

# Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA): „Ungestörte“ Messung der Sickerfrachten von Nähr- und Schadstoffen auf landwirtschaftlichen Flächen – Prinzip und Anwendungen



**Dr. Wolf-Anno Bischoff**

TerrAquat  
Schellingstr. 43  
D-72622 Nürtingen  
Tel. +49 7022 931 95 27  
info@terraquat.com



Gutachterbüro für  
Boden, Wasser, Pflanze  
Nährstoffe und Schadstoffe

## ▪ Landwirtschaft

- Verschiedene Wasserversorger
- MLR Baden-Württemberg
- Verschiedene Universitäten, u.a. UNAM Mexiko, BOKU Wien, TU Berlin, Bonn, Hannover, Gießen
- EU-Projekt EuroPruning
- CriticalN / Nitratprojekt Niederbipp - Gäu – Olten (Schweiz)

## ▪ Waldökosysteme

- Max-Planck-Institut f. Biogeochemie (Jena)
- Uni Freiburg

### ▪ Bilanzierung von Stoffflüssen aus terrestrischen in marine Ökosysteme

- EU-IP: Thresholds

### ▪ Schadstoffe

(Zinnorganika, Mineralölkohlenwasserstoffe, Pestizide, Schwermetalle, Mikrobielle Belastungen)

Umweltbundesamt

LUBW Baden-Württemberg

Landratsamt Ludwigsburg

- BMBF-Projekt DeltAdapt Vietnam zusammen mit INRES (Uni Bonn)

### ▪ C-Speicherung in Böden

HTC-Kohlen (Mexiko, Deutschland)

Pyrolysekohlen

Enhanced Rock Weathering

# Überblick

- Funktion
- Validierung / Limitierungen
- Anwendungsbeispiele

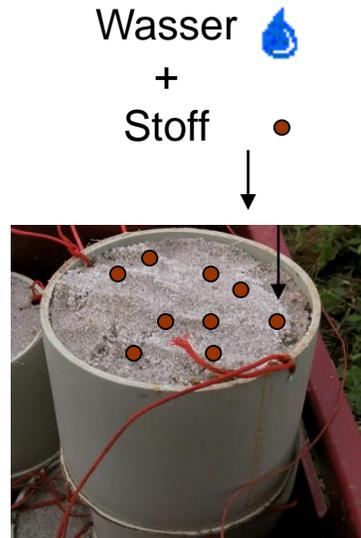
# Aufbau und Funktionsweise von Selbst-Integrierenden Akkumulatoren (SIA)



(Bodenprofil)

← Bewirtschaftete Fläche mit Kulturpflanzen

SIA



Grundwasser

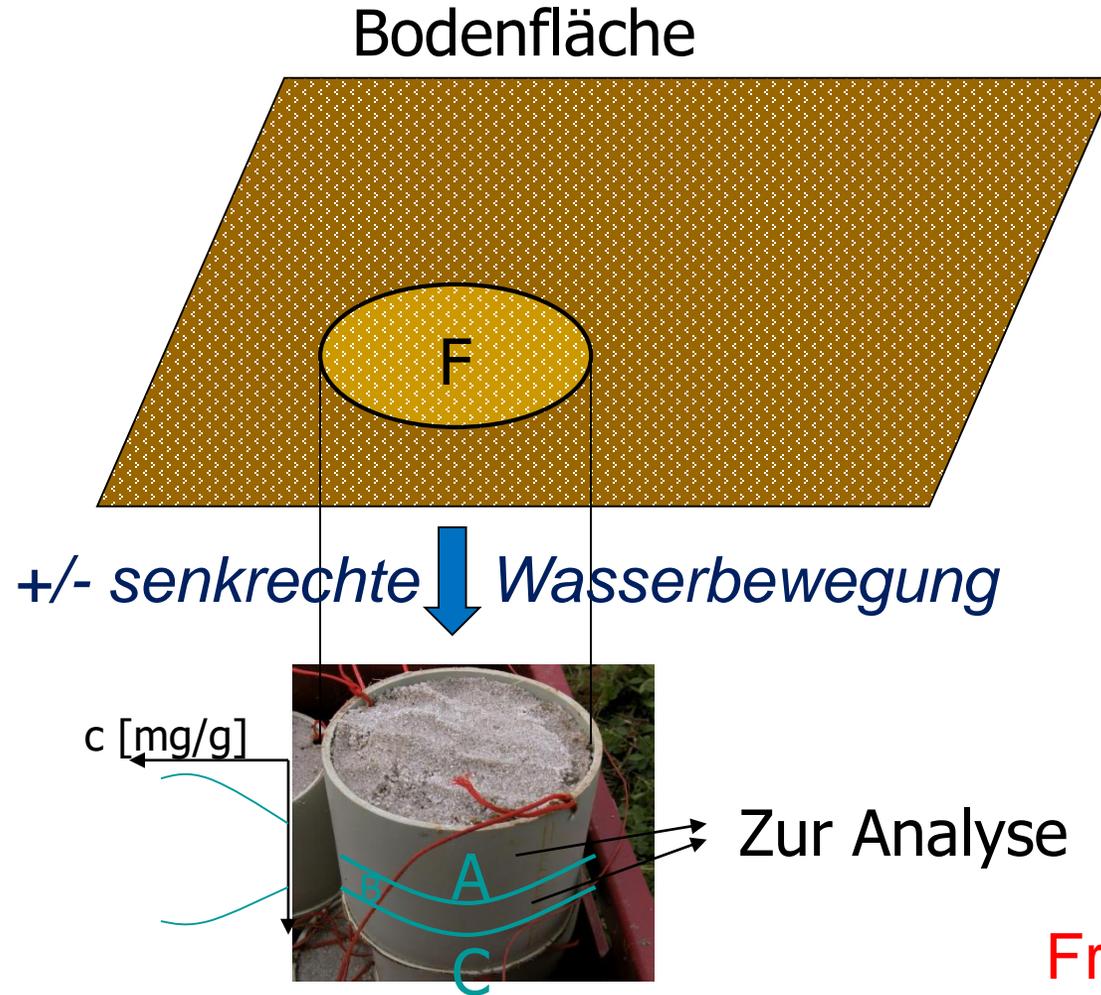
# Methode: Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA)

- Akkumulative Mini-Lysimeter (Passivsammler)
- Typische Messintervalle: 6 oder 12 Monate
- Unter ungestörtem Boden
- Mindestens 10 – 12 Wdh. pro Variante o. Fläche
- Uneingeschränkte Bewirtschaftung der Flächen

Typische Einbautiefe:  
0.80 – 1.00 m



# Messung der Sickerwasser-Frachten



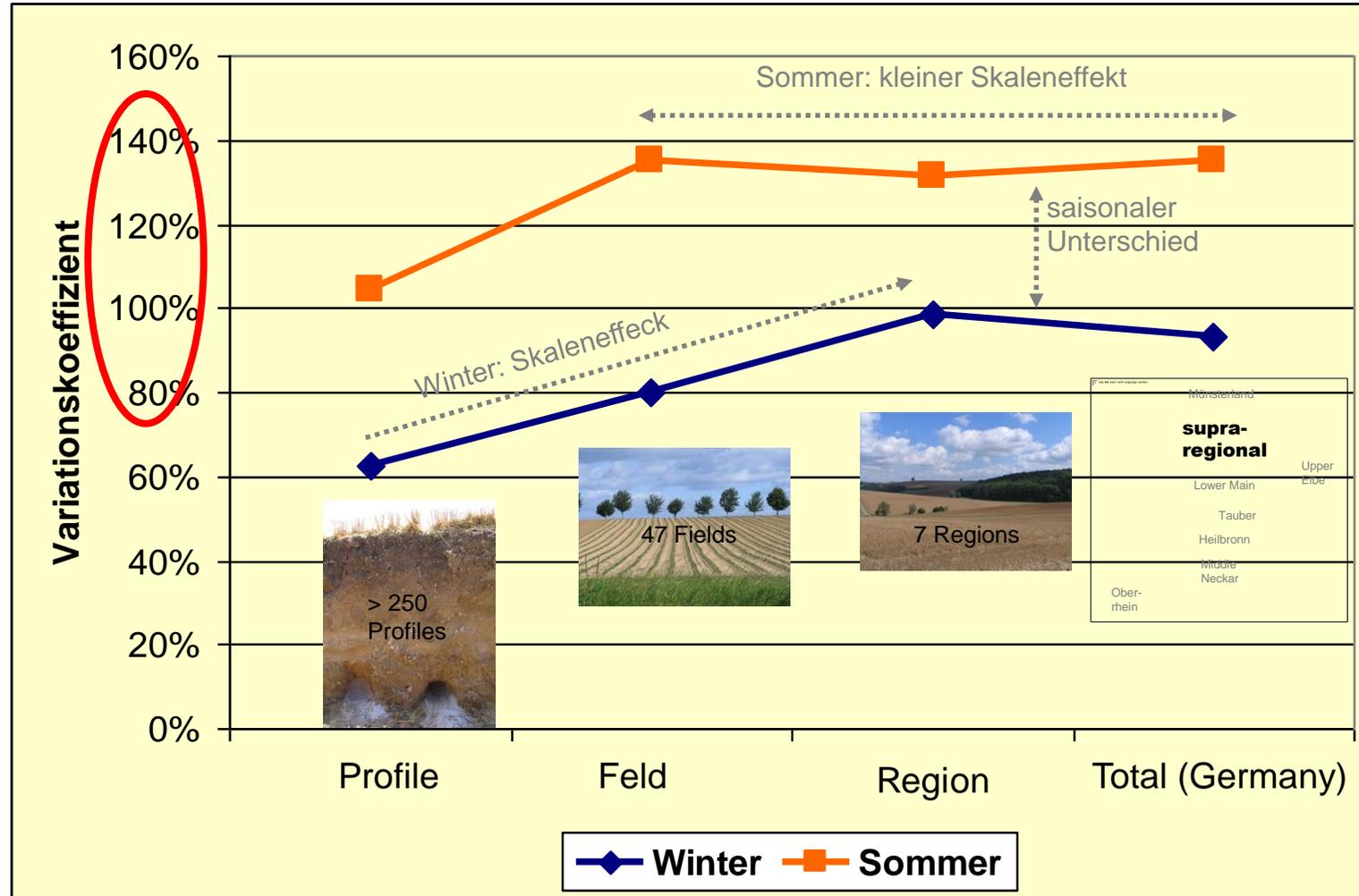
Stoffmenge in SIA  $\sim$  Fläche F  
 $\Rightarrow$  Menge \* Fläche<sup>-1</sup> \* Zeit<sup>-1</sup>  
[kg \* ha<sup>-1</sup> \* Jahr<sup>-1</sup>]

**Fracht, nicht Konzentration!**  
**Ungesättigte Zone, nicht Grundwasser!**

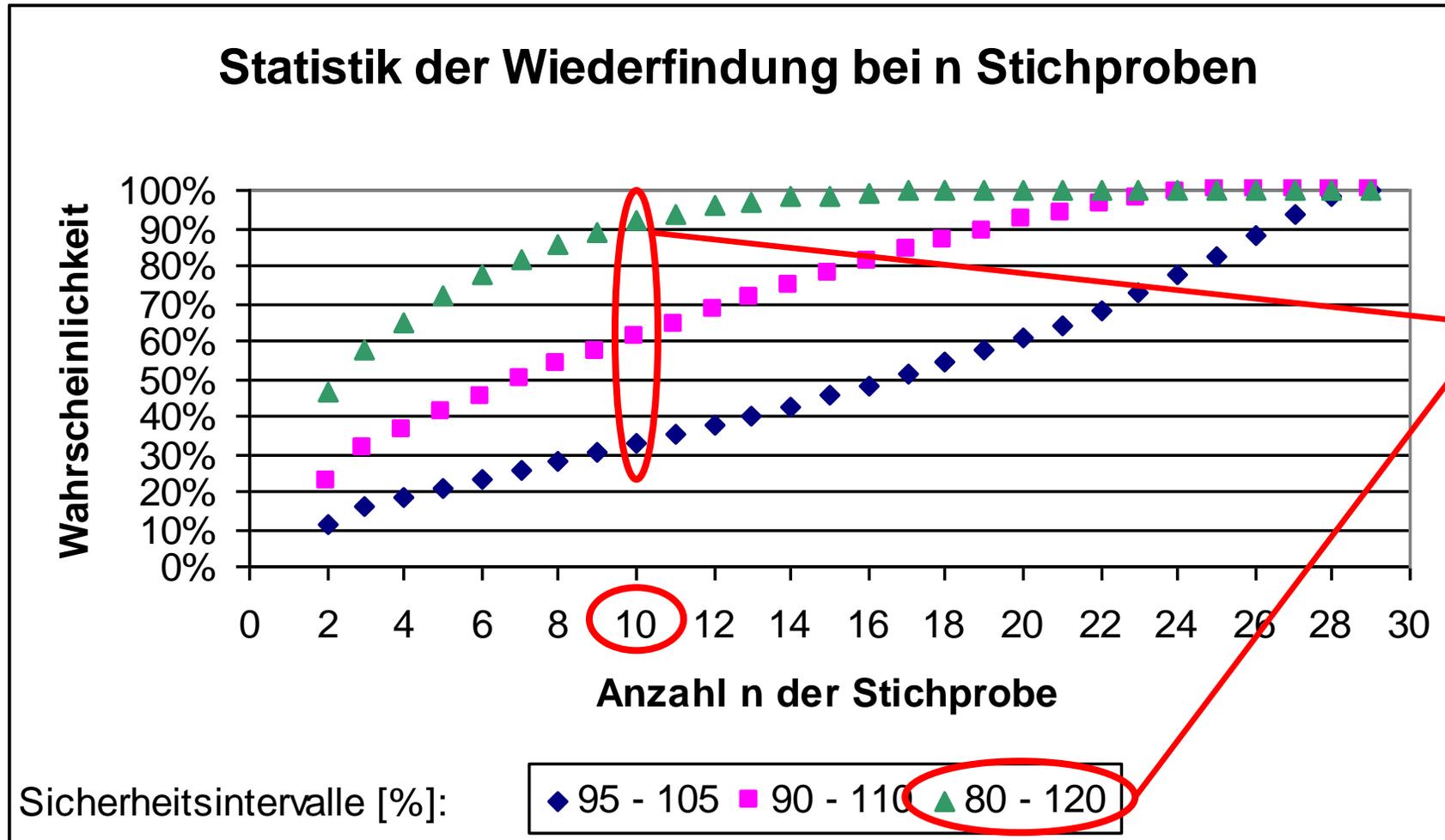
# Feldarbeiten



# Skaleneffekt und saisonaler Effekt auf die Auswaschung



# Mittelwertschätzung: Güte abhängig von Wiederholungen

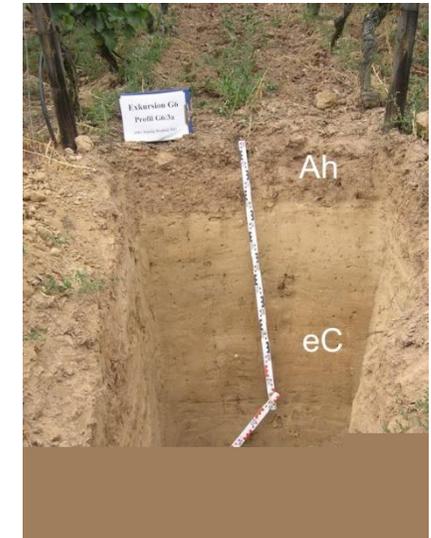
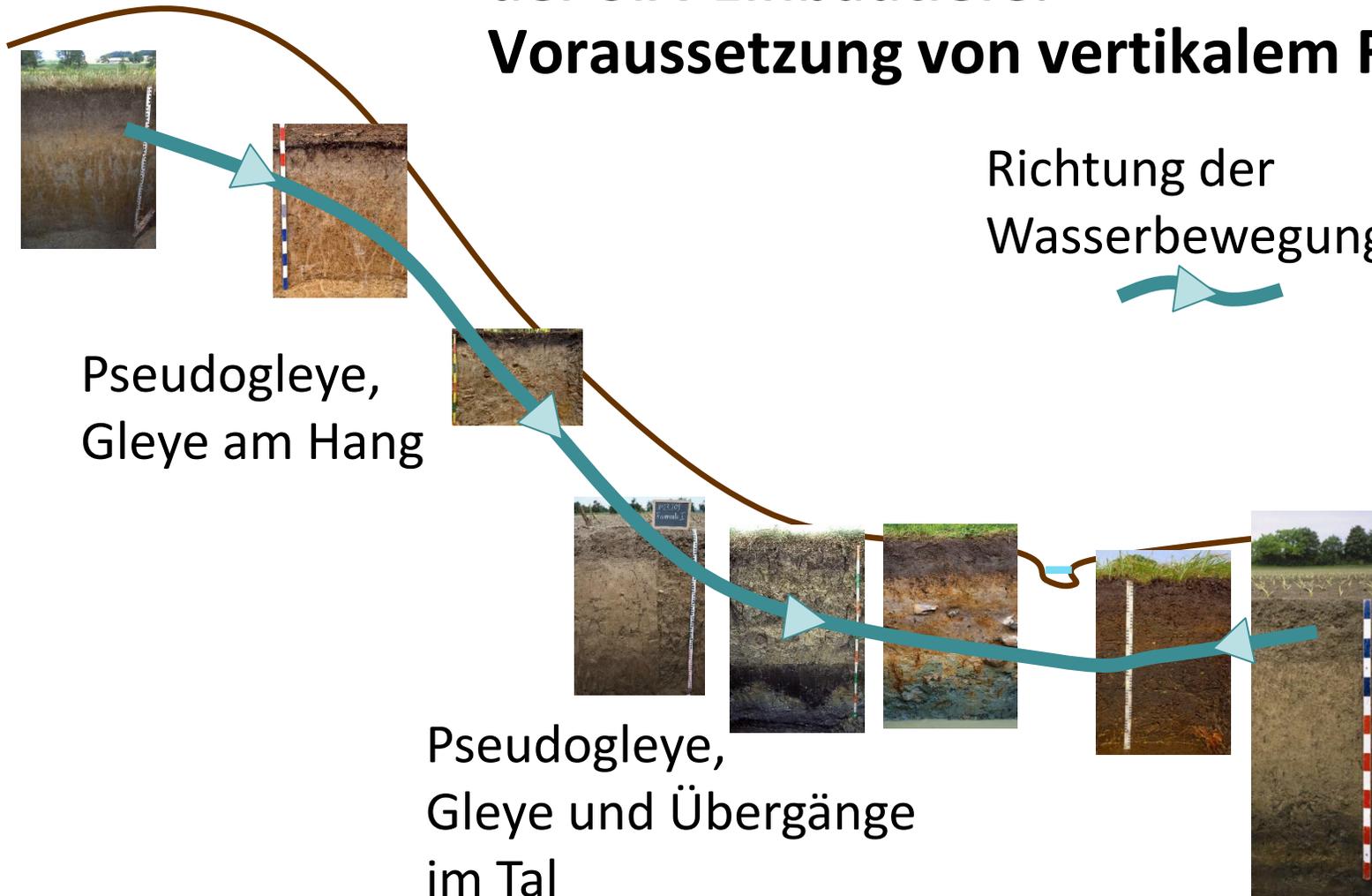


Lesebeispiel:  
ca. 20 % Schätzfehler  
des Mittelwerts  
bei 10 Wdh.

aus Tracerversuchen, 6 Standorte, 92 % mittlere Wiederfindung (Bischoff, 2007)

# Böden mit periodischer Wassersättigung oberhalb der SIA-Einbautiefe.

## Voraussetzung von vertikalem Fluss verletzt!



+ unstrukturierte (reine) Lössse, z.B. Löss Pararendzina



# Standörtliche Einschränkungen:

- In der Einbautiefe der SIA:
  - kein Grundwasser
  - kein (zeitweises) Stauwasser
- keine allzu großen Hangneigungen
- keine unstrukturierten schluffigen Standorte (z.B. alluviale Schluffe)

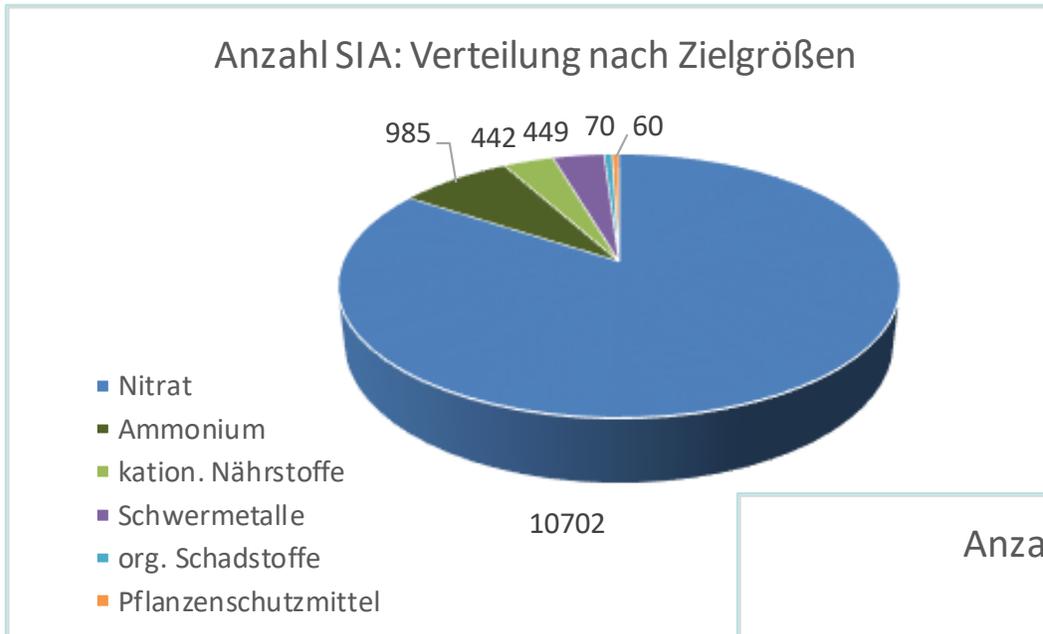
# Messverfahren

- Relevant für Grundwasser:  
Wirksamkeit von Maßnahmen sind in der Sickerwasserbeprobung *nach 1 Jahr sichtbar statt* am Brunnen *nach* z.B. 10 Jahren *Gesamtverweilzeit*.
- Erfasst Stoffflüsse
- Schafft einen Flächenbezug
- [Kann fallspezifisch zu Konzentrationen umgerechnet werden.]

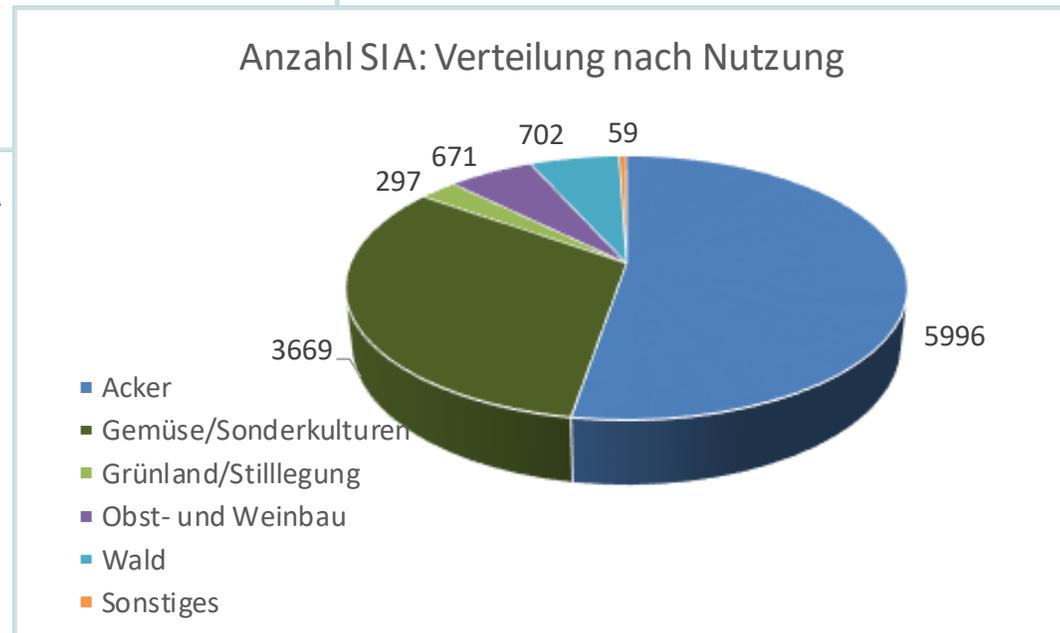
Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA)

# ANWENDUNG

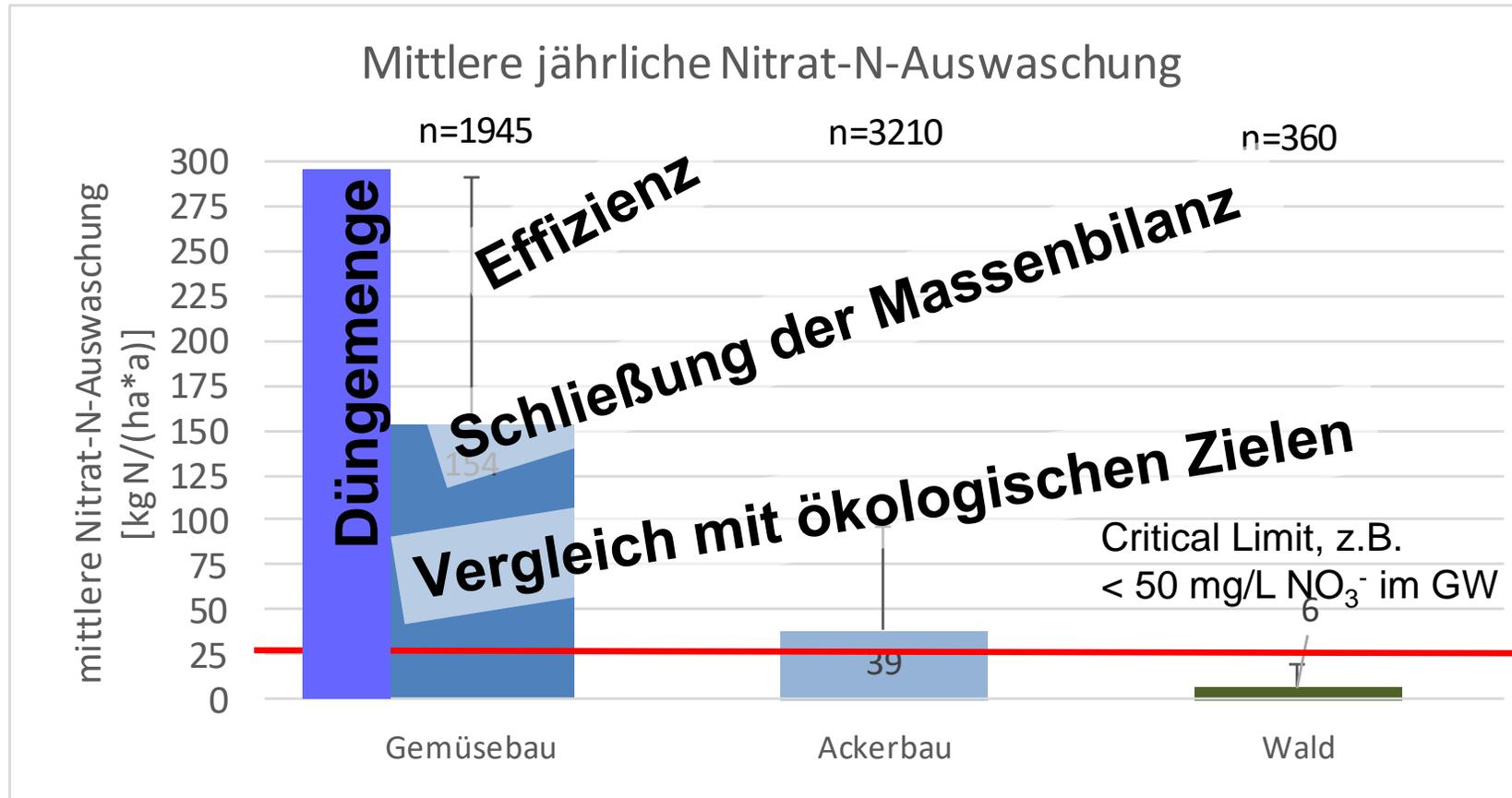
# Einsatz der SIA bis 2018



N ~ 12.000 SIA



# Wozu können die Messergebnisse genutzt werden?

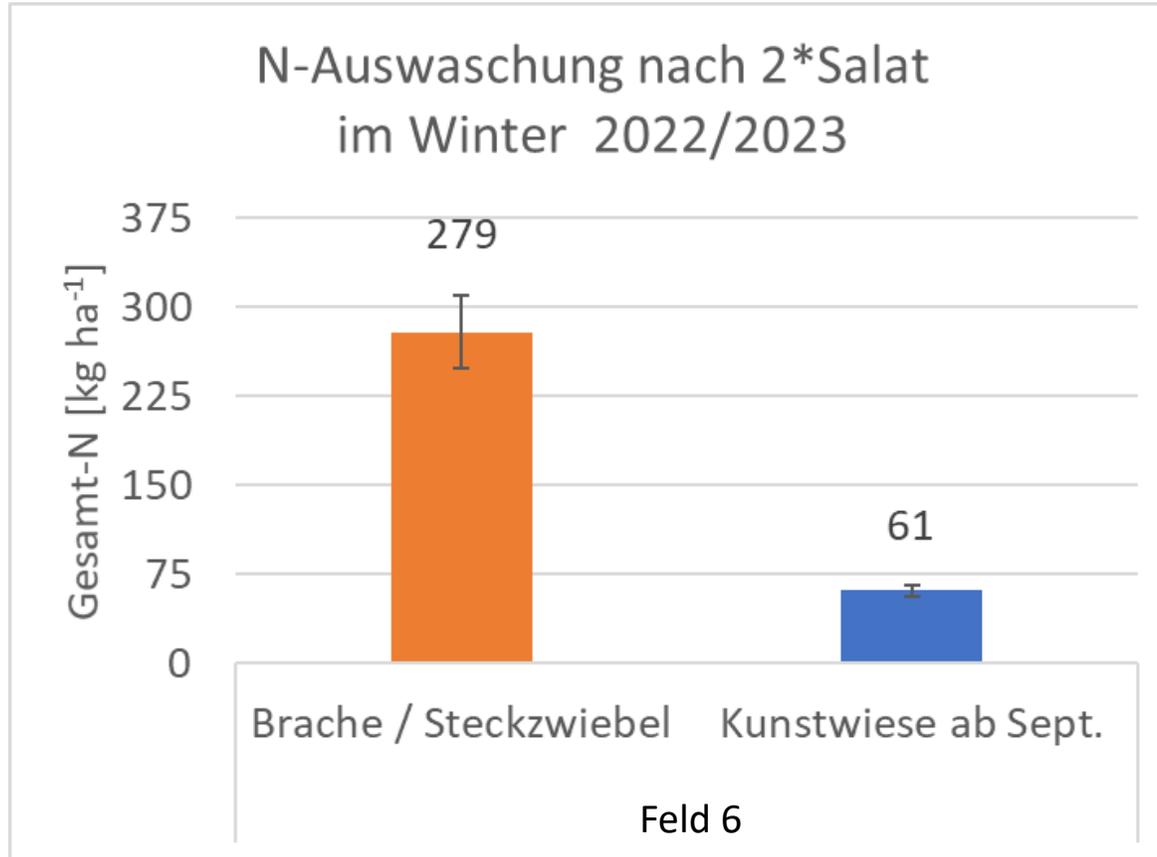




# GEMÜSEANBAU IM WSG?

**Critical**  (BERN, SOLOTHURN, CH)

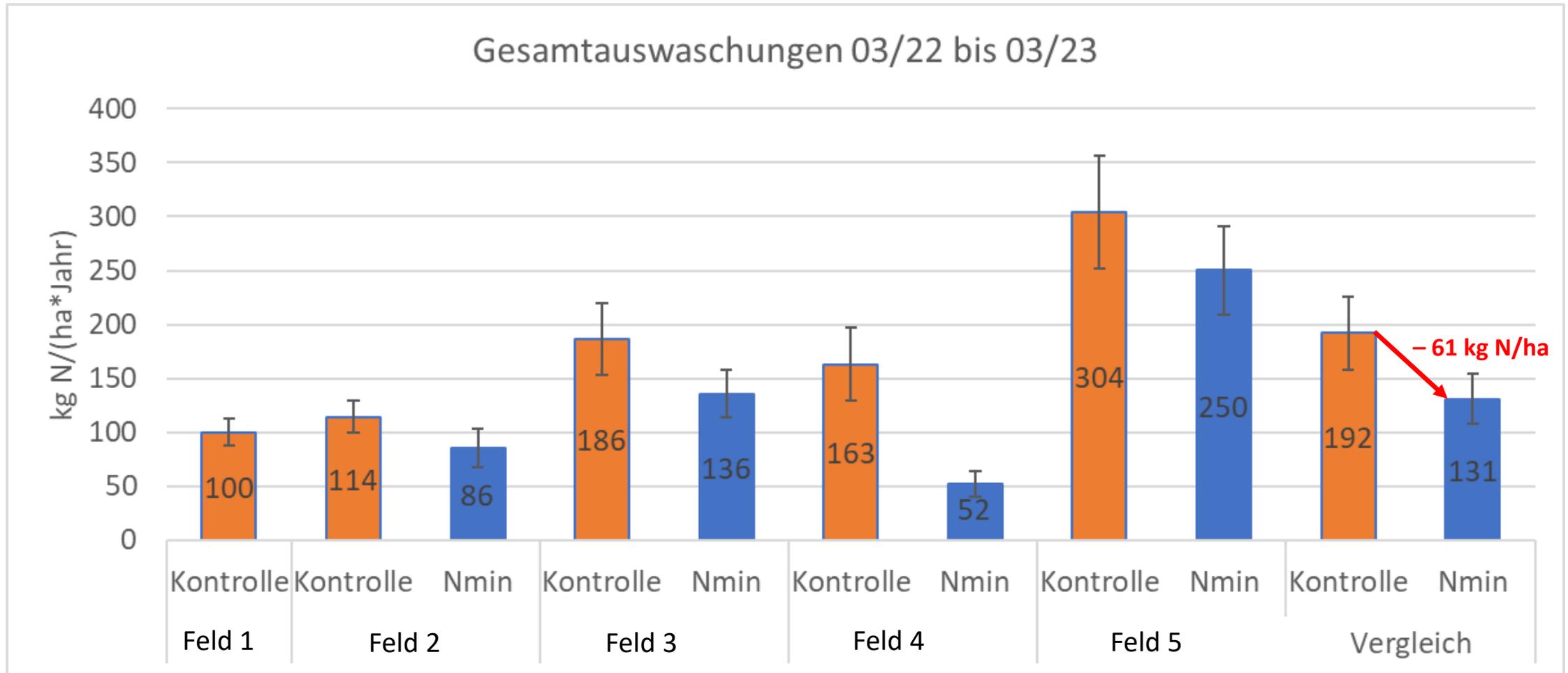
# Unterschiede *Bearbeitung* nach Gemüse



20.10.2022

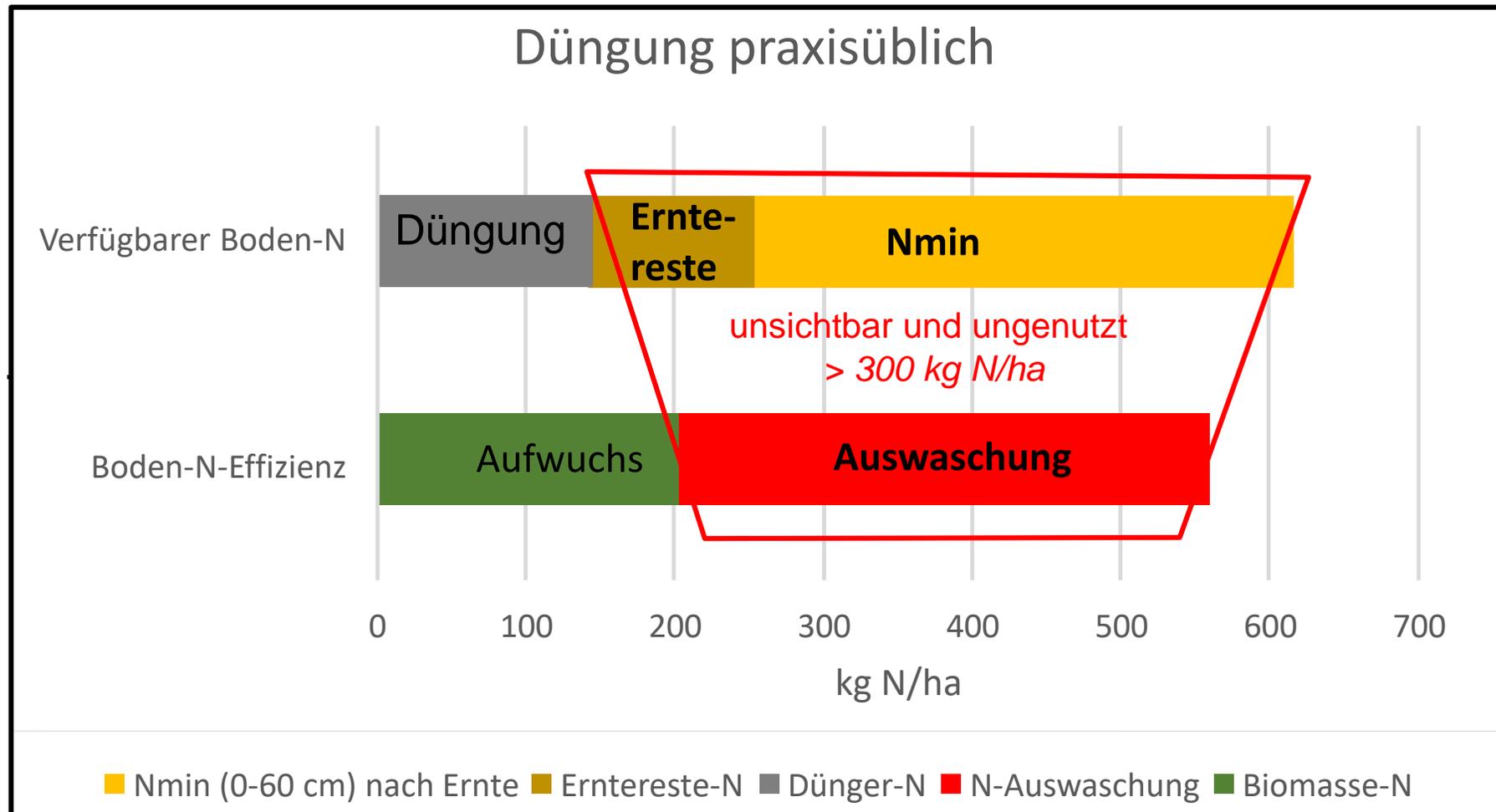
# Düngeneffekt:

## Nitrat-Auswaschung im Gemüse (März 2022 bis März 2023)



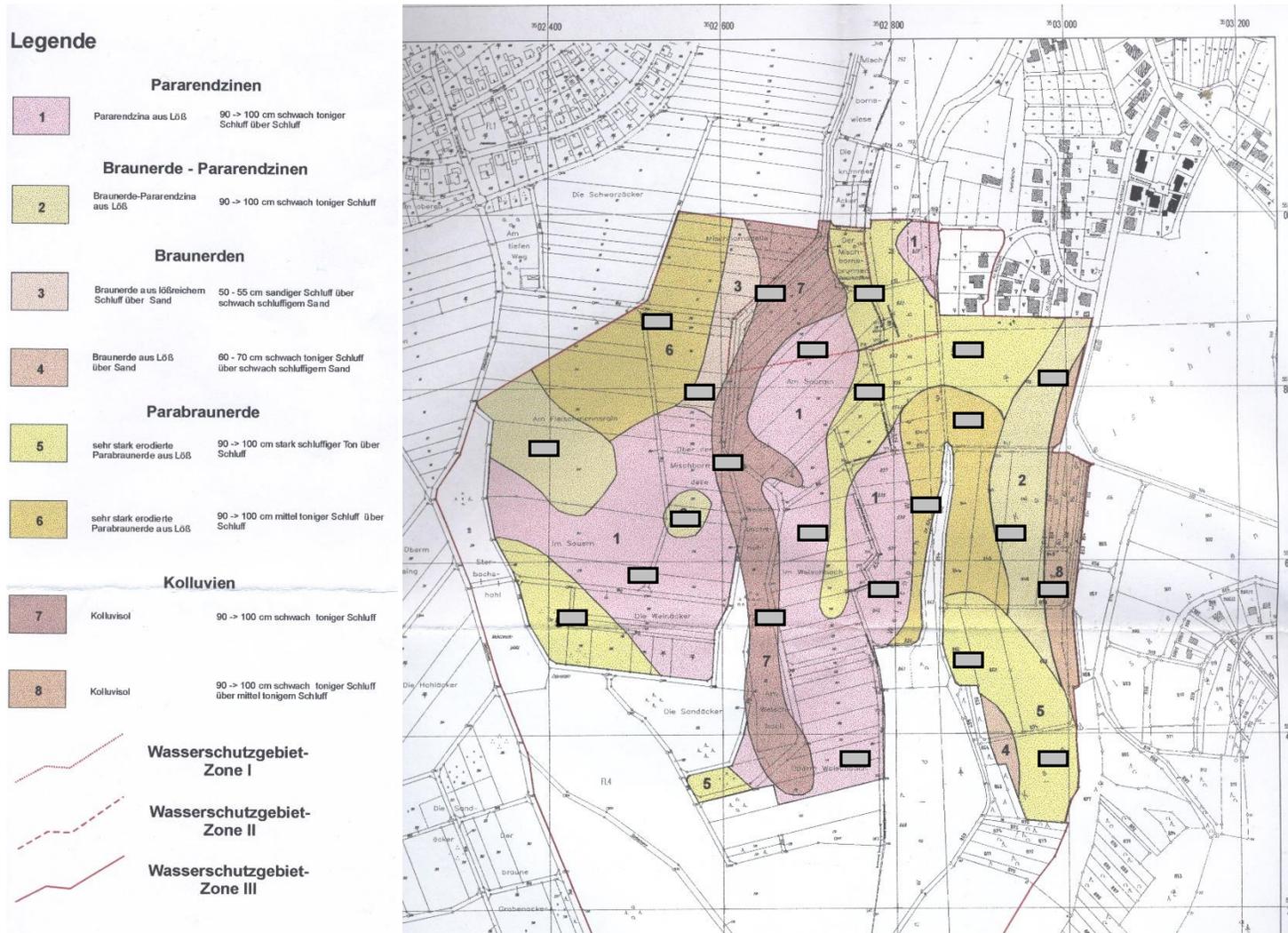
Kontrolle = praxisübliche Düngung

# N-Bilanz 2019 im Gemüse: Potenziale und Verluste *durch Messung sichtbar machen*



Leicht verfügbares N im Boden (Summe aus  $N_{\min}$  + Erntereste + Dünger, oberer Balken) und dessen Verbleib in Sickerwasser und Pflanzen (unterer Balken).

# Besipiel Wasserschutzgebiet: Regionalkonzept mit *Bodenleitformen* statt Feldern



▣ Profile mit 2 Wiederholungen

Kartengrundlage:  
Pfeifer (2002)

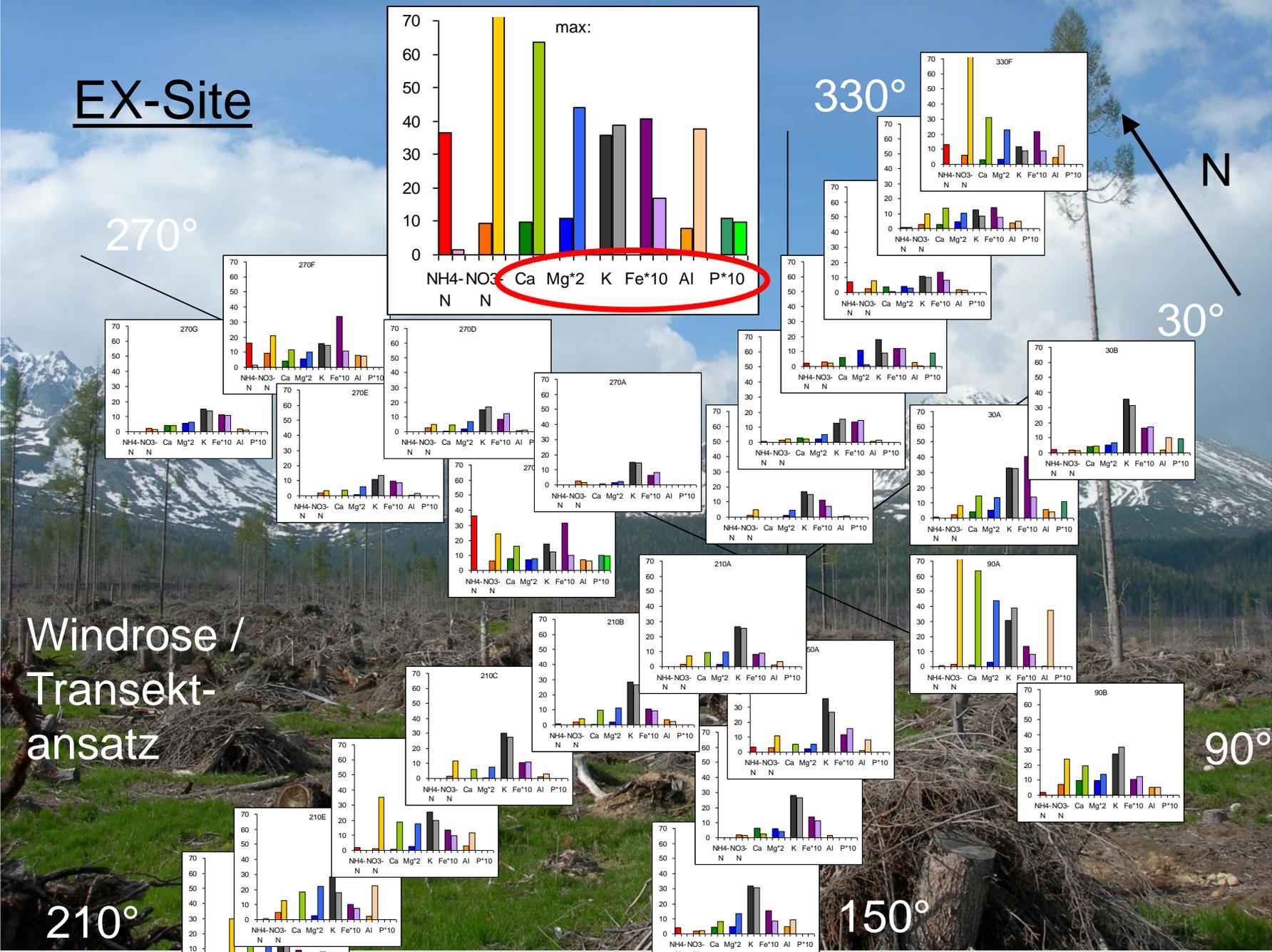
# Windwurf Hohe Tatra (Slowakei) mit MPI Jena



- Stoffbilanzierung im Vergleich:
  - Intakter Wald
  - Windwurf
  - Windwurf (geräumt)
- Teilprojekt Sickerfrachten



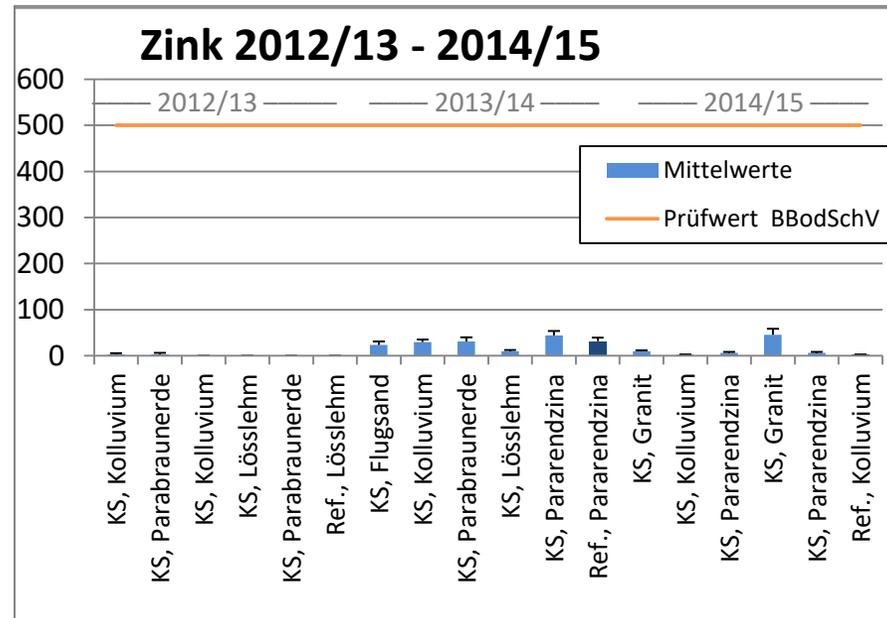
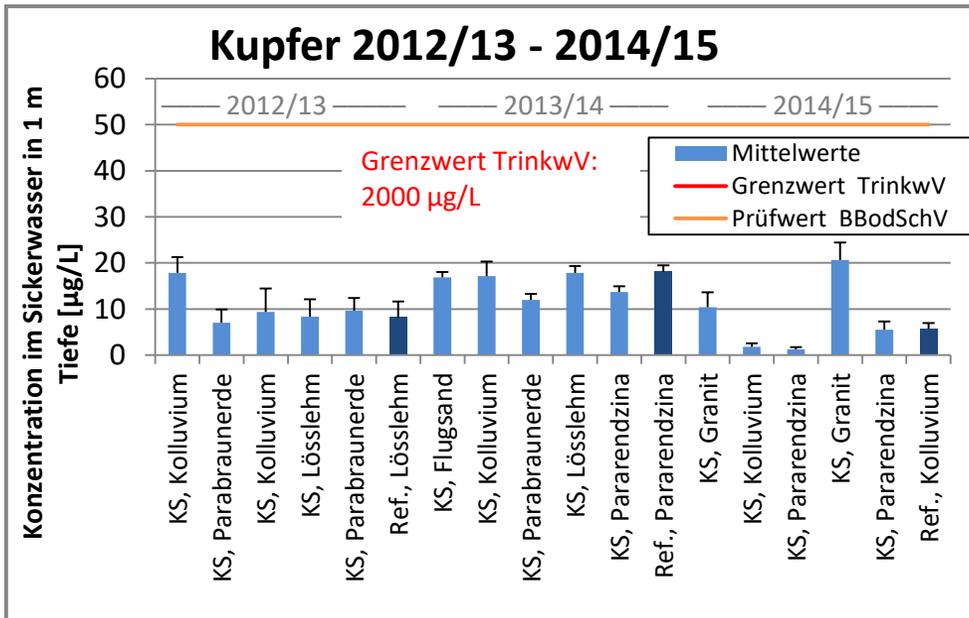
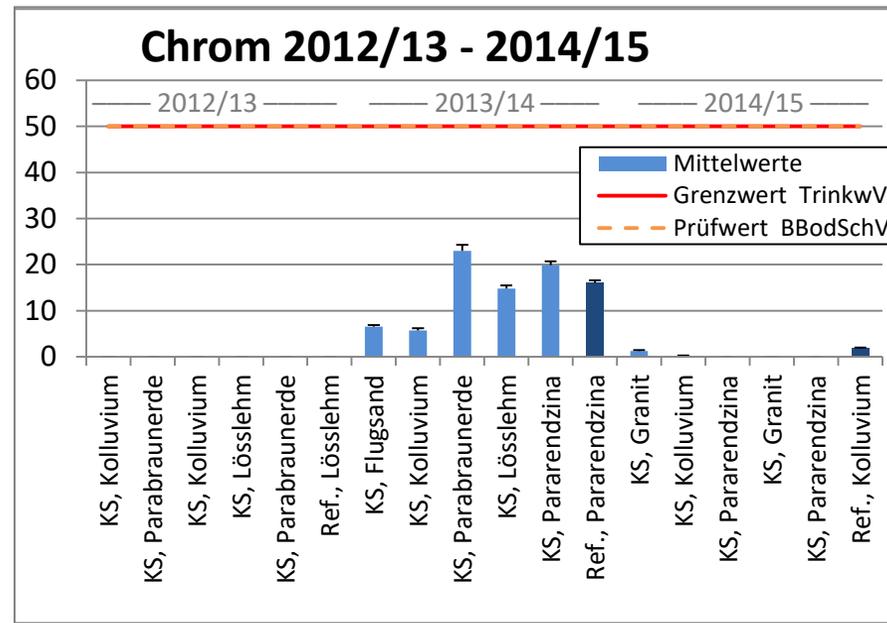
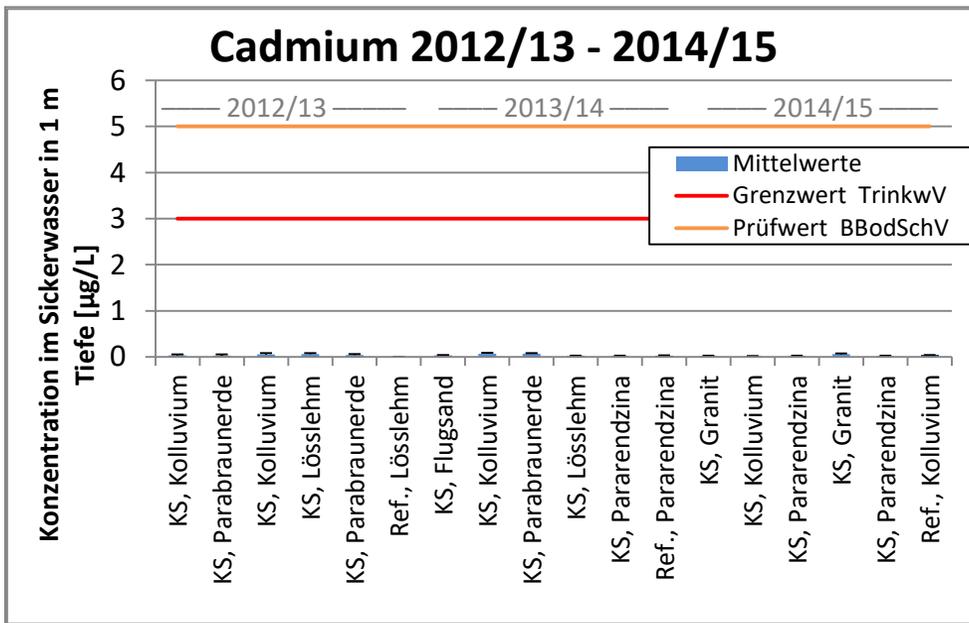
# EX-Site



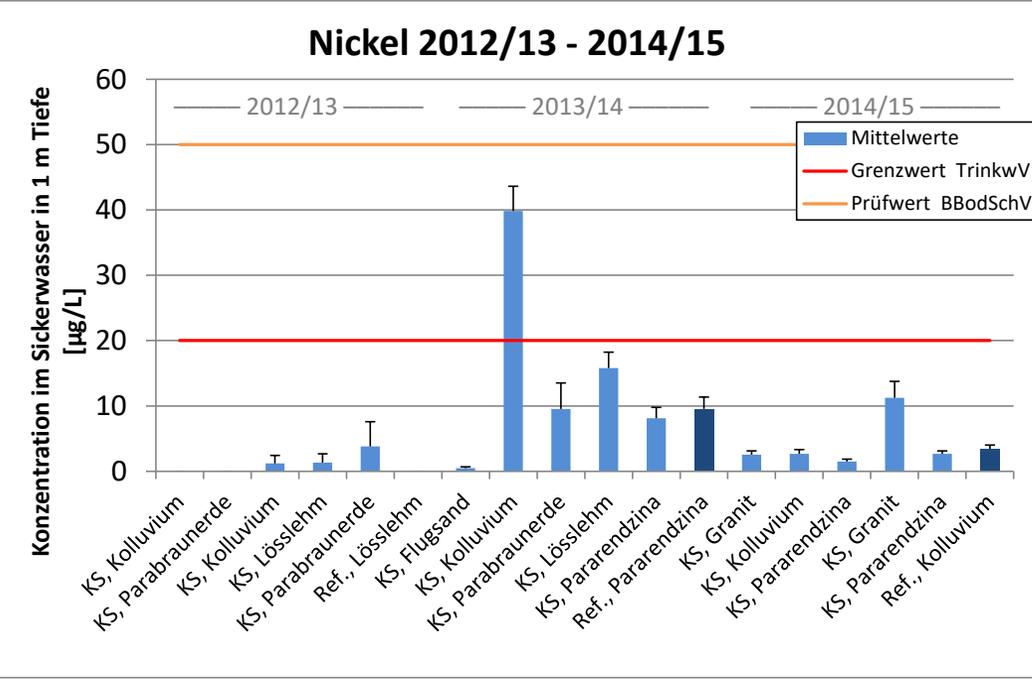
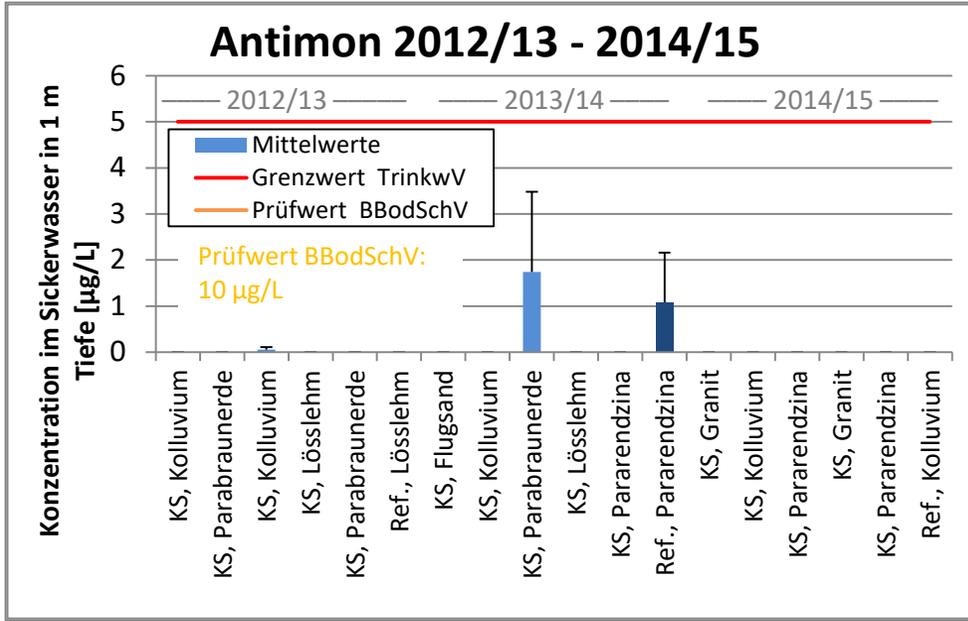
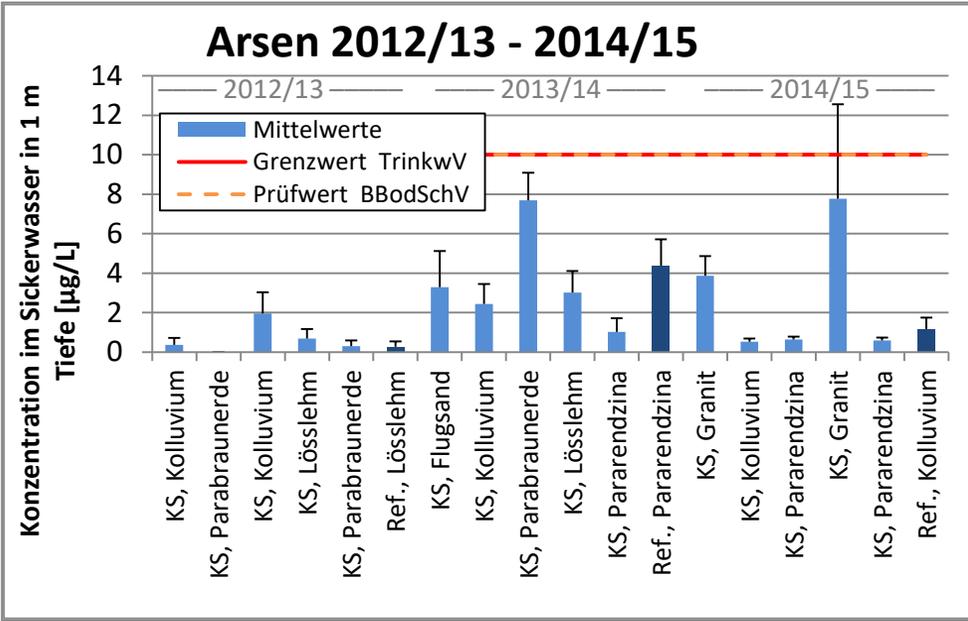
Windrose /  
Transekt-  
ansatz

# Klärschlammaufbringung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen - Vergrößerung eines WSG 2012 - 2016



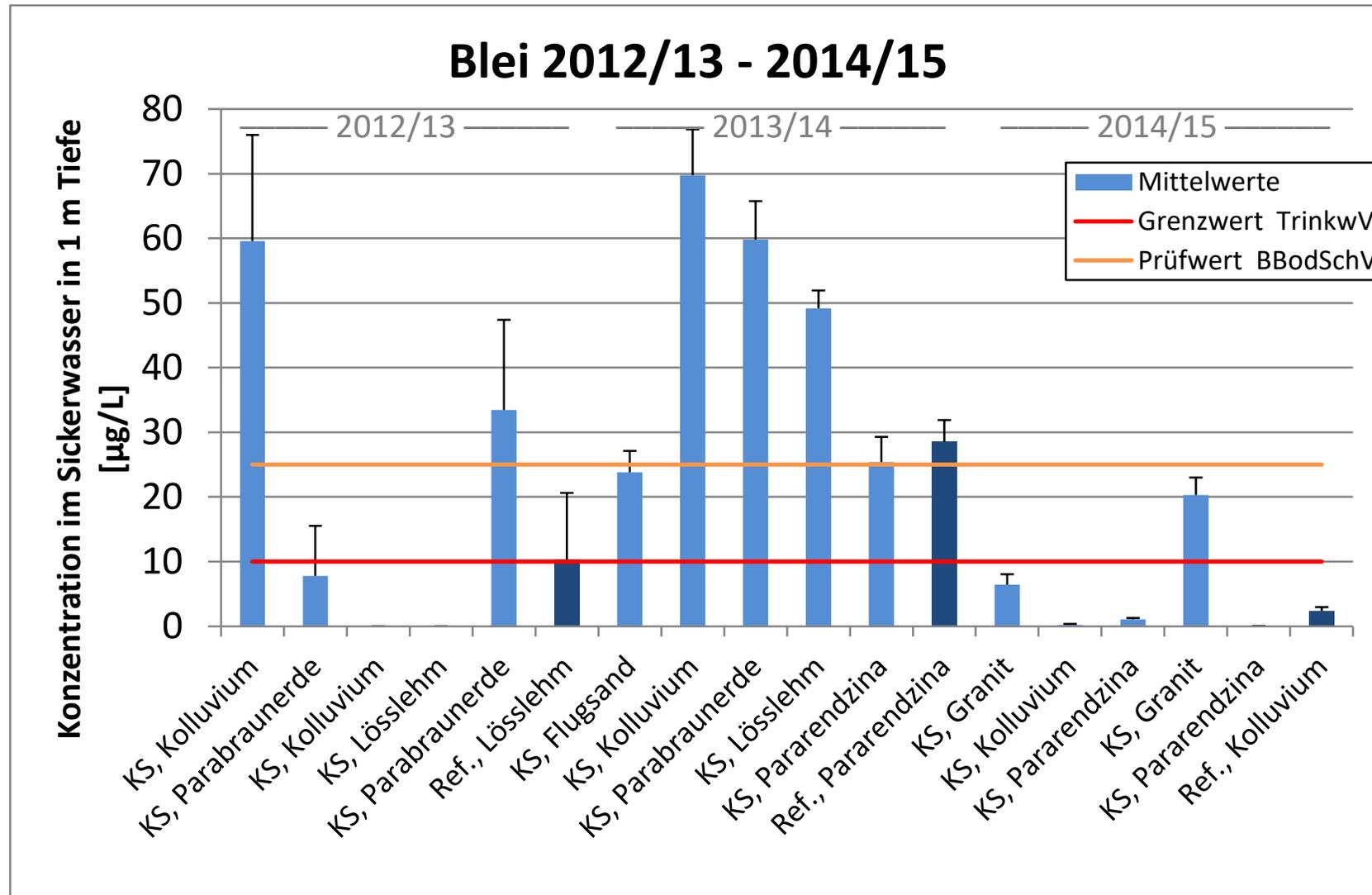


Fehlerbalken = Standardfehler

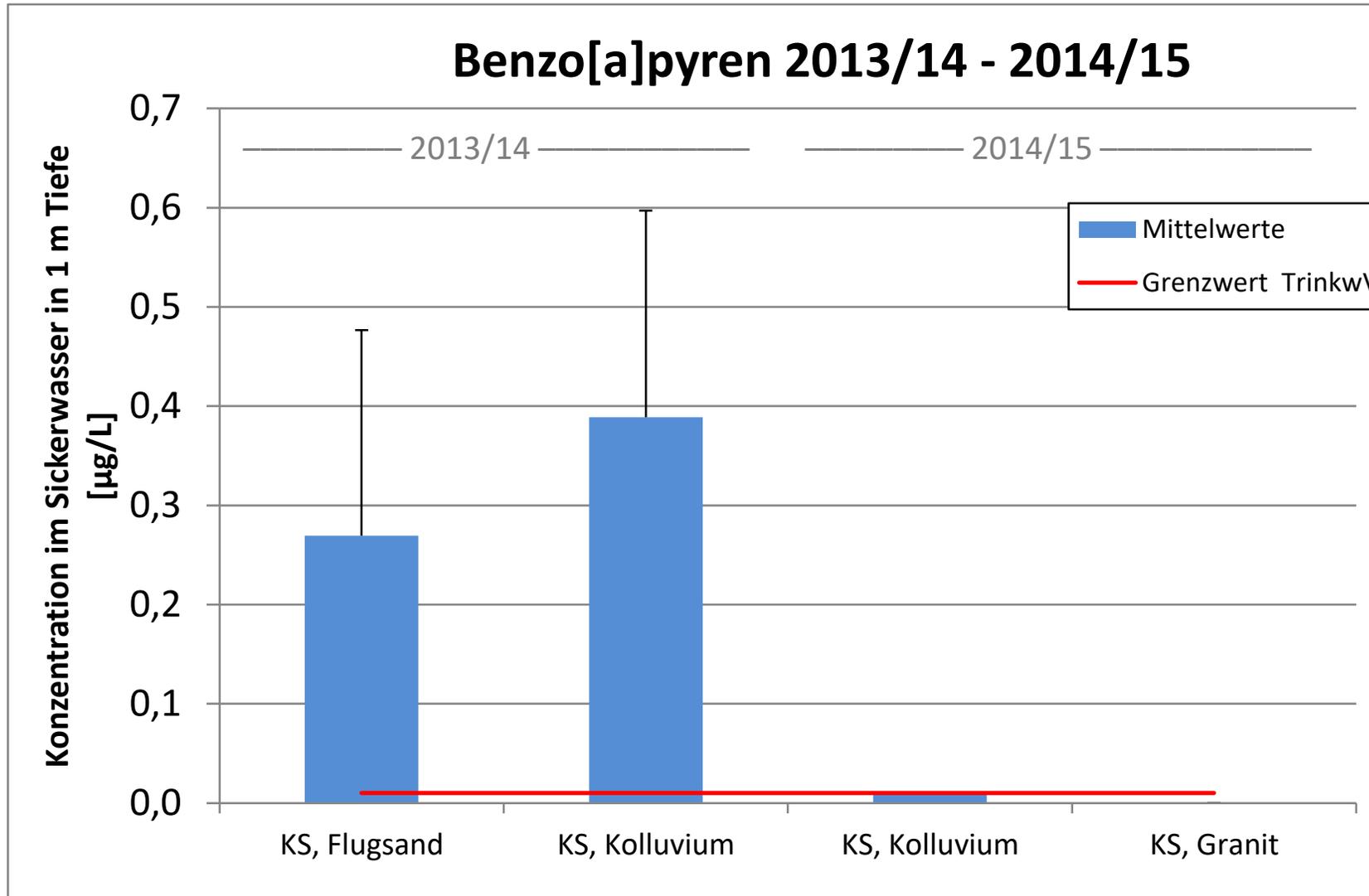


Fehlerbalken = Standardfehler

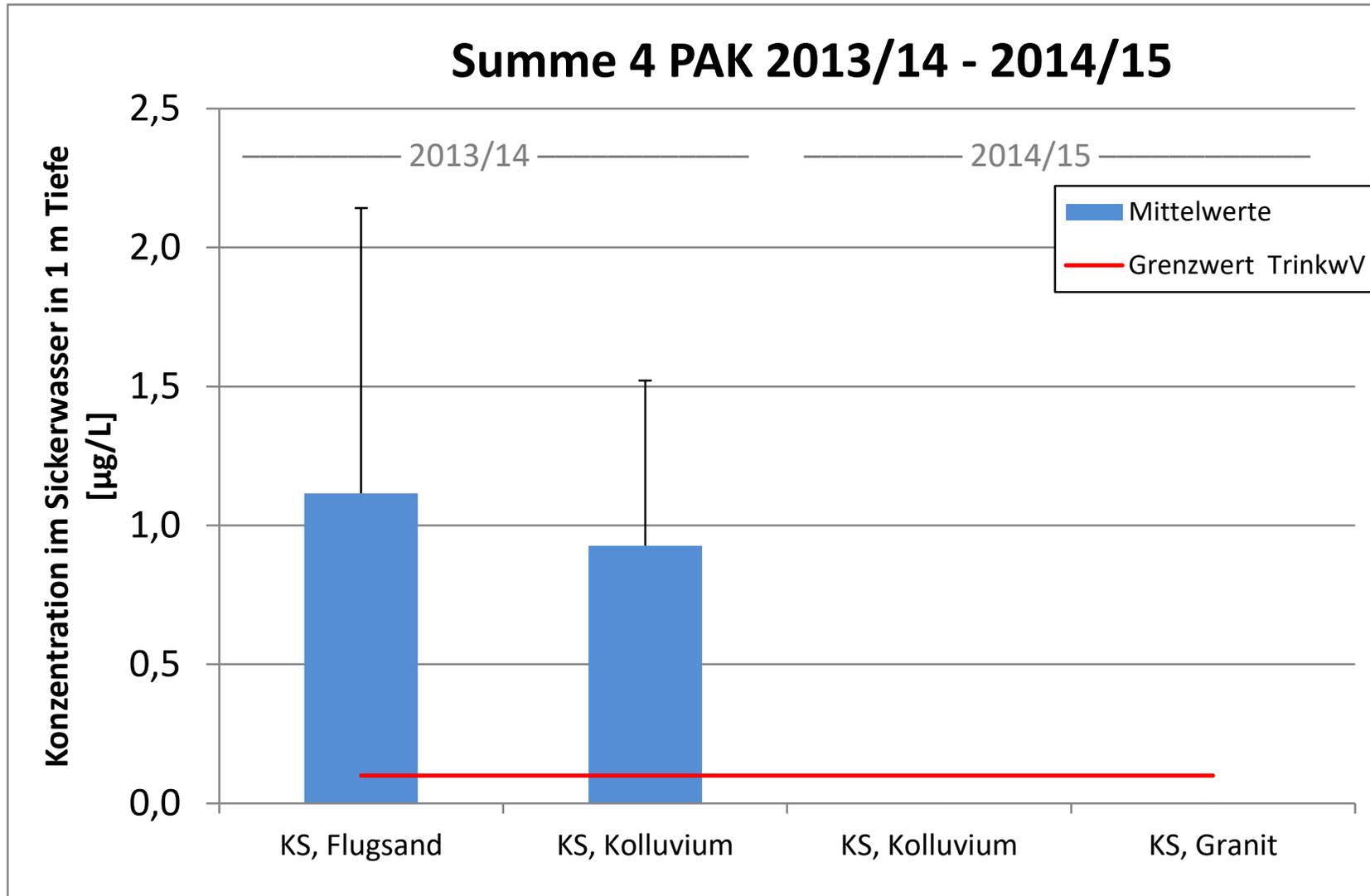
# Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser



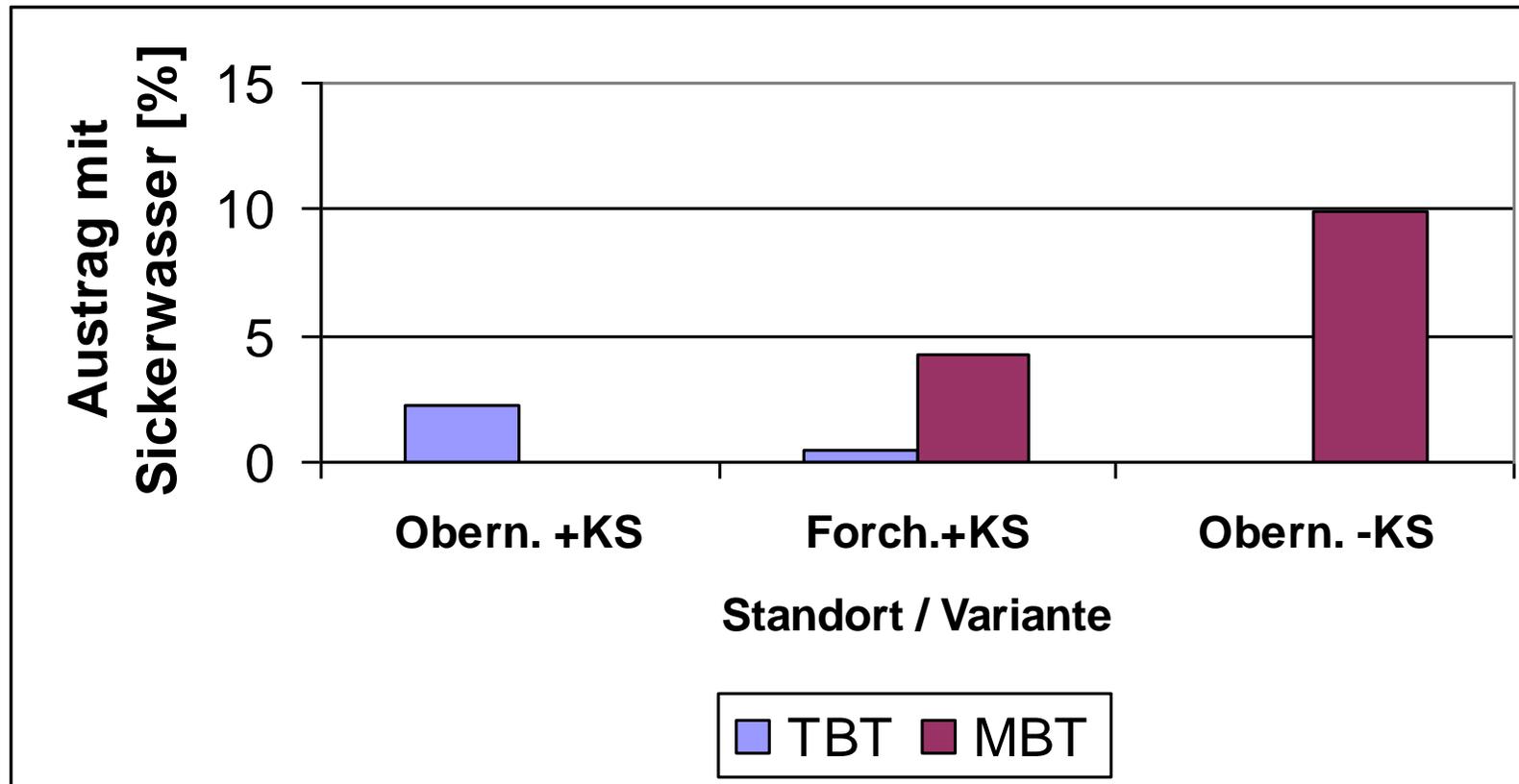
# Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser



# Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser

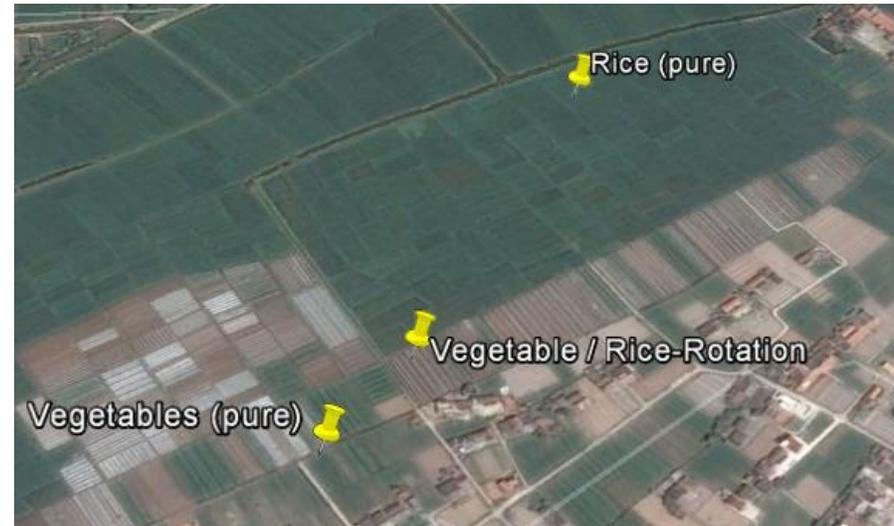


# Feld: Auswaschungsverluste Zinnorganika (UBA, 2003)



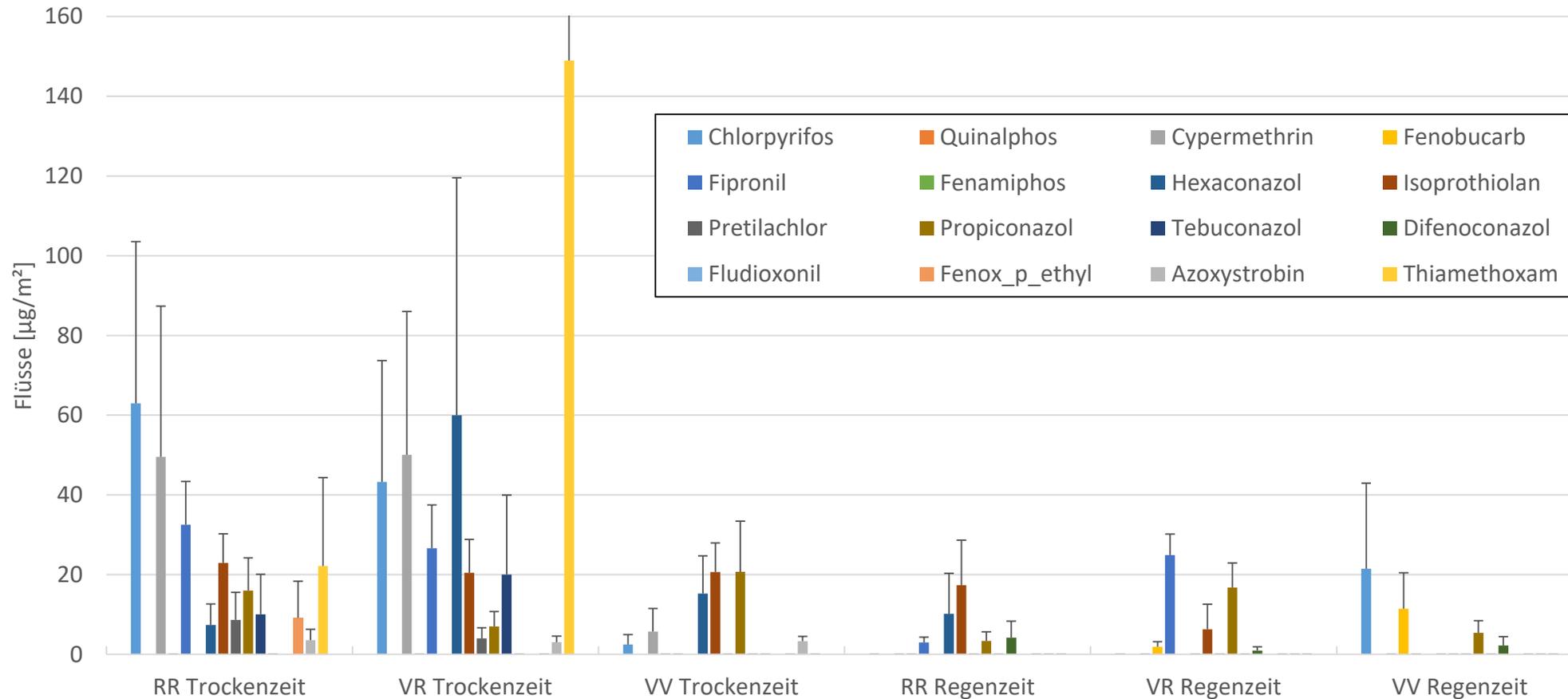
## Pestizid Screening

- 3 Standorte mit unterschiedlicher Rotation in Giao Phong (Red River):
  - Reis – Reis
  - Gemüse – Reis
  - Gemüse – Gemüse
- 2 Messperioden in 2016:
  - Januar – Juni (“Trocken”zeit)
  - Juni – November (Regenzeit)



# DeltAdapt, BMBF, 2014-2017 mit Uni Bonn, Uni Hanoi, UNU

PSM-Flüsse, Giao Phong, 2016



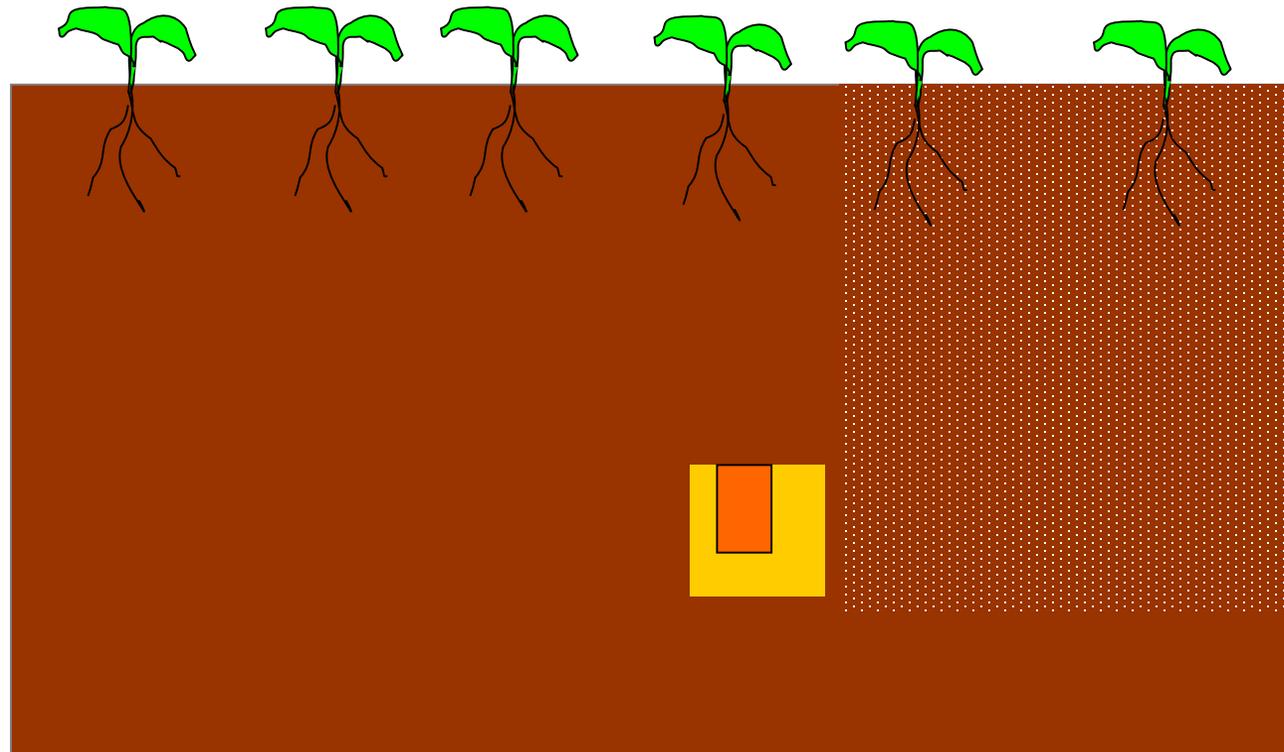
- Anwendungen:
  - *Frühwarnsystem Grundwasser*
  - Massenbilanz
  - Effizienz (Dünger-, PSM-, ...)
  - Abgleich mit ökologischen Zielen
  - Breites Spektrum an Nähr- und Schadstoffen
- Methode für Langzeitmessung
- Feldheterogenität der Stoffflüsse
- Validiert mit Massenbilanzierung:
  - ~92 % Wiederfindung
  - ~20 % Fehler bei 10 Wdh.
- Variantenvergleiche, z.B.:
  - Ackerbau ~ 40 kg N/(ha\*a)
  - Gemüsebau ~ 150 kg N/(ha\*a)

# Vielen Dank!



# SIA-Methode

- Einbau unter ungestörtem Boden



Pro Standort 10 SIA

# Klärschlamm in der Landwirtschaft

Die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Flächen ist in Deutschland unter bestimmten Bedingungen weiterhin erlaubt. Allerdings wurden die gesetzlichen Vorgaben in den letzten Jahren verschärft, um Umwelt und Gesundheit besser zu schützen.

Die novellierte Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 27. September 2017 legt fest, dass Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von über 100.000 Einwohnerwerten ab 2029 und solche mit über 50.000 Einwohnerwerten ab 2032 verpflichtet sind, Phosphor aus dem Klärschlamm zurückzugewinnen. Dies bedeutet, dass für größere Kläranlagen die landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlammes nach diesen Übergangsfristen nicht mehr zulässig ist.

Für kleinere Kläranlagen bleibt die landwirtschaftliche Nutzung von Klärschlamm unter Einhaltung strenger Auflagen weiterhin möglich. Dazu zählen unter anderem Grenzwerte für Schadstoffkonzentrationen im Klärschlamm und im Boden sowie spezifische Anwendungsverbote, beispielsweise auf Grünland, Obst- und Gemüseanbauflächen oder in Wasserschutzgebieten.

(LFU Bayern)

Zusammenfassend ist die Klärschlammausbringung auf landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland derzeit noch erlaubt, jedoch unterliegt sie strengen gesetzlichen Regelungen und wird für größere Kläranlagen in den kommenden Jahren weiter eingeschränkt.