

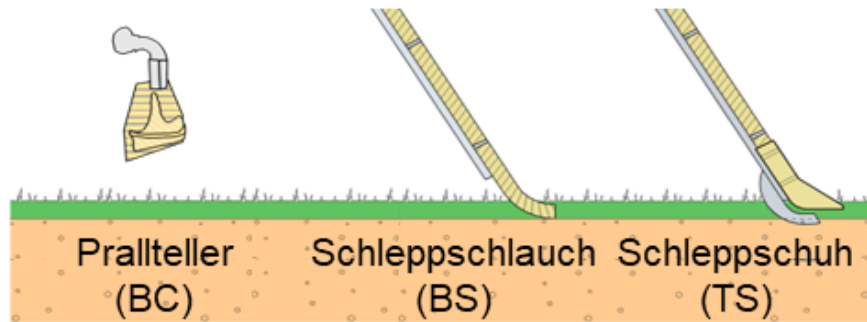
# Düngung



Düngung – O. Huguenin | Ebenrain, 06.11.2025



# Gülle-Applikationstechnik



X

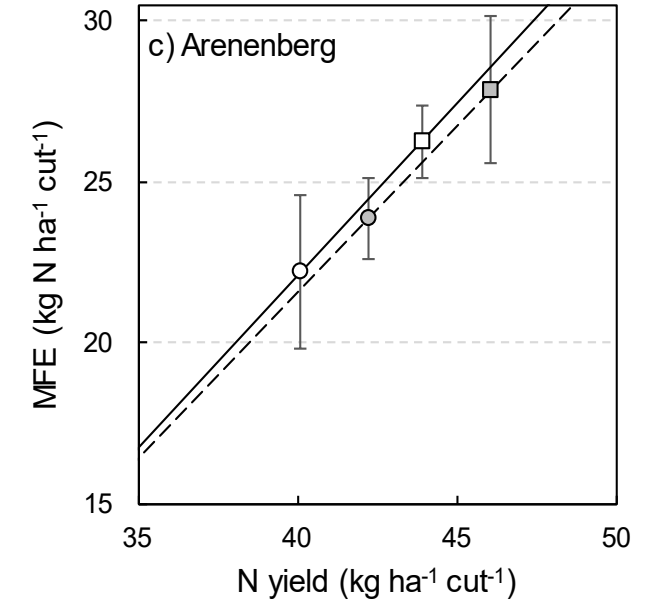
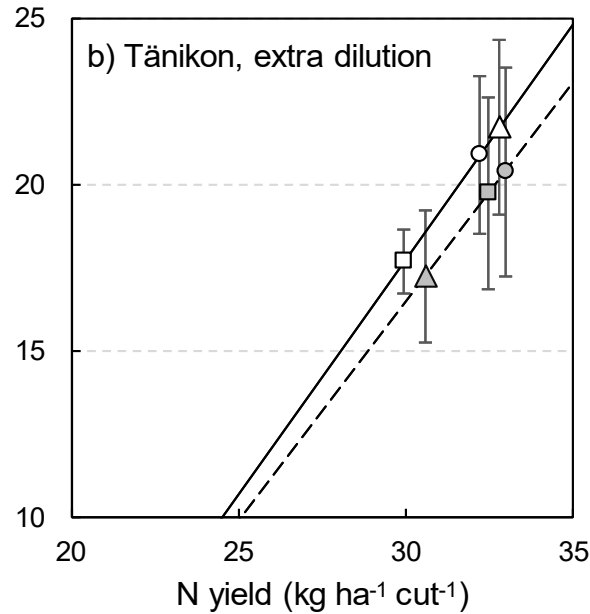
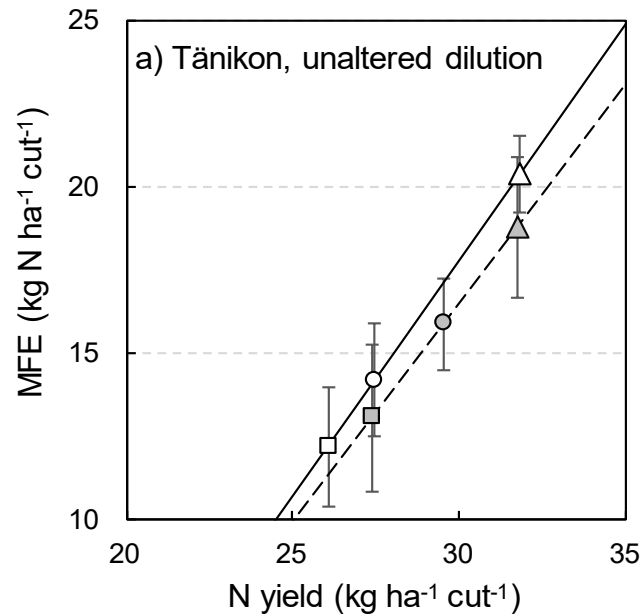
2 Standorte	2 Verdünnung
	unaltered  extra dilution
2 Zeitpunkt	2 Bestandestypen
Früh  Später	Gras-Klee  Gras rein

Latsch et al., 2025



# Gülle-Applikationstechnik

MFE: Mineraldünger-Äquivalent



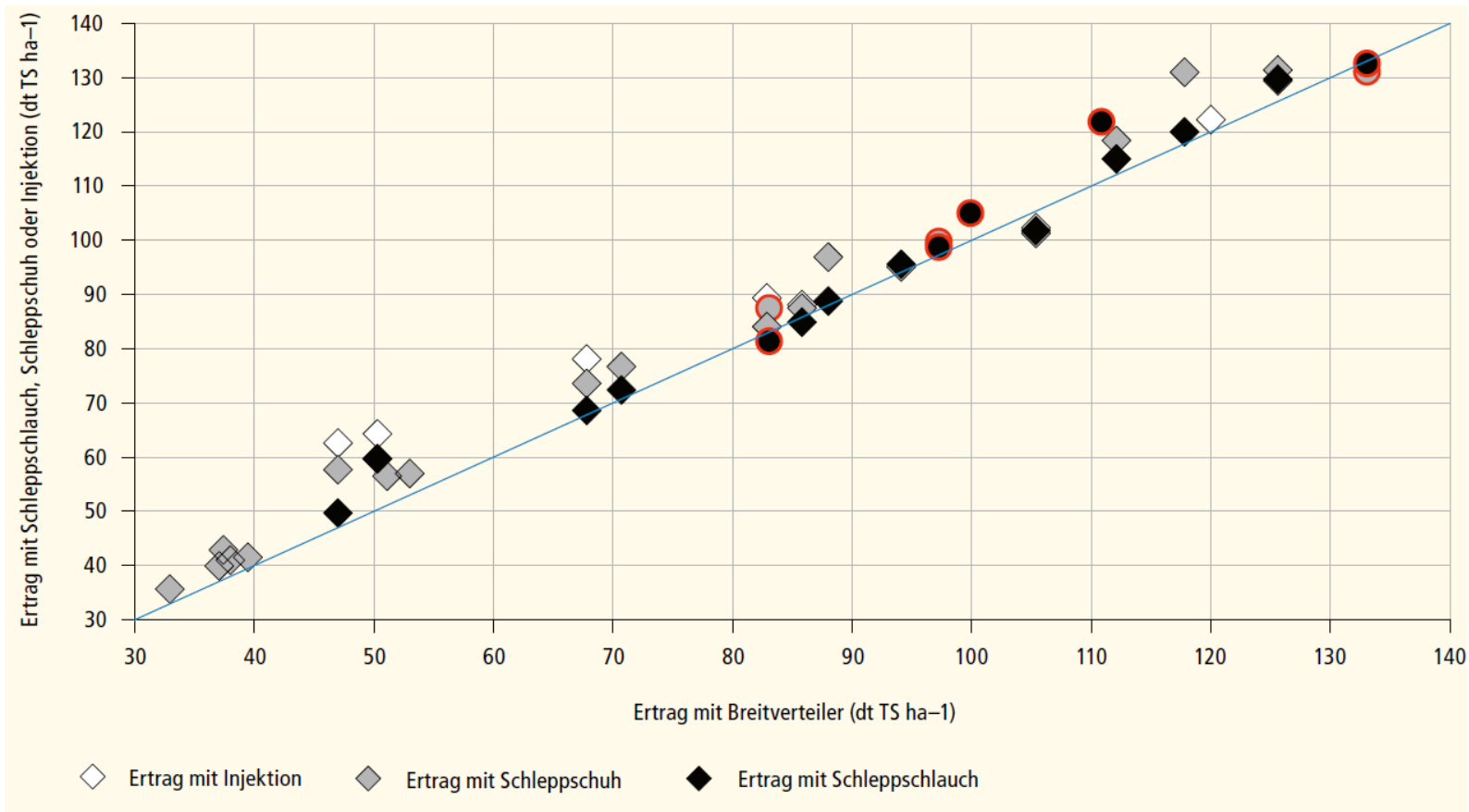
	Prallteller	Schleppschlauch	Schleppschuh
—— Min Early	○ BC Early	□ BS Early	△ TS Early
--- Min Late	● BC Late	■ BS Late	▲ TS Late

Früh  
Später

Latsch et al., 2025



# Gülle-Applikationstechnik

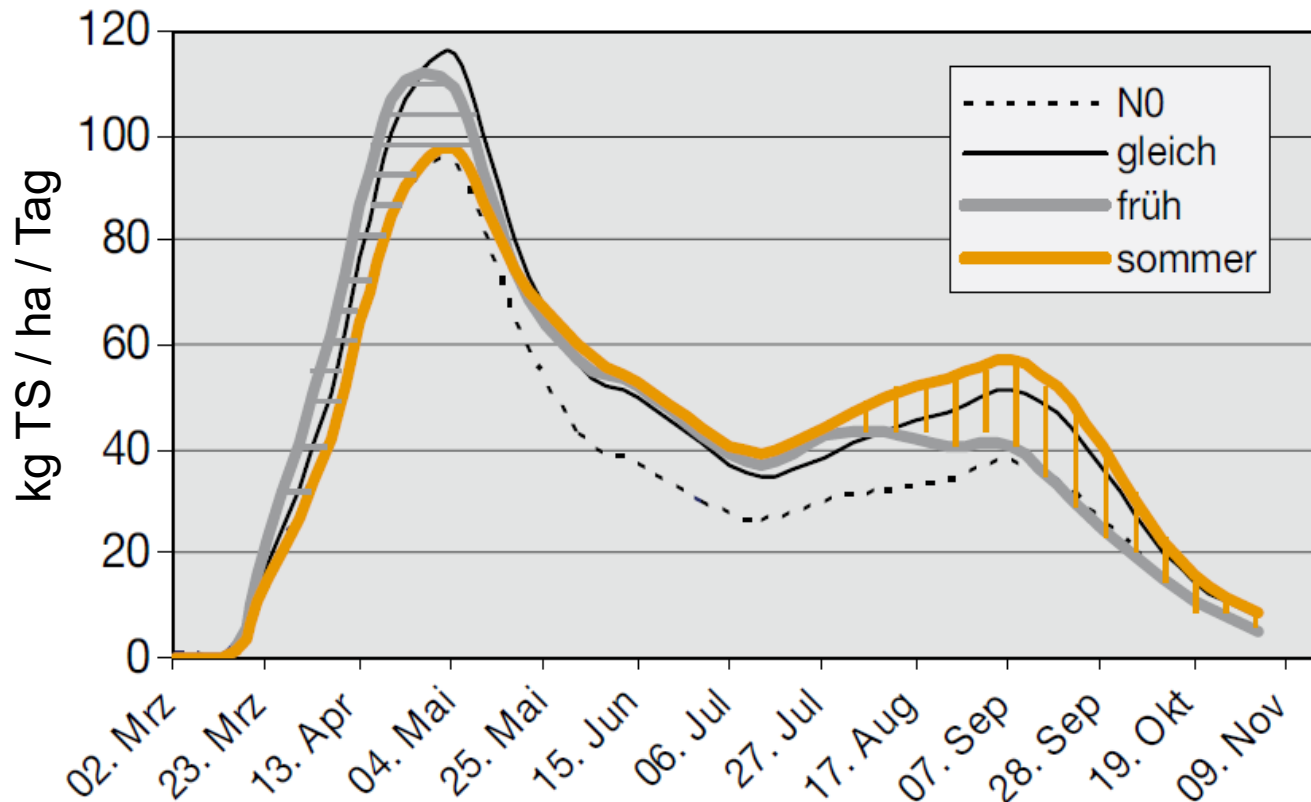


Daten aus schweizerischen (Aeby *et al.* 2017; Latsch *et al.* 2015; runde, rot umrandete Punkte) sowie deutschen und irländischen Versuchen (Berendonk 2011; Hoekstra *et al.* 2010; Kayser *et al.* 2015; Kiefer *et al.* 2004; Kunz 2011; Lalor *et al.* 2011; Lorenz und Steffens 1996; Neff 2011).



# Verteilung im Jahresverlauf: Düngergaben

Tägliches Graswachstum der Weide in Abhängigkeit von der saisonalen Verteilung der Düngergaben



Ø Ertragswirkung 14.4 kg TS kg<sup>-1</sup> N  
Kein signifikanter Unterschied  
zwischen den Verfahren

Thomet et al., 2007





# Verteilung im Jahresverlauf: Ausscheidungen

Ertragswirkung und Wirkung auf den N-Ertrag innerhalb der Harnstellen in Abhängigkeit des Applikationstermins:

Standort	Applikations-termin	Ertragswirkung (kg TS kg <sup>-1</sup> N)	Wirkung auf den N-Ertrag (kg N kg <sup>-1</sup> N)
Pfäffikon ZH	Mai	15.1 a	0.70 a
	Juli	6.5 b	0.31 b
	Oktober	1.9 c	0.10 c
Liebegg AG	Mai	7.7 a	0.28 a
	Juli	6.2 ab	0.29 a
	Oktober	2.2 b	0.14 b

Inklusive Nachwirkung im folgenden Frühjahr



# Schwefeldüngung im Futterbau

Schwefel ist einen lebenswichtige Nährstoff

- Schwefel ist:

- notwendig für die Eiweiss-Synthese (Cystin, Methionin, Cystein)
- notwendig für die Chloroplasten-Bildung, und deswegen für die Photosynthese
- an der Synthese von Fettsäuren, lebenswichtigen Enzymen und einigen Vitaminen beteiligt
- wichtig für die Stickstofffixierung durch die Leguminosen

→ Bei Schwefel-Mangel treten deutliche Ertragseinbussen auf und die N-Effizienz kann nicht gut sein



# Schwefel in den Pflanzen

- Schwefel-Gehalt im Futter von intensiv bewirtschafteten Wiesen und Weiden: 1.5 – 2.6 g S / kg TS (GRUD 2017) (ähnlicher Bereich wie Magnesium)
- Grünes Buch 2021: «Der Bruttobedarf von Schwefel wird beim Rind auf 2.0 g / kg TS geschätzt»

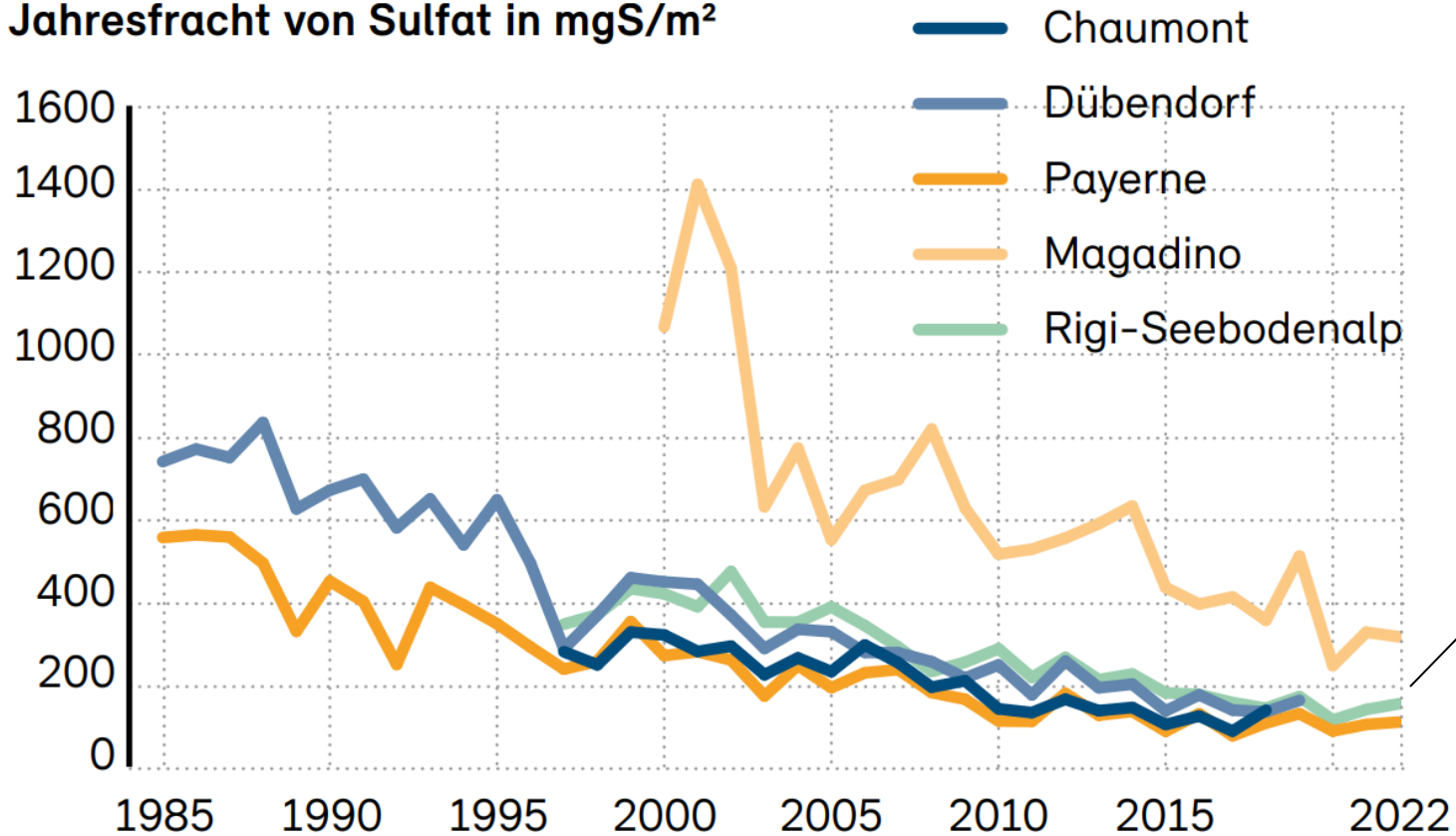




# Entwicklung der Deposition aus der Luft

Abb. 16: Jahresfracht von Sulfat im Niederschlag = nasse Deposition

Jahresfracht von Sulfat in mgS/m<sup>2</sup>



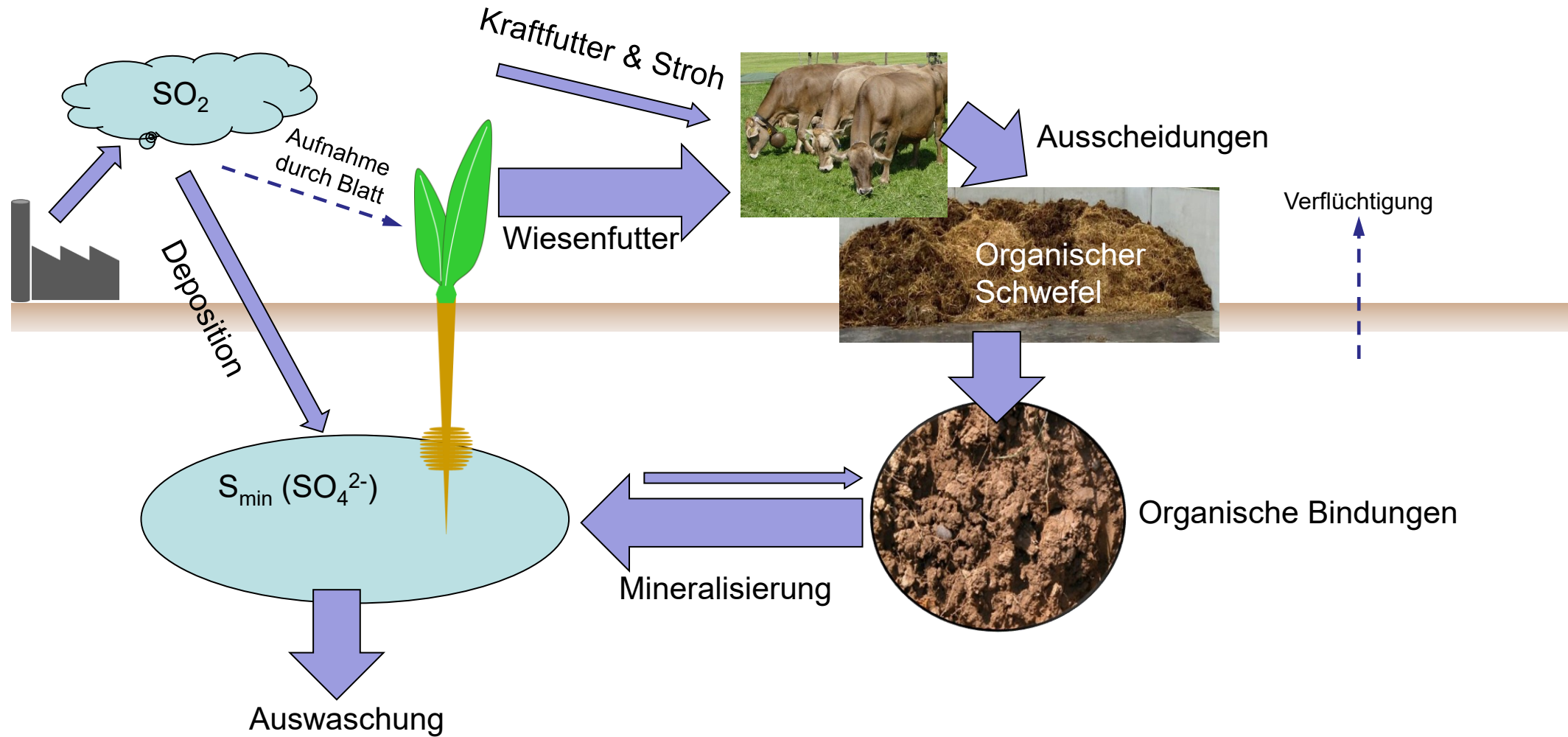
Quelle: BAFU 2023,  
Luftqualität 2022,  
Messresultate des Nationalen  
Beobachtungsnetzes für  
Luftfremdstoffe (NABEL)

200 mg S/m<sup>2</sup> = 2 kg S/ha

Nasse + trockene Deposition  
= ca. 5 (-10) kg S/ha

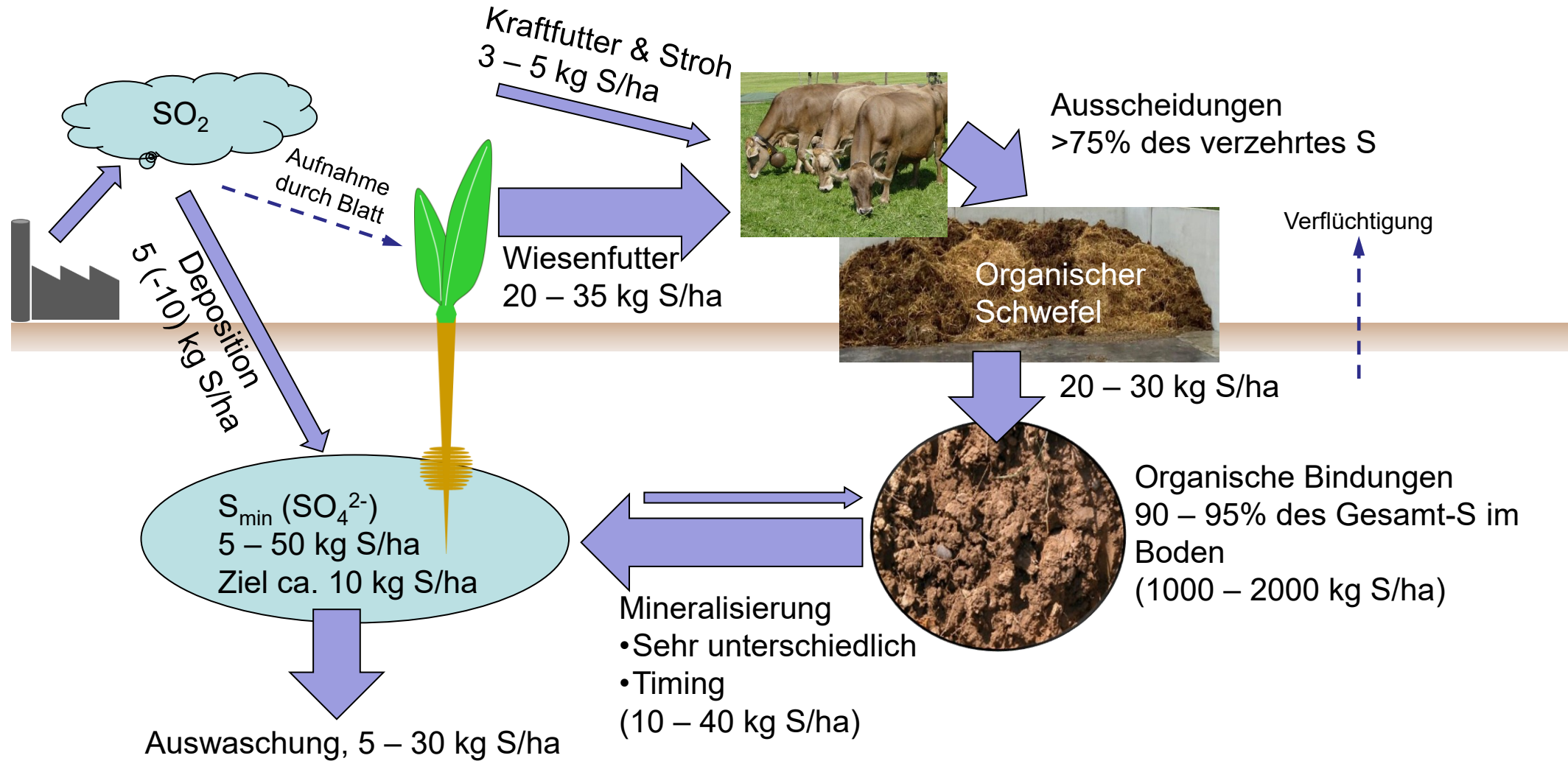


# Schwefelkreislauf (vereinfacht)





# Schwefelkreislauf (Grössenordnungen)

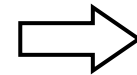




# Ähnlichkeiten und Unterschiede mit dem Stickstoff

## Ähnlichkeiten

- Versorgung der Pflanzen ist stark von der Mineralisierung im Boden abhängig
- Verfügbarkeit im Boden schwankt mit den Wetterverhältnissen
- Auswaschung als wichtige Verlustpfad
- Ein grosser Teil befindet sich im Kreislauf Futter → Ausscheidungen
- Deposition aus der Luft



Herausforderung für die Bestimmung der S-Verfügbarkeit im Boden

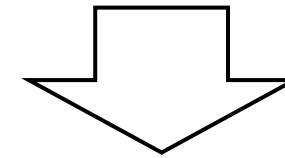


# Folge der wichtigen Rolle von Mineralisierung + Auswaschung

## Ähnlichkeiten

- Versorgung der Pflanzen ist stark von der Mineralisierung im Boden abhängig
- Verfügbarkeit im Boden schwankt mit den Wetterverhältnissen
- Auswaschung als wichtige Verlustpfad
- Ein grosser Teil befindet sich im Kreislauf Futter → Ausscheidungen
- Deposition aus der Luft

Starke Auswaschung während der Wintersaison + kaum Nachlieferung aus dem Boden



Die kritischste Zeit ist das Frühjahr



# Bedingungen, die das Risiko für einen Schwefel-Mangel erhöhen

- Boden:
  - Leichte, sandige Böden
  - Humusarm
  - Flachgründig
- Wetterbedingungen
  - Viele Niederschläge (Okt-März)
  - Kühl
  - (Trockenheitsperiode)
- Wenig Hofdünger
- Hohe N-Düngung





# Schwefelentzug mit den Ernten

- Jährlicher S-Entzug von intensiv bewirtschafteten Wiesen im Tal- und Hügelgebiet (wüchsige Standorte) = 20 – 35 kg S / ha
- Hoher Bedarf:
  - Kleereiche Bestände (Luzerne, Rotklee)
  - N-gedüngte, produktive Bestände





# Wie häufig tritt Schwefelmangel auf?

- Nur wenige Daten diesbezüglich
- Schätzungen aus Deutschland, Österreich und Belgien: zwischen 10 und 30% der Futterproben deuten auf einen S-Mangel hin
- Datensätze 2008-2014 aus der Schweiz
  - Unterschiedliche Standorte, 129 Futterproben: 14%
  - Posieux, 210 Futterproben: 30%



# Feststellungen von Mängeln

Vergilbung der Blätter (ähnlich wie N Mangel), vor allem auf den jungen Blättern



Foto: P. Aeby, IAG Grangeneuve

Deutlich sichtbare (akute) Fälle von S-Mangel sind aber selten

- Risiko für S-Mangel abschätzen
- Testflächen (Streifen mit S-Düngung) oder Pflanzenanalyse


Kritische N/S-Verhältnis  
(Richtwerte)

- G und A Bestände:  $> 14/1$
- L Bestände:  $> 18/1$



# Risiko für S-Mangel abschätzen

Risiko für S-Mangel hoch , bzw. tief 

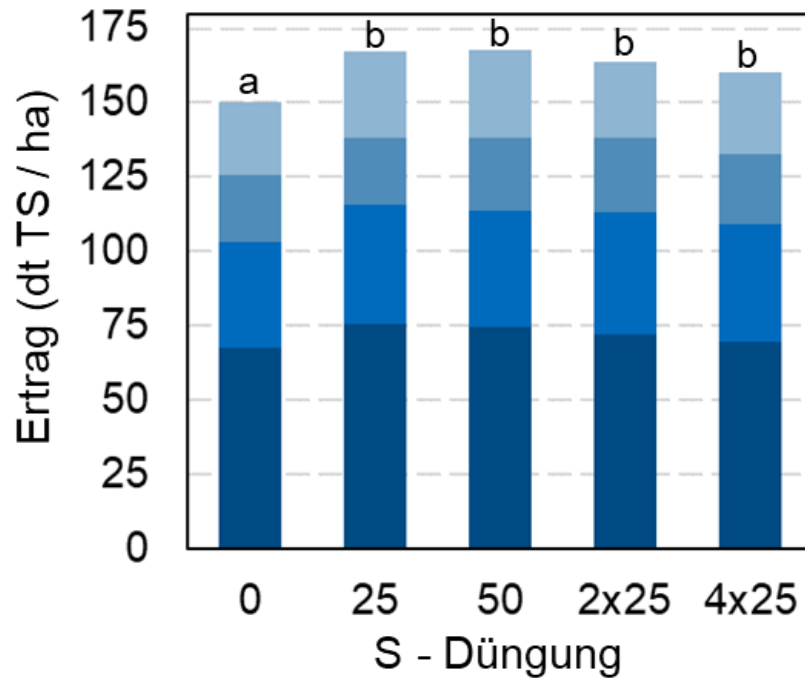
Kriterien 		
Organische Substanz	< 2%	> 5%
Tongehalt	< 10%	> 30%
Tiefgründigkeit	< 30 cm	> 70 cm
Skelettanteil	< 10%	> 30%
Niederschläge Okt-März	< 370	> 540
Hofdünger	kein	regelmässig
N-Düngung	tief	hoch





# S-Düngungsversuch, IAG Grangeneuve

Versuche: 4 Jahre, 3 Kunstwiesen,  
4 Wiederholungen (in dt TM/ha)



- **Im Falle von S-Mangel** kann eine S-Düngung den Ertrag intensiv bewirtschafteter Wiesen deutlich steigern.
- 25 kg S im Frühjahr

Einfluss der S-Düngung auf den Ertrag einer mit S knapp versorgten intensiven Wiese. Aeby & Dubach, 2008



# Hofdünger und Kunstdünger als Schwefel-Quelle

- Vollgülle 1:1 verdünnt:  $0.2 - 0.4 \text{ kg S / m}^3$
- Davon sind 60 bis 70% schnell verfügbar
- Beispiel:
  - S-Gehalt  $0.30 \text{ kg S / m}^3$ ;  $N_{\text{verf}}$ -Gehalt  $1.2 \text{ kg N}_{\text{verf}} / \text{m}^3$
  - Jährliche Düngung für  $100 \text{ kg N}_{\text{verf}} / \text{ha} \rightarrow 83 \text{ m}^3 \text{ Vollgülle} = 25 \text{ kg S}$
  - $20 \text{ m}^3 \text{ Vollgülle} = 6 \text{ kg totales S}$ , bzw.  $4 \text{ kg schnell verfügbares S}$
- Mist:  $0.4 - 0.8 \text{ kg S / Tonne}$
- Wenn Kunstdünger: Der Einsatz von Ammoniumsulfat empfiehlt sich, da der Gehalt von Stickstoff und Schwefel ziemlich ausgeglichen ist (26N, 24S)





# Zum Thema Versauerung

- Saurer Regen: In der Atmosphäre reagiert Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) mit Ozon und Wasser und bildet Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Ammonsulfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) ist bodenversauernd, aber der Ammonium-Teil davon, und nicht der Sulfat-Teil
- Kaliumsulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) ist nicht bodenversauernd
- Gips ( $\text{CaSO}_4$ ) ist ein Calcium- und Schwefeldünger, ist aber nicht basisch wirksam



# Zusammenfassung Schwefel

- Der grösste Teil des S-Bedarfs von Wiesen wird durch die Nachlieferung aus dem Boden und die Zufuhr von Hofdüngerdünger gedeckt. Die Deposition aus der Luft spielt heutzutage eine untergeordnete Rolle.
- Wenn mit Hofdünger gedüngt, benötigen viele Wiesen keine zusätzliche S-Düngung um produktiv zu sein. Von einer systematischen S-Düngung ist abzuraten  
Verteilung im Jahresverlauf: Düngergaben
- Anzeichen für eine limitierende Schwefelverfügbarkeit im Frühling sind jedoch nicht mehr so selten
- Bei S-Mangel sind Ertragseinbussen und eine schlechte N-Effizienz zu erwarten
- Wenn Bedarf besteht, ca. 25 kg S/ha, auf den zweiten Aufwuchs oder verteilt auf die zwei ersten Aufwüchse



# Kalkung

## Einfluss der Kalkdüngung auf die botanische Zusammensetzung (Literatur)

- «Deutlich positive Effekte der Kalkdüngung – hinsichtlich Ertrag und Güte des Pflanzenbestandes – waren nur bei stark sauer Bodenreaktion zu erzielen, das heisst bei pH-Werten wesentlich unter 5,0.» Schechtner, 1993.
- Kann Klee-fördernd sein.
- Auf an sauren Böden angepassten Wiesengesellschaften hat die Kalkdüngung einen starken und langdauernden Einfluss auf die botanische Zusammensetzung (e.g. Hegg *et al.*, 1992; Hejcman *et al.*, 2007).



# Hilft die Kalkdüngung Hahnenfussgewächse zurückzudrängen?

## Scharfer Hahnenfuss

- Standorte: Vom Tiefland bis ins untere Alpgebiet auf frischen bis nassen, leicht mageren bis nährstoffreichen Böden (Dietl und Jorquera, 2003).
- Zeigerwerte (nach Landolt *et al.*, 2010):
  - Feuchtigkeit: mässig feucht
  - **Bodenreaktion: sauer bis neutral**
  - Nährstoffe: nährstoffreich



# Versuch zum Einfluss der Kalkdüngung auf den Hahnenfussanteil im Bestand

## ▪ 3 intensiv bewirtschafteten Mähwiesen

	Herisau AR	Ricken SG	Wagen SG
Bewirtschaftung	BIO	ÖLN	ÖLN
Höhenlage (m ü. M.)	800	860	450
Boden	schwach toniger Lehm	sandiger Lehm	sandiger Lehm
Boden-pH(H <sub>2</sub> O)	5,2	4,9	6,0
Ertrag (dt TS/ha)	85	99	122
Gräser (%)	65	67	52
Klee (%)	4	6	15
Hahnenfuss (%)	16	19	8
Andere Kräuter (%)	15	8	25





# Aufbau des Versuches

## ■ 5 Kalkdünger:

- Kohlensaurer Kalk,
- Kohlensauer Magnesiumkalk,
- Industriekalk aus Zuckerherstellung,
- Algenkalk + Dolomit,
- Branntkalk (nicht auf Bio-Betrieb)

## ■ 3 Kalkmengen:

- Ca0 = Kontrolle ohne Kalk
- Ca1 = nach Grundlagen für die Düngung, gemäss Basen-sättigung und Kationenaustauschkapazität (zwischen 1 und 1,5 t CaO/ha)
- Ca2 = doppelte Menge (2 x Ca1)
- Appliziert 2007 + 2010





# Aufbau des Versuches

- 2 Stickstoffniveaus:
  - N2 = übliche N-Düngung (Bewirtschaftung unverändert)
  - N1 = ca. 2/3 von N2
- 7 Jahre: 2007-2013
- 4 Wiederholungen (→ 108 Parzellen)





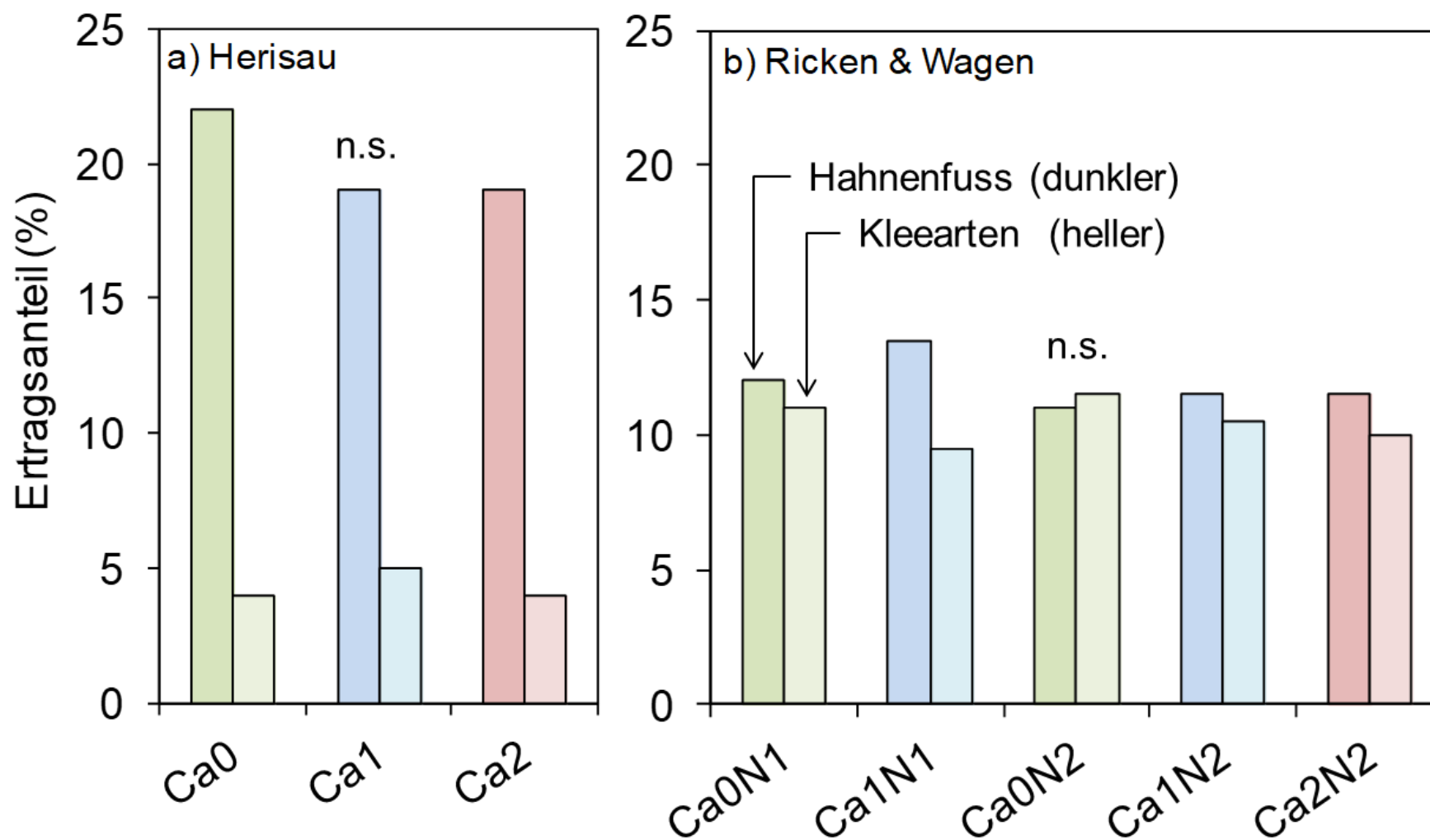
# Ergebnisse: Boden-pH

pH(H<sub>2</sub>O)-Wert (Mittelwert 2007-2012) und Calcium-austauschkapazität (KAK\_Ca, Jahr 2009) des Bodens

	Herisau	Ricken	Wagen
pH-Wert des Bodens			
Ca0	5,6 a	5,3 a	6,1 a
Ca1	6,1 b	5,8 b	6,5 b
Ca2	6,3 c	6,2 c	6,7 b
KAK-Ca			
Ca0	8,9 a	6,4 a	7,3 a
Ca1	11,0 b	8,2 b	8,7 b
Ca2	12,3 c	9,9 c	9,7 b



# Ergebnisse: Anteil an Hahnenfuss





# Zusammenfassung

- In diesem Fall, kein Kalkeffekt auf die botanische Zusammensetzung der Wiesen
- Trotz:
  - deutlichem Effekt auf den Boden-pH,
  - hoher Kalkmenge und unterschiedlichen Formen des Kalkdüngers,
  - langjähriger Beobachtung,
  - Kombination mit reduzierter N-Düngung.
- Kein Kalkeffekt auf den Ertrag der Wiesen.