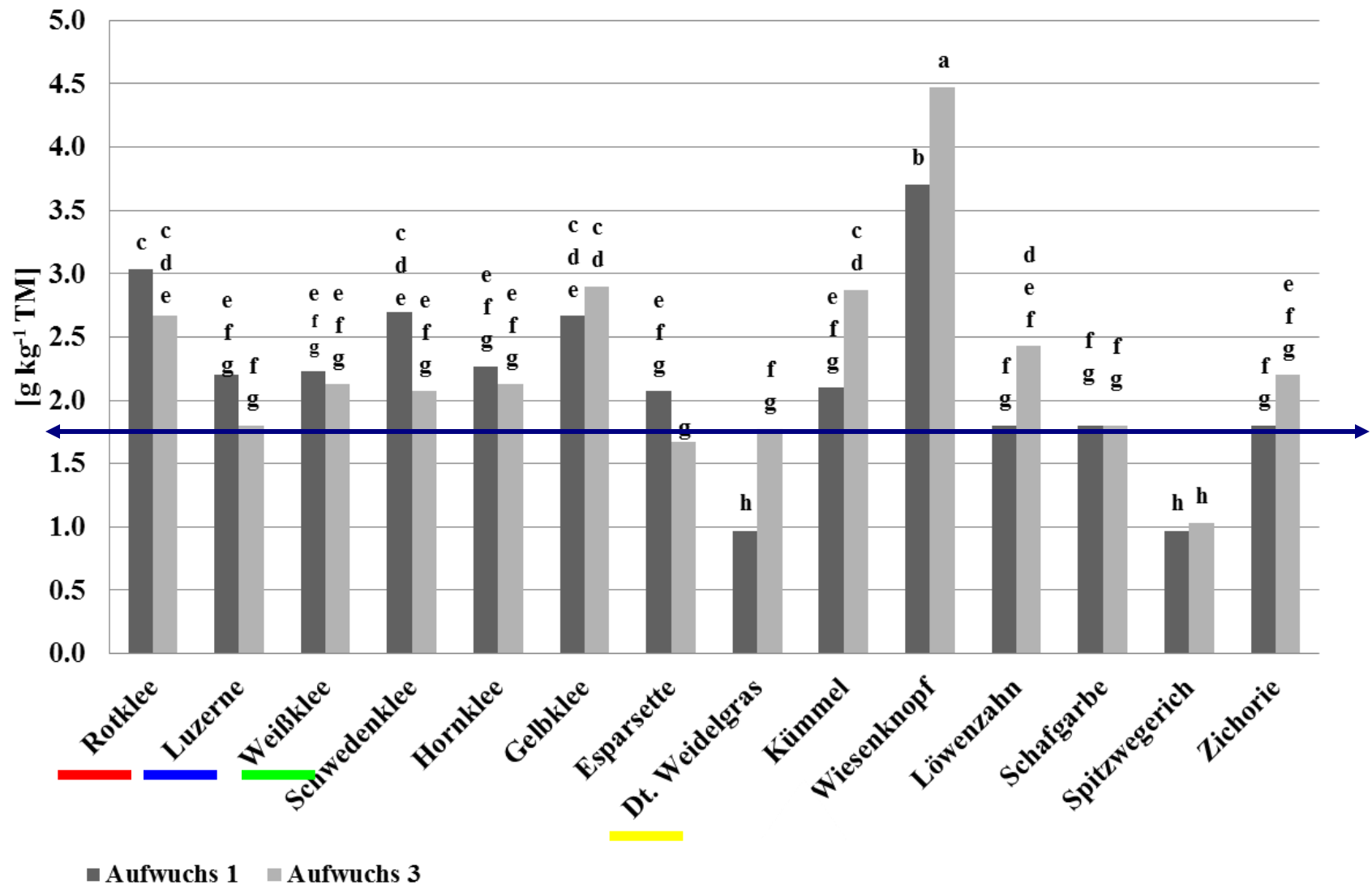
Magnesiumgehalt:

Versuchsbetrieb Lindhof 2010



Magnesiumgehalt:

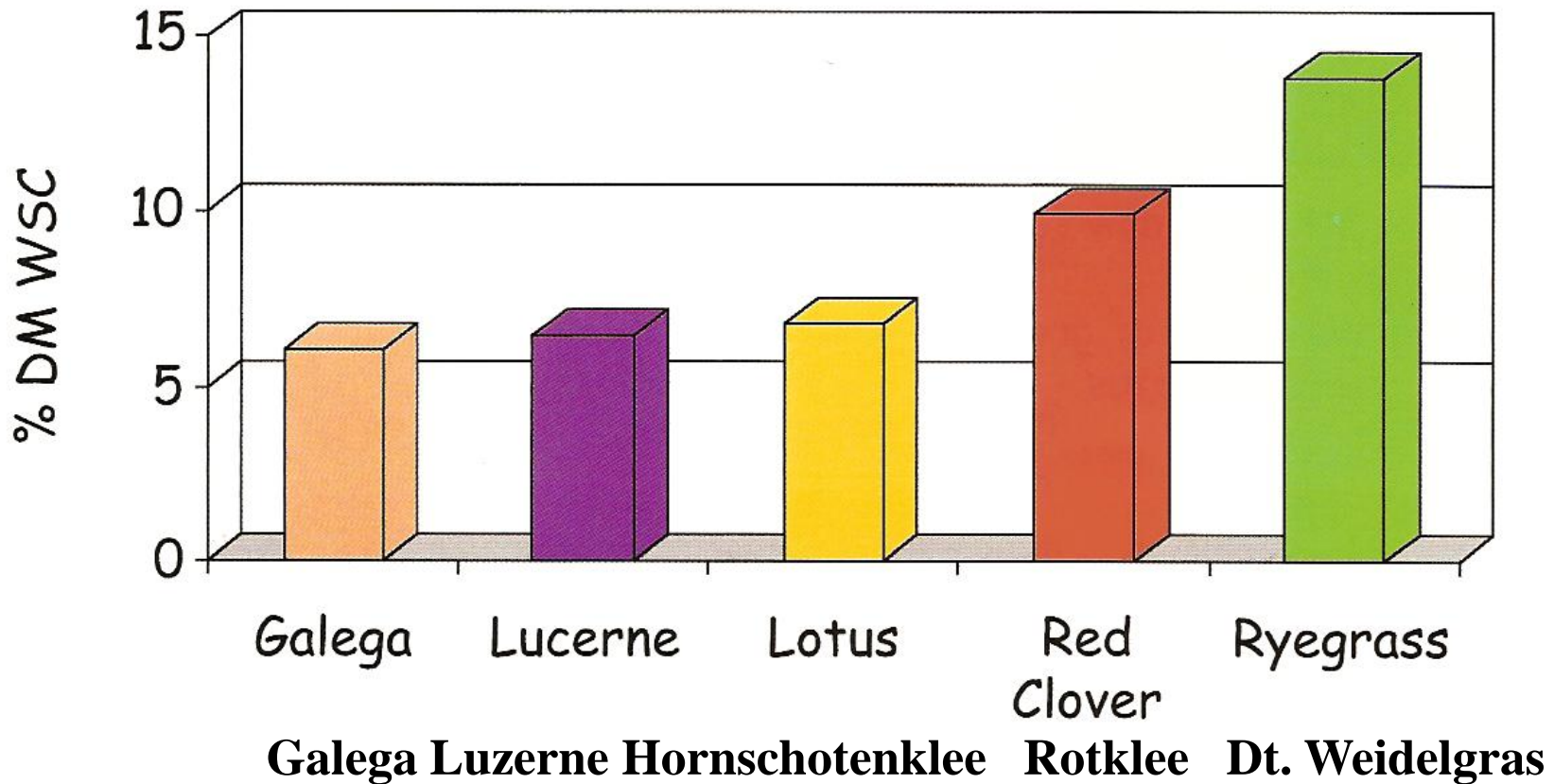
Versuchsbetrieb Lindhof 2010



Konservierungseigenschaften von Leguminosen

Vergleich der Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten

Water-soluble carbohydrates in legumes and ryegrass



(Dewhurst, 2003)

Einfluss der Siliermischung auf pH-Wert, Milchsäure- und Essigsäuregehalt, den Anteil NH_3 am Gesamt-N und Gärverlust von unterschiedlichen Leguminosen/Gras-Silagen

(Versuchsstandort Lindhof, 1998, im Mittel über 2 Aufwüchse und im Falle der Leguminosen-Bestände über 4 verschiedene Mischungen
Rechnerischer durchschnittlicher Leguminosenanteil: 50%.

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich))

Leguminosenart	pH-Wert	Milchsäure (% d. TM)	Essigsäure (% d. TM)%	NH_3 in % vom Gesamt-N	Gärverlust (%)
Rotklee-Gras-Gemenge	4.38 ^b	9.4 ^a	1.5 ^a	16.4 ^b	6.78 ^a
Luzerne-Gras-Gemenge	4.80 ^a	7.5 ^b	1.3 ^a	25.8 ^a	7.79 ^b
100% Dt. Weidelgras	4.4 ^c	6.3 ^c	0.8 ^c	12.3 ^c	5.56 ^d

Einfluss der Siliermischung auf die Futterqualität von Leguminosen/Gras-Silagen

(Versuchsstandort Lindhof, 1998, im Mittel über 2 Aufwüchse und im Falle der Leguminosen-Bestände als Mittel über die beiden Leguminosenarten Rotklee und Luzerne

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich))

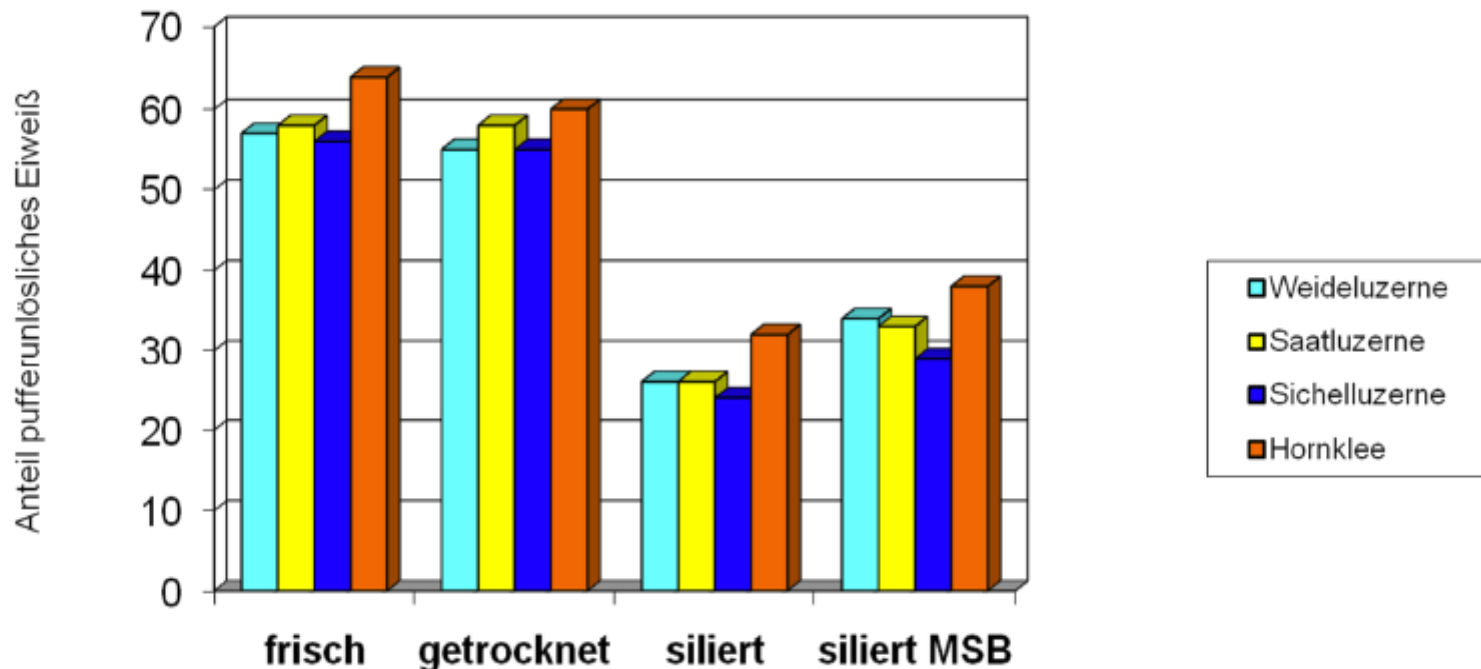
Siliermischung	TS-Gehalt %	RP-Gehalt (% d. TM)	NEL-Gehalt (MJ NEL · kg ⁻¹)	Rohfasergehalt (% d. TM)	Gärverlust (%)
100% Leguminose	24.1 ^d	17.2 ^a	5.51 ^d	27.8 ^a	9.51 ^a
67%Leguminosenanteil	27.5 ^c	15.3 ^b	5.87 ^c	26.7 ^b	6.92 ^b
33%Leguminosenanteil	30.1 ^b	13.8 ^c	6.07 ^b	25.6 ^c	6.46 ^c
100% Dt. Weidelgras	34.0 ^a	10.7 ^d	6.36 ^a	24.9 ^d	5.56 ^d
GD 0.05	0.73	0.54	0.09	0.60	0.40

Etablierung von Feldfutterbeständen

Eiweißqualität verschiedener Gemenge

Eiweißqualität - Anteil des stabilen Eiweiß am Gesamteiweiß

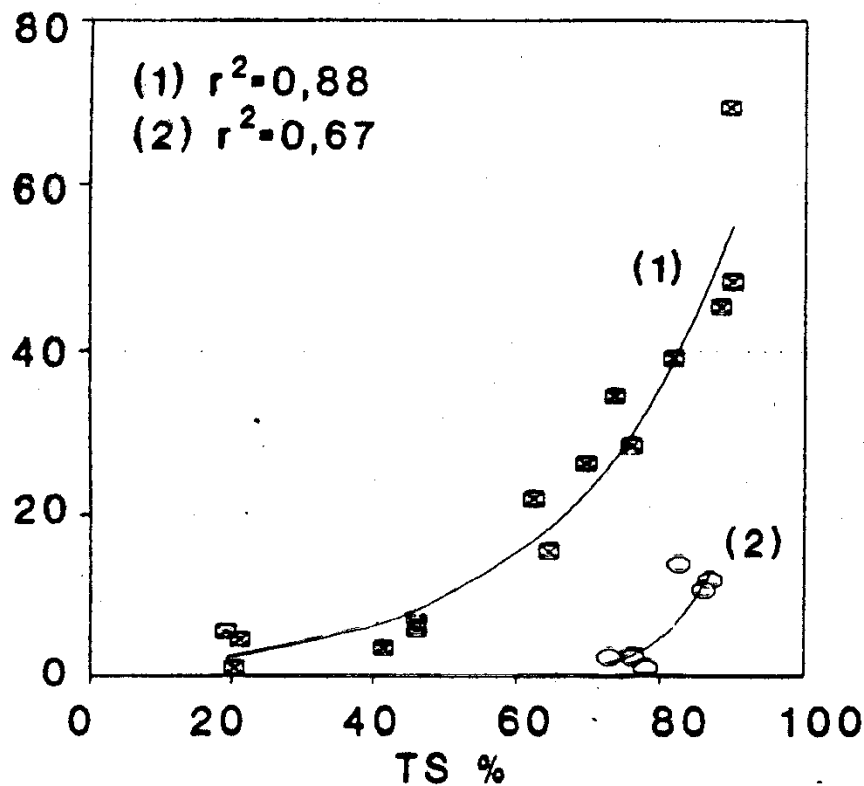
(1. Aufwuchs, Mittelwert aus 3 Versuchen, Fraktionen B2, B3 und C)



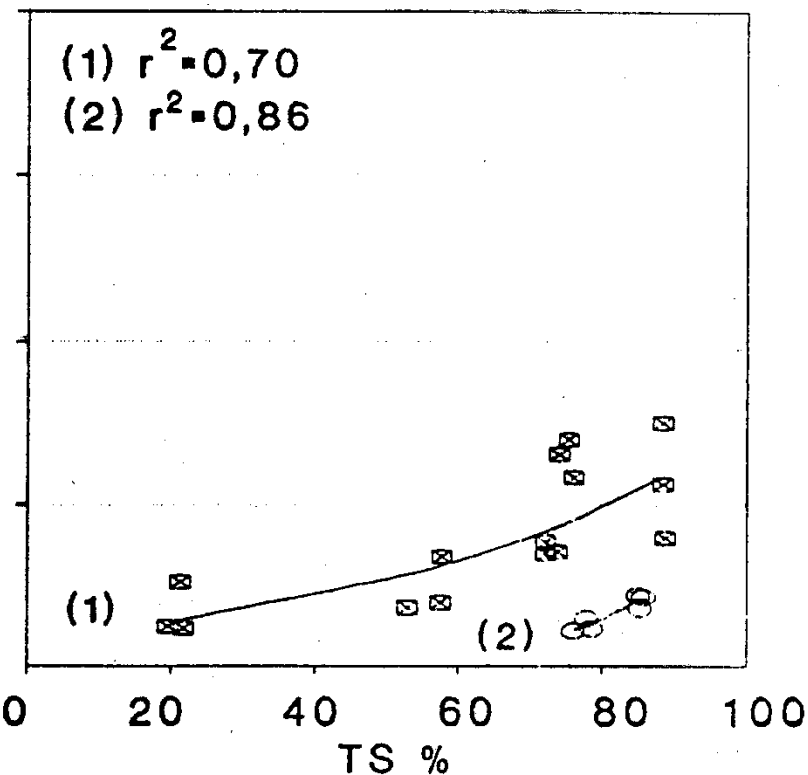
Futterbergungsverluste bei Leguminosen

Bröckelverluste %

Luzerne



Weidelgras



Lösung der Futterbergungsverluste?



Lösung der Futterbergungsverluste?

Walzenaufbereiter in stabilen Wetterlagen



- schnelle Wasserabgabe der Stängel bei Mahd mit Aufbereiter

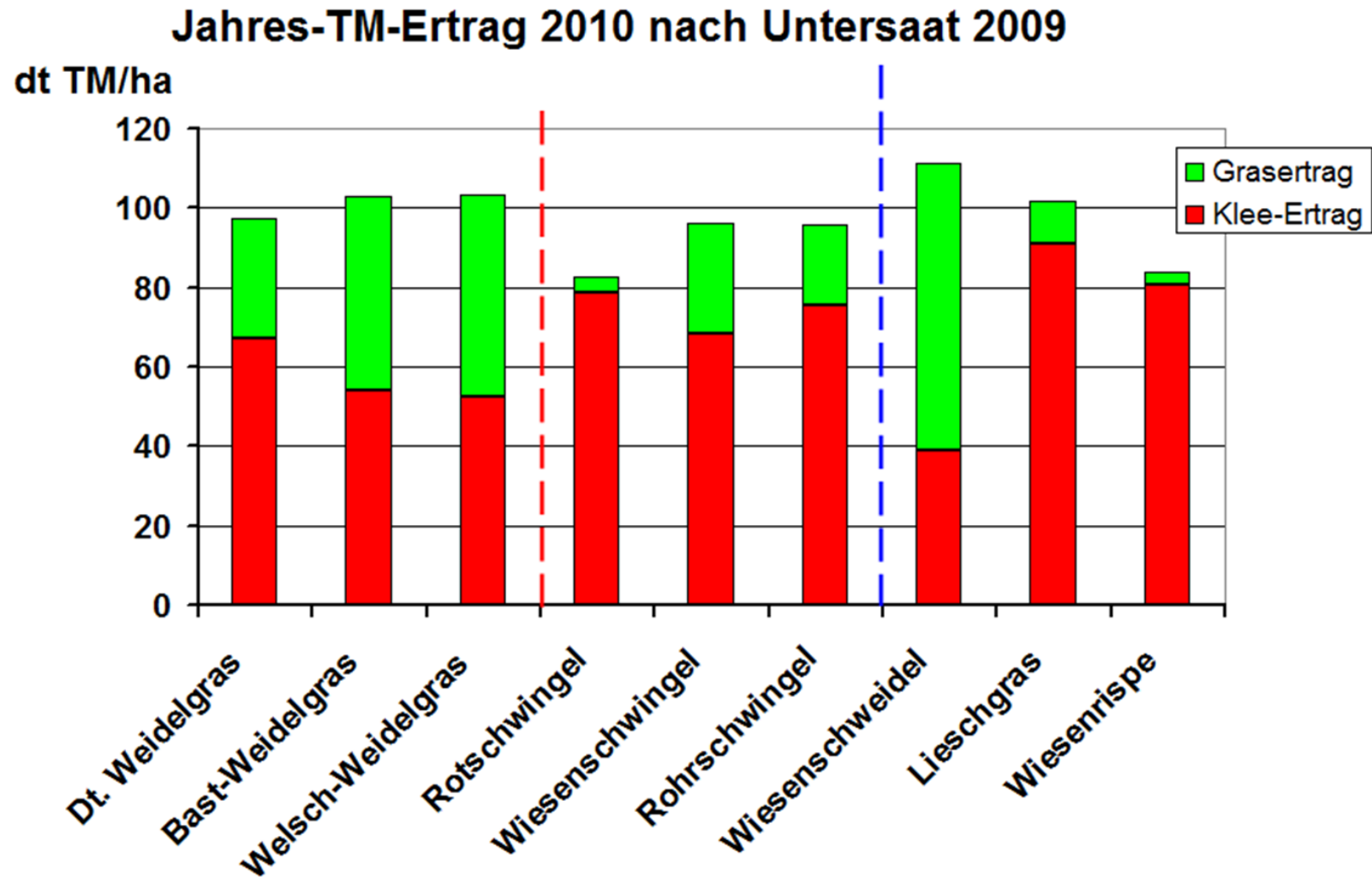


Fotos:

Dr. Johannes Thaysen, jthaysen@lksh.de

Lösung der Futterbergungsverluste? Einstellung des richtigen Grasanteils

Einfluss der Grasart auf den TM-Erträge verschiedener Klee-Grasbestände auf dem Lindhof im 1. Hauptnutzungsjahr nach **Untersaat im Vorjahr**



Besonderer Futterwert der Luzerne:

trotz Energiedichte nur im mittleren Bereich

- **starke Brüchigkeit der Faser im Vergleich zu Gräsern,**
- **geringe Vernetzung des Lignins mit übrigem Zellwandmaterial,**
- **hohe Gehalte an hoch verdaulichem Pektin > 14 – 18%**

- **Verdaulichkeitsrate der potenziell verdaulichen Faser bei gleichem Ligningehalt ist bei Luzerne 2-3 mal höher als bei Futtergräsern**

>> hohe Futter- bzw. >> Energieaufnahme
(siehe auch ETTLE et al. (2012))

hohe Gehalte an Mineralstoffen >>zweiwertige Kationen >>bei sinkendem pH-Wert (Pansen) erhöhte Pufferkapazität

Zur Klimarelevanz des Leguminosenanbaus

Ergebnisse ein 3-jähriger Versuchs

Zur Wirkung der Faktoren:

Nutzungsintensität: 3 versus 5 Schnittnutzung

Stickstoffdüngung : 0 versus 360 kg N/ha

und Bodenverdichtung (ohne und mit Kontaktflächendruck 228 kPa)

auf Ertrag, Qualität und Lachgasemissionen

eines einheitlichen fakultativen Grünlandbestandes

bestehend aus einer Saadmischung aus

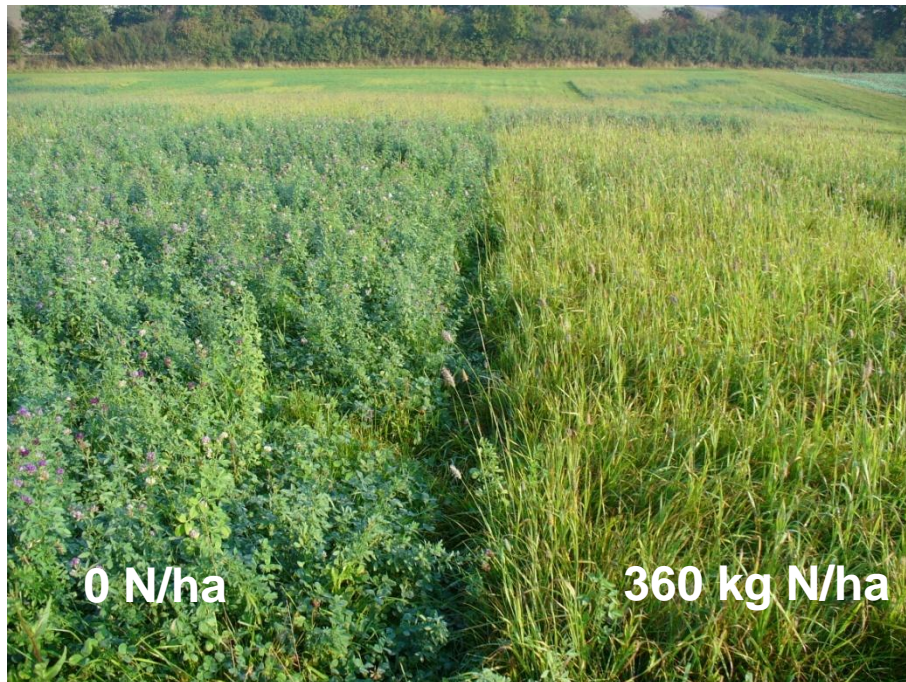
Luzerne, **Weißklee**, Dt. Weidelgras und Knaulgras

unter norddeutschen Bedingungen am Versuchsstandort

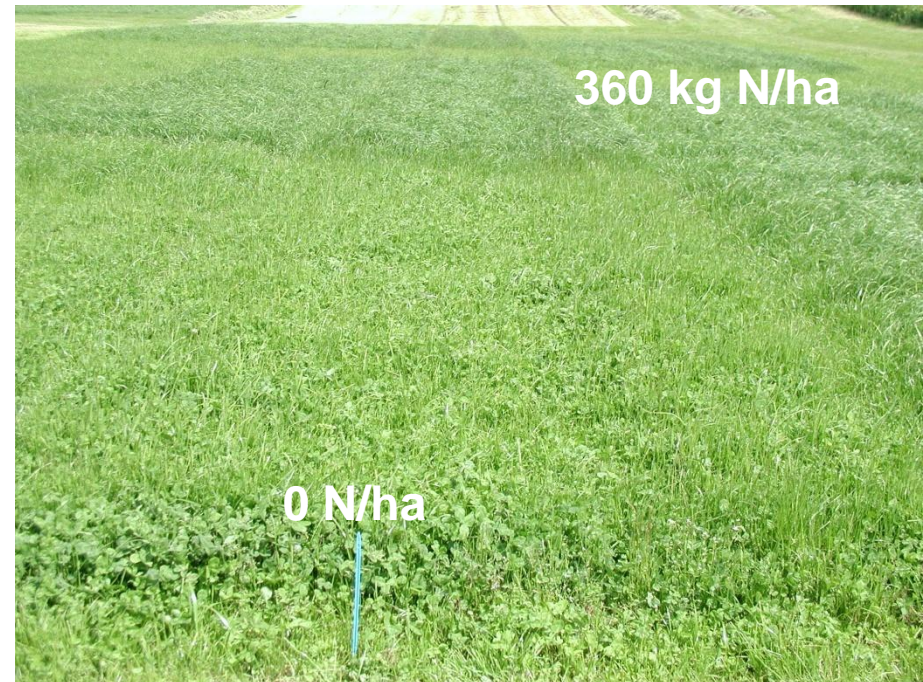
Hohenschulen (55 BP) (2006 -2008)

Entwicklung des einheitlichen Ausgangsbestandes durch unterschiedliche Nutzung

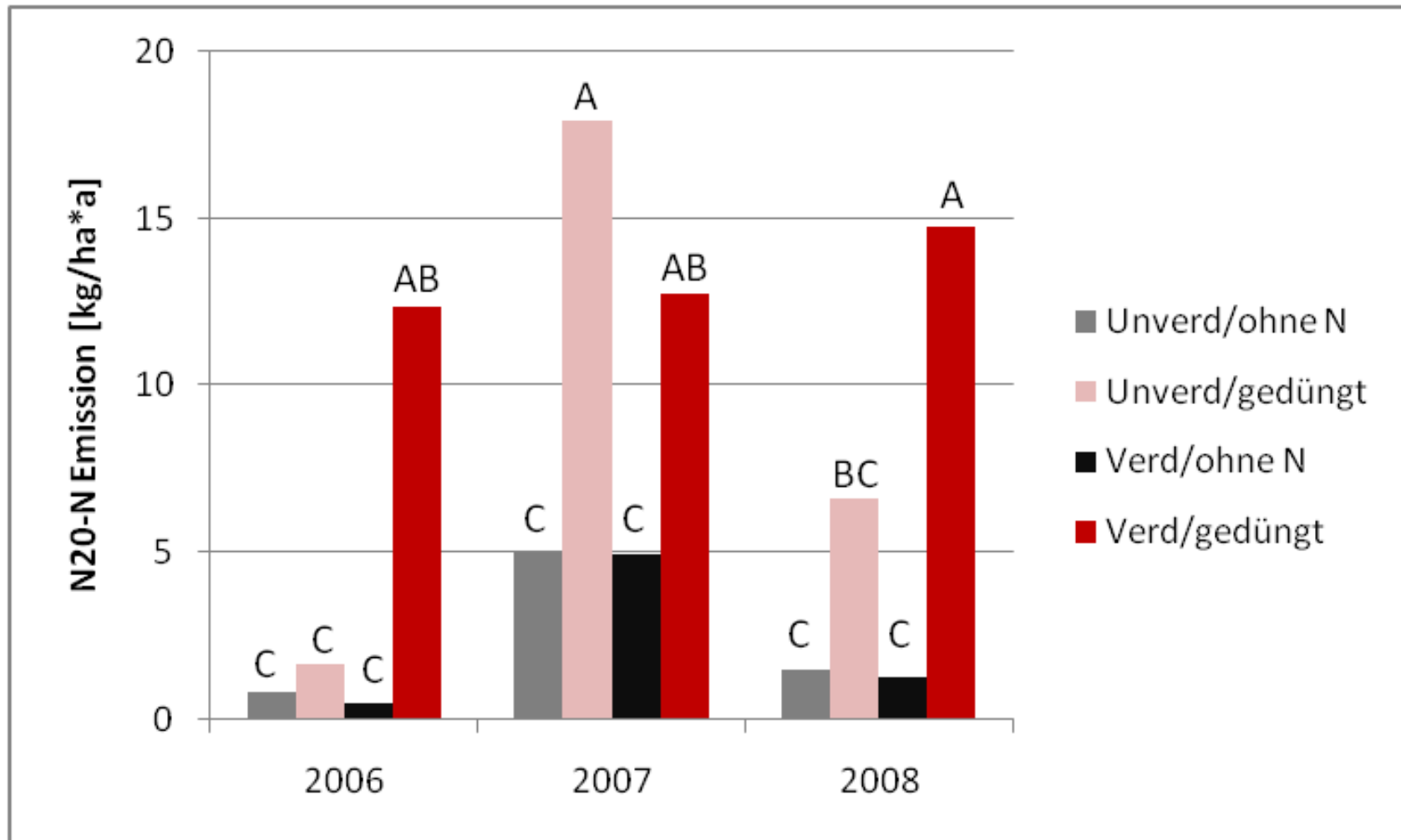
3-Schnitt-Nutzung



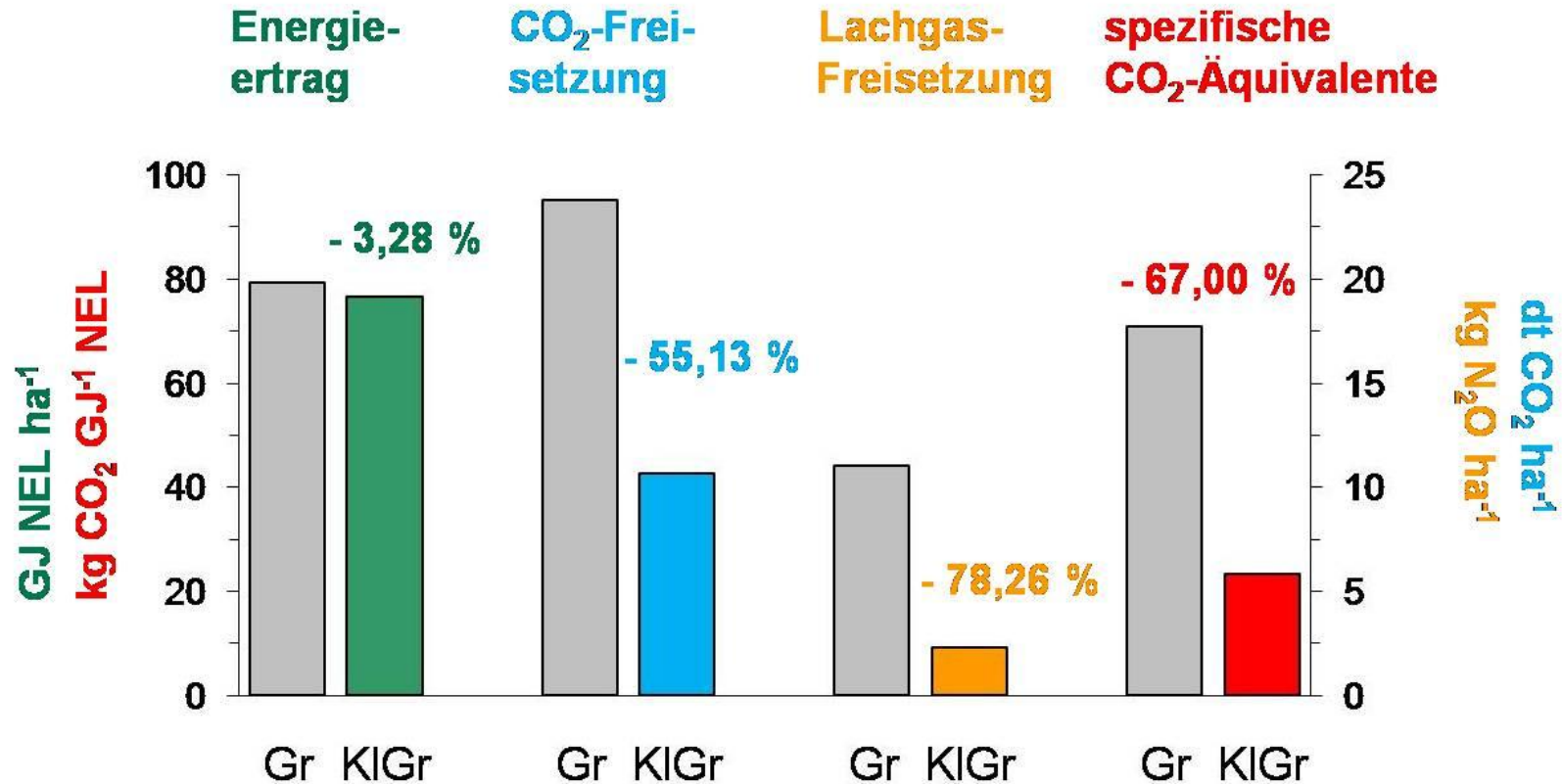
5-Schnitt-Nutzung



Lachgasemissionen



CO₂-Bilanz – Vergleich Ackergras –Luzerne-Klee-gras



Standort
Nutzung
Gr
KI-Gr

Versuchsbetrieb Hohenschulen (Ackerzahl: ~50)
3 Schnittnutzung
Grasbestand, 360 kg N ha⁻¹ über Mineraldünger (Kalkammonsalpeter)
Luzerne-Klee-grasbestand, ohne N-Düngung

Bodenumusgehalt und Landnutzungswandel

In die eben aufgestellten Vergleich wurden diese beiden wichtigen Aspekte zur Ableitung der Klimarelevanz von Futterproduktionssystemen bisher nicht berücksichtigt:

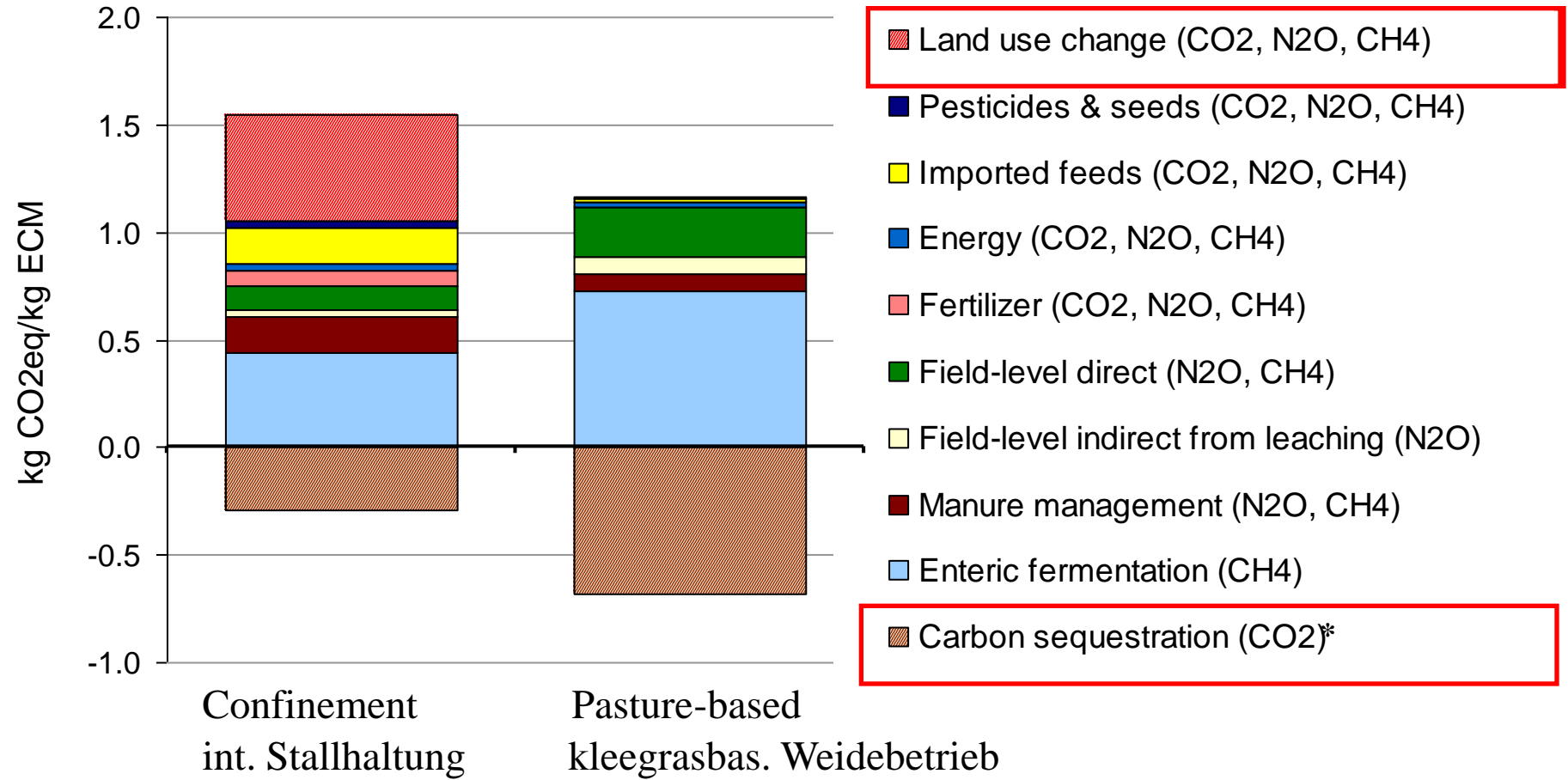
Die Bedeutung der angebauten Kulturen für den Bodenumusgehalt und dessen Funktion als CO₂- Senke

Mais gilt als Starkzehrer während Kleegras als Starkmehrer gilt

Soja als derzeit wichtige Proteinquelle, ist, da dessen Anbauausweitung u. a. auch auf Kosten von „Grünland“-umbruch (z.B. Cerrado) geht, **mit** dem durch hervorgerufenen Landnutzungswandel (LUC) verbundenen **klimarelevanten Humusabbau** belastet

Der Import von Eiweißfuttermitteln reduziert den Bedarf an Futterfläche i. d. R. nicht, er verlagert ihn in andere Regionen

Der Produkt-Carbon-footprint von Milch im Vergleich eines intensiven Stallhaltungstriebebes (11.000 ltr Kuh/Jahr) mit der eines kleebasierten intensiv weidenden Betriebes (6.000 ltr Kuh/Jahr) in Norddeutschland



* considering: Humus C requirement (VDLUFA, 2004)

Maize grown for silage - 560 kg C/ha

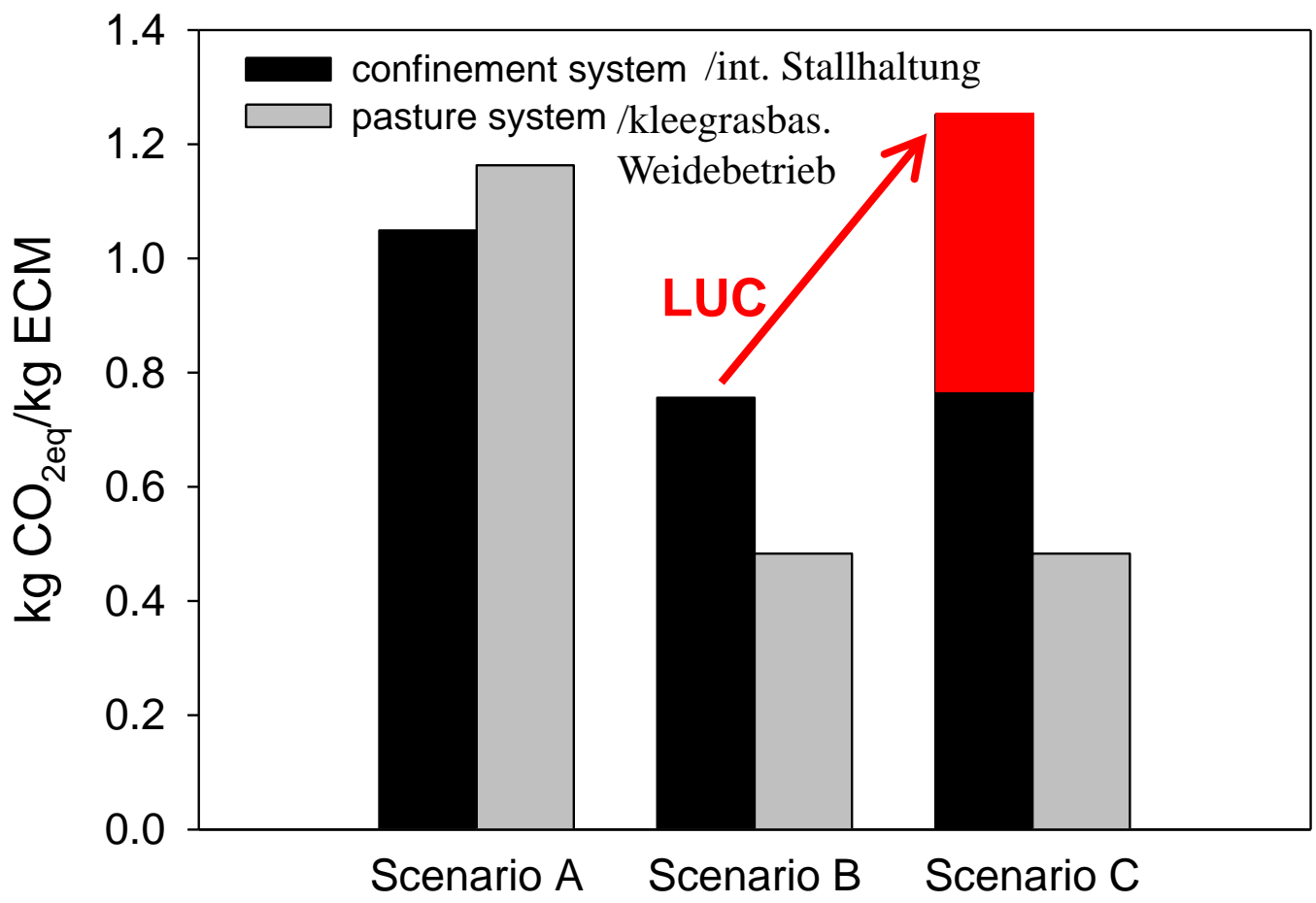
Grassland (ley): + 600 kg C/ha

and Humus C inputs (VDLUFA, 2004)

e.g. cattle slurry + 9 kg C/m³

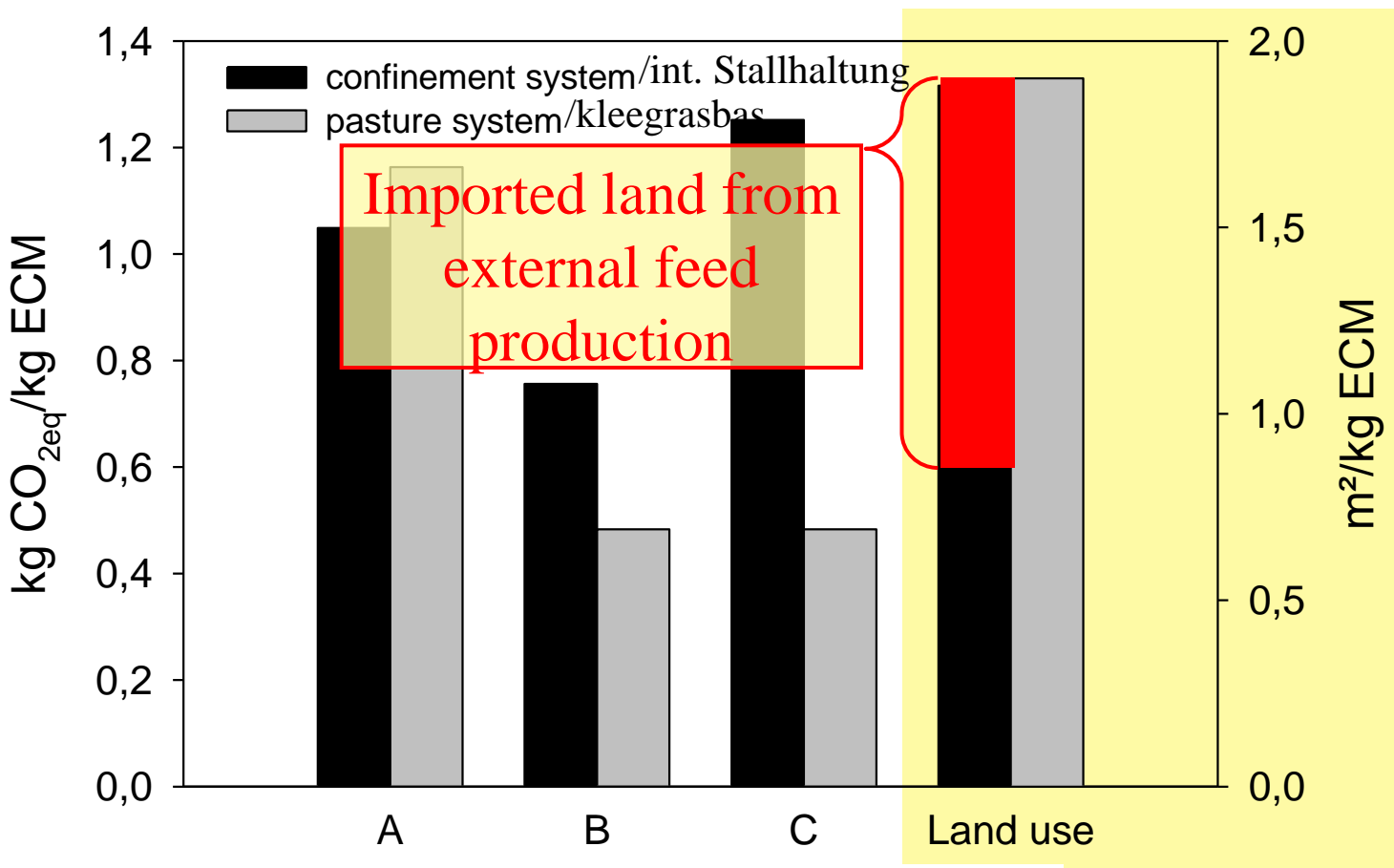
(Schönbach et al. EGF 2012)

Der Produkt-Carbon-footprint von Milch im Vergleich eines intensiven Stallhaltungstriebebes (11.000 ltr Kuh/Jahr) mit der eines kleebasierten intensiv weidenden Betriebes (6.000 ltr Kuh/Jahr) in Norddeutschland



Boden-C-Sequestrierung Futterbau:	—	☑	☑	(Schönbach et al. EGF 2012)
Landnutzungsänderungen (LUC):	—	—	☑	

Der Produkt-Carbon-footprint von Milch im Vergleich eines intensiven Stallhaltungstriebebes (11.000 ltr. Kuh/Jahr) mit der eines kleebasierten intensiv weidenden Betriebes (6.000 ltr. Kuh/Jahr) in Norddeutschland



Boden-C-Sequestrierung Futterbau: — ✓ ✓
 Landnutzungsänderungen (LUC): — — ✓

(Schönbach et al. EGF 2012)

Fazit:

Zur Erzeugung **RP-reicher** und **Mineralstoff-reicher** Grundfuttermittel bieten sich **Futterleguminosen als Produktionsalternative** an.

Rotklee- und luzernehaltige Saatmischungen können ohne zusätzliche N-Düngung **sehr hohe Proteinerträge** erzielen, die sonst nur mit sehr hoch gedüngten Ackergrasbeständen erreicht werden.

Leguminosengrasmischungen erzielen im Regelfall **maximal 75 % der Energieerträge intensiv gedüngter Grasbestände**, dieses bedeutet, dass zur Erzielung gleicher Nettoenergiemengen 25 % mehr Grundfutterfläche aufgewandt werden muss.

Der Futterkonservierung von leguminosenreichen Beständen muß hohe Aufmerksamkeit gewidmet werden (Aufbereitung, Abwärmetrocknung).

Hohe Wurzeleistungen = hohe Humusleistungen = hohe CO₂-Bindung im Boden

in Kombination mit niedrigen CO₂- bzw. Lachgasverlusten unterstreichen **Leguminosen als Milderungsstrategie** in der **Klimagasdiskussion**

Das zukünftiges Potential des Ackerfutterleguminosenanbaus ist abhängig von

Der Entwicklung der Preise von:

Eiweißfuttermitteln

Energie

Fläche

Der zukünftigen Relevanz von Umweltparametern z. B. in der Prämienzahlung oder in Bezug auf erzielbare Mehrpreise für Verbraucher:

zB. für Klimarelevanz und Bodenumusgehalte

Biodiversität und Landschaftsvielfalt

Die Leguminosen des Ackerfutterbaus wären anbaubar

ohne mineralische N-Dünger

und ohne Pflanzenschutzmittel (also echte Greenings-Kandidaten)

Größerer technischer Fortschritt ist ebenfalls für die Ausweitung des Leguminosenanbaus gefordert.

Forschungsbedarf:

Der **Entwicklung innovativer Konservierungsmethoden**, ein Beispiel wäre die Einbeziehung von Unterdachrocknung z. B. auf Basis von bisher nicht ausgenutzter Abwärme aus Biogasanlagen

Es fehlt an an koordinierten **regional differenzierten Studien zu Umweltwirkungen** verschiedener Futterproduktionsverfahren wie. z.B. Humusbildung, etwaige Treibhausgasemissionen bzw. Nährstoffauswaschungen, die die Stärken und Schwächen aufdecken könnten

Viele vor allen Dingen konventionell wirtschaftende Landwirte haben **enorme Schwierigkeiten mit der Etablierung von Ackerfutterleguminosen** u.a. weil Untersaaten ausscheiden

Es fehlt derzeit an **koordinierten Anbauversuchen, die die Einflüsse regional spezifische Steuergrößen** (wie z. B. Witterung und Boden) unter sonst gleichen Bedingungen testen.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



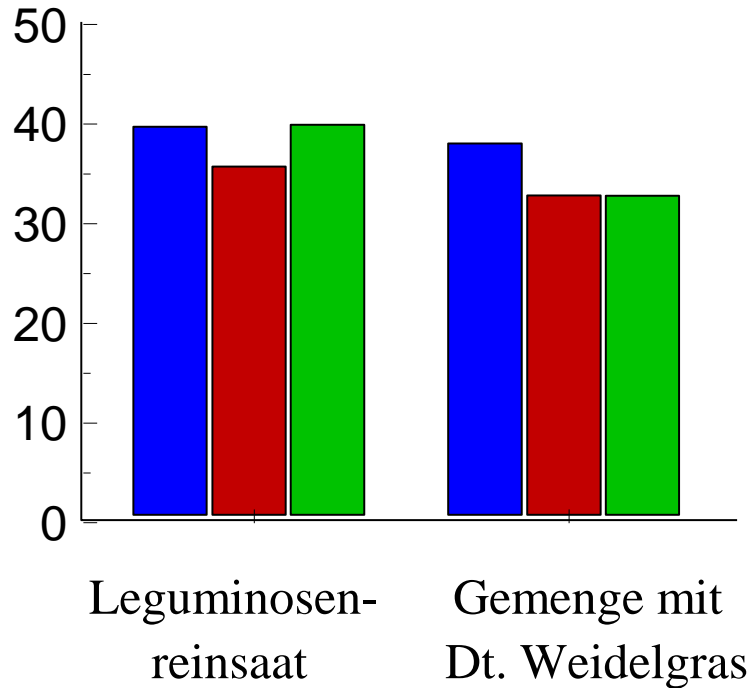
und
nutzen Sie Ihr Klee gras auch mal anders



Vergleich der Oktober-N_{min}-Gehalte der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras

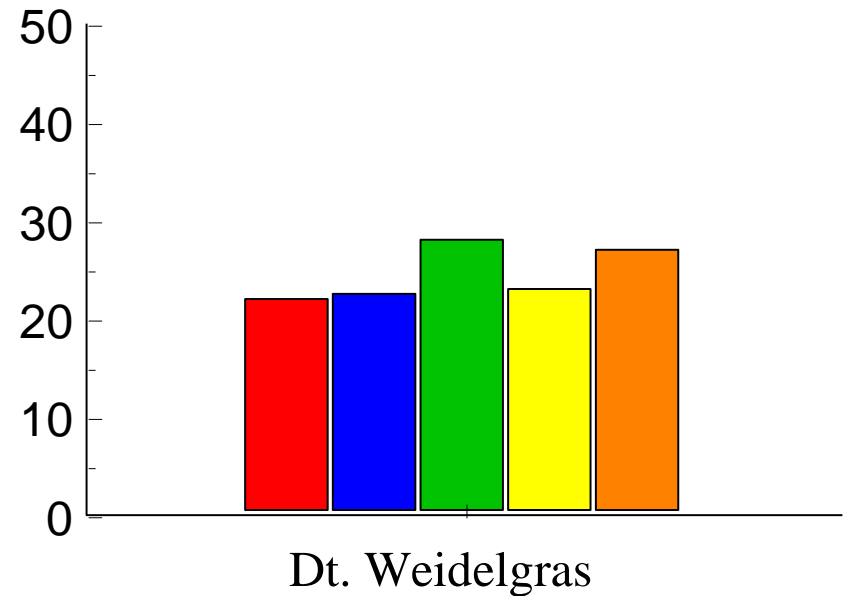
Herbst-Nmin-N d. Bodens

kg N/ha



Herbst-Nmin-N d. Bodens

kg N / ha



Leguminosenart:

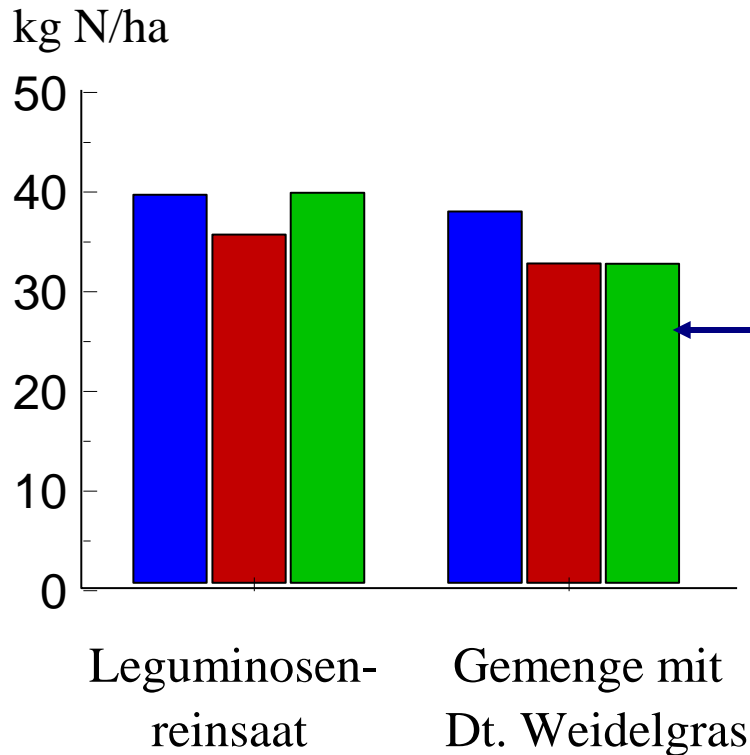
- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

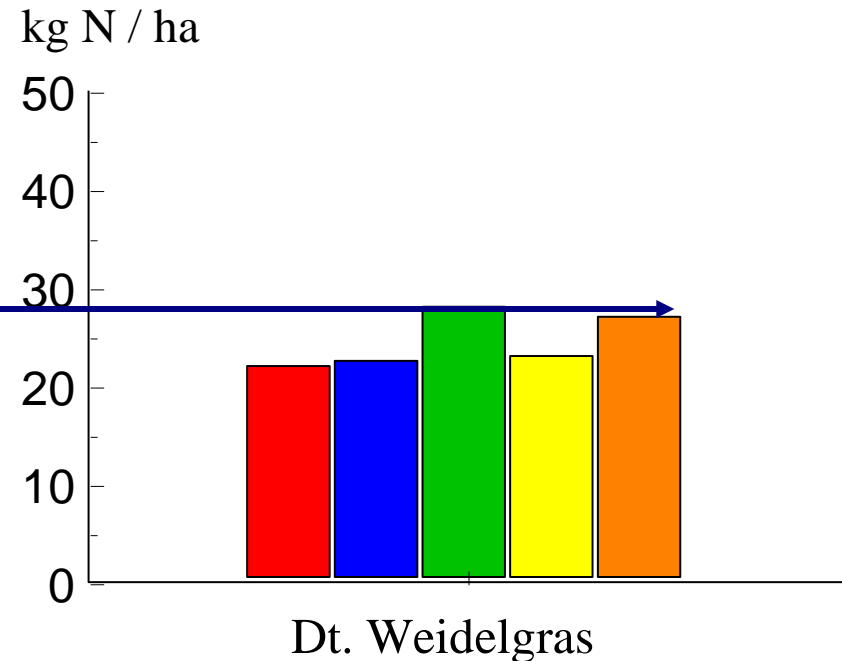
- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Vergleich der Oktober-N_{min}-Gehalte der Leguminosengras-Bestände mit denen von gedüngtem Dt. Weidelgras

Herbst-Nmin-N d. Bodens



Herbst-Nmin-N d. Bodens



Leguminosenart:

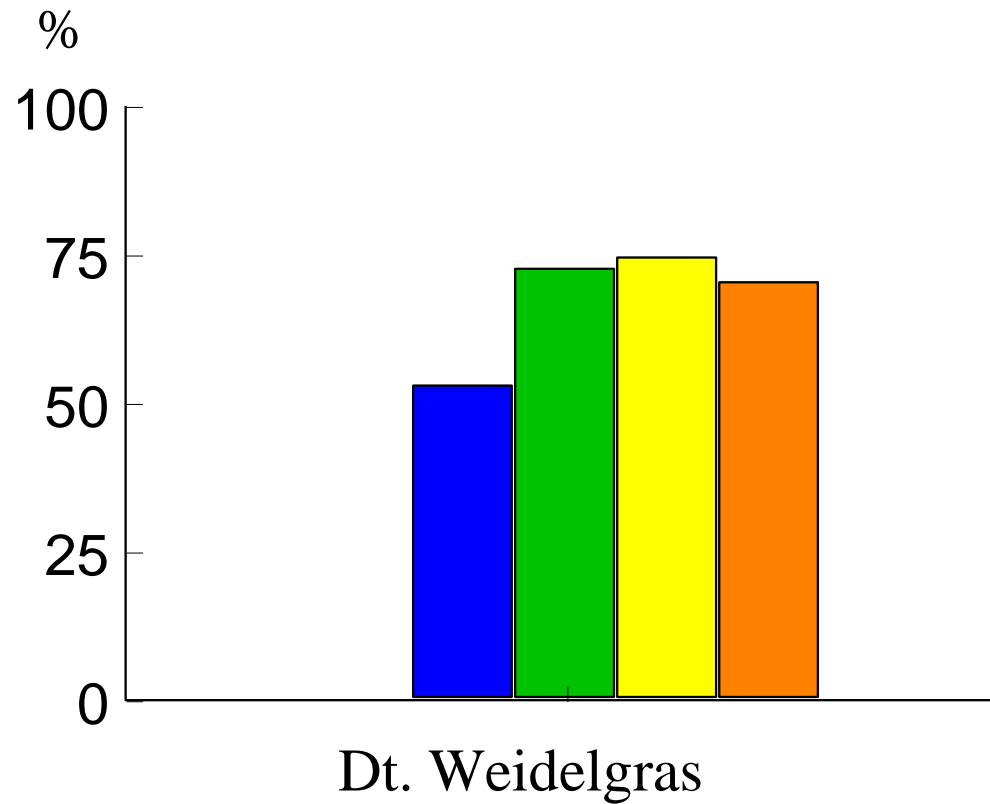
- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Scheinbare N-Ausnutzung des gedüngten Dt. Weidelgrases

Mineraldünger-N-Ausnutzung (scheinbar)



Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:



Proteinqualität

Abbau unterschiedlicher Futtermittel, in situ

	n	XP, % T	A	B	EPD, %
Luzerne	22	20,4	57,7	36,2	82
Weißklee	4	26,2	58,2	40,8	81
Rotklee	11	22,1	27,2	69,2	73
Gras	19	21,1	46,7	50,9	80
Klee/Grassilage	38	16,3	75,8	19,1	88
Weizen-GPS	28	8,7	83,9	7,5	89
Gerste-GPS	10	10,7	82,3	12,7	87

EPD = Effektive Abbaubarkeit im Pansen

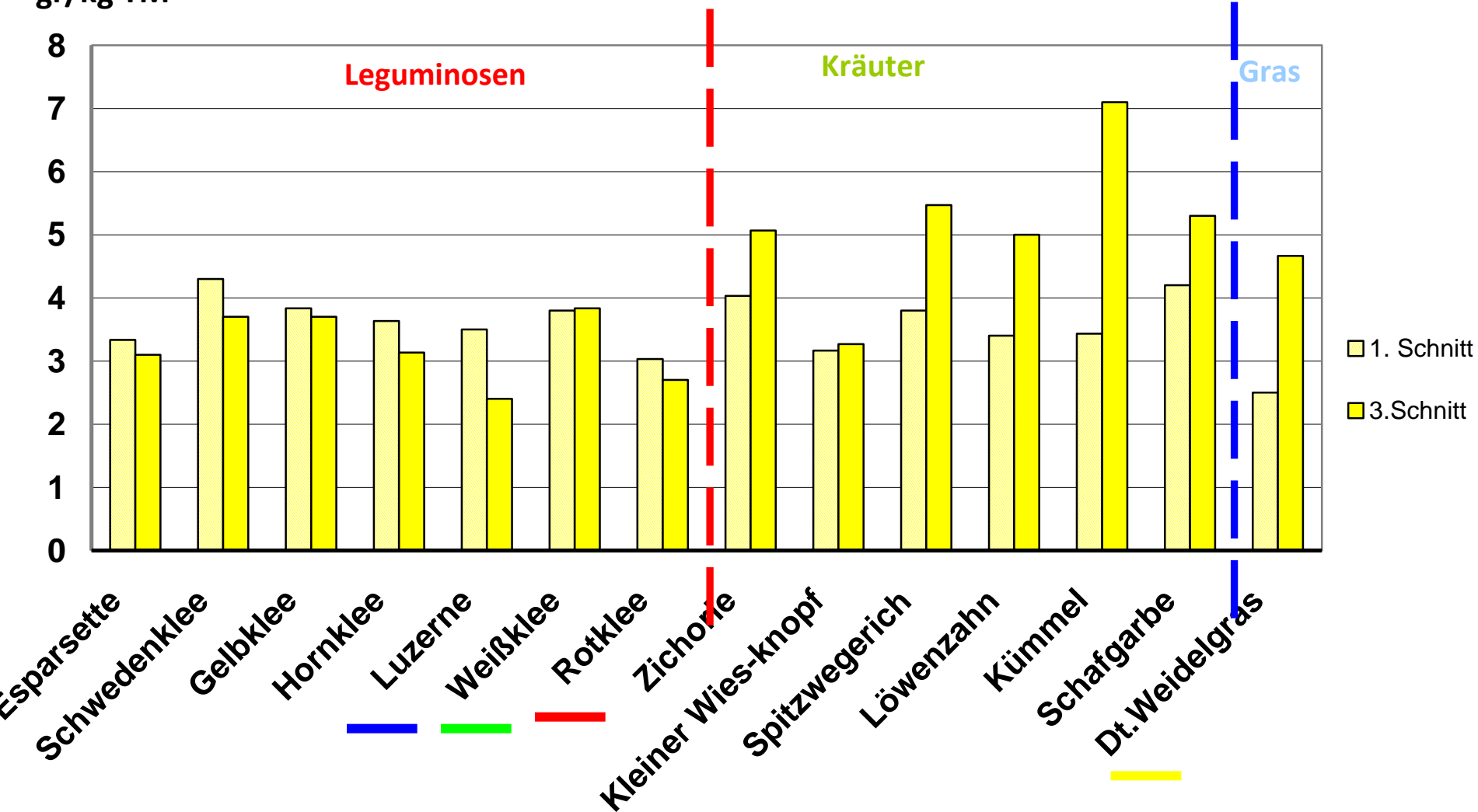
A = schnell verfügbares XP, NPN

B = langsam verfügbares XP

Hvelplund u. Weisbjerg, 2000

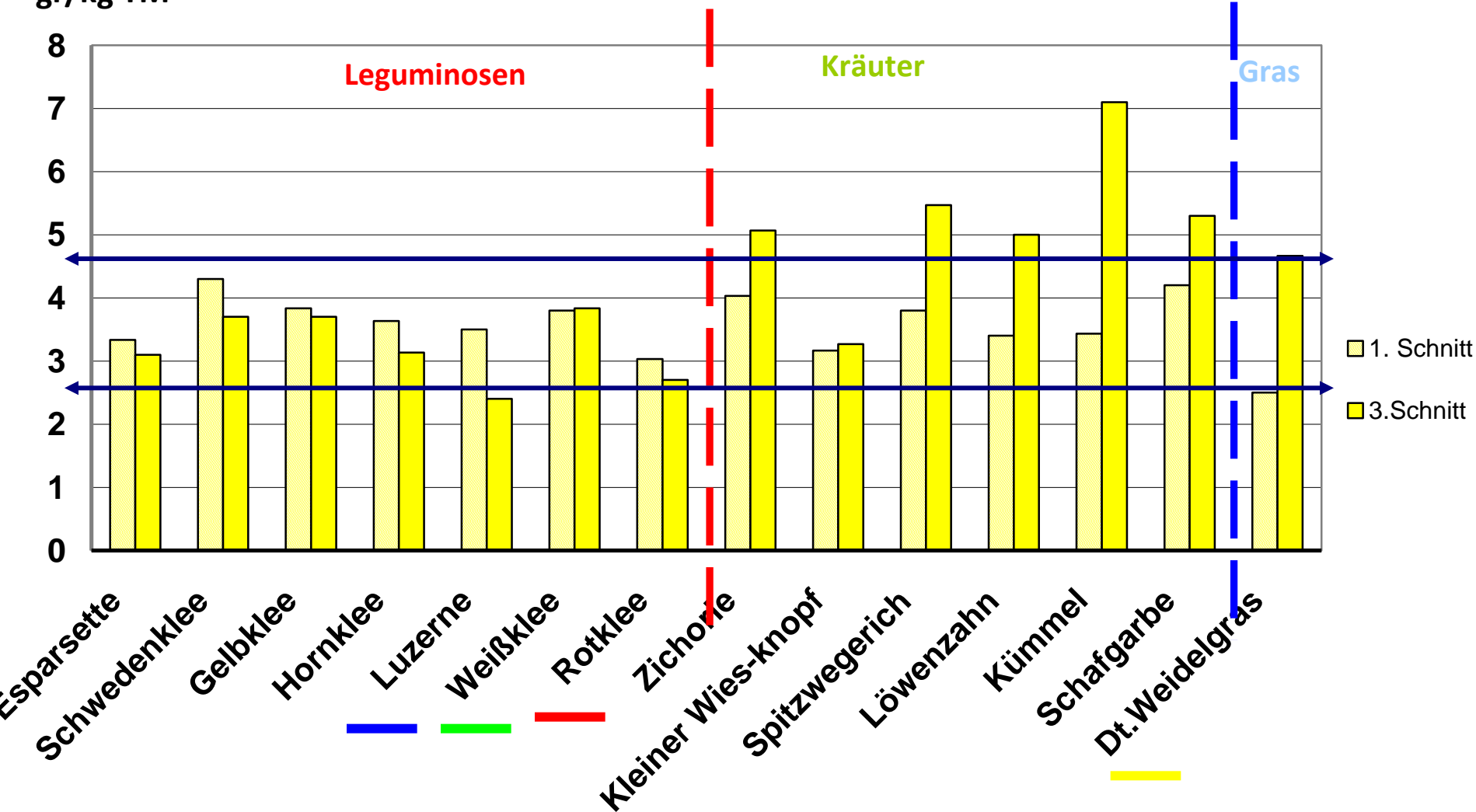
Phosphor-Gehalt des 1. und 3. Schnittes, 2010

gr/kg TM

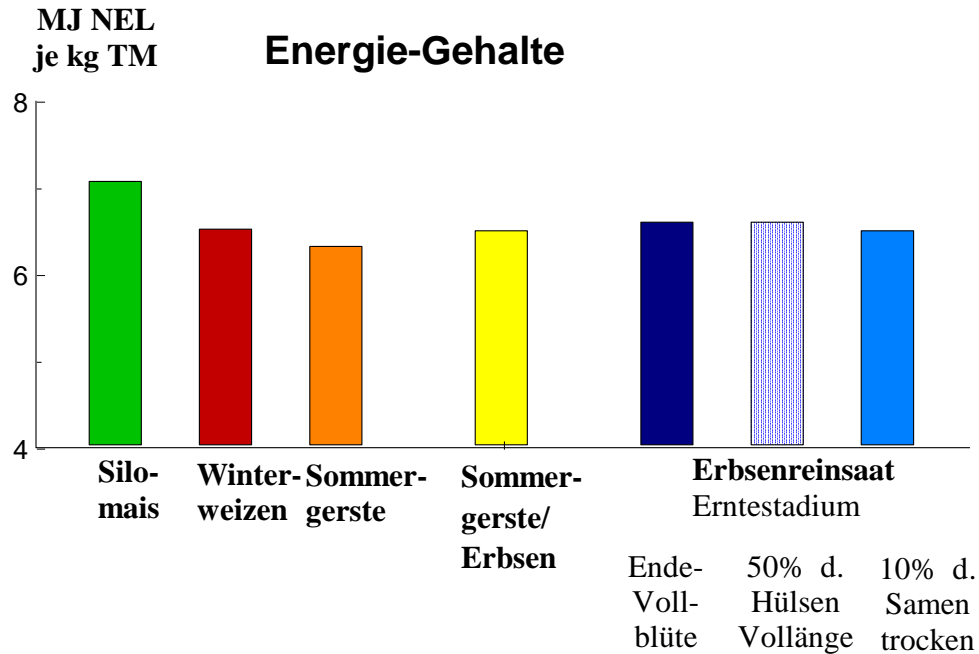
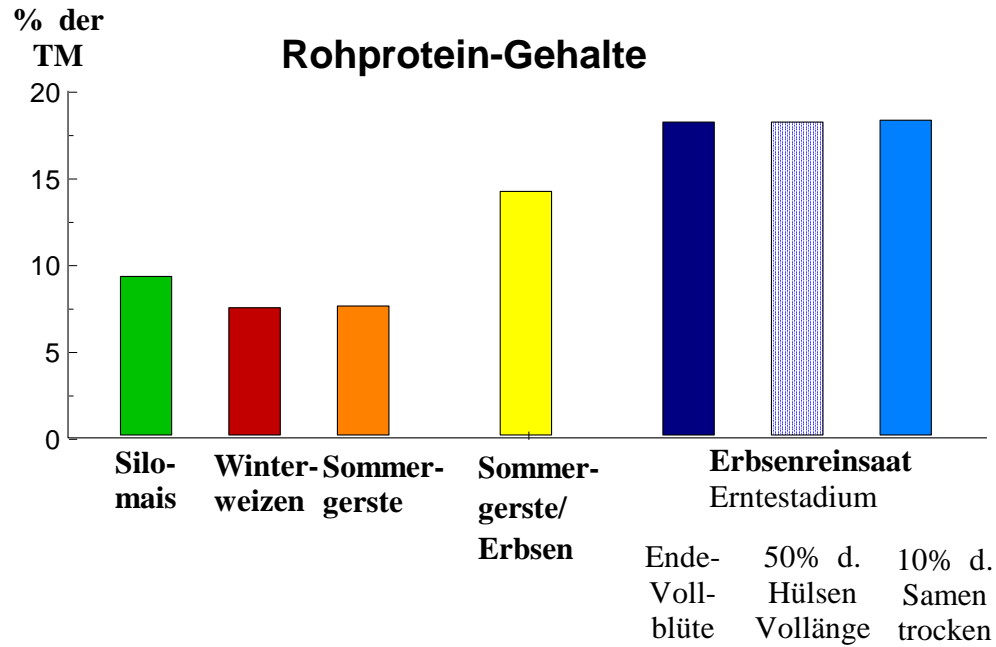


Phosphor-Gehalt des 1. und 3. Schnittes, 2010

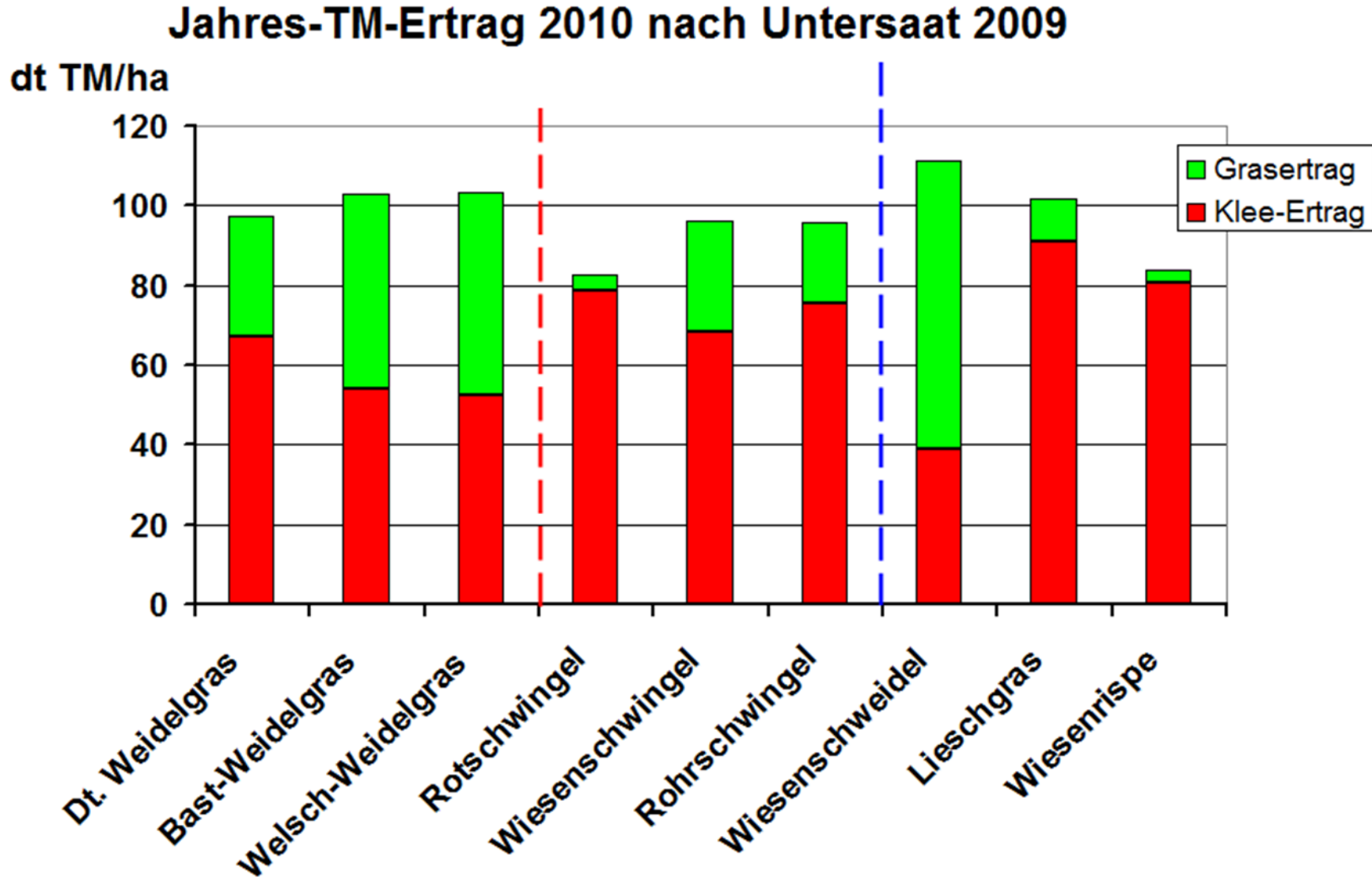
gr/kg TM



Ganzpflanzensilagen, Vorläufige Ergebnisse der Dänischen Landesversuche des Jahres 2000



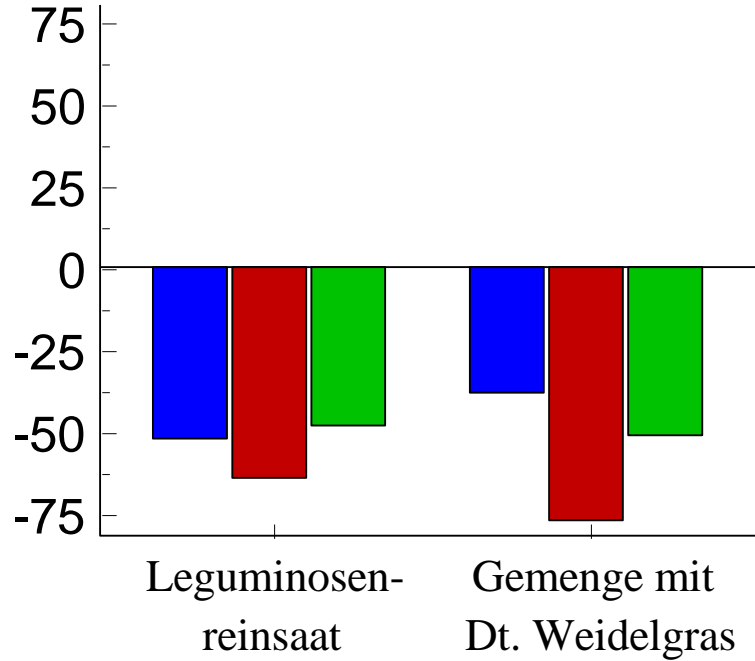
Einfluss der Grasart auf den TM-Erträge verschiedener Klee-grasbestände auf dem Lindhof im 1. Hauptnutzungsjahr nach **Untersaat im Vorjahr**



Einfache N-Bilanz der geprüften Bestände

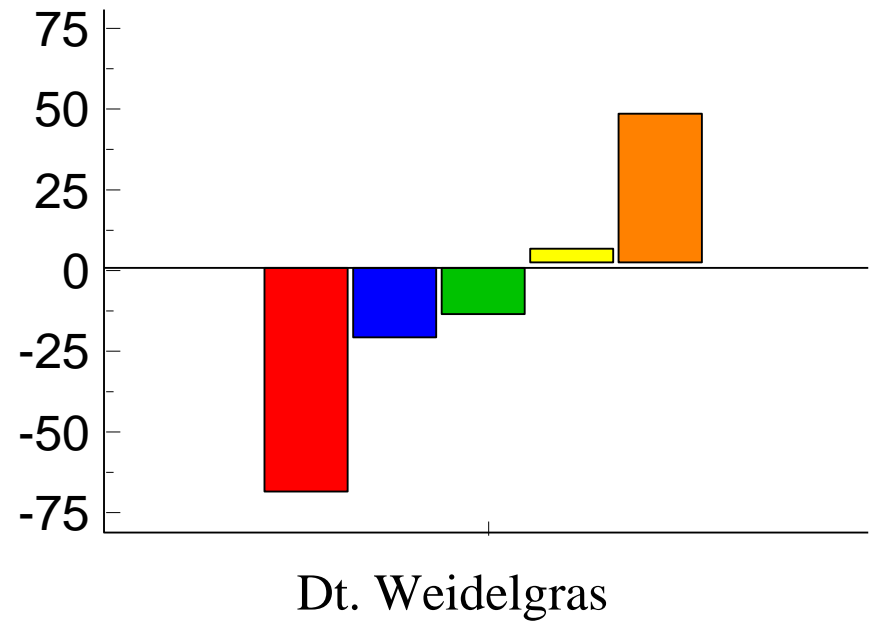
einf. N-Bilanz: N-Fixierung - N-Entzug

kg N / ha



einf. N-Bilanz: N-Düngung - N-Entzug

kg N / ha



Leguminosenart:

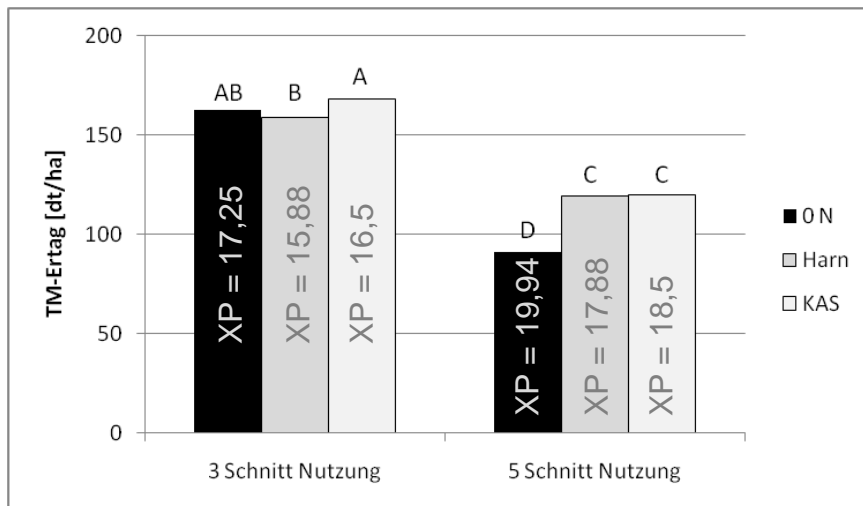
- Luzerne
- Rotklee
- Weißklee

Jahres-N-Düngung Dt. Weidelgras:

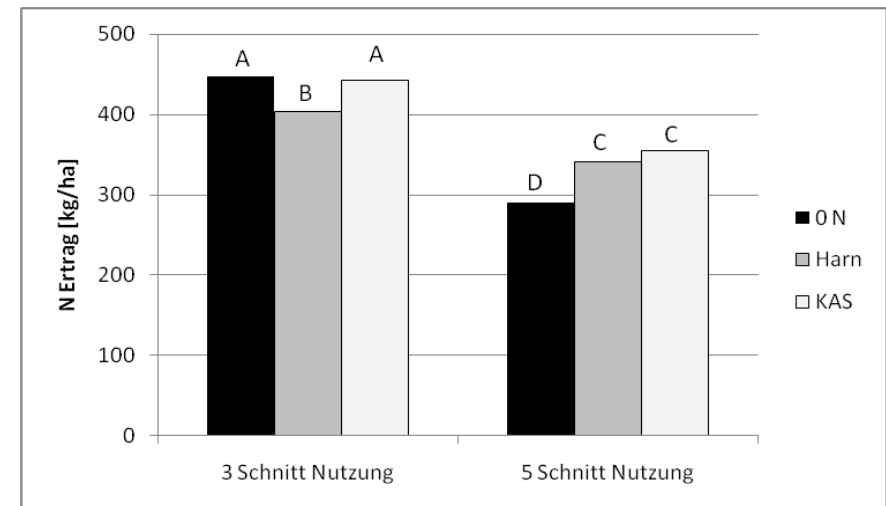
- 0 kg N/ha
- 100 kg N/ha
- 200 kg N/ha
- 300 kg N/ha
- 400 kg N/ha

Einfluss der Stickstoffdüngung auf den TM- Jahresertrag und N-Ertrag für unterschiedliche Nutzungssysteme

Trockenmassejahresertrag



Stickstoffjahresertrag

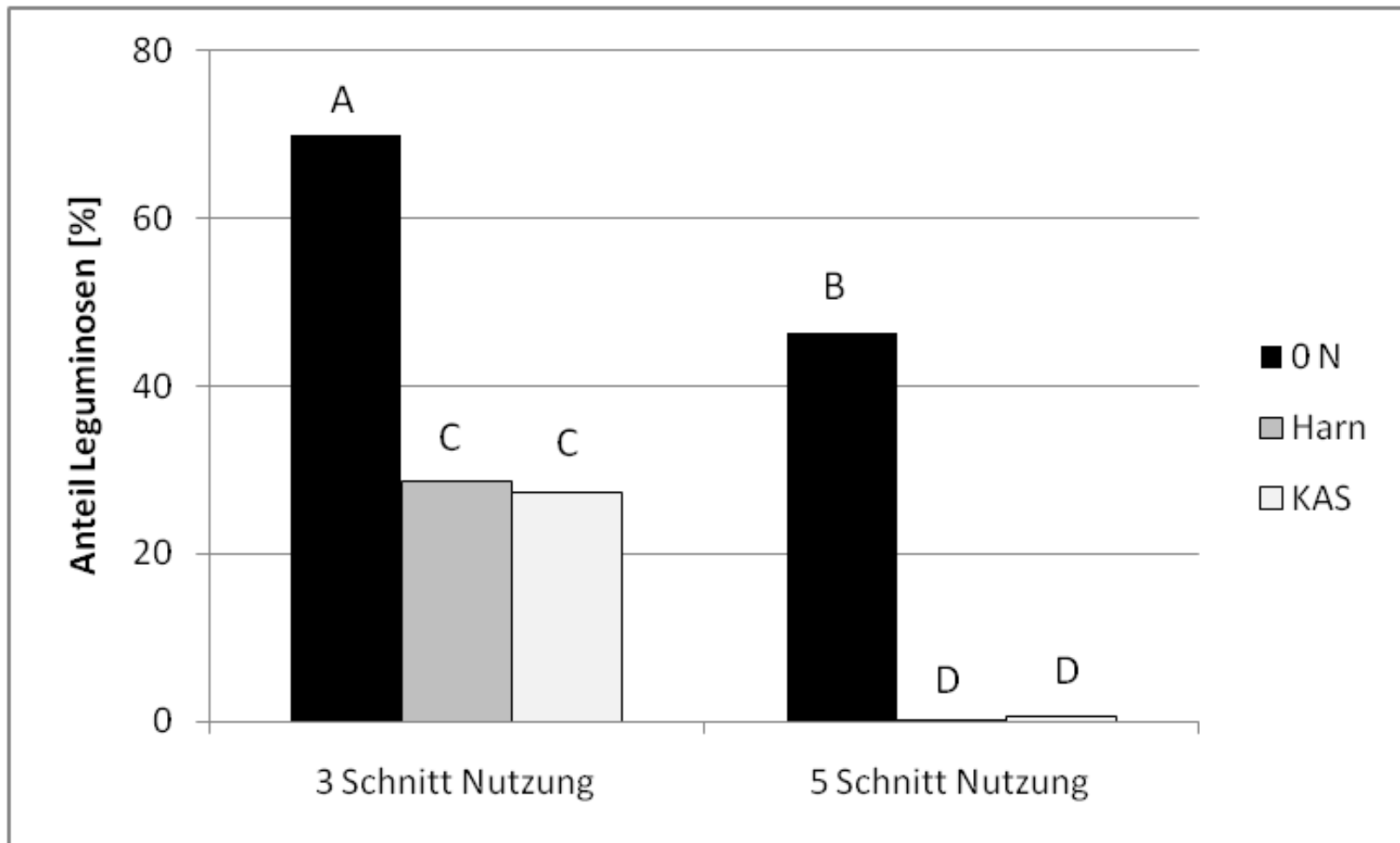


Energiekonzentration: 3 Schnitt-Nutzung: Ø 5,9 MJ/kg TM

5 Schnitt-Nutzung: Ø 6,5 MJ/kg TM

MJ ME nach Weißbach; NEL= ME*0,6

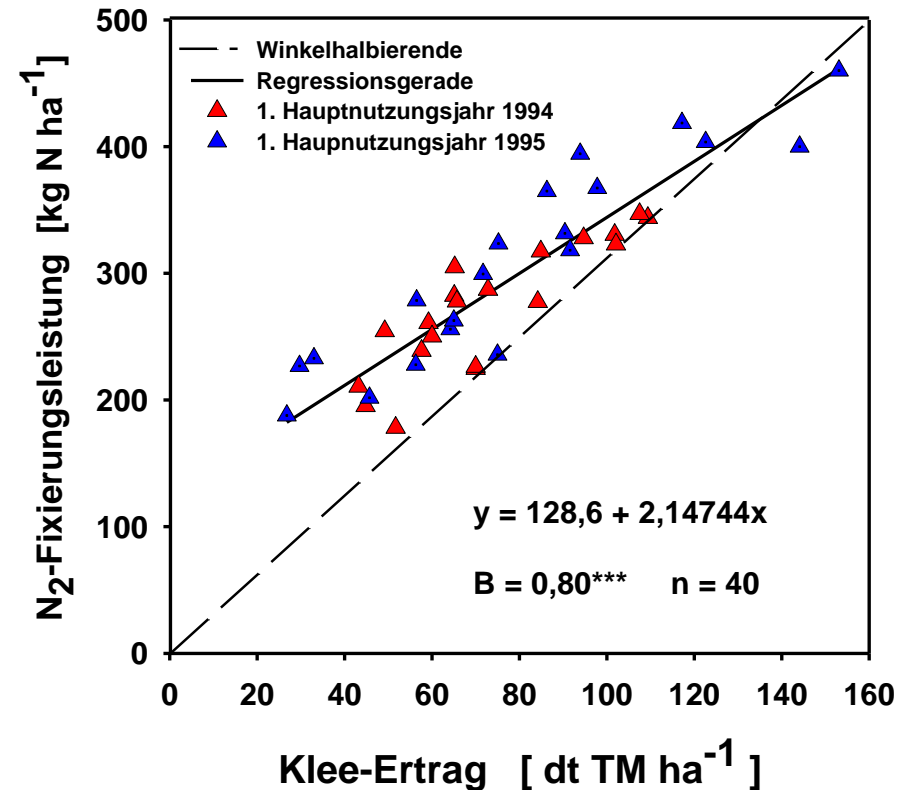
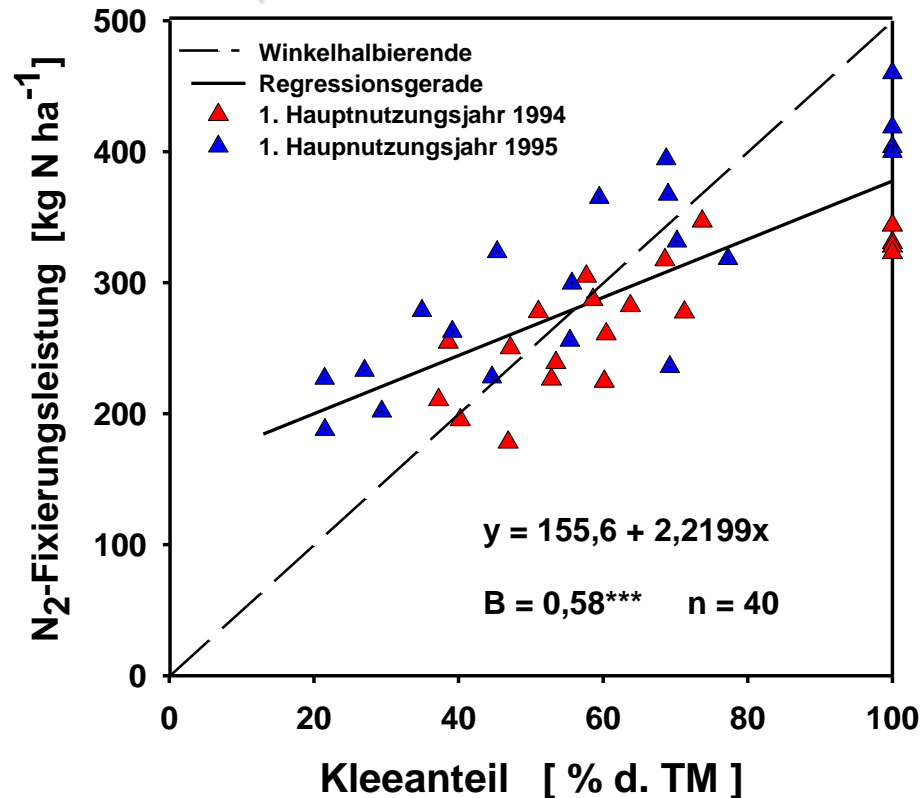
Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Anteil der Leguminosen für unterschiedliche Nutzungssysteme





Schätzbarkeit in der Praxis, Grundlagen: Stabile Beziehungen zwischen Ertragsleistung und N₂-Fixierung

Einfluss des Kleeanteiles am TM-Ertrag bzw. des Klee-Ertrages auf die N₂-Fixierungsleistung von futterbaulich genutztem Rotklee-Gras (ermittelt mit der erweiterten Differenzmethode, Loges 1998)

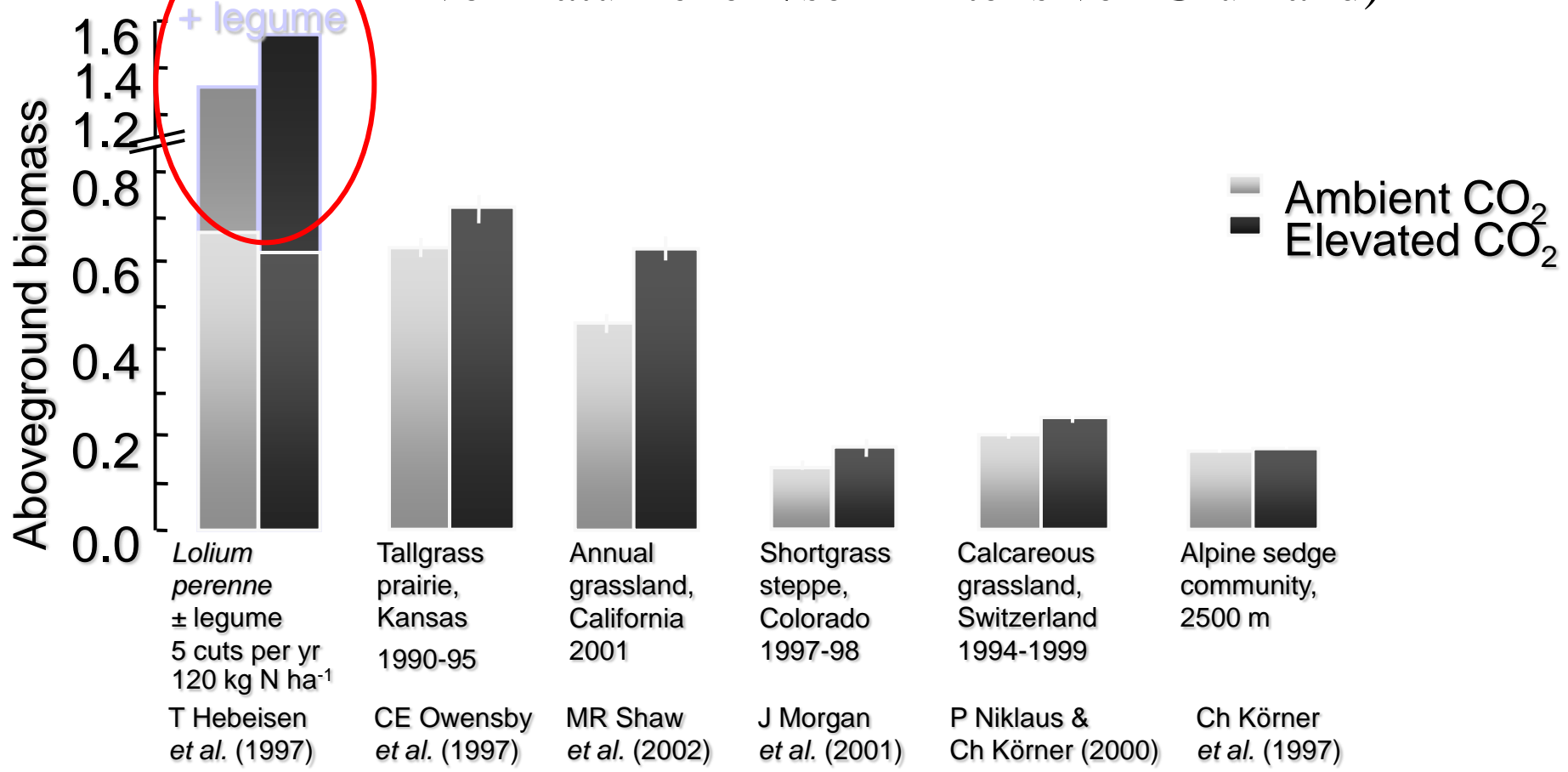


Swiss-FACE Experiment



CO₂ – Effekte auf Ertrag (kg/m²)

von natürlichem/semi-intensiven Grünland)



→ ca. +15 % Mehrertrag bei 2x CO₂

Einfluss erhöhter CO₂-Konzentration auf die N-Aufnahme /symbiontische N₂-Fixierung

Luzerne
N₂-fixierend

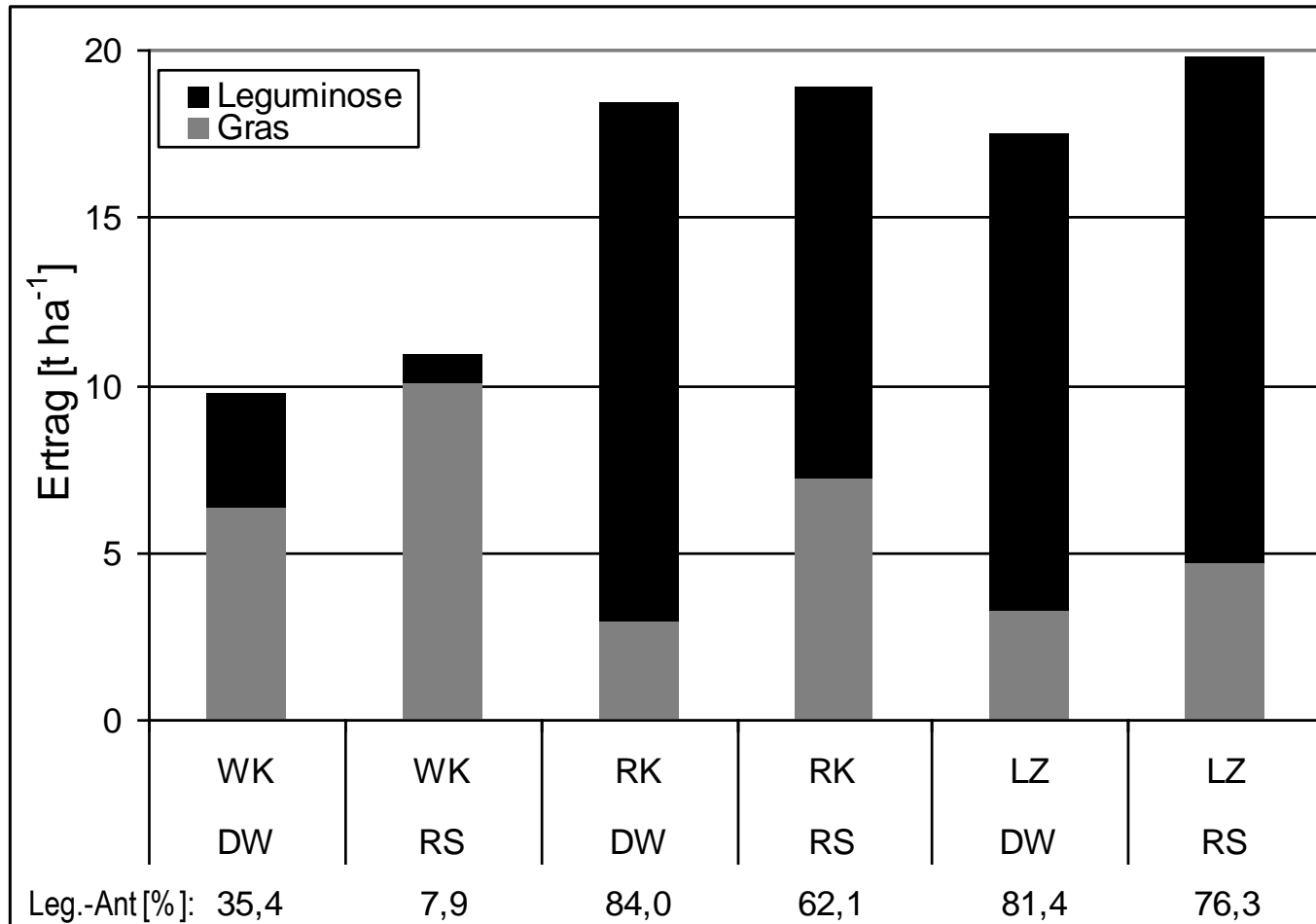
Luzerne (ohne Knöllchen)
nicht N₂-fixierend

CO ₂ (Pa)	(mg Pflanze ⁻¹)	
35	11.45	8.91
60	11.83	8.62
SE	0.117	0.117
%	+47%	-25%

→ Höhere N-Fixierung aber geringere N-Aufnahme aus dem Boden

(Lüscher et al. 2000)

Vergleich von Weißklee (WK), Rotklee (RK) und Luzerne (LZ) jeweils im Gemenge mit Dt. Weidelgras (DW) oder **Rohrschwengel (RS)** am Standort Ritzerau 2005 u 2006 **zwei Jahre mit Frühsommertrockenheit**

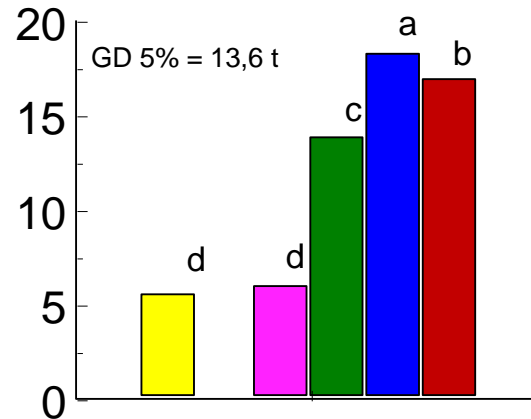


(Loges *et al.* 2009)

Einfluß von **Bestandesalter** und **Bewirtschaftungsart** auf a) potentiell erntbare Sproßmasse, b) auf dem Feld verbliebene N-Mengen (Wurzeln, Stoppeln, Mulch) sowie die N-Fixierung von Rotklee/Gras-Beständen 1995

potentiell erntbare Sproßmasse

t tm/ha



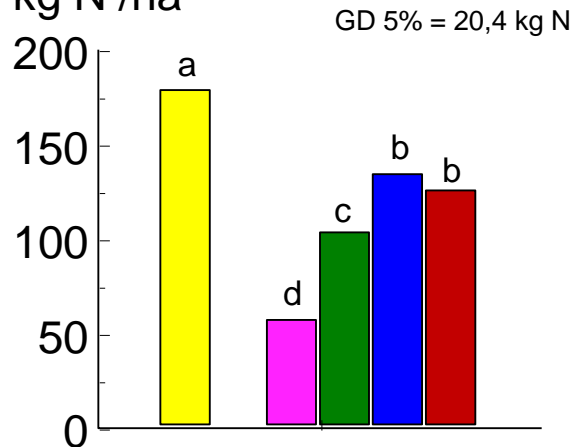
Saatzeitpunkt bzw. -methode/ Bewirtschaftung/Bestandesalter:

- August'94/Blanksaat/ 1jährige Gründung
- April'95/Blanksaat/ Schnittnutzung (1. Nutzungsjahr)
- August'94/Blanksaat/ Schnittnutzung (1. Hauptnutzungsjahr)
- April'94/Untersaat/ Schnittnutzung (1. Hauptnutzungsjahr)
- August'93/Blanksaat/ Schnittnutzung (1. Hauptnutzungsjahr)

auf dem Feld verbliebene N-Menge

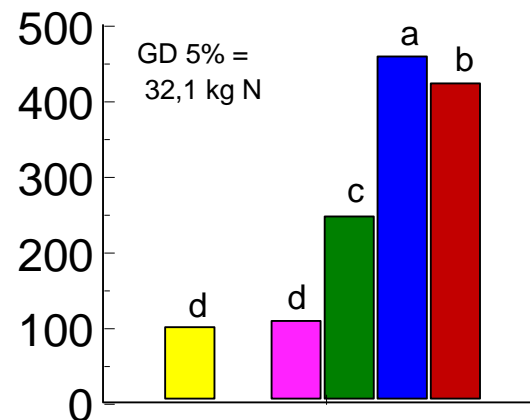
(Stoppeln, Wurzeln, Mulch)

kg N /ha



N-Fixierung

kg N/ha/Jahr



Schätzbarkeit in der Praxis mit empirischen Berechnungsansätzen

Empirisches Modell zur Quantifizierung der N₂-Fixierung von Leguminosen

(Høgh-Jensen og Loges zunächst 1998 DACROF-Report auf Dänisch sowohl für Futter- als auch Körnerleguminosen später englisch übersetzt bei Organic-Eprints) aktuell Høgh-Jensen et al. 2004, begutachtet in Agricultural Systems 82, 181-194

$$N_{\text{fix}} = \text{TM}_{\text{Leguminose}} * N\% * P_{\text{fix}}$$

$$P_{\text{fix}} = P_{\text{Sproß}} * (1 + P_{\text{Wurzel+Stoppel}} + P_{\text{Transfer (Boden)}} + P_{\text{Transfer (Tier)}} + P_{\text{Immobilisiert}})$$

$\text{TM}_{\text{Leguminose}}$ = TM-Ertrag der Leguminosen

$N\%$ = N-Konzentration in der Leguminosen-Trockenmasse;

P_{fix} = Prozentanteil fixierter N im Gesamt-N der Leguminose;

$P_{\text{Sproß}}$ = Prozentanteil fixierter N im Leguminosen-Sproß;

$P_{\text{Wurzel+Stoppel}}$ = Prozentanteil fixierter N in den Wurzeln und Stoppeln von Leguminosen als Proportion von $P_{\text{Sproß}}$;

$P_{\text{Transfer (Boden)}}$ = Prozentanteil fixierter N im Transfer-N zur Begleitpflanze über den Boden als Proportion von $P_{\text{Sproß}}$;

$P_{\text{Transfer (Tier)}}$ = Prozentanteil fixierter N im Transfer-N zur Begleitpflanze über das grasende Tier als Proportion von $P_{\text{Sproß}}$;

$P_{\text{Immobilisiert}}$ = Prozentanteil fixierter N der im Boden immobilisiert wird als Proportion von $P_{\text{Sproß}}$ (Bodenartspezifisch)

Nach Parametrisierung des Modells z. B. für Rotklee mit den Parametern aus Tabelle 1 ist es möglich auf einem einfachen Wege einen relativ genauen Schätzwert der fixierten N-Menge zu erhalten.

Tabelle 1: Parameter zur Schätzung der N₂-Fixierung von Rotklee und Rotklee/Gras

Saatmischung	N%	$P_{\text{Sproß}}$	$P_{\text{Wurzel+Stoppel}}$	$P_{\text{Transfer (Boden)}}$	$P_{\text{Transfer (Tier)}}$	$P_{\text{Immobilisiert}}$
Rotklee	0.030	0.74	0.25	-	-	0.30
Rotklee gras	0.030	0.95	0.25	0.05	-	0.38

Empirisches Modell zur Quantifizierung der N₂-Fixierung von Leguminosen

(Høgh-Jensen og Loges zunächst 1998 DACROF-Report auf Dänisch sowohl für Futter- als auch Körnerleguminosen später englisch übersetzt bei Organic-Eprints) aktuell Høgh-Jensen et al. 2004, begutachtet in Agricultural Systems 82, 181-194

$$N_{\text{fix}} = TM_{\text{Leguminose}} * N\% * P_{\text{fix}}$$

$$P_{\text{fix}} = P_{\text{Sproß}} * (1 + P_{\text{Wurzel+Stoppel}} + P_{\text{Transfer (Boden)}} + P_{\text{Transfer (Tier)}} + P_{\text{Immobilisiert}})$$

- TM_{Leguminose} = TM-Ertrag der Leguminosen
- N% = N-Konzentration in der Leguminosen-Trockenmasse;
- P_{fix} = Prozentanteil fixierter N im Gesamt-N der Leguminose;
- P_{Sproß} = Prozentanteil fixierter N im Leguminosen-Sproß;
- P_{Wurzel+Stoppel} = Prozentanteil fixierter N in den Wurzeln und Stoppeln von Leguminosen als Proportion von P_{Sproß};
- P_{Transfer (Boden)} = Prozentanteil fixierter N im Transfer-N zur Begleitpflanze über den Boden als Proportion von P_{Sproß};
- P_{Transfer (Tier)} = Prozentanteil fixierter N im Transfer-N zur Begleitpflanze über das grasende Tier als Proportion von P_{Sproß};
- P_{Immobilisiert} = Prozentanteil fixierter N der im Boden immobilisiert wird als Proportion von P_{Sproß} (Bodenartspezifisch)

Nach Parametrisierung des Modells z. B. für Rotklee mit den Parametern aus Tabelle 1 ist es möglich auf einem einfachen Wege einen relativ genauen Schätzwert der fixierten N-Menge zu erhalten.

Tabelle 1: Parameter zur Schätzung der N₂-Fixierung von Rotklee und Rotklee/Gras

Saatmischung	N%	P _{Sproß}	P _{Wurzel+Stoppel}	P _{Transfer (Boden)}	P _{Transfer (Tier)}	P _{Immobilisiert}
Rotklee	0.030	0.74	0.25	-	-	0.30
Rotklee-gras	0.030	0.95	0.25	0.05	-	0.38

Parametrisierung des empirischen Modells für andere Bestände

Table 1 (continued)

System	N% kg kg ⁻¹	P _{fix}	P _{root+stubble}	P _{trans soil}	P _{trans animal}	P _{immobile} Clayey/Sandy soils	References
Grazed 1–2 yrs old grass-red clover	0.030	0.80 ^a	0.25	0.05	0.20 ^b	0.50/0.25	Like above, except: (a) Ledgard et al. (1990, 1996); Marriott et al. (1987); Hansen and Vinther (2001); Vinther (1998) (b) Assumed to be sim- ilar to white clover: Ledgard (1991)
Cut >2 yrs old grass- white clover	0.043	0.95	0.25	0.20	–	0.38 ^a /0.00	Like above for young grass-white clover, except: (a) assumed to reach zero within 4–8 years after seeding according to Johnston et al. (1994); Tyson et al. (1990)
Grazed >2 yrs old grass-white clover	0.043	0.75 ^a	0.25	0.20	0.20	0.38/0.00	Like above for grazed young grass-white clover, except:

N-Fixierungsleistungen produktiver Leguminosenbestände in Norddeutschland



Bestandstyp bzw. Nutzungsform	Potentiell erntbare Biomasse (dt TM/ha)	N ₂ -Fixierung (kg N/ha)	Ernterückstände		
			org. Substanz (dt OM/ha)	N-Menge (kg N/ha)	N-Konzentration (% d. OM)
überjähr. Klee gras- Grünbrache	80 – 115 ^a	75 – 200	70 – 104	120 – 269	1,4 – 2,6
überjähr. futterbaulich genutztes Klee gras aus Untersaat	85 – 131 ^b	190 – 380	40 – 65	82 – 126	1,5 – 2,4
überjähr. futterbaulich genutztes Klee gras aus Blanksaat	80 – 122 ^b	165 – 340	42 – 68	80 – 122	1,6 – 2,3
Körnererbsen	27 – 55 ^c	80 – 220	29 – 58	60 – 101	1,6 – 1,9
Erbsen-Gersten-Gemenge Körnernutzung	28 – 51 ^c	60 – 150	30 – 55	35 – 70	1,0 – 1,4
Erbsen-Gersten-Gemenge Silagenutzung	60 – 90 ^b	60 – 150	14 – 23	20 – 35	1,2 – 1,8
Kleeuntersaat in Getreide	10 – 21 ^a	20 – 70	20 – 30	40 – 85	1,9 – 3,0

^a = Aufwuchs der Gründungsbestände auf dem Feld belassen

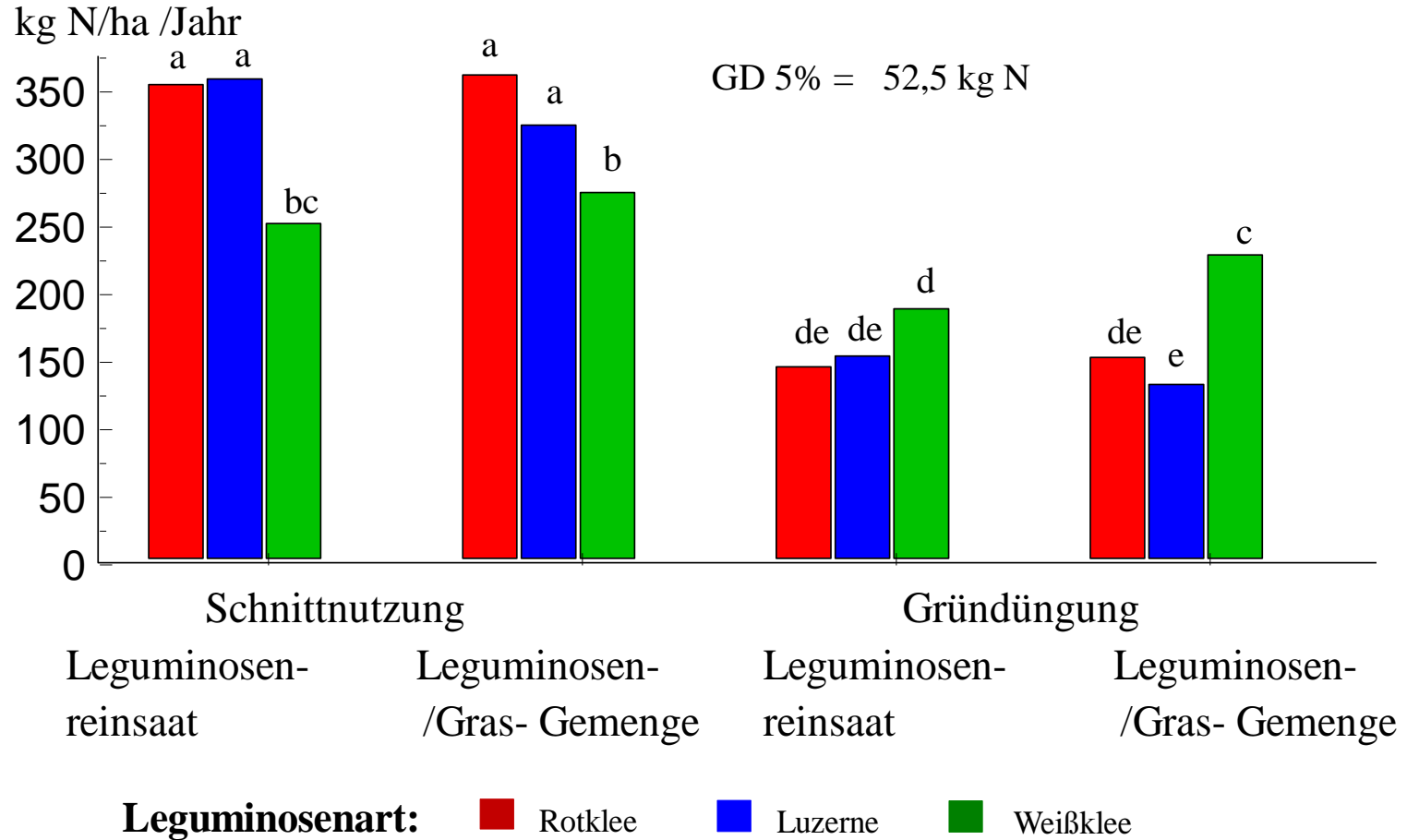
^b = geerntete Sprossmasse

^c = Körnertrag bei 0 % Kornfeuchte

aus Loges, R. et al. (2002). Leguminosenanbau richtig machen. bioland 14-15.

N-Fixierungsleistung verschiedener Futterleguminosenbestände

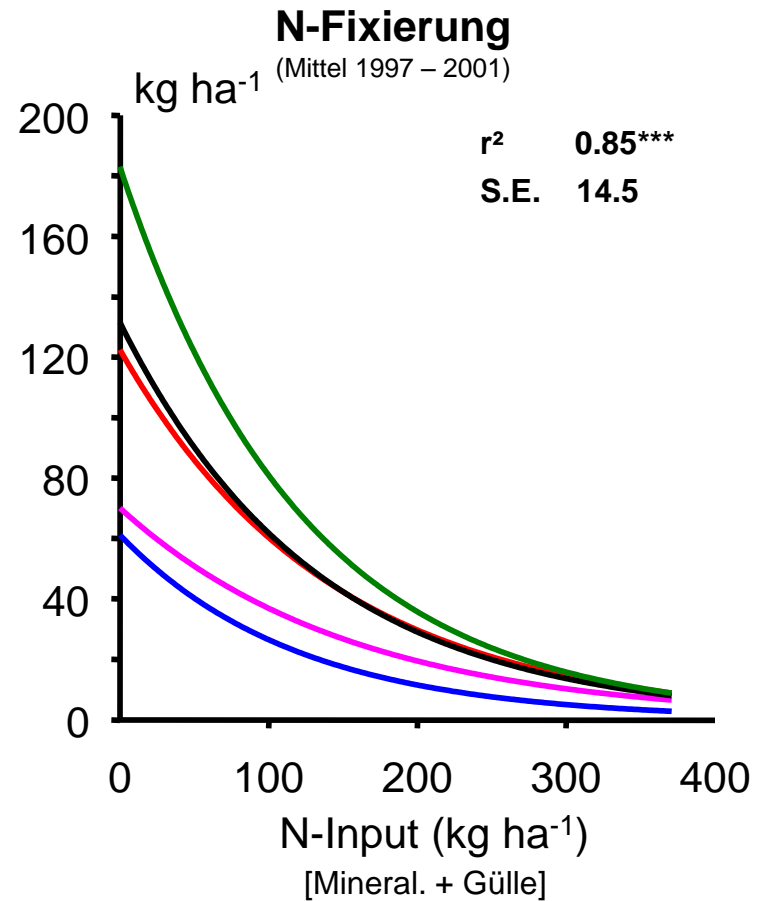
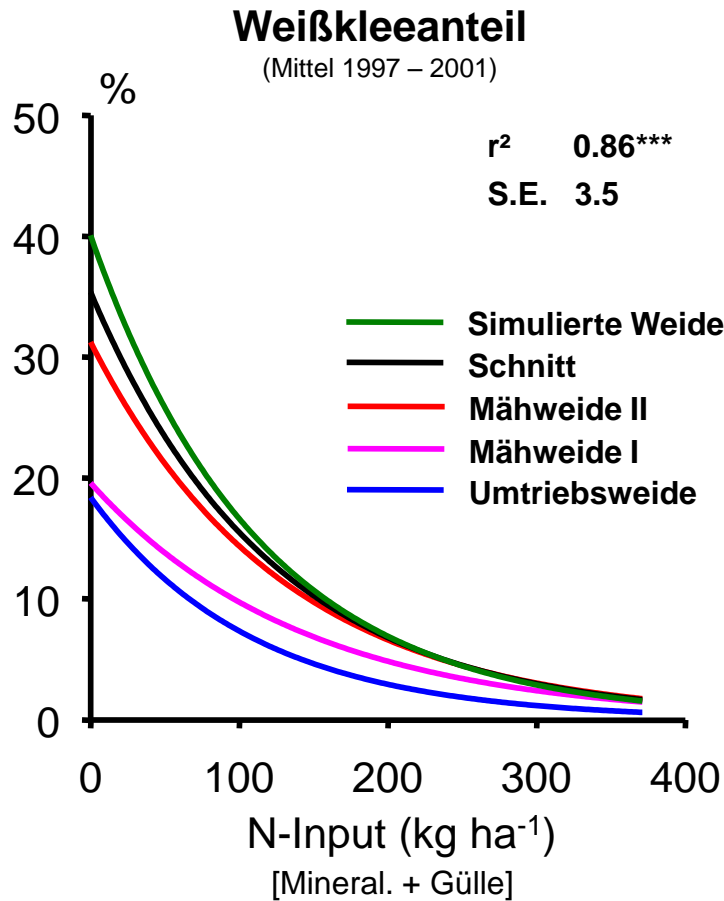
(ermittelt mit der erweiterten Differenzmethode)



(nach Loges et al. 1998)

Dauergrünland: Weißkleebestand bei differenzierter Nutzung und N-Versorgung an einem humosen Sandstandort

Leistungsparameter des Weißkleees (Mittel 1997 – 2001)



Sekundäre N-Inputgrößen



■ Wirtschaftseigene Dünger: Gülle, Jauche, Mist

nach Aarts et al. 2001 bzw. Rotz et al., 2004
finden sich in guten Milchviehbetrieben
vom eingesetzten Futter-N:

ca. 18-20 % in den Produkten Milch und Fleisch
sowie ca. 70-75 % im wirtschaftseigenen Dünger vor
der Ausbringung wieder,

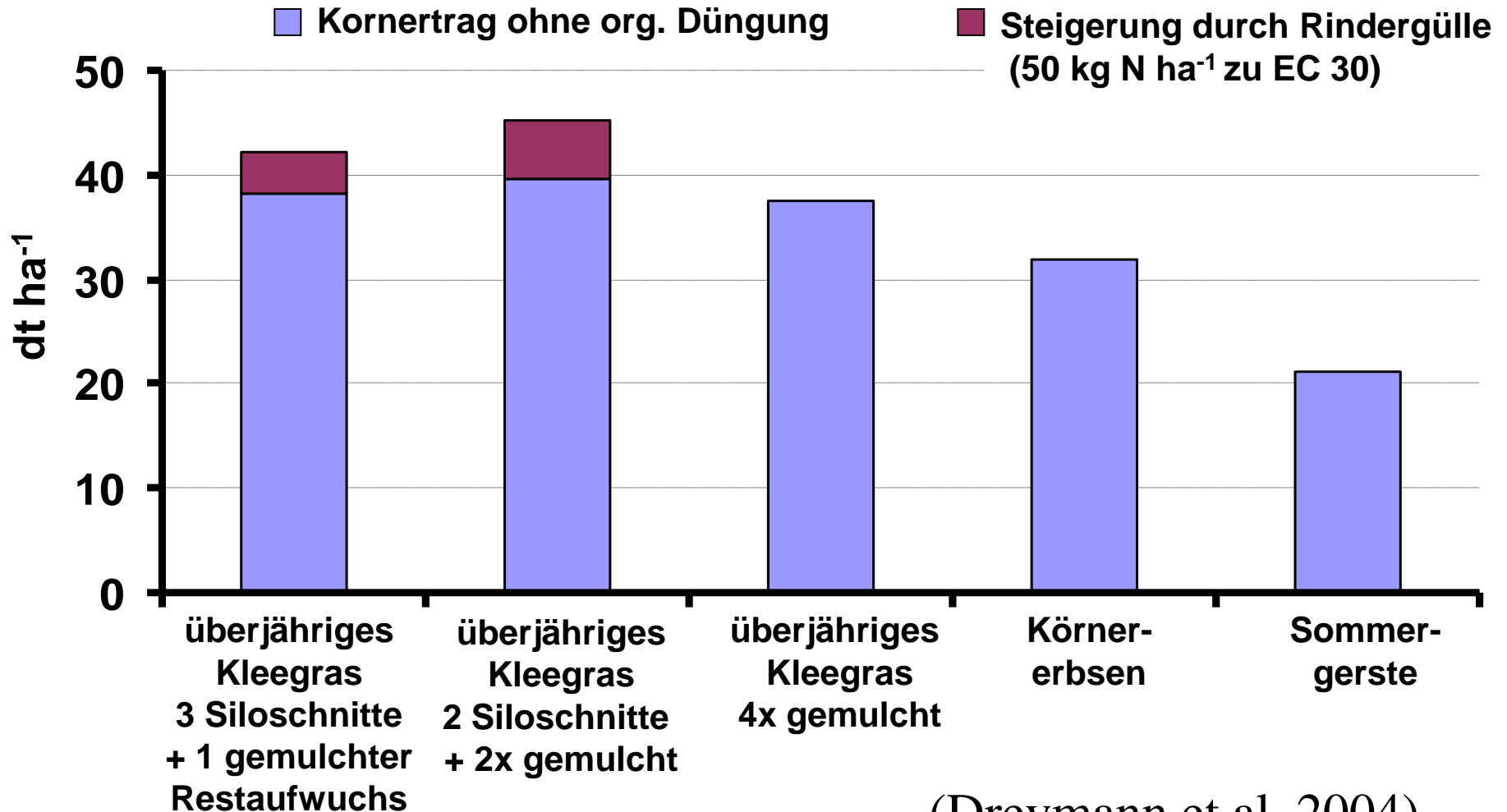
(bzw. 60-70 % kehren nach Abzug von Aus-
bringungsverlusten auf die Betriebsfläche zurück).

Beispiel vom Versuchsbetrieb Lindhof: **Rotklee**gras

Ø-Ertrag: 73 dt TM/ha mit 18,1% RP =

ca. 212 kg N /ha verfütterb. N-Ertrag, bei 30% Verlust im Stall
stehen 145 kg N/ha als variabler Wirtschaftsdünger zur Verfügung.

Kornertrag von Winterweizen nach unterschiedlichen Vorfrüchten (im Mittel 1999 u. 2000)



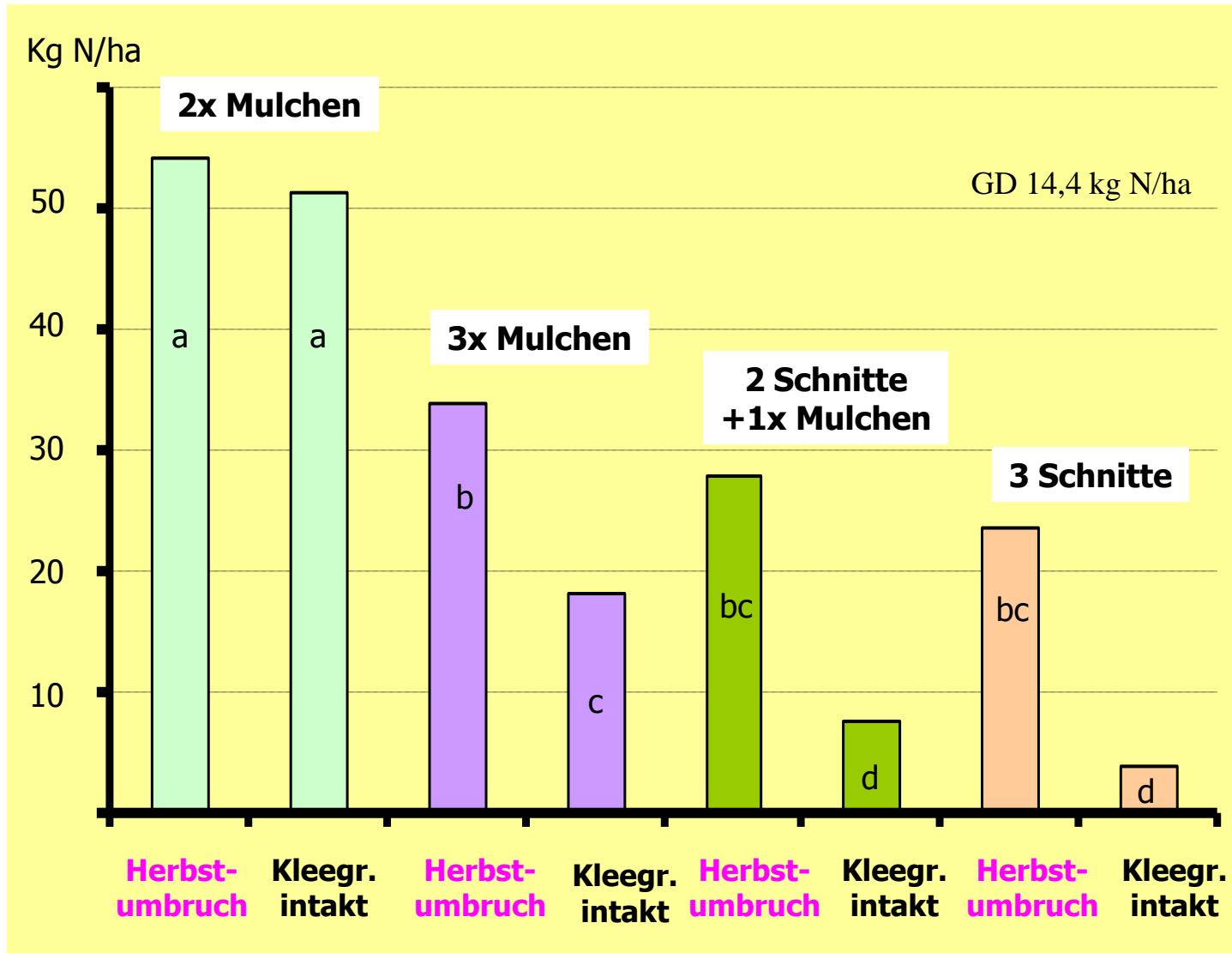
(Dreymann et al. 2004)



N-Verluste auf der Fläche

- **N-Auswaschung in das Drän- bzw. Grundwasser**
 - Nitrat-N
 - organisch gebundener Stickstoff?
- **NH₄-Ausgasung aus Pflanzenbeständen**
- **N₂O / N₂-Ausgasung aus Pflanzenbeständen**

Bedeutung von Nutzungsart und Umbruchzeitpunkt von Klee-gra potentiellen Nitrat-N-Verluste mit dem Sickerwasser (Daten der Sickerwasserperioden 2001/2002, 2002/2003, Dreyman et. al. 2004)



Einfluss des Anbausystems auf Nitrat-N-Auswaschung, und Getreideertrag im Durchschnitt verschiedener landwirtschaftlicher Produktionssysteme (Datenbasis: 1999-2002, Loges et. al 2003)



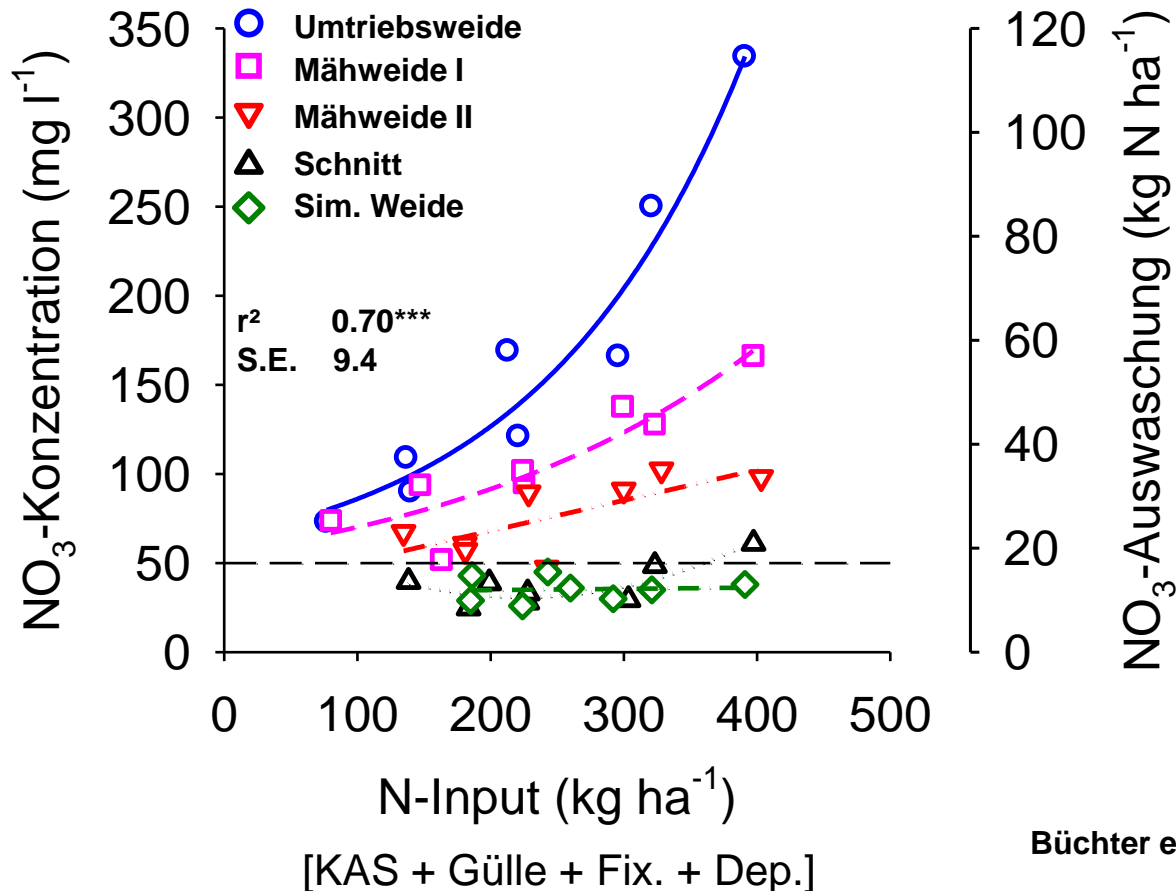
Anbausystem	Leguminosenanteil der Fruchtfolge (%)	Fruchtfolge	jährlicher N-Input im Mittel der FF [kg N/ha]	Nitrat-N-Auswaschung [kg N/ha]	Getreideertrag im Fruchtfolgedurchschnitt [dt/ha]
1. Ökologischer Gemischtbetrieb	33	Kleegras (Schnittnutz.) Hafer Winterroggen	81*	8.2 d	40.1
2. Ökologischer Gemischtbetrieb	33	Kleegras (Schnittnutz.) Winterweizen Winterroggen	81*	12.7 bcd	35.3
3. Ökologischer Gemischtbetrieb	50	Kleegras (Schnittnutz.) Hafer Körnerleguminose Winterweizen	93*	9.6 cd	41.7
4. Ökologischer Ackerbaubetrieb	50	Kleegras (Gründüngung) Hafer Körnerleguminose Winterweizen	79*	17.5 bc	46.1
4. Konventioneller Ackerbaubetrieb (min. N-Düngung [kg N/ha]: ZR: 92; WW: 230; WR: 190)	-----	Zuckerrüben Winterweizen Winterweizen Winterweizen	186**	19.0 b	91.1
Ökolog. Dauergrünland bei Schnittnutzung	-----	-----	-----	6.3 d	-----
Ökolog. Dauergrünland bei Weidenutzung	-----	-----	-----	44.7 a	-----
Mischwald	-----	-----	-----	3.8 d	-----

• = biologische N₂-Fixierung der Leguminosen, ** = mineralische Stickstoffdüngung.

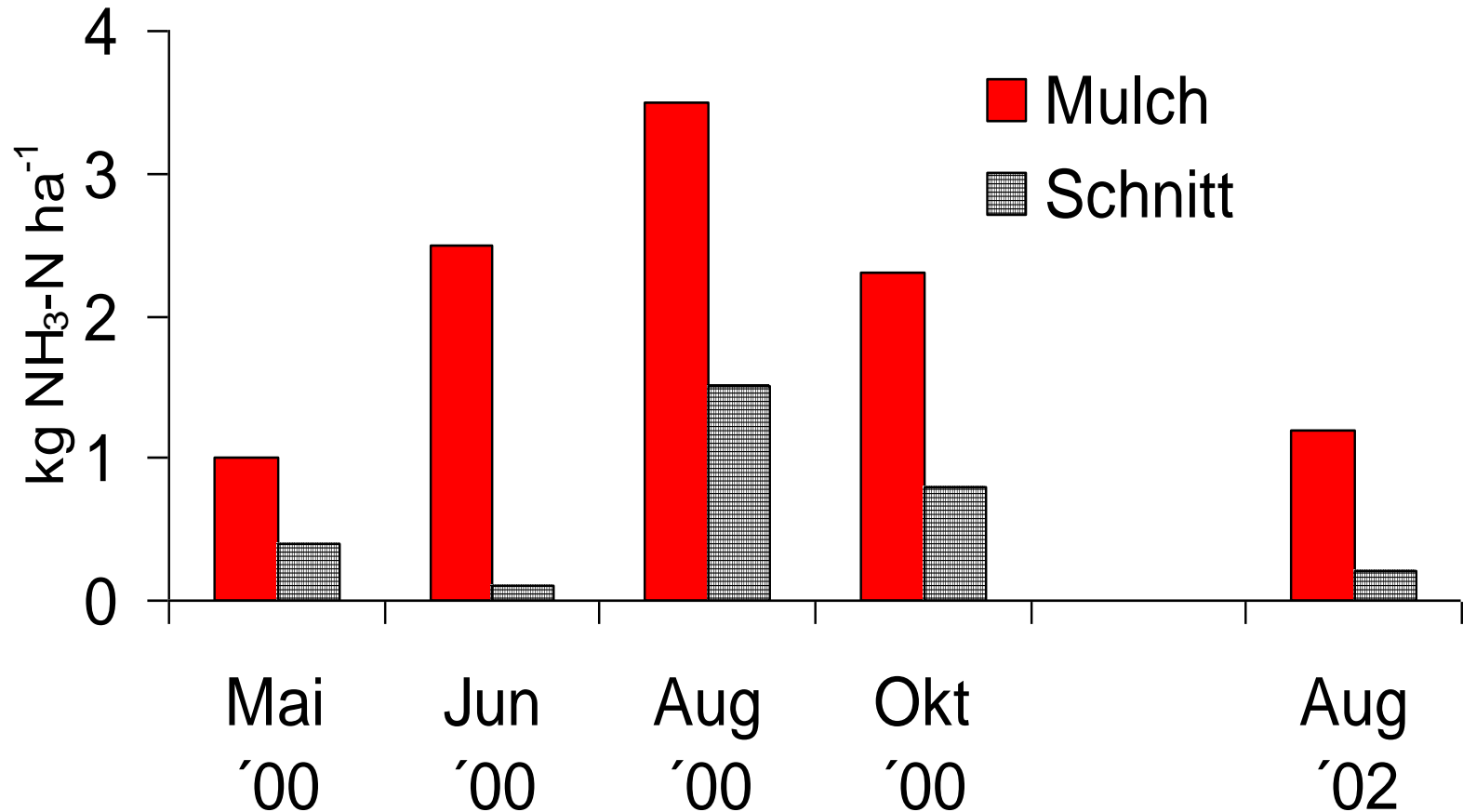
Grenzwert der TrinkVO (EU-Norm) von 50 mg NO₃ l-1 entspricht einer errechneten N-Fracht von 21,5 kg N / ha

Dauergrünland: Weißklee-grasbestand bei Differenzierter Nutzung und N-Versorgung

NO₃-Auswaschung in den Dauergrünlandssystemen (Mittel 1997/98 – 2000/01) (Humose Sandböden)



NH₃-Verluste nach der Nutzung des Kleeegrases



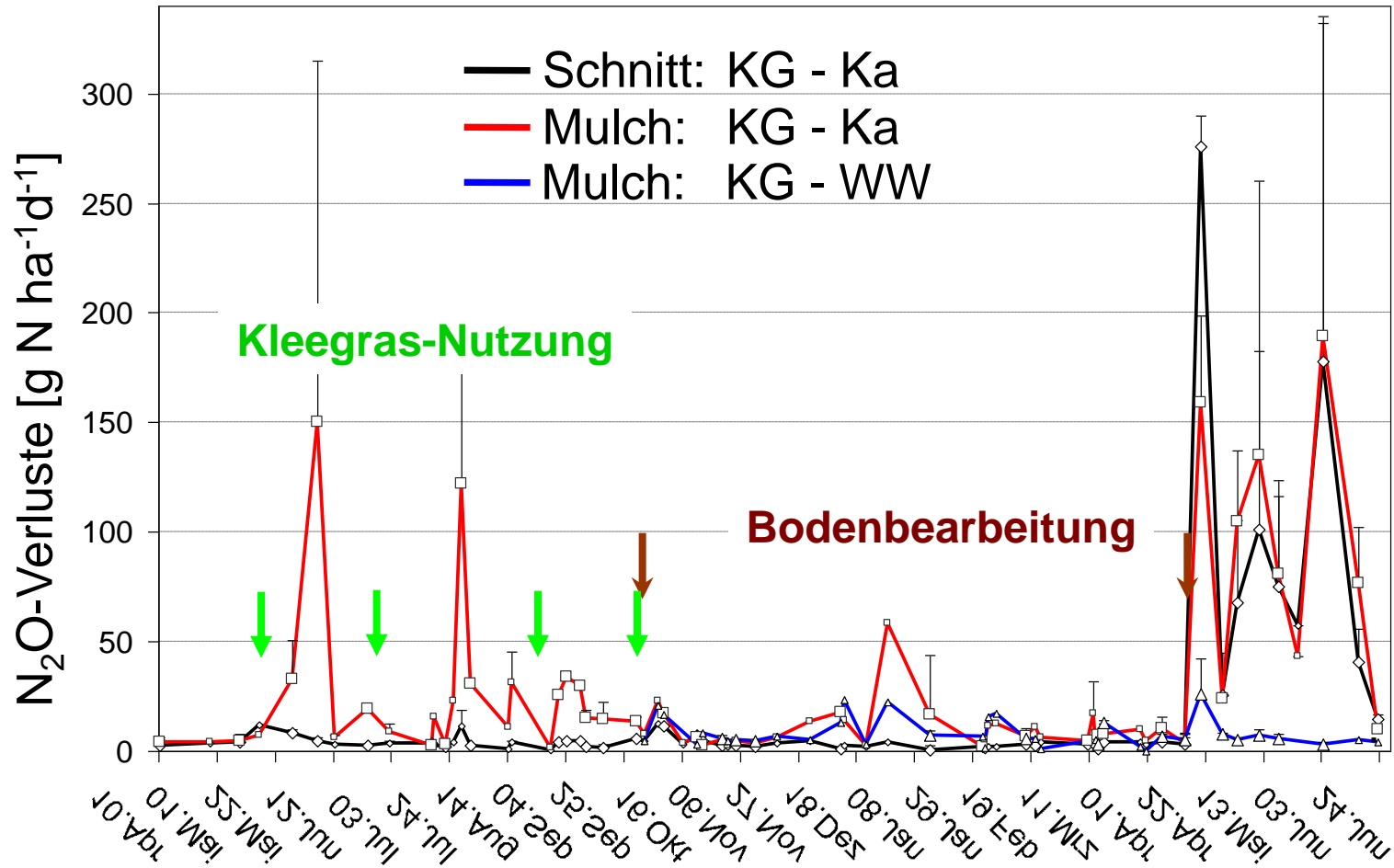
2000: zusätzlicher Verlust von ca. 7 kg N/(ha*a) aus Mulch

NH₃ - N - Emissionen in Abhängigkeit vom Düngungsniveau auf einer Umtriebsweide (Mikrometeorologische Massenbilanzmethode), nach Bussink, 1990

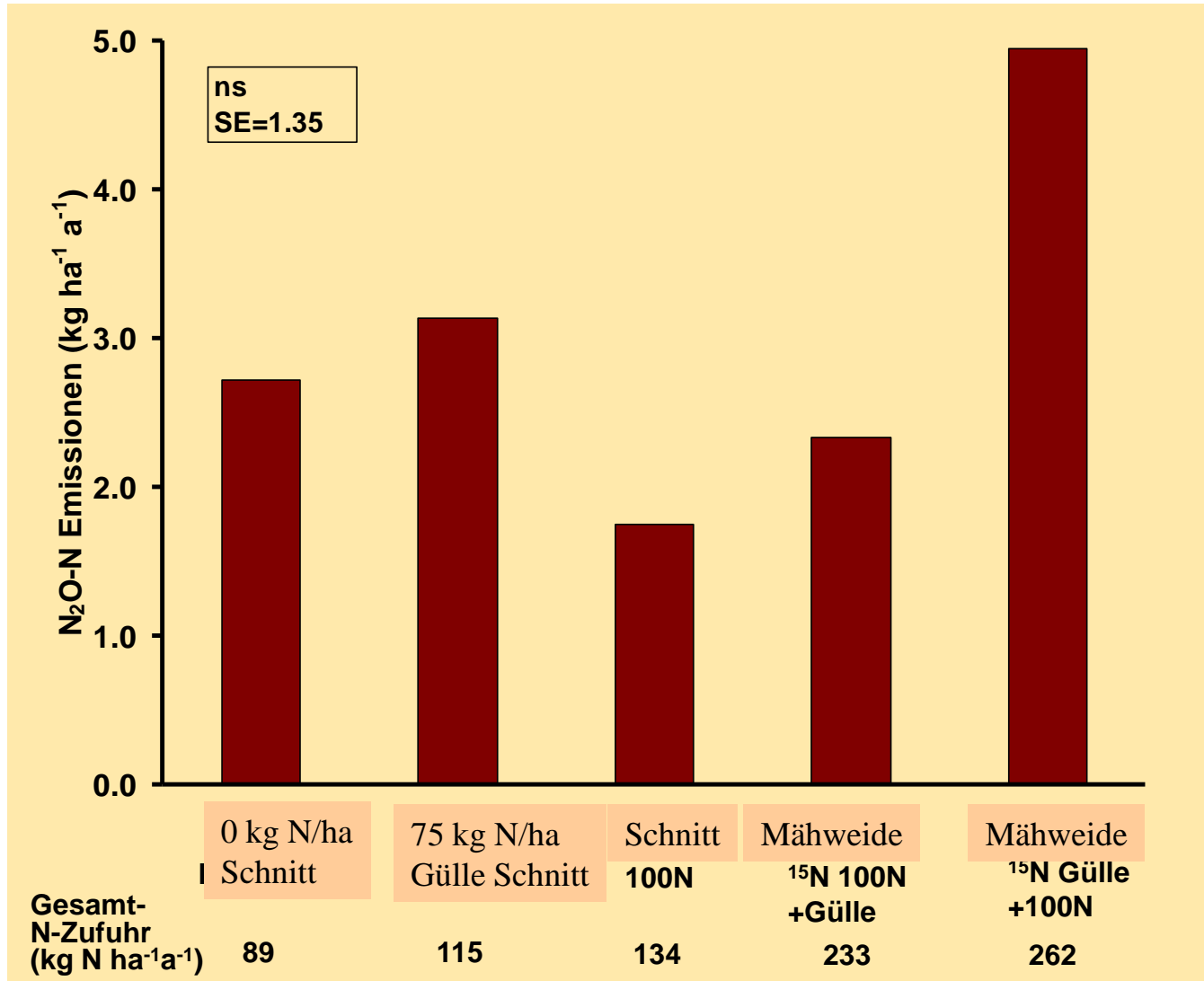
	250 kg N/ha	550 kg N/ha
Tierweidetage	580	974
kg NH ₃ /Tierweidetag	0,0140	0,040
% von N-Ausscheidungen	3,0	7,6 (12-13*)
kg/ha	8,10	39,17

= von anderen Autoren gefundene Werte (*Jarvis, 1989, Vertregt und Rutgers, 1988*)

Lachgasverluste: vom Klee gras bis zur 1. Nachfrucht



Gesamt- N₂O-N Emissionen (kg ha⁻¹ a⁻¹) für den Zeitraum April 2001 bis März 2002



Fazit



- **Die N-Bilanzierung von ökologisch wirtschaftenden Betrieben gestaltet sich im Vergleich zu konventionellen Betrieben als ungleich schwieriger, Gründe hierfür:**
 - 1. Methodische Schwierigkeiten bei der Erfassung der Luftstickstoffbindung und damit der wichtigsten Input-Größe**
 - 2. Ausschließlicher Einsatz organisch gebundener N-Verbindungen (Ernterrückstände und Wirtschaftsdünger mit schwer vorhersehbaren Mineralisationseigenschaften)**
 - 3. Geringe Datenverfügbarkeit in der Literatur.**

- **Im ökologischen Futterbau können ähnlich hohe N-Verluste wie in moderat wirtschaftenden konventionellen Futterbaubetrieben auftreten, (diese gilt es zu vermeiden)**

Dynamische Ertragsbildungsmodelle für Leguminosen

- **Kornher, A. and B.W.R. Torssell (1983) Estimation of parameters in a yield predicting model for temporary grassland using regional experimental data. Swedish J. agr. Res. 13, 137-144.**

Mit praktischer Anwendung in der Reifeprüfung Grünland und Ackerfutterbau der Norddeutschen Landwirtschaftskammern

- Wachendorf, M., A. Kornher und F. Taube, 1996: A weather based model as a tool for the development of ecological forage production systems. 11th IFAOM Internat. Scientific Conference, Copenhagen.

- Wachendorf, M., A. Kornher and F. Taube, 1996: Simulation of Yields and Fodder Quality of Red Clover/Grass Mixtures with a Weather Based Model. Legumes in Sustainable Farming Systems SFS/BGS Conference, Aberdeen/Scotland.

- Wichmann S., 2004: Ertragsleistung Futterqualitätsentwicklung und Vorfruchtwirkung von verschiedenen Körnerleguminosen in Reinsaat und im Gemenge. Dissertation Universität Kiel

Dynamische Ertragsbildungsmodelle für Leguminosen

Das Model FOPROQ (Forage-Productivity and Quality) entwickelt von A. Kornher (Kiel) und B. Torrsell (Uppsala))

ist ein dynamisches Modell zur Vorhersage der Ertragsleistung und Veränderung der Futterqualität von Dauergrünland und Feldfutterbeständen.

Das Modell berücksichtigt:

- Botanische Zusammensetzung

 - Art, Sorte

- Entwicklungsstadium vor Wachstumsbeginn bzw. Wiederauftrieb

- Spezifische Veränderungen während des Aufwuchses

 - (Umsteuerung vegetatives/generatives Wachstum)

 - Tageslänge

 - Temperatur

 - Strahlung

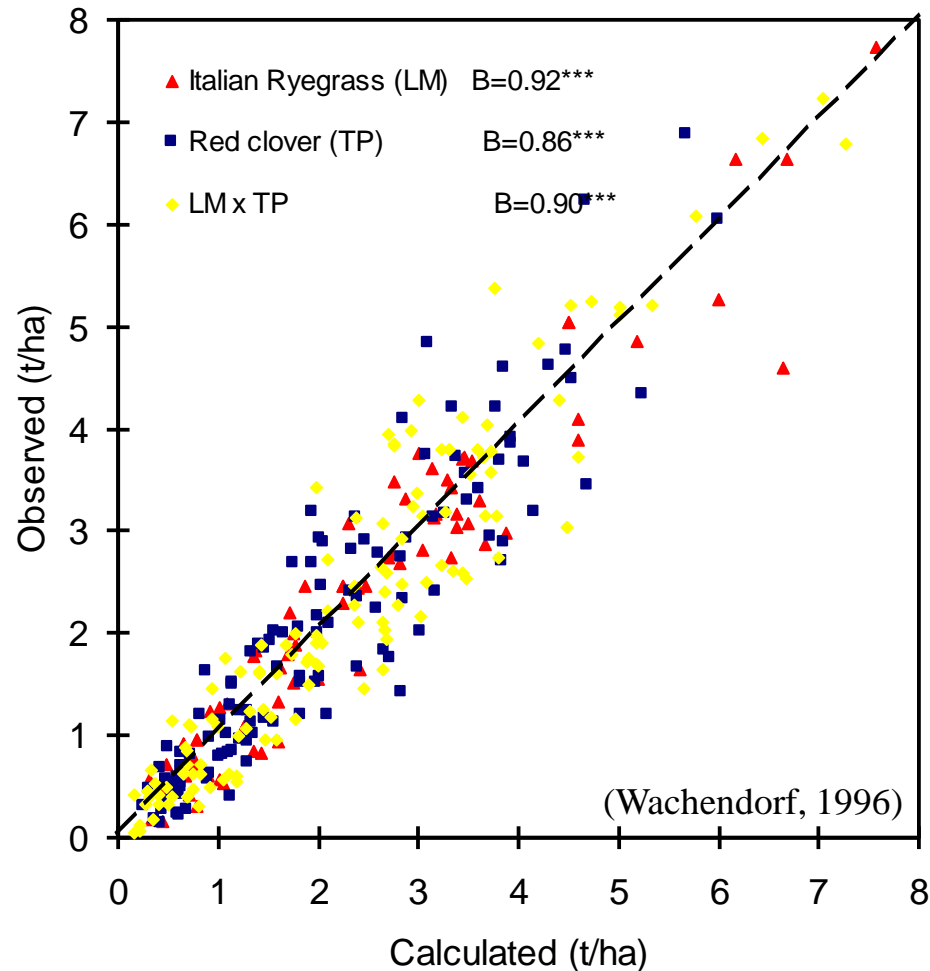
 - Niederschlag

 - Potentielle Evapotranspiration

 - Pflanzenverfügbare Bodenwassergehalt

Es wird zum jeweiligen Einsatz mit für den jeweiligen Anwendungsbestand ähnlichen Feldversuchsdaten kalibriert.

Relationship between Observed and Calculated Results by FOPROQ for yields of grass/clover-DM-yields



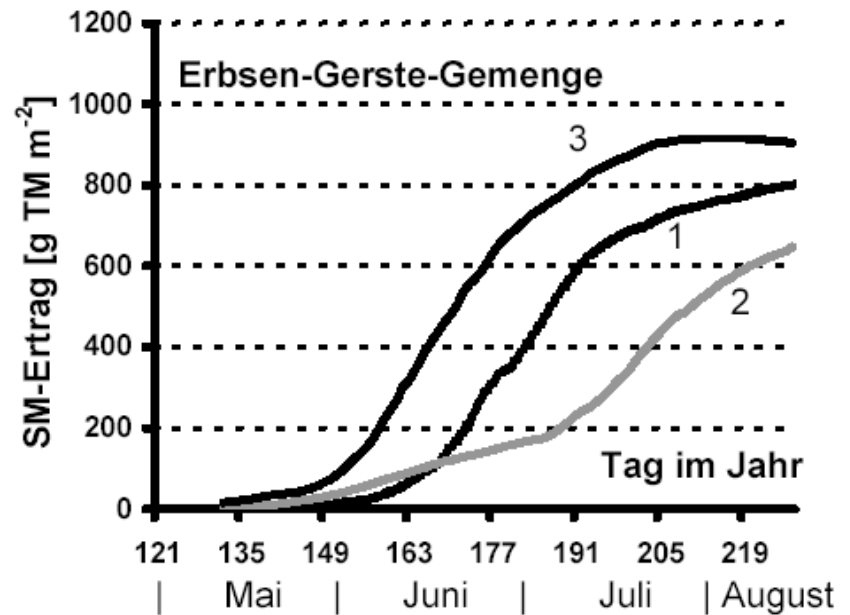
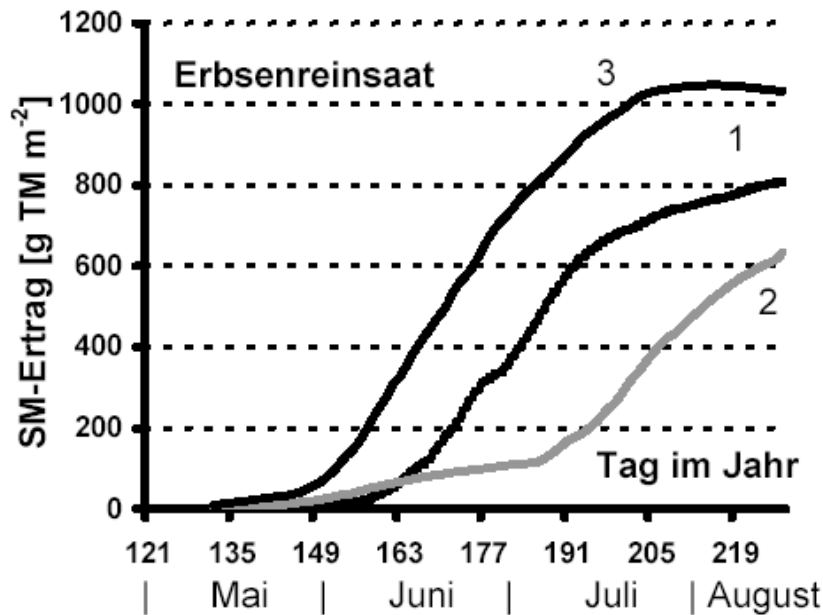
Beziehung zwischen beobachteten und mit dem Modell FOPROQ berechneten Ertrags- und Qualitätsleistungen von ökologisch angebauten Körnerleguminosen

Tab. 1: Regressionsfunktionen der Parametrisierung des Modells – Beziehung zwischen den in den Jahren 2001 und 2002 gemessenen Parametern Sprossmasse, Rohproteingehalt und NEL-Ertrag und den jeweils simulierten Werten.

Modelliert (y)	Bestand	Regressionsfunktion	Messwert (x)	n	SE	r ²
Sprossmasse [g TM m ⁻²]	Er	y = 22,82 + 0,9622x	Sprossmasse [g TM m ⁻²]	16	77,7	0,96***
	Er+Ge	y = 13,58 + 0,9748x		18	54,8	0,98***
RP-Gehalt [% RP]	Er	y = 1,568 + 0,9170x	RP-Gehalt [% RP]	16	1,72	0,92***
	Er+Ge	y = 0,6168 + 0,9524x		18	1,32	0,96***
NEL-Ertrag [g NEL m ⁻²]	Er	y = 0,1088 + 0,9677x	NEL-Ertrag [g NEL m ⁻²]	16	0,44	0,97***
	Er+Ge	y = 0,1427 + 0,9678x		18	0,42	0,96***

SE, Standardfehler; r², Bestimmtheitsmaß; ns, nicht signifikant; *, p < 0,05; **, p < 0,01; ***, p < 0,001
Er, Erbsenreinsaat; Er+Ge, Erbsen-Gerste-Gemenge

Beispielhafte Simulation der Sprossmassebildung von Erbsen in unterschiedlichen Jahren



..... 1983 (1)
Normaljahr

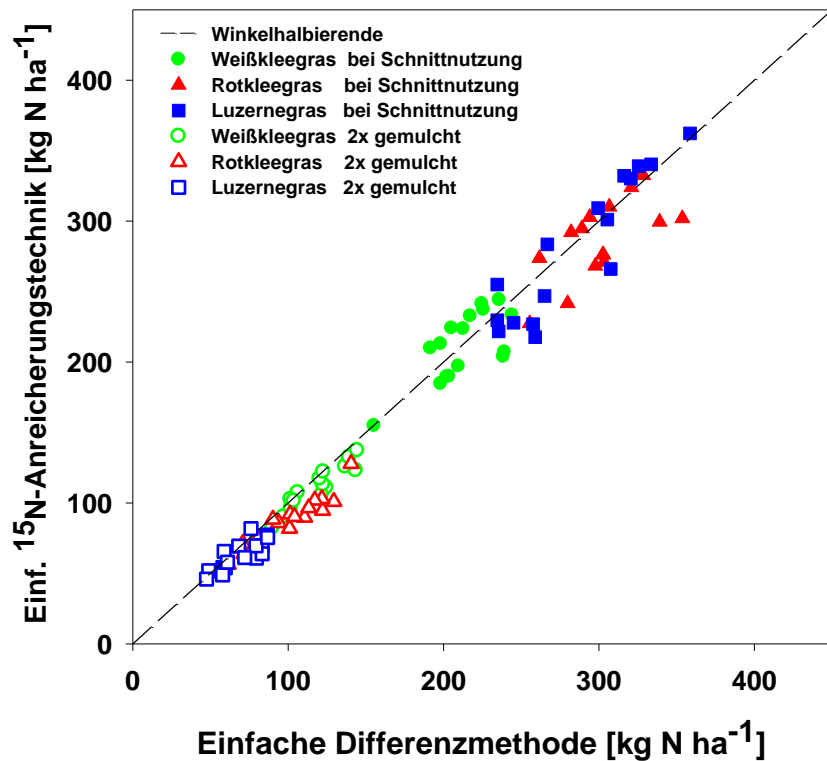
— 1992 (2)
Trockenjahr

— 1998 (3)
Idealjahr

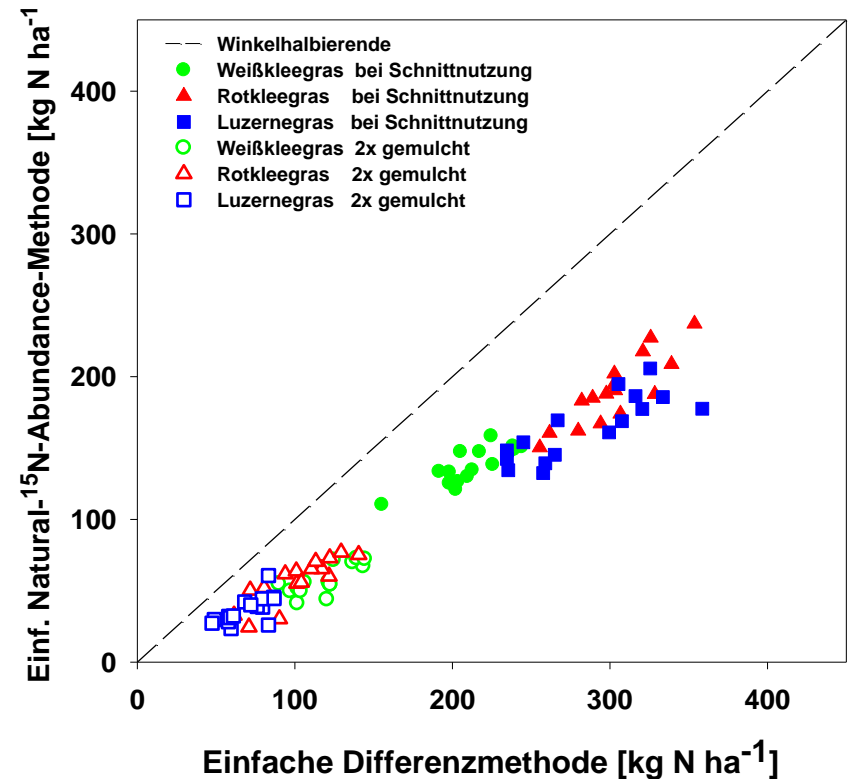
Abb. 4: Entwicklung der simulierte Sprosstrockenmasseerträge [g TM m⁻²], Rohproteingehalte [% RP] und NEL-Erträge [MJ NEL m⁻²] von Erbsenreinsaat und Erbsen-Gerste-Gemenge im Zuwachsverlauf der Jahre 1983, 1992 und 1998.

Vergleich von Methoden zur Quantifizierung der N₂-Fixierung verschiedener Futterleguminosenbestände

Einfache **Differenzmethode** versus
Einfache **N¹⁵-Anreicherungstechnik**

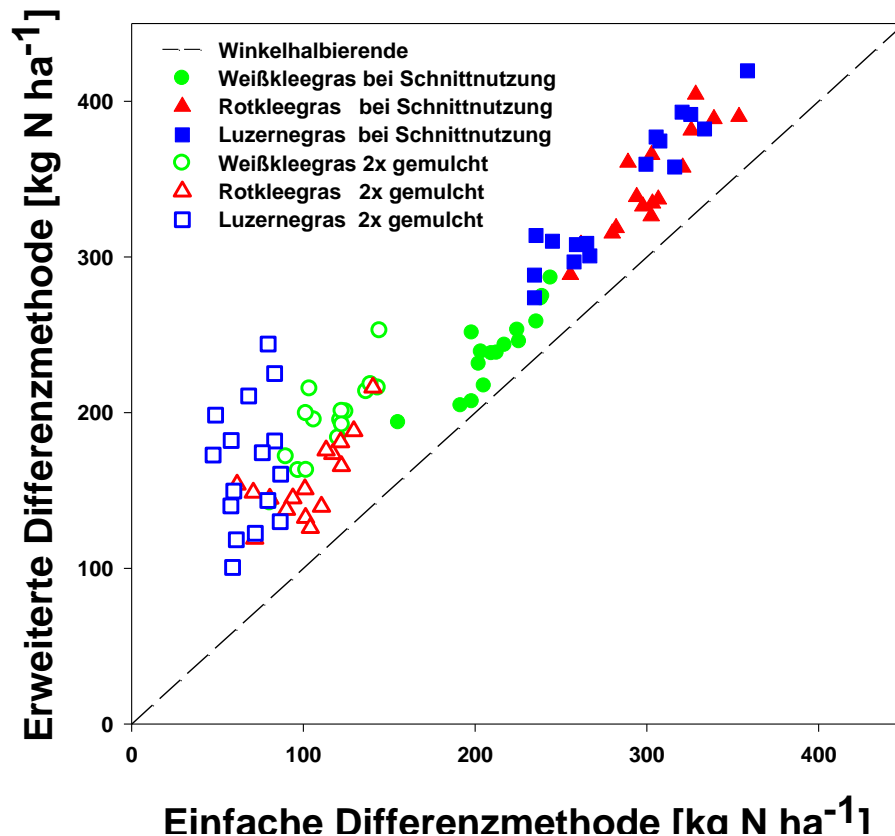


Einfache **Differenzmethode** versus
Einfache **Natural-N¹⁵-Abundance-Methode**



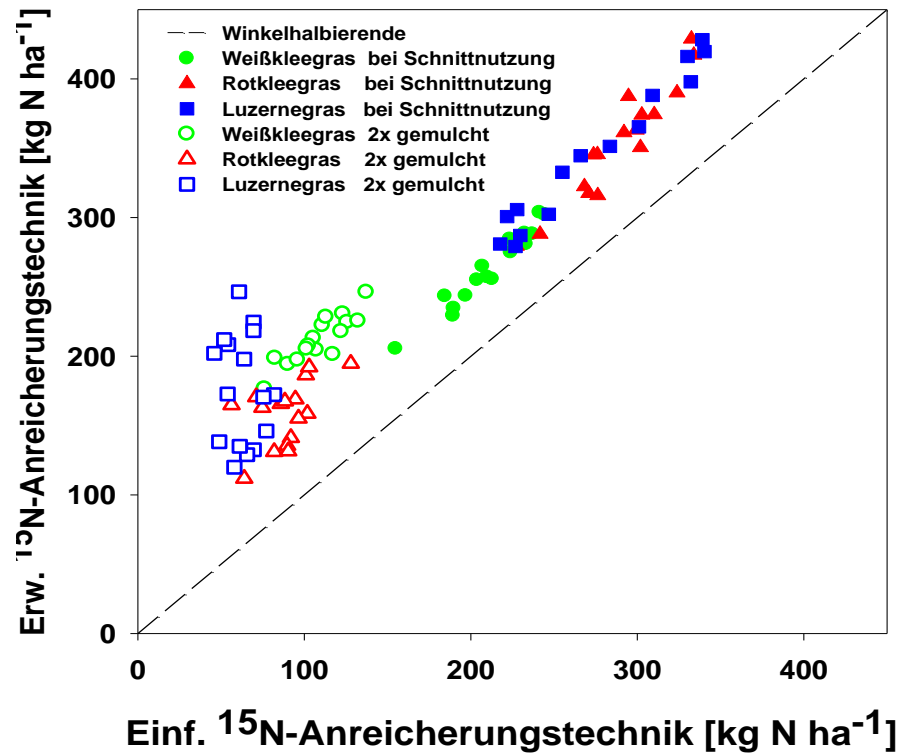
Vergleich von Methoden zur Quantifizierung der N₂-Fixierung verschiedener Klee/Gras-Bestände

Einfache Differenzmethode versus **Erweiterte** Differenzmethode

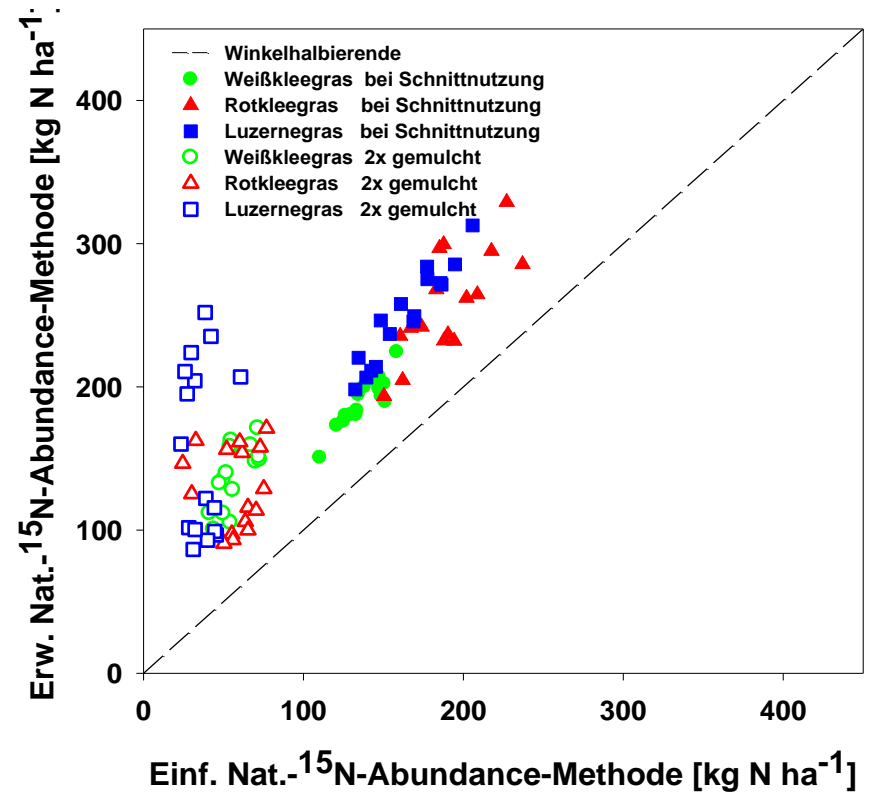


Vergleich von Methoden zur Quantifizierung der N₂-Fixierung verschiedener Futterleguminosenbestände

Einfache N¹⁵-Anreicherungstechnik
versus
Erweiterte N¹⁵-Anreicherungstechnik

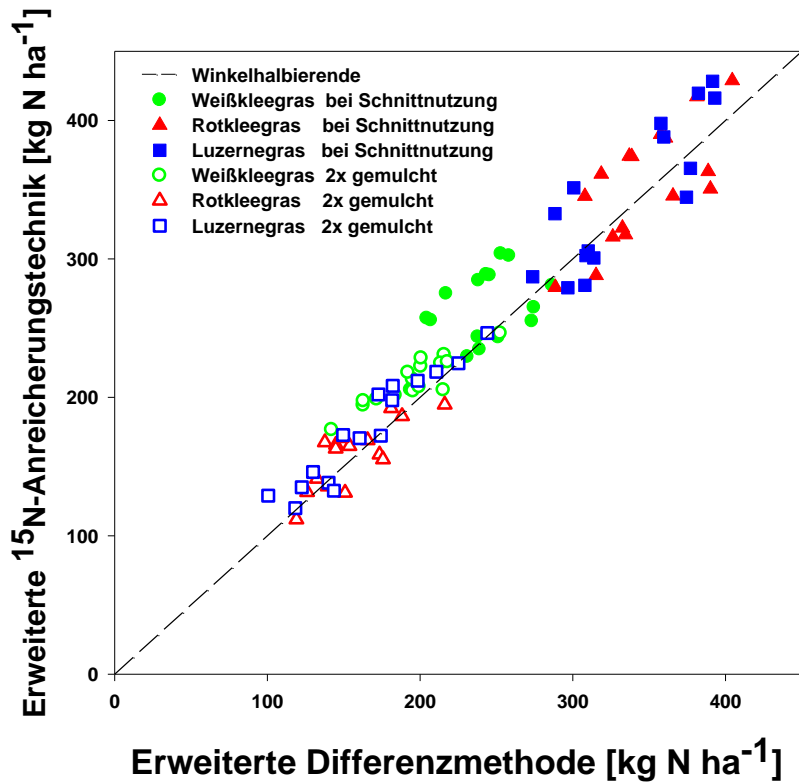


Einfache Natural-N¹⁵-Abundance-Methode
versus
Erweiterte Natural-N¹⁵-Abundance-Methode

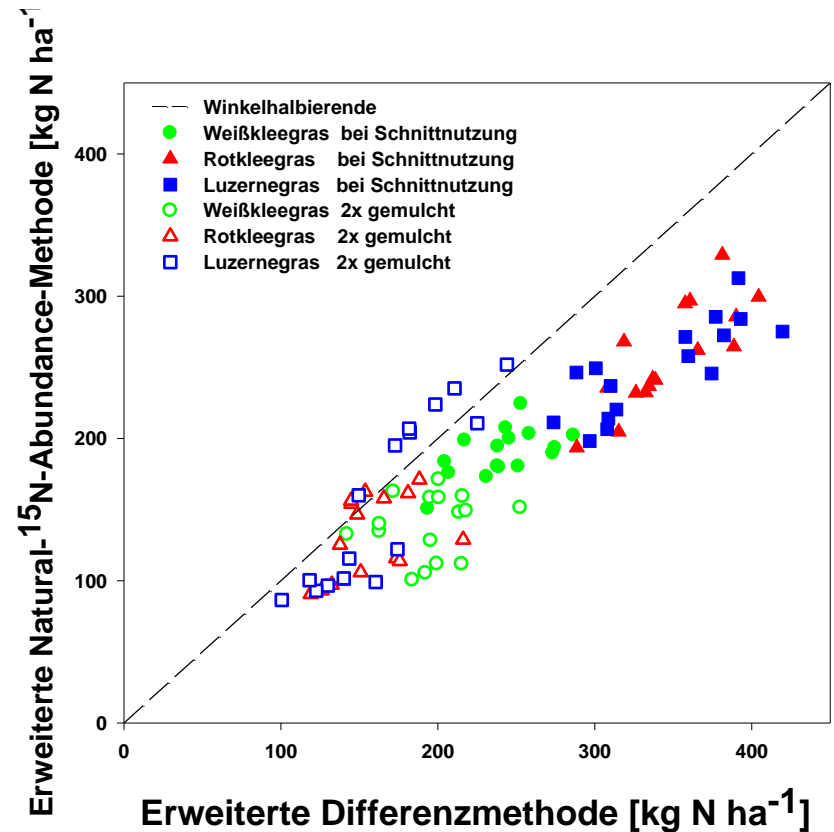


Vergleich von Methoden zur Quantifizierung der N₂-Fixierung verschiedener Futterleguminosenbestände

Erweiterte Differenzmethode
versus
Erweiterte N¹⁵-Anreicherungstechnik



Erweiterte Differenzmethode
versus
Erweiterte Natural N¹⁵-Abundance-Methode



Weitere Ursachen für Variationen bei der Schätzung der Höhe der N_2 -Fixierung



■ **Die Art der Erfassung**

- Messverfahren
- Vollständigkeit der Erfassung (erntbar/nicht erntbar)
- Schwierigkeiten der Erfassung von rezyklierenden, auf der Fläche verbleibenden Stickstoffmengen wie z.B. N-Freisetzungen aus:
 - * Mulchmaterial von Voraufwüchsen von Klee-grasgründungsbeständen
 - * Tierische Exkrememente und geschröpfte Weidereste bei beweideten Beständen
 - * Technisch bedingte Ernteverluste und Blattabfall
 - * Rhizodeposition

Etwas zur Parametrisierung



- **Die vorgeschlagenen Parameter sind keineswegs als fix anzusehen. Die Parameter entstammen einer intensiven Literaturstudie mit Fokus auf Mittel- und Nordeuropa. Neue Forschungsergebnisse differenzierte Betrachtungen müssen integriert werden.**
- **Woher können die Ertragsinputgrößen stammen**
 - aus Feldversuchen mit gezielter Erhebung des Leguminosenertrages
 - Ertragsmessungen von landwirtschaftlichen Betrieben (bei Leguminosen/Gras-Gemengen mit visuell am Feldbestand oder per NIRS bei der Futterstandardanalyse geschätztem Leguminosenanteils
 - aus dynamischen Ertragsbildungsmodellen