



Effiziente Ressourcennutzung – Futterbausysteme für die Milcherzeugung

Friedhelm Taube

- Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau -

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Christian-Albrechts-Universität Kiel

Inhalt



- Problemstellung
- N-Projekt Karkendamm: Stoff- und Energieflüsse in futterbaulichen Produktionssystemen
- Forschungsbedarf
- Fazit



1. Problemstellung:

- Landwirtschaft in D verursacht 13% der Emissionen Klima relevanter Gase (Ziel: Reduktion um 20% bis 2030)
- EU-Wasserrahmenrichtlinie fordert „guten ökologischen Zustand der Gewässer“ bis 2015 > Nitratrichtlinie > DVO
- „Sicherung der Welternährung“ bedeutet: Steigerung der Produktivität unter Optimierung der Ressourceneffizienz
- Konfliktpotential „Biodiversitätsfunktion“

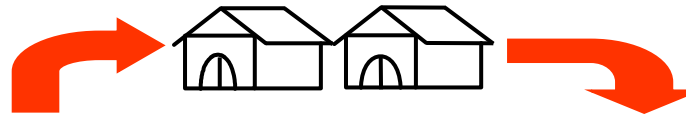
Organisation der Arbeitsgruppen im N-Projekt Karkendamm

Ökonomische Effekte einer differenzierten Bewirtschaftungsintensität
(Institut für Agrarökonomie)

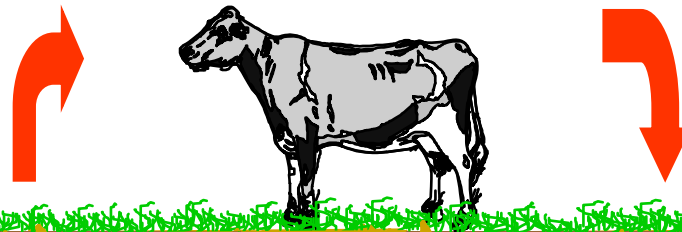
N₂O - Emissionen
(Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung)

Verwertung des N aus Mineraldünger
(Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung)

N-Verwertung durch das Tier im Stall
(Institut für Tierzucht & Tierhaltung)



N-Verwertung durch das Tier auf der Weide
(Institut für Tierernährung & Stoffwechselfysiologie)



Modellierung der N-Flüsse
(Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung/USDA; USA)

Energie- und CO₂-Bilanzen
(Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung)

Verwertung des N aus Exkrementen und Gülle
(Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung)

N-Dynamik im Boden
(Institut für Bodenkunde)

Nitratkontamination des oberflächennahen Grundwassers
(Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie)

Nitratfrachten und -konzentrationen im Sickerwasser
(Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung)

Mikrobielle Zusammensetzung des oberflächennahen Grundwassers
(Institut für Mikrobiologie)
Taube u. Wachendorf, 1998



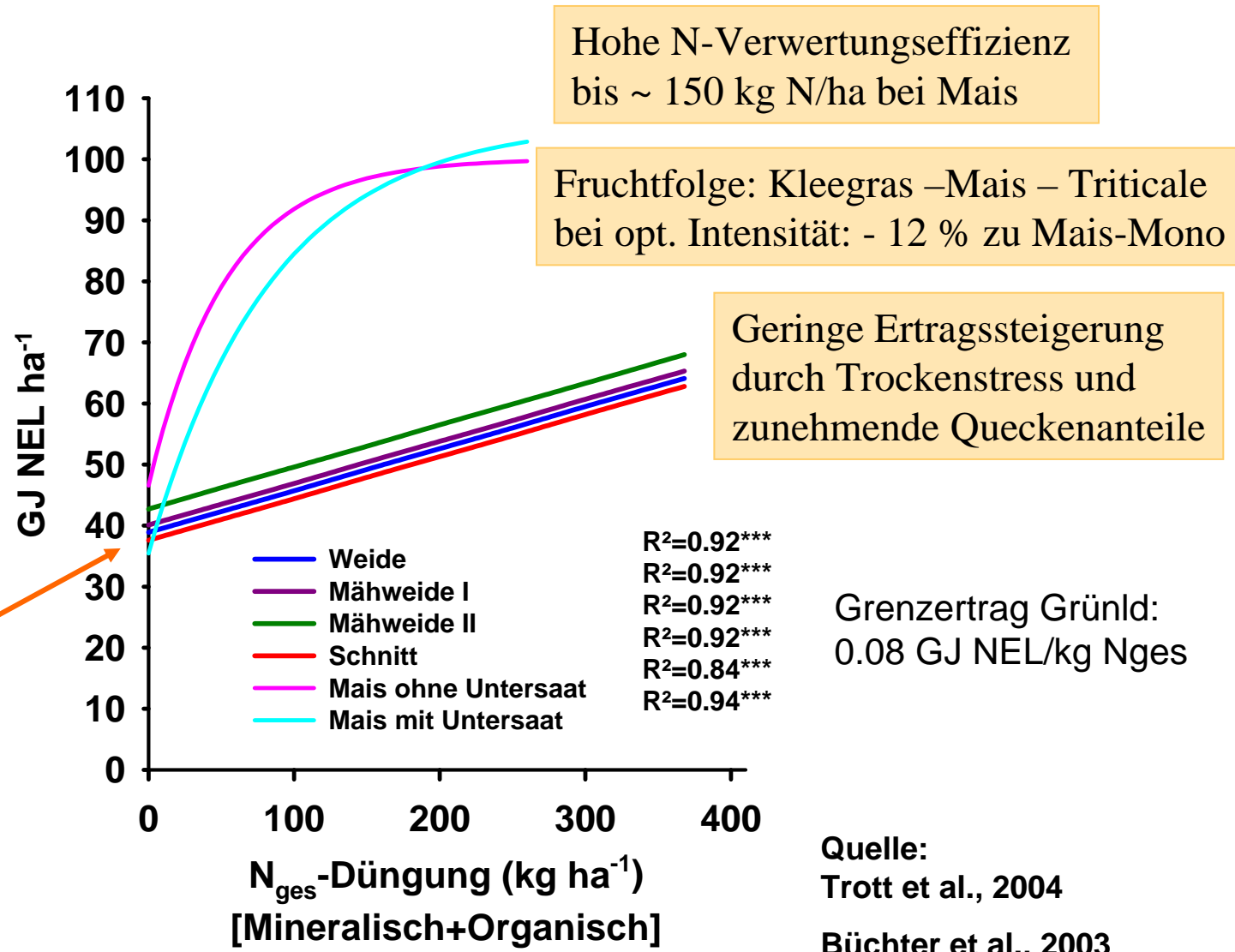
N-Projekt Karkendamm

N- und Energieflüsse in Dauergrünland,
Mais und Futterbau-Fruchtfolgen

Standort: Geest-Mittelrücken in Schleswig-Holstein

- Durchschnittstemp.: 8.4 °C, Jahresniederschlag: 823.6 mm
- Bodenart: humoser Sand, 18-25 Bodenpunkte

2. Ressourceneffizienz I: Flächenverbrauch >Produktivität je ha > Flächennutzungseffizienz



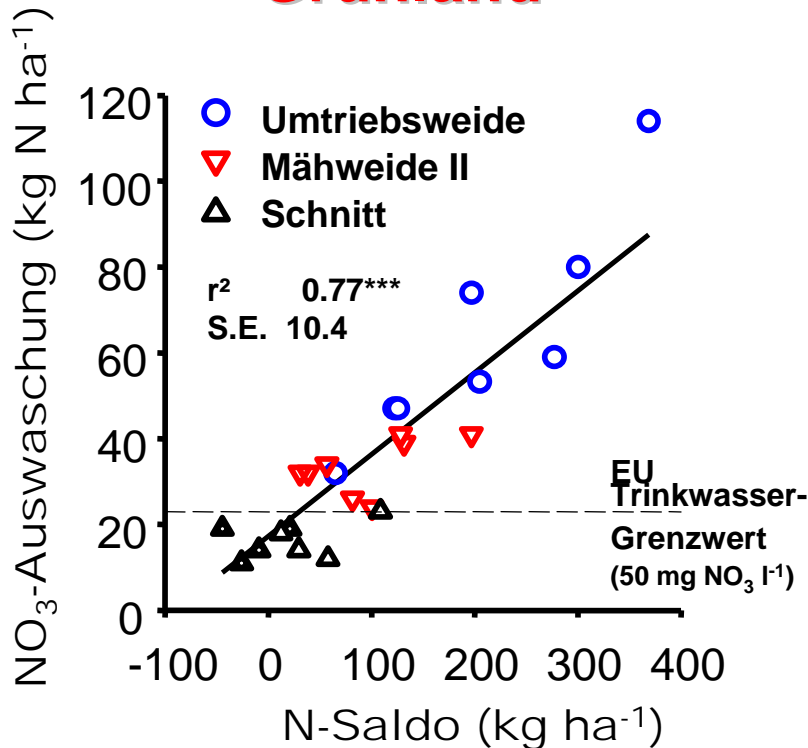
2. Ressourceneffizienz I: Flächenverbrauch > Ertragssicherheit

Variation der Energieerträge in den 5 Versuchsjahren

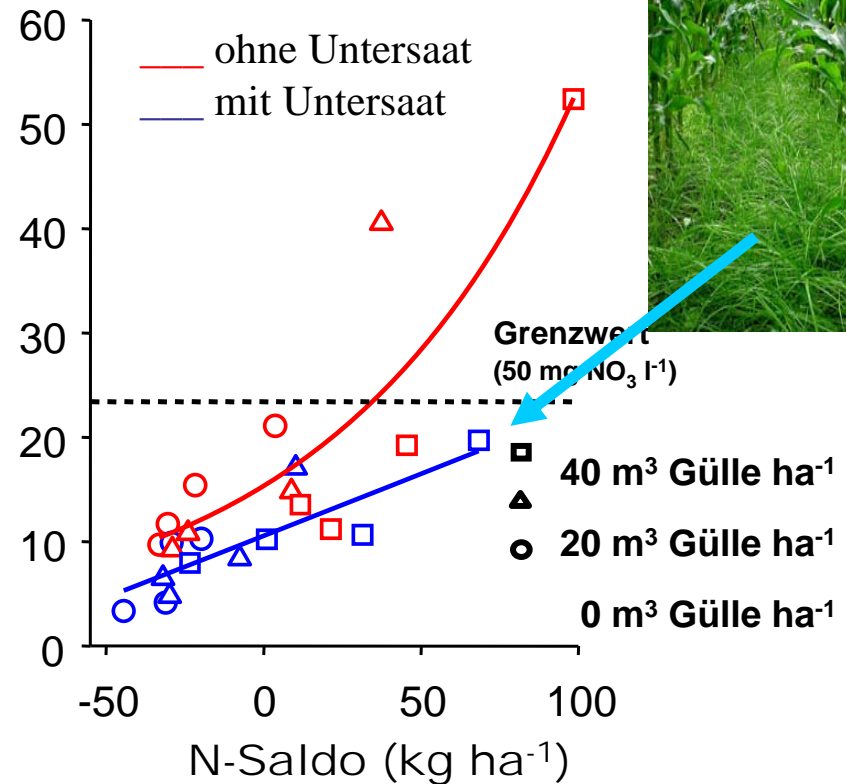
System		Mineralische N-Stufen (kg ha ⁻¹)			
		0	100	200	300
Weide	CV (%)	45.78	36.48	19.36	21.37
	(Min – Max)	(31.37-80.66)	(45.23-96.17)	(49.35-75.97)	(52.90-89.58)
Mähweide 1	CV (%)	35.48	19.77	23.78	22.52
	(Min – Max)	(30.24-69.09)	(42.66-69.31)	(53.49-89.96)	(57.58-97.26)
Mähweide 2	CV (%)	30.95	32.57	20.00	18.71
	(Min – Max)	(40.70-78.06)	(36.71-84.32)	(49.96-79.42)	(59.56-90.06)
Schnitt (4 Schnitte)	CV (%)	26.38	23.80	14.98	12.01
	(Min – Max)	(33.07-58.62)	(38.92-70.61)	(43.73-66.65)	(56.27-73.66)
Sim. Weide (5-6 Schnitte)	CV (%)	34.91	31.64	24.58	21.82
	(Min – Max)	(41.68-87.75)	(40.64-92.80)	(54.54-93.55)	(56.64-96.55)
Mais N 0,50,100,150 CV (%)		20,2	12,8	13,4	6,4

NO₃- N Auswaschung – N-Bilanz/ha

Grünland



Mais in Monokultur



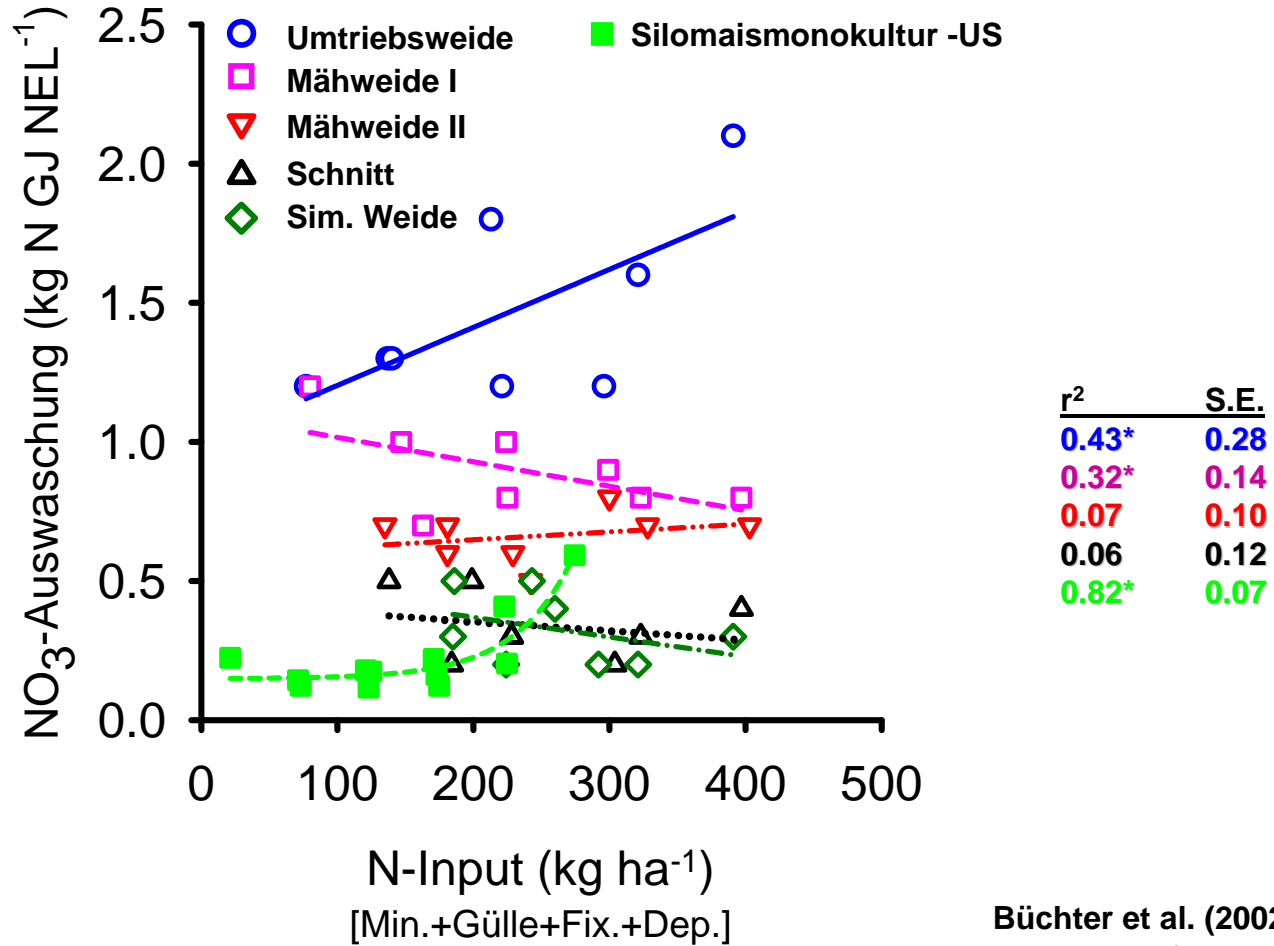


Problem Bezugsgröße Umweltressourcen: „Funktionelle Einheit“ Fläche oder Produkt

- Lokal ist die funktionelle Einheit Fläche (ha) zu berücksichtigen
- Global muss die funktionelle Einheit Produkt (GJ NEL) zur Beurteilung der relativen Vorzüglichkeit von Futter- (Milch) Produktionssystemen heran gezogen werden

2. Ressourceneffizienz II:

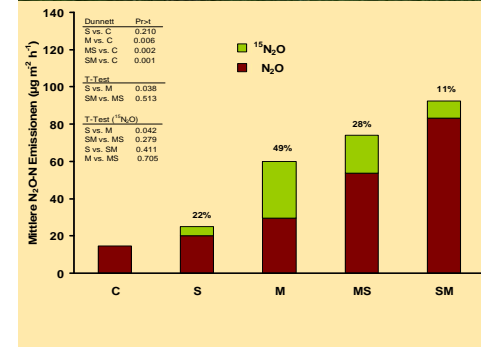
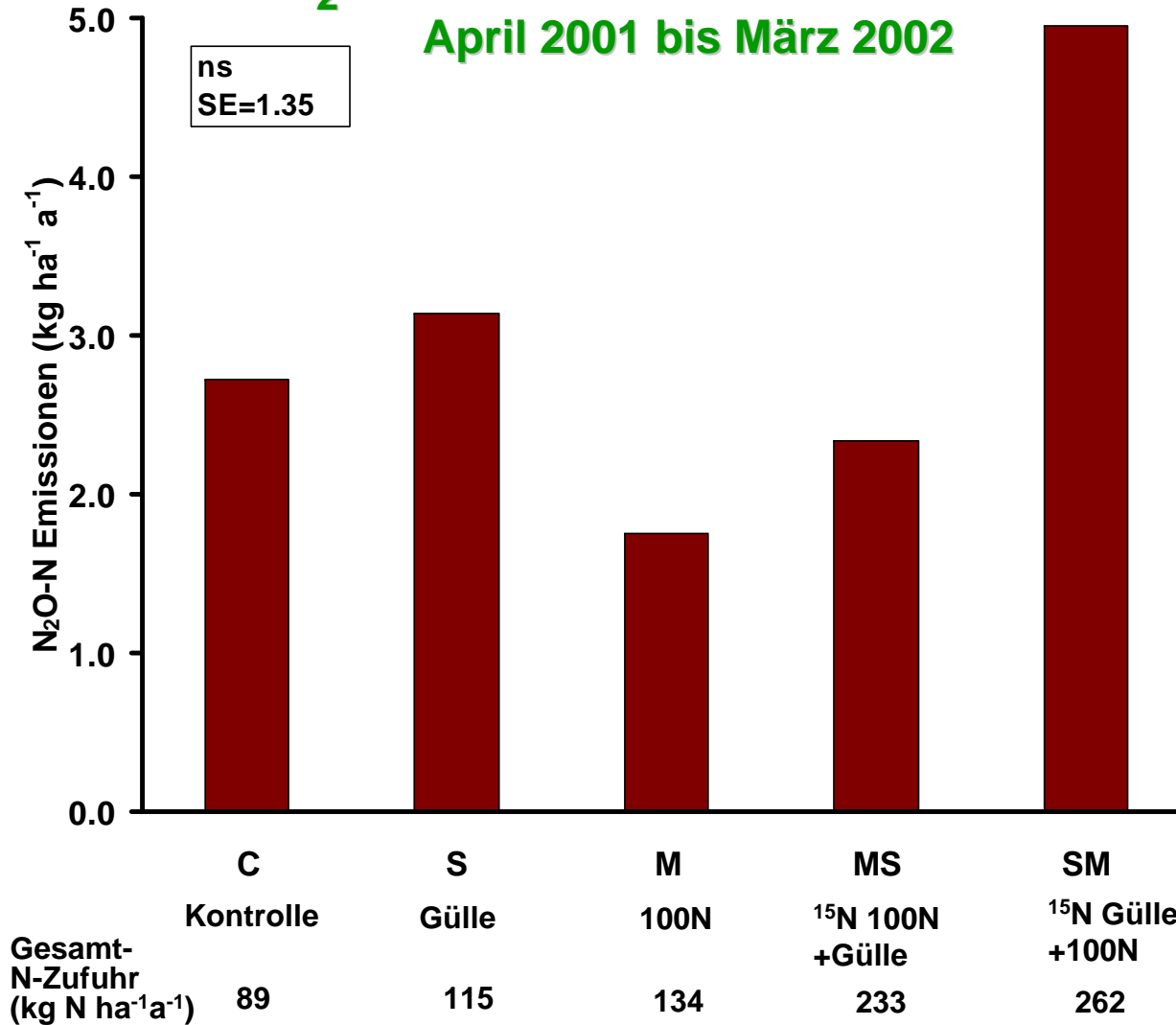
N-Auswaschung je produzierte Einheit Futterenergie



Büchter et al. (2002)
Wachendorf et al. (2002)

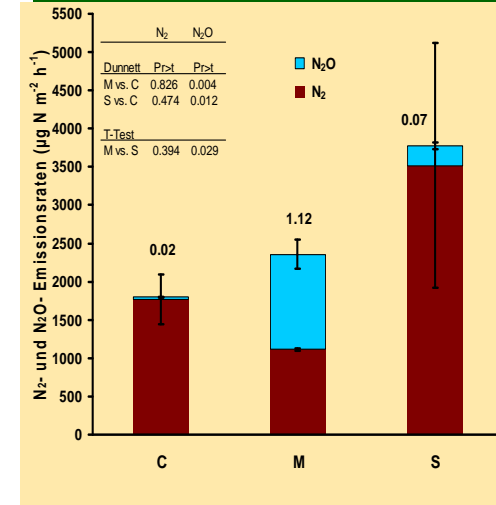
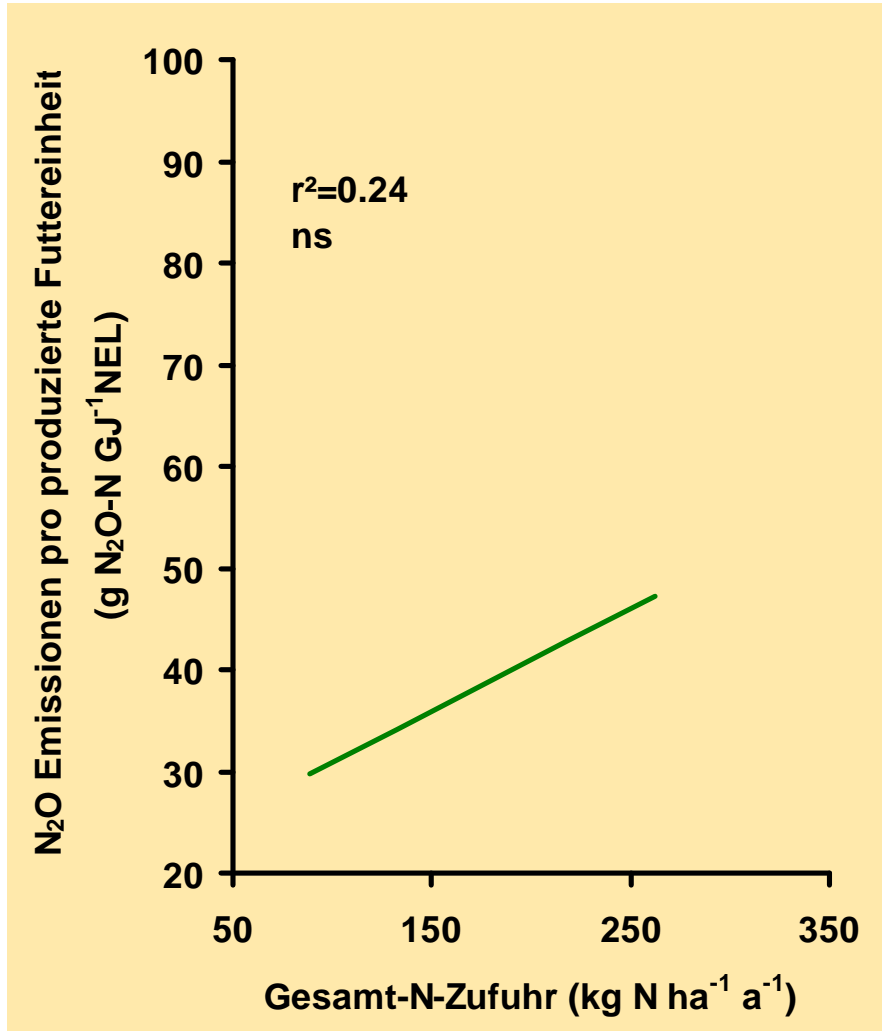
2. Ressourceneffizienz III: Emissionen Klima relevanter Gase: N₂O

N₂O-N-Emission Mähweide II April 2001 bis März 2002



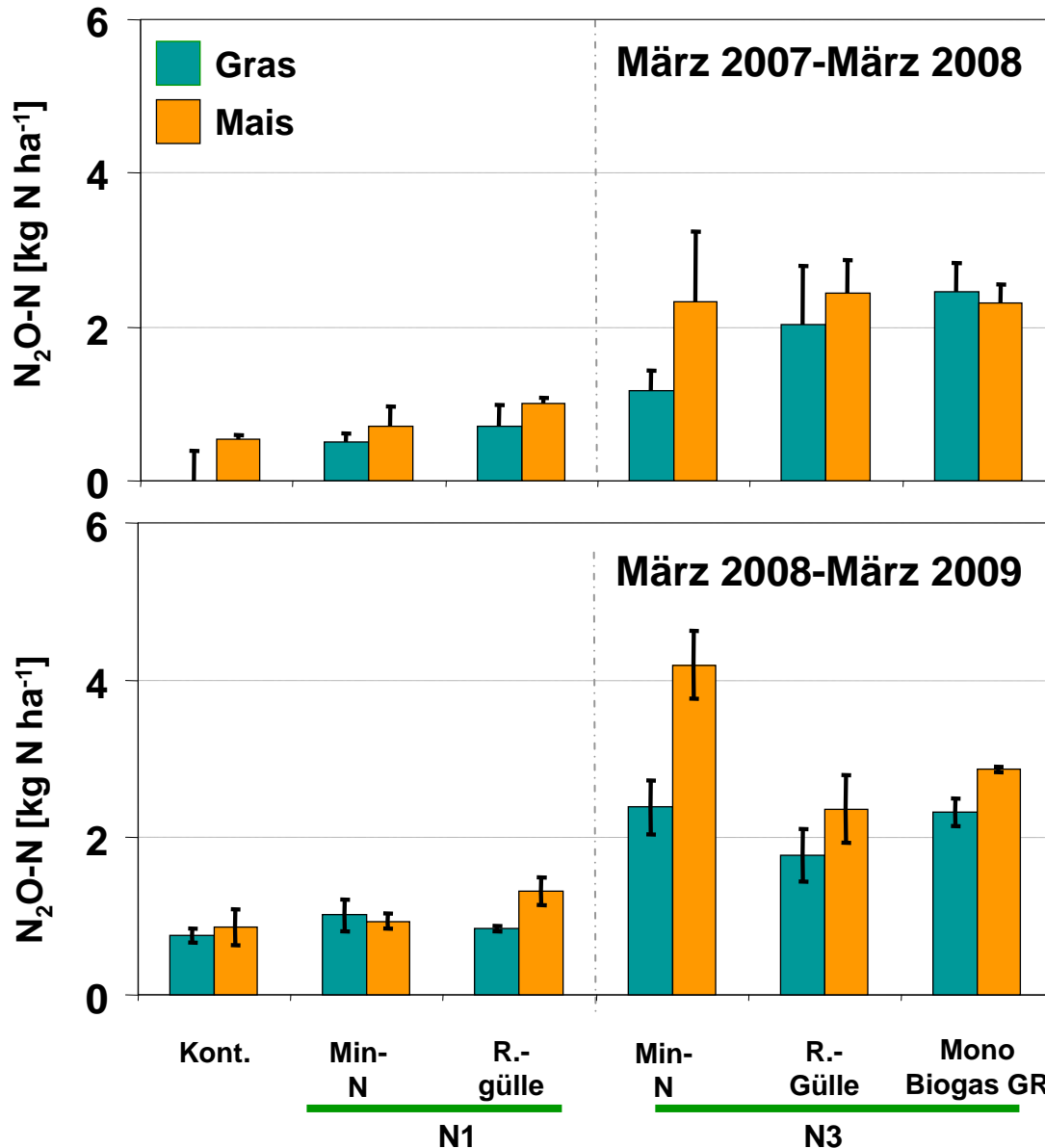
Ressourceneffizienz III: Emissionen Klima relevanter Gase: N₂O je GJ NEL

Jährliche N₂O Emissionen je produzierte Einheit Futter (g N₂O-N GJ⁻¹ NEL) in Abhängigkeit von der N-Intensität



Unter 0 N Kleegrass (C) bzw. Gülleddüngung (S) macht N₂O weniger als 10% der gasförmigen N-Emissionen aus (Rest: N₂)

Ressourceneffizienz III: Emissionen Klima relevanter Gase: N₂O Mais/Gras



**Kumulative Lachgas-Emissionen
2007 und 2008**

... aber

**je GJ Energieertrag keine
Unterschiede
zwischen Mais und Gras
bzw. Mais überlegen**

**Projekt Biogas-Expert
Karkendamm
Sandboden**

Consequences of forage production systems on the farm scale
- Systemsimulation with the IFSM - model
[\[http://pswmru.arsup.psu.edu\]](http://pswmru.arsup.psu.edu)

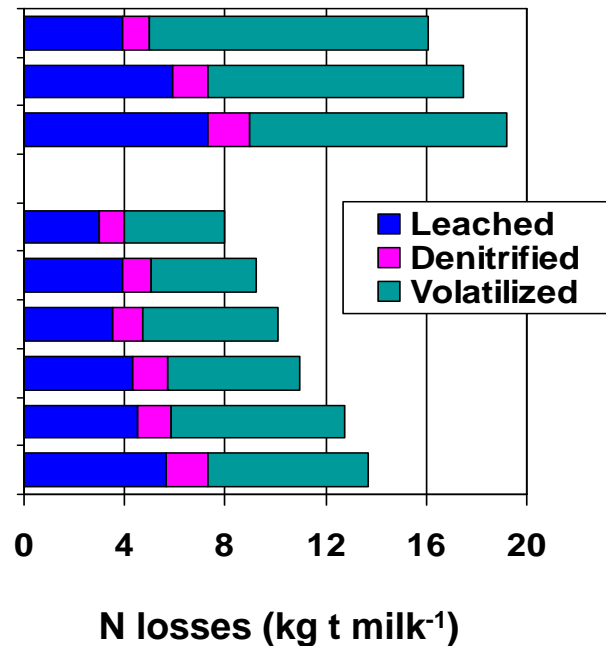
Farm data: 100 ha; milk yield 8000/9000 l cow⁻¹ year⁻¹ for all grass options/maize included; 200 kg N ha⁻¹ on grassland and 50 kg N ha⁻¹ on maize; soil and climate data from Karkendamm; 20 weather years

All grass farms

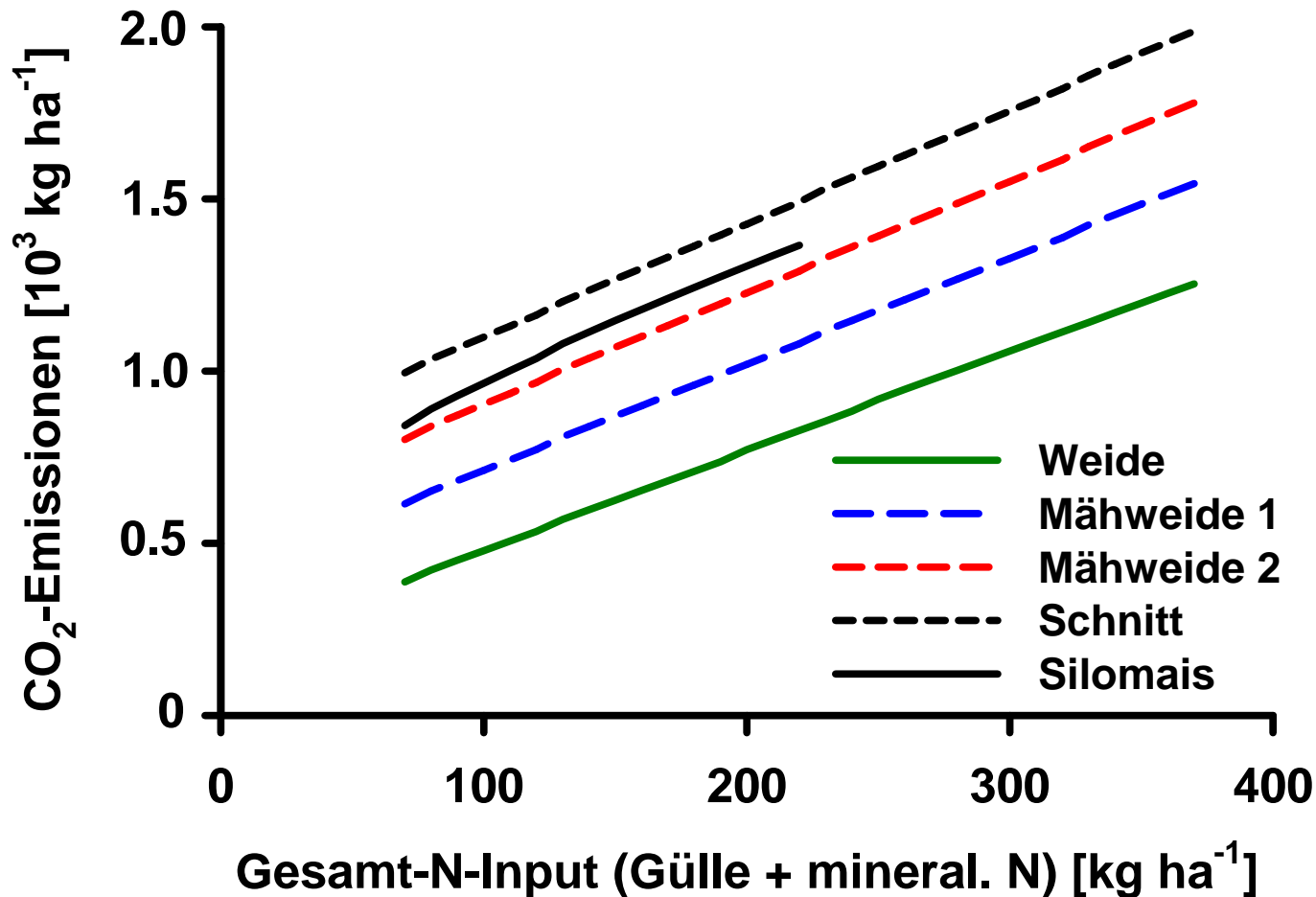
- No grazing
- 20% grazing
- 50% grazing

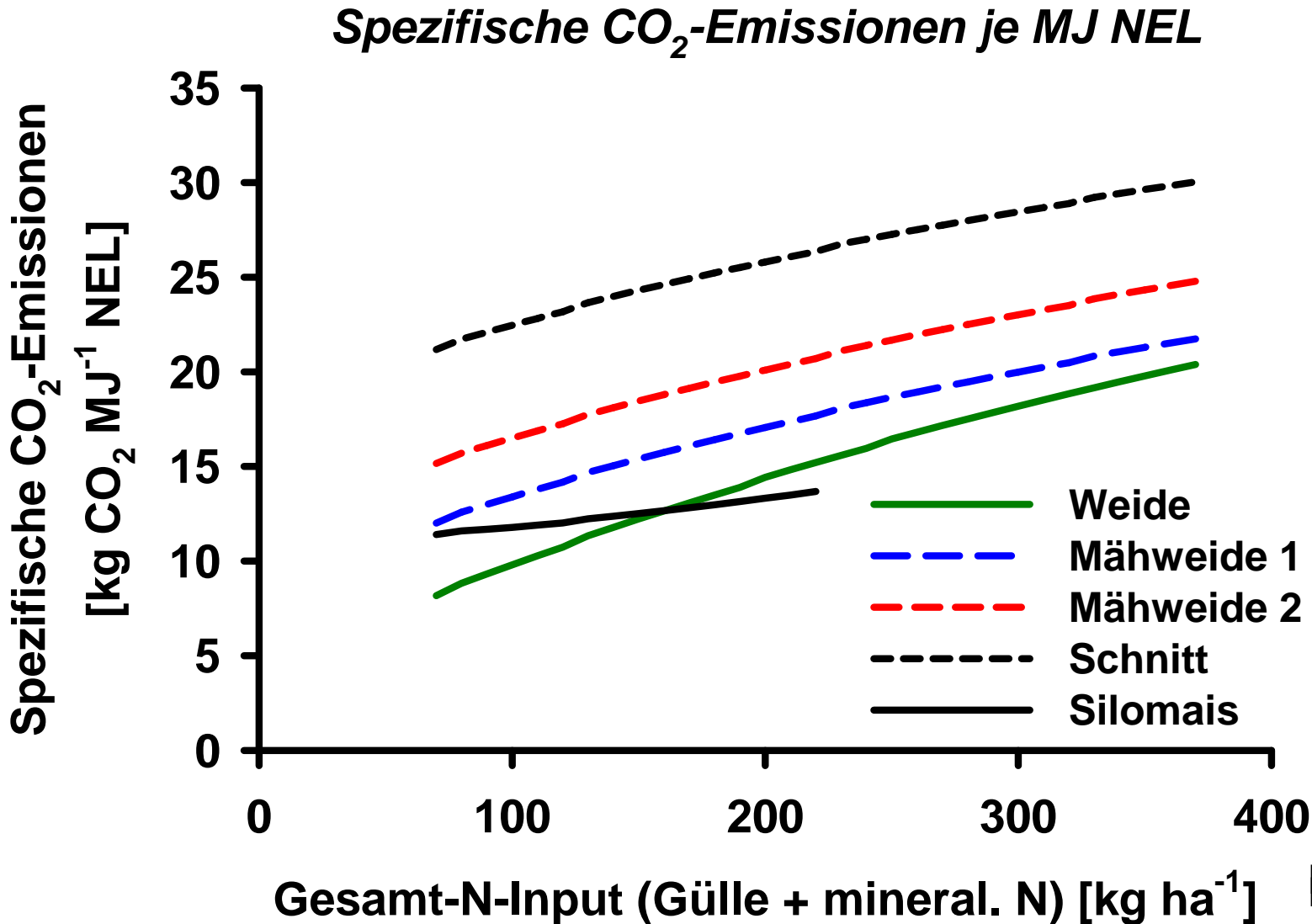
Grass and maize farms

- 80% maize, indoor fed
- grazed
- 50% maize, indoor fed
- grazed
- 20% maize, indoor fed
- grazed



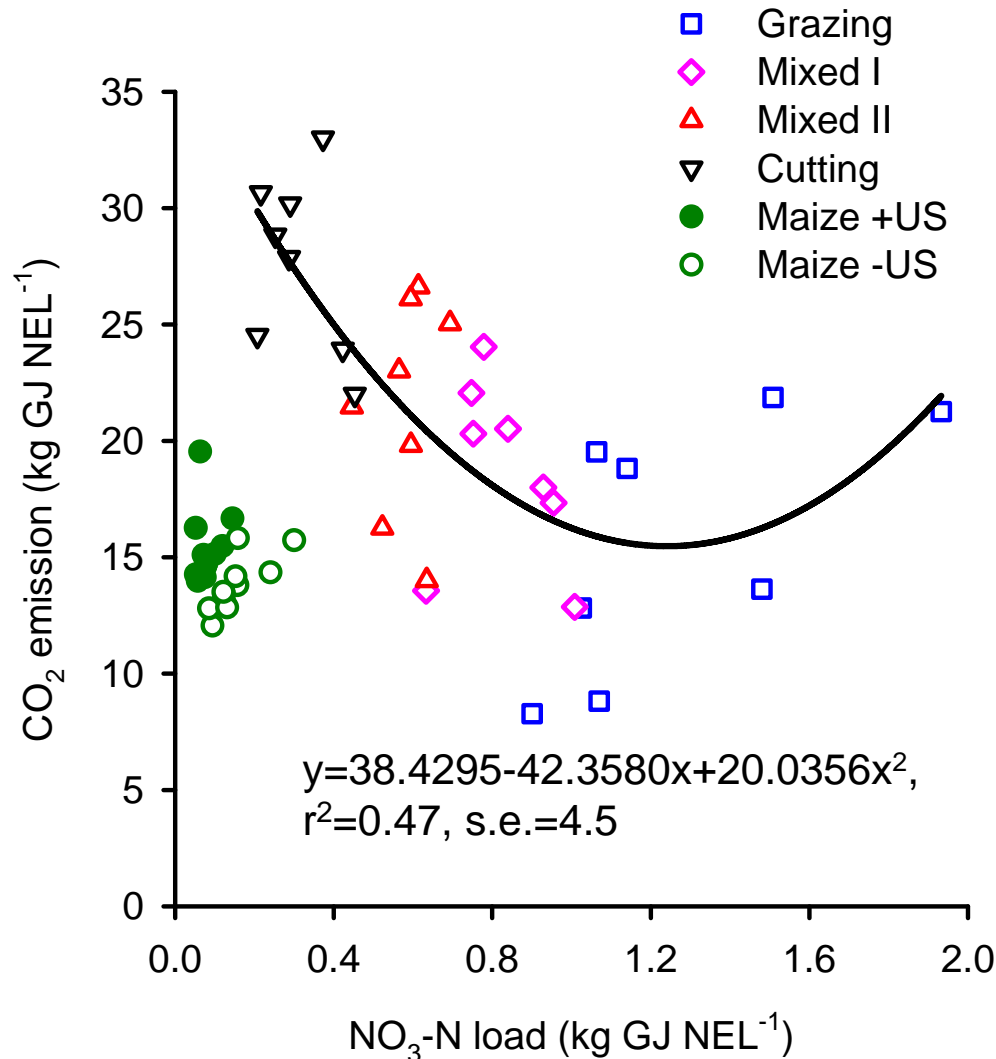
Betriebsbedingte
CO₂-Emissionen in der Grundfutterproduktion
Dauergrünland und Silomais





Inverse Beziehungen zwischen Umweltbelastungen

Beziehung CO₂ Emission – N-Auswaschung
bezogen auf die produzierte Einheit Futterenergie



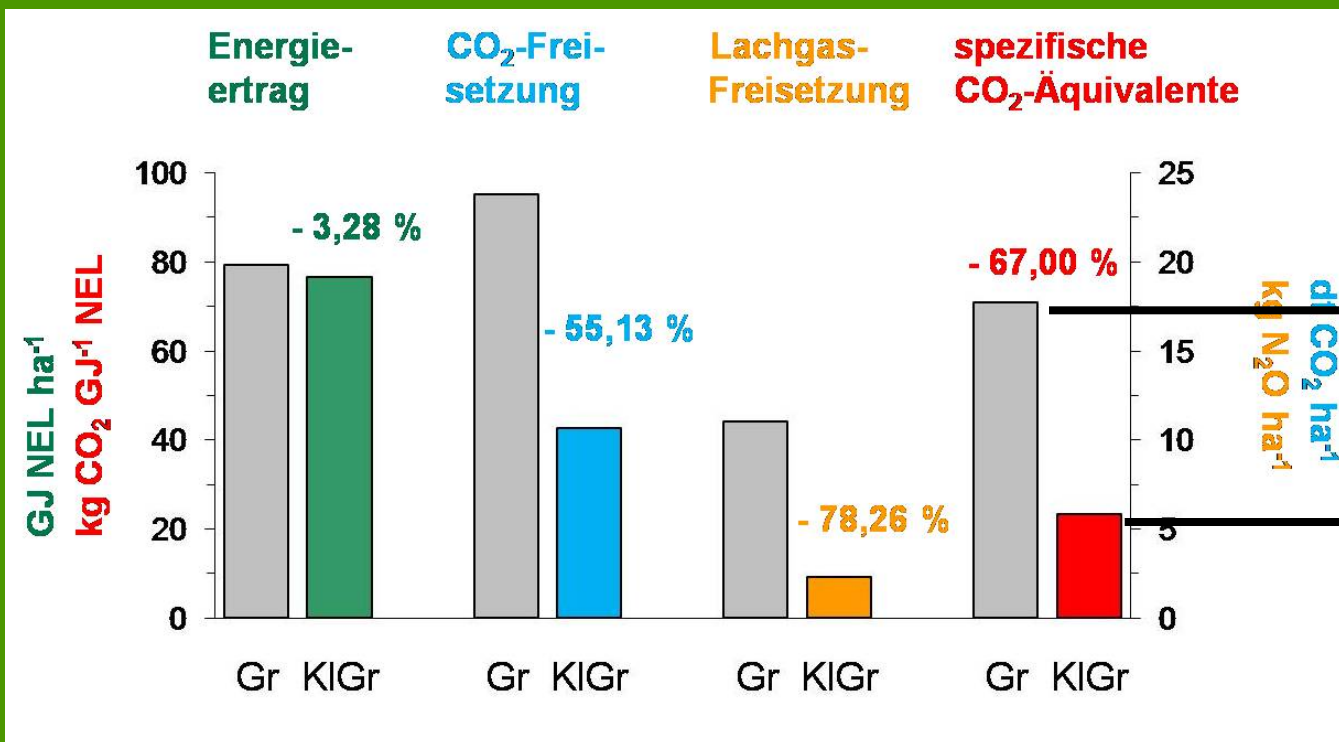
3. Forschungsbedarf



- Integration der Daten zur Ressourceneffizienz der Futterproduktion, der Futterkonservierung und der Tierhaltung mittels dynamischer Modelle.
Ziel: „carbon footprint Futterproduktion“ als Vorstufe zu
 - > „carbon footprint Milch“
 - > „ökologischer Fußabdruck Milch“
- .. unter Berücksichtigung/Optimierung folgender Punkte:
- C – Speicherung Grünlandböden; Grünlandalter
- Futterqualität (sekundäre Inhaltsstoffe Leguminosen)
>Reduktion CH₄ /N–Emissionen; Min. N-Düngereinsatz
- low-input Vollweidesysteme

Product carbon footprint (PCF) Gras gedüngt versus Leguminosen-Gras unter Berücksichtigung

von Bodenverdichtung (Hohenschulen (2006 – 2008))



Gras: 300g/kg FCM

Klee-G: 95 g/kg FCM

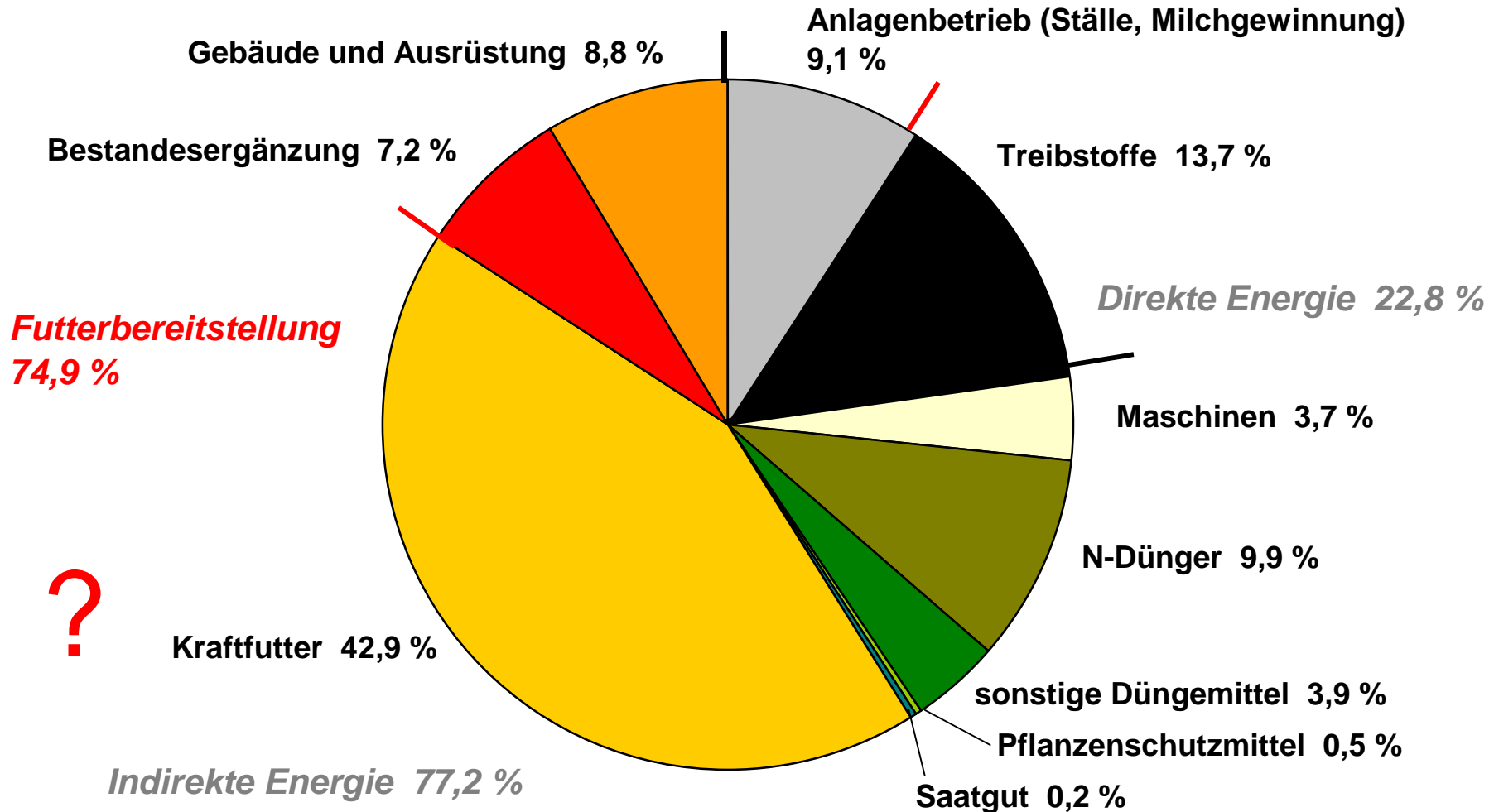
Literatur: CO₂-eq
PCF/kg FCM ~ 800 g

Schmeer et al., 2009

Standort
Nutzung
Gr
KIGr

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

Verteilung des Energieverbrauchs im konventionellen Milchvieh-Futterbaubetrieb



2010 - 2013:

Fragestellung: Ist ein low-input Weidesystem mit ca. 6000 kg FCM Grundfutterleistung und geringem Konzentratfuttoreinsatz konkurrenzfähig gegenüber hoch intensiven Systemen mit ganzjähriger Stallhaltung?

Forschungsprojekt:

**“Steigerung der Ressourceneffizienz
in der Milchproduktion”**

in enger Zusammenarbeit mit dänischen Kollegen, LK S-H



Europäische Union
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung
Investition in Ihre Zukunft



4. Fazit



- Grundsätzlich sind die geprüften intensiven Futterproduktionssysteme in Bezug auf die Ressourceneffizienz semi-intensiven Systemen nicht unterlegen. Priorität Zielfunktionen?
- Silomais auf sandigen Böden hoch effizient, aber Problem Monokultur > Humushaushalt; Pathogene! Grünlandumbruchverbot gerechtfertigt?
- Am Bsp. S-H: Plädoyer für ein Seggregationsmodell:
„Absolute Grünlandstandorte“: Absolutes Umbruchverbot, Biodiversitätsfunktion sichern, Jungviehaufzucht
„Fakultative Grünlandstandorte“: Grünlandumbruch + Futterbaufruchtfolgen zulassen, (Milch-) Produktionsfunktion sichern

Dank!

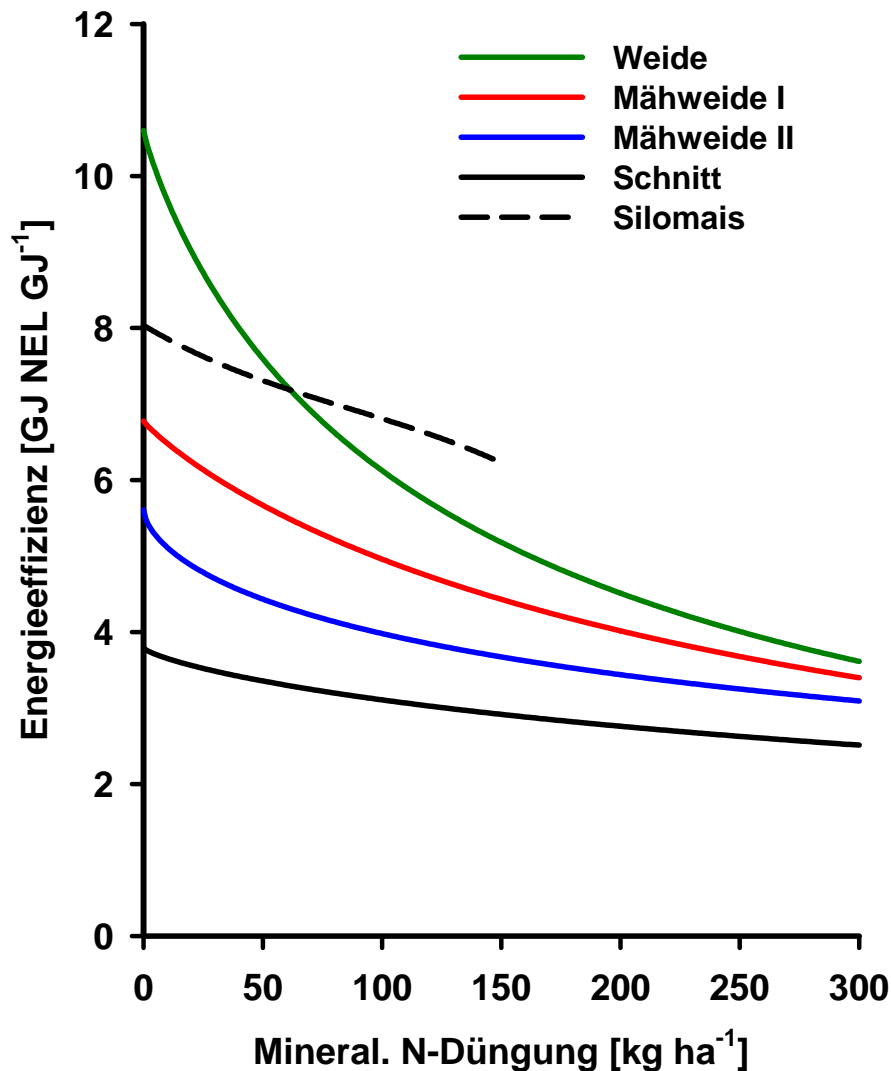


- an die beteiligten wissenschaftlichen Mitarbeiter der Gruppe Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau

Michael Wachendorf, Ralf Loges, Antje Herrmann, Martin Gierus,

Bernhard Ingwersen, Nina Jovanovic, Manfred Büchter, Karen Volkers, Julia Baade, Michael Kelm, Janina Bobe, Carola Lampe, Hagen Trott, David Nannen, Maja Karrasch, Maria Schmeer und viele andere...

Ergebnisse: Energieeffizienz (GJ NEL je GJ Energieinput)



Grünland (20 m³ Gülle ha⁻¹)

	Pr > F	
Sys	0,0001	**
N	< 0,0001	**
G	0,0012	**
Sys * N	< 0,0001	**
Sys * G	0,6589	ns
N * G	0,0225	*
Sys * G * N	0,4921	ns

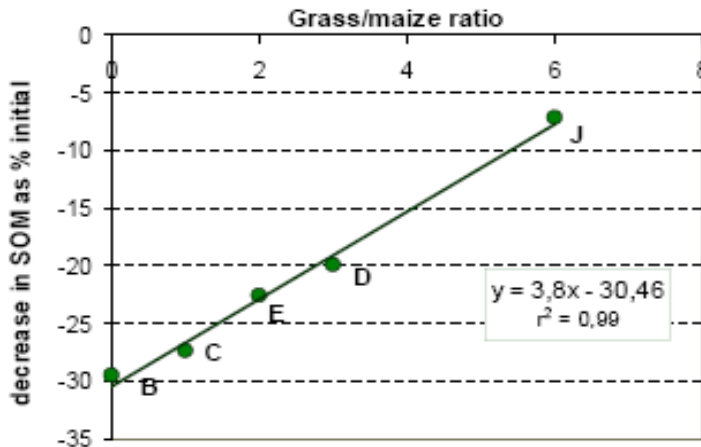
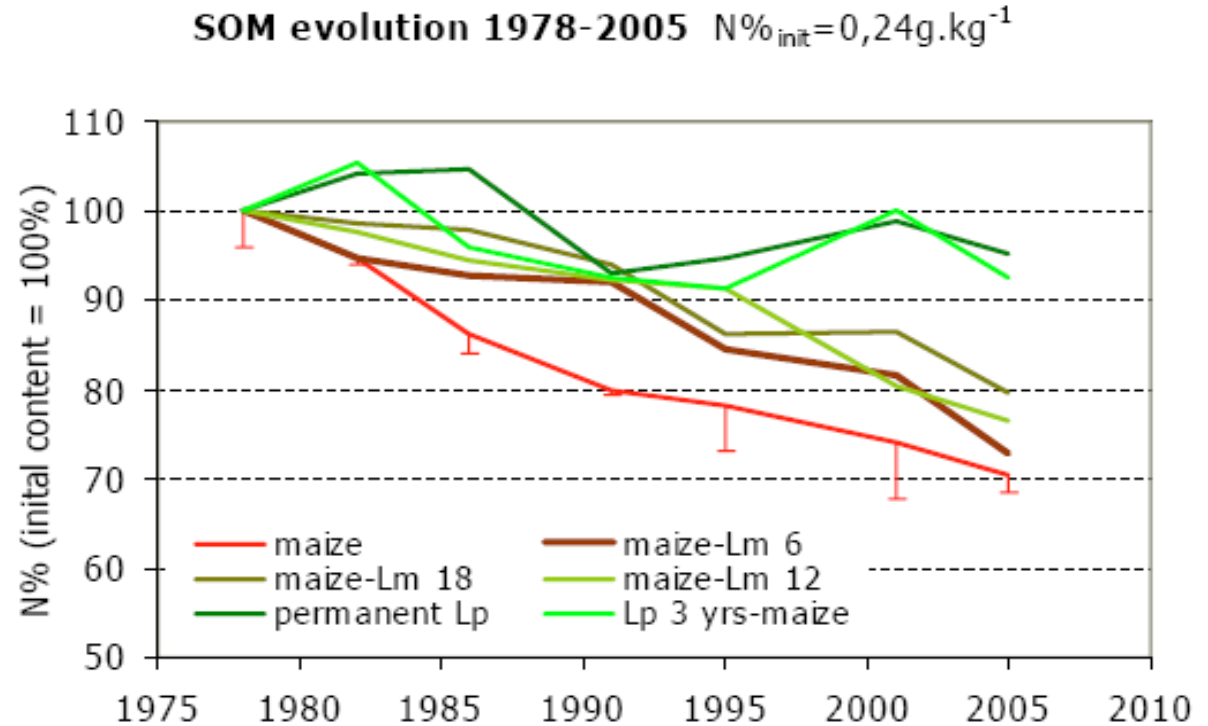
Silomais

(ohne Untersaat, 20 m³ Gülle ha⁻¹)

	Pr > F	
US	< 0,0001	**
N	< 0,0001	**
G	0,0050	**
US * N	< 0,0001	**
US * G	< 0,0001	**
N * G	< 0,0001	**
US * N * G	0,0034	**

Langzeiteffekte Maismonokultur nach Grünland auf organische Bodensubstanz (Vertes, 2007)

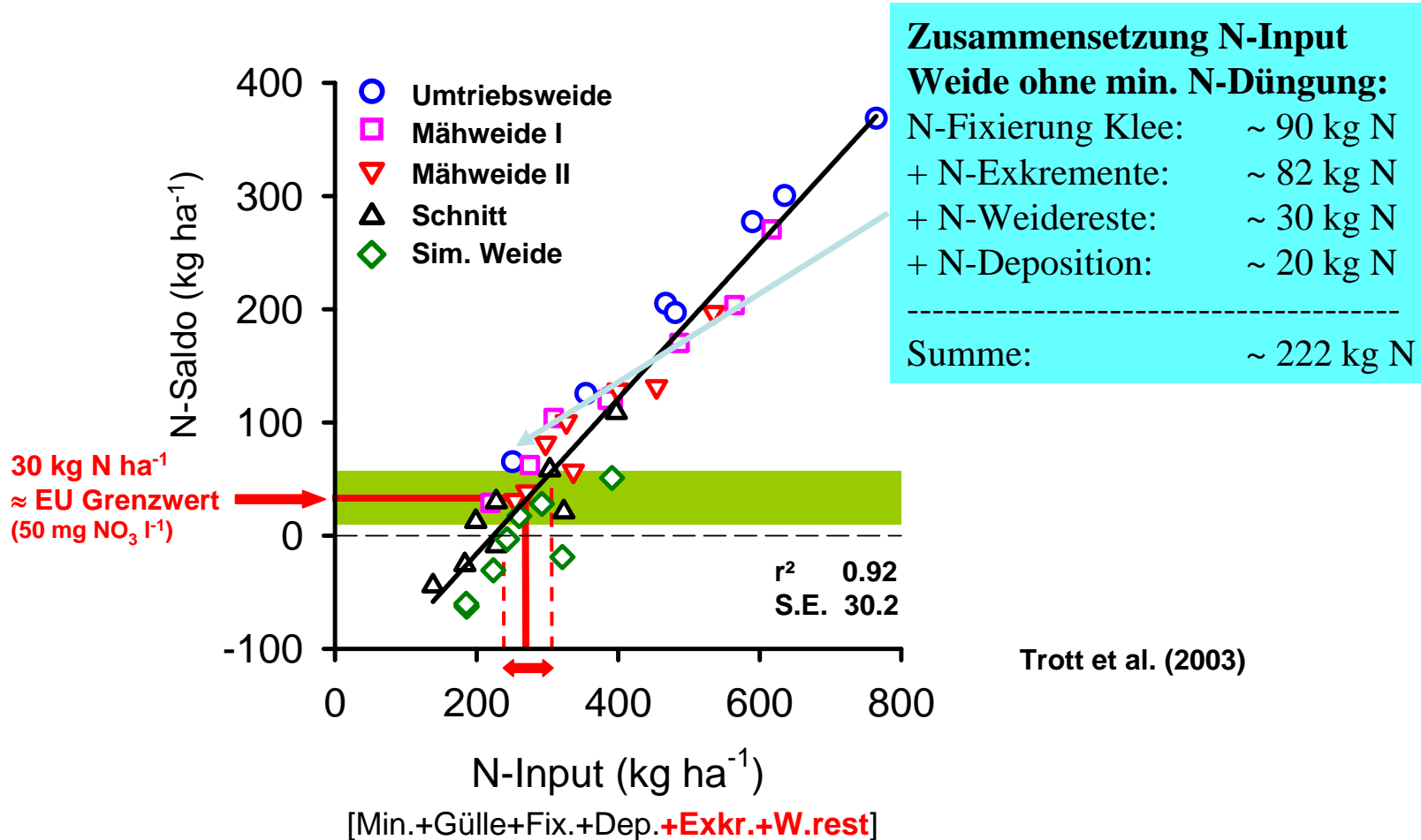
Veränderung der org. Bodensubstanz über 28 Jahre (!) in Abhängigkeit vom Gras- Mais Verhältnis in der Fruchtfolge: Maismonokultur (rot) jährlich 50 – 70 m³ Gülle/ha
Bodenart: sL
Bretagne, Frankreich



- enge Beziehung zwischen dem Maisanteil in der FF und der Abnahme der organischen Bodensubstanz

(maize = Monokultur Mais nach Grünlandumbruch
Permanent Lp = Dauergrünland Deutsches Weidelgras
Maize-LM 6 = Maismono mit Zwischenfrucht Welsches Weidelgras 6 Monate usw.)

2. Ressourceneffizienz II: Tolerierbare N-Inputs Grünland > Wasserschutz



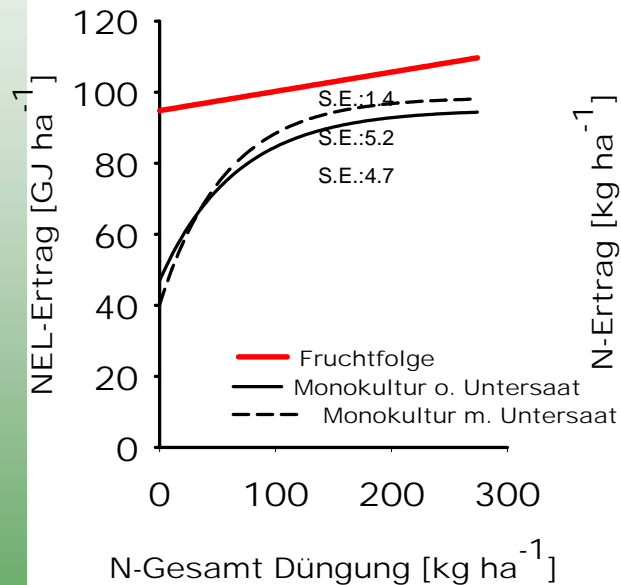
Konsequenz Weide: N-Düngung < 100 kg N/ha !
Konsequenz Schnitt: Max. N-Düngung ~250 kg/ha!



Vergleich Silomais in FF zu Maismonokultur

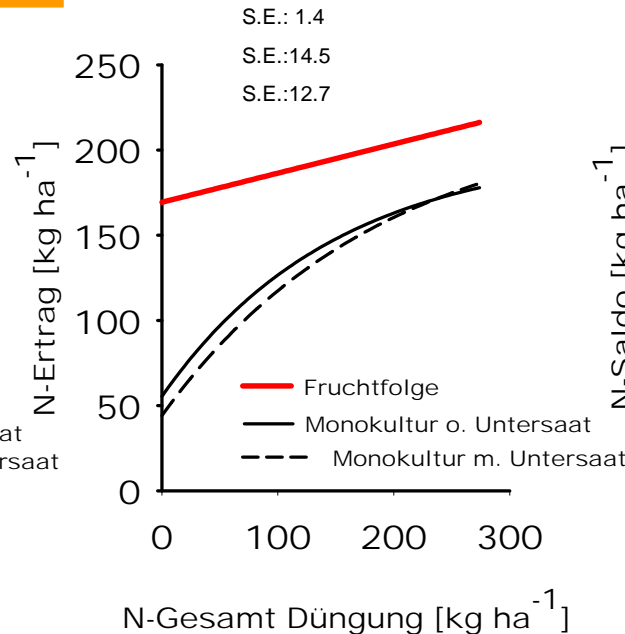
Energie-Ertrag

Höhere Erträge durch Maisanbau in FF!



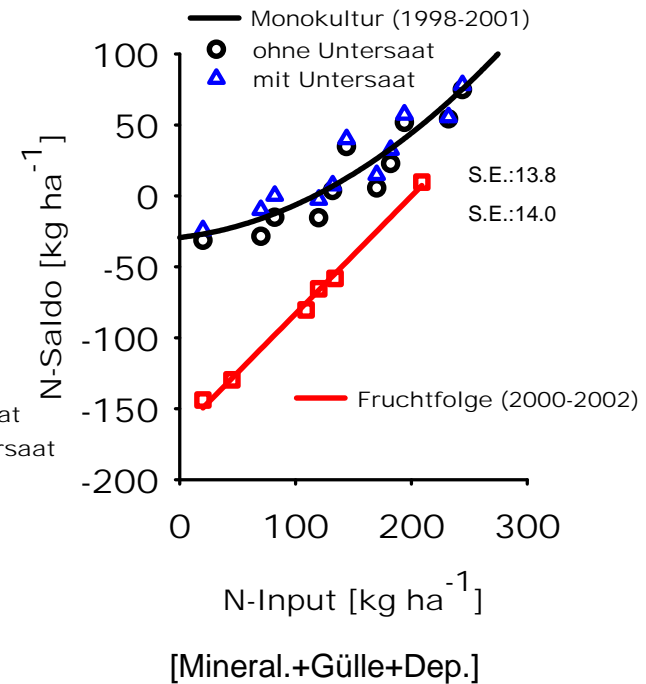
N-Ertrag

N-Nachlieferung aus Vorfrucht > 100 kg N/ha!



N-Saldo

Reduktion des N-Saldos!



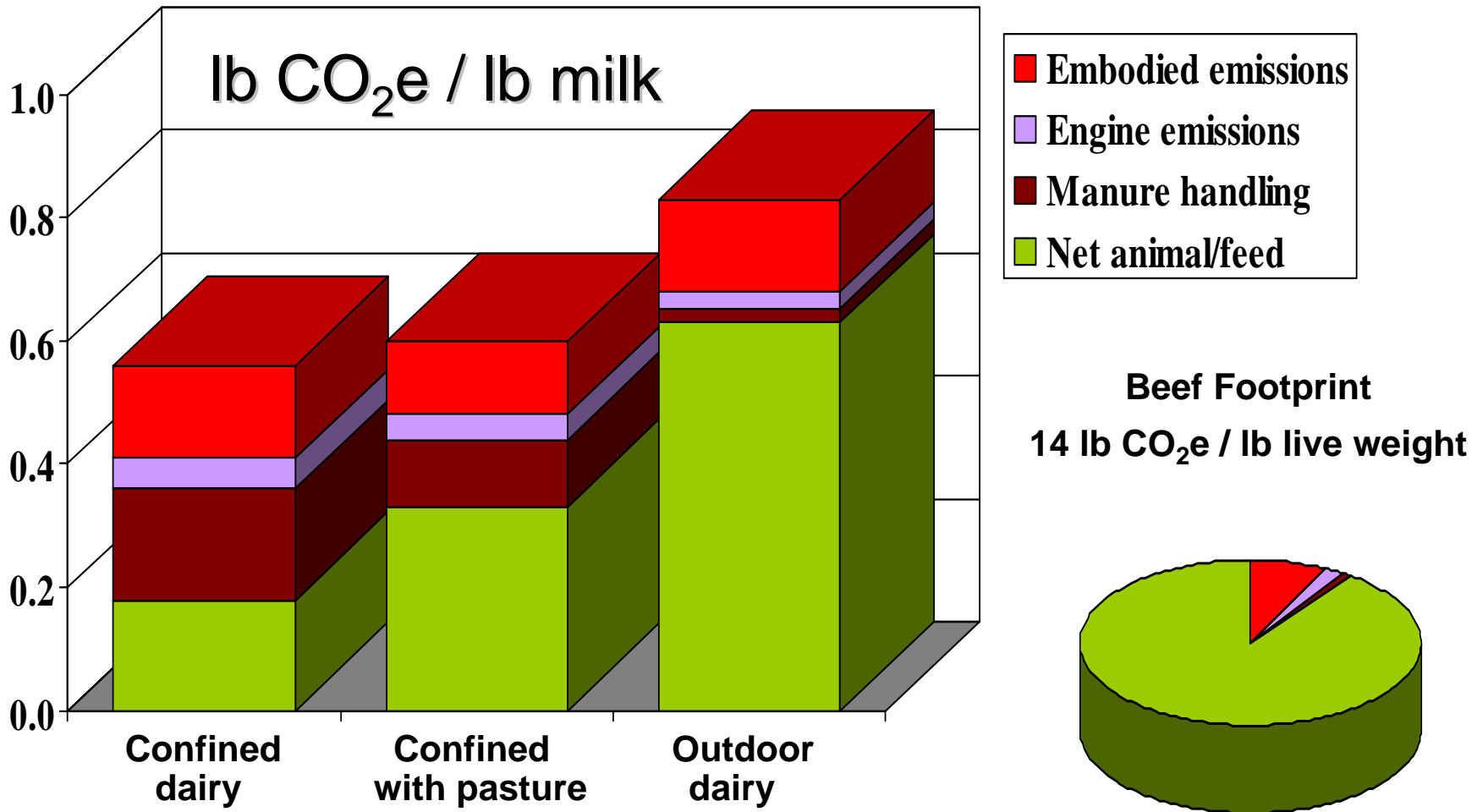
N-Input: Gülle-N
Minerald.-N
Deposition

N-Output: N-Ertrag

N-Saldo: N-Input - N-Output

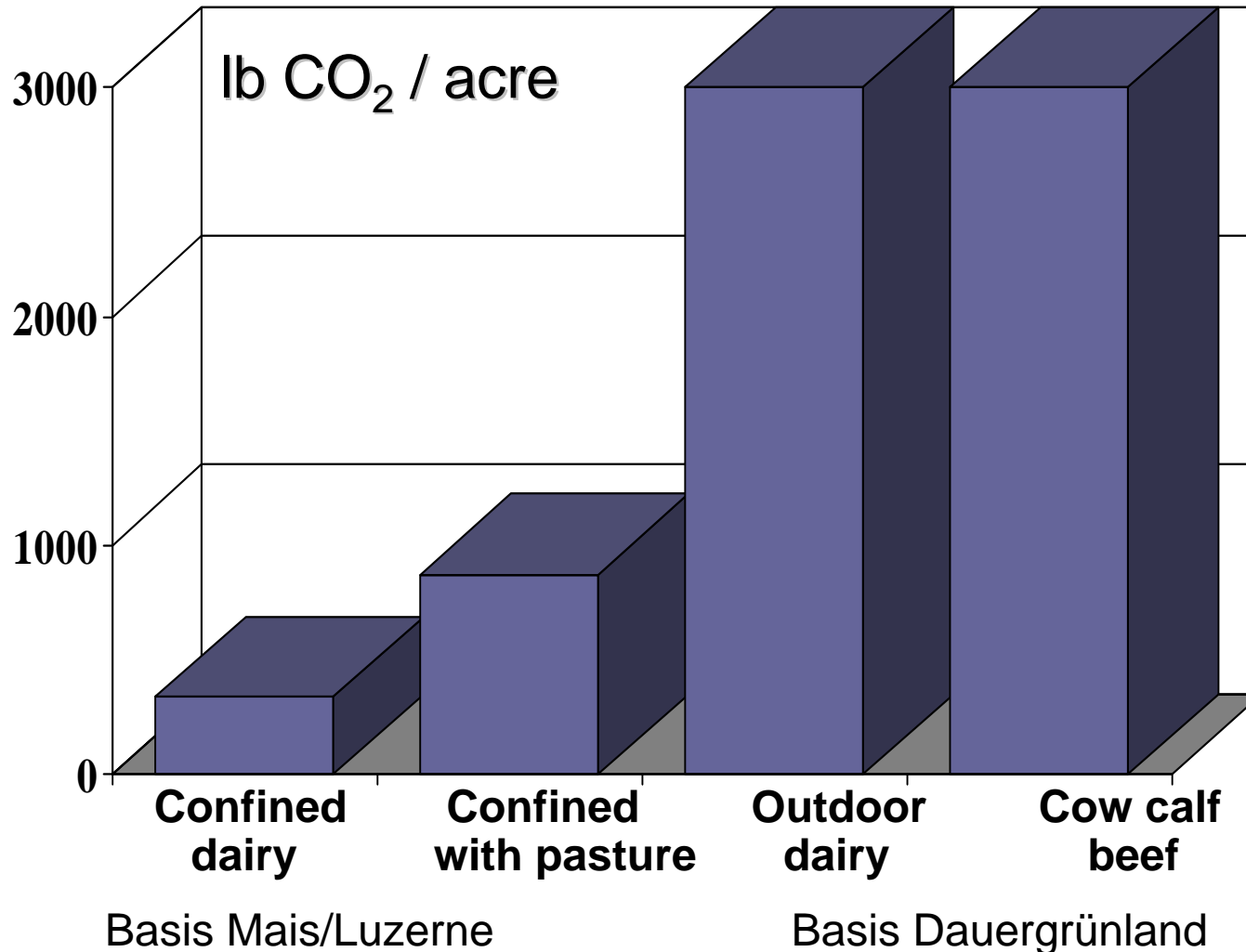
Carbon Footprint

Source: Dawn Sedorovich, Al Rotz, IFSM simulations



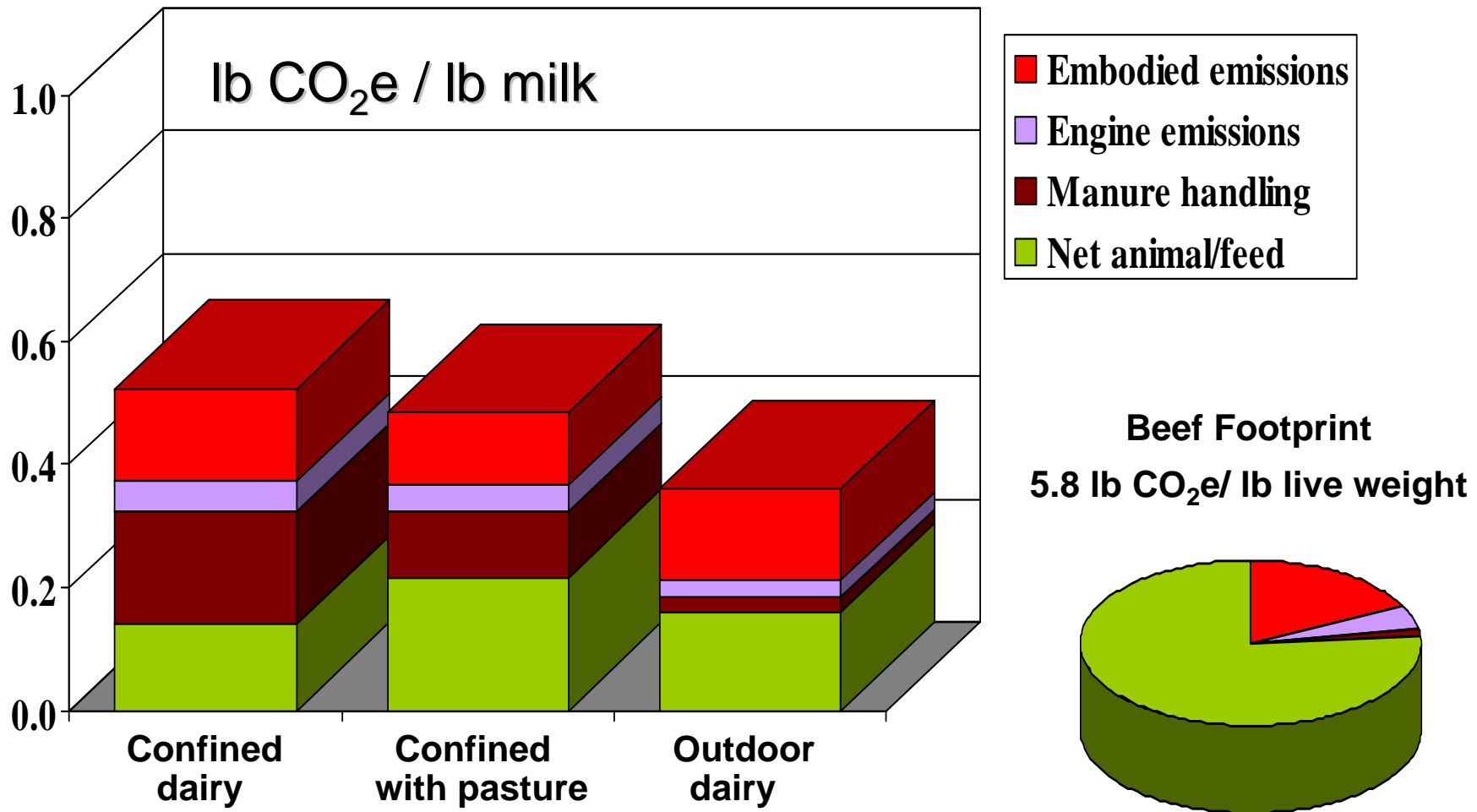
Potential Carbon Sequestration

Source: Dawn Sedorovich, Al Rotz, IFSM simulations



US: Carbon Footprint (incl. C-Sequestration)

Source: Dawn Sedorovich, Al Rotz, IFSM simulations



Projekt: Qualität von Futterleguminosen

Polyphenole und Proteinabbau



	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

¹⁾ Passage rate von 6%/h

Broderick and Albrecht, 1997

N-Nutzungseffizienz nach Fütterung von Luzerne- oder Rotkleesilage bei Milchkühen

	Luzerne	Rotklee	SE
Futteraufnahme (FA), kg T/d	23.5 ^a	21.8 ^b	0.2
XP-Aufnahme, kg/d	4.32	3.62	-
Milchleistung, kg/d	30.4 ^a	30.4 ^a	0.3
Milch/TS-Aufnahme	1.30 ^b	1.40 ^a	0.01
Milch N/N-Aufnahme	0.204 ^b	0.249 ^a	0.003
Milchharnstoff, mg N/100 ml	13.6 ^a	9.2 ^b	0.3
Milchharnstoff, % von Milch NPN	41.8 ^a	35.4 ^b	0.3



Modellsimulation (DAFOSYM) der jährlichen N-Nutzungseffizienz auf Betriebsebene

(Luzerne ca. 45% der Ration)

	Netto Erlös \$/Kuh	Milch- leistung kg/Kuh	Soja- schrot kg/Kuh	Mais- silage kg/Kuh	Gesamt N Verlust kg/Kuh
Normale Luzerne	1.145	12.330	1.026	2.433	157
Tanninhaltige Luzerne	1.270	12.540	436	3.060	118
Einfluss des Tannins	+ 125	+ 210	-590	+ 627	- 39

Annahmen: 2% Tannine; 20% Steigerung des UDP; 30% Steigerung des ADIN;
30% Reduzierung der Mineralisation von Luzerneresten
100 Kühe, 85 Färsen

Projekt: Qualität von Futterleguminosen

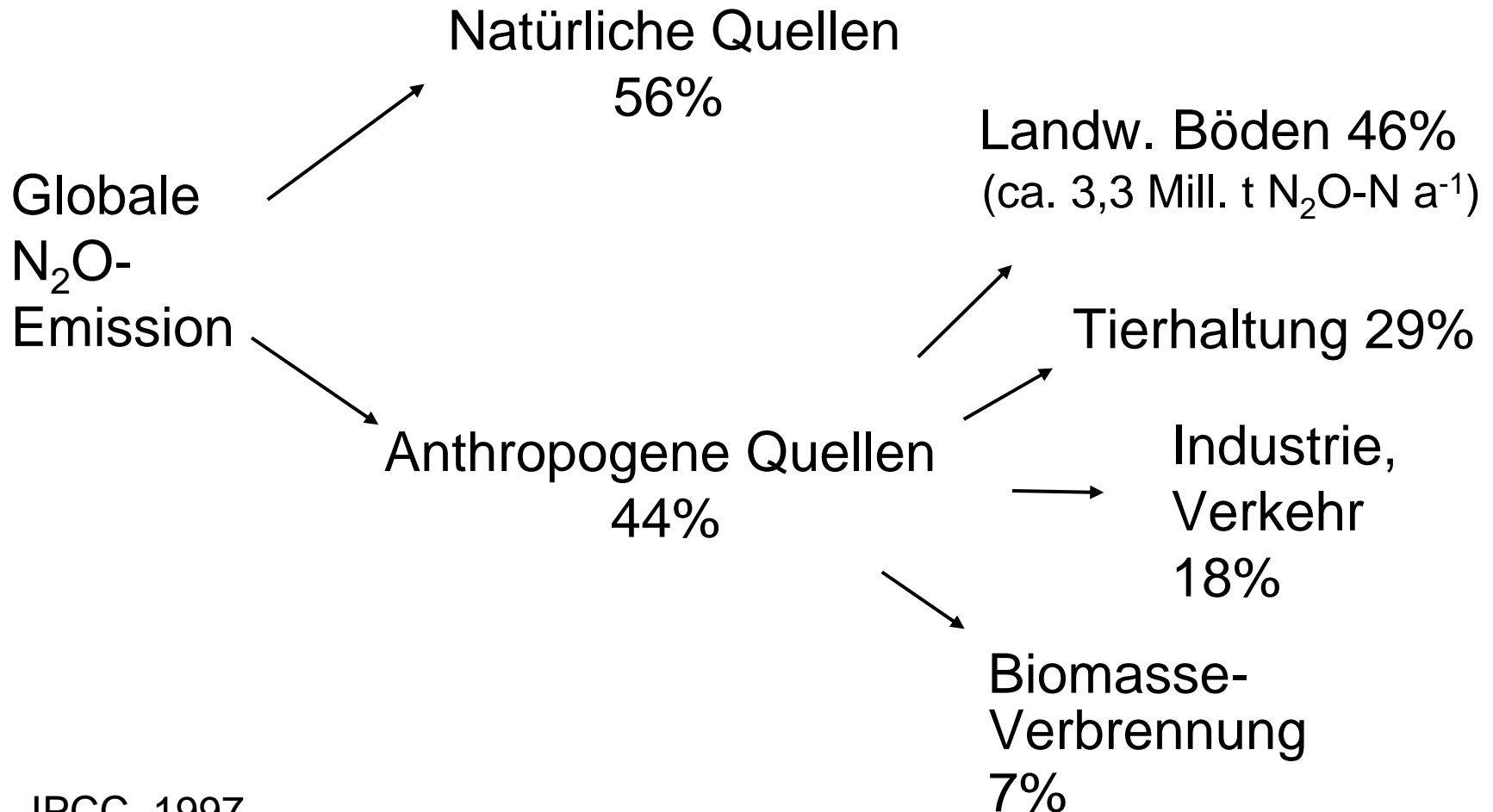
Arbeiten am Institut

- Charakterisierung der PPO-Aktivität in Rotklee
(nach Sorte, Pflanzenorgan und Entwicklungsstadium)
- Bestimmung der Gehalte an kond. Tannine
(Hornklee – nach Entwicklungsstadium (Schnitt/Weide))
- Untersuchungen zu Wechselwirkungen
zwischen sek. Pflanzeninhaltsstoffe und
Futterqualitätsmerkmale (in vitro Studien)
(Verdaulichkeit, Proteinabbau, Gasbildung)



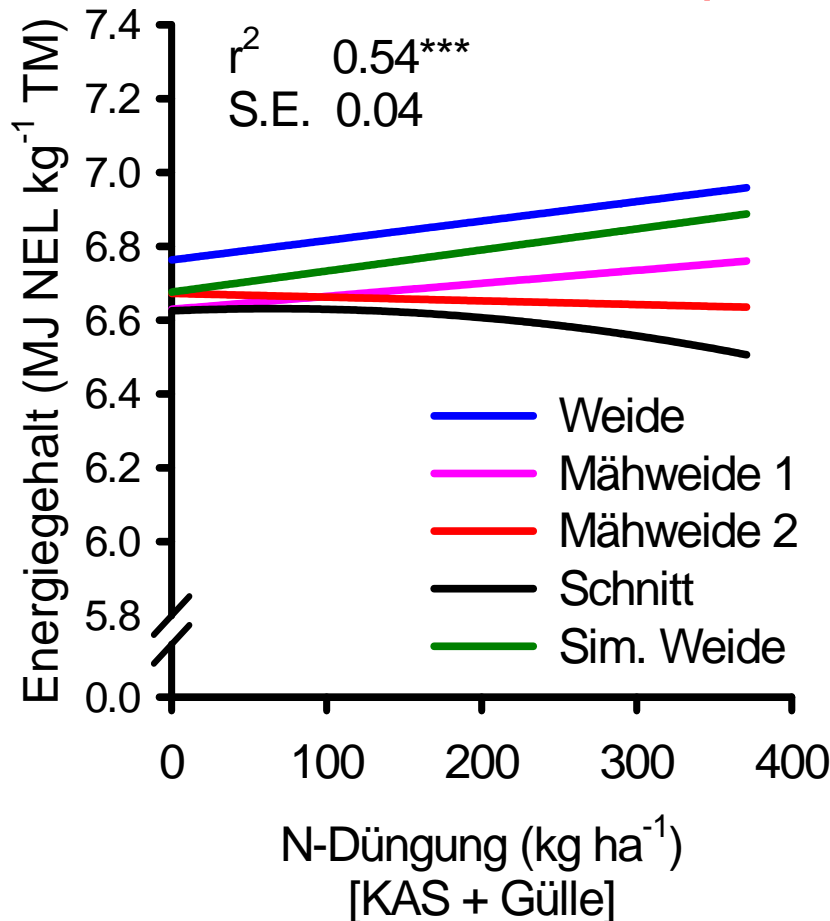
Problemstellung

- Quellen der N₂O-Produktion



Energiekonzentration* (1997-2001)

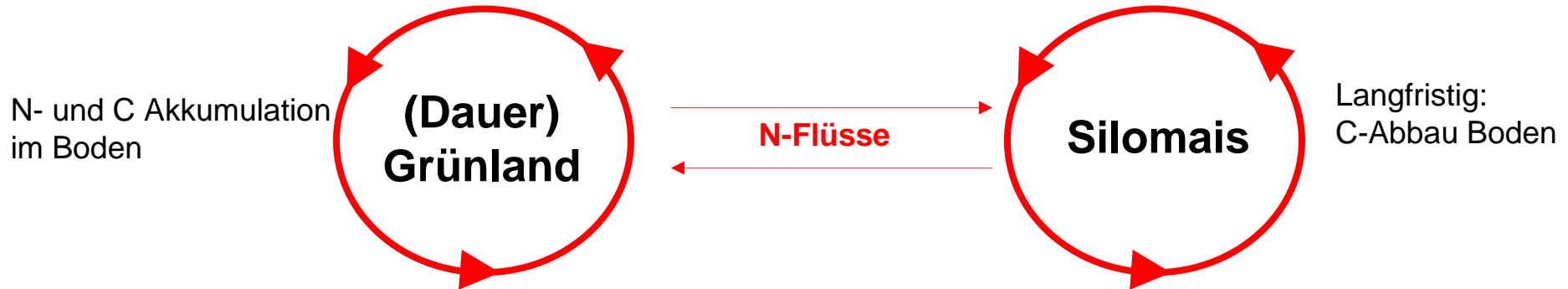
(MJ NEL kg⁻¹ TM)



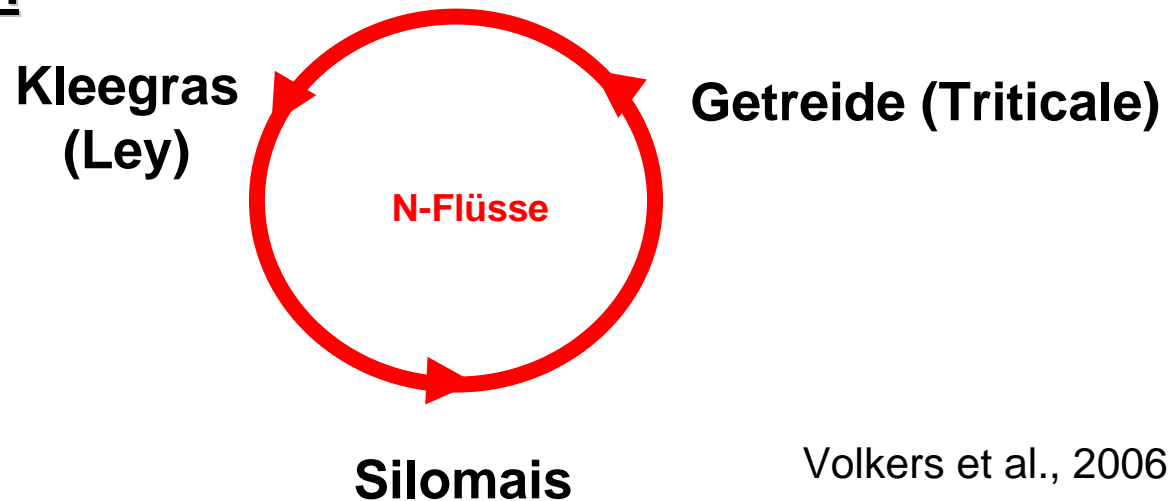
Faktor	P > F
Nutzungsform (SYS)	***
Mineraldünger (N)	***
Gülle (G)	NS
SYS*N	***
SYS*G	NS
N*G	NS
SYS*N*G	NS

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

1. Dauergrünland/ Monokultur Mais



2. Fruchtfolgen



> Produktivität in Abhängigkeit vom Futterproduktionssystem

Aktuelle Situation
Mähweide/Mais-Monokultur
70% / 30%
 Anteil an der Futterfläche

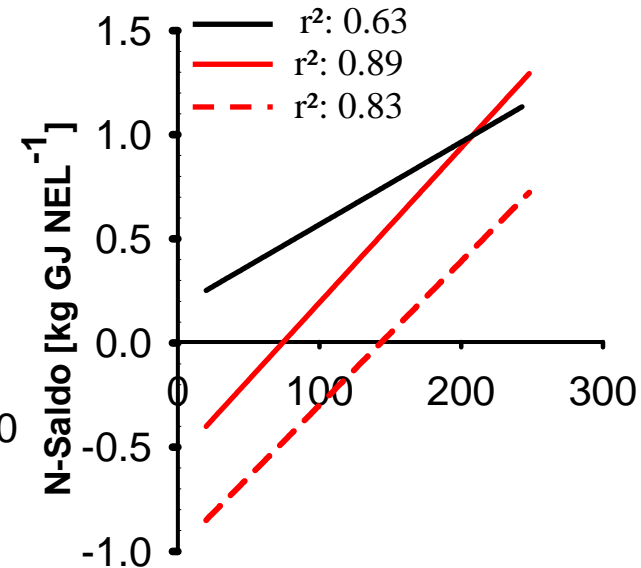
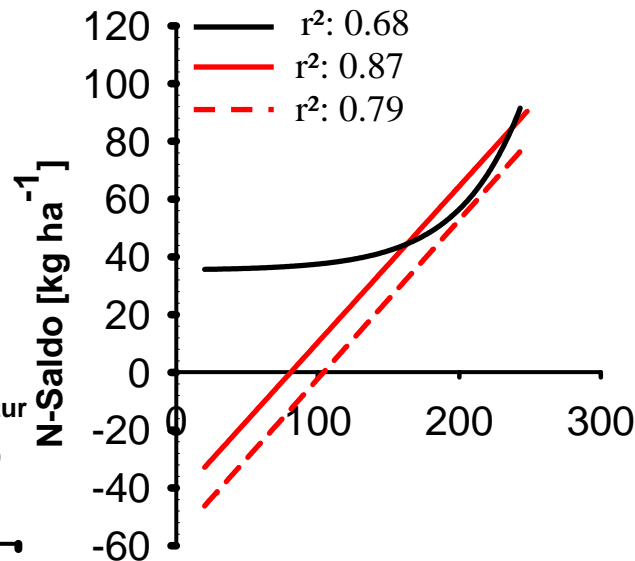
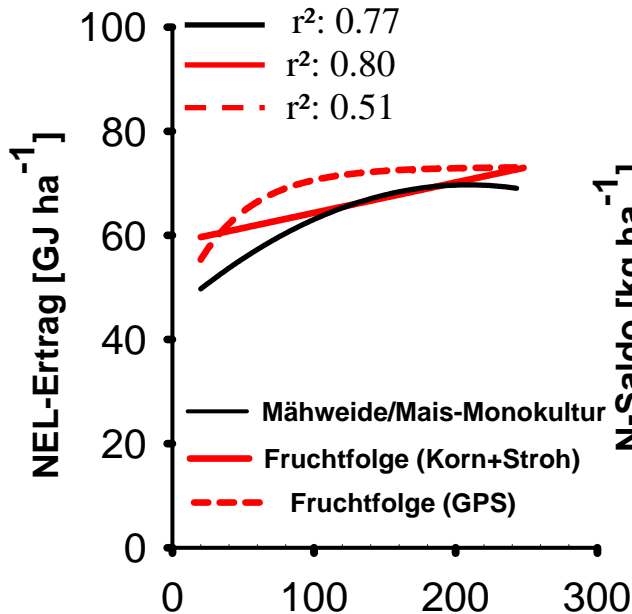


Klee-gras-Silomais-Triticale
33% / 33% / 33%
 Anteil an der Futterfläche

Energie-Erträge

N-Saldo/ha

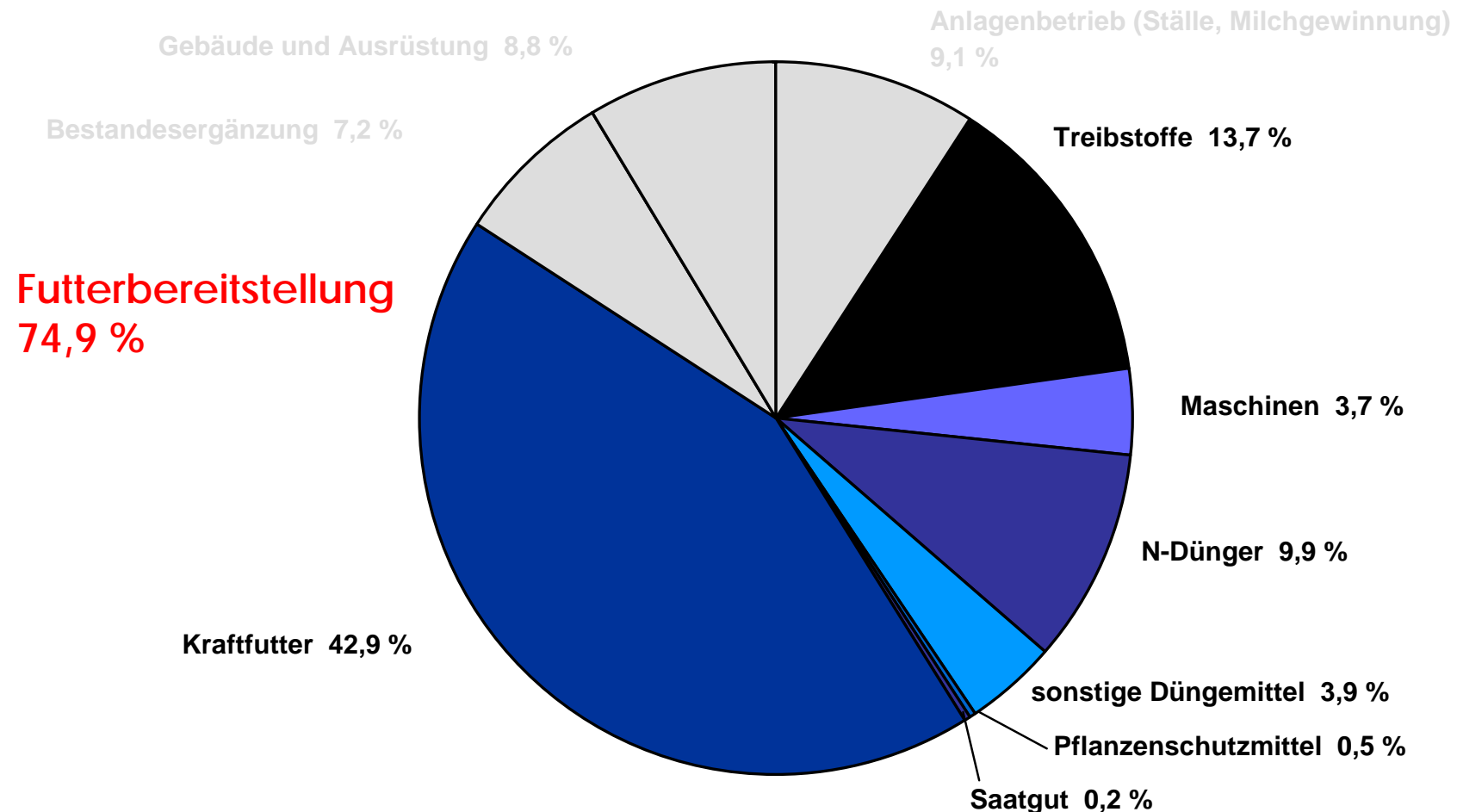
N-Saldo/GJ NEL⁻¹



N-Gesamt Düngung [kg ha⁻¹]

(Volkers, 2004)

Stand der Forschung – Betriebsebene



Quellen: eigene Berechnungen nach Abel (1997), Refsgaard *et al.* (1998), Berg & Scholz (2000), Dalgaard *et al.* (2002), Betriebswirtschaftliche Mitteilungen der Landwirtschaftskammer S-H (2003)

N₂- und N₂O-Emissionsraten (µg N m⁻² h⁻¹) intakter Bodensäulen im September 2002 und N₂O:N₂

