



Pflanzliche Erzeugung im Klimawandel: Auswirkungen und Anpassungen aus Sicht des Futterbaus

Friedhelm Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Abt. Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau
Christian-Albrechts Universität Kiel

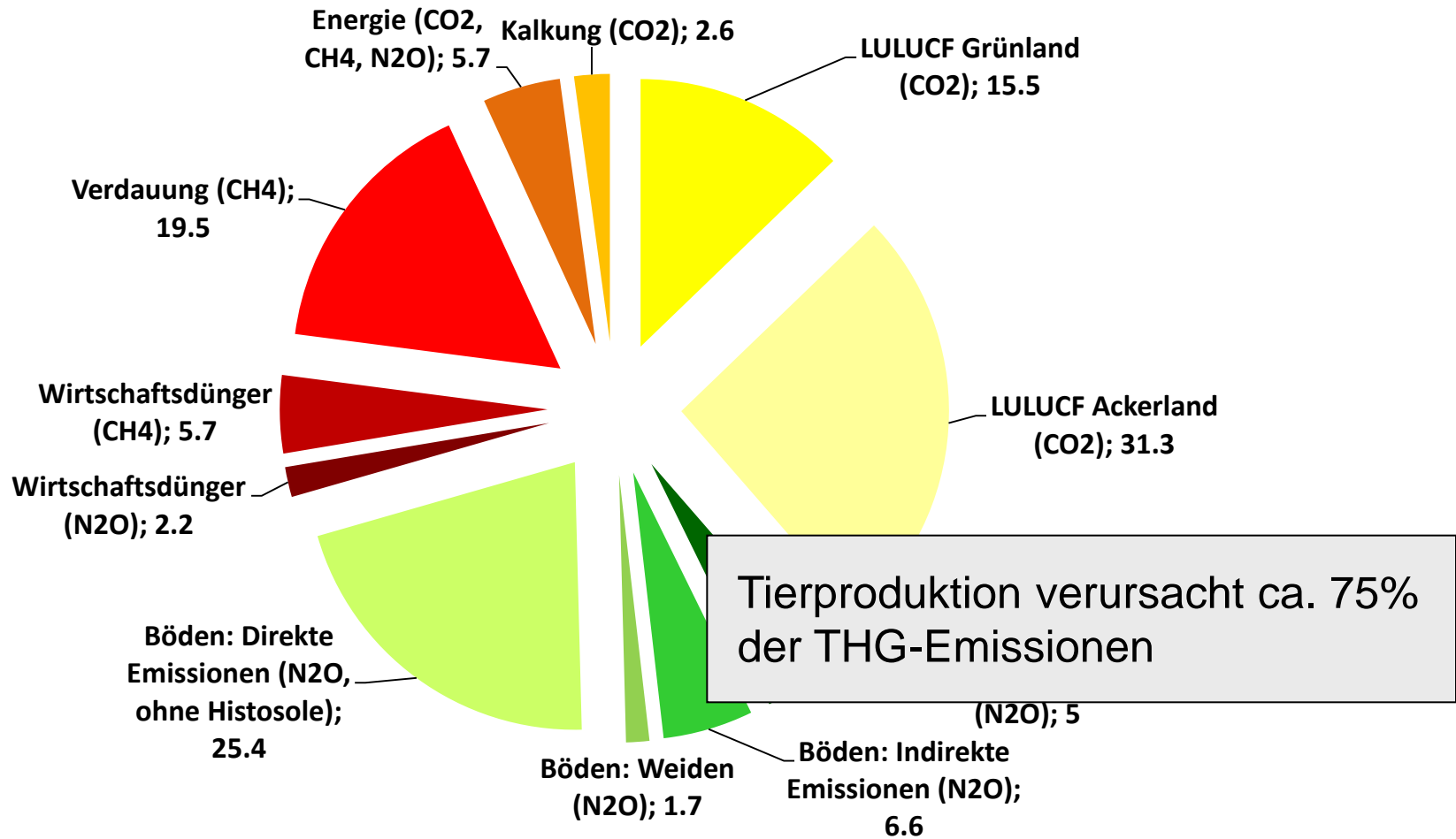


Gliederung

- Einleitung
- Auswirkungen des Klimawandels auf Graslandökosysteme
- Anpassungsstrategien im Futterbau für die Milcherzeugung
- Fazit

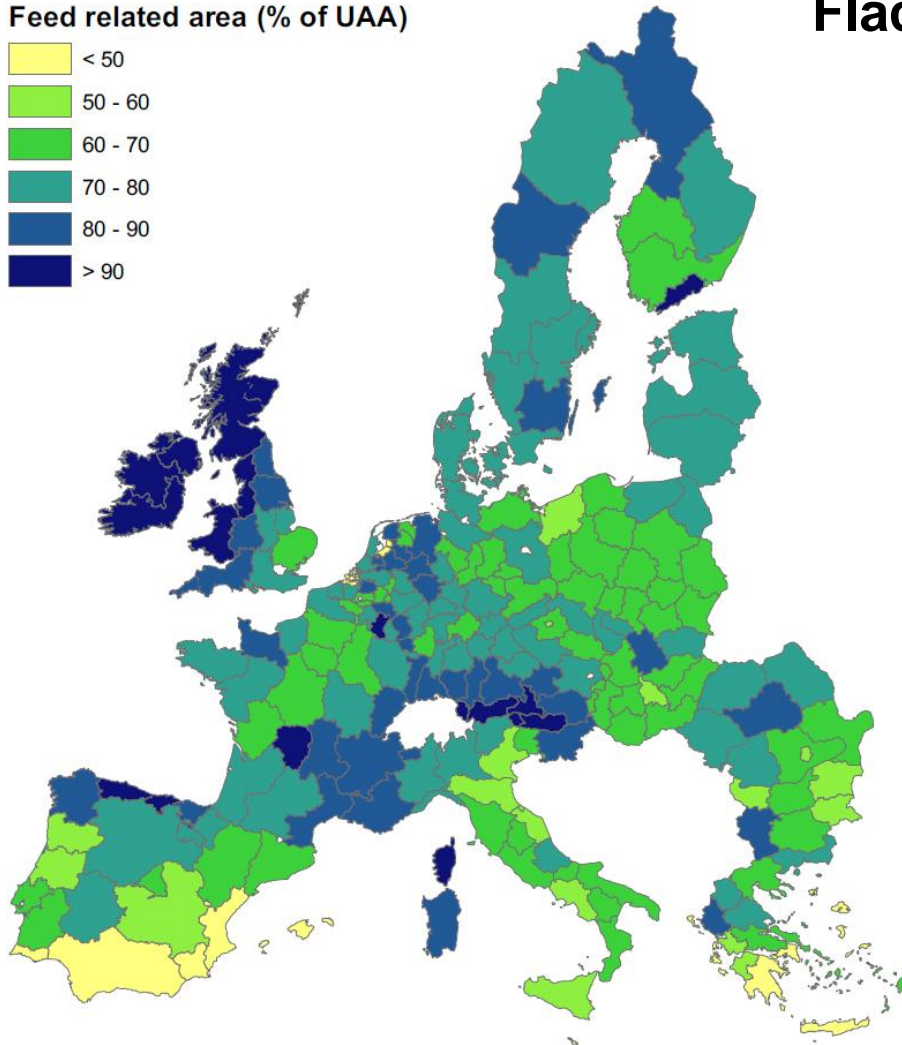
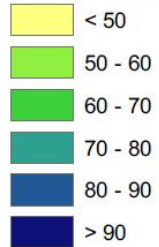
THG-Emissionen des deutschen Agrarsektors

ca. 118 Mio. t CO₂-äq. p.a. = 12% aller THG (NIR 2010 für 2008) (Osterburg 2011)



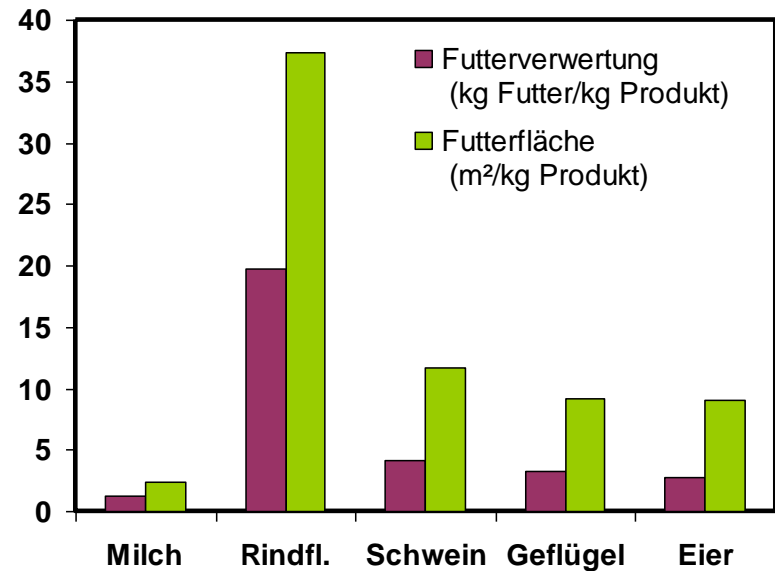
LULUCF: Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft

Feed related area (% of UAA)



Flächenbedarf Futterproduktion EU-27 (Lesschen et al., 2011)

- 72% der LF für Futterproduktion
- Datenbasis: 2003-2005





I Bedeutung des Klimawandels für Ertrag und Qualität von Futterpflanzen

- Wirkungen Klimawandel – Grasland
CO₂ – Steigerungseffekte und Wechselwirkungen

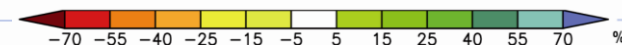
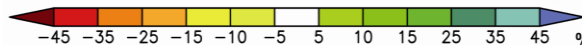
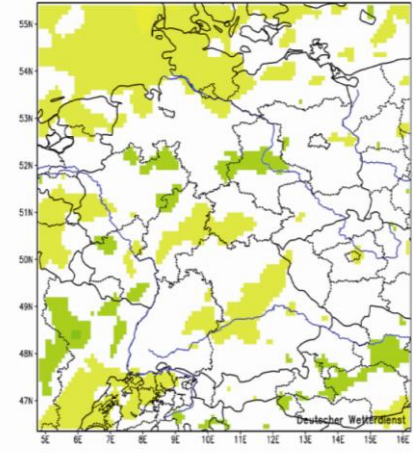
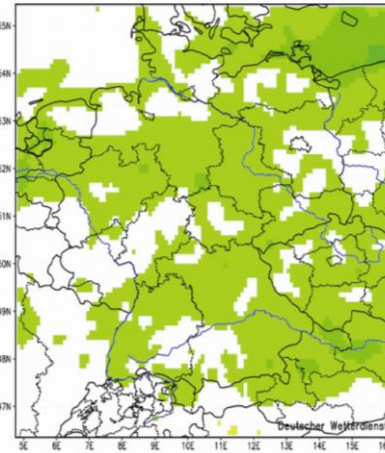
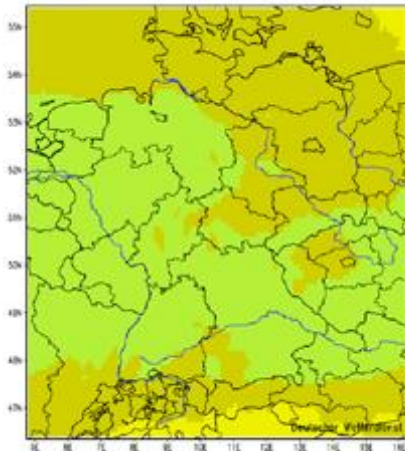
Regionaler Klimawandel: Klimaszenario A1b, Modell Remo

Jahresmitteltemperatur

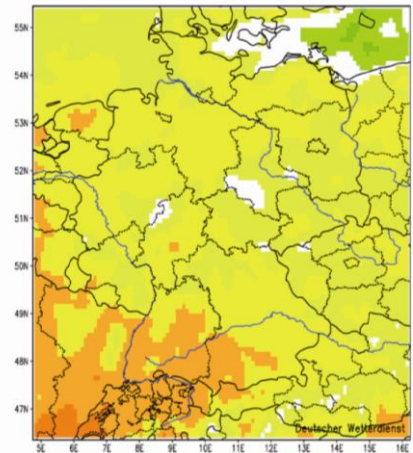
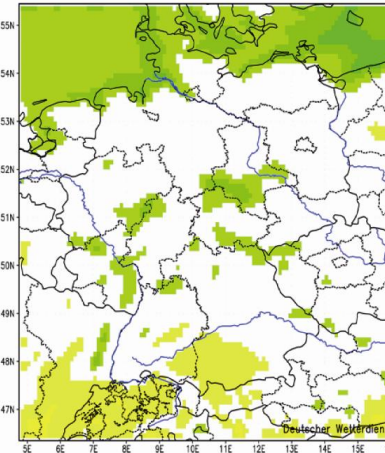
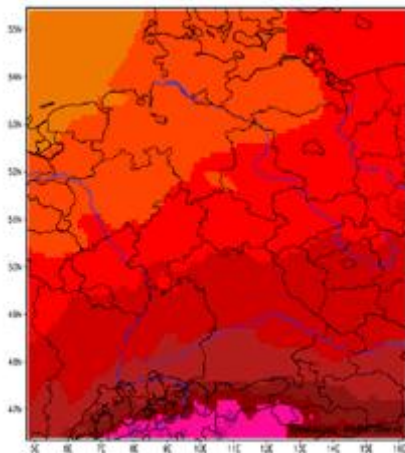
Jahresniederschlag

Niederschlag Sommer

2021/2050



2071/2100



Regionaler Klimawandel: Klimaszenario A1b, Modell Remo

Jahresmitteltemperatur

Jahresniederschlag

Niederschlag Sommer

2021/2050

Bedeutung des Klimawandels für Ertrag und Qualität von Futterpflanzen

- Modellsimulationen prognostizieren für Grünland Ertragsreduktionen durch Temperaturanstieg und reduzierte Bodenwasserverfügbarkeit
- Kompensation durch CO₂ ?
- Änderung der relativen Standortvorzüglichkeit von Mais und Grünland ?

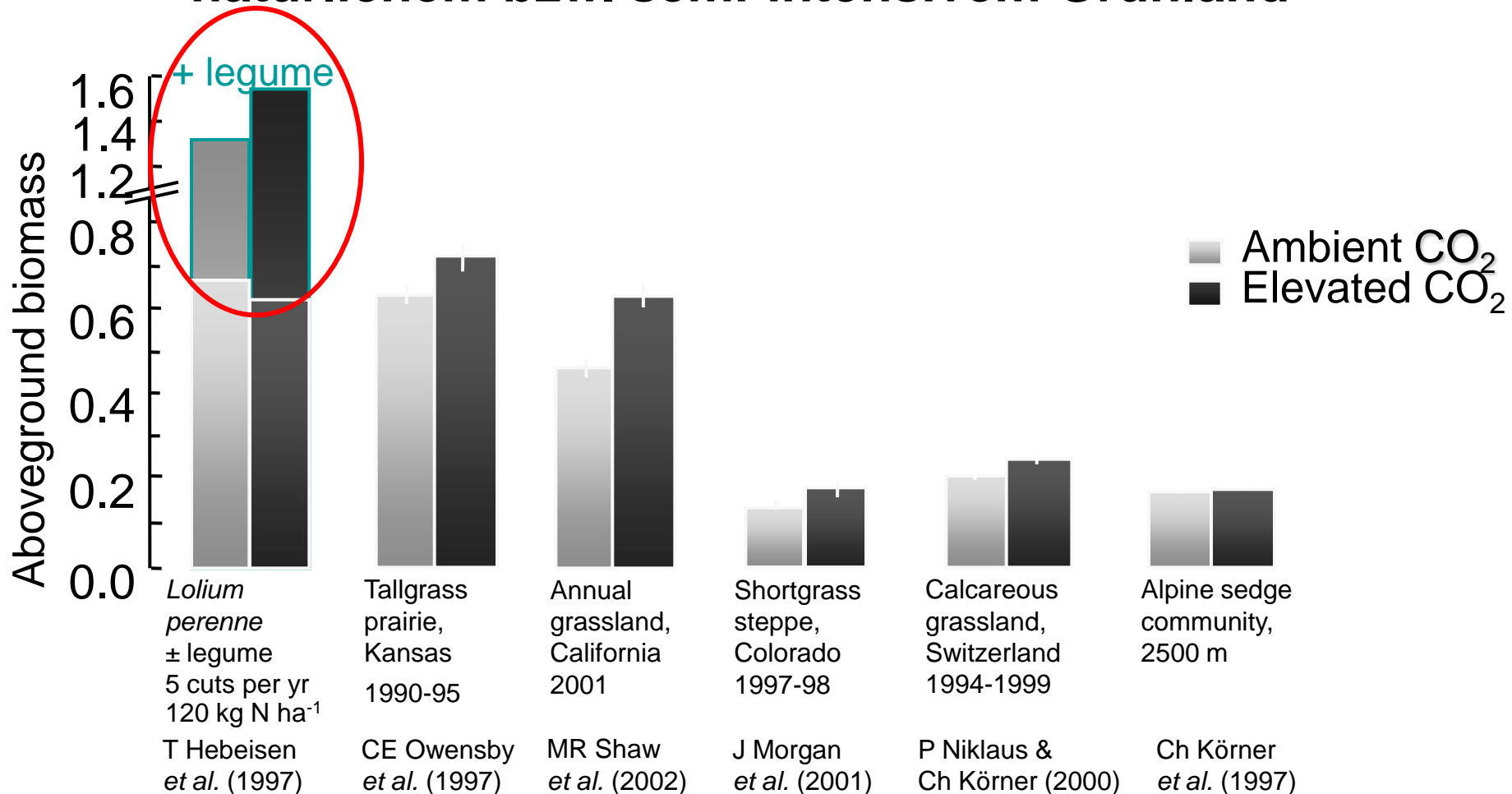
2071/2100



Effekt des CO₂-Anstiegs auf Grünland

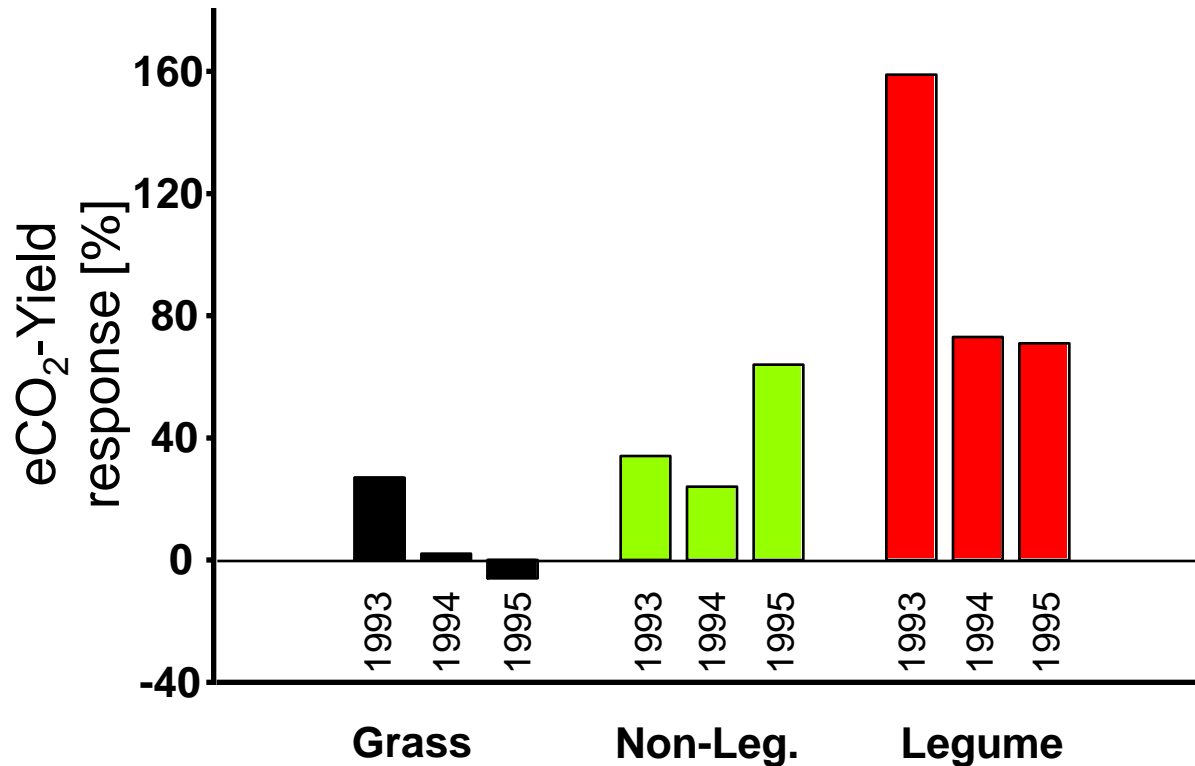
- Ertrag / Futterqualität
- Biodiversität
- N₂-Fixierung Leguminosen
- Interaktion mit weiteren Faktoren

CO₂-Effekt auf Ertragsleistung (kg/m²) von natürlichem bzw. semi-intensivem Grünland



durchschnittliche Ertragssteigerung durch CO₂ Anstieg ~ 17 %
Zunahme Wurzelmasse insbesondere bei Gräsern unter N-Limitierung

Biodiversität: deutliche Effekte auf funktionelle Gruppen keine Spezies-Effekte innerhalb funktioneller Gruppen



CO₂ x Funct.Type: 1993 p<0.0001
CO₂x Species(Type): ns

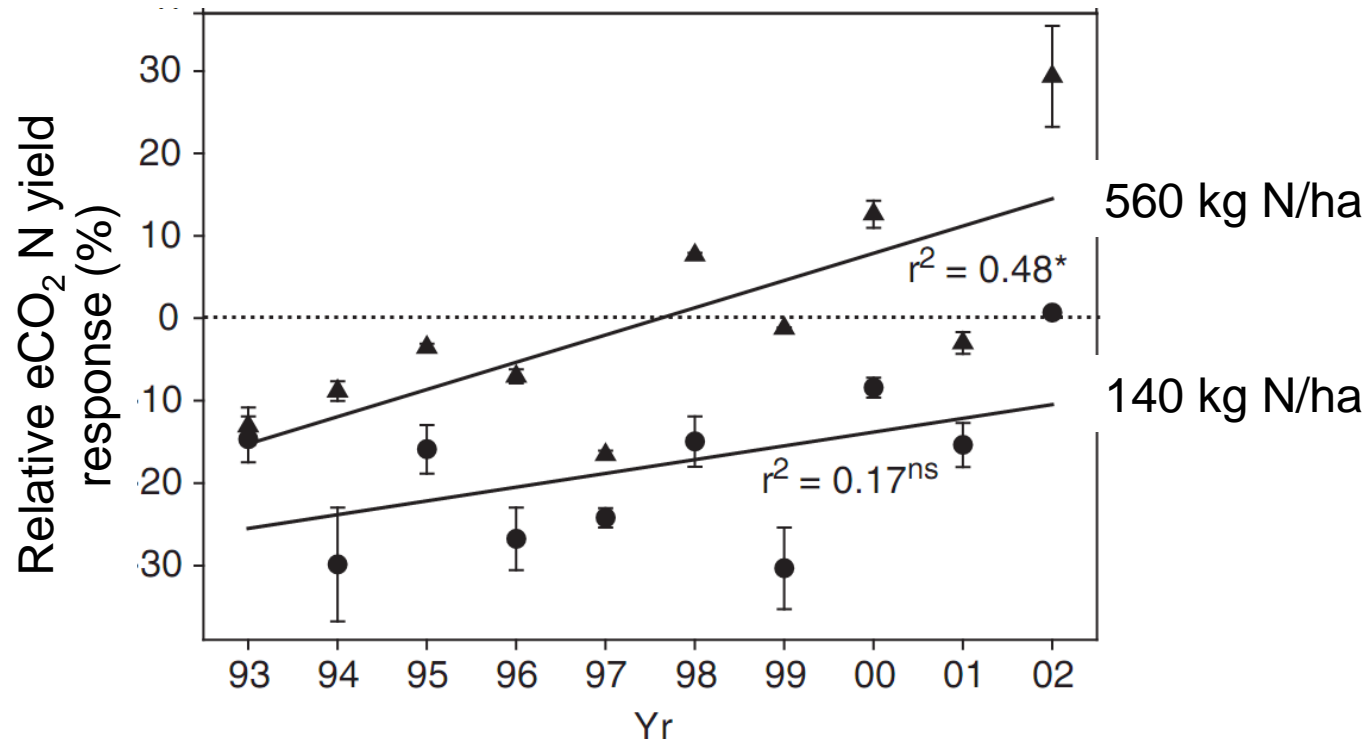
1994 p<0.01
ns

1995 p<0.0001
ns

(Lüscher & Nösberger, 1997; Lüscher et al. 1998)

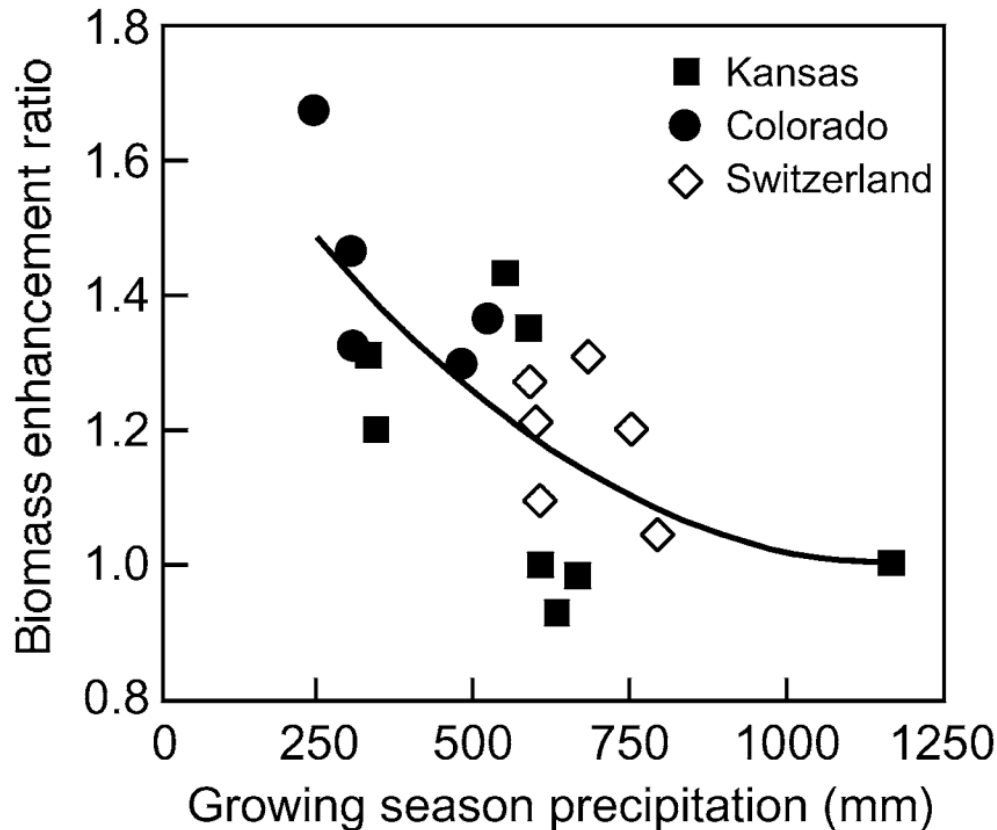
Steigerung Leguminosen-/Krautanteile auf semi-intensivem Grünland

N-Limitierung durch CO₂-Steigerung (Intensivgrünland)



- ‚decreasing N limitation‘ → Anpassung an neue Umweltbedingung (Veränderung Populationsstruktur Mikroorganismen, gesteigerte Mineralisation der stabilen organ. Bodenmasse)
- CO₂-Düngungseffekt wirkt Konkurrenz stärkend auf nitrophile Arten!
- Geringe Effekte auf Futterqualität (-RP; VOM?)

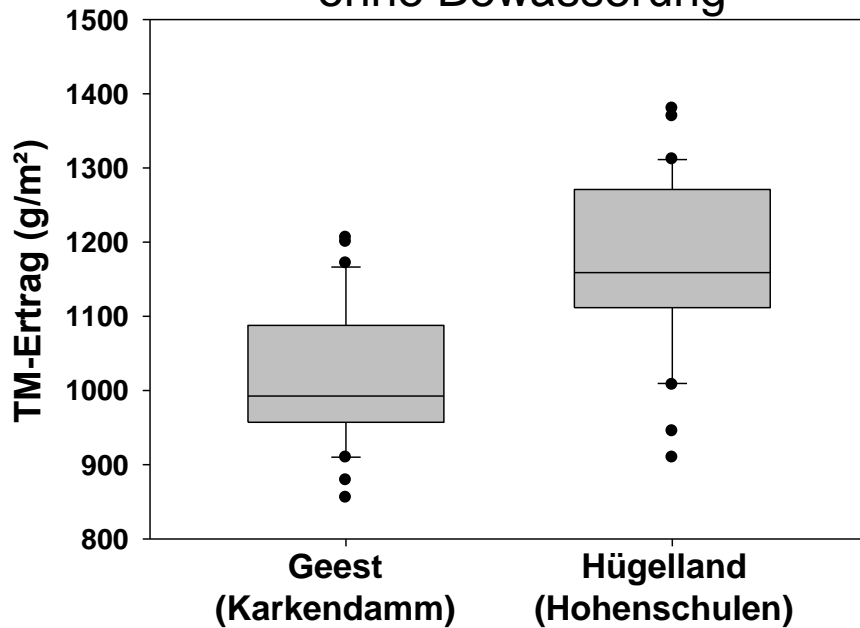
Wechselwirkung CO₂ – Wasserverfügbarkeit (Morgan et al., 2005)



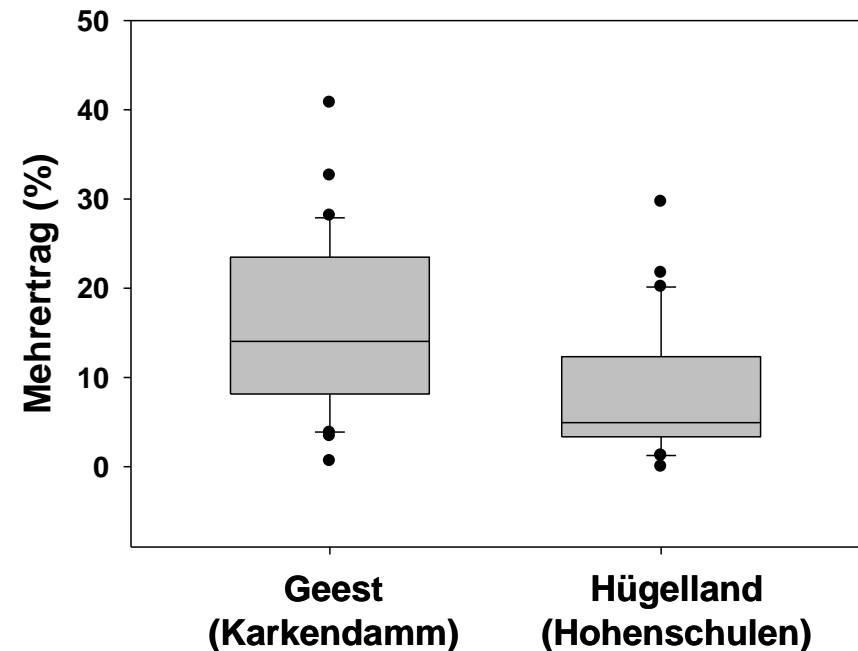
- *CO₂ steigert Wassernutzungseffizienz durch reduzierte stomat. Leitfähigkeit*
- *je nach Standortbedingungen bedeutender als direkter CO₂-Effekt*

Grünland: Ertragslimitierung durch Wassermangel Simulationsstudie (FOPROQ) 1981-2010

Variation des Jahres-TM-
Ertrages (Klee gras, 4-Schnitt)
ohne Bewässerung



Mehrertrag durch Bewässerung



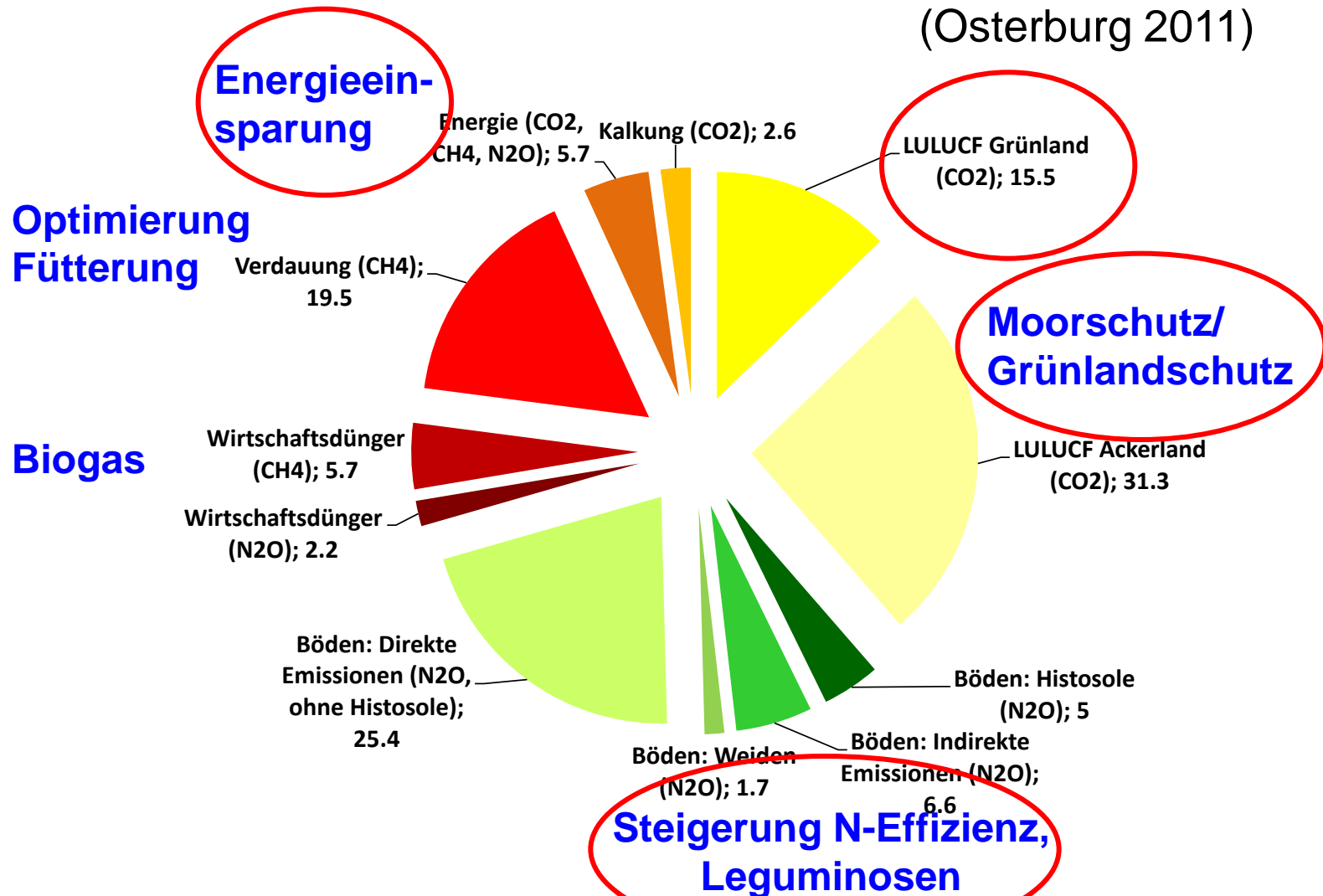


Fazit I: Bedeutung des Klimawandels für Ertrag und Qualität von Futterpflanzen

- Unter Berücksichtigung der Klimaszenarien für Nordwestdeutschland:
- Temporärer Wassermangel primär ertragslimitierend
- Kompensatorische Effekte einer CO₂-Konzentrationssteigerung insbesondere wirksam bei Reduktion N-Limitierung – unter Grasland stärker als unter Mais > Intensivgrünlandmanagement optimieren

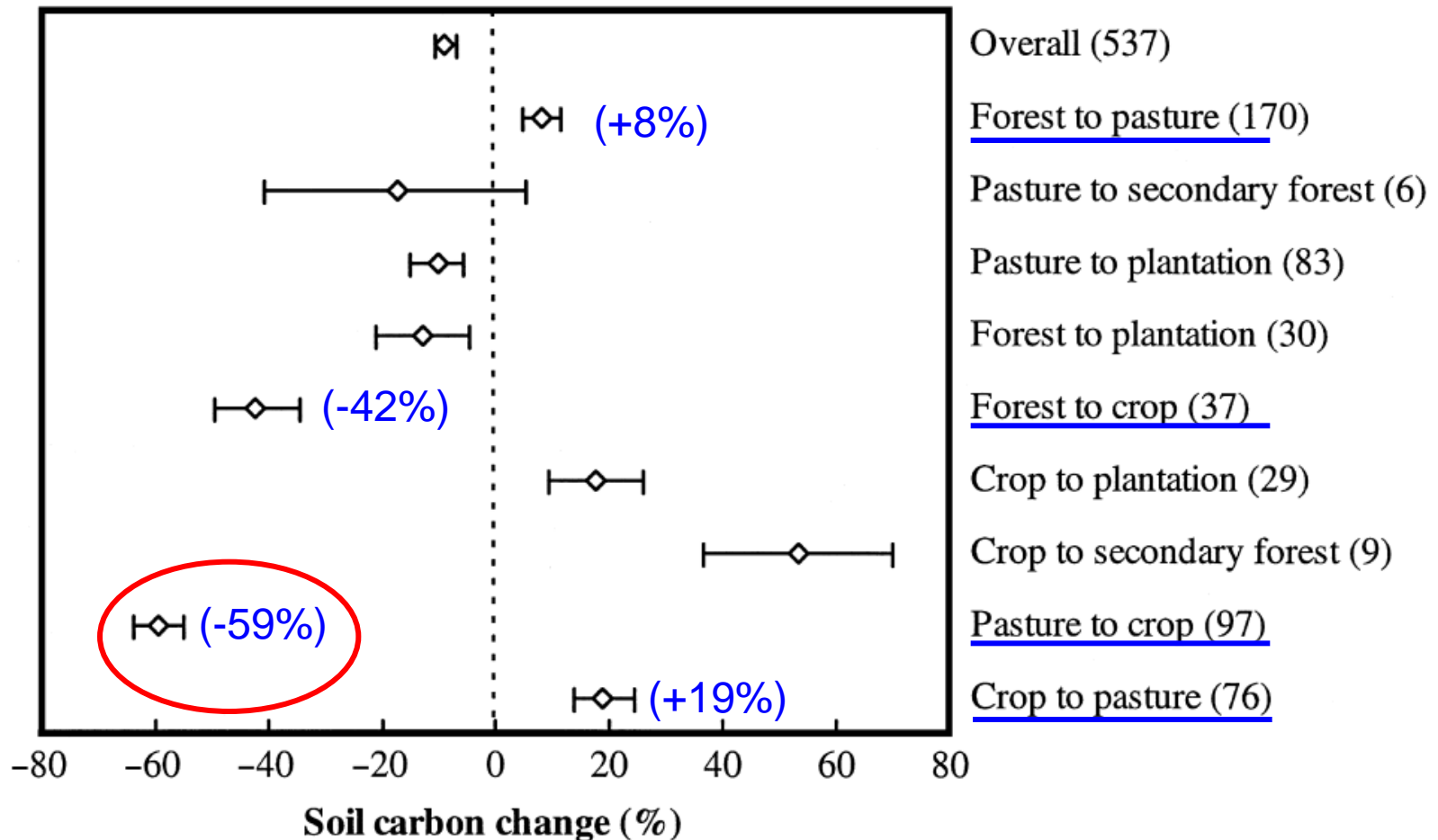
Ansätze zur Vermeidung von THG-Emissionen

(Osterburg 2011)

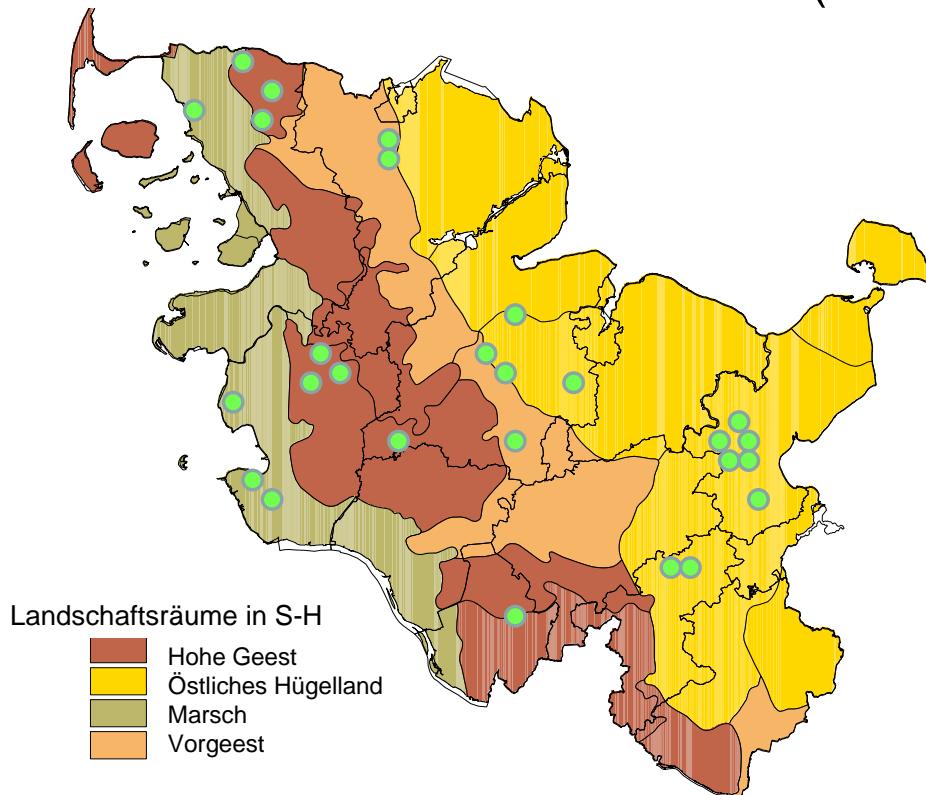


LULUCF: Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft

Veränderung des Boden-C-Gehaltes nach Landnutzungsänderung (Guo & Gifford, 2002)

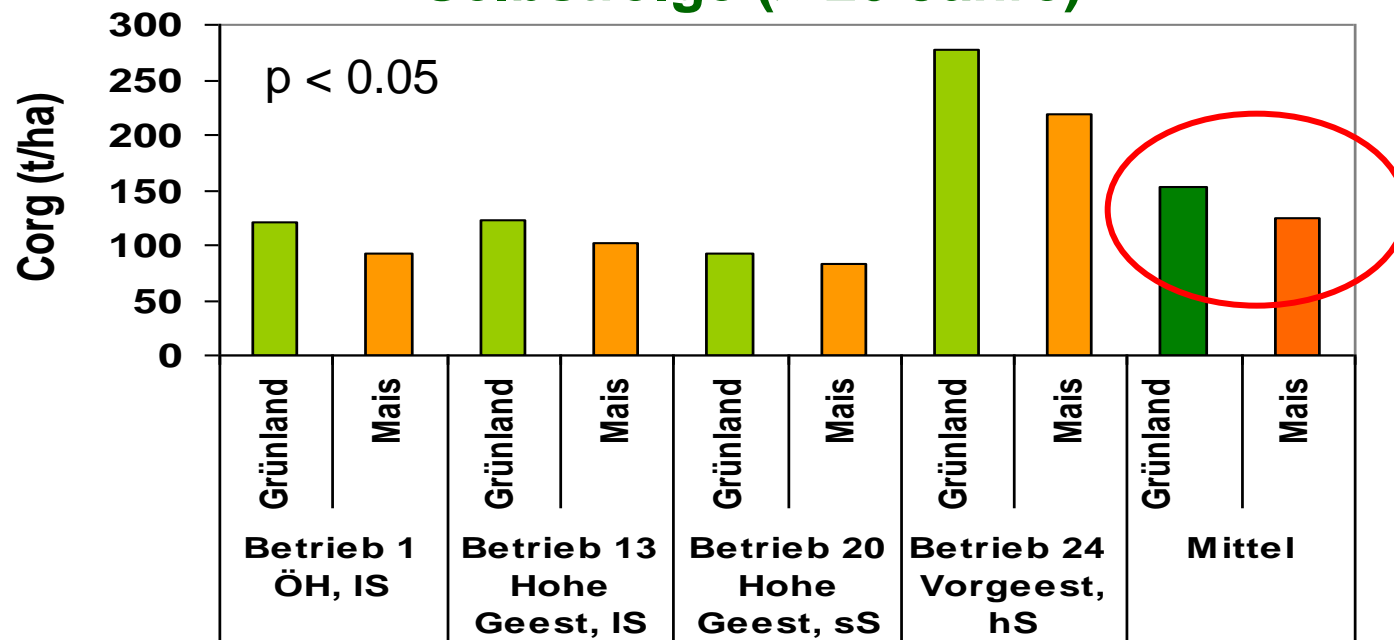


Einfluss der Landnutzung auf Gehalt und Menge organisch gebundenen Kohlenstoffs in Böden unterschiedlicher Naturräume Schleswig-Holsteins (Tode, 2011)



- Monitoring auf 27 Betrieben in den vier Landschaftsräumen Schleswig-Holsteins (85 Flächen)
- Dauergrünland, Mais in Selbstfolge, Mais in Fruchtfolge, Ackerkulturen
- keine anmoorigen Flächen
- Entnahme Bodenproben auf 60 cm
- Analyse Corg- und N-Gehalte, Ermittlung Lagerungsdichte
- Statistische Auswertung: t-test für verbundene Stichproben

Effekte der Landnutzung auf Corg-Mengen (t ha⁻¹) in Ober- und Unterboden (0-60 cm) Dauergrünland (> 40 Jahre) versus langjährige Mais-Selbstfolge (> 20 Jahre)



Fazit:

- Auf nicht Grundwasser beeinflussten Mineralböden rel. geringe (- 20%) Unterschiede in der Boden-C-Speicherung zwischen Dauergrünland und Mais
- keine Unterschiede unter Acker zwischen Mais und anderen Ackerkulturen
- Humusgehalte in keinem Fall unter CC-Grenzwert

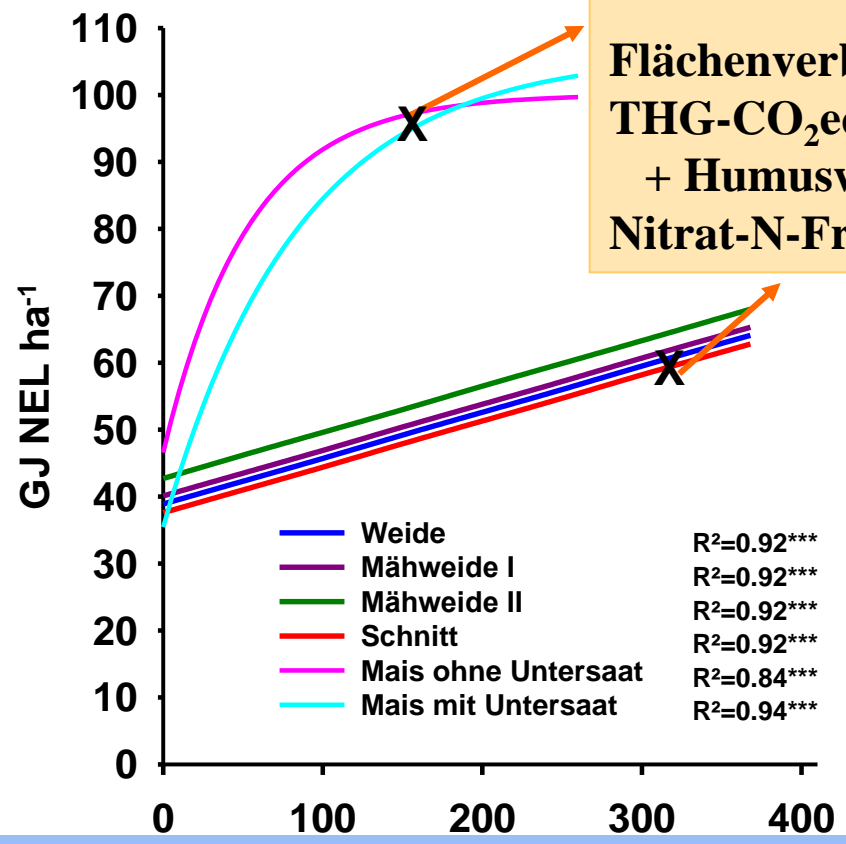
Ökoeffizienz Grasland versus Mais Geest (Karkendamm)

Flächenverbrauch + CO₂ eq/GJ NEL + Nitrat-N-Fracht/GJ NEL



Funktionelle Einheit: je GJ NEL

	Mais	Gras
Flächenverbrauch (m ²)	95	152
THG-CO ₂ eq (kg)	12	34
+ Humuswirkung CC	17	24
Nitrat-N-Fracht (g)	285*	45



* Unterhalb Trinkwassergrenzwert, Allerdings landwirtschaftl. Praxis: >70% der Maisbestände zu hohe N-Versorgung

Marginal yield grassland: 0.08 GJ NEL/kg Nges

Quellen:

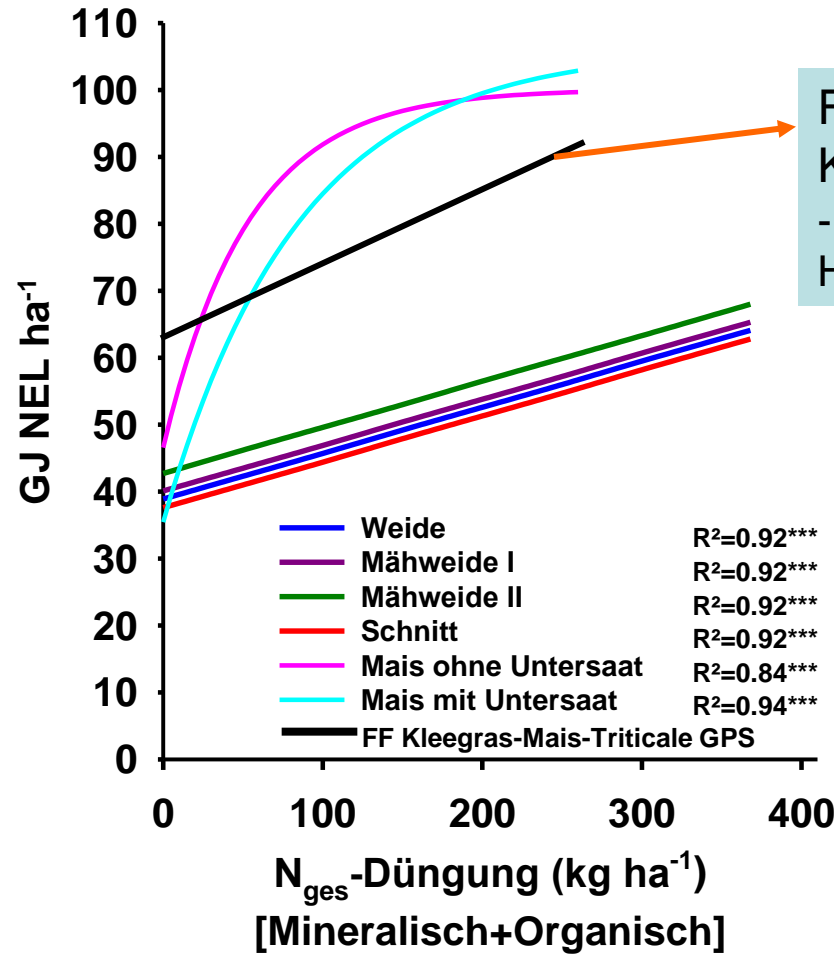
Fazit:
 Je nach Primärziel ist entweder Mais (Klimaschutz; Flächenverbrauch) oder Gras (Wasserschutz) in der Ökoeffizienz überlegen.
 Notwendigkeit der Hierarchisierung von Schutzziele.
 Gunststandort Mais/Milch-Produktion > sig. Reduktion Mais > ILUC

2004
 , 2003
 2005
 et al. 2010
 11

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

Daten: N-Projekt Karkendamm



Fruchtfolge:
Kleegrass-Mais-Triticale
-17% Ertrag zu Mais
Hohe Erträge mit wenig N

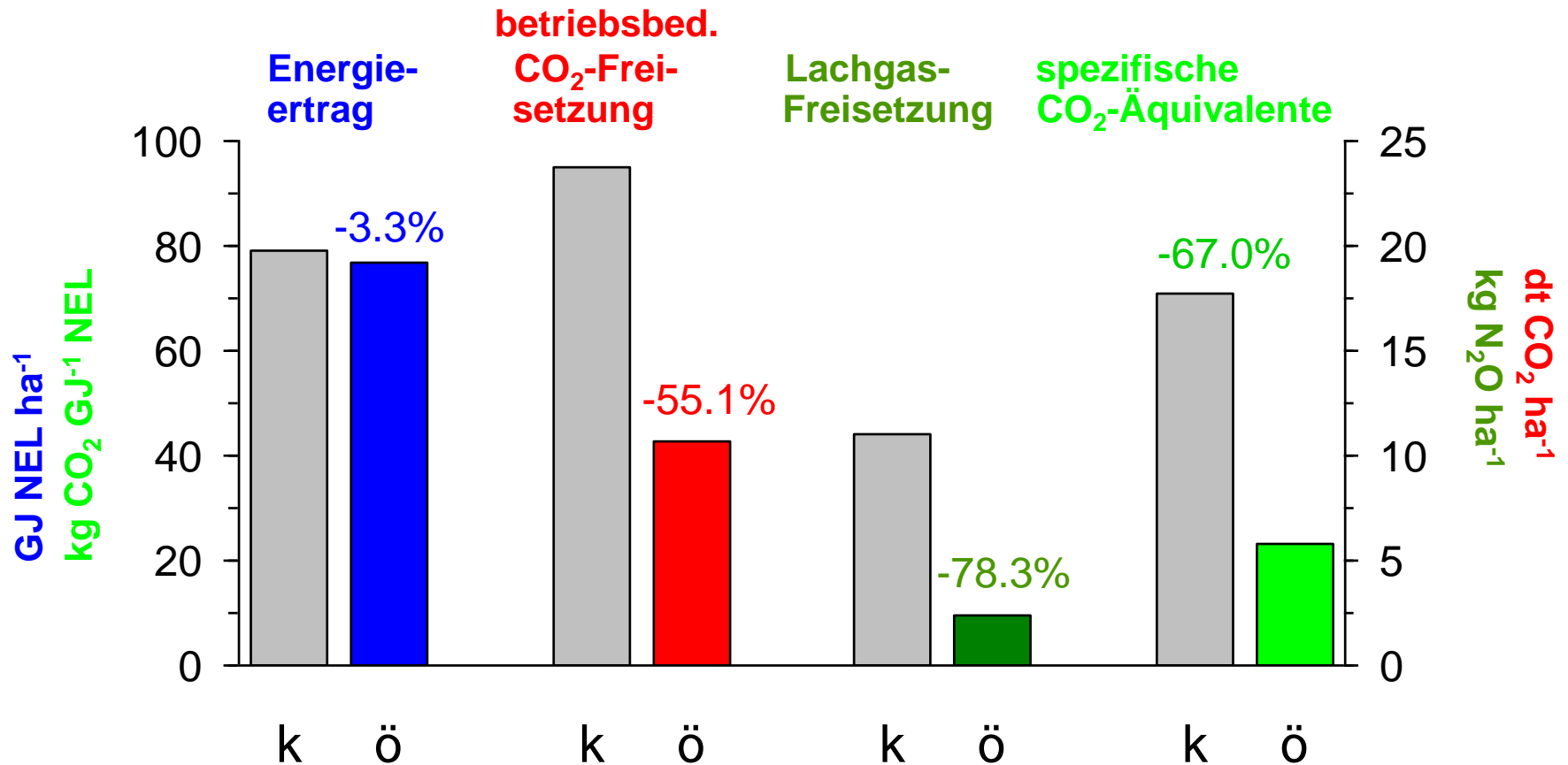
Quellen:
Trott et al., 2004

Büchter et al., 2003

Volkers et al. 2005

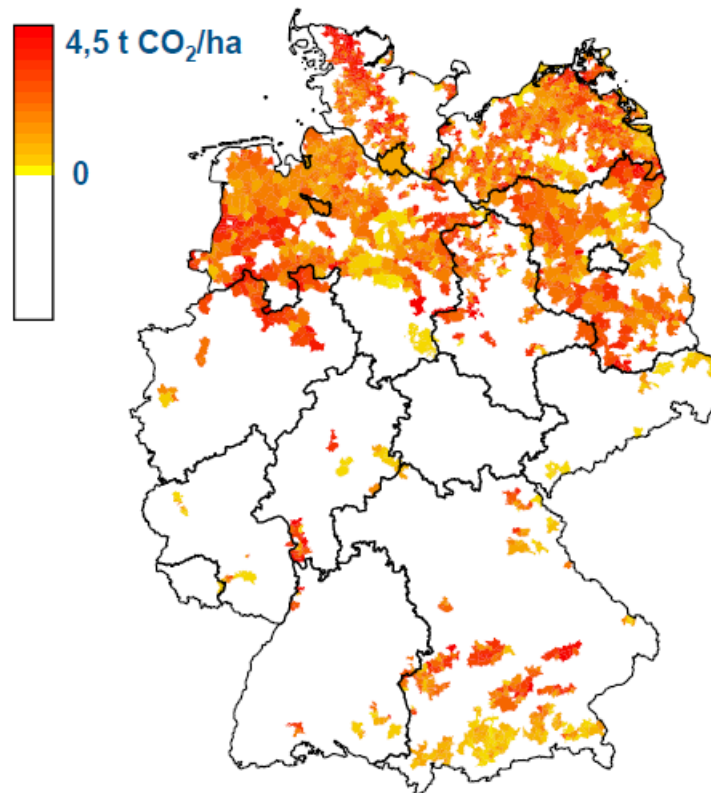
Ingwersen, 2001

Treibhausgasemissionen im Futterbau S-H (Schmeer et al., submitted)



Standort	Versuchsbetrieb Hohenschulen (Bodenart sL)
Nutzung	3 Schnittnutzung
k („konventionell“)	Gras (360 kg N ha ⁻¹ über Mineraldünger)
ö („ökologisch“)	Luzerne-Gras (ohne N-Düngung)

CO₂-Emissionen aus Mooren (t CO₂/ha Gemeindefläche)



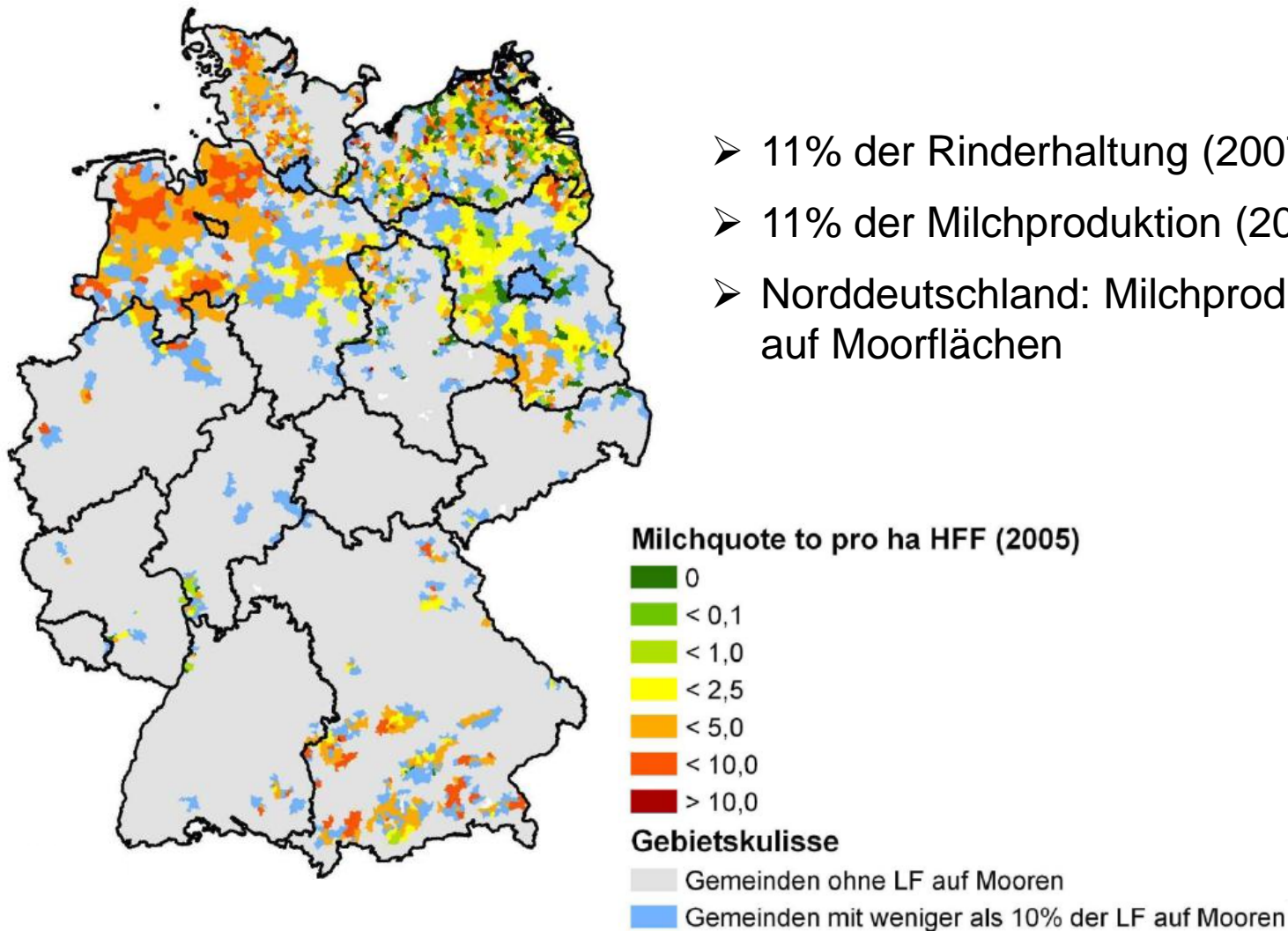
- unter Grundwasser beeinflussten Böden erhebliches C-Speicherungspotential
- bei landwirtschaftlicher Nutzung hohes C-Freisetzungspotential
- ca. 40% der THG-Emissionen der dt. Agrarsektors durch Drainage und Nutzung von Moorflächen
- Umfang Extensivierung/Renaturierung?
- bisher keine quantitativen Daten für Schleswig-Holstein verfügbar

(Freibauer, 2010)

vTI-AK im NIR 2009

Futterbau auf Moorflächen (Osterburg, 2011)

- 11% der Rinderhaltung (2007)
- 11% der Milchproduktion (2005)
- Norddeutschland: Milchproduktion hpts. auf Moorflächen



Wiesenvögel ETS



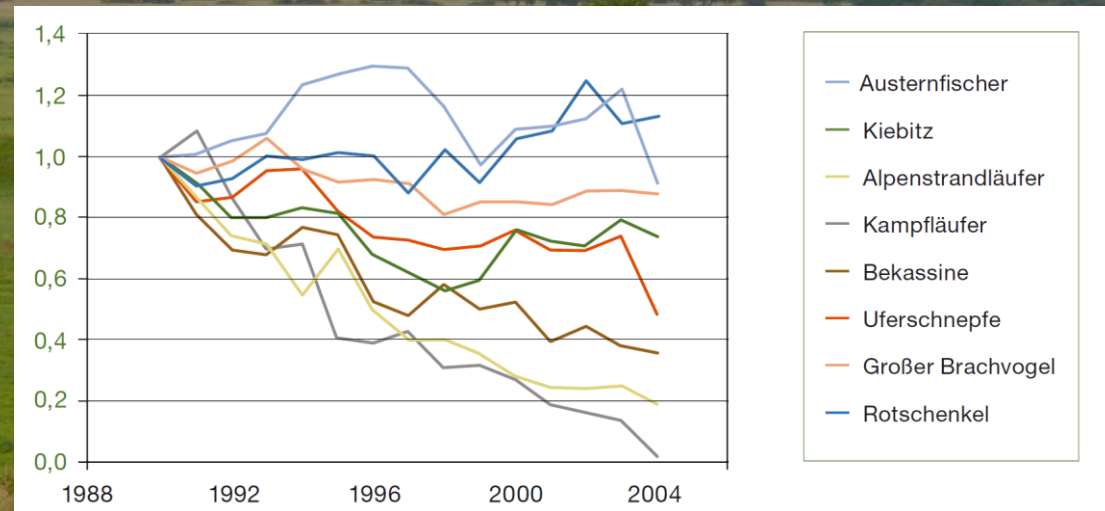
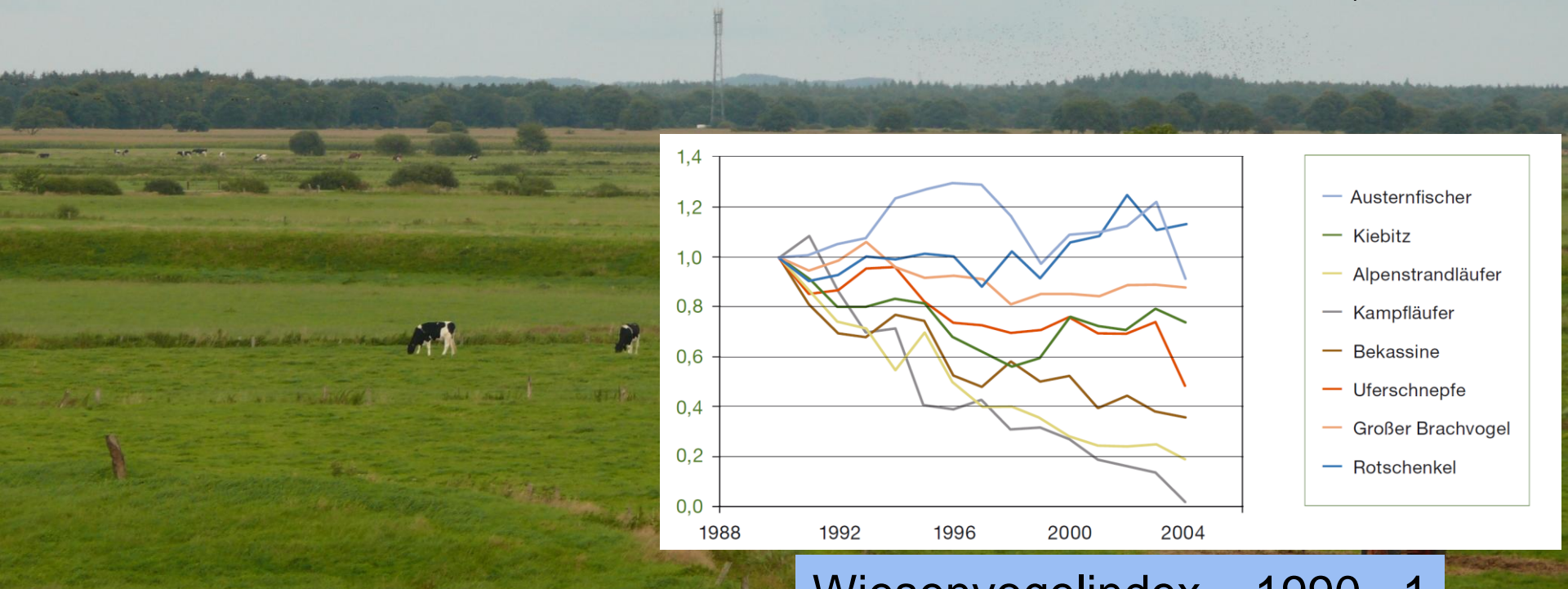
Rotschenkel



Kiebitz



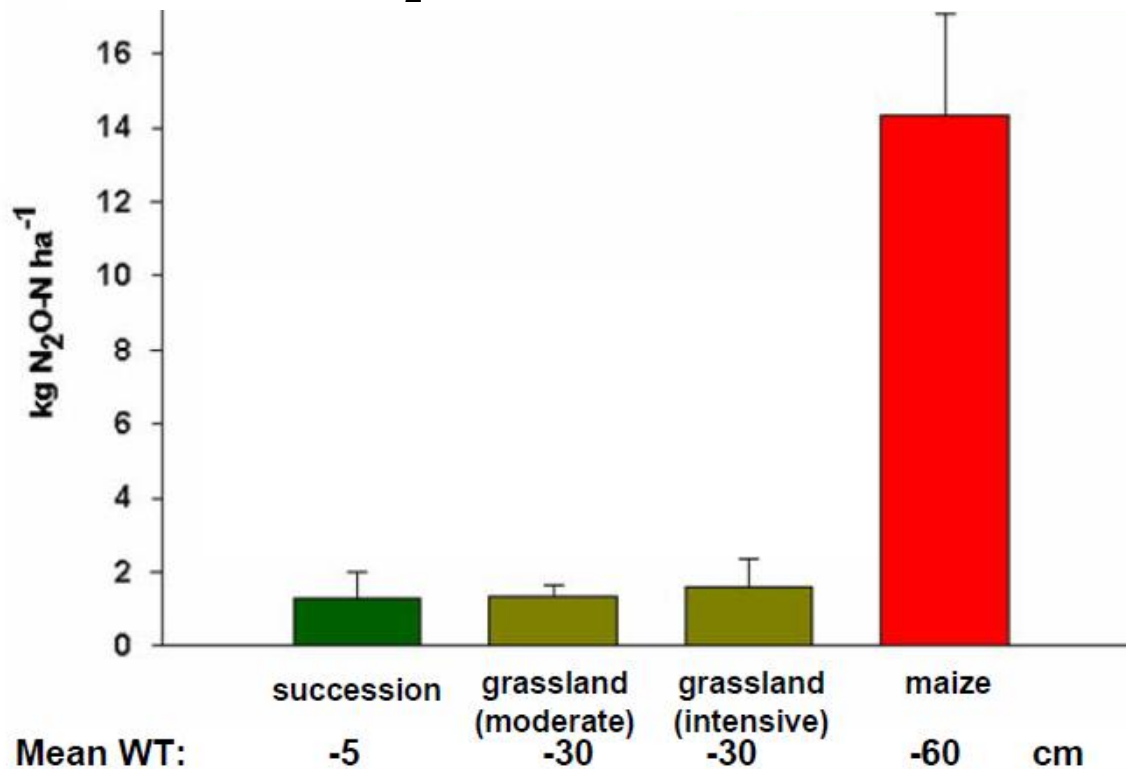
Uferschnepfe



Wiesenvogelindex – 1990 = 1

Projekt: Klima-Moor-Milch (Eider-Treene-Sorge Niederung)

Kumulative N_2O -N Emission (106 d, April-Juni 2011)



Vermeidung ackerbaulicher Nutzung auf Niedermoor



Bewertung der Klimarelevanz von Produktionssystemen

➤ **Product Carbon Footprint**

Erfassung aller während des Lebenszyklus des Produkts anfallenden Treibhausgase

→ CO₂-Äquivalente je Flächeneinheit oder je Einheit Futterenergie

➤ Futterbausysteme

→ N₂O und CO₂ von großer Relevanz,
CH₄ unbedeutend

➤ Ähnlicher Ansatz:

Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung
Biomassestrom-Nachhaltigkeits-VO
→ Zertifizierung



THG-Reduktionspotential der intensiven Milchproduktion (Vellinga et al., 2009)

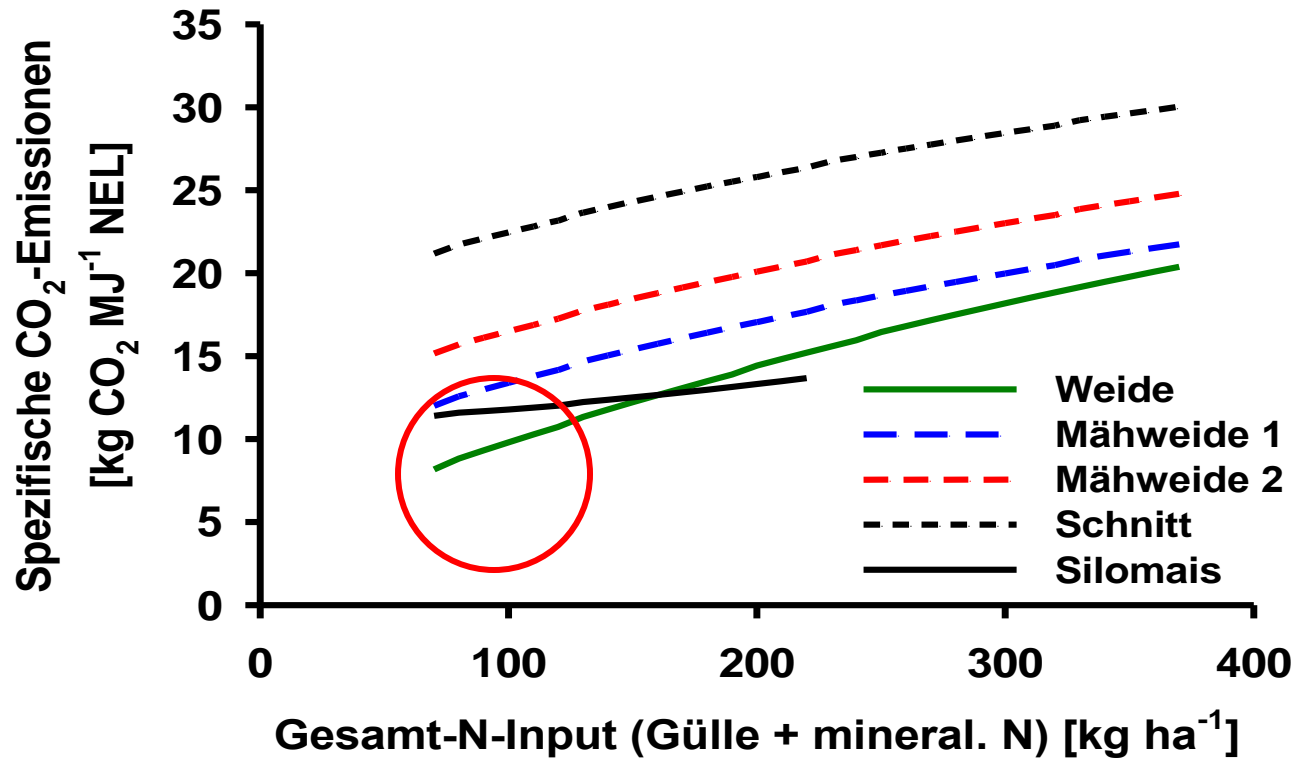
CO₂-äq. Milch gesamt

1080 g CO₂äq/kg Milch

Maßnahme	Verminderung g CO ₂ -äq./kg Milch
Reduzierte N-Düngung	50-100
Reduzierter Jungvieh-Anteil	20-40
Kraftfutterkomponenten	10-20
Erhöhter Maisanteil	5-10
Ertragssteigerung	10
Reduzierter Proteingehalt Kraftfutter	1-6
Effizientere Gülle-Nutzung	6-8
Wärmerückgewinnung	1-3
Gesamt	103-197

*davon 500-600 aus Verdauung

Betriebsbedingte CO₂-Emissionen im Futterbau (Kelm et al., 2005)



Weidesysteme moderater Intensität und Silomais verursachen geringste betriebsbedingte CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen: Dünger, Bodenbearbeitung, Düngung, Ernte (nicht: Lachgas, C-Akkumulation)

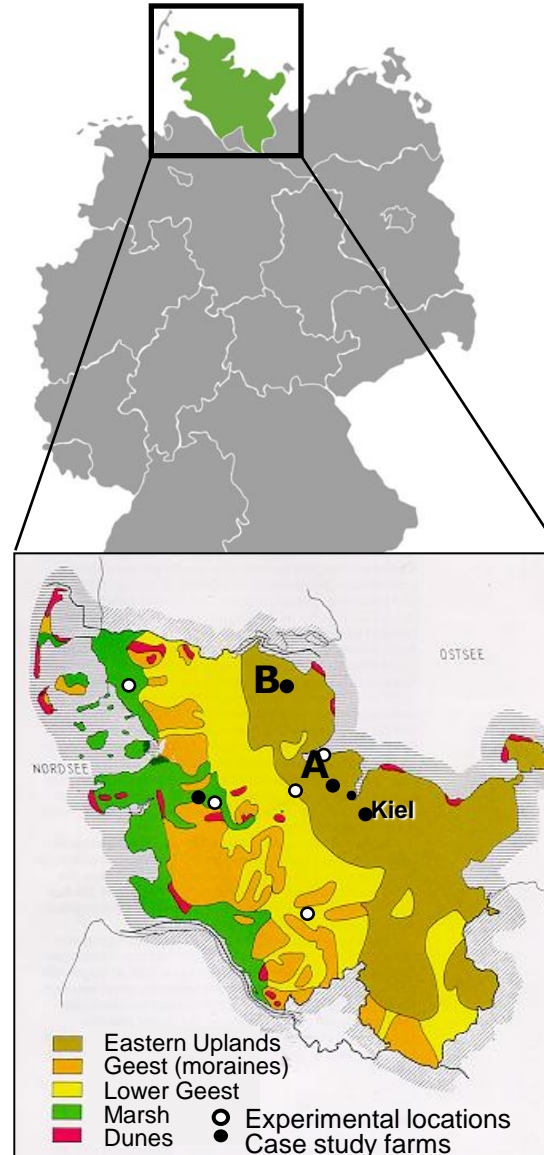
Case study: PCF milk of confinement- and pasture-system

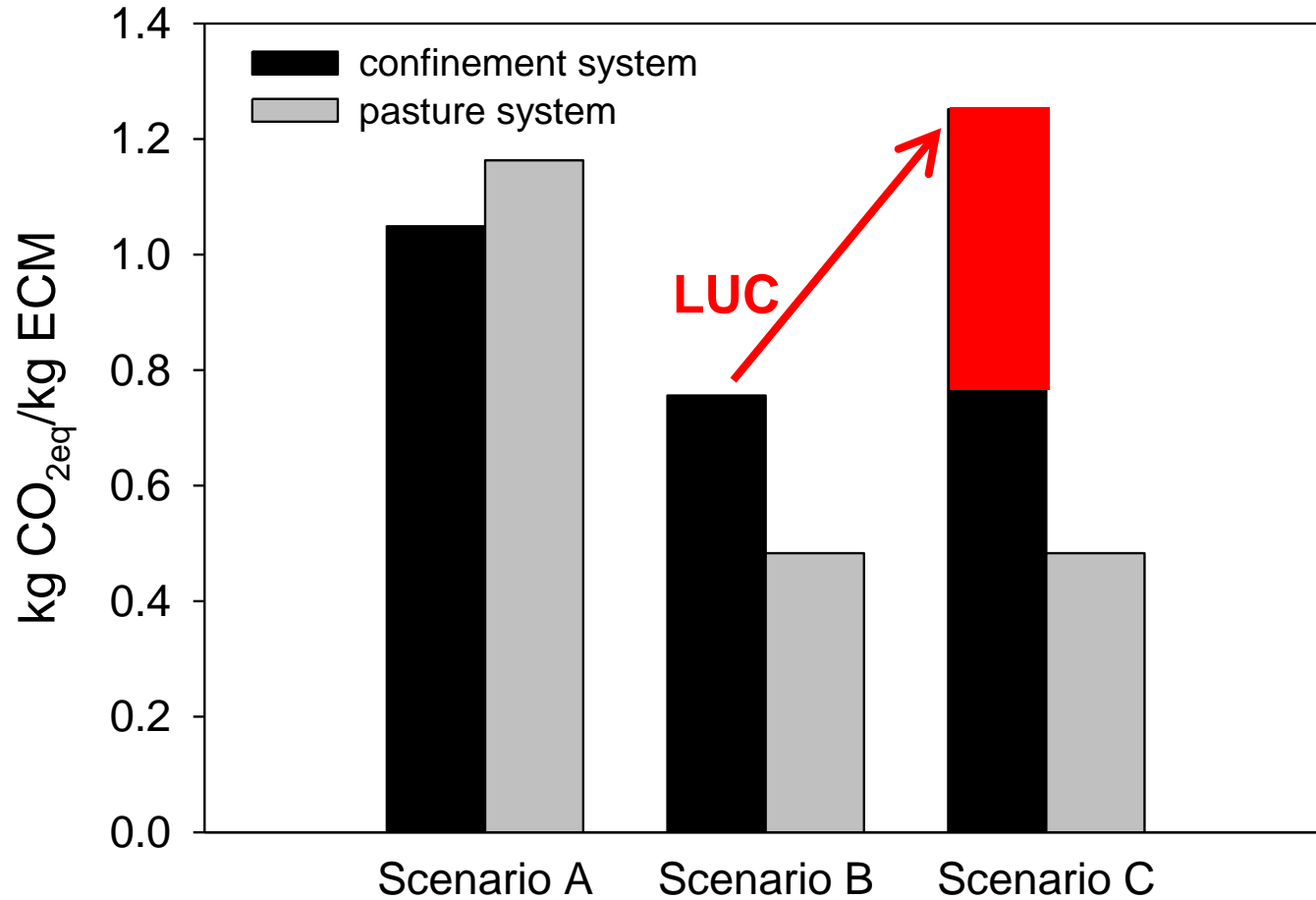
A. High Input

- Milk (kg/cow/yr): 11.000
- Indoor year-round
- Forage: silage (grass, maize)
- Concentrates:
>3.000 kg/cow/yr
 - 32% soybean meal
 - 22% rapeseed meal
 - 20% grain
 - 14% molasses
 - 12% others
- Stocking rate: 2.1 LU/ha

B. Low Input

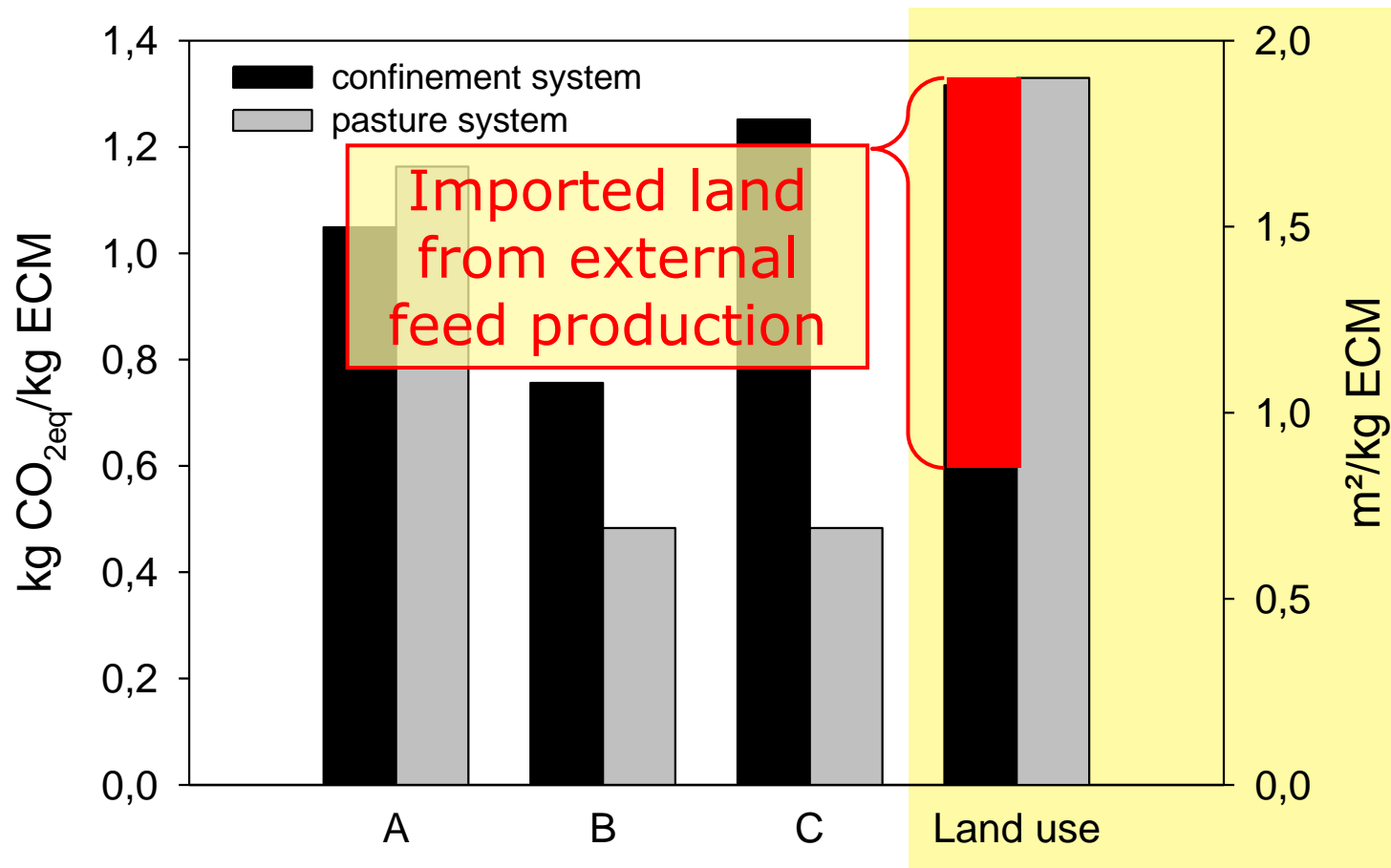
- Milk (kg/cow/yr): 6.000
- Pasturing >9 month
- Forage: grass-clover
- Concentrates:
<250 kg/cow/yr
 - 70% maize
 - 30% lupines
- Stocking rate: 1.2 LU/ha





C sequestration forage area:	—	☑	☑
Land use change (LUC):	—	—	☑

PCF milk & land use of confinement- and pasture-system



Imported land from external feed production

C sequestration forage area:

— ✓ ✓

Land use change (LUC):

— — ✓

Fazit Anpassungsstrategien:



- Gebietskulissen bezogene Anpassungen entwickeln/ trade off's vermeiden
- Wasser limitierte Gebiete: ley – Systeme mit hoher WUE + NUE + Ertragsstabilität (Mais + Luzerne) > high input Milchproduktionssysteme
- Nicht Wasser limitierte Standorte/ absolutes Grünland: Weideoptionen prüfen/ optimiertes Grünlandmanagement bei hohen Grundwasserständen – LUC Acker > Grünland
- Forschung: Leguminosen – Proteinqualität – ley Systeme – C-Sequestrierung,...

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

...und an alle beteiligten MitarbeiterInnen:

Antje Herrmann, Ralf Loges, Martin Gierus, Philipp Schönbach, Thorsten Biegemann, Arne Poyda, Nico Svoboda, Maria Schmeer, und viele andere...



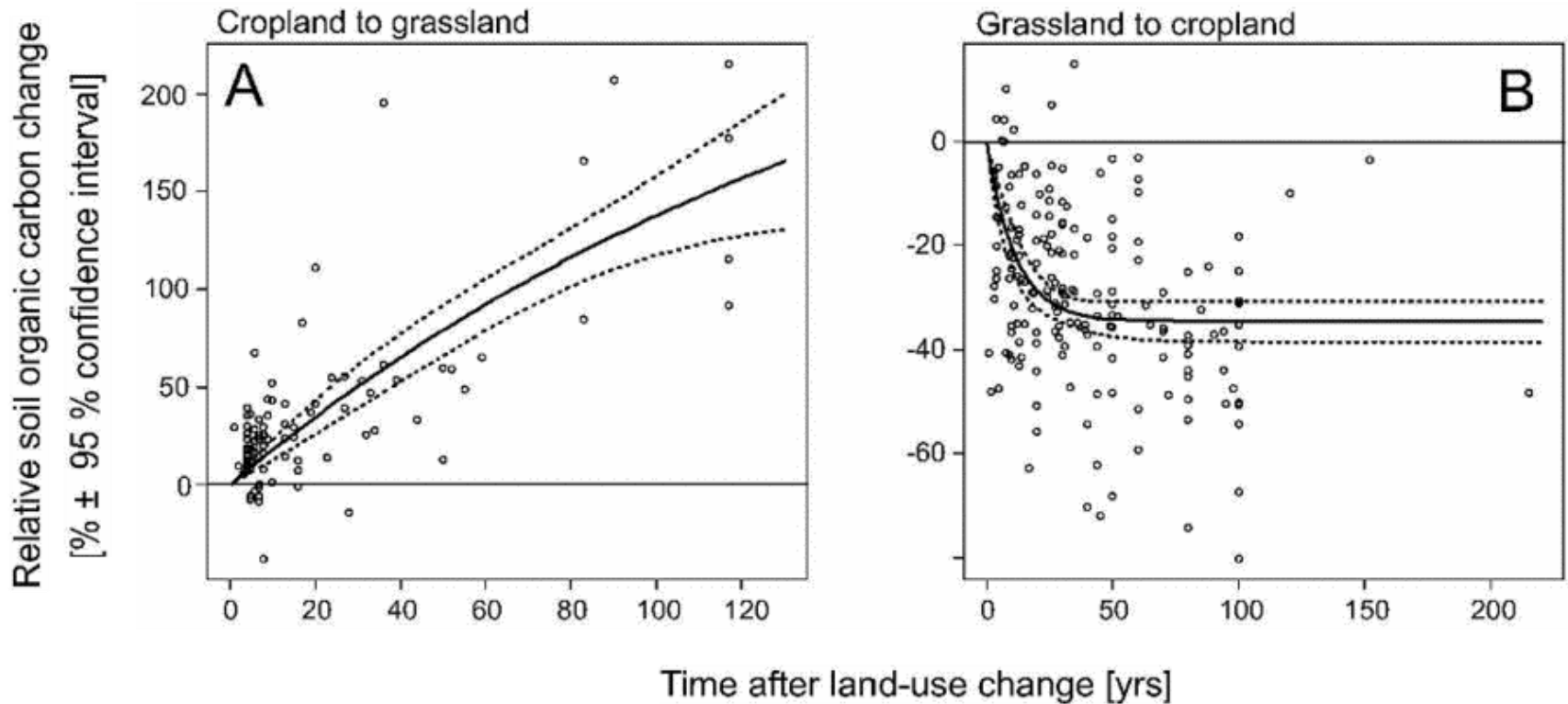
Weideexperiment „Sekundäre Inhaltsstoffe“ Leguminosen – Versuchsgut Lindhof

Weitere Informationen zum Thema:

www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de

ftaube@email.uni-kiel.de

Einfluss der Landnutzungsänderung auf Boden-C-Vorrat (Metaanalyse)

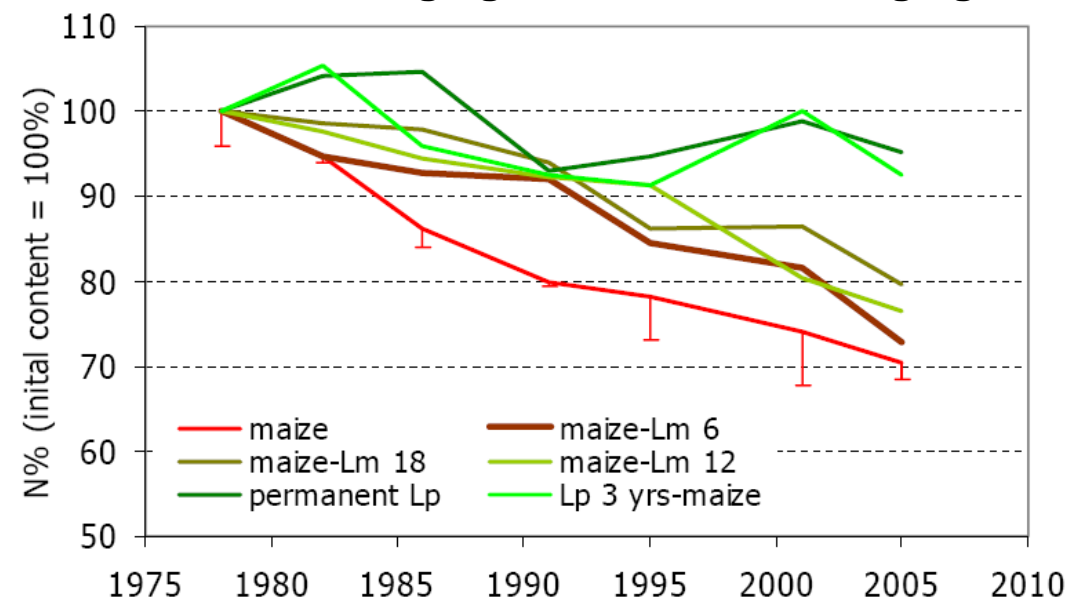


Organische Bodensubstanz: „slow in and fast out“

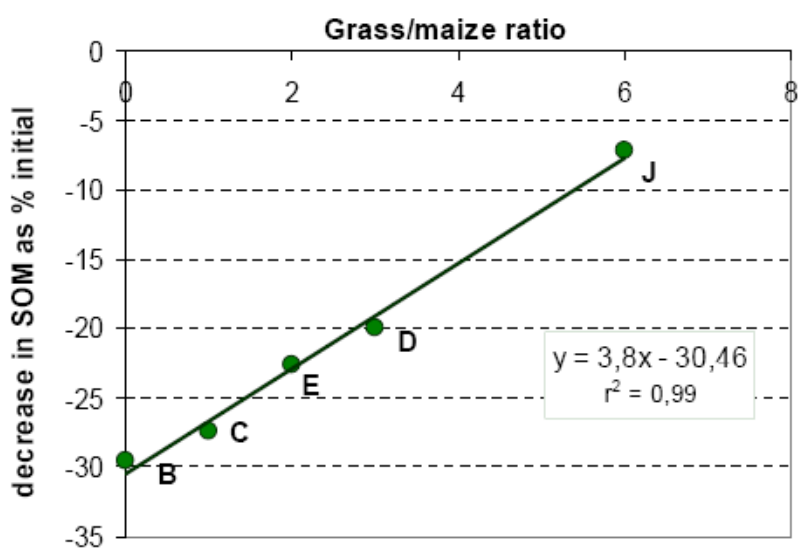
Einfluss des Ackerfutterbaus auf organ. Bodensubstanz

Veränderung der **org. Bodensubstanz** über 27 Jahre (!) in Abh. des Gras/Mais-Verhältnisses in der Fruchtfolge:
 Maismonokultur (rot)
 jährlich 50 – 70 m³ Gülle/ha
 Bodenart: sL
 Bretagne, Frankreich

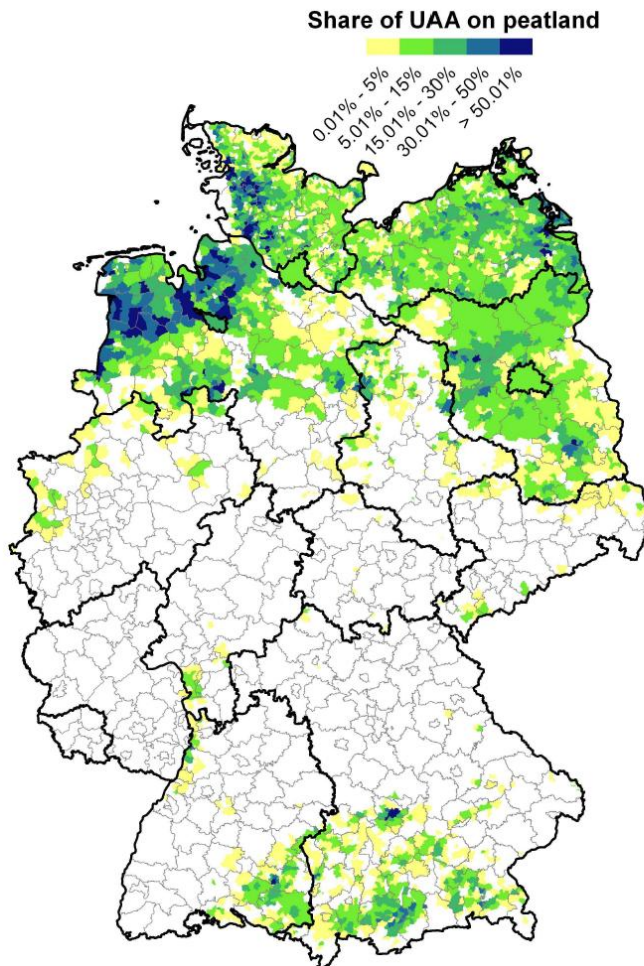
Soil organic matter evolution (1978-2005)
 Initial N% = 0.24 g kg⁻¹, initial C% = 2.93 g kg⁻¹



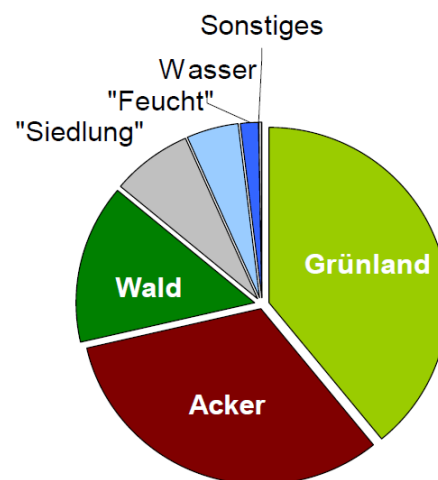
Enge Beziehung zwischen dem Maisanteil in der FF und der Abnahme der organischen Bodensubstanz



Futterbau auf Moorflächen (Röder & Osterburg, 2011)



- Moore zu 99% entwässert, abgebaut oder landwirtschaftlich genutzt
- ca. 8% der LF (5% der Acker-, 14% der Grünlandfläche) auf Moorflächen
- Landwirtschaftliche Nutzung auf Moorflächen $\geq 75\%$ Futterbau



- Nordwesten: sehr hoher Anteil Ackerfutterbau auf Moorflächen