

## Treibhausgasforschung innerhalb des FORKAST

- TP 16: Unteregelsbacher, Lipp, Gasche, Dannenmann, Kreyling, Kögel-Knabner, Schmid, Papen TUM & KIT :  
 Auswirkungen der Klimaänderung auf alpine Grünland - Ökosysteme: Ein in-situ Klimaänderungsexperiment im Ammereinzugsgebiet
- TP 5: Foken, Kuzyakow, Riederer et al. Uni Bayreuth :  
 Untersuchung der Kohlenstoffumsätze von Grünlandflächen im nordbayerischen Mittelgebirge unter extremen Klimabedingungen
- TP 4: Drösler & Heinichen HSWT-Freising:  
 Auswirkungen des Klimawandels auf ökologische Serviceleistungen von Grasland-Moorökosystemen
- **Vorstellung der Einzelbeiträge**
- **Vorstellung von Kooperationsergebnissen**
  - Hauben vs. Eddy Methodenvergleich
  - Auswirkungen von experimenteller Dürre (EVENT) auf den CO<sub>2</sub>-Austausch der Vegetation

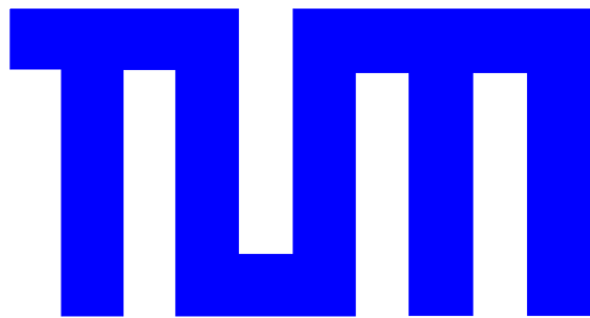


## Auswirkungen der Klimaänderung auf alpine Grünland - Ökosysteme: Ein in-situ Klimaänderungsexperiment im Ammereinzugsgebiet

ARBEITSGRUPPE:

**G**rünland

Unteregelsbacher, Lipp, Gasche, Dannenmann, Kreyling, Kögel-Knabner, Schmid,  
Papen TP 16



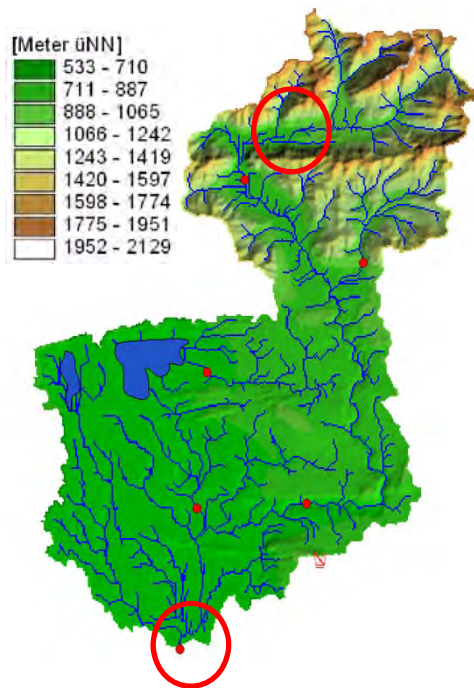
Abschlussstagung 5.11.2012

## Einführung

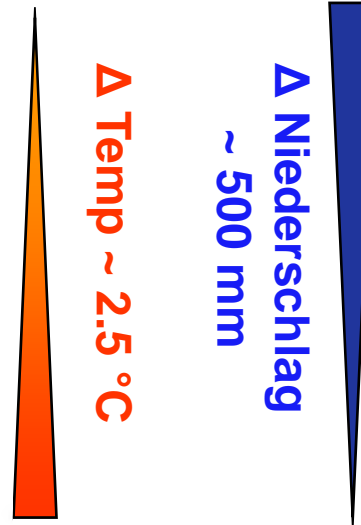
Versetzen von Grünland-Mini-Lysimetern entlang eines natürlich gegebenen Klimagradienten

Graswang → Graswang (Kontrolle)

Graswang → Wielenbach (Klimaeffekt)



Graswang  
~ 865 ü NN



Wielenbach  
~ 550 ü NN



## Zielsetzung

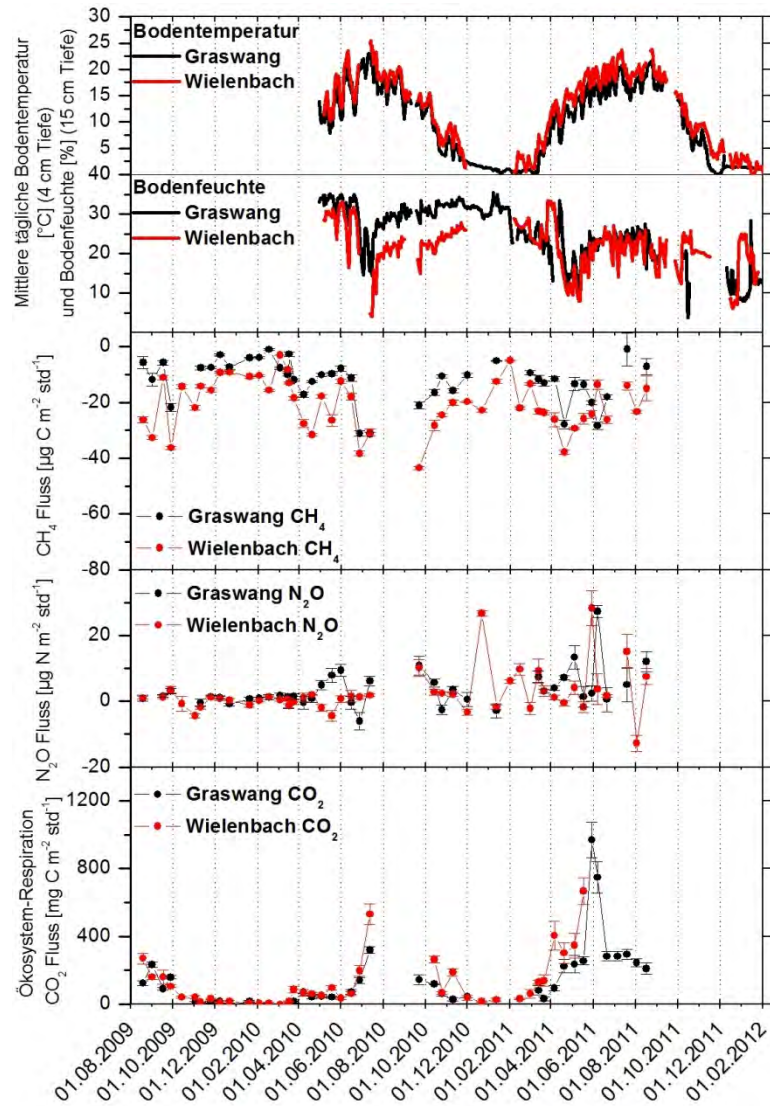
**Ziel ist, die Auswirkungen von Klimaänderungen (Temperatur, Niederschlag) sowie von Extremereignissen (Dürre, Starkniederschläge) auf**

- **die zentralen N-Umsetzungsprozesse im Boden incl. mikrobielle N-Umsetzungen, N-Pflanzenaufnahme und hydrologische N-Verluste**
- **den Spurengasaustausch (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) zwischen Boden und Atmosphäre**
- **die C- und N-Speicherung im System**
- **Zusammensetzung/Qualität der organischen Bodensubstanz**

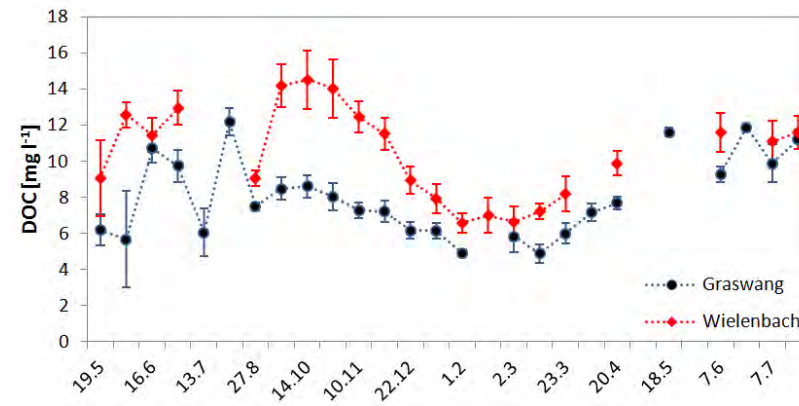
**in alpinen Grünlandökosystemen im Rahmen eines in-situ Klimaänderungsexperiments an den TERENO-Standorten im Ammer-Einzugsgebiet zu erfassen.**



## Ergebnisse



	Graswang	Wielenbach
Bodentemperatur [°C] (4 cm Tiefe)	9,4 ± 0,1	11,9 ± 0,1 ***
Zeitraum 01.05.2010 bis 01.02.2012		
Bodentemperatur [°C] (15 cm Tiefe)	10,5 ± 1,4	12,2 ± 0,02 ***
Zeitraum 01.05.2010 bis 01.02.2012		
Bodenfeuchte [%] (15 cm Tiefe)	25,0 ± 0,4	21,7 ± 0,4 ***
Zeitraum 01.05.2010 bis 01.02.2012		
CH <sub>4</sub> [μg C m <sup>-2</sup> std <sup>-1</sup> ]	-12,5 ± 0,6	-20,8 ± 0,7 ***
N <sub>2</sub> O [μg N m <sup>-2</sup> std <sup>-1</sup> ]	3,5 ± 0,4	2,5 ± 0,3
CO <sub>2</sub> [mg C m <sup>-2</sup> std <sup>-1</sup> ]	122,3 ± 7,0	163,6 ± 16,8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (15 cm Tiefe) [mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N L <sup>-1</sup> ]	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (40 cm Tiefe) [mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N L <sup>-1</sup> ]	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (15 cm Tiefe) [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N L <sup>-1</sup> ]	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (40 cm Tiefe) [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N L <sup>-1</sup> ]	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01



## Bedeutung

**Der Klimawandel (erhöhte Temperatur + reduzierte Bodenfeuchte) bewirkt in alpinen Grasländern:**

- **eine deutliche und anhaltende Erhöhung der Methan-Senkenstärke**
- **unveränderte N<sub>2</sub>O-Emission auf niedrigem Niveau**
- **eine –wenn auch nur schwach ausgeprägte- Abnahme der Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser des Oberbodens**
- **eine erhöhte Gefahr für Verluste gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC)**

**D.h.:**

- **positiver Effekt in Bezug auf den Boden-Atmosphäre-Austausch von Nicht-CO<sub>2</sub>-Treibhausgasen in alpinen Grasländern**
- **Kein erhöhter hydrologischer Nitrat-Austrag**
- **Risiko erhöhter Verluste an DOC mit dem Sickerwasser**

## Hinweise zu Anpassungspotentialen

**Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse für alpine Grasland-Ökosysteme unter Klimawandelbedingungen:**

**Notwendigkeit zur Anpassung:**

- **Nicht erforderlich für die Nicht-CO<sub>2</sub>-Treibhausgase (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)**
- **Nicht erforderlich für den Nitrat-Austrag mit dem Sickerwasser**
- **noch nicht absehbar für den DOC-Austrag**  
Langzeitbeobachtungen (10-15 Jahre) an TERENO Großlysimetern werden die Notwendigkeit zur Anpassung klären können

**Die vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass die vergleichsweise geringen Effekte der Klimawandelbedingungen auf C- und N-Kreisläufe im untersuchten Grasland von Effekten des Managements (z.B. N-Eintrag durch Düngung) überlagert werden.**

**Zukünftige Änderungen im Management (z.B. verändertes Timing des Düngens) haben event. ein höheres Potenzial zur Änderung von C- und N-Verlusten als die Klimawandelbedingungen.**

## Untersuchung der Kohlenstoffumsätze von Grünlandflächen im nordbayerischen Mittelgebirge unter extremen Klimabedingungen

ARBEITSGRUPPE:

**G**rünland

Thomas Foken (1), Yakov Kuzyakov (2,3), Michael Riederer (1,2)

(1) Universität Bayreuth, Abteilung Mikrometeorologie, Bayreuth, Germany

(2) Universität Bayreuth, Abteilung AgrarÖkoSystemforschung, Bayreuth,  
Germany

(3) Seit 2011: Universität Göttingen, Ökopedologie der gemäßigten  
Zonen, Göttingen, Germany

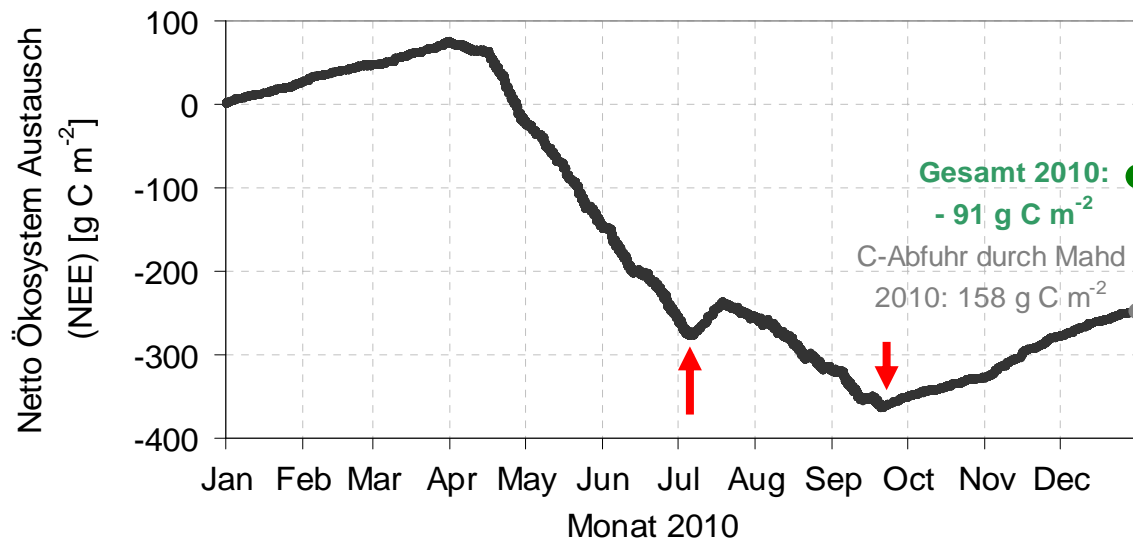
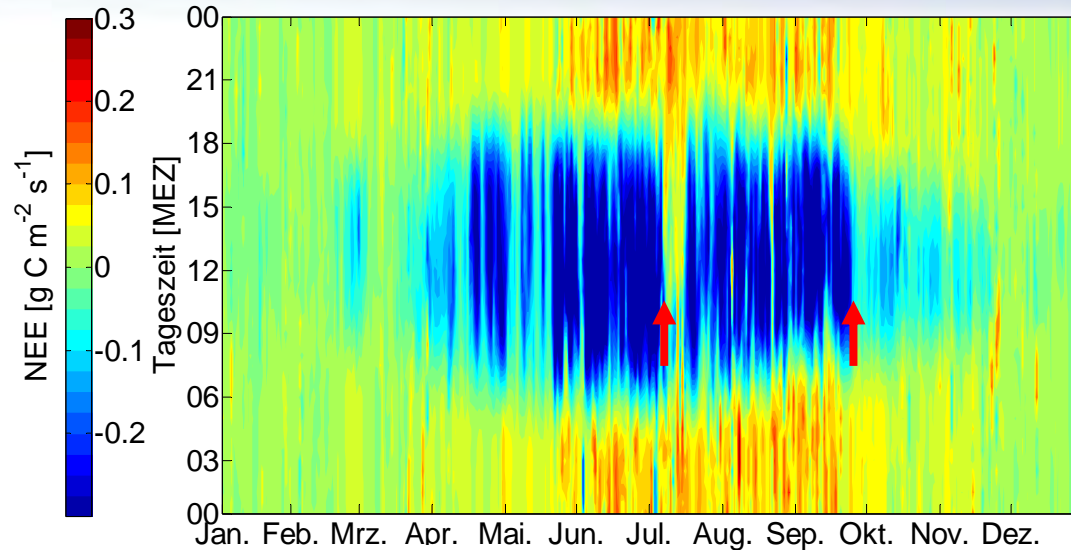


- **Untersuchung der C-Aufnahme einer extensiv bewirtschafteten Wiese in Mittelgebirgslage**
- **Quantifizierung der C-Aufnahme in Pflanze und Boden durch  $^{13}\text{C}$ -Labeling**
- **Einfluss von Dürre auf die C-Aufnahme**
- **Zusatz: Ankalibrierung von Kammermessungen zur Übertragung auf andere Teilprojekte**

Messfläche Voitsumra  
im Fichtelgebirge,  
624 m ü. NN

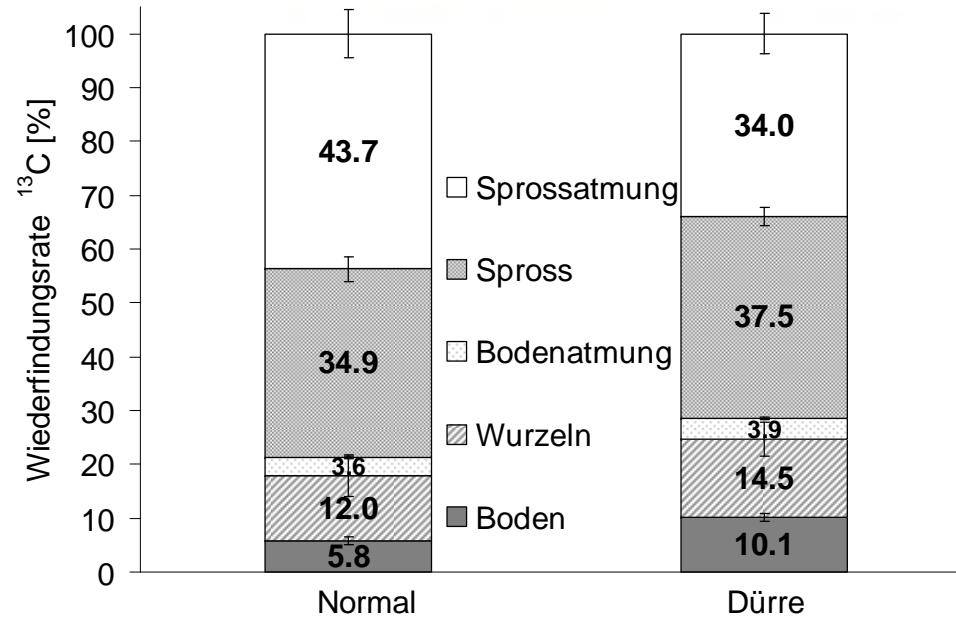


## Netto-Kohlenstoff-Aufnahme



Trotz zweimaliger Mahd ist die extensive Wiese eine Kohlenstoffsenke

## Wiederfindungs- raten beim $^{13}\text{C}$ - Labeling – Erstmals Quantifizierung



Bei Dürre verschiebt sich die C-Festlegung in den Boden

- **Extensiv genutzte Wiesenflächen in Mittelgebirgen sind unter rezentem Klima C-Senken. Die Erhaltung und Förderung dieser Landnutzungsform ist daher empfehlenswert.**
- **Extreme Dürre führt nicht zu einer verstärkten Freisetzung von CO<sub>2</sub>. Talnahe Mittelgebirgswiesen mit Anschluss an Grundwasserversorgung erfordern diesbezüglich daher keine Anpassungsstrategien.**
- **Generelle Tendenz in Ökosystemen bei Dürre mehr Kohlenstoff in Boden und Wurzeln einzulagern (zusätzl. Bestätigung durch Studien der Univ. Göttingen).**
- **Methodische Probleme ergeben sich durch gegenläufige Entwicklungen von experimenteller Dürre bei gleichzeitiger kühl-feuchter Entwicklung der Witterung.**
- **Kammermessungen können am Tage als repräsentativ angesehen werden, in der Nacht kann es zu systematischen Unter- oder Überbestimmungen kommen.**



## Moorökosysteme

### Auswirkungen des Klimawandels auf ökologische Serviceleistungen von Grasland-Moorökosystemen (TP 4)

ARBEITSGRUPPEN:

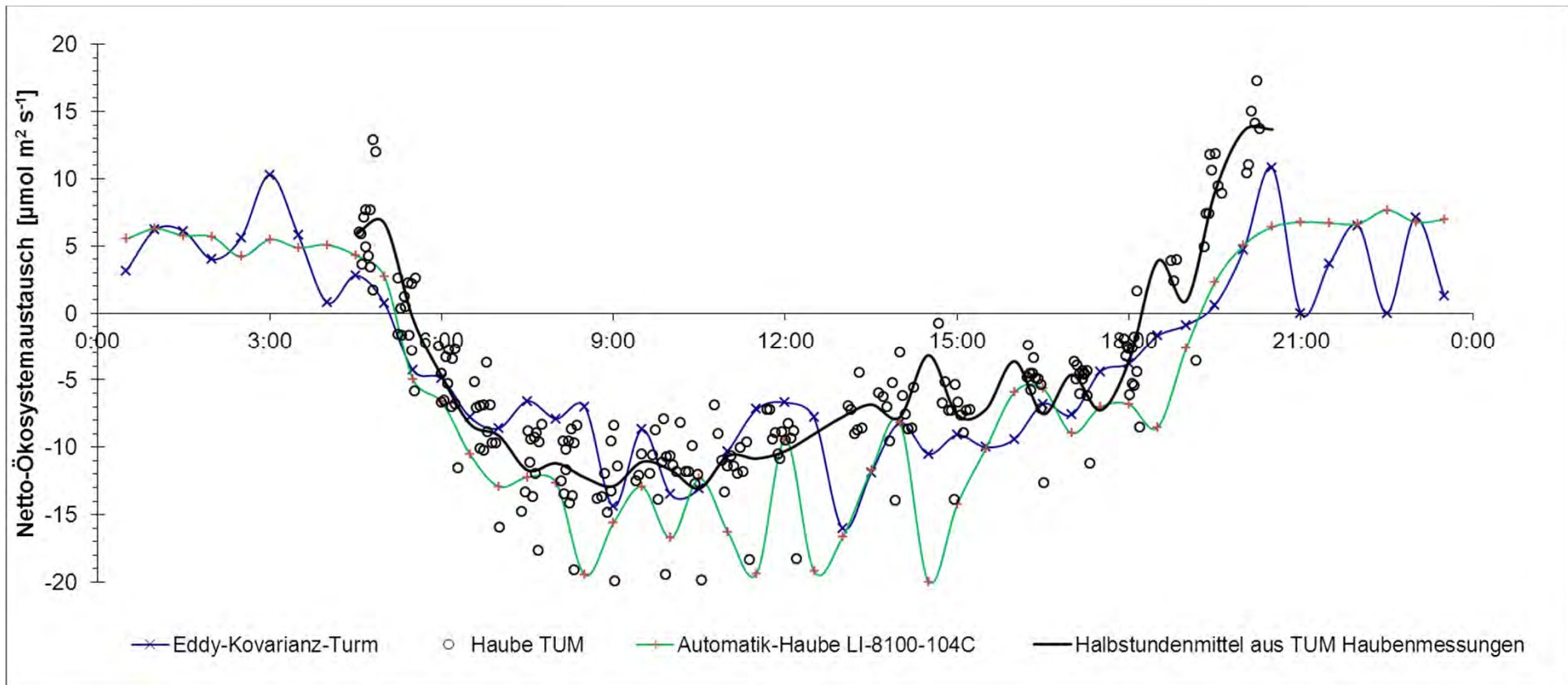
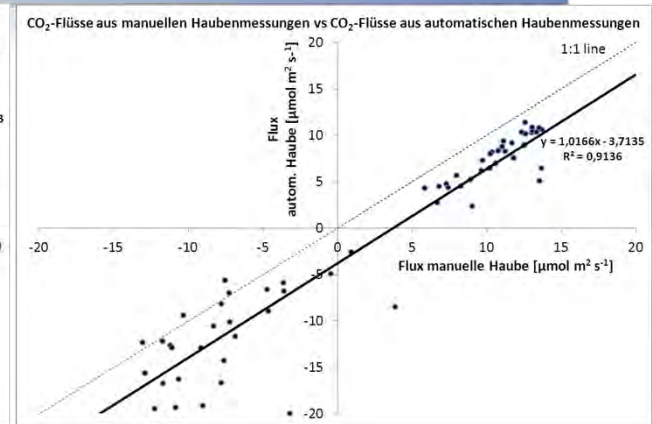
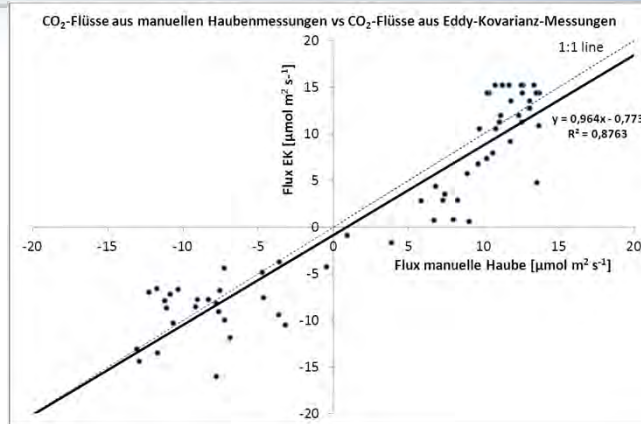
**G**rünland auf

**M**oor (organischer Boden)

Matthias Drösler, Jan Heinichen

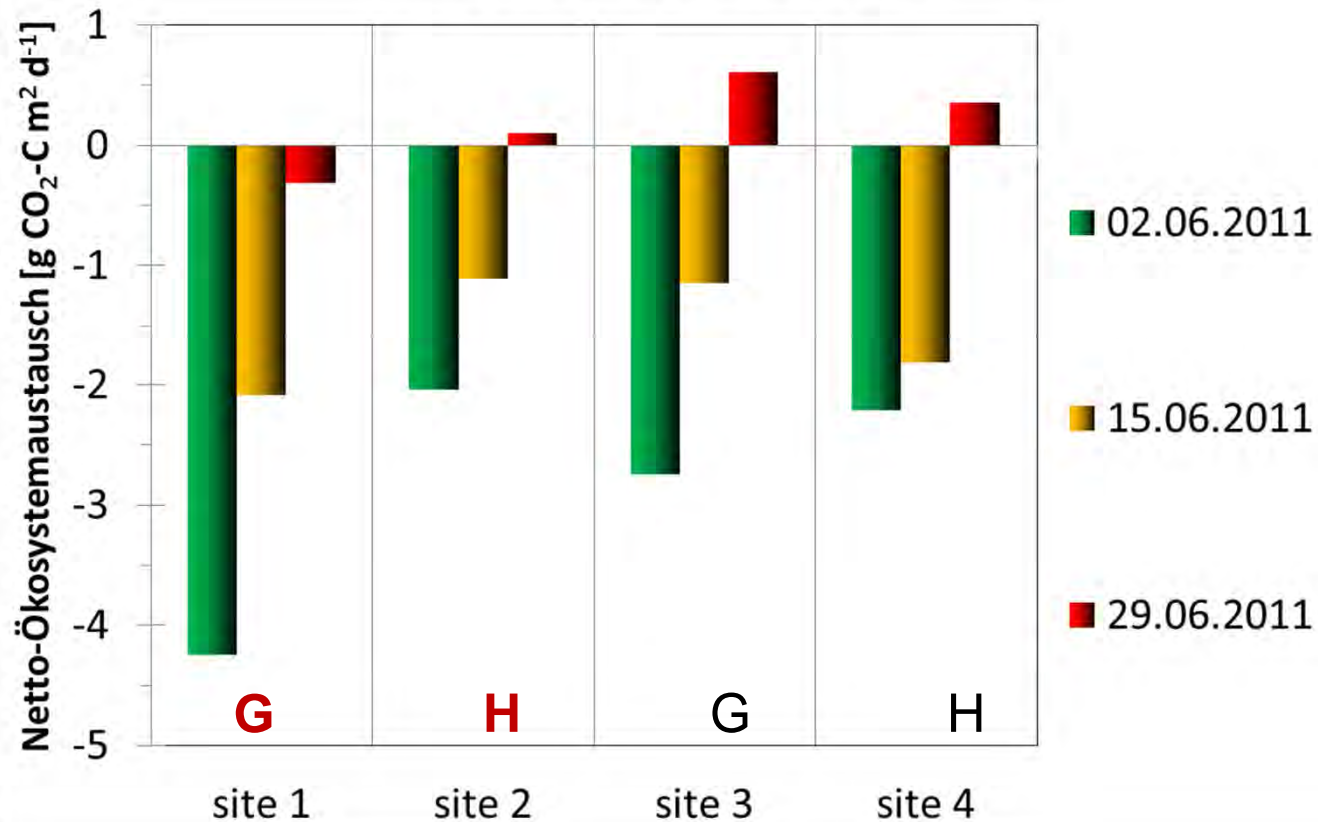
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Professur für Vegetationsökologie,  
Freising, Germany

## Vergleichsmessung Eddy-Hauben in Voitsumra (TP4 und TP5)



## Hauben-Messungen im Event 1 (TP8) erfolgreich durchgeführt

### Netto-Ökosystemaustausch der Messflächen an den drei Messtagen



Sites 1 und 3:

Günland mit 3 funktionellen Gruppen (Gräser, Kräuter und Leguminosen) und 4 Arten (*Arrhenatherum elatium*, *Holcus lanatus*, *Plantago lanceolata*, *Lotus corniculatus*),

Sites 2 und 4:

Heide mit einer funktionellen Gruppe (Zwergsträucher) und zwei Arten (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*).

Vorbehandlung Sites 1 u. 2: Dürre

Vorbehandlung Sites 3 und 4: Kontrolle

- Einführung

## THG Austausch von Mooren:

- Prozesse

**Fläche:** Organische Böden („Moor“) in Bayern ca. 200.000 ha

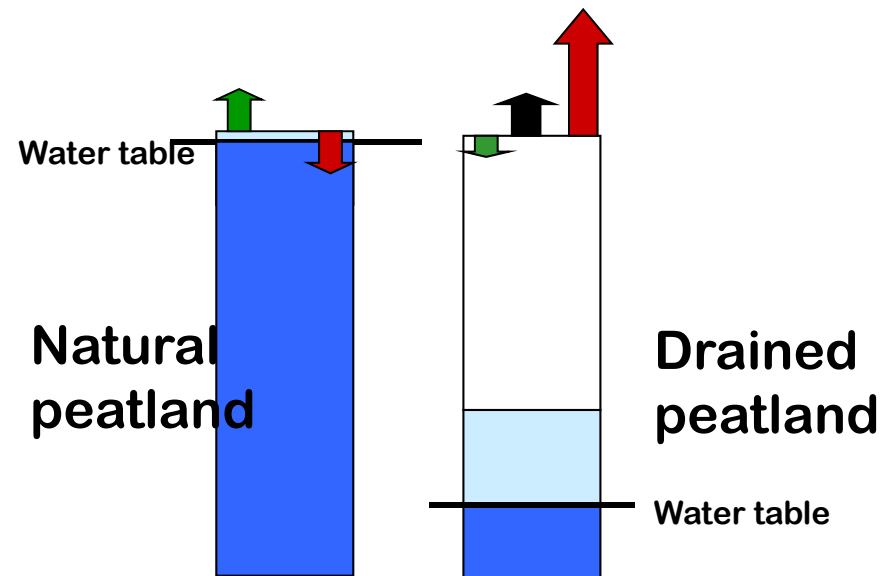
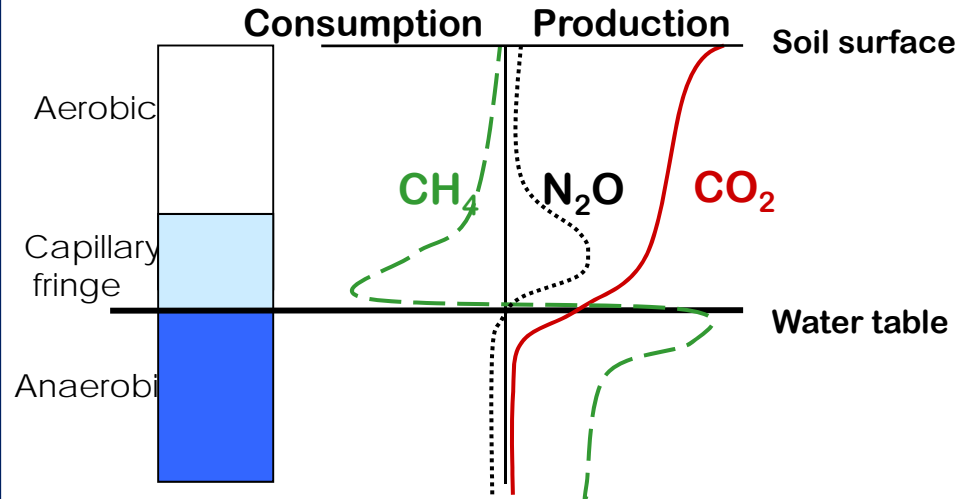
**C-Speicher:** mind. 100 Mio. T

**Nutzung:** Acker, Grünland, Wald mit Entwässerung mind. 90 %

### Klimarelevanz derzeit:

- Nutzungen differenzieren THG
- Bund: ca. 45 Mio t CO<sub>2</sub>eq / Jahr
- Bayern: mind. 5 Mio t CO<sub>2</sub>eq / Jahr (ca. 6% der bayer. Gesamt-Emissionen!)
- Bund: 30% der LDW-Emissionen auf nur 8% der LDW-Nutzfläche (Moor)

## Soil profile





- Einführung

## THG Austausch von Mooren:

- Prozesse

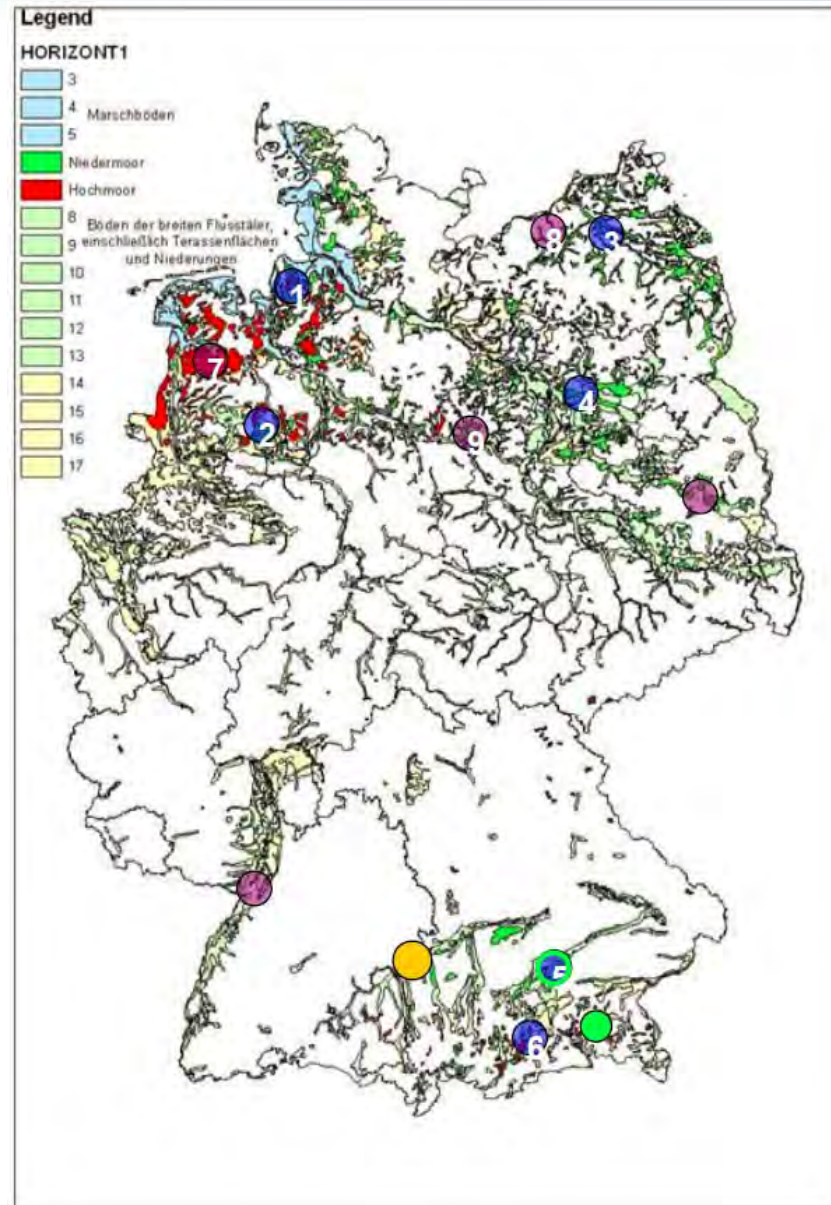
**Fläche:** Organische Böden („Moor“) in Bayern ca. 200.000 ha

**C-Speicher:** mind. 100 Mio. T

**Nutzung:** Acker, Grünland, Wald mit Entwässerung mind. 90 %

## Klimarelevanz derzeit:

- Nutzungen differenzieren THG
- Bund: ca. 45 Mio t CO<sub>2</sub>eq / Jahr
- Bayern: mind. 5 Mio t CO<sub>2</sub>eq / Jahr (ca. 6% der bayer. Gesamt-Emissionen!)
- Bund: 30% der LDW-Emissionen auf nur 8% der LDW-Nutzfläche (Moor)



- Einführung

## THG Austausch von Mooren:

- Prozesse

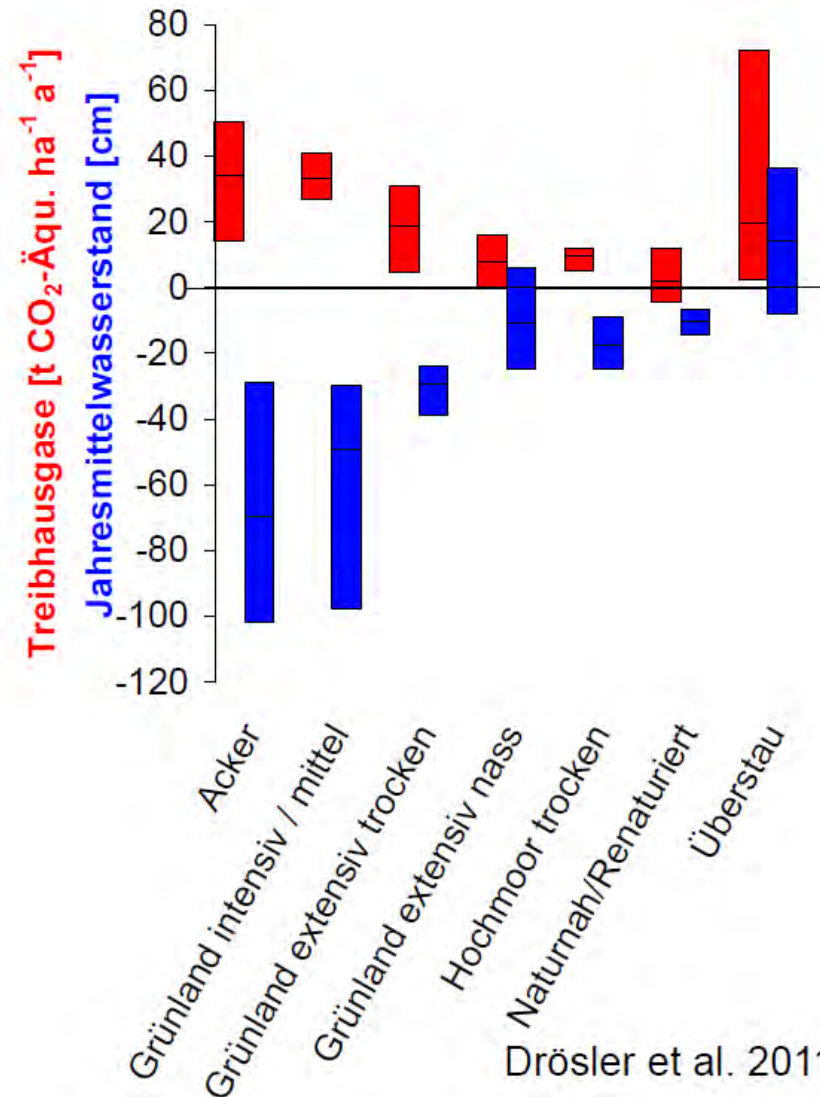
**Fläche:** Organische Böden („Moor“) in Bayern ca. 200.000 ha

**C-Speicher:** mind. 100 Mio. T

**Nutzung:** Acker, Grünland, Wald mit Entwässerung mind. 90 %

## Klimarelevanz derzeit:

- Nutzungen differenzieren THG
- Bund: ca. 45 Mio t CO<sub>2</sub>eq / Jahr
- Bayern: mind. 5 Mio t CO<sub>2</sub>eq / Jahr (ca. 6% der bayer. Gesamt-Emissionen!)
- Bund: 30% der LDW-Emissionen auf nur 8% der LDW-Nutzfläche (Moor)











- Hypothesen, Fragestellungen, Ziele

**Risikoabschätzung:** Wie wirkt die Erwärmung auf die Ökosystemfunktionen von Mooren?

**Anpassung:** Ist Wasserstandsanhhebung eine geeignete Anpassungsstrategie ?

- Untersuchungsansatz

Freiland-Manipulationsexperiment auf „realen“ Flächen im Freisinger Moos

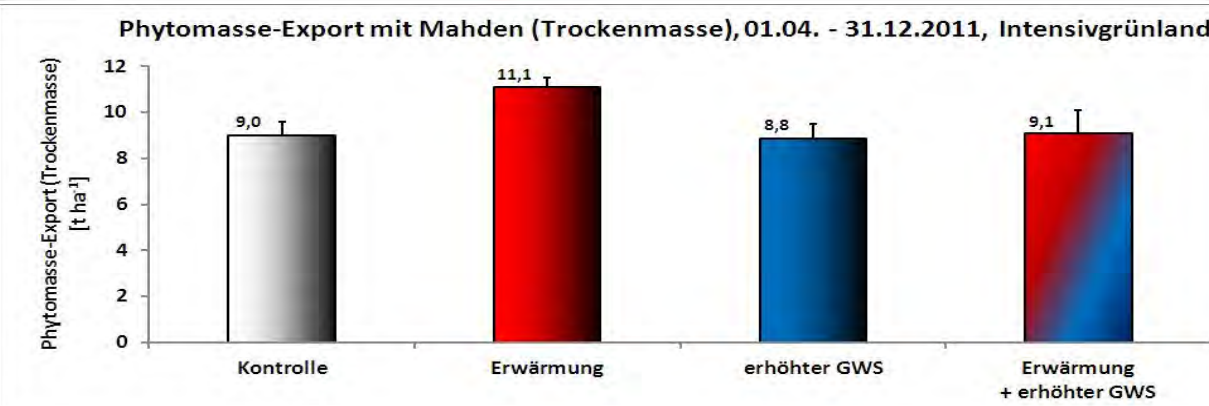
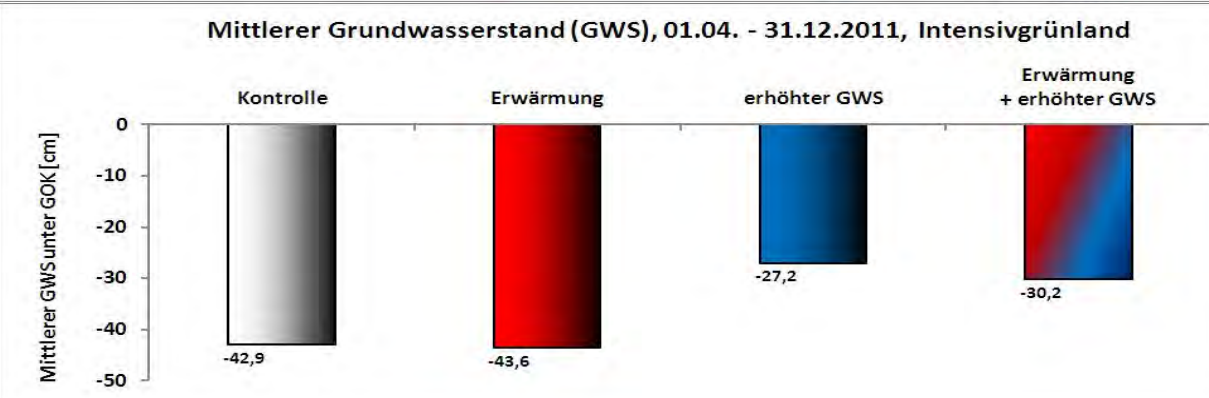
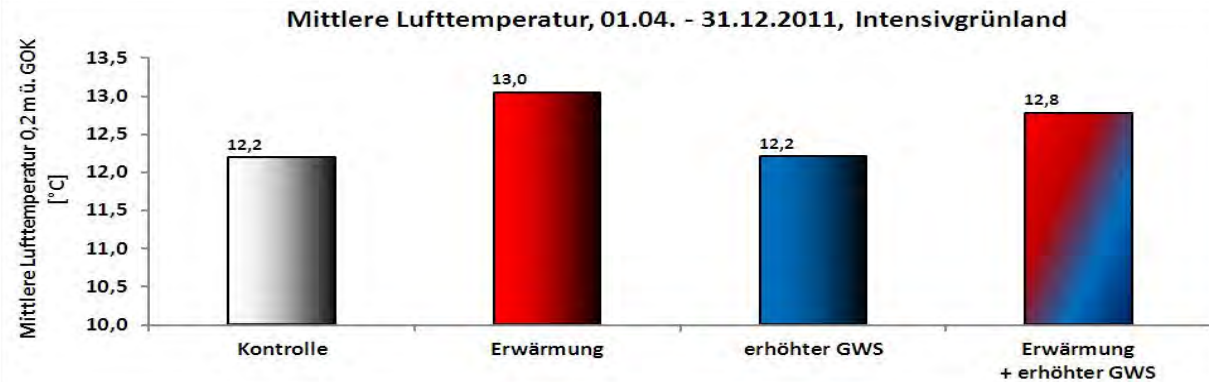
<b>Wirtschafts-Grünland</b>				
<b>extensive ehemalige Streuwiese</b>				
<b>Manipulation:</b>	<b>Temperatur</b>	<b>Referenz</b>	<b>Wasserhaushalt</b>	<b>Temperatur &amp; Wasserhaushalt</b>

■ Ergebnisse

**Manipulation  
Temperatur:**  
plus 0.6 – 0.8 Grad

**Manipulation  
Wasserstand:**  
plus 13 – plus 16 cm

**Reaktion:  
Produktionsfunktion**



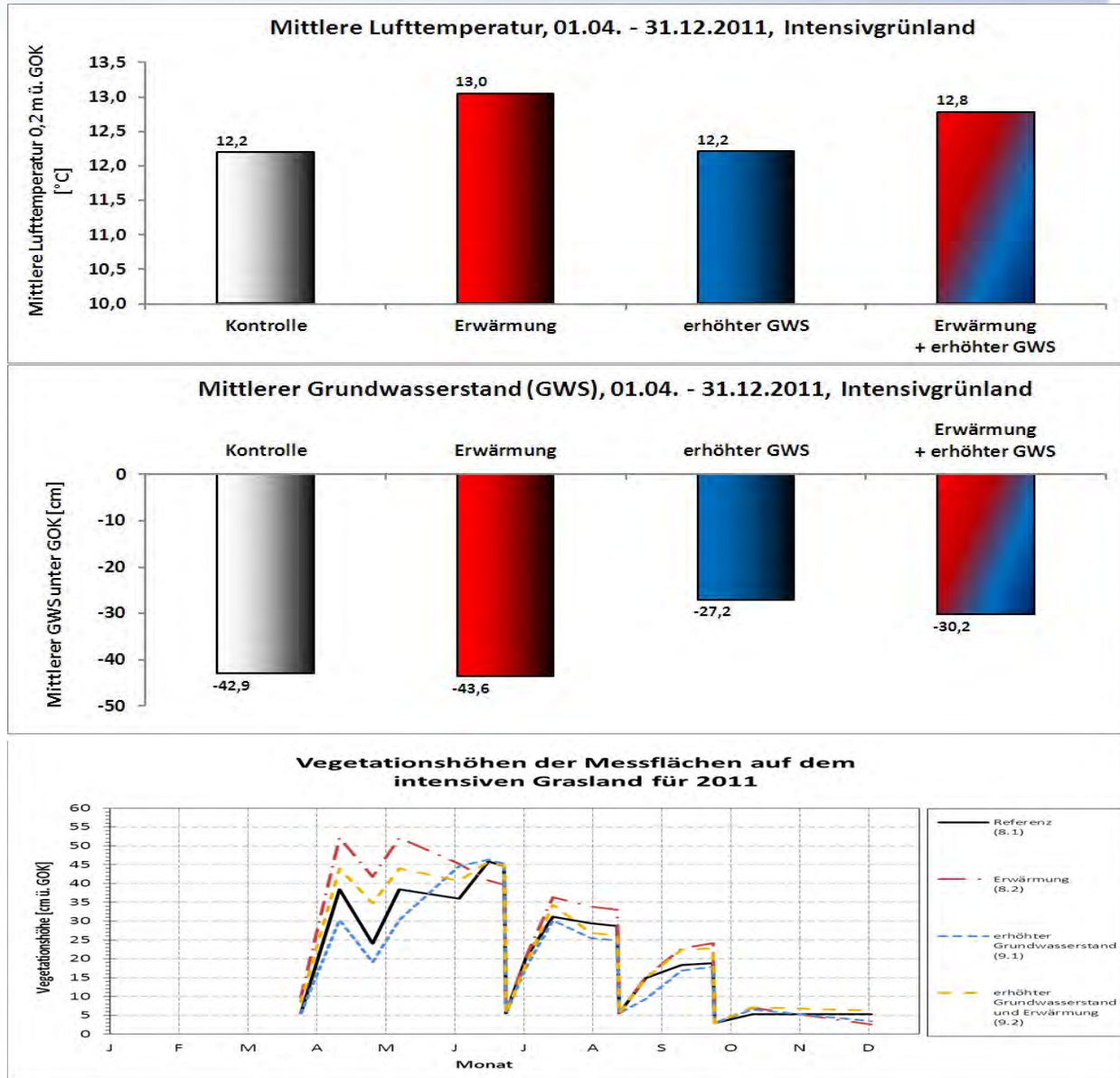


■ Ergebnisse

**Manipulation  
Temperatur:**  
plus 0.6 – 0.8 Grad

**Manipulation  
Wasserstand:**  
plus 13 – plus 16 cm

**Reaktion:  
Produktionsfunktion**

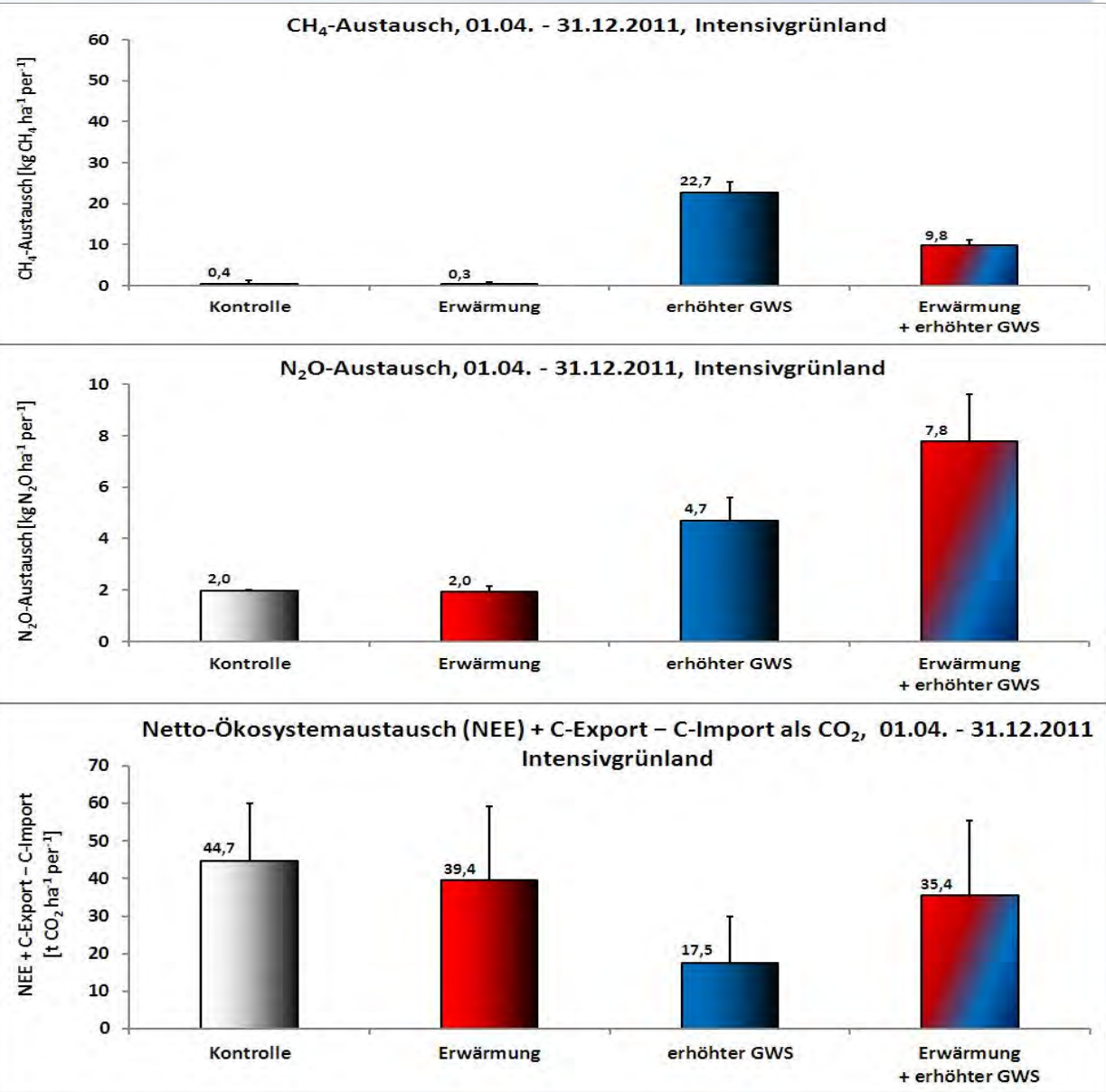


- Ergebnisse

Reaktion  
 Regelungsfunktion  
 Spurengas-  
 austausch: CH<sub>4</sub>

Spurengas-  
 austausch: N<sub>2</sub>O

Spurengas-  
 austausch: CO<sub>2</sub>



## Ergebnisse

### Bilanzkomponenten: CO<sub>2</sub>

### Klimawirksamkeit

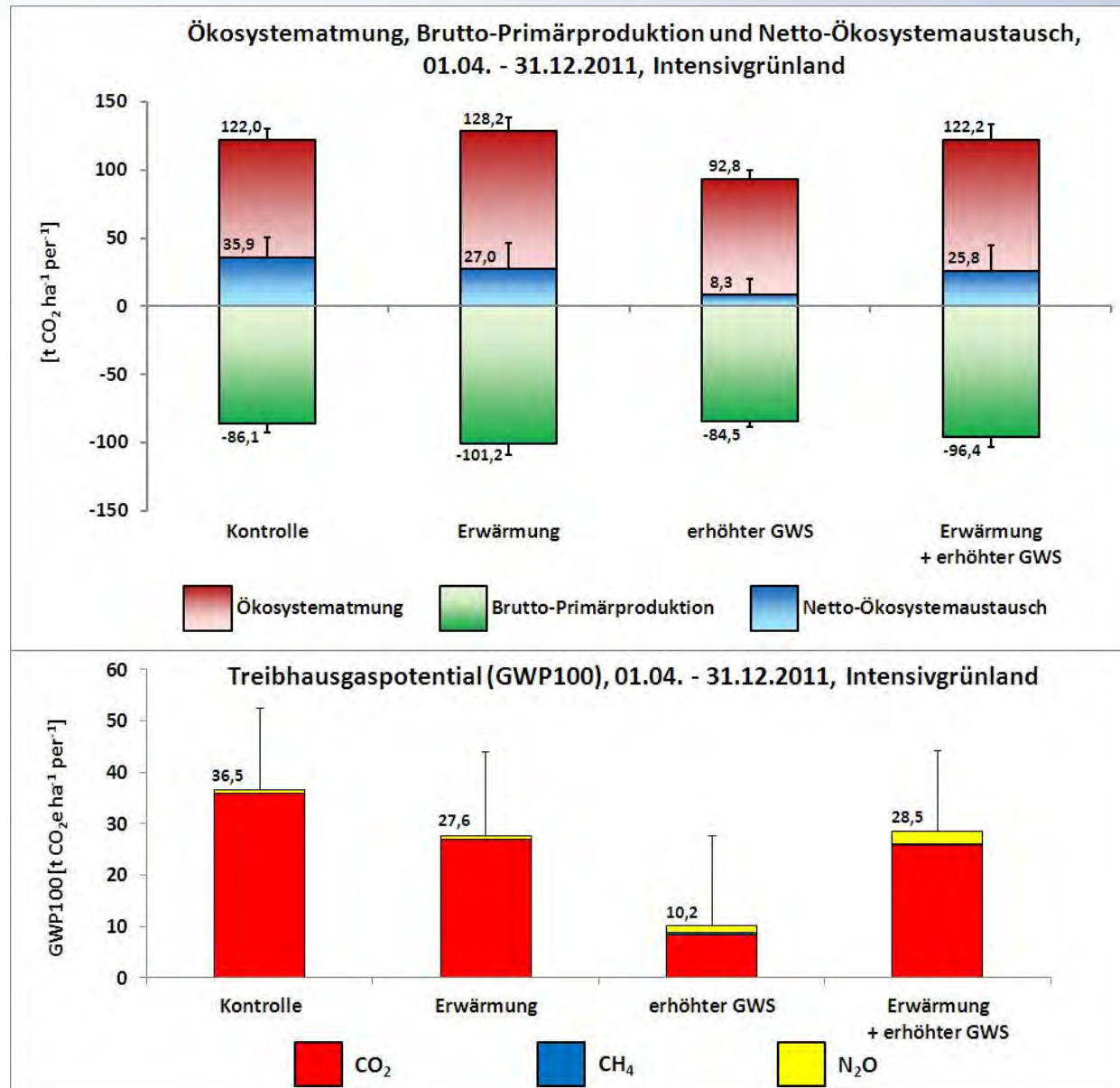
(THG-Austausch):

$$\text{CO}_2 \cdot 1 + \text{CH}_4 \cdot 21 + \text{N}_2\text{O} \cdot 310$$

=

CO<sub>2</sub>eq.

(GWP's nach IPCC 1996)





- Ergebnisse

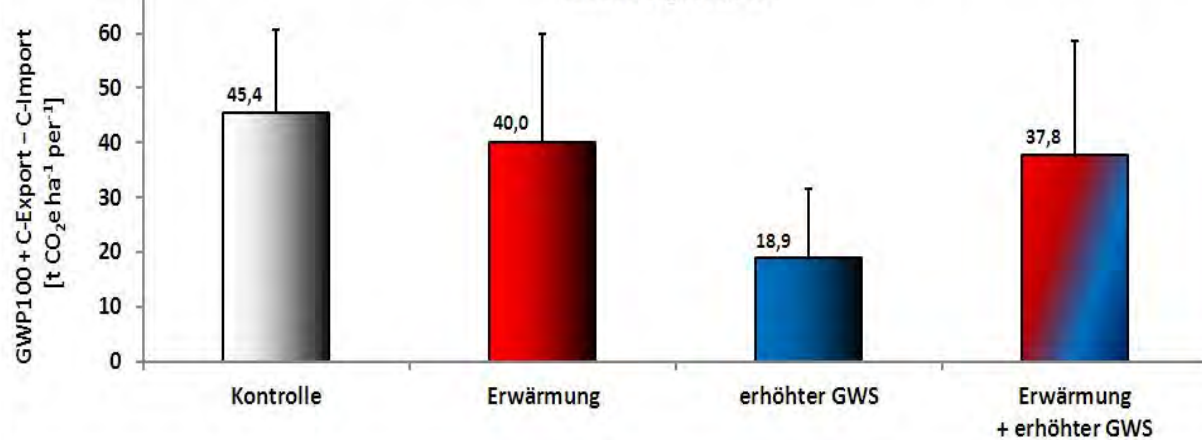
## Gesamt- Klimawirksamkeit

(THG-Austausch incl.  
Import & Export):

$$\text{CO}_2 \cdot 1 + \text{CH}_4 \cdot 21 + \text{N}_2\text{O} \cdot 310 = \text{CO}_2\text{eq.}$$

(GWP's nach IPCC 1996)

Treibhausgaspotential (GWP100) + C-Export – C-Import als CO<sub>2</sub>, 01.04. - 31.12.2011  
Intensivgrünland





- Unsicherheiten/Gefahrenpotentiale

Beschleunigte Emissionen durch Erwärmung in den erreichten Niveaus (0.6-0.8 Grad) nicht nachweisbar: Kompensation vermutlich durch Biomasseentwicklung  
Interannuelle Variabilität !

- Hinweise zu Anpassungspotentialen

**Technische Ebene**

Wasserstand erhöhen: Wiedervernässung aber Vorsicht in kritischen Zeiten. passiver Anstau vs. aktive Steuerung  
Nutzungsintensität runterfahren (Düngung, Export)

Arteninventar fördern

**Strategisch-planerische Ebene: Landwirtschaft/Forst Ministerium mit Umweltministerium**

Serviceleistung skalieren und Regeln für Adaptations/Mitigationsprojekte in Mooren entwickeln

Moorrenaturierung in Bayern **Synergie zw. Adaptation und Mitigation**

## Perspektiven für Treibhausgasforschung in Bayern

- Systematische Untersuchung aller Hauptnutzungssysteme und deren Dynamik
- Kopplung mit ICOS und TERENO
  - Einheitliche Messprotokolle
- Manipulationsexperimente
- Weiterentwicklung von Modellierungsverfahren
- Anpassungsverfahren entwickeln und Auswirkungen begleiten

