

# Klimafolgenmonitoring

Dr. Stefan Fleck und  
Dr. Heinrich Höper

Nordwestdeutsche Forstliche  
Versuchsanstalt, Göttingen  
Abteilung Umweltkontrolle  
Sachgebiet Intensives  
Umweltmonitoring

Landesamt für Bergbau, Energie und  
Geologie, Hannover  
Referat L3.4 Boden- und  
Grundwassermonitoring



# Gliederung

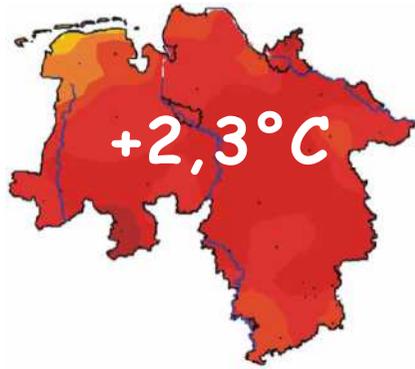
- Klimawandel in Niedersachsen
  - Potenzielle Auswirkungen auf Böden
  - Wasserhaushaltskomponenten unter Wald (BDF-F)
  - Vorräte an organischem Kohlenstoff unter Wald
  - Zwischenfazit: Forstliche Boden-Dauerbeobachtungsflächen
- 
- Organischer Kohlenstoff unter Acker und Grünland
  - Erosionsmonitoring
  - Bodenwasserhaushalt und Winderosion auf BDF-L
  - Anforderungen an das BD-Programm
  - Bedeutung des BD Programms für das Klimafolgenmonitoring



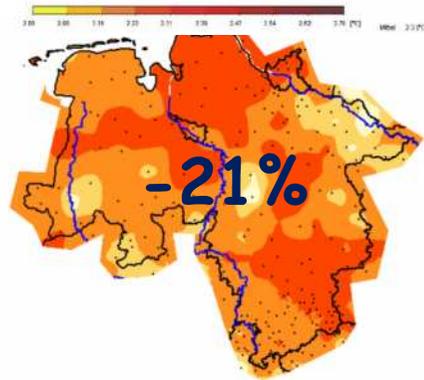
# Prognose für Niedersachsen

## Vergleich 2070-2100 und 1961-1990

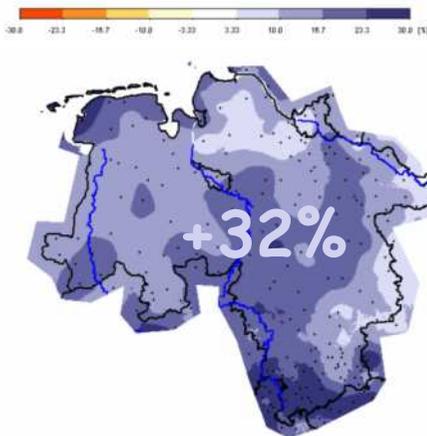
(WETTREG-Klimaszenario A1B)



Jahresdurchschnittstemperatur  
im Mittel + 2,3 °C



Sommerniederschläge (Juni, Juli und August)  
im Mittel - 21 %



Winterniederschläge (Dezember, Januar und Februar)  
im Mittel + 32 %

+ Starkniederschlagsereignisse (Sommer)  
anhaltende Niederschlagsereignisse mit großen  
Wassermengen (Winter)

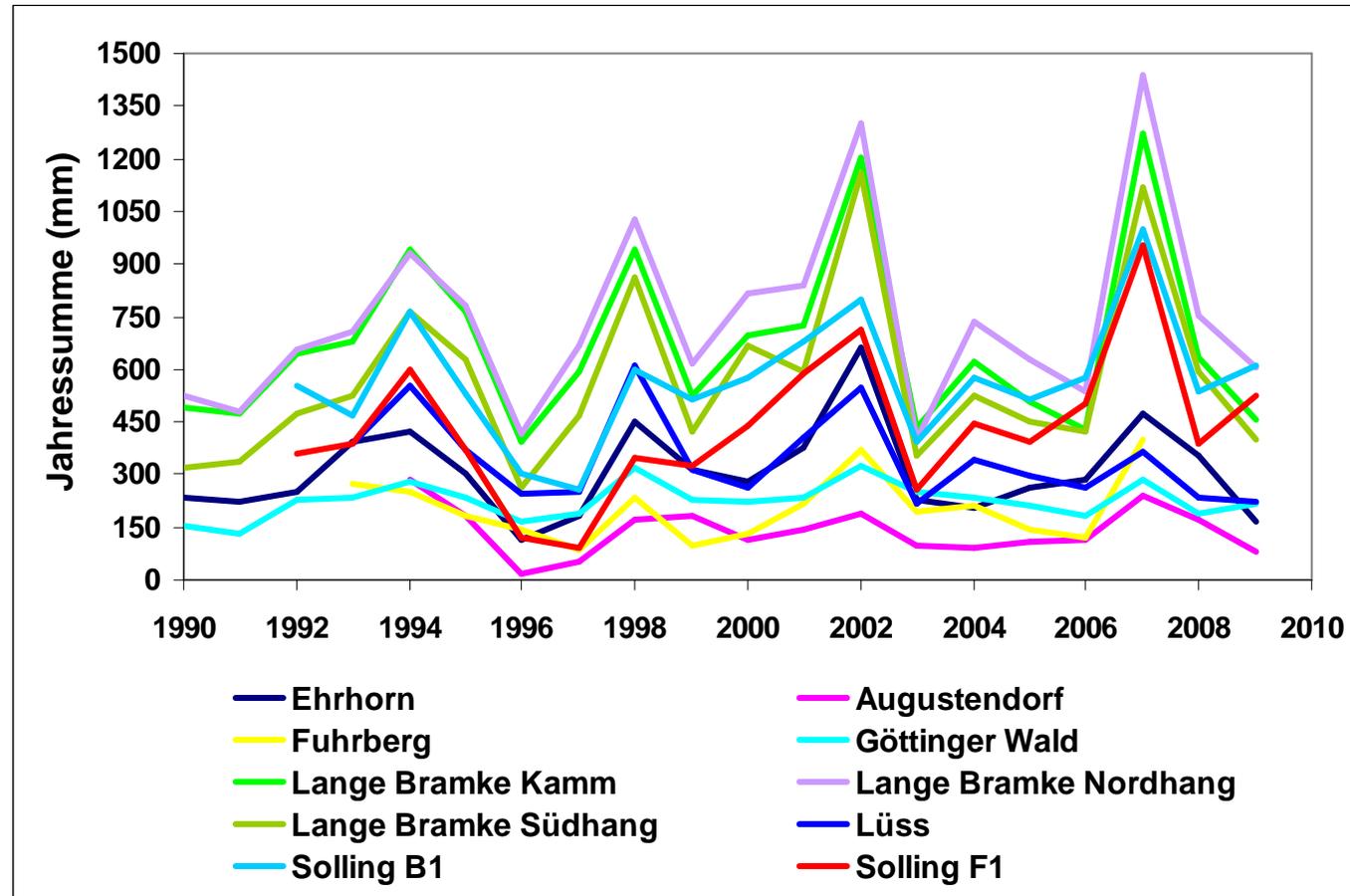
Wixwat (2009), Engel & Müller (2009) nach Kreienkamp & Spekat (2006)

# Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf Böden und nachhaltige Bodennutzung

Klimaänderung	Effekte
steigende Temperaturen	Abnahme der org. Bodensubstanz? $CO_2$ - und $N_2O$ -Freisetzung
Geänderte Saisonalität der Niederschläge und der Sickerwassermengen	Bodenwasserhaushalt, Grundwasserstände Wasserversorgung von Kulturen und Wäldern erhöhte Nitrat-Konzentrationen (Herbst) erhöhte Stoffausträge im Winter
Trockenperioden im Sommer	Auswirkungen auf biologische Aktivität, Artenvielfalt von Bodenflora und Bodenfauna Wind- und Wassererosion (lückige Bestände)
Starkregen, erosive Niederschläge	Wassererosion, Oberflächenabfluss, Verschlammung Stoffeinträge in Oberflächengewässer (u.a. Dränabfluss)
Temperaturen, Niederschläge, $CO_2$	Erträge/Zuwachs, Beregnungsbedürftigkeit, Pflanzenkrankheiten / Schädlinge
<u>Anpassungsstrategien</u> (Pflanzenzucht, Bioenergie, „Politik“)	Bewirtschaftung, Umtriebszeit Kultur-/ Baumartenspektrum, Stoffströme, Verringerung des $CO_2$ -Ausstoßes

modifiziert nach Weigel, 2007; Engel & Müller (2009), Kaufmann-Boll et al. 2011

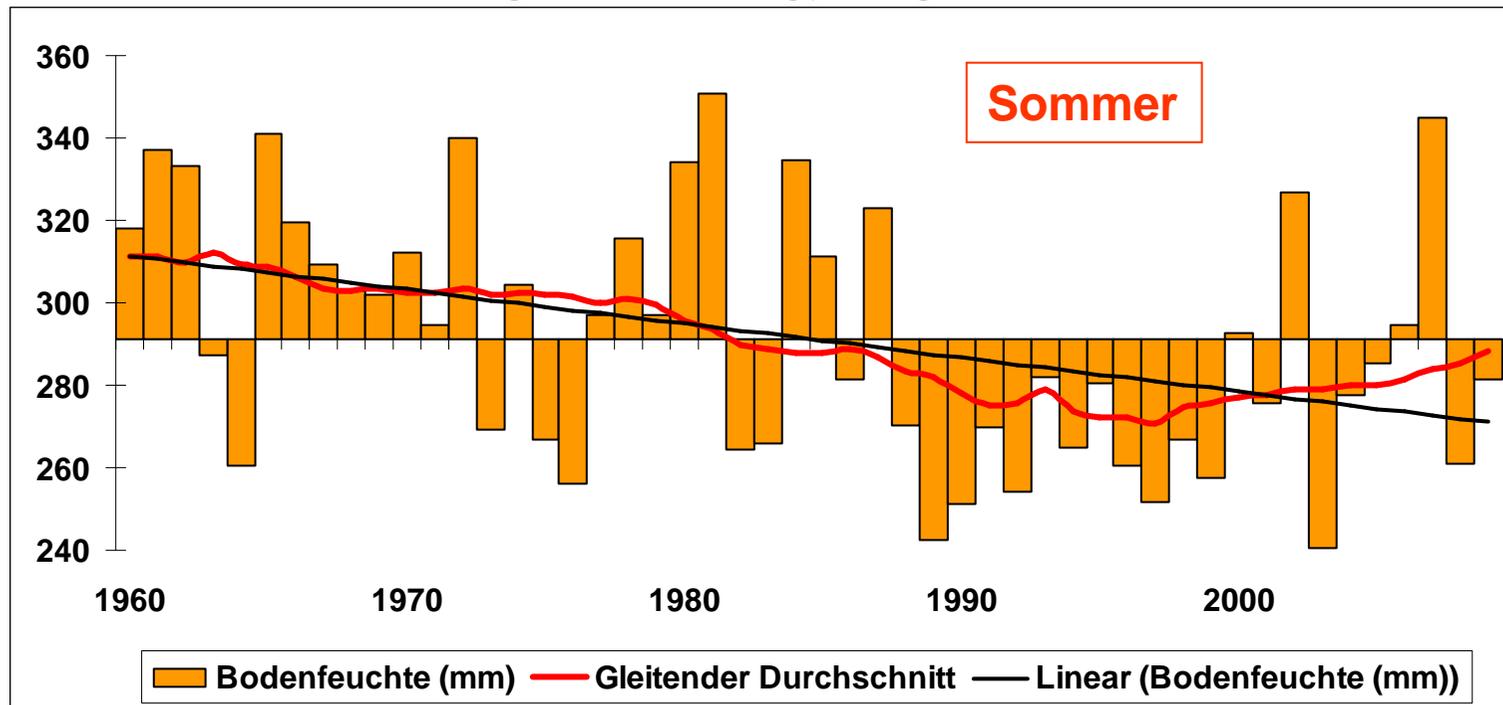
# Entwicklung der Sickerwasserflüsse auf forstlichen BDF



Oft zunehmende Tendenz, aber statistisch nicht signifikant.

# Langzeitbeobachtungen BDF Solling (Buche): Pflanzenverfügbares Bodenwasser im Sommer

## Abweichungen vom langjährigen Mittel

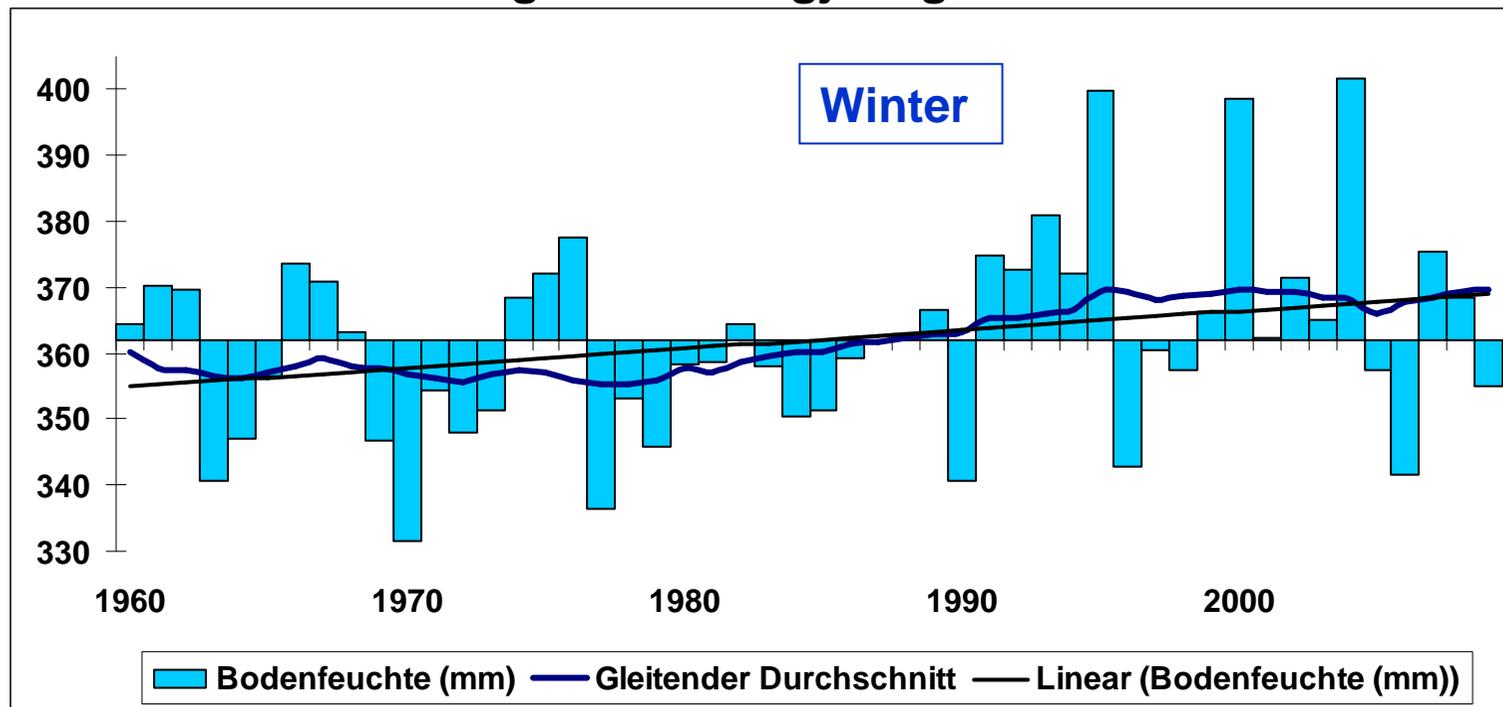


Statistisch  
signifikante  
Abnahme der  
Bodenfeuchte

(Fleck et al. 2011)

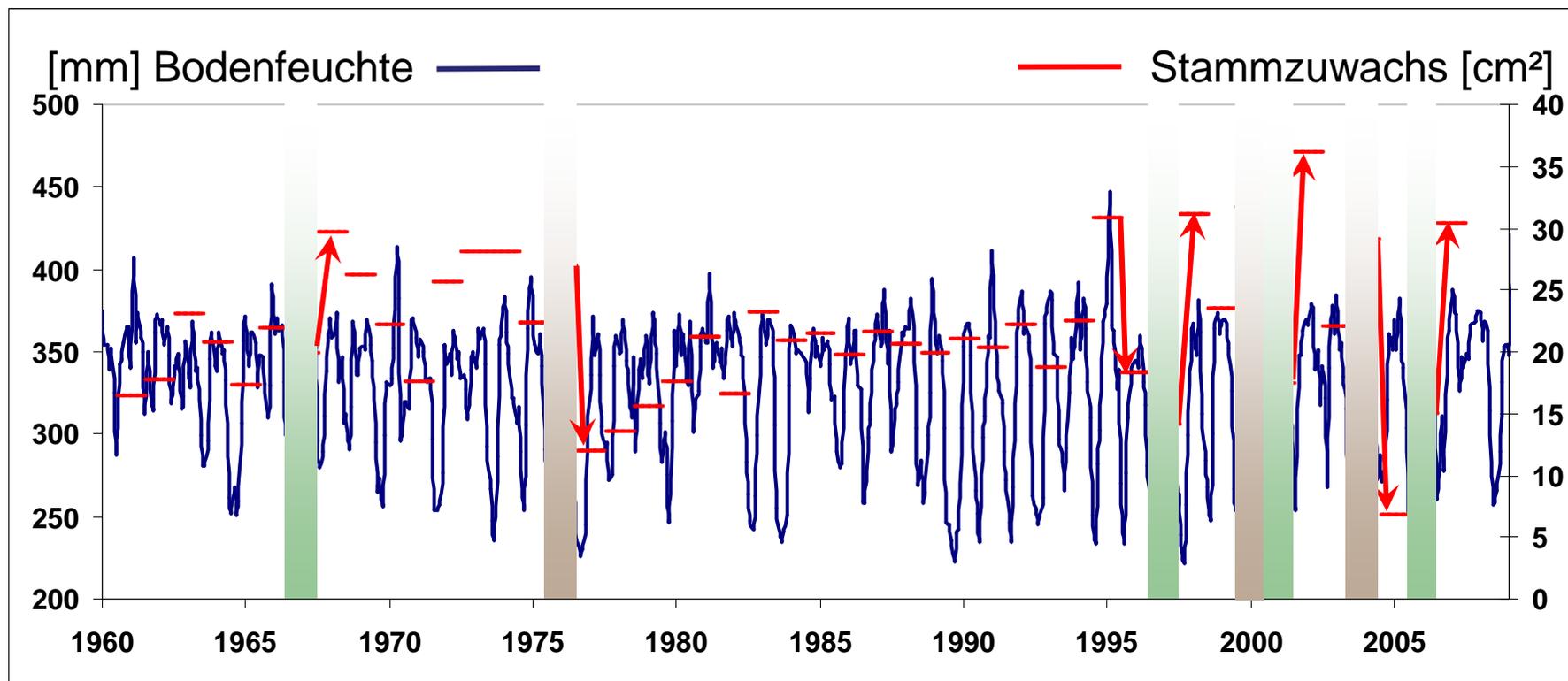
# Langzeitbeobachtungen BDF Solling (Buche): Bodenfeuchte in den Wintermonaten

## Abweichungen vom langjährigen Mittel



(Fleck et al. 2011)

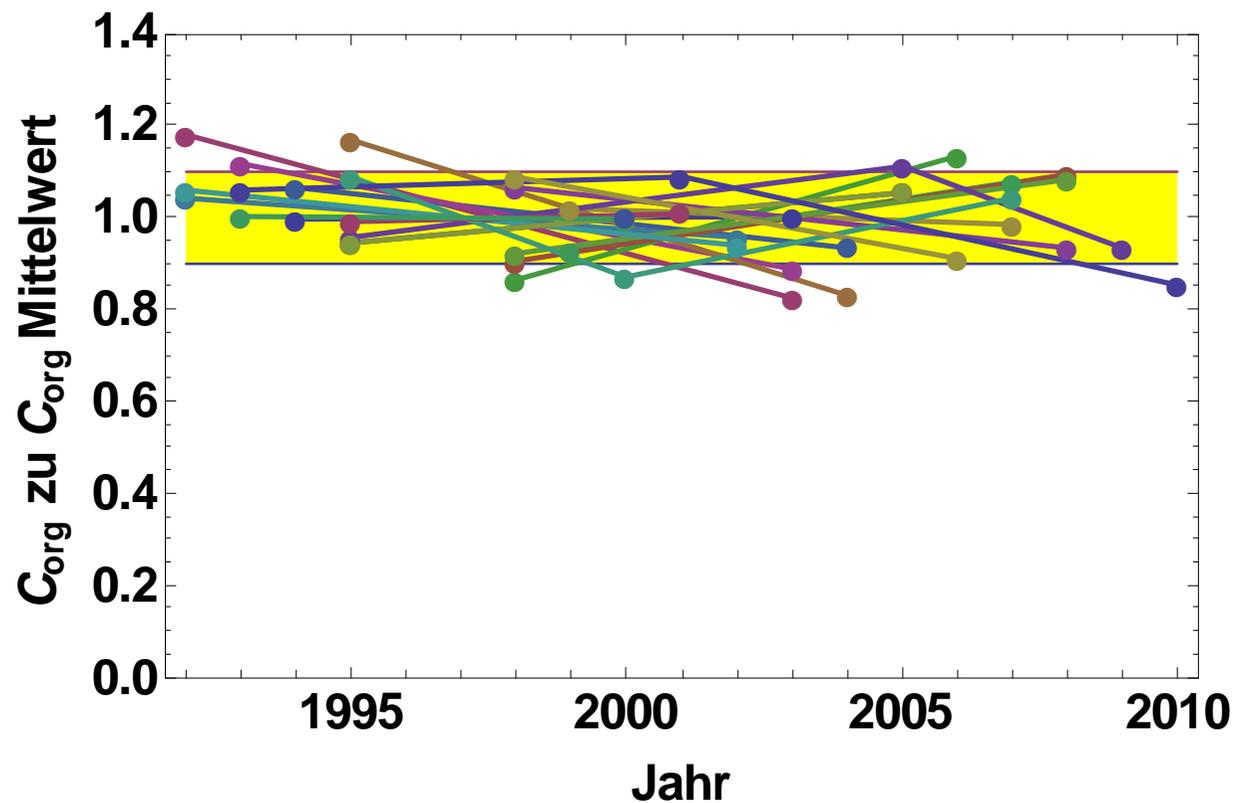
# Langzeitbeobachtungen BDF Solling (Buche): Bodenfeuchteschwankungen und Baumwachstum



(Fleck, Wagner, Meesenburg 2011)

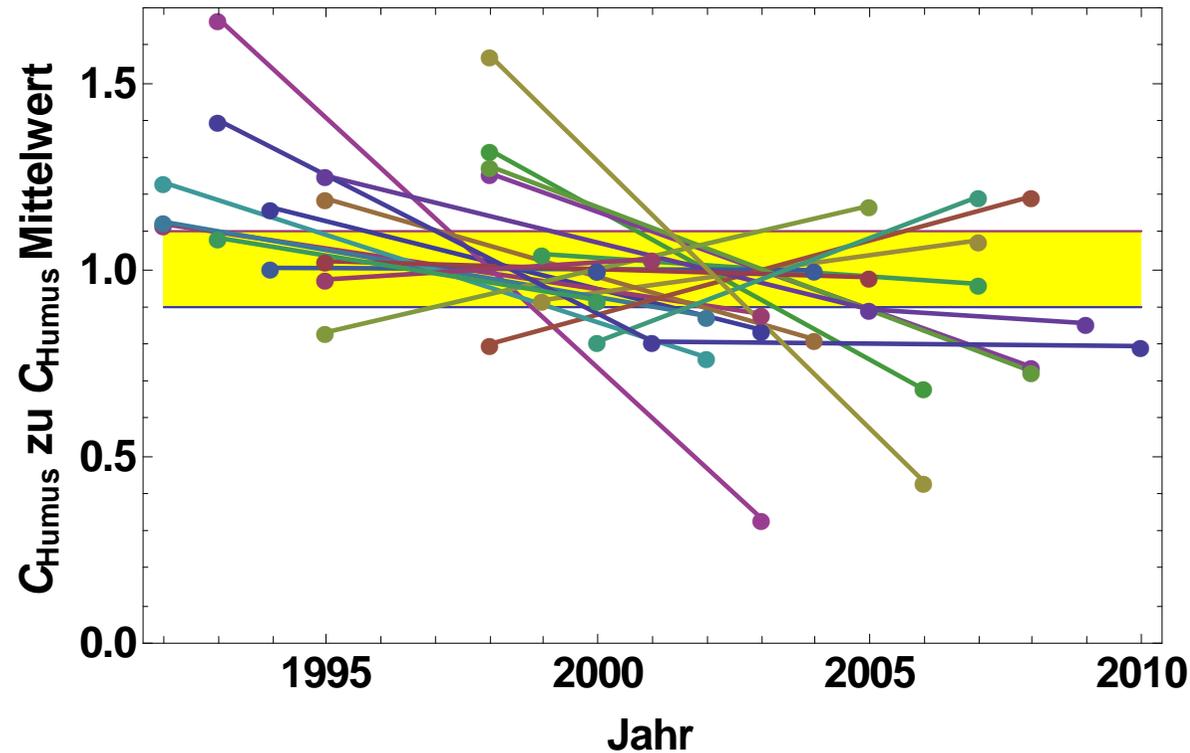
Stärkste Zuwachseinbrüche nach Jahren mit starken Bodenfeuchteschwankungen!

# Forstliche BDF: Veränderung der organischen Kohlenstoffvorräte im Mineralboden



C<sub>org</sub>: Veränderungen im 10%-Bereich

# Forstliche BDF: Veränderung der Kohlenstoffvorräte im Humus



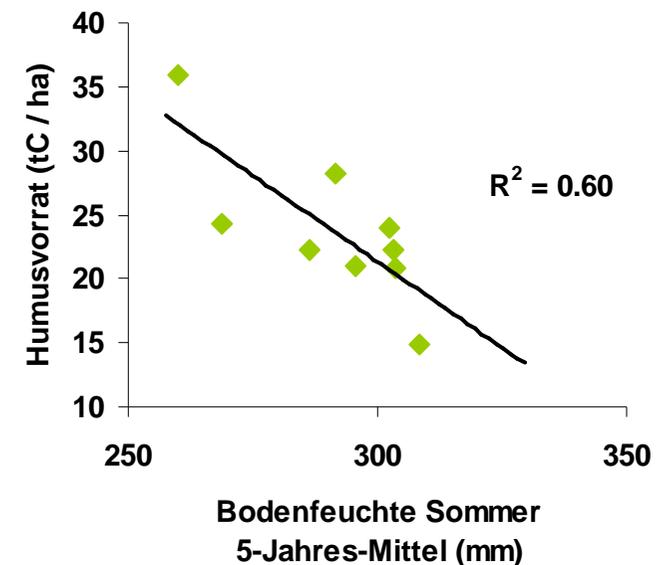
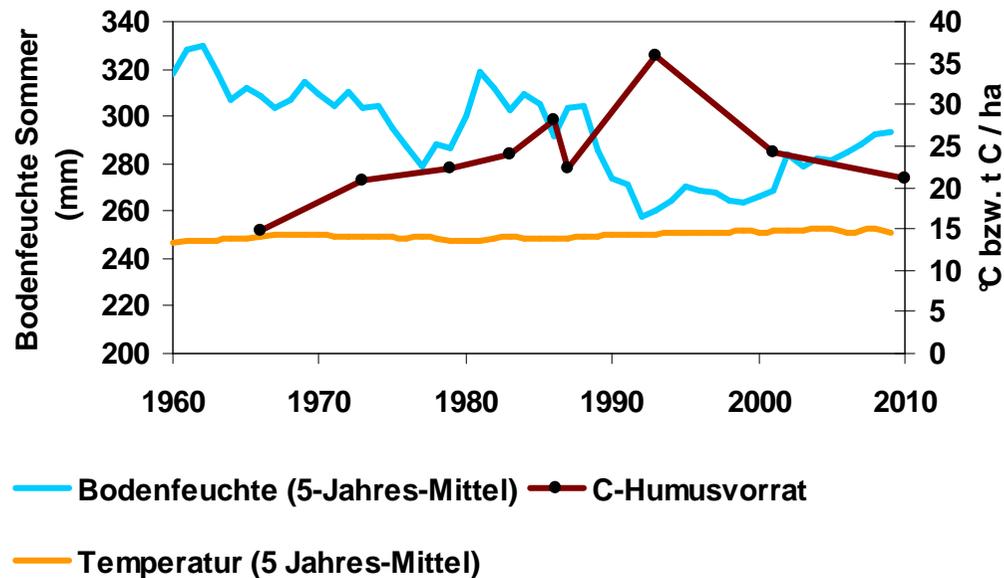
$C_{\text{Humus}}$ :

z.T. deutliche Abnahme  
der Humusvorräte

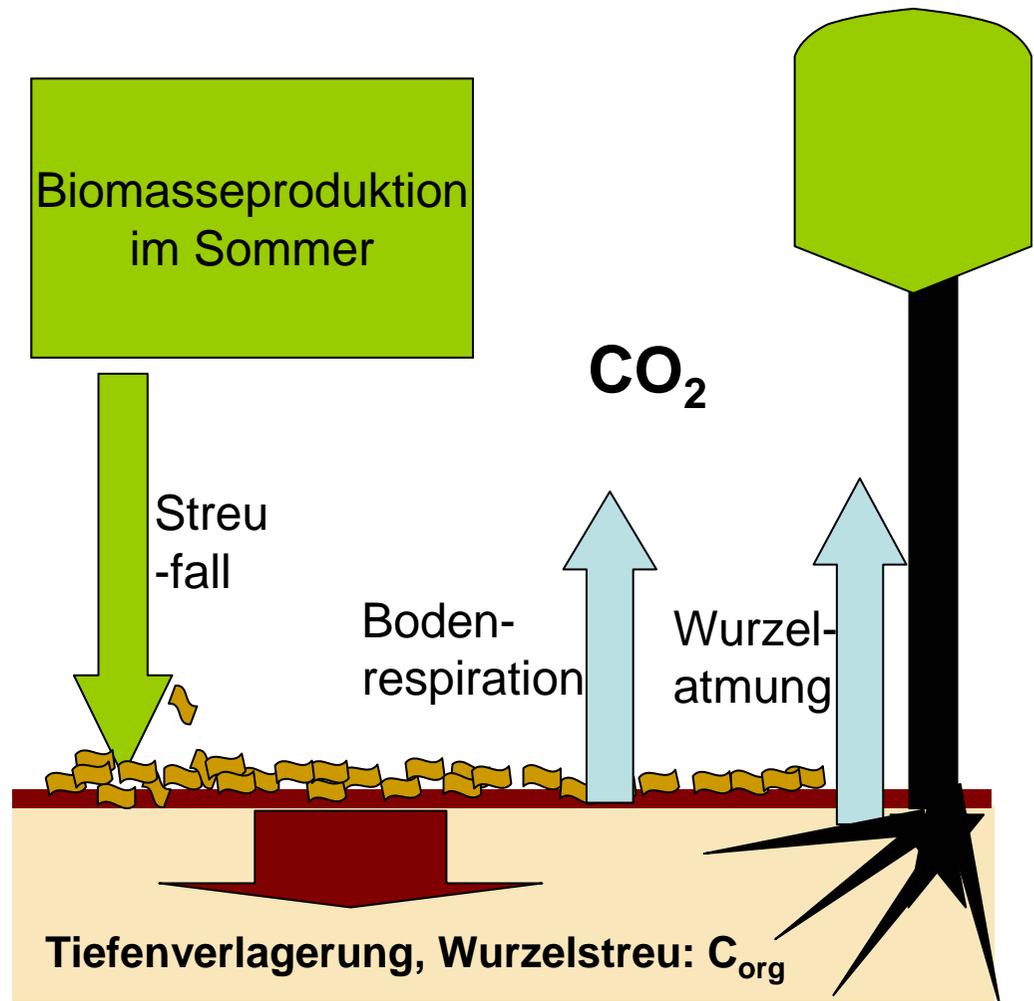
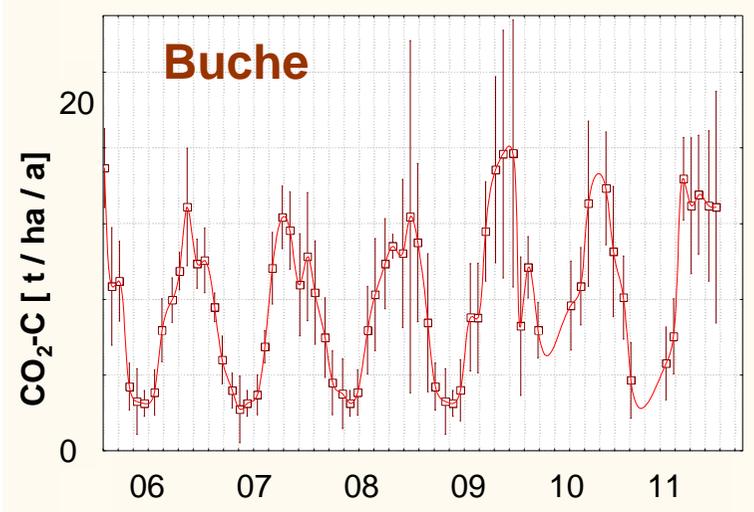
Signifikante Korrelation zu  
den Veränderungen im  
Mineralboden!

# Langzeitbeobachtungen BDF Solling (Buche)

## Beziehungen zwischen Humusvorräten und sommerlicher Bodenfeuchte?



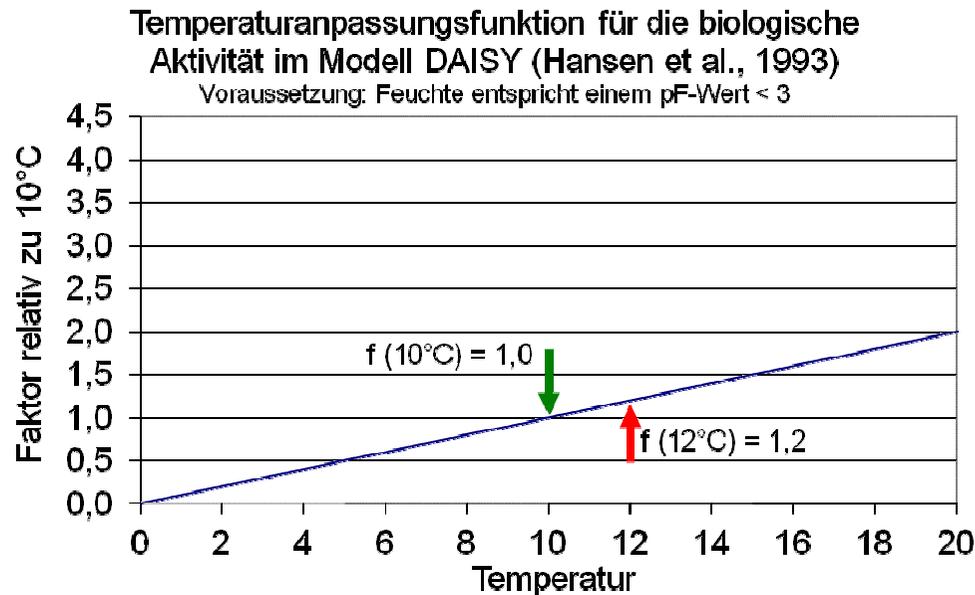
# Bodenrespirationsmessungen im Solling



# Forstliche BDF: Zwischenzusammenfassung

- Eine generelle Zunahme der Sickerwasserflüsse mit entsprechend höherer Nährstoffauswaschung ist nicht auszuschließen, aber nicht nachweisbar.
- Die Verschiebung der Niederschläge ins Winterhalbjahr verringert die Wasserverfügbarkeit im Sommer und setzt die Produktivität der Wälder z.T. drastisch herab.
- Ein beschleunigter Humusabbau findet möglicherweise statt, hierzu werden weitere Daten gebraucht.
- Die C-Senkenfunktion der Wälder durch Speicherung von Kohlenstoff im Mineralboden wäre durch den Humusabbau beeinträchtigt.

# Landwirtschaftliche BDF: Temperaturerhöhung und Humusgehalt



Einfache Modellvorstellung:  
bis 2100

Temperatur + 2,3°C  
Biologische Aktivität + 23 %

Abnahme der  
Humusgehalte um XX %?

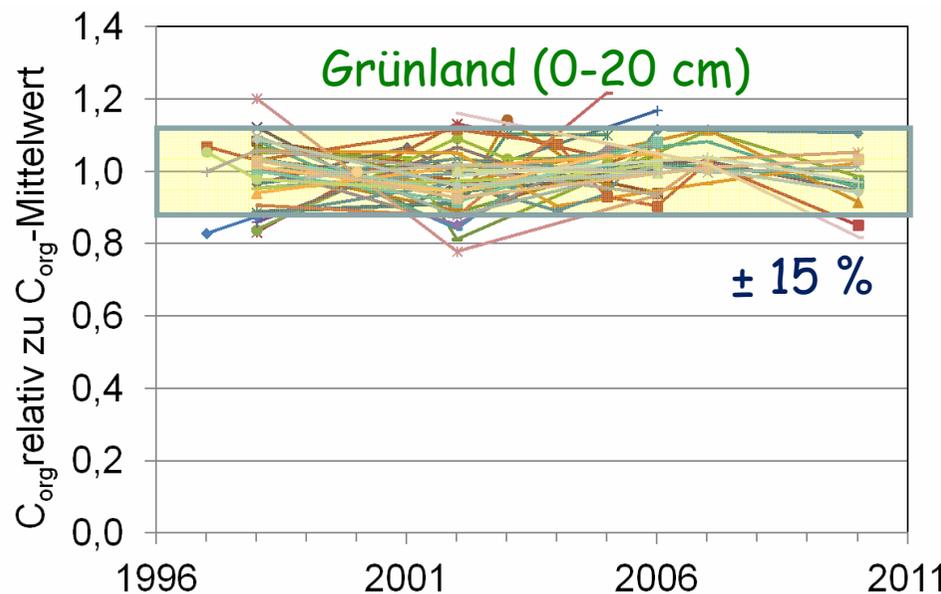
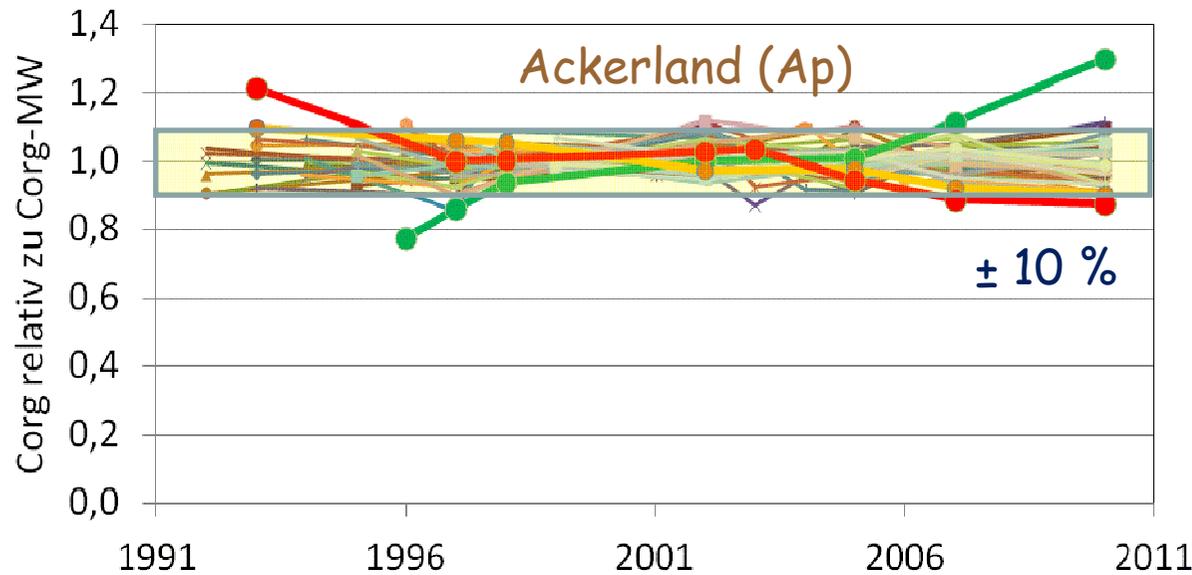
Aber:

- Nur ein Teil des Humus nimmt am Umsatz teil
- CO<sub>2</sub> ↑ : höhere Erträge, mehr Wurzelmasse mehr C-Zufuhr
- Trockenheit hemmt die biologische Aktivität im Sommer
- Fruchtartenspektrum ändert sich
- Einfluss der Wasserversorgung / Beregnung

→ Wir brauchen Messwerte über lange Zeiträume

# Landwirtschaftliche BDF:

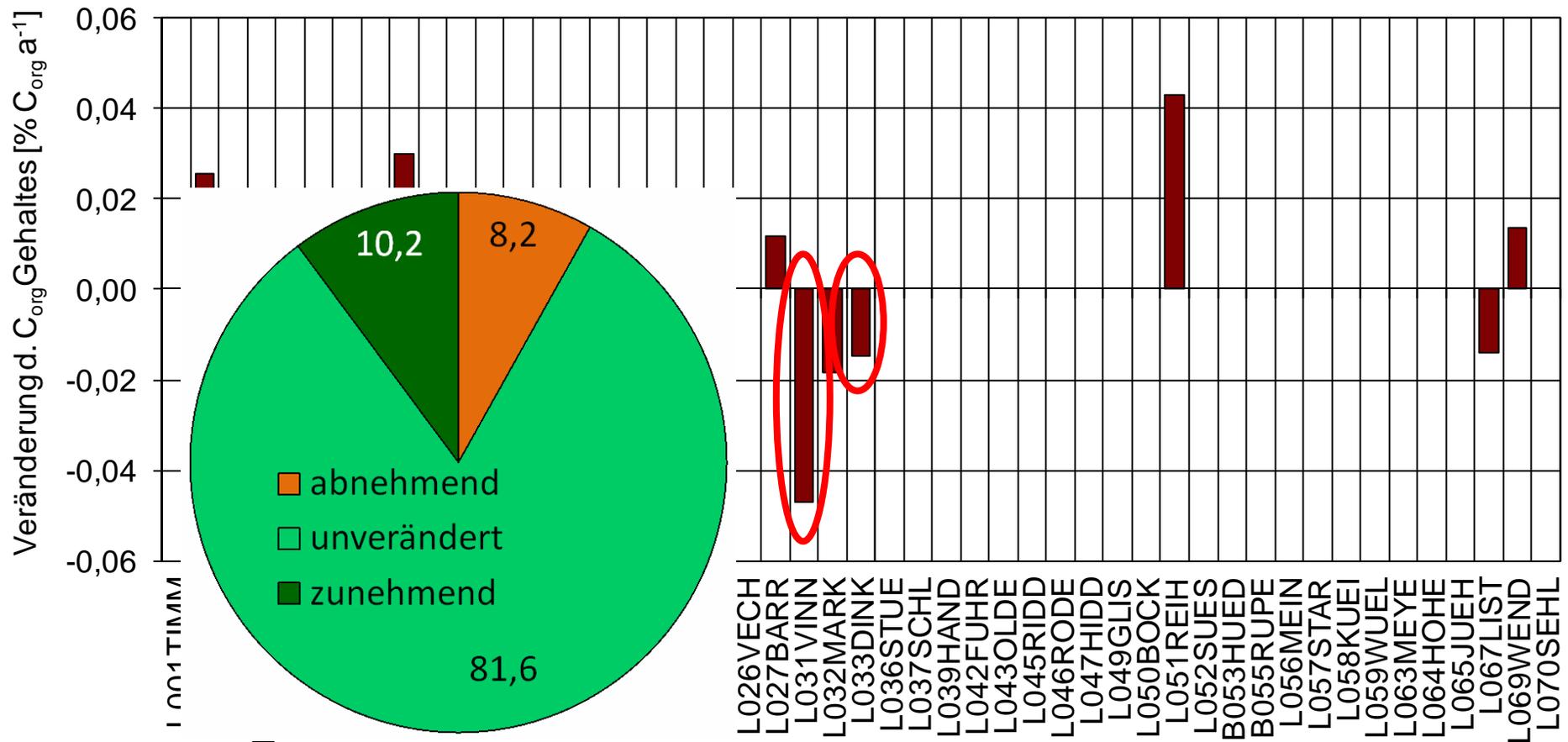
Gehalte an organischem Kohlenstoff im Boden  
(Jahresmittel von 4 Kernflächen bezogen auf Gesamtmittel)



- Über ~ 20 Jahre kein genereller Trend
- systemimmanente Schwankungen
- = „Basislinie“ für potenzielle Klimawirkung
- Standortbedingte Trends

# Mittlere jährliche Veränderung der C-Gehalte unter Acker

## signifikante Veränderungen zwischen 1997 und 2010



# Standortbedingte Trends

z.B. nach Grünlandumbruch oder Ausbau der Entwässerung

aber: Krümmenvertiefung / Untergrundlockerung beachten?!

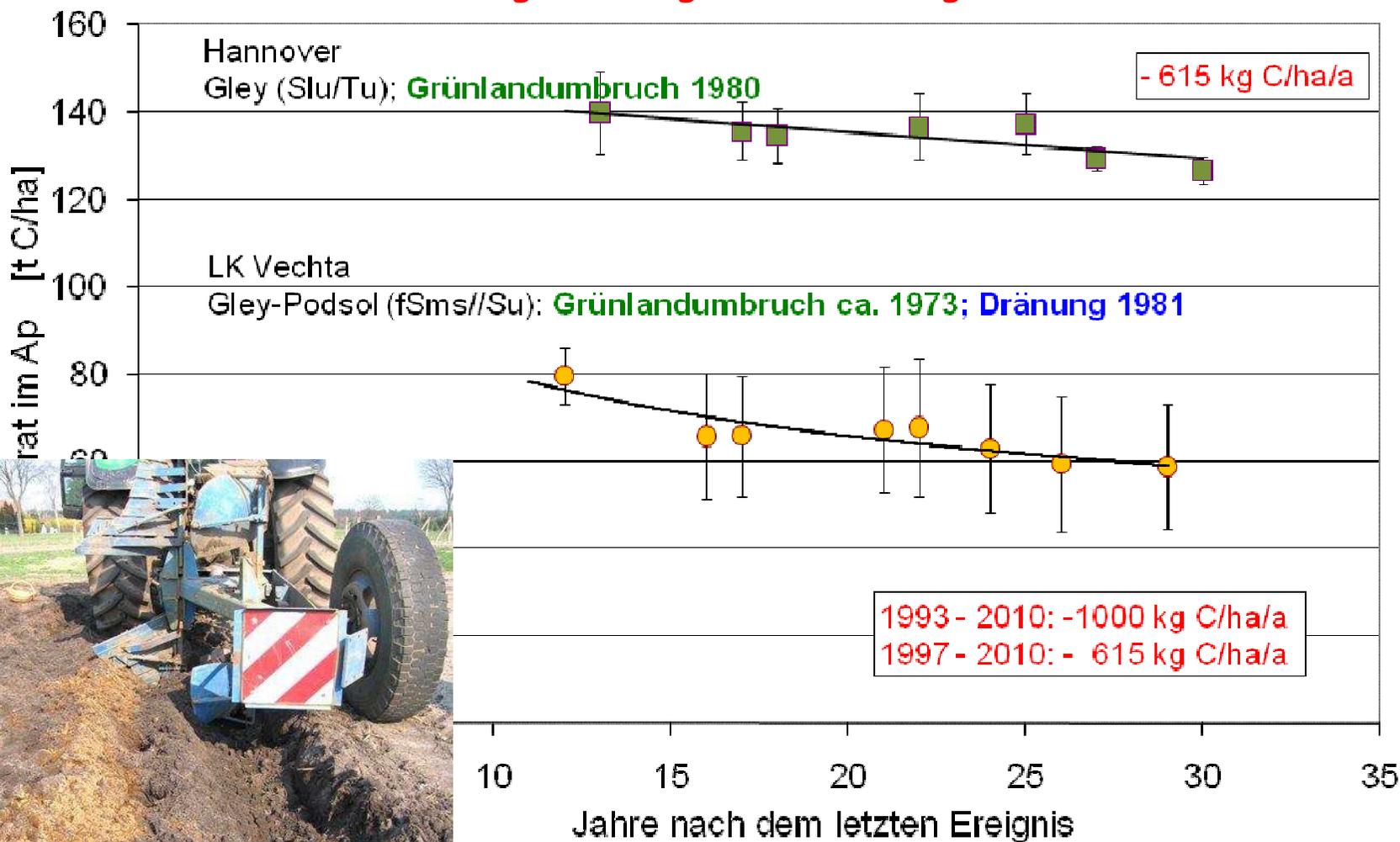
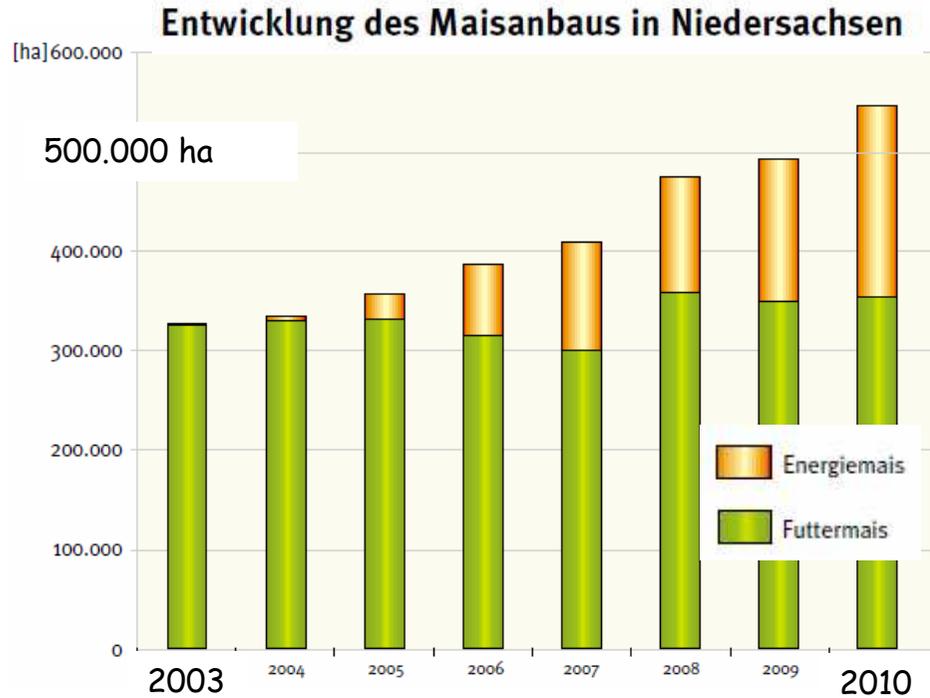


Photo: [www.landwirtschaft-heute.de](http://www.landwirtschaft-heute.de)

# Indirekte „Klimafolgen“ aufgrund der „Klimaanpassung“? Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) Biogasproduktion mit Silomais



Quelle: ML und MU (2010)



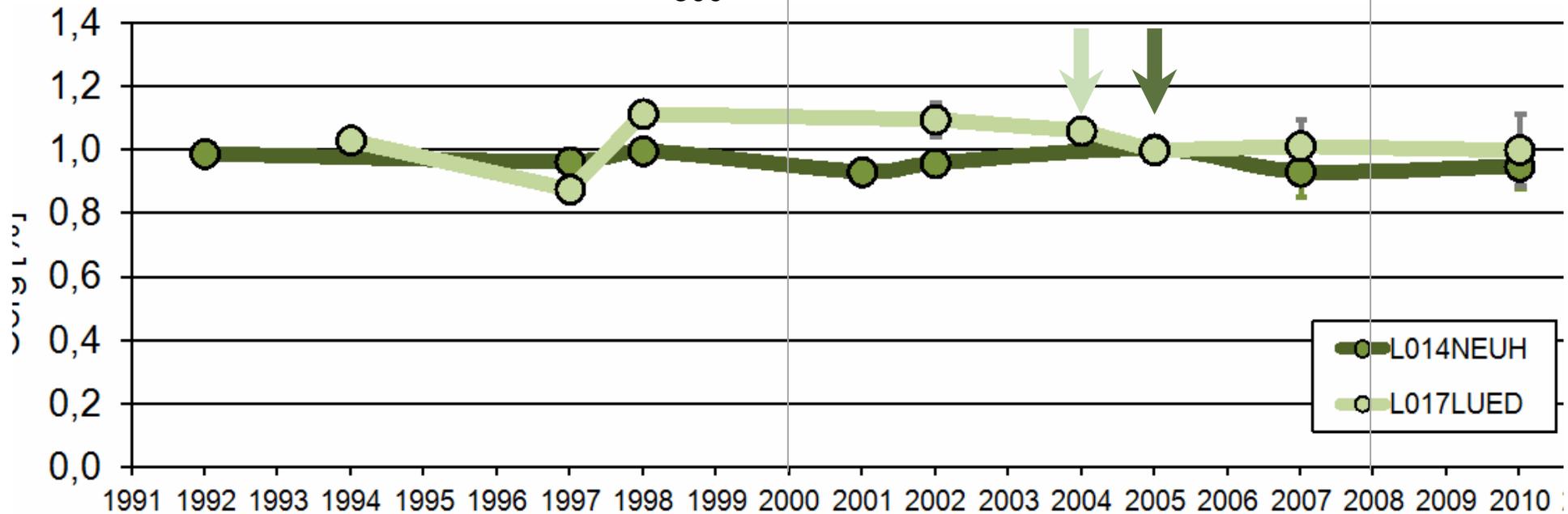
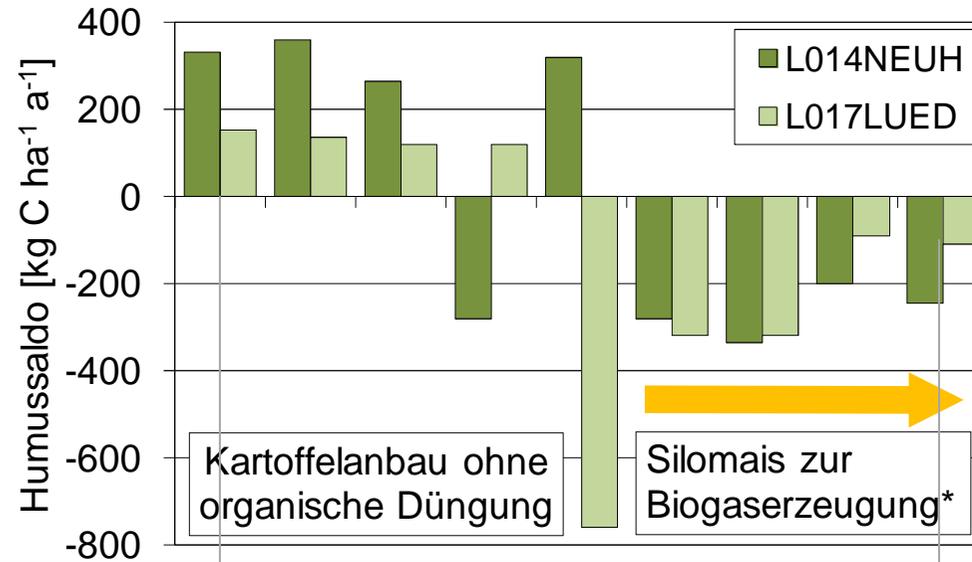
Photo: [www.lwk-nrw.de](http://www.lwk-nrw.de)

Wie wirkt sich ein zunehmender Maisanteil in der Fruchtfolge auf den Humusgehalt aus?

# Umstellung auf Silomaisfruchtfolge

Die Humusbilanz ist seit 2004 negativ

Veränderung im Corg-Gehalt??



# Zunahme der Wassererosion aufgrund der Starkregenereignisse?



Photos: wikimedia.org (Michael Hoffmann, 73669 Lichtenwald); smul.sachsen.de; radiobremen.de (im UZS)

## Aber:

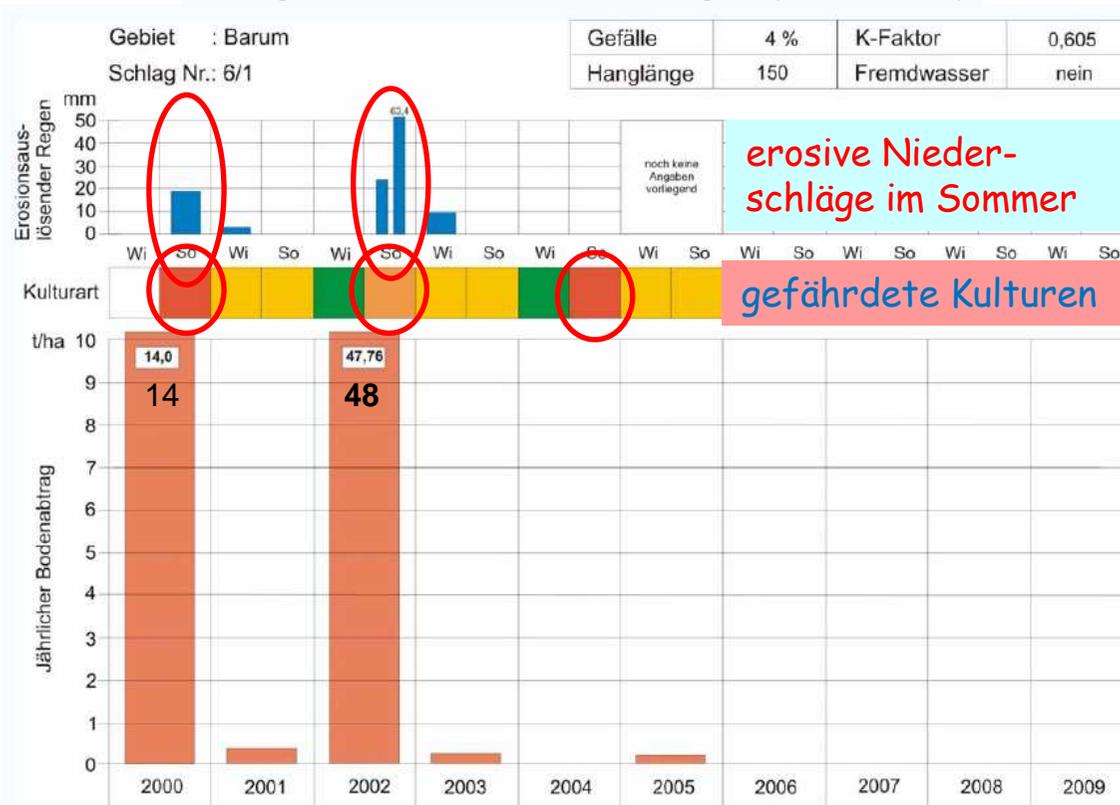
- Zusammentreffen von Starkregenereignis und Bodenbedeckung
- Erosionsmindernde Maßnahmen
- Angebaute Kulturen (Hackfrüchte / Getreide mehrjährige Kulturen)
- Agrarpolitik, wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Effekte schwer vorhersagbar, Messwerte und objektive Beobachtungen notwendig

# Kartierung der Wassererosion (Vortrag Prof. Mosimann)

seit 2000 auf ca. 400 ha,  
AG Mosimann, Univ. Hannover

Zeitliche Variation der Bodenerosion:  
Abtragszeitreihe 2000 – 2005 für Schlag 6/1 (Gebiet Barum)



- Hohe interannuelle Variation
- Lange Zeitreihen erforderlich
- Hohe methodische Konstanz erforderlich

aus Mosimann und Sanders 2005

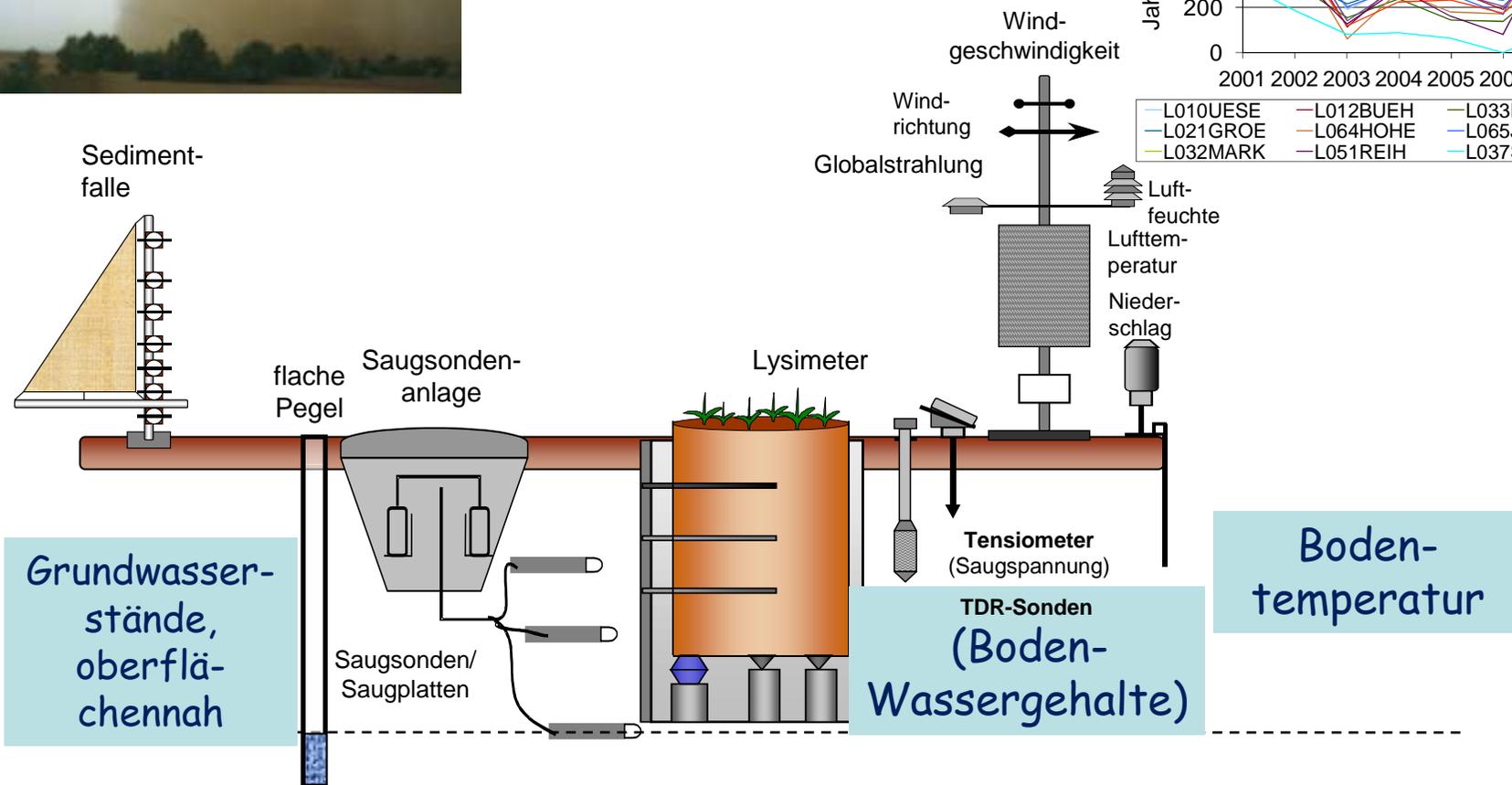
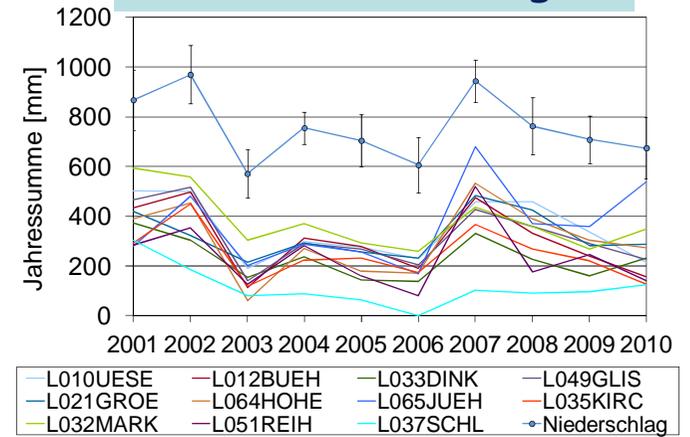
# Monitoring Bodenwasserhaushalt und Winderosion

## Winderosion



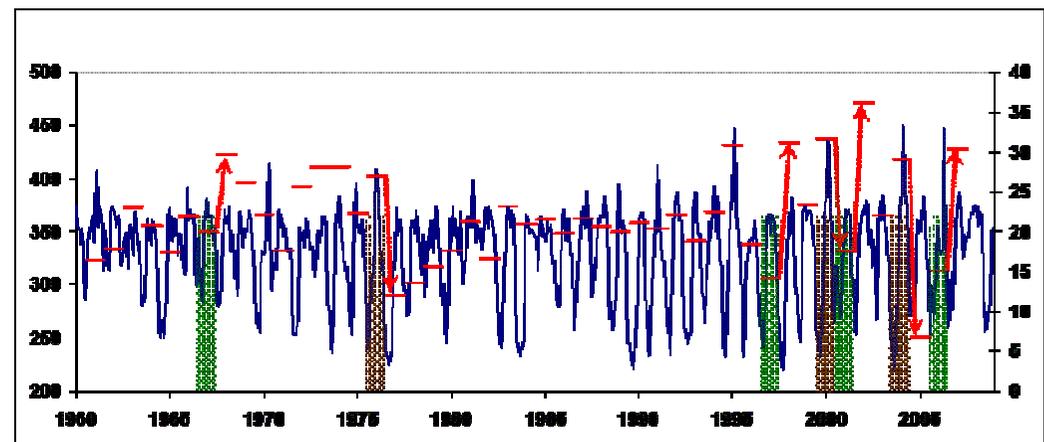
## Meteorologisch-bodenhydrologische Messstation

## Sickerwassermengen



# Anforderungen an das BD-Programm im Hinblick auf ein Klimafolgenmonitoring

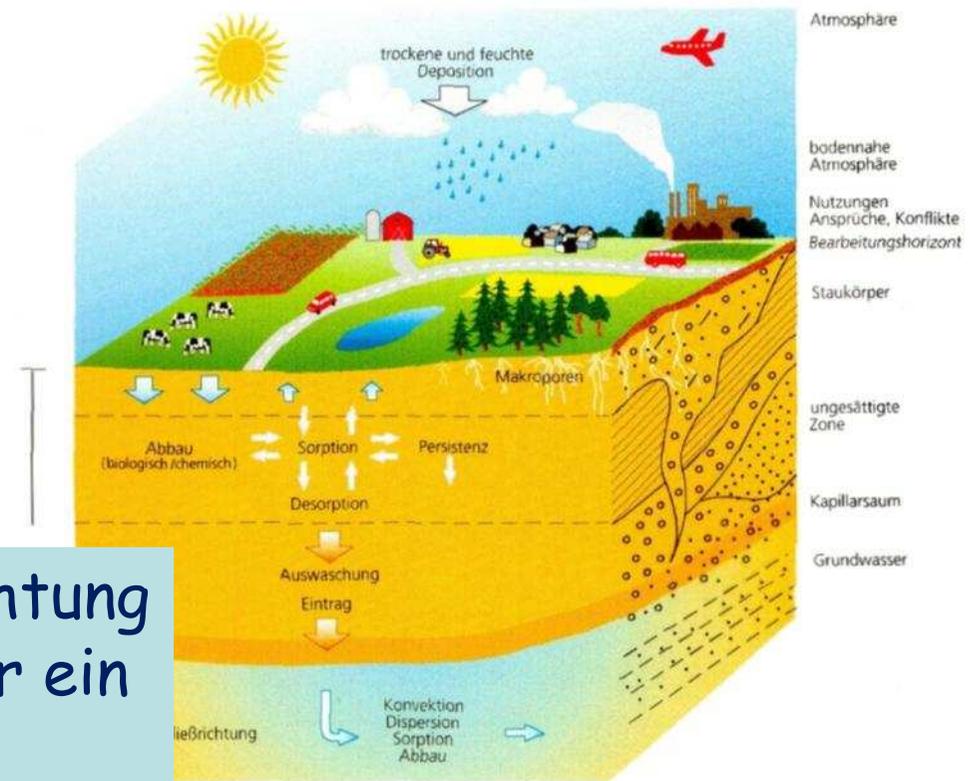
- methodische Stabilität über Jahrzehnte, Methodendokumentation (*Methodenharmonisierung?*)
- Modellbasierte Abschätzungen der Klimafolgen Validierung (*ex post*) und Prognose (*ex ante*)
- Berücksichtigung saisonaler Schwankungen
- Datenhaltung, -auswertung und -bereitstellung
- z.T. Messintervalle verkürzen Trends eher erkennen Basislinie besser beschreiben methodische Streuung kontrollieren
- Langfristige Messreihen fortsetzen



# Bedeutung der BD für ein Klimafolgenmonitoring

- Messwerte und direkte Beobachtungen, Indizien für die Auswirkungen des Klimawandels auf Böden
- Basislinie  
Abgrenzung systemimmanente Oszillationen / langfristige Trends
- Validierung von Klimamodellen
- Umfassender Ansatz:  
Klima, Witterung, Deposition, Bewirtschaftung, Standort/Geologie  
Interaktionen Boden-Vegetation, Boden-Grundwasser

Integrierte Umweltbeobachtung  
als Grundvoraussetzung für ein  
Klimafolgenmonitoring



# Vielen Dank

den Kolleginnen und Kollegen, die uns  
bei der Datengewinnung und -  
auswertung unterstützt haben!

und Ihnen für die  
Aufmerksamkeit!!



[www.natur.com](http://www.natur.com)