

# Klimawandel im Voralpenraum – Auswirkung auf die Grünlandbewirtschaftung?

Arbeiten aus dem **SUSALPS Projekt** ([www.susalps.de](http://www.susalps.de))

**R. Kiese**, I. Kögel-Knabner, A. Jentsch, M. Schloter, M. Dannenmann, T. Köllner, S. Asam, A. Krämer, M. Wiesmeier

INSTITUT FÜR METEOROLOGIE UND KLIMAFORSCHUNG, Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU), Garmisch-Partenkirchen (D)

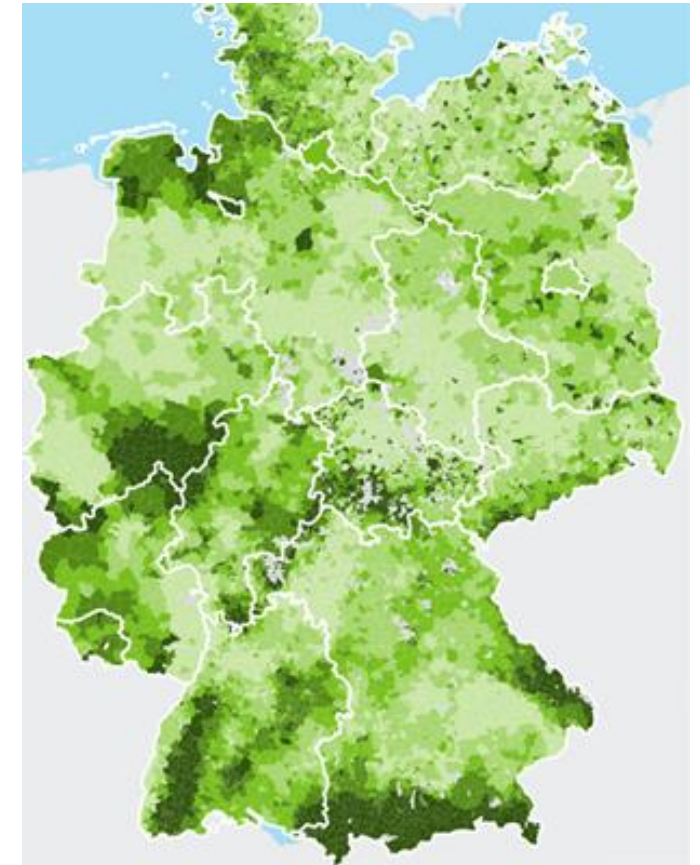


# Motivation

## Grünland ...

- repräsentiert 30% der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland
- ist die dominierende Landnutzung im Voralpenraum
- ist von großer ökonomischer Bedeutung für die Milchwirtschaft
- liefert wichtige Ökosystemdienstleistungen wie C- und N-Speicherung, Nährstoff- und Wasserretention sowie Biodiversität

**Diese Leistungen werden stark vom Klimawandel und der Art der Bewirtschaftung beeinflusst**

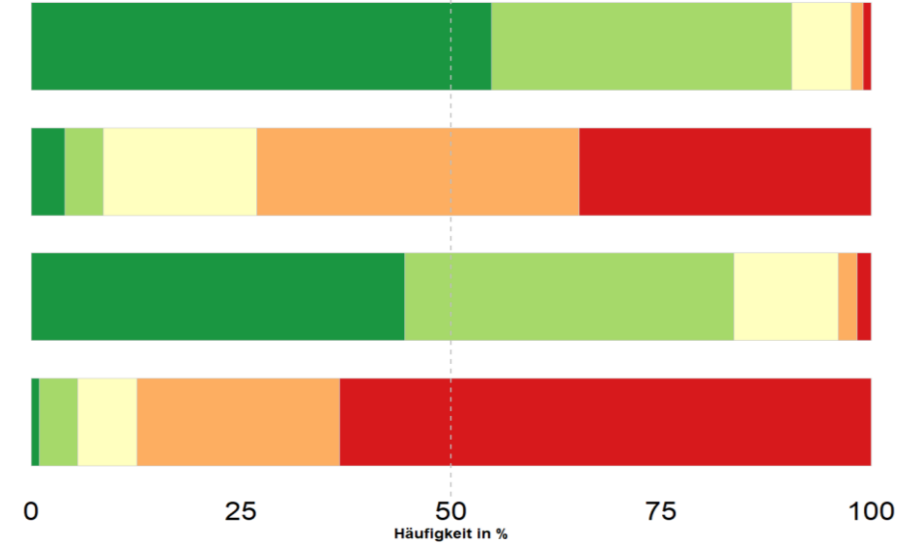
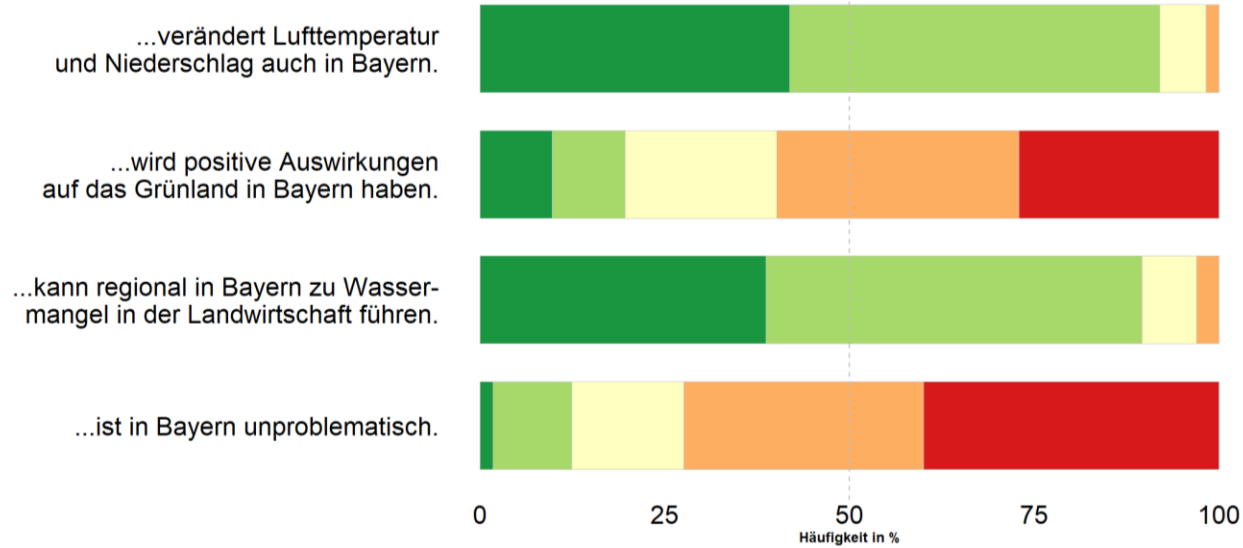


# Wahrnehmungen von Klimawandel im Grünland



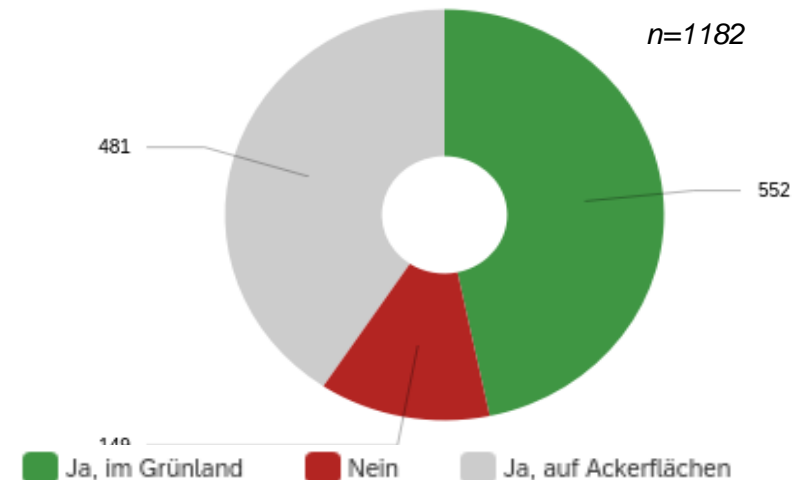
Landwirte n=230

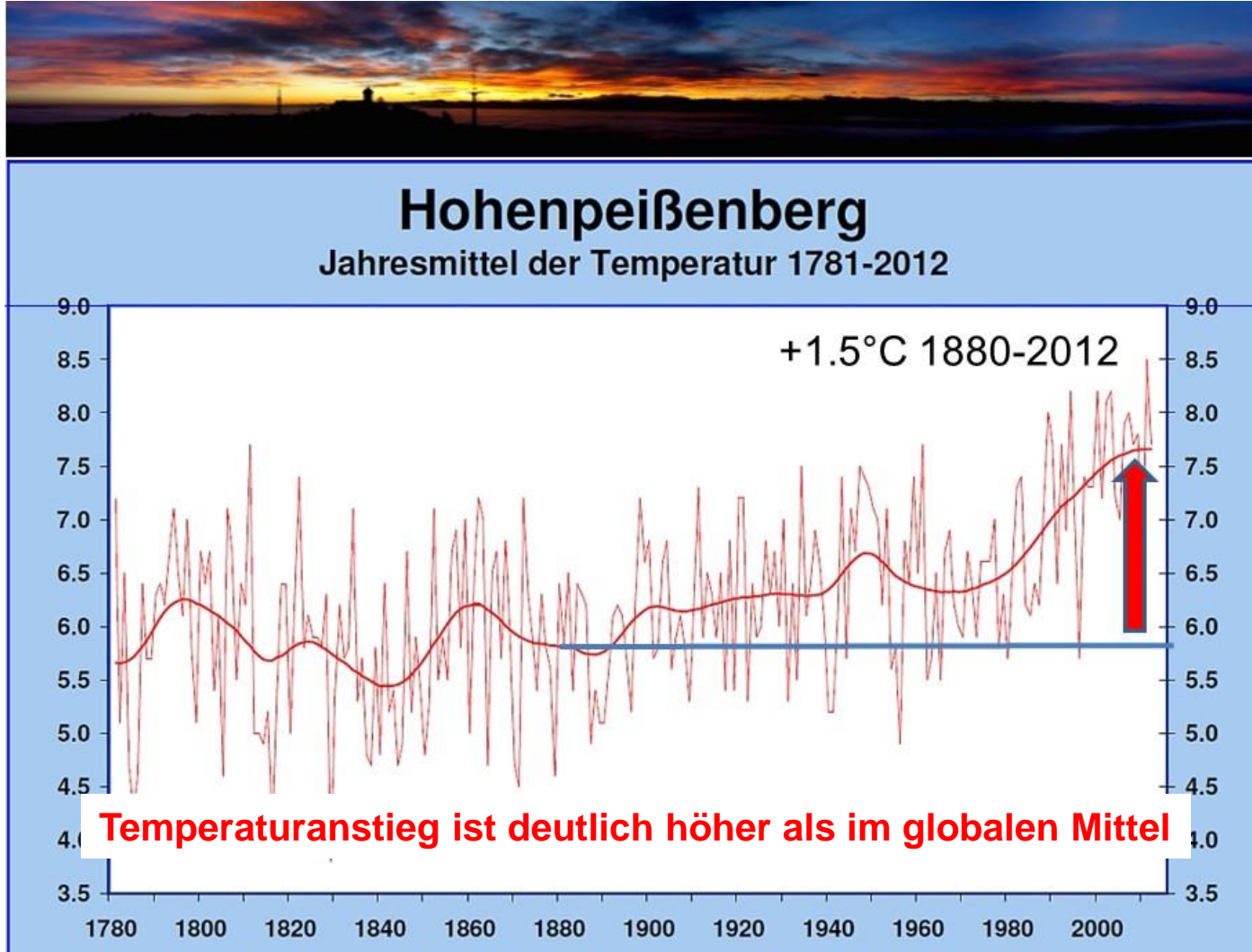
Bürger n=417



- Ja, ganz bestimmt
- Ja, wahrscheinlich
- Nein, bestimmt nicht
- Ich bin mir nicht sicher
- Nein, wahrscheinlich nicht

**Bemerken Sie auf von Ihnen bewirtschafteten Flächen bereits Veränderungen durch Klimawandel?**



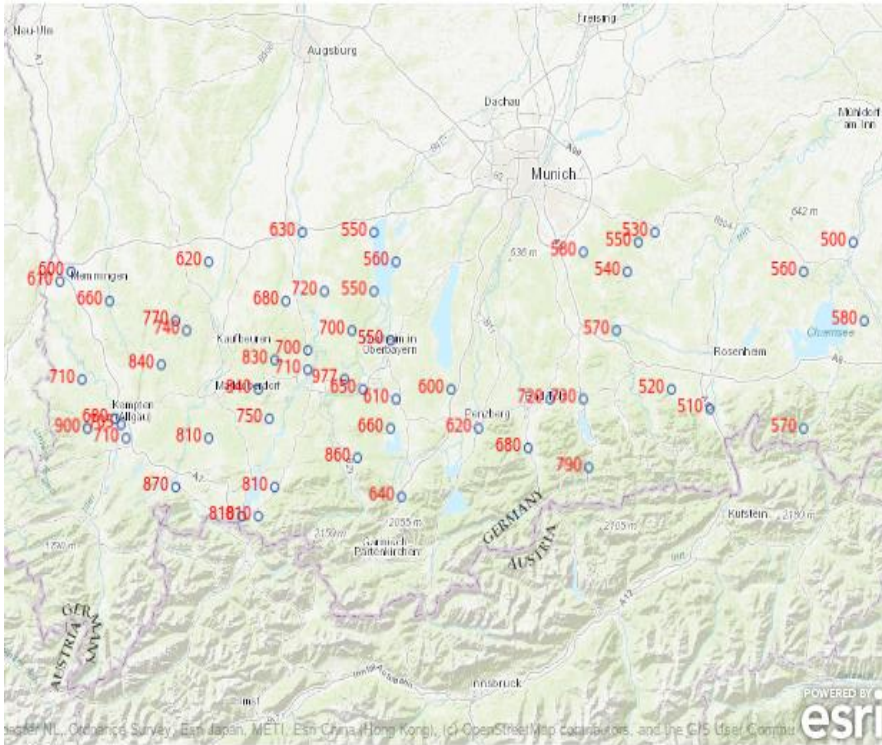


- Höhere Variabilität von Temperatur- und Niederschlag
- Jahresniederschläge nehmen leicht zu
- Niederschlagszunahme im Spätwinter
- Sommer tendenziell trockener
- Verlängerung der Vegetationsperiode

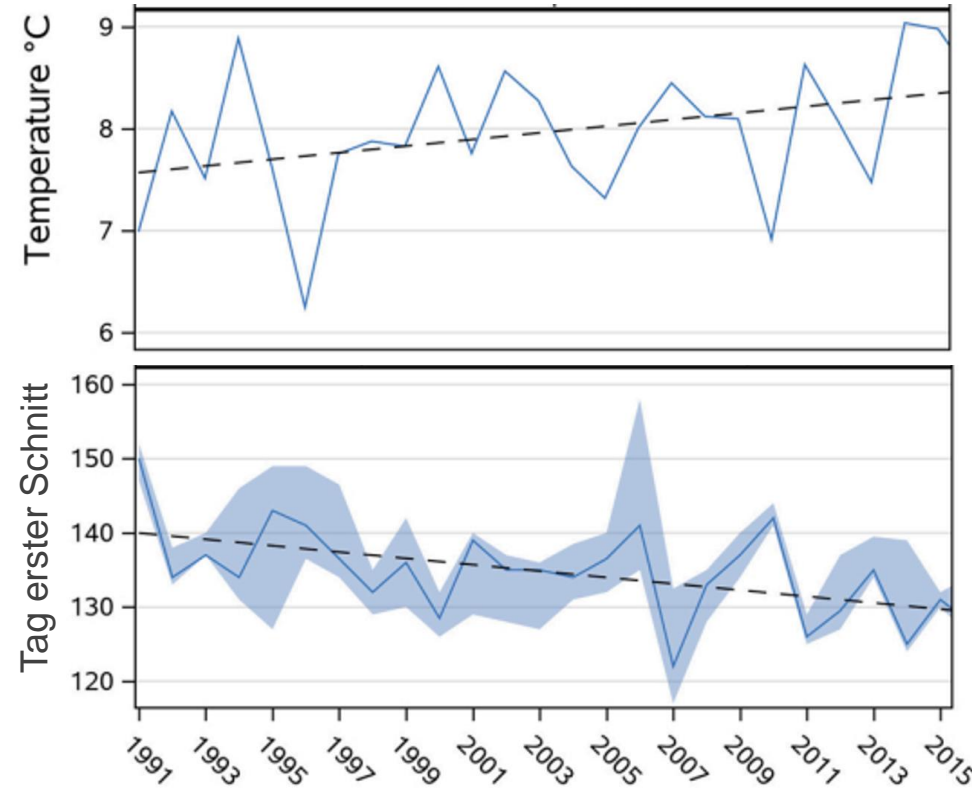
# Klimawandel im Voralpenraum



## Phänologische Beobachtungen

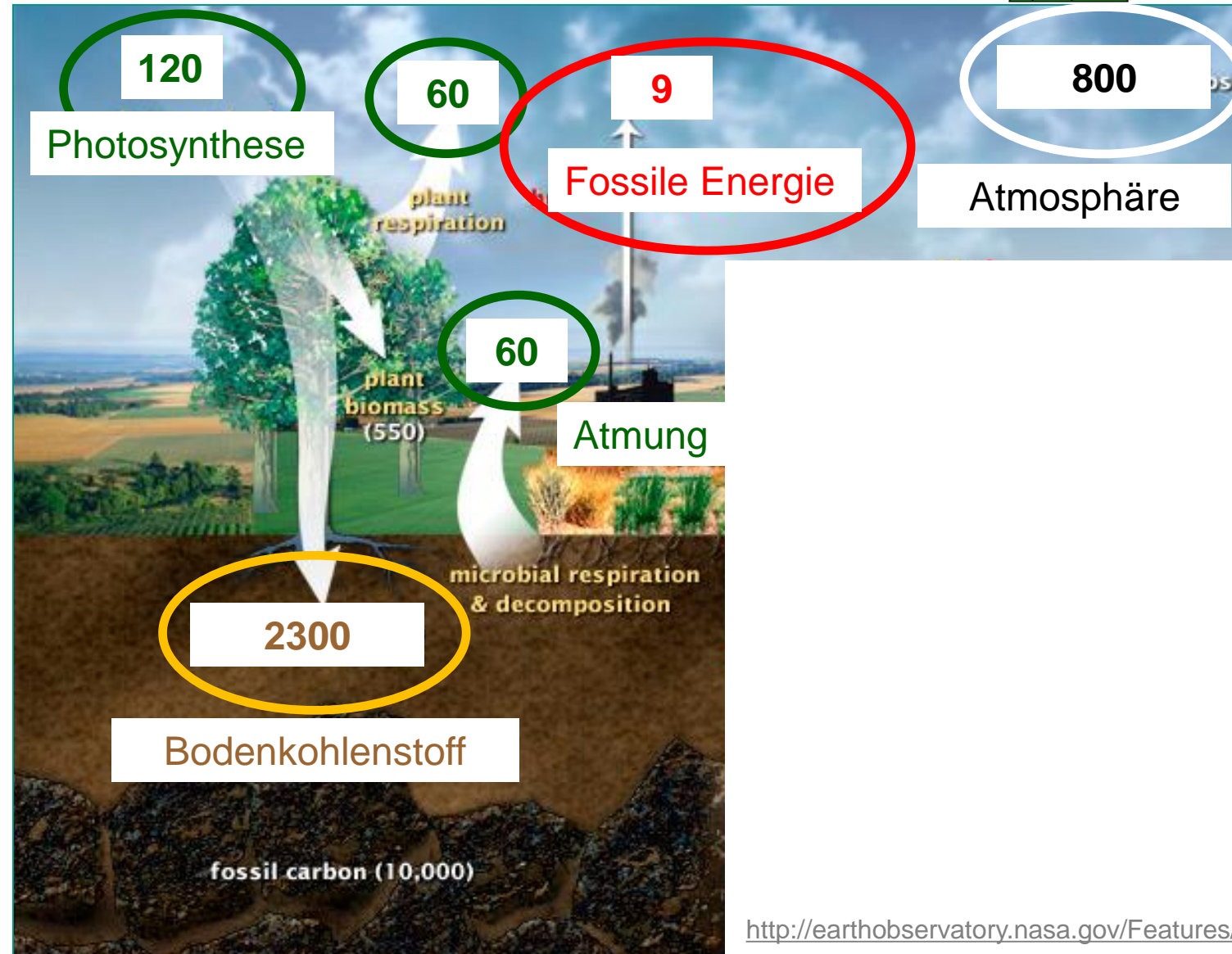
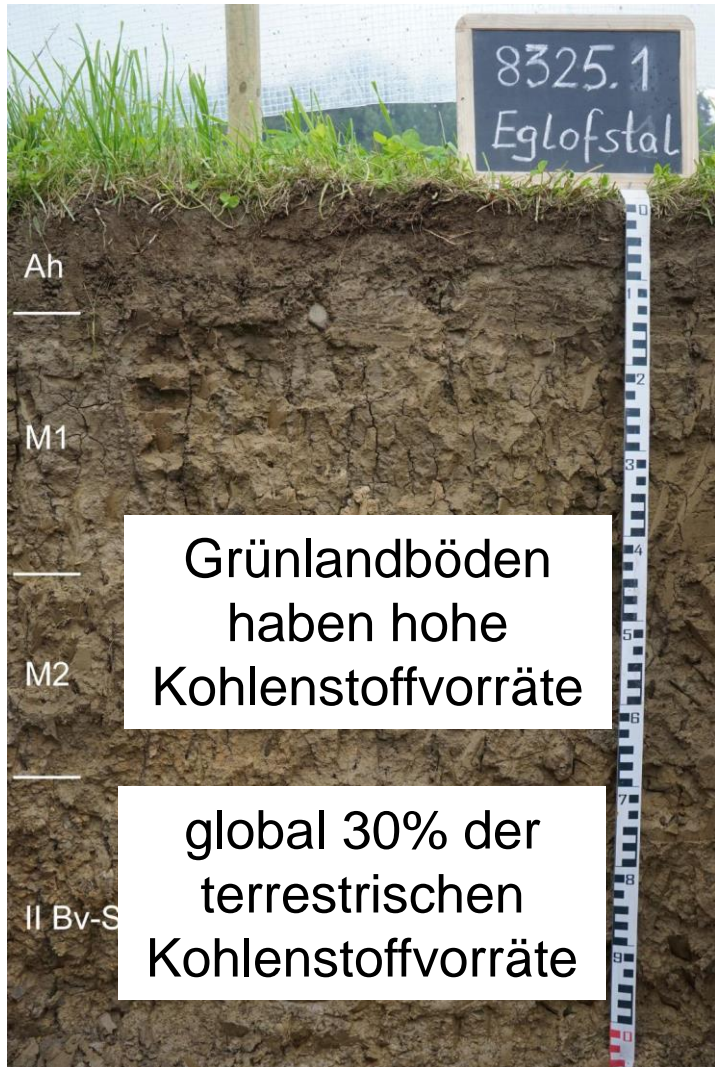


Beginn Vegetationsperiode, Tag des ersten Schnittes



**Pro + 1°C - Tag des ersten Schnittes 8 Tage früher**  
**1991-2015: 10 Tage früher**

# Kohlenstoffvorräte Grünland und Globaler Kohlenstoffkreislauf



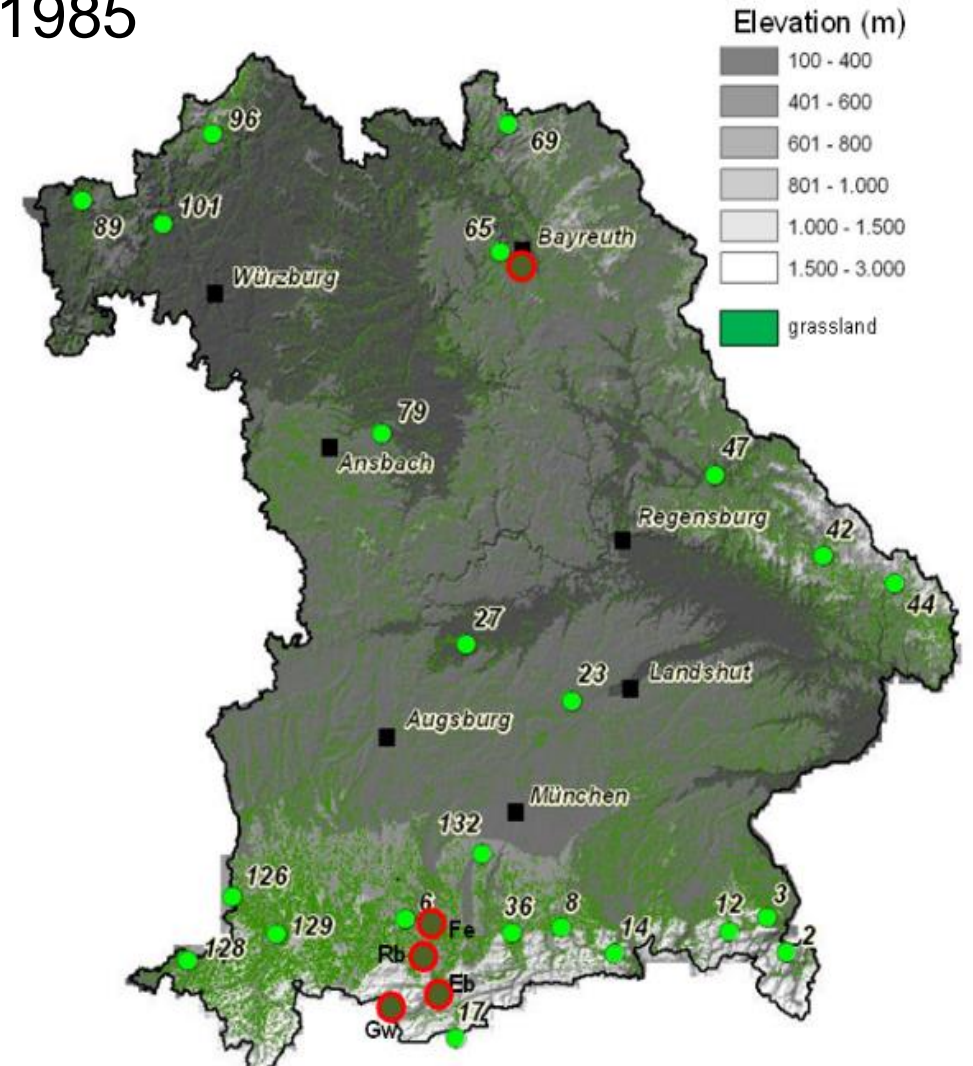
<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/>

# Untersuchungsregion und Mess-Standorte

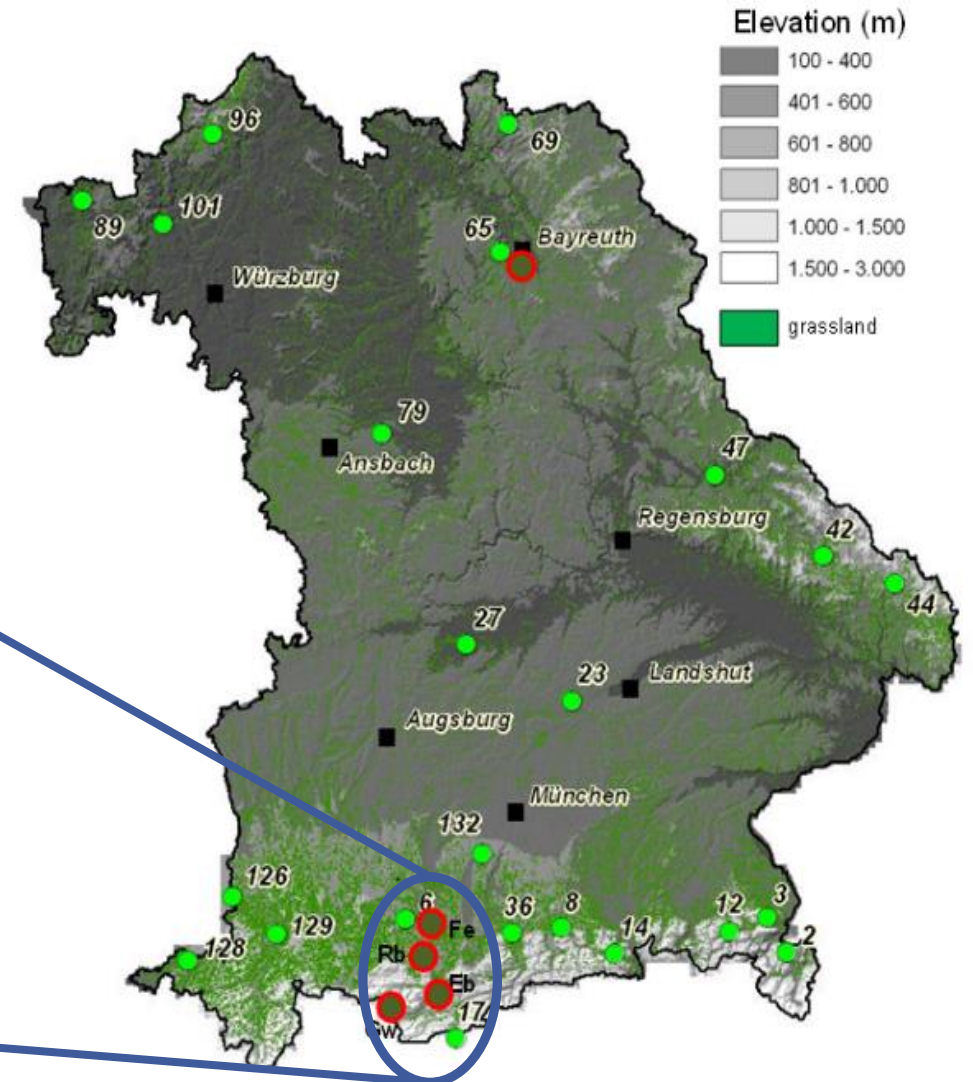
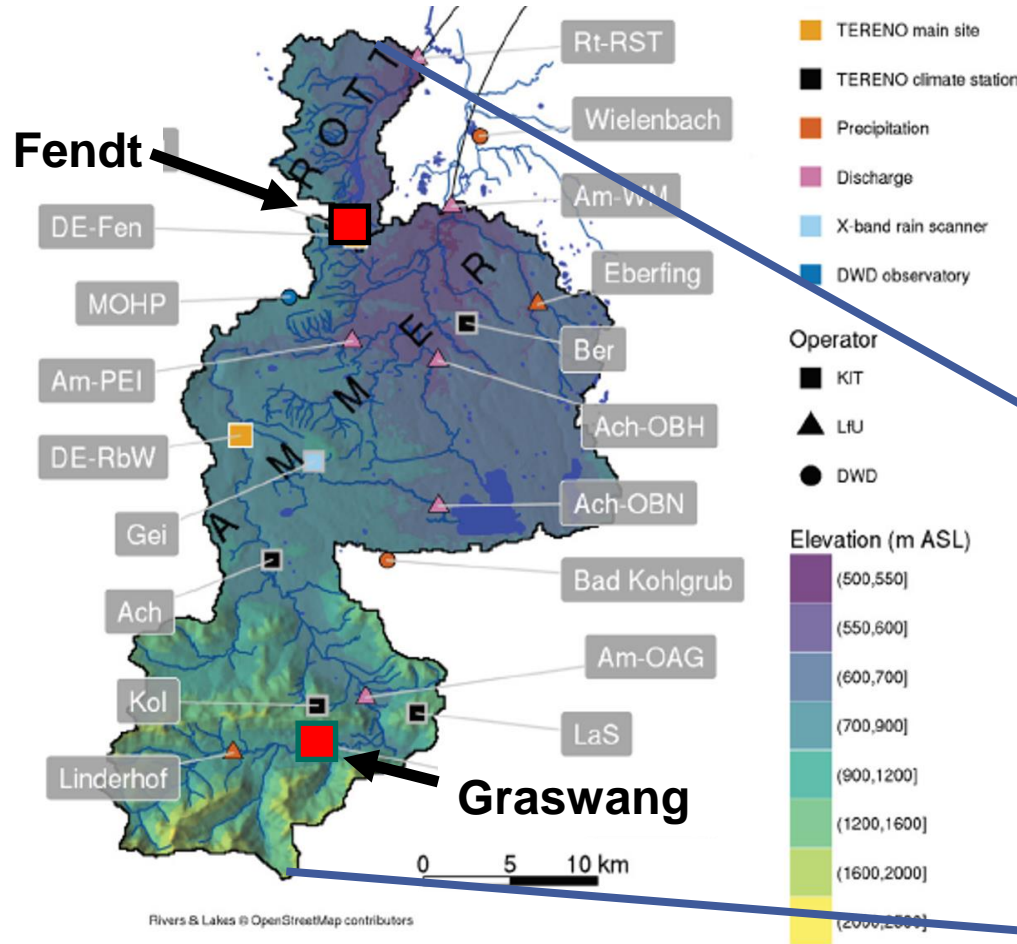
- >20 LfL Boden-Dauerbeobachtungsflächen seit 1985



 Mess-Standorte



# Untersuchungsregion und Mess-Standorte Ammer Einzugsgebiet (500km<sup>2</sup>)





# Untersuchungsregion und Mess-Standorte Ammer Einzugsgebiet



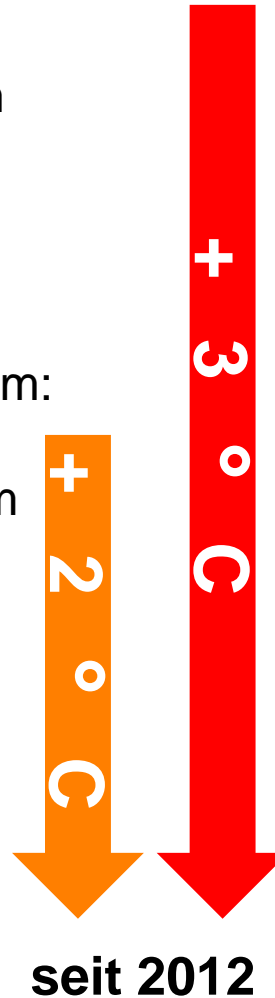
Esterberg 1300m:  
MAT: 6°C  
MAP: 1800mm



Graswang 860m:  
MAT: 7 °C  
MAP: 1398 mm



Fendt 600m  
MAT: 9°C  
MAP: 959mm



seit 2015



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Pflanzenproduktion,  
Biodiversität



C/N Umsetzungen  
Nährstoffretention  
THG Emissionen,  
mikrobielle Diversität

Boden SOC/N  
Fruchtbarkeit



Fernerkundung



C, N, Wasser-  
Modellierung



Sozio-Ökonomie



Entscheidungshilfe-Modell  
Austausch mit der Praxis



HELMHOLTZ MUNICH



Projektpartner

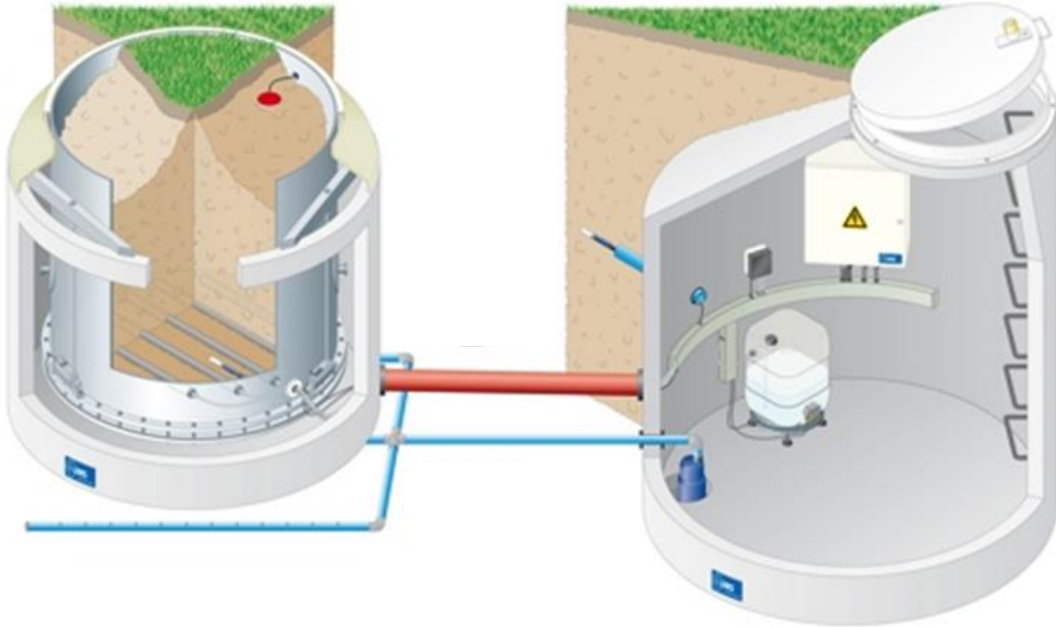


## Einfluss des Klimawandels und des Managements auf Ökosystemfunktionen von Grünland

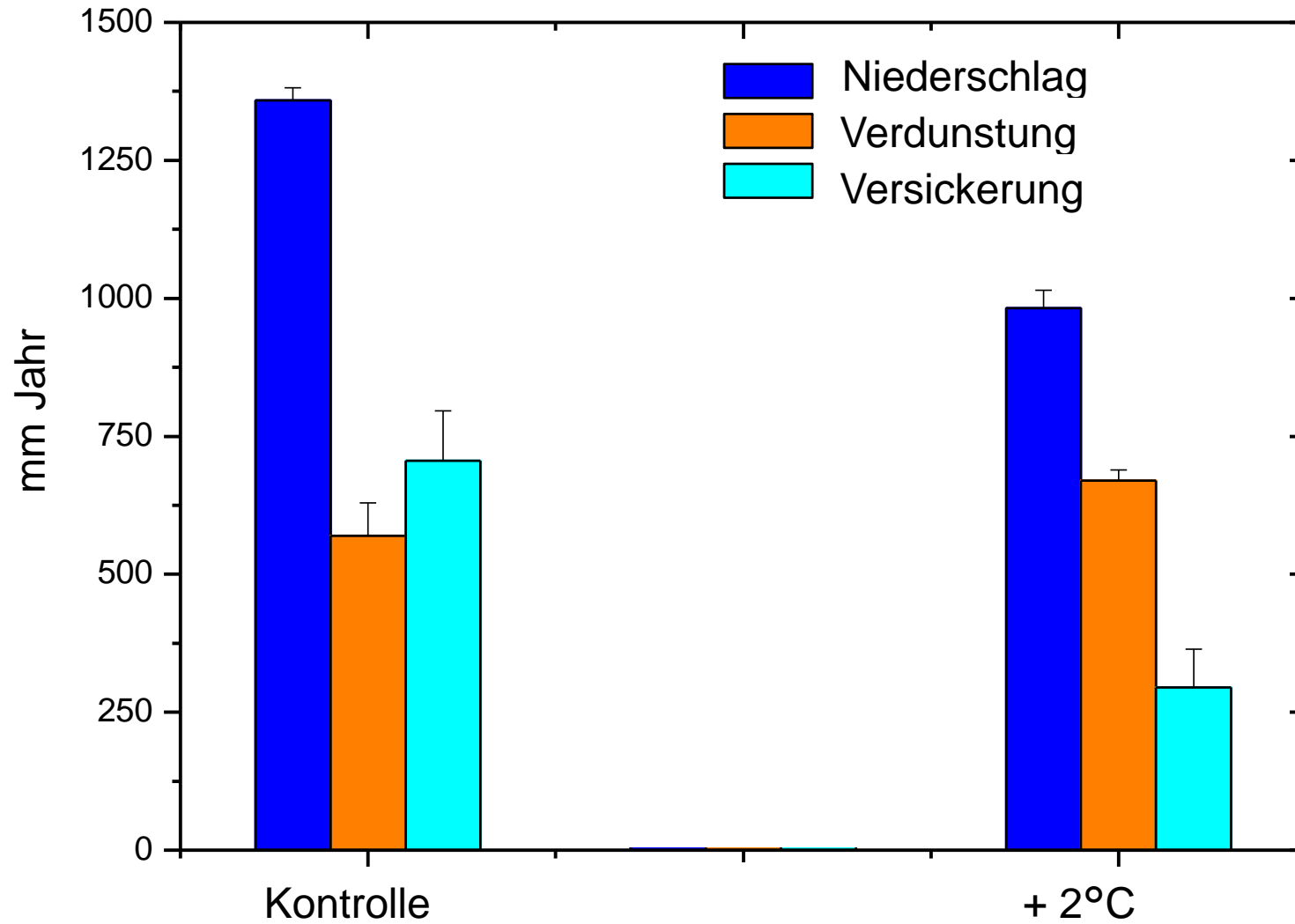
- Ertrag, Diversität, Futterwert
- Kohlenstoff und Stickstoff Umsetzungen/ Speicherung
- Austausch von Treibhausgasen:  $N_2O$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$
- Stoffaustrag mit dem Sickerwasser: Nitrat
- unter den gegebenen sozioökonomischen Bedingungen



# Untersuchungsregion und Mess-Standorte Ammer Einzugsgebiet



# Jährliche Wasserbilanz

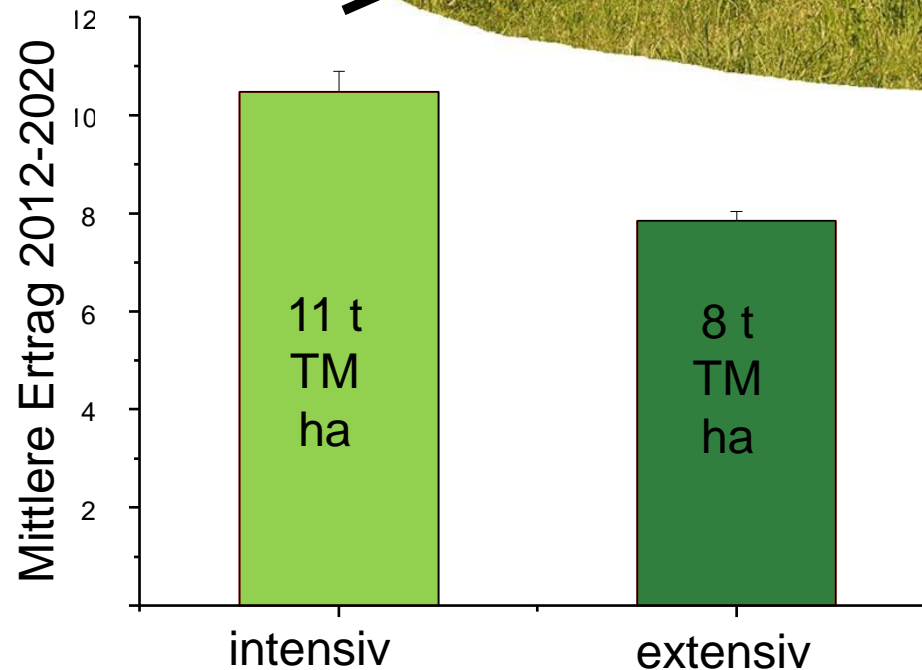


# Unterschiedliche Bewirtschaftung der Lysimeter

## Intensiv:

4-6 Schnitte / 4-5 Güllegaben

**2000 kg C / 200 kg N**



## Extensiv:

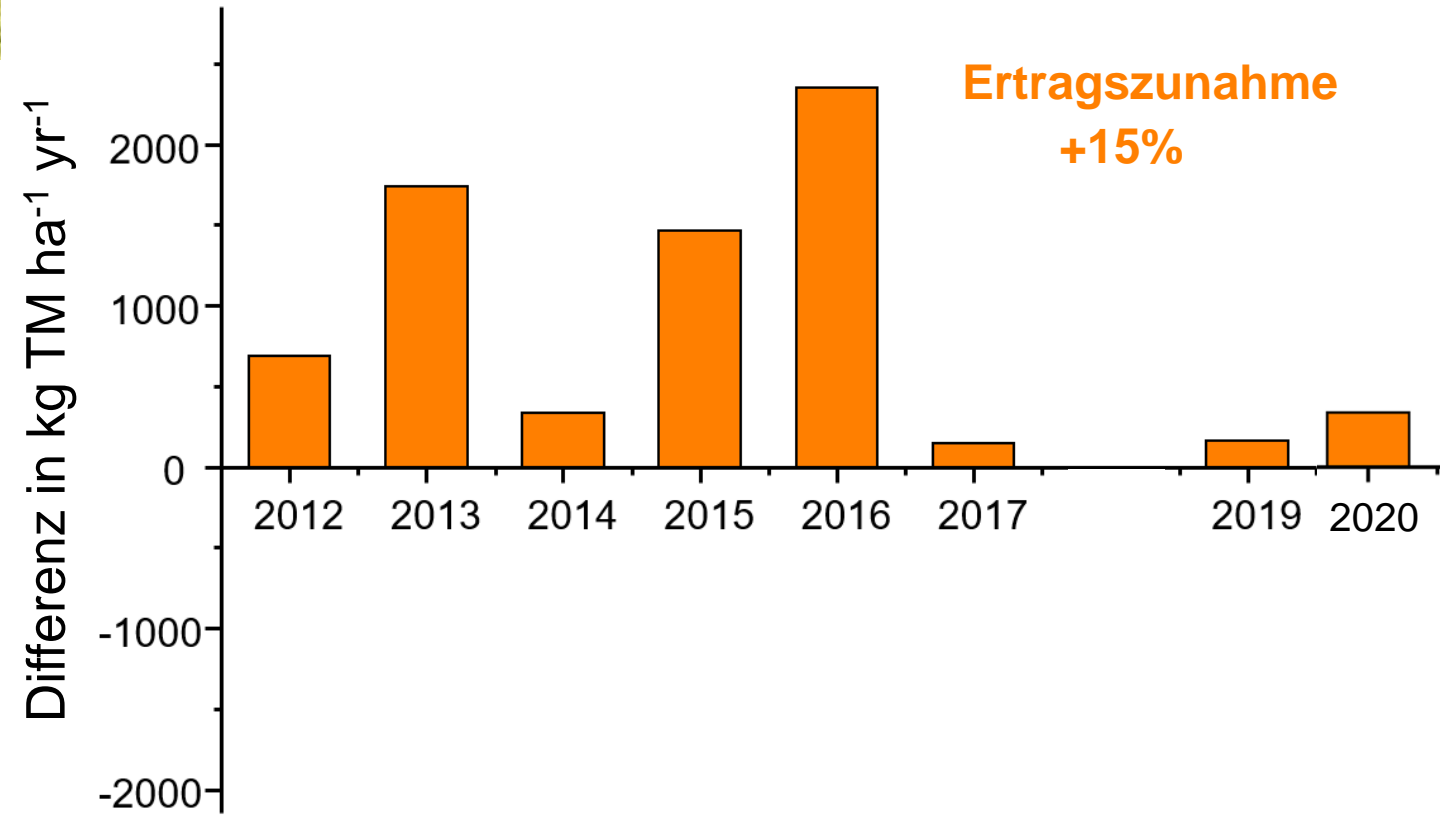
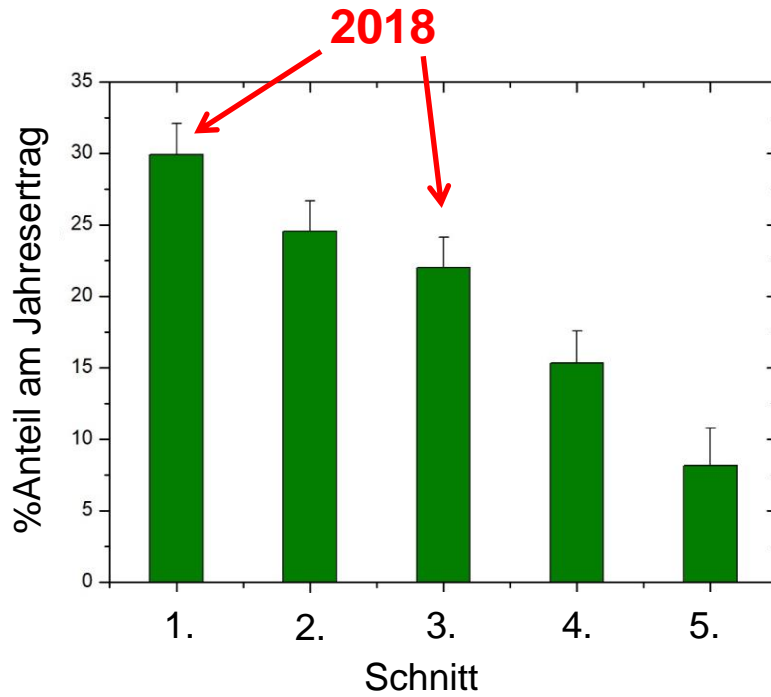
2-3 Schnitte / 1-2 Güllegaben

**750 kg C / 85 kg N**

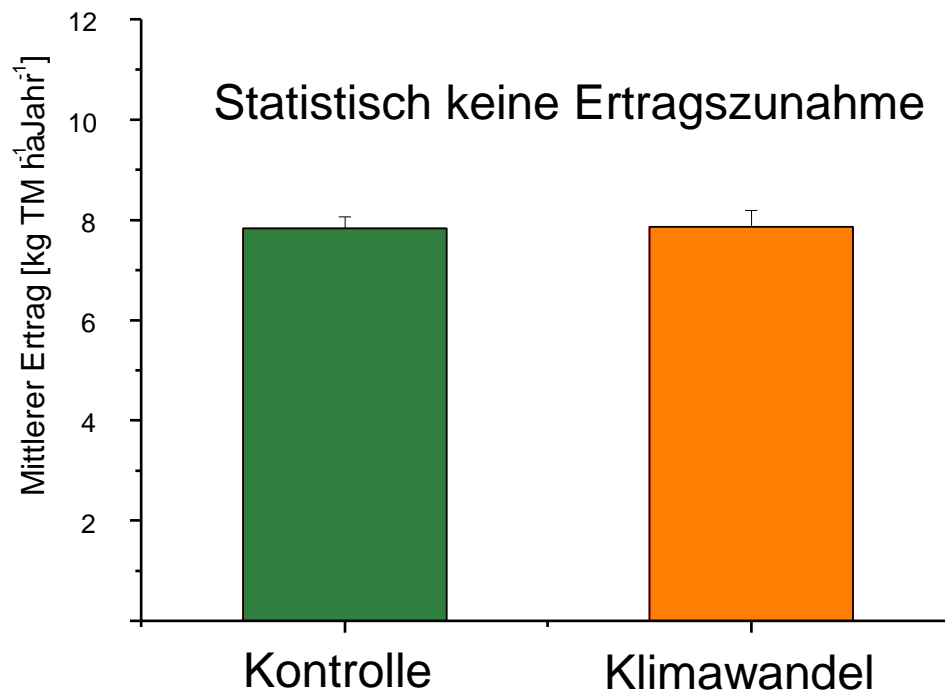
# Grünlanderträge im Klimawandel intensives Management



Schwellenwert  
~ 1000mm Niederschlag  
pro Jahr



# Grünlanderträge im Klimawandel extensives Management



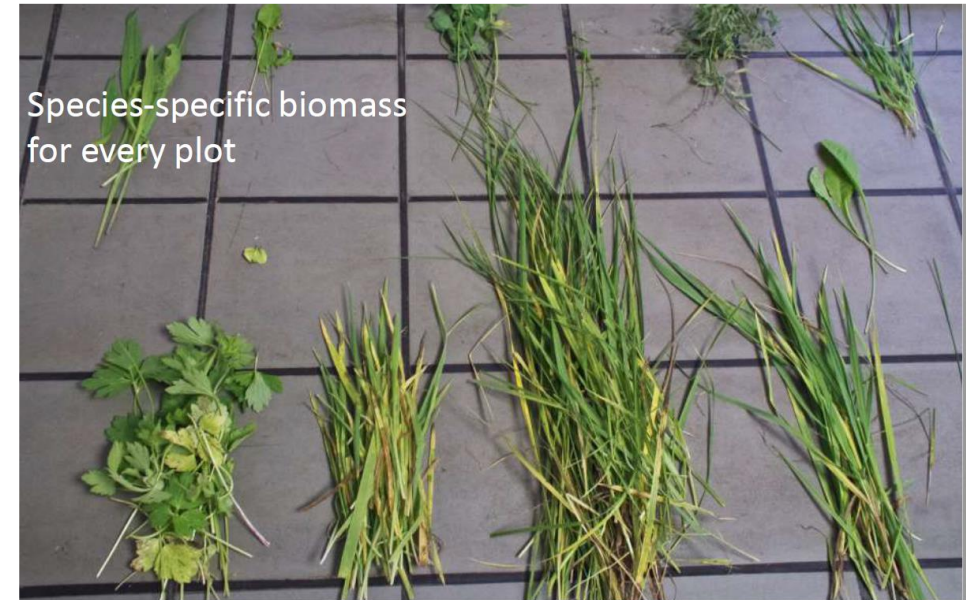
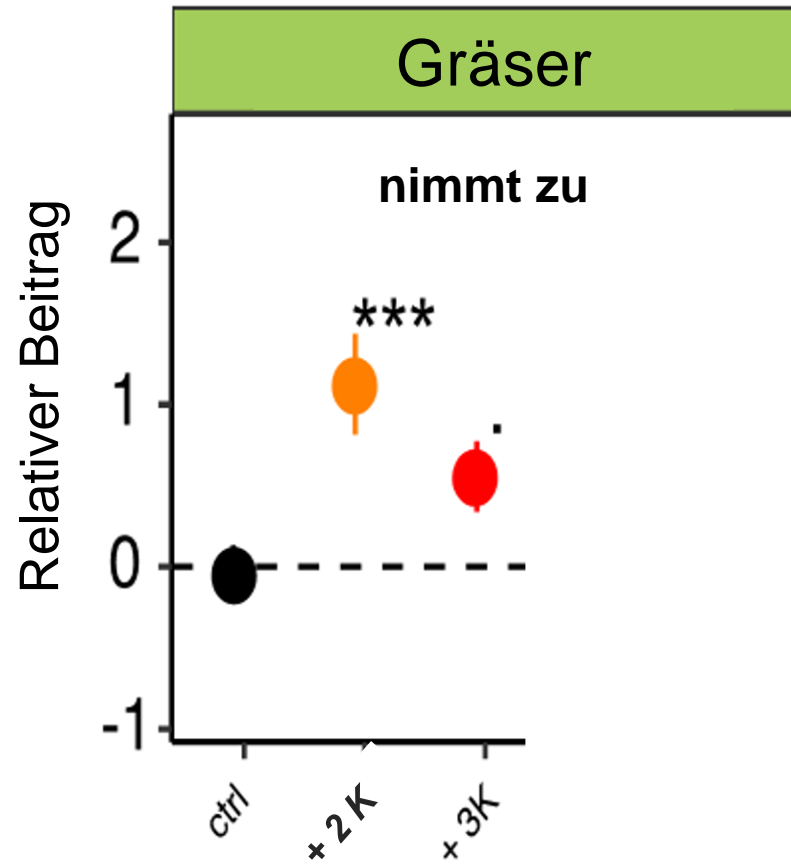
**aber:**

in trockenen Jahren (2018) Ertrag  
gleich hoch wie 5 Schnitte

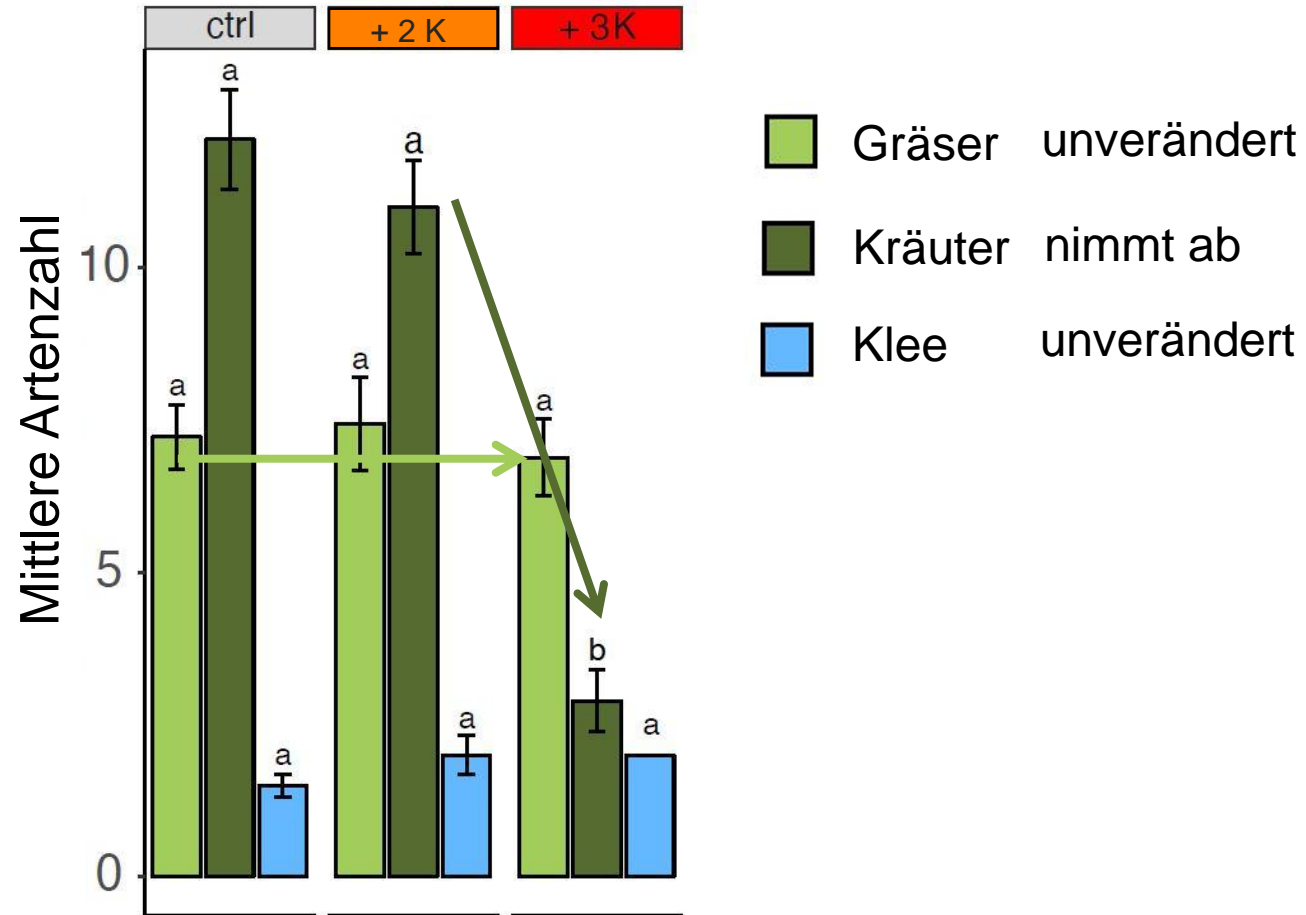
weniger stark schwankende  
Jahreserträge als mit 5 Schnitten



# Beitrag von Gräsern und Kräutern zum Ertrag



# Änderung der Artenvielfalt

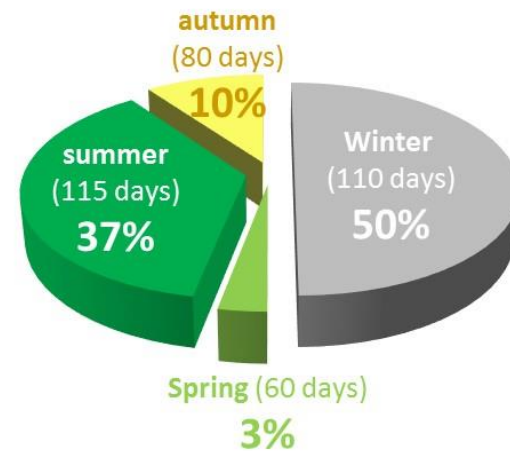


# Ertragssteigerung unter Klimawandel ?

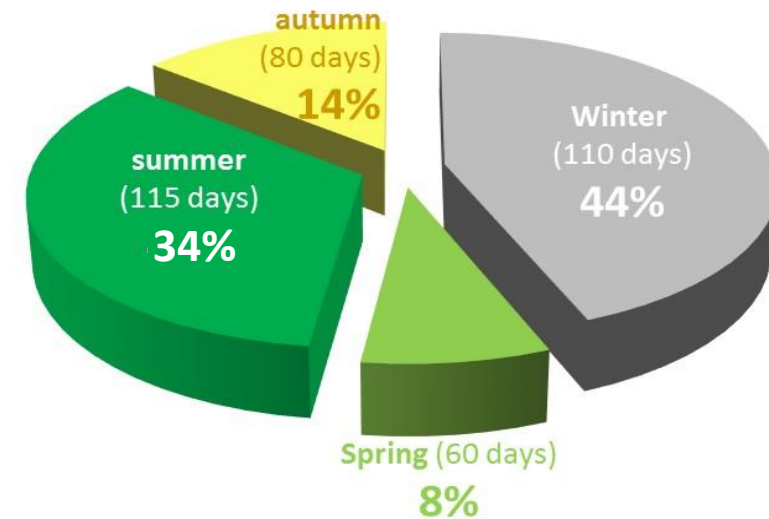


Mineralisierung

**Kontrolle 200 kg N ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>**



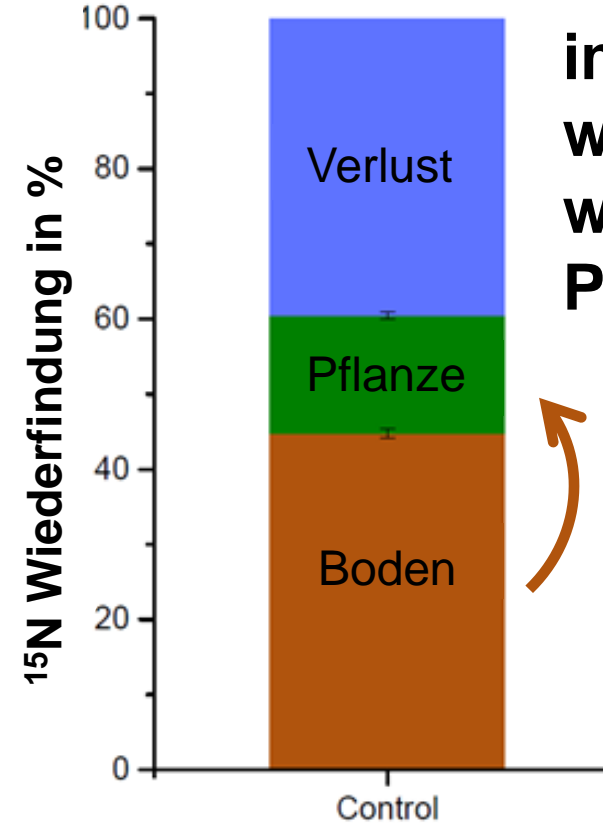
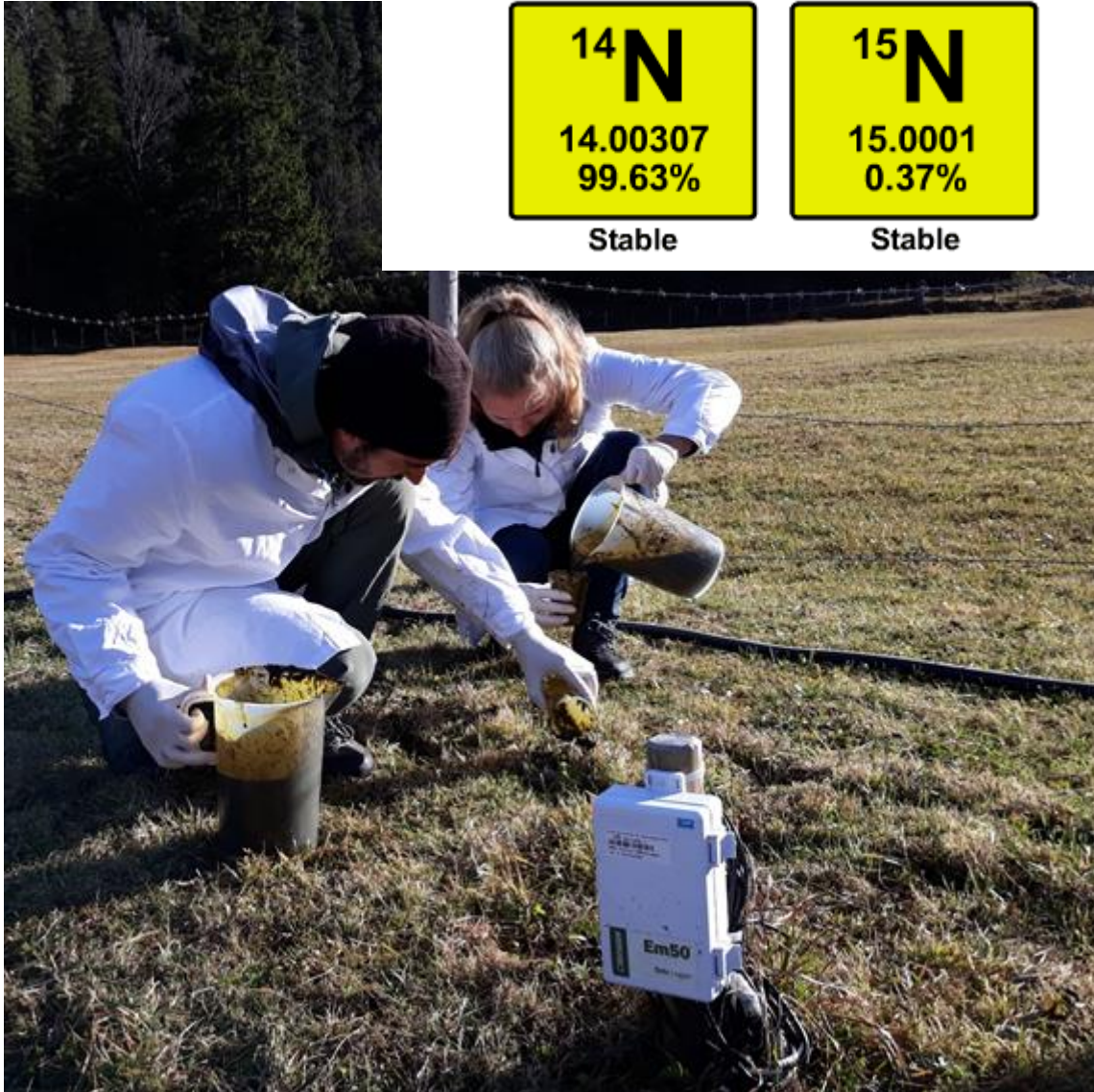
**Klimawandel 500 kg N ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>**



**Verfügbarkeit aus Bodenstickstoff nimmt stark zu**

# Wirkung von Dünger

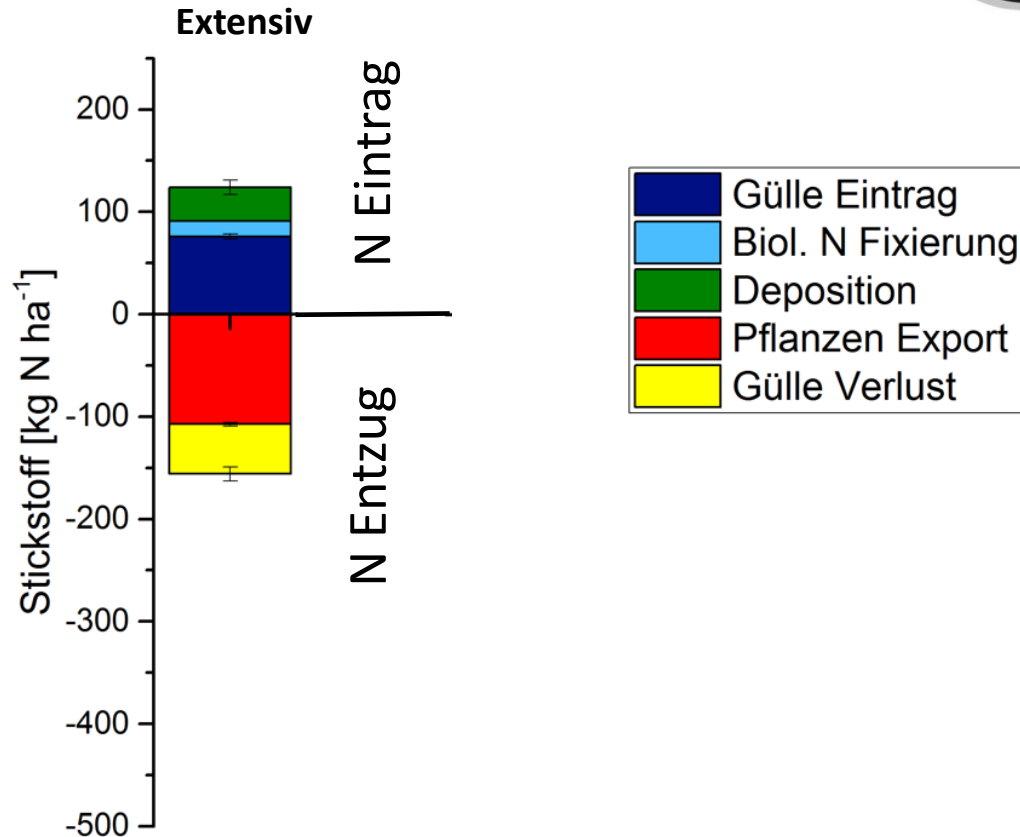
<b>14 N</b> 14.00307 99.63%	<b>15 N</b> 15.0001 0.37%
Stable	Stable



**im Grünland düngen  
wir den Boden und  
weniger direkt die  
Pflanzen**

Stickstoffbereitstellung  
maßgeblich aus der  
Mineralisierung org.  
Bodensubstanz

# Grünland Stickstoffbilanzen



## Stickstoffdefizit:

Extensiv: 25 kg ha Jahr

Intensiv: 150 kg ha Jahr

**Intensiv:** 170 kg ha Jahr

**Klimawandel**



Kohlenstoffverluste von 1-2 t Jahr

Humusabbau insbesondere unter intensiver Bewirtschaftung

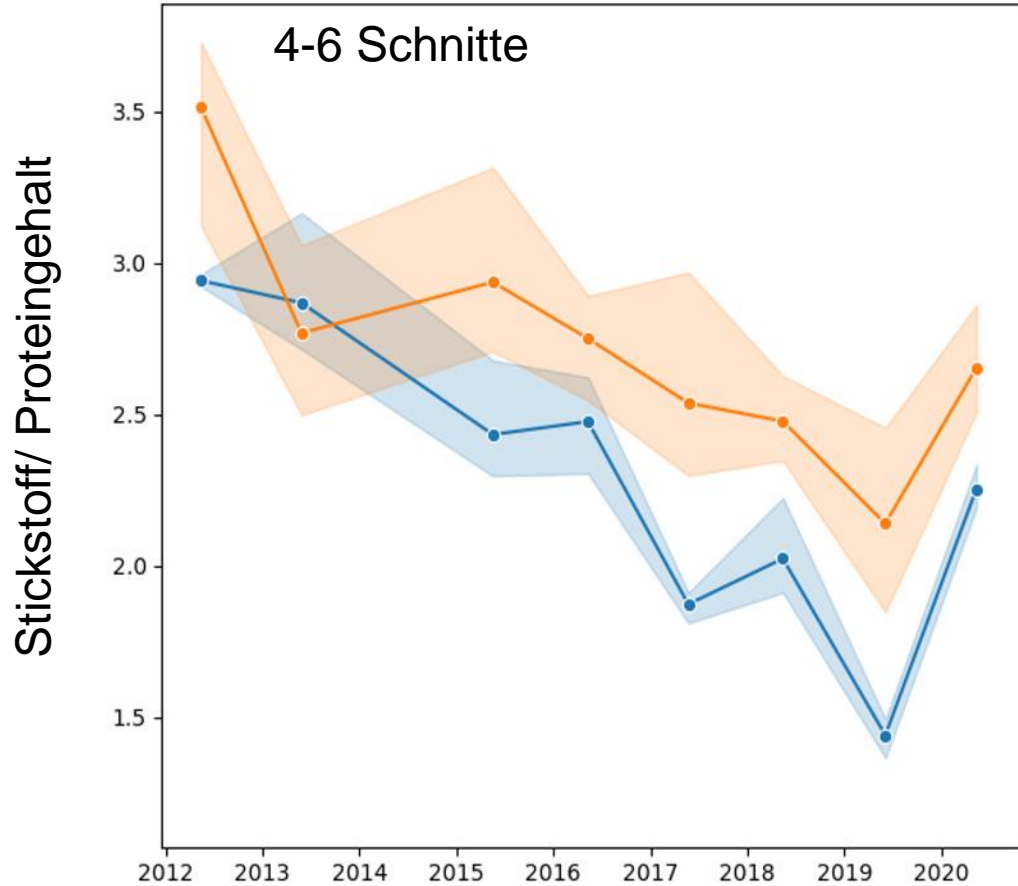
Klimawandel vergrößert den Humusabbau



angepasstes Düngemanagement

Potentielle Ertragssteigerungen durch  
Klimawandel mittelfristig mit derzeitigen  
Düngemengen nicht möglich

# Angepasstes Düngemanagement



angepasstes Management



Humusaufbau

Gülle mit höherer TS

Festmist

Düngeverordnung



höhere Effizienz

Reduzierung von

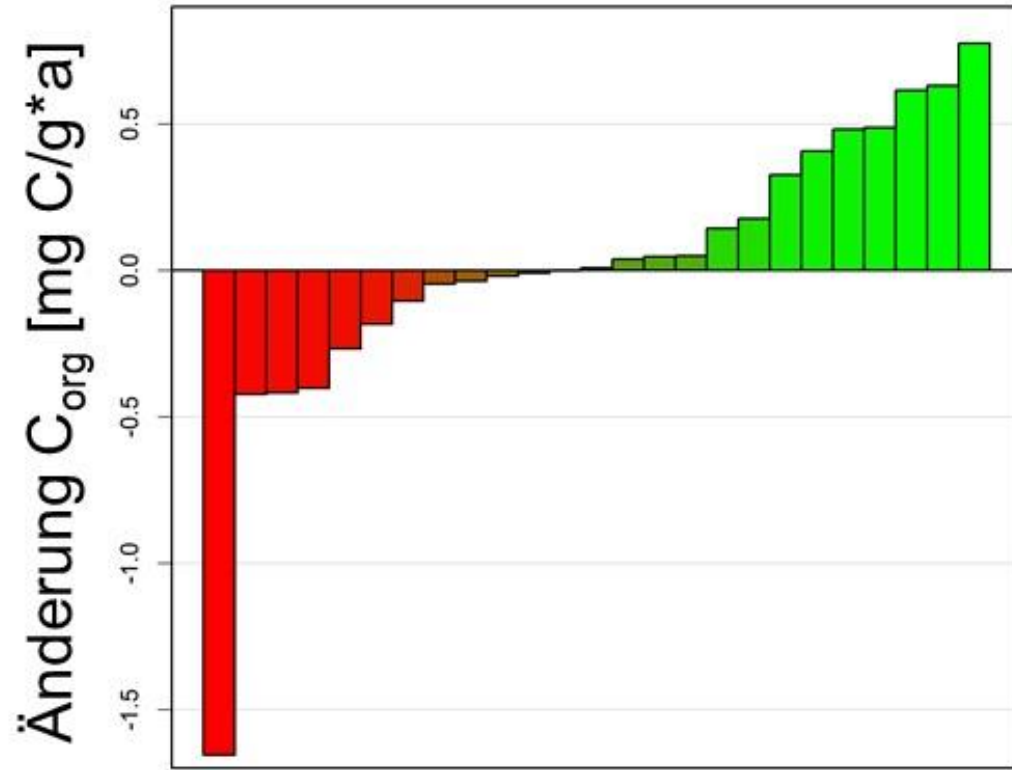
Ammoniak-  
Verlusten

Leguminosen

Erhöhung der  
Stickstoff Düngung

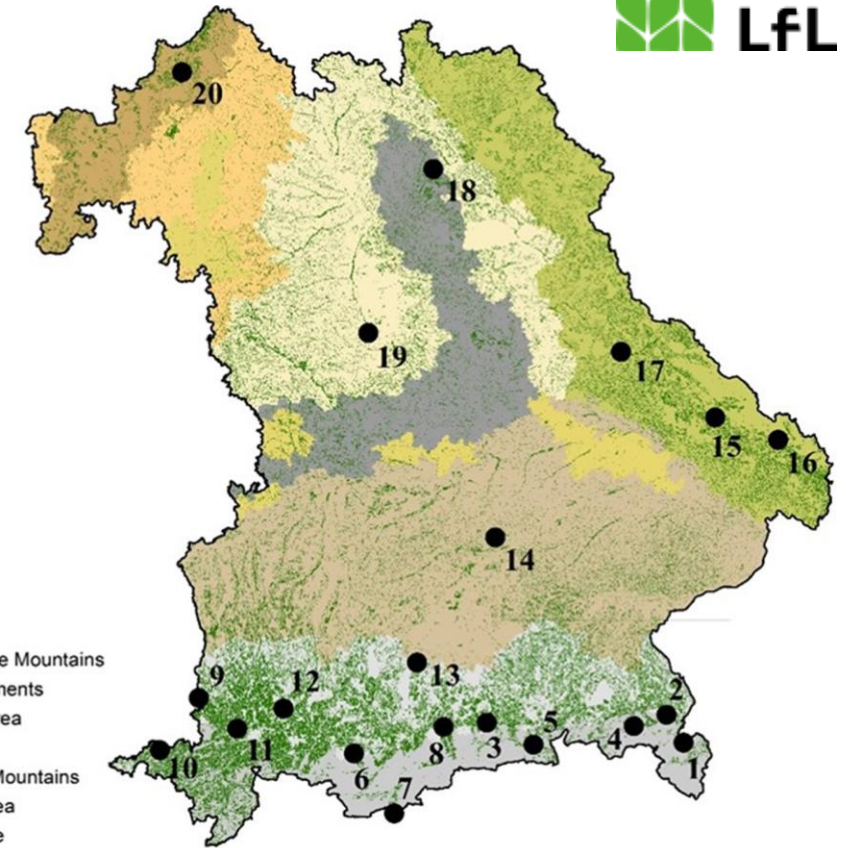


erlaubt maximal  
170 kg N ha Jahr



Änderungen: f (Historie, Klima, Management)

- Alps
- Pre-Alps
- Tertiary Hills Region
- Loess Regions
- East-Bavarian Mid-Range Mountains
- Region of Jurassic Sediments
- Northern Bavarian Hill Area
- Franconian Lowlands
- Franconian Mid-Range Mountains
- Permanent grassland area
- Grassland monitoring site



# Grünlandleistungen

## Produktivität



Intensive  
Bewirtschaftung

durch Klimawandel und  
angepasstes Management  
Ertragssteigerungen möglich

## Kohlenstoffspeicherung Klimaschutz



+

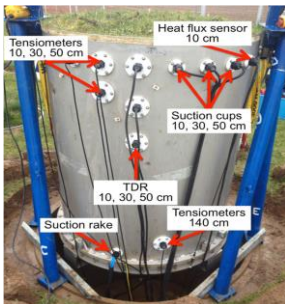
## Biodiversität



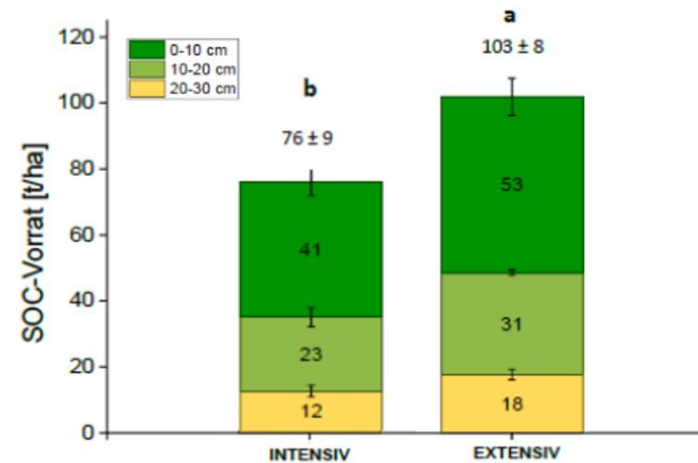
zukünftig mehr  
→

Extensive  
Bewirtschaftung

## Nitrat



## Lachgas





# Räumliche Übertragung/ Überprüfung - vom Punkt in die Fläche

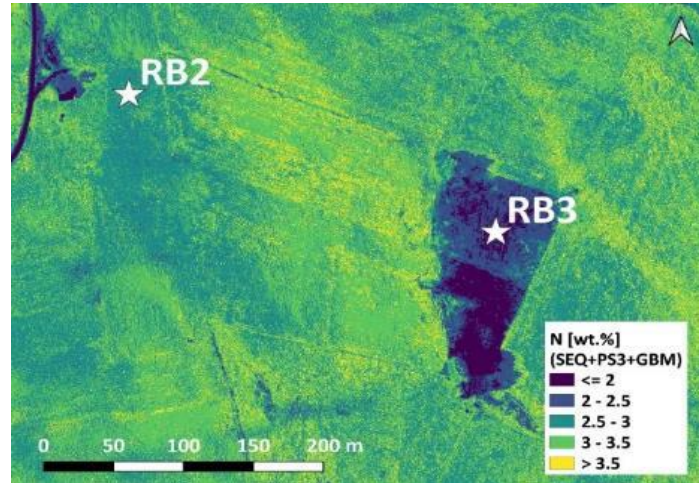


mit Drohnen und  
Satellitenbeobachtung

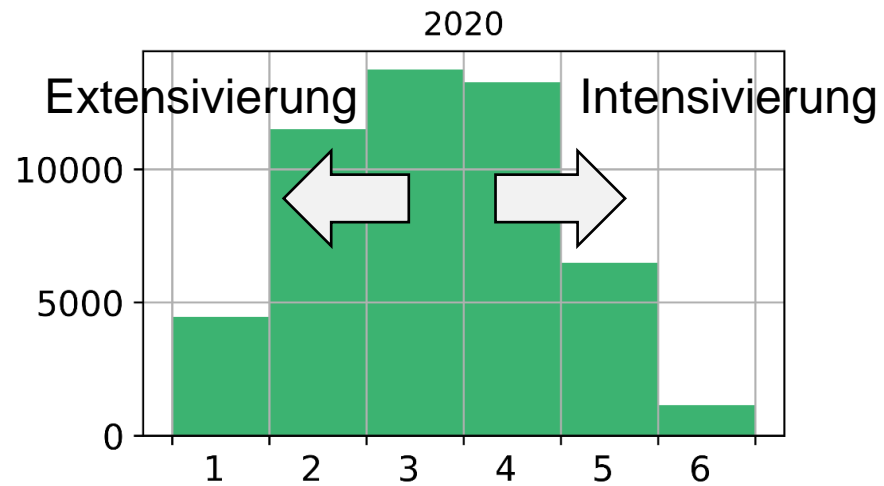
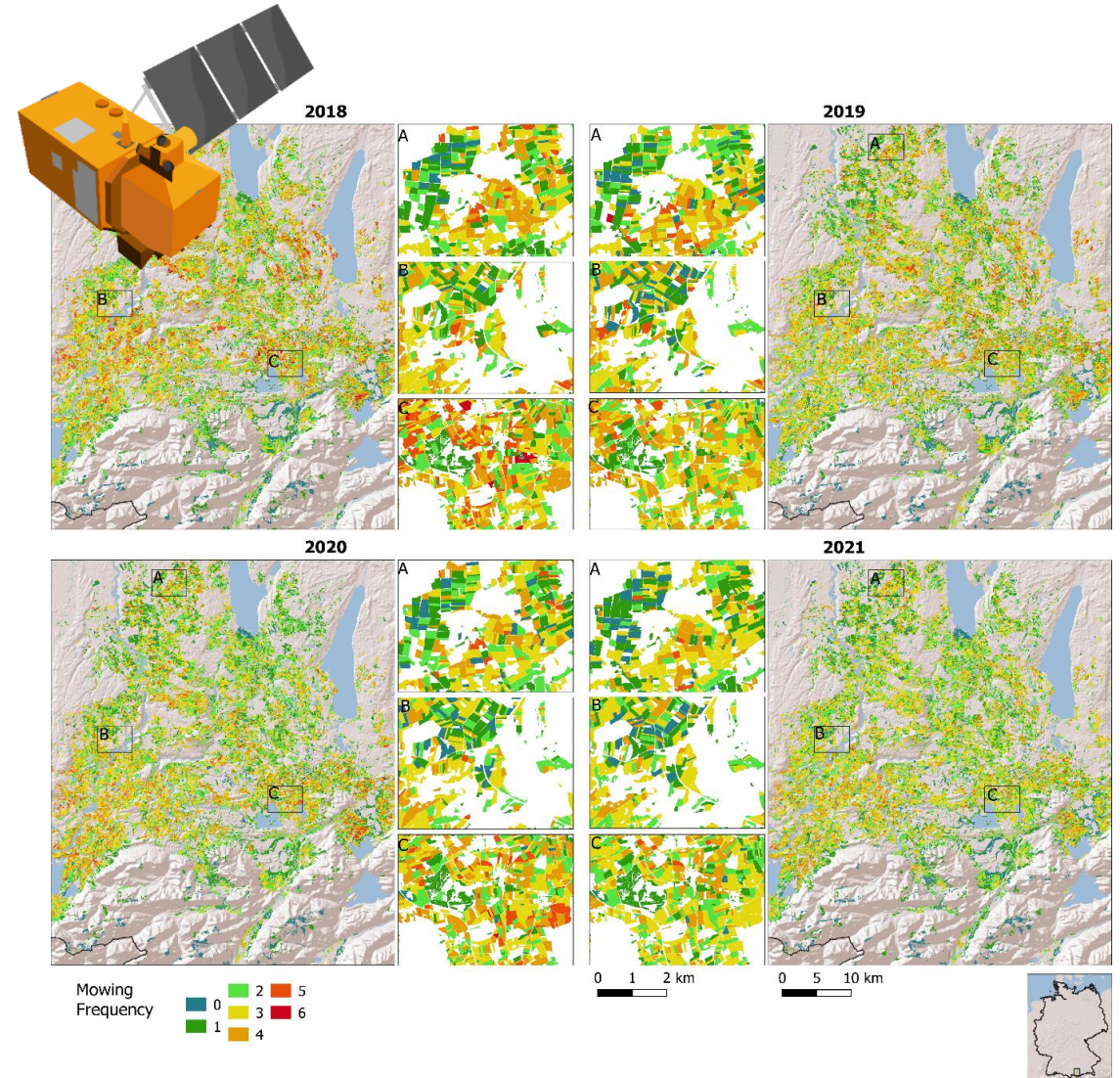


# Fernerkundung

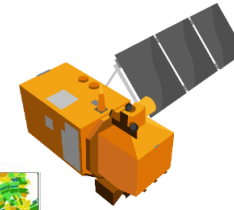
## Stickstoffgehalte im Grünland



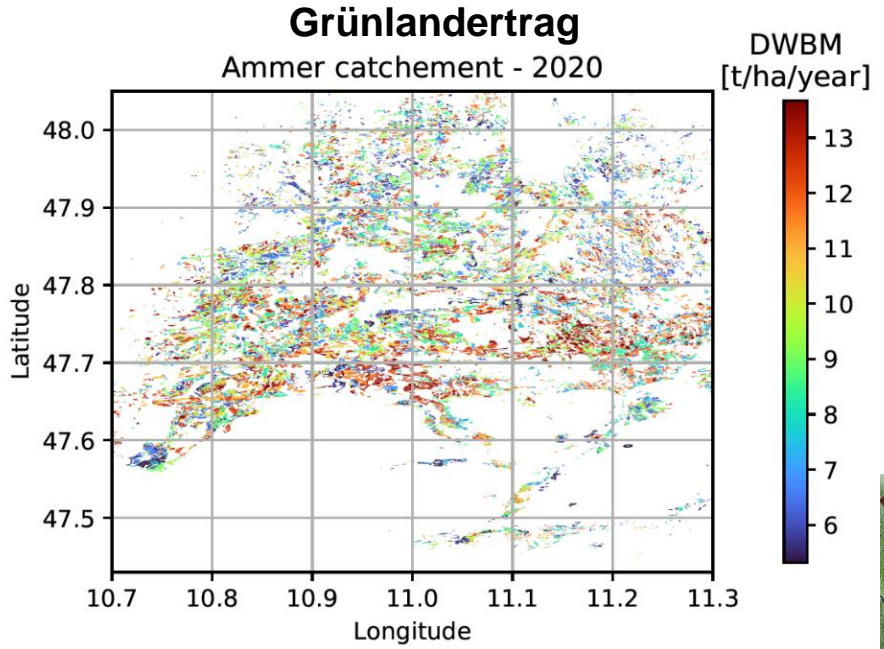
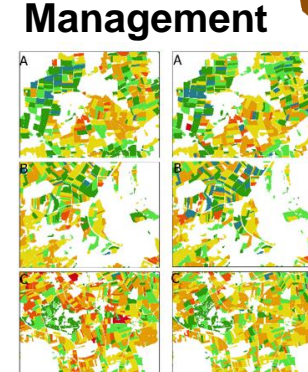
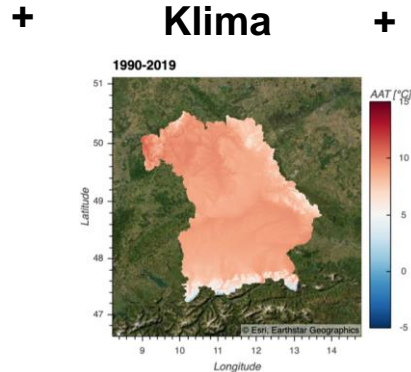
## Schnitthäufigkeit und Biomasse



# Räumliche Übertragung mit Simulationsmodellen

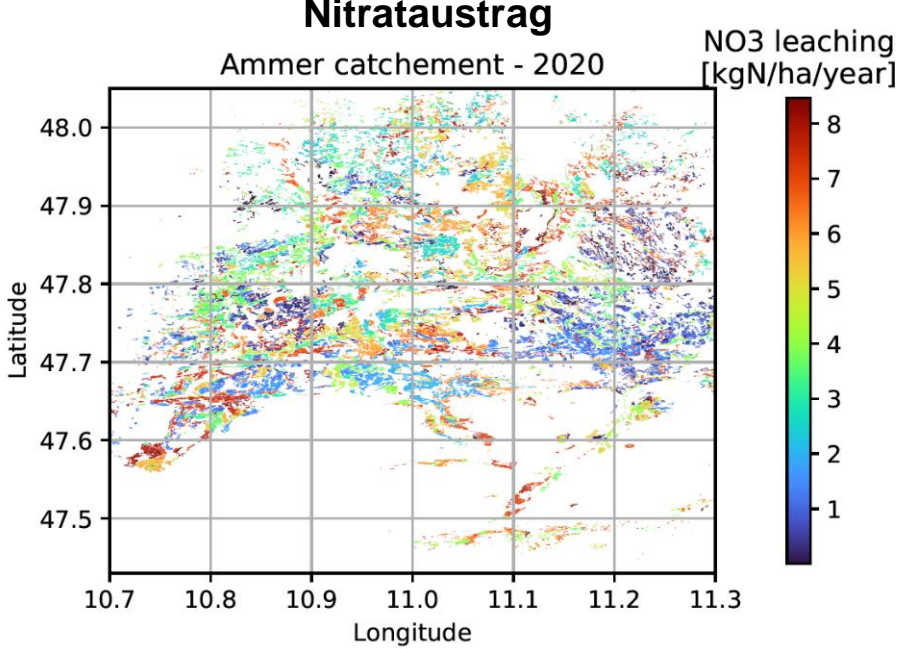


Year	Scenario	Soil Type	Climate	Management	Output
2010	Scenario 1	Soil 1	Climate 1	Management 1	Value 1
2010	Scenario 2	Soil 2	Climate 2	Management 2	Value 2
2010	Scenario 3	Soil 3	Climate 3	Management 3	Value 3
2010	Scenario 4	Soil 4	Climate 4	Management 4	Value 4
2010	Scenario 5	Soil 5	Climate 5	Management 5	Value 5
2010	Scenario 6	Soil 6	Climate 6	Management 6	Value 6
2010	Scenario 7	Soil 7	Climate 7	Management 7	Value 7
2010	Scenario 8	Soil 8	Climate 8	Management 8	Value 8
2010	Scenario 9	Soil 9	Climate 9	Management 9	Value 9
2010	Scenario 10	Soil 10	Climate 10	Management 10	Value 10
2010	Scenario 11	Soil 11	Climate 11	Management 11	Value 11
2010	Scenario 12	Soil 12	Climate 12	Management 12	Value 12
2010	Scenario 13	Soil 13	Climate 13	Management 13	Value 13
2010	Scenario 14	Soil 14	Climate 14	Management 14	Value 14
2010	Scenario 15	Soil 15	Climate 15	Management 15	Value 15
2010	Scenario 16	Soil 16	Climate 16	Management 16	Value 16
2010	Scenario 17	Soil 17	Climate 17	Management 17	Value 17
2010	Scenario 18	Soil 18	Climate 18	Management 18	Value 18
2010	Scenario 19	Soil 19	Climate 19	Management 19	Value 19
2010	Scenario 20	Soil 20	Climate 20	Management 20	Value 20



**2018**  
8.1 t TM ha<sup>-1</sup>  
460 kt TM

**2019**  
9.3 t TM ha<sup>-1</sup>  
526 kt TM



# Fazit



Klimawandel führt zu höheren Grünlanderträgen bei ausreichendem Niederschlag und Nährstoffversorgung

Unter trockenen Bedingungen Erträge von extensivem Grünland resilienter

Pflanzenernährung maßgeblich über den Boden,

d.h. gr. Bedeutung des Humusmanagements = Dünge- und Schnittmanagements

Insbesondere im Hinblick auf negative Grünland N und C Bilanzen im Alpenvorland

Humusabbau intensiv > extensiv und Klimawandel > Jetztzeit

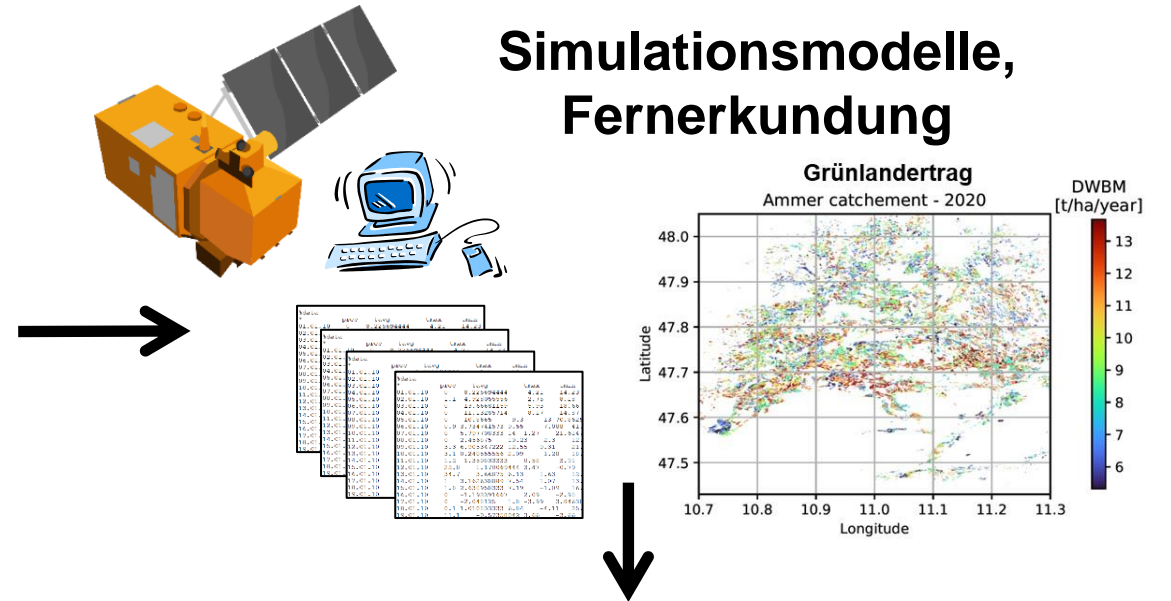
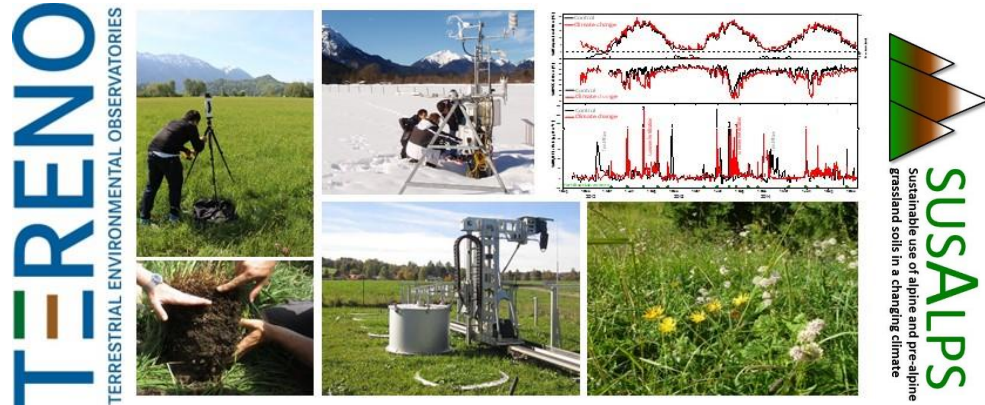
Ökosystemdienstleistungen wie Produktivität, Biodiversität und Klimaschutz hängen stark mit der Schnitthäufigkeit zusammen

Daher nur bedingt auf einer Fläche zu erreichen

Optimierung von Ökosystemdienstleistungen und Klimawandelanpassung auf Betriebs bzw. Landschaftsebene

Klimawandel macht Entscheidungsfindung für Landwirte komplexer

## Wissenschaftliche Erkenntnisse



## Dialog mit der Praxis

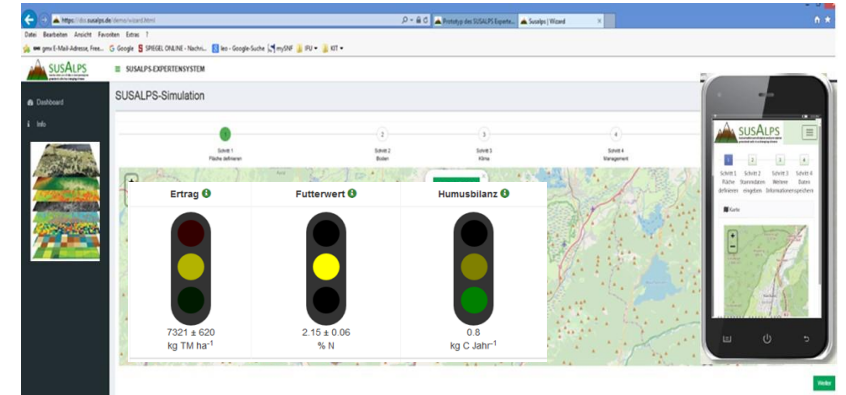
BILD DES TAGES



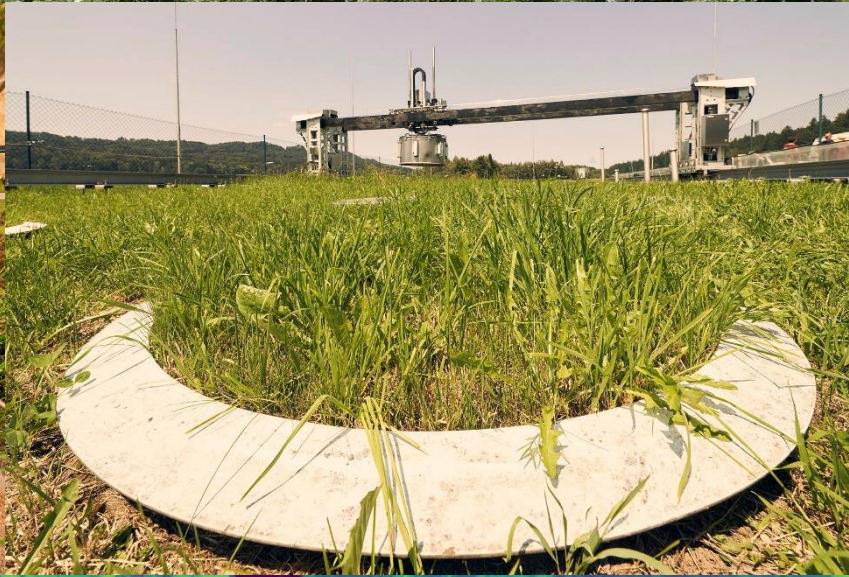
**An einem Runden Tisch** haben vor kurzem Landwirte und Wissenschaftler über den Einfluss von Klimaveränderungen diskutiert. Am Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU) in Garmisch-Partenkirchen fanden sich mehr als 30 Teilnehmer ein. Darunter sowohl Praktiker aus der Landwirtschaft und der Beratung, als auch Mitarbeiter von Behörden und Forscher. Über die Bedeutsamkeit der regionalen Grünlandwirtschaft für Umwelt und Tourismus waren sich alle Beteiligten einig. Für die Praxis werden vor allem bessere Systeme zur klimaangepassten Bewirtschaftung gewünscht.

AS/PROFOTAK

## App für die Praxis



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



GEFÖRDERT VOM

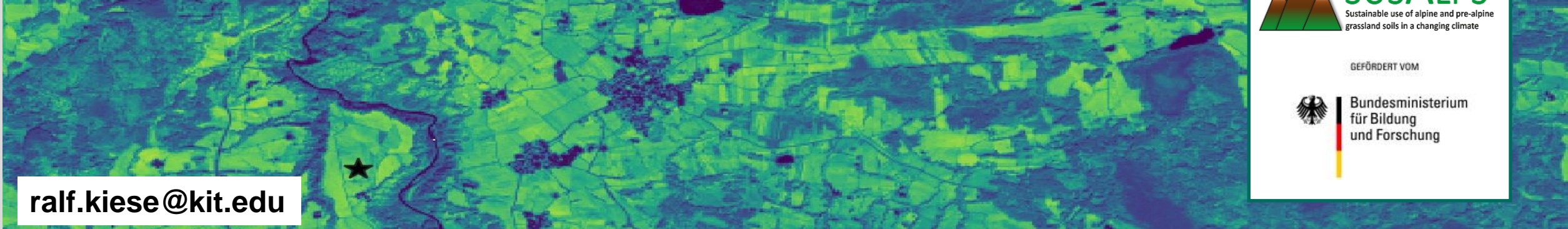
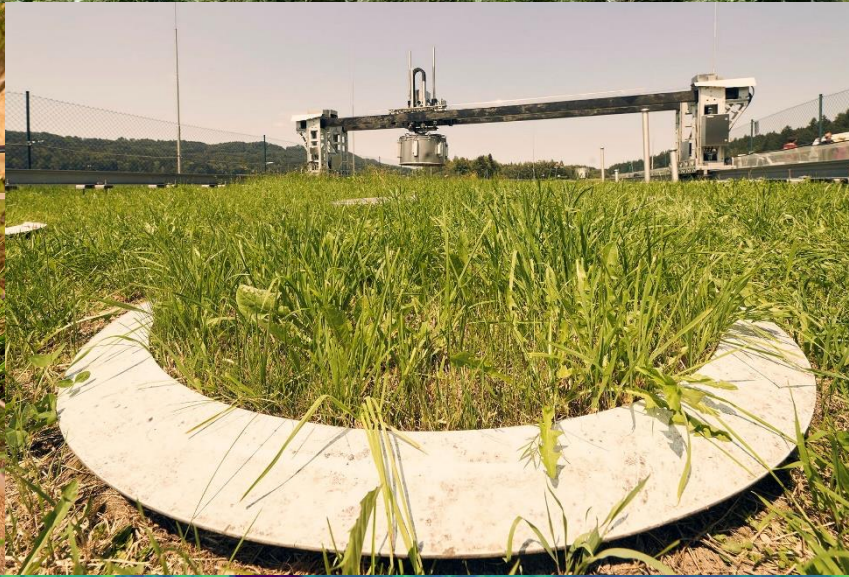


Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

ralf.kiese@kit.edu



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



ralf.kiese@kit.edu

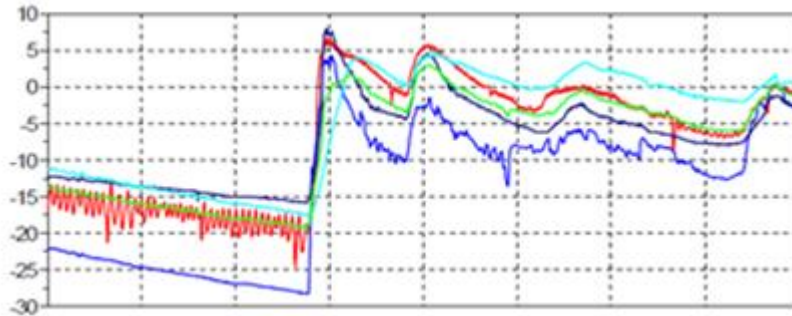
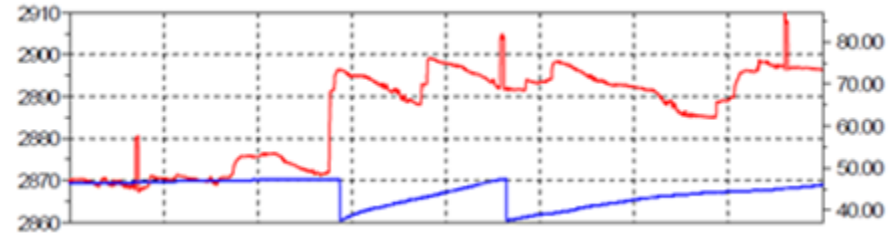
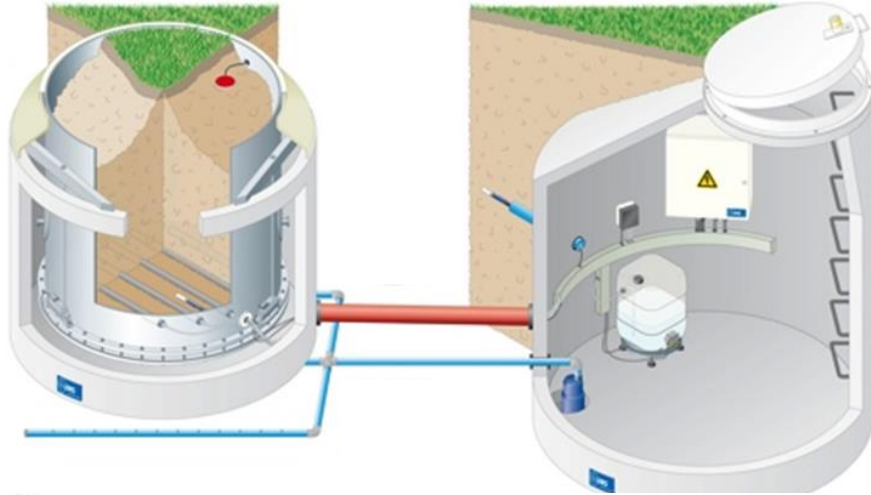
**SUSALPS**  
Sustainable use of alpine and pre-alpine  
grassland soils in a changing climate

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Measuring design of Lysimeters

$$N = ETa + Sw + \delta S$$

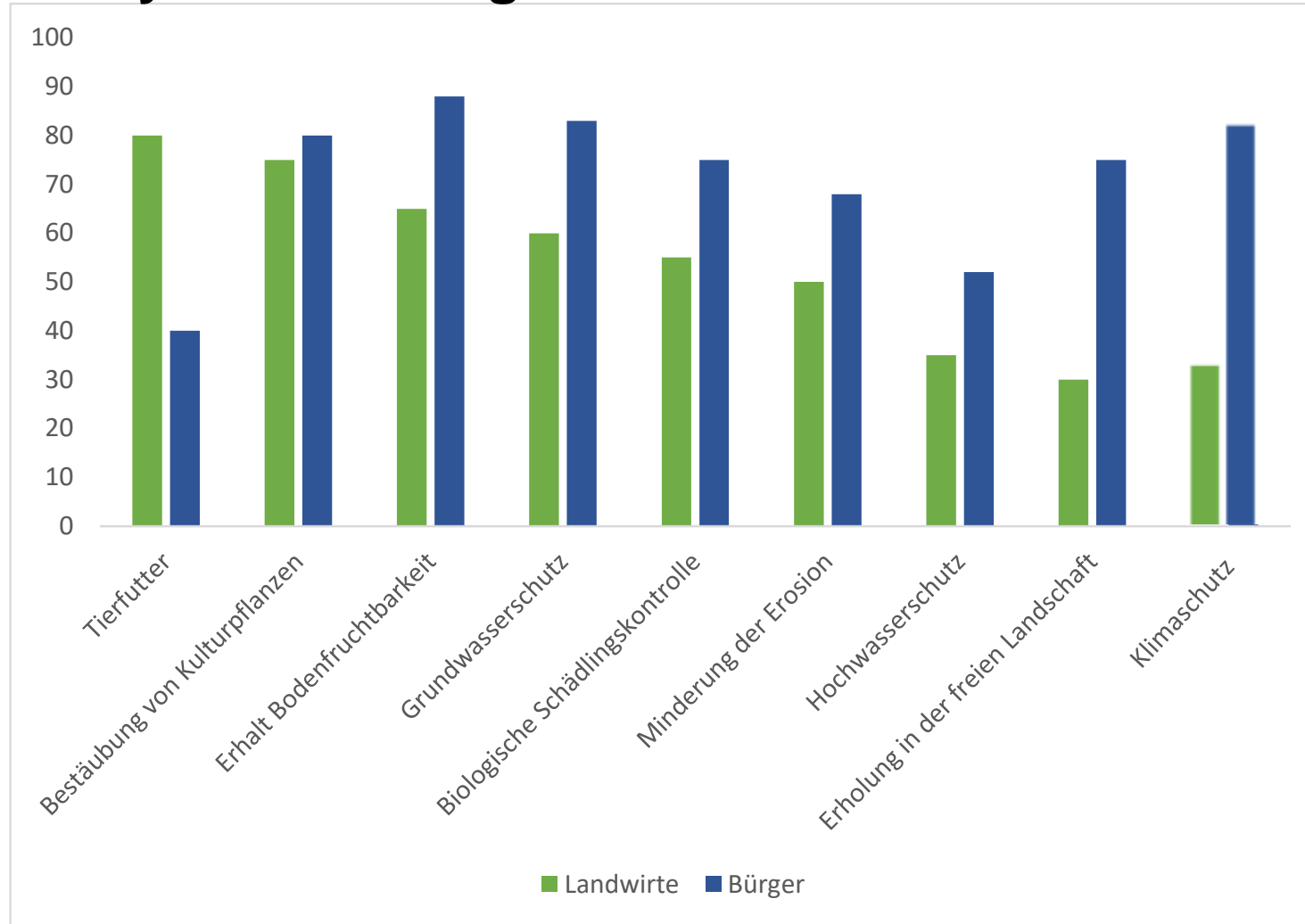


Suction cups in 20,30,50,120cm soil depth



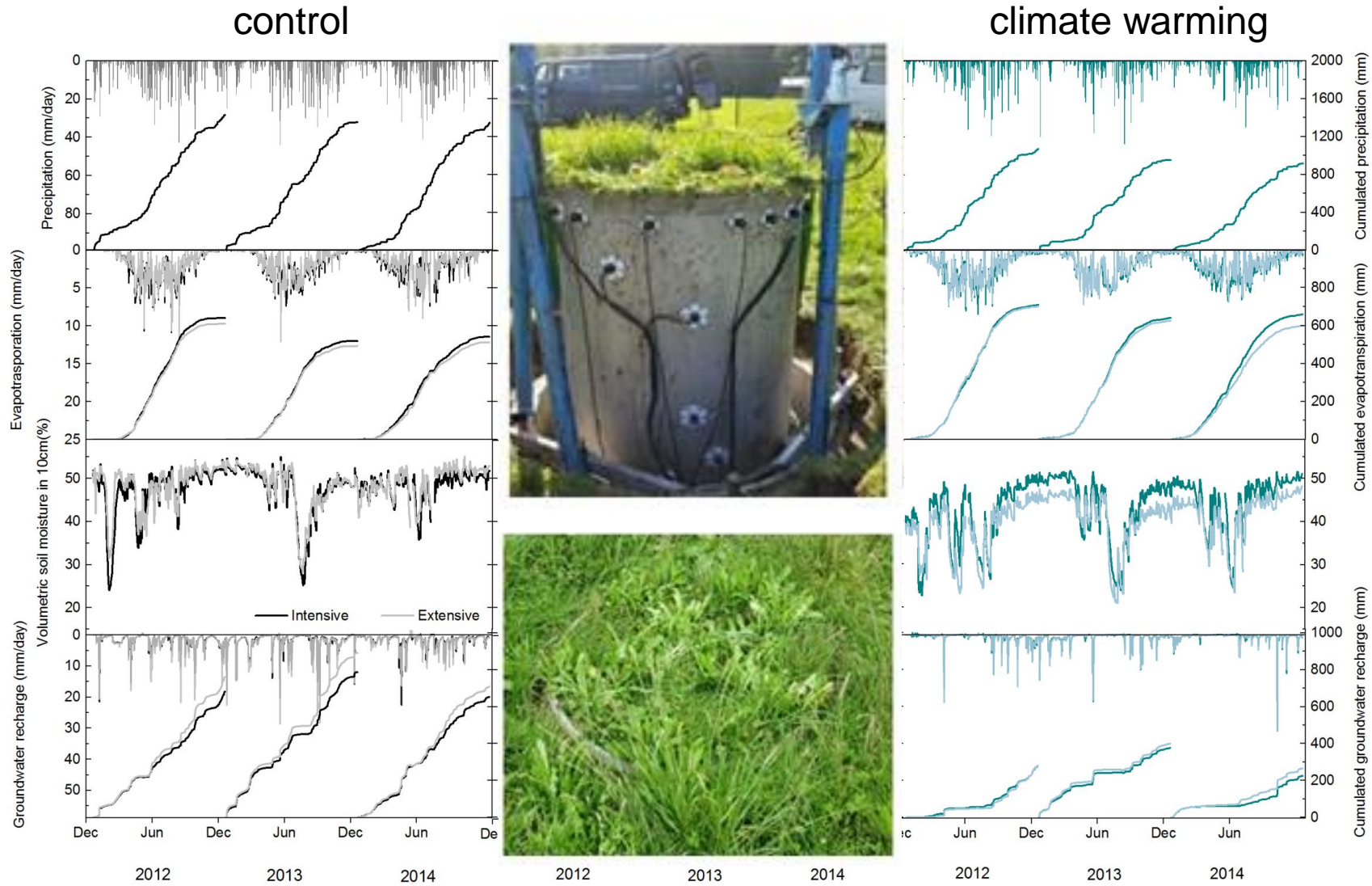


# Bewertung der Ökosystemleistungen von Grünland

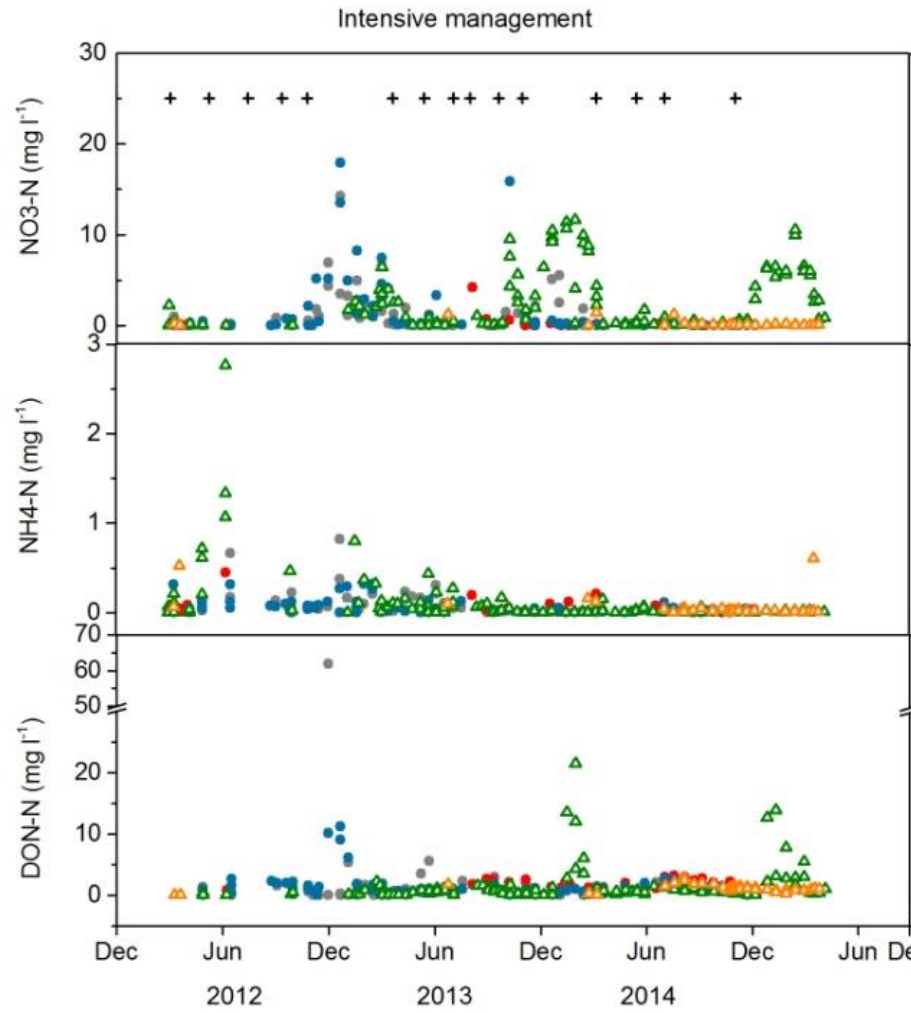


Anteil der Befragten (in %), die ausgewählte Ökosystemleistungen als „sehr wichtig“ bewerten

# Daily cumulative water balance



# Bi-weekly N concentration in soil water (10cm)



- △ E860      △ E770      + Fertilization
- E860\_600      ● E860\_770      ● E770\_600

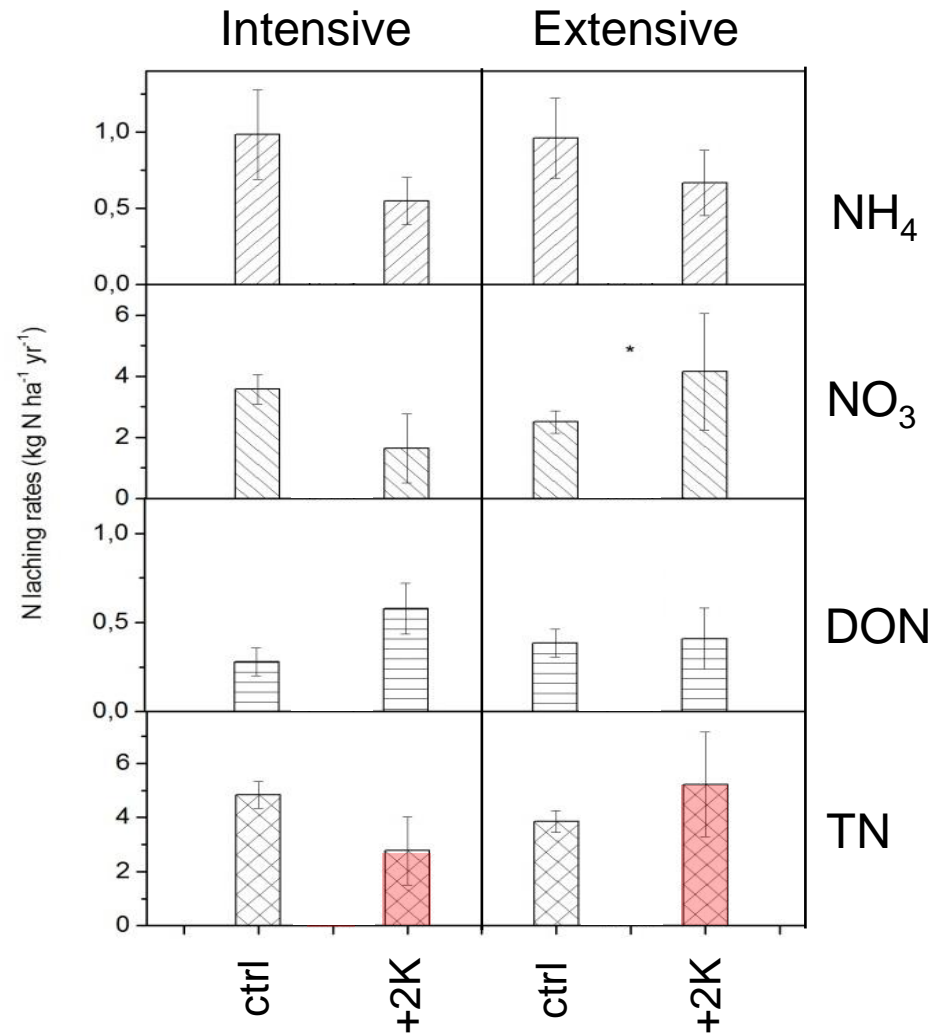
# Nitrogen and carbon leaching from grassland soils

Nitrogen leaching  
very low

leaching int = ext  
management

Climate change  
increases soil N  
concentration

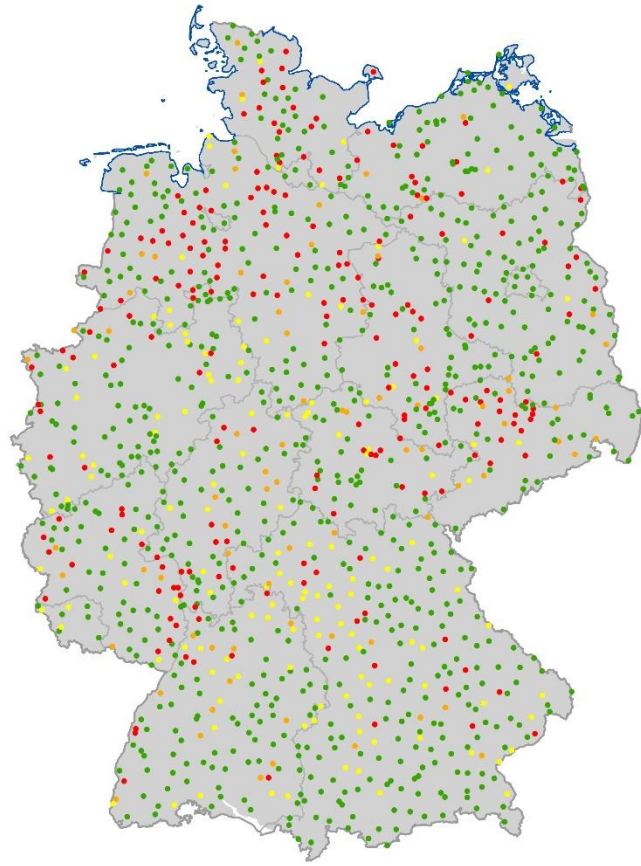
No effect on  
leaching due to  
lower seepage  
water formation



**DOC losses**  
not affected by  
management

Increases (40-  
50%) under climate  
change

Overall DOC  
minor component  
in grassland  
C budgets  
( $<30 \text{ kg C ha}^{-1}$ )



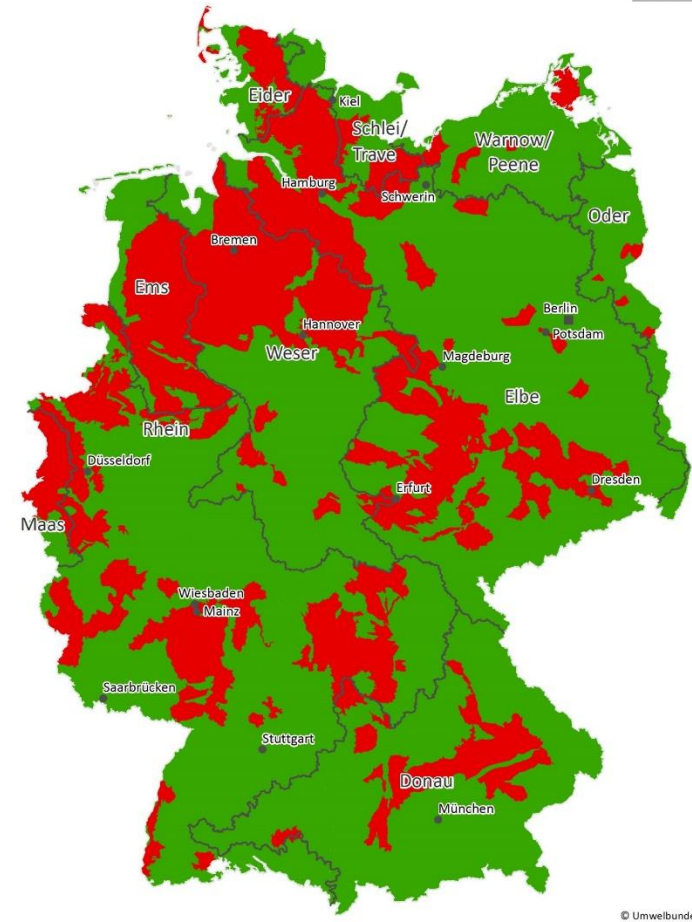
Mittlere Nitratgehalte an den Messstellen des EUA-Messnetzes für den Zeitraum 2016 – 2018

Nitratgehalte im Grundwasser im Zeitraum 2016-2018 (mg/l Nitrat)

- 0 bis <= 25
- > 25 bis <= 40
- > 40 bis <= 50
- > 50

Quelle: Geobasisdaten: DLM1000, 2015, BKG  
 Fachstellen: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)  
 Bearbeitung: Umweltbundesamt, FS 1.1.7, 2020

Grundwasserkörper in Deutschland, die aufgrund von Nitratbelastungen in einem schlechten chemischen Zustand sind

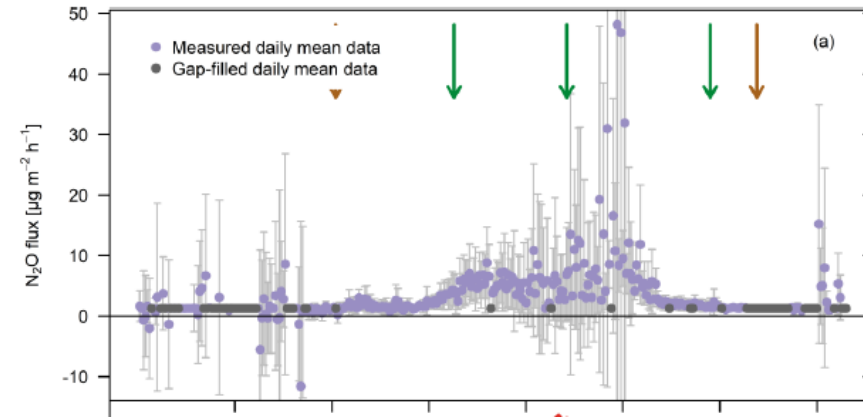


■ gut  
 ■ schlecht

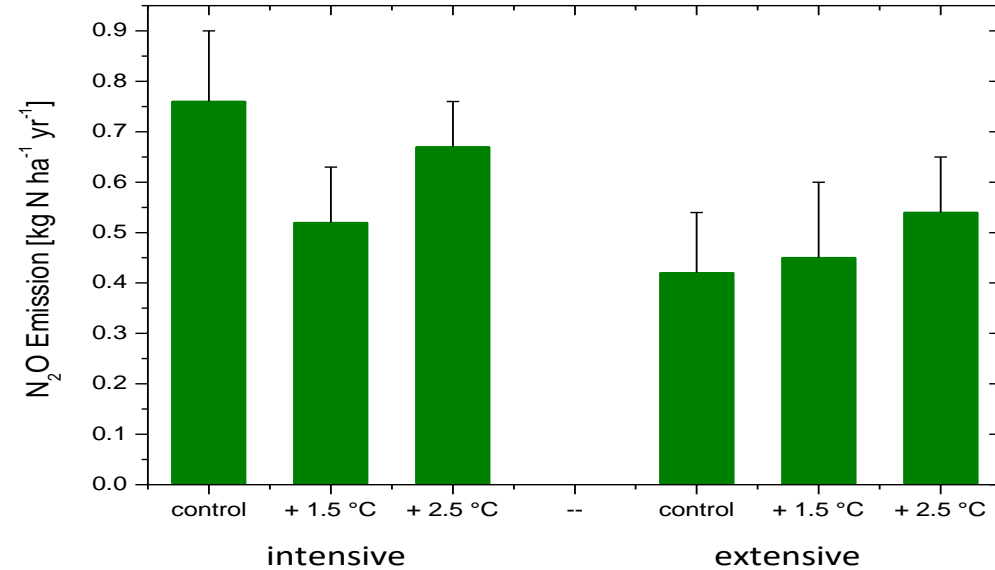
© Umweltbundesamt, 11/2017

Geobasisdaten: GeoBasis-DE / BKG 2015  
 Fachdaten: Berichtsportal WasserBLICK/BIG, Stand 23.03.2016  
 Bearbeitung: Umweltbundesamt, Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

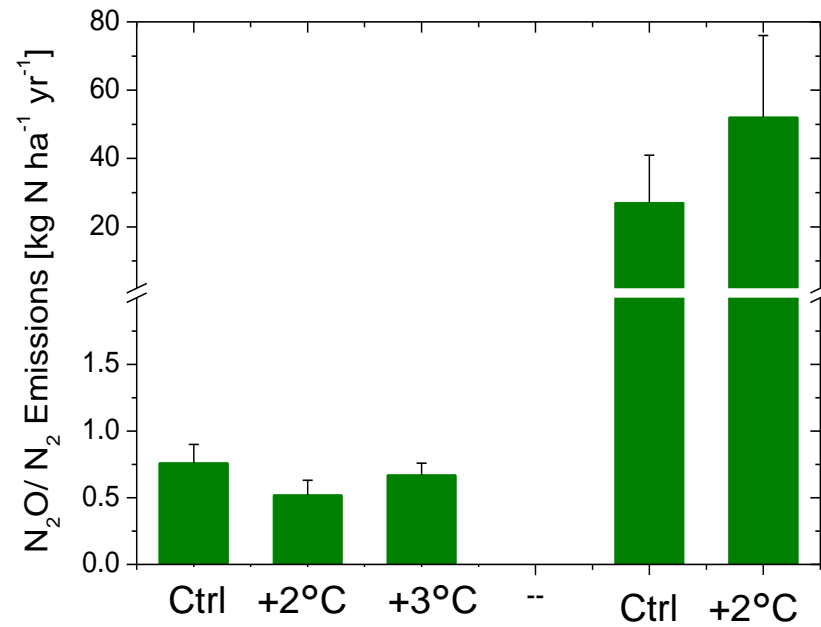
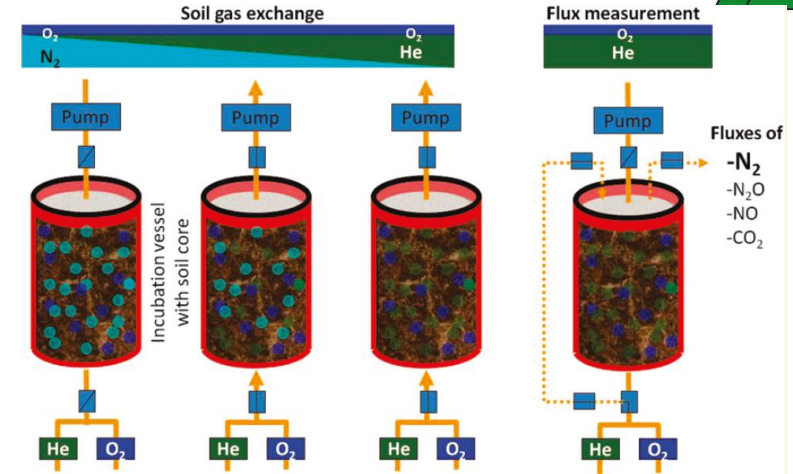
# N<sub>2</sub>O emission from grassland sites



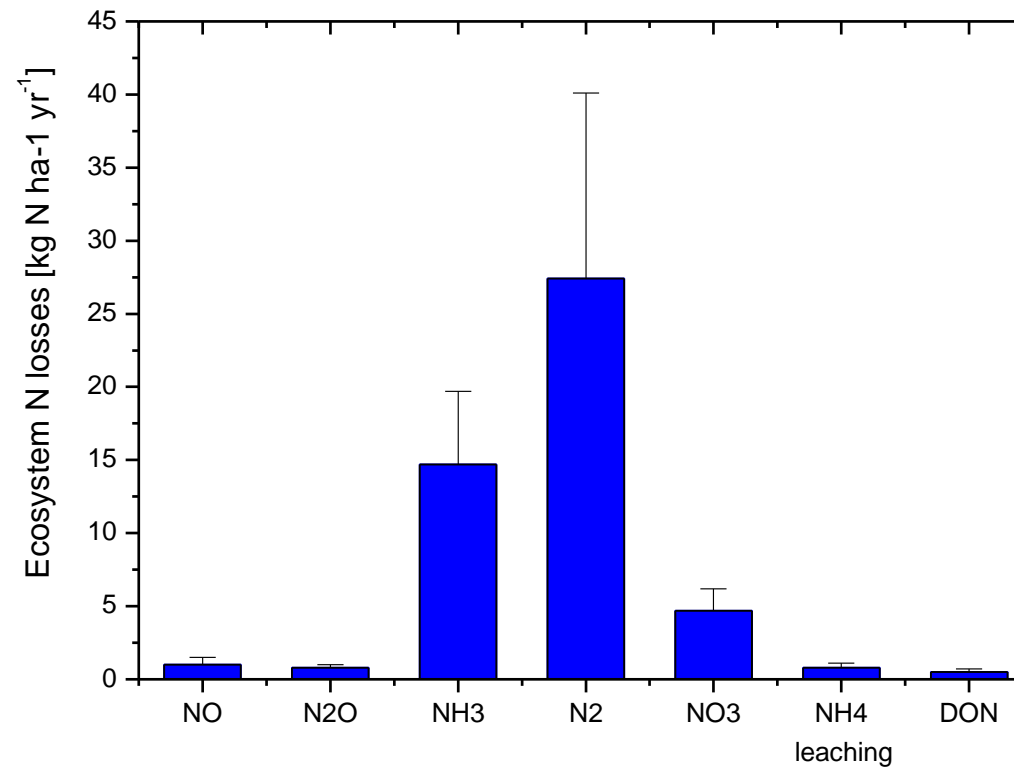
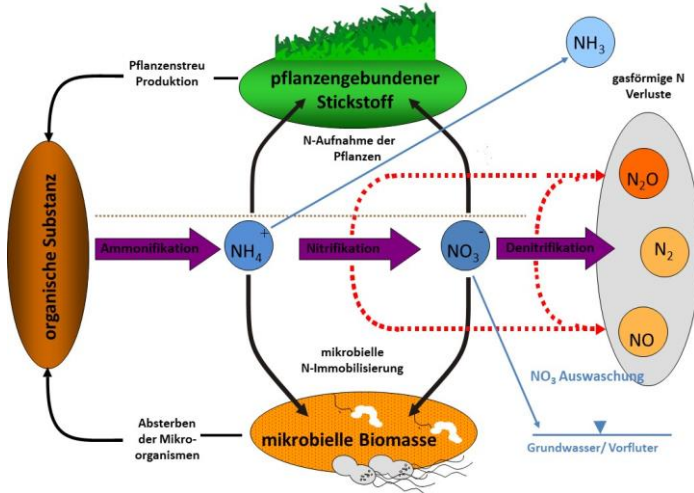
Years 2012-2013-2014



# N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emission from grassland sites



# Stickstoffbilanz



$\text{N}_2$  und  $\text{NH}_3$  Emissionen sind die wichtigsten N-Verluste

$\text{N}_2\text{O}$  Emissionen and  $\text{NO}_3$  Austräge sind niedrig

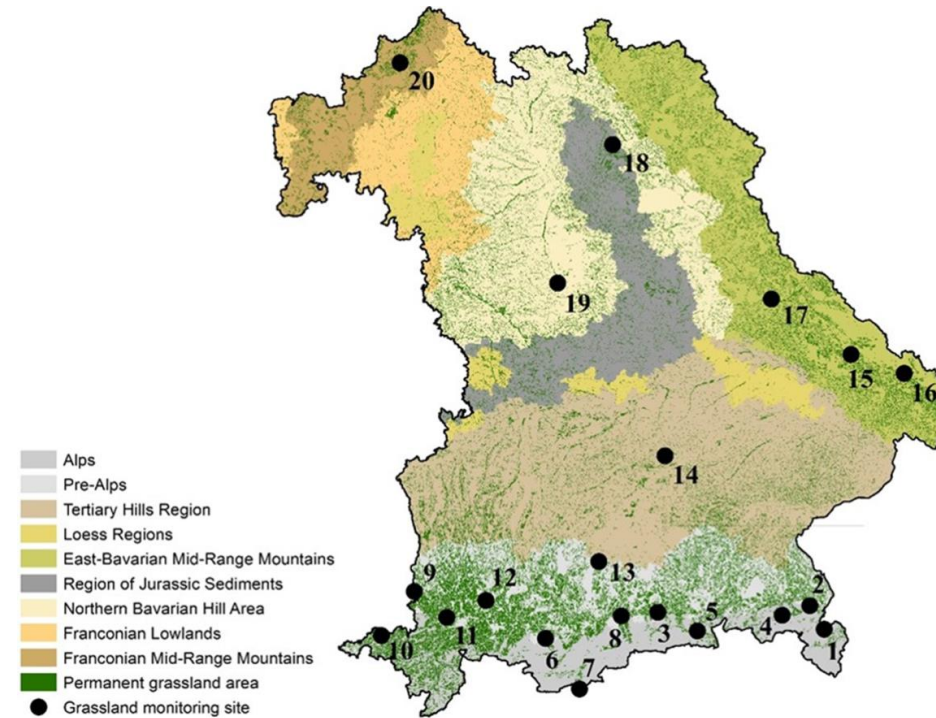
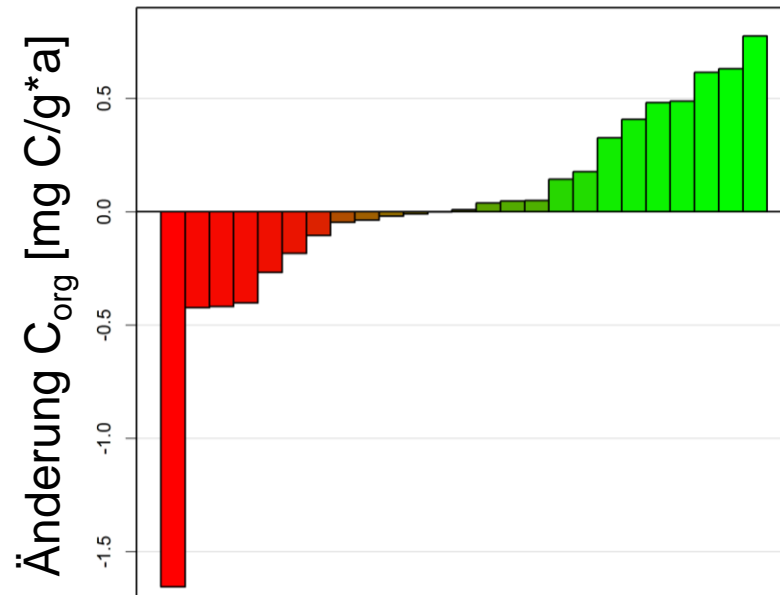
$\text{N}_2$  Emissionen sind schwierig zu messen, spielen aber in der N-Bilanz eine große Rolle

Dürre → reduzierte Pflanzensenke (+/- 50 kg N) erhöhte  $\text{N}_2\text{O}$  Emissionen/ Nitratgehalte

Erfordert witterungsangepasstes Gülle/ Schnittmanagement



# BDF Grünland: Corg-Veränderungen 86/89 – 15/16



Änderungen: f (Historie, Klima, Management)