K+S KALI GmbH

Leipzig, 11.01.2017

K-Düngung verbessert die Wassernutzungseffizienz – Ertrag, Evapotranspiration und Skalenabhängigkeit

Frank Hertwig

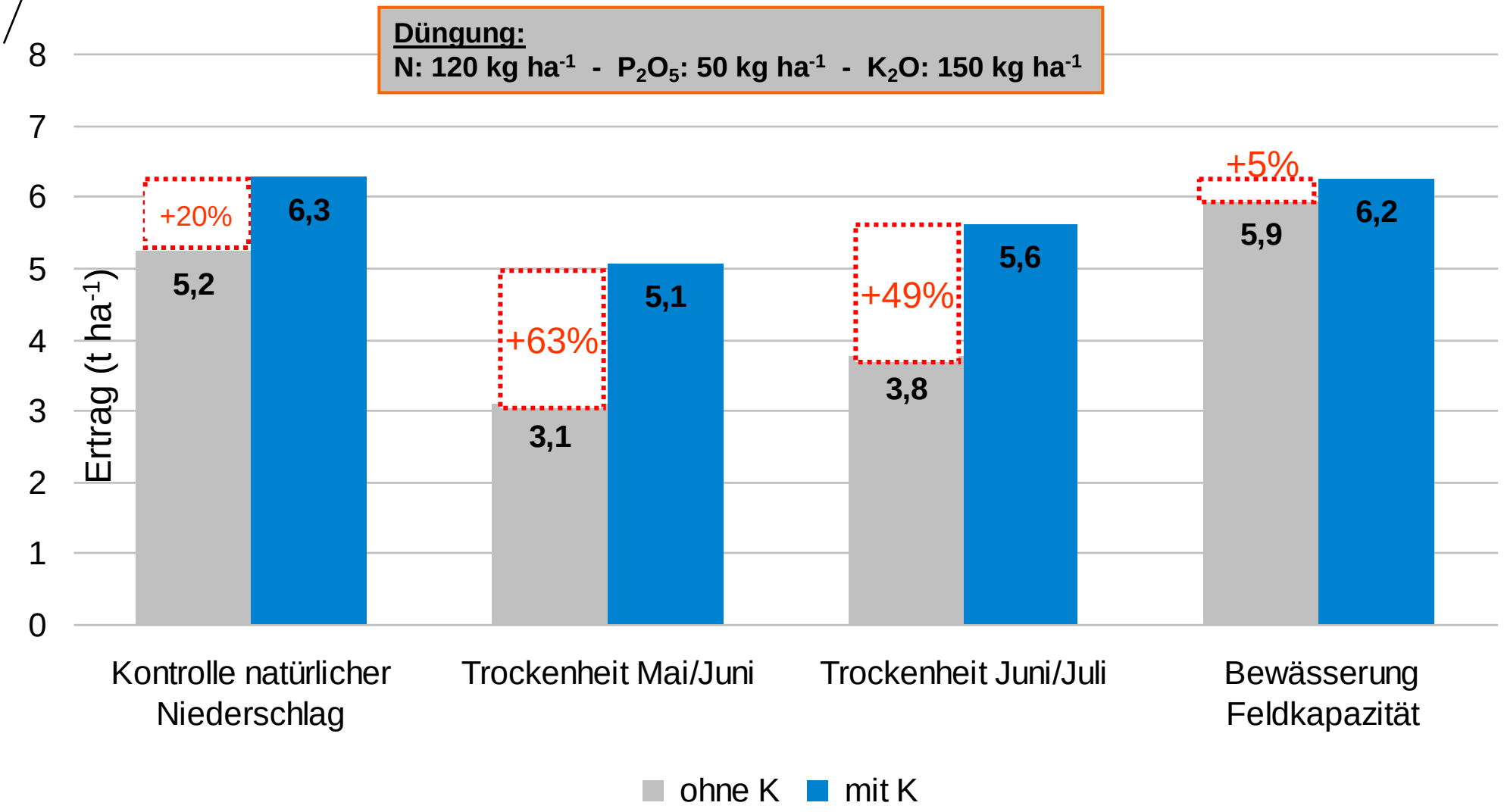
Regionalberatung

Gliederung

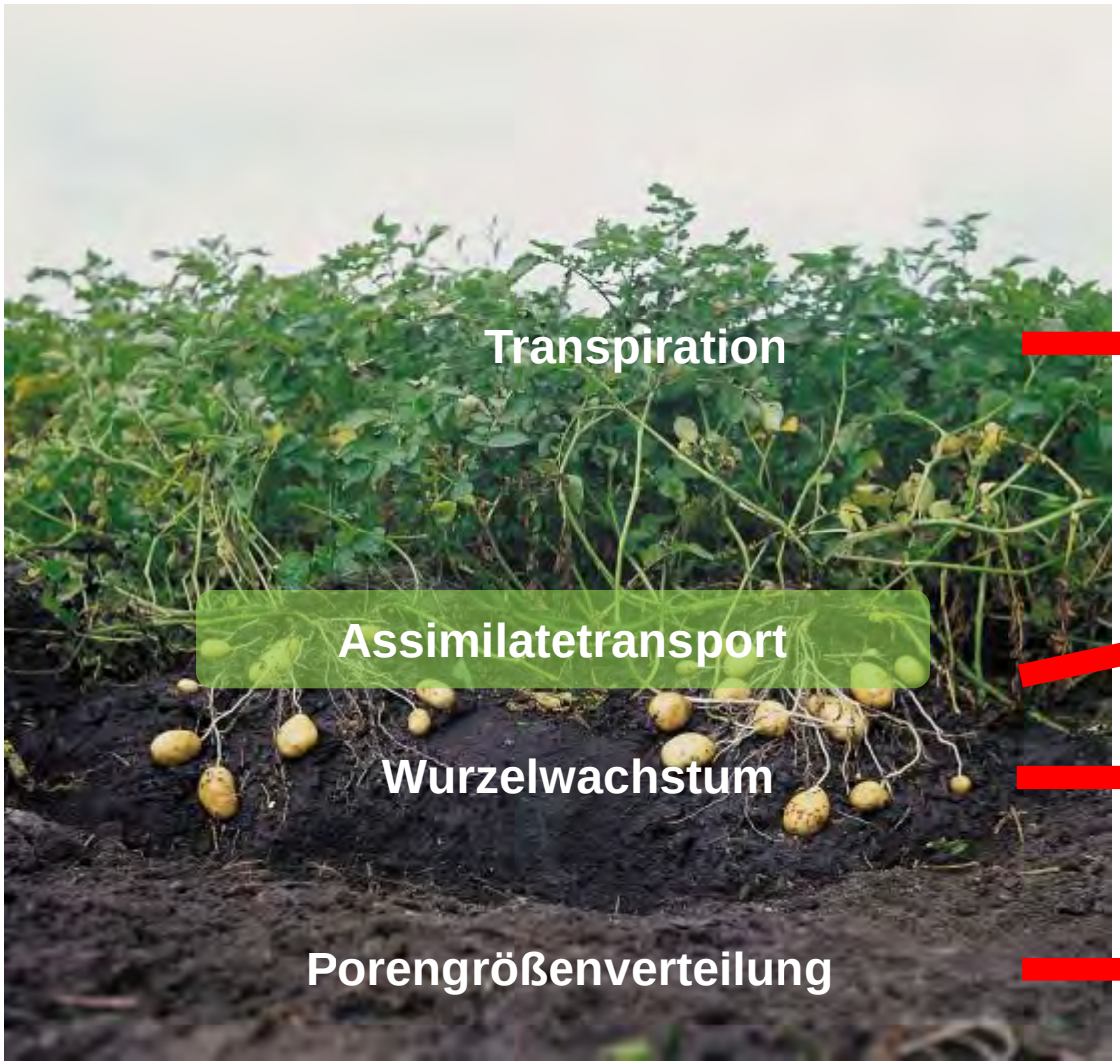
- Einfluss der K-Düngung auf die Trockenstress-Toleranz
- Erträge und Witterungsverlauf im K-Düngungsversuch Cunnersdorf
- Wassernutzungseffizienz und deren Skalenabhängigkeit
  am Beispiel der Zuckerrübe im Versuch Cunnersdorf

  (Dr. Bálint Jakli, IAPN Göttingen)

Wirkung der K-Düngung bei Trockenstress
Triticale – Brody, 1993-95



Kalium und Magnesium sparen Wasser



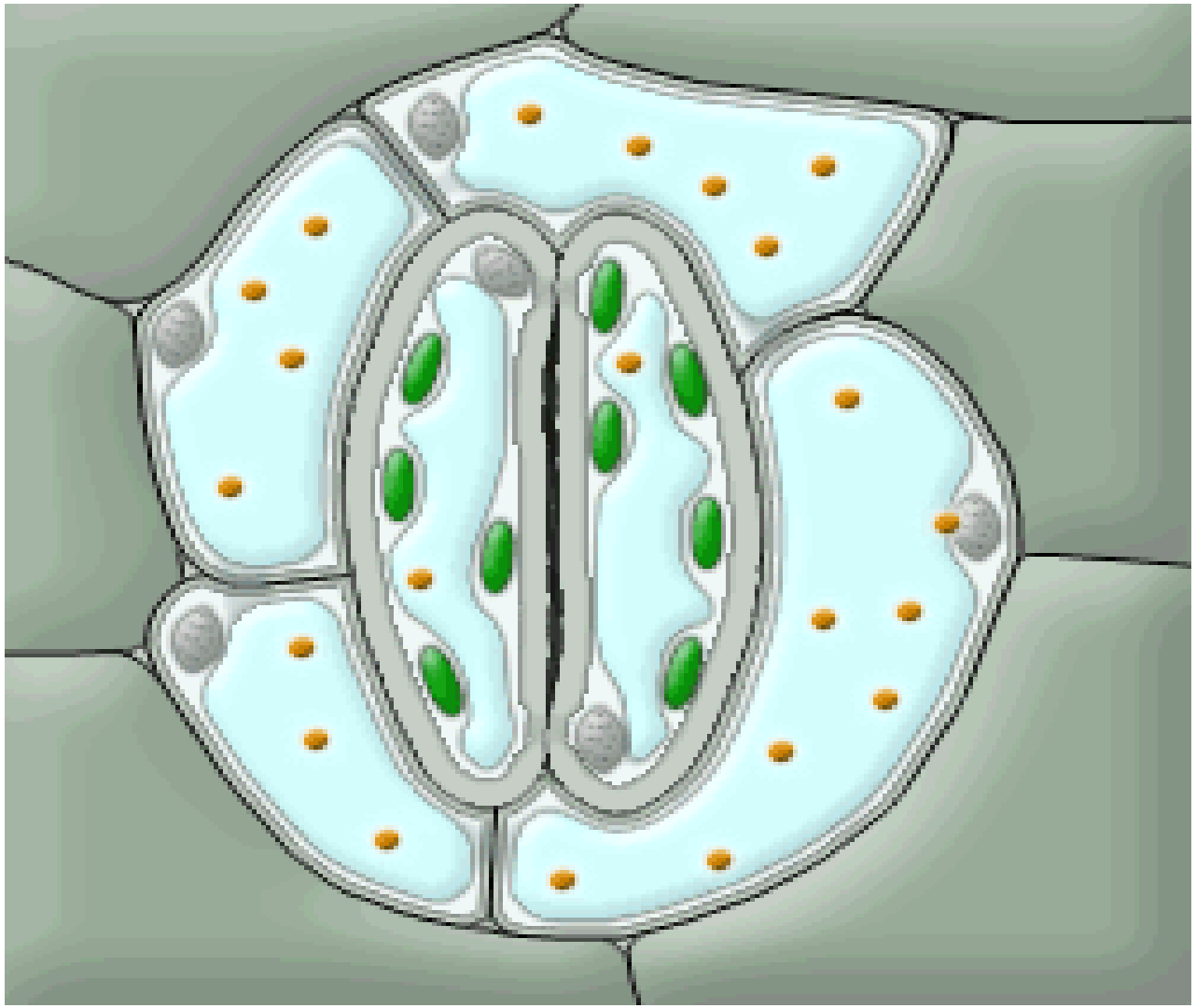
sparsamer Umgang mit Wasser

Bildung von Wurzeln und Ertrag

Durchwurzelung eines größeren Bodenvolumens

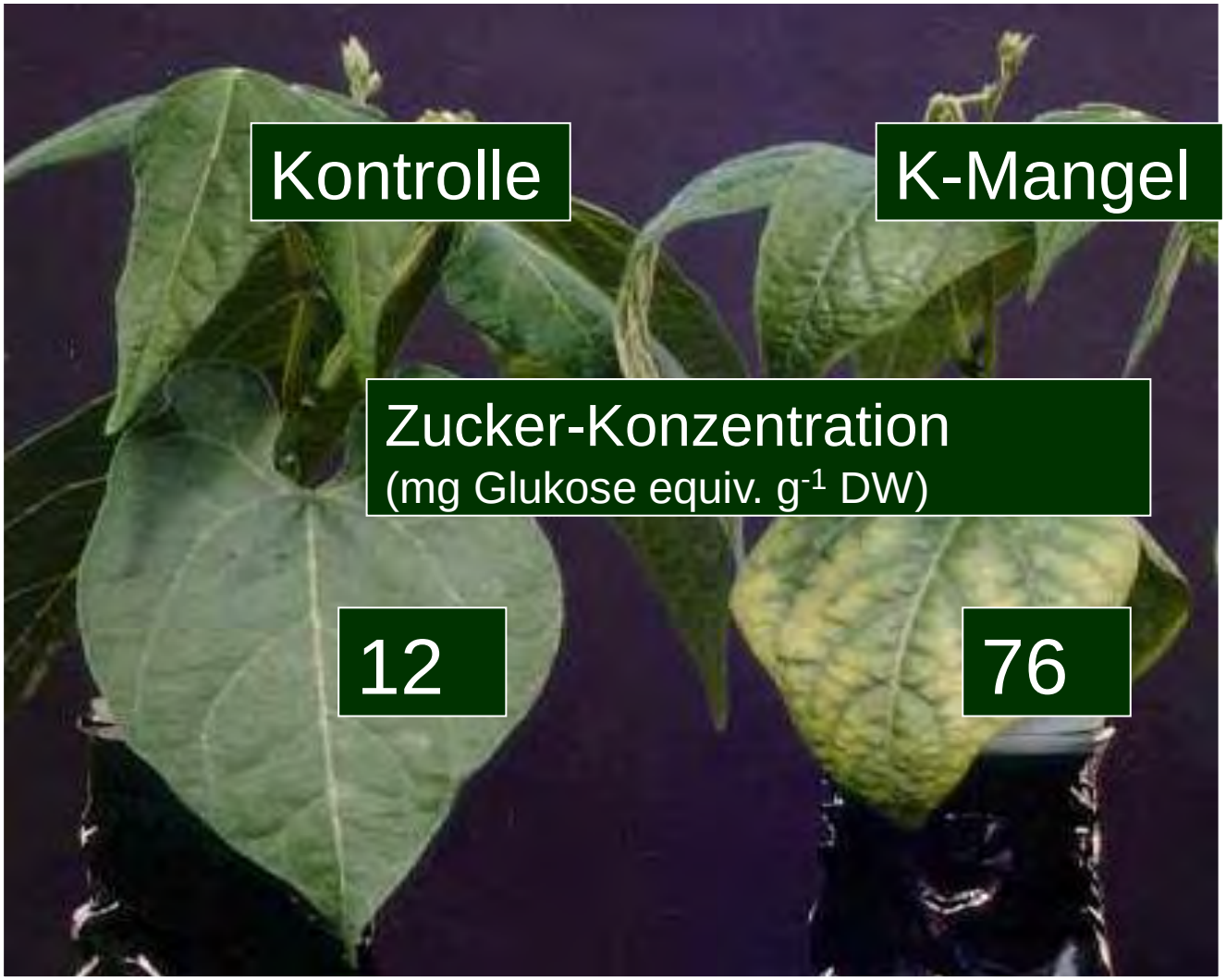
größeres Speichervolumen

Stomata - Steuerung durch Kalium



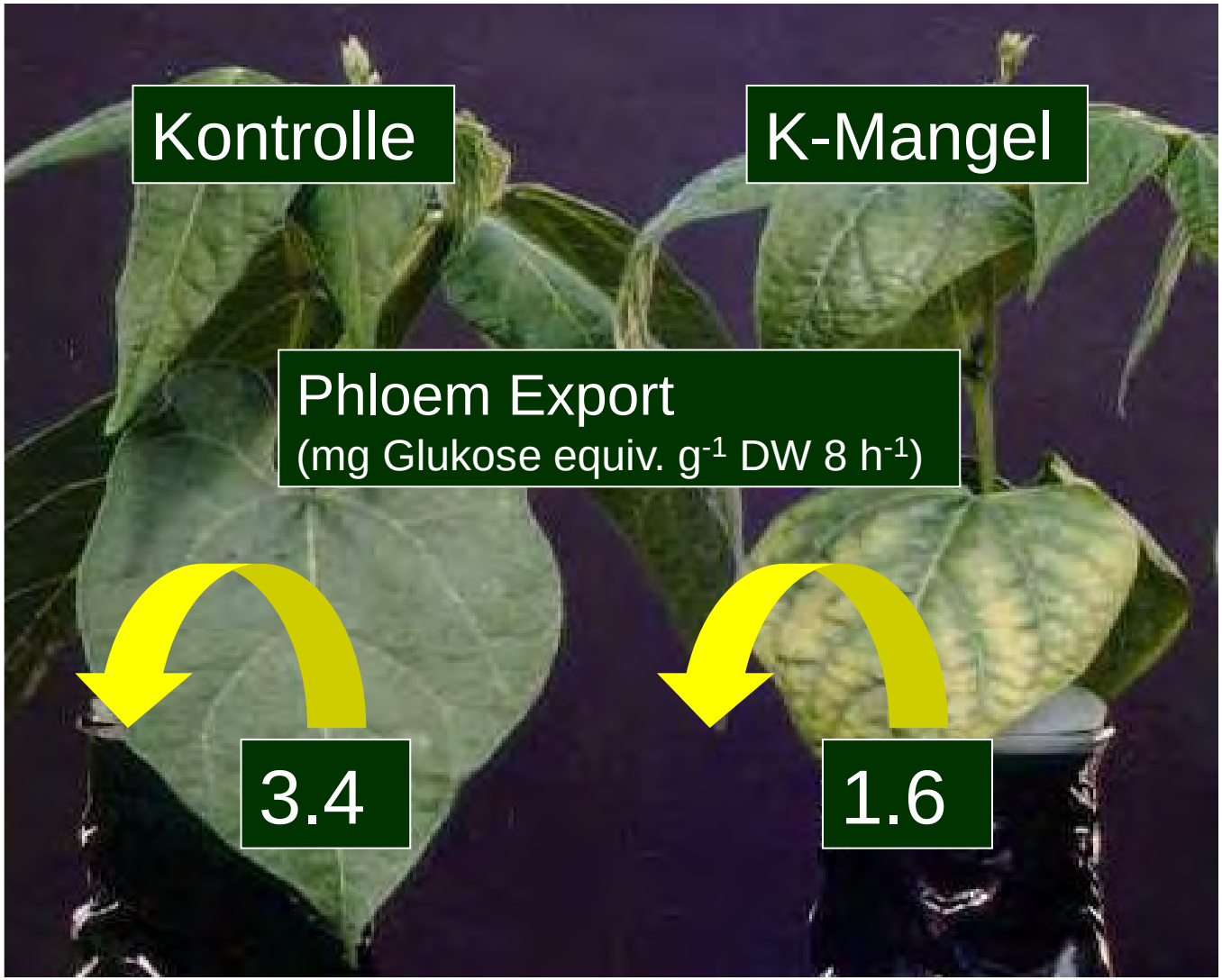
Quelle: nach Hensel, Jülich 2005

Akkumulation von Zuckern in K-Mangel-Blättern



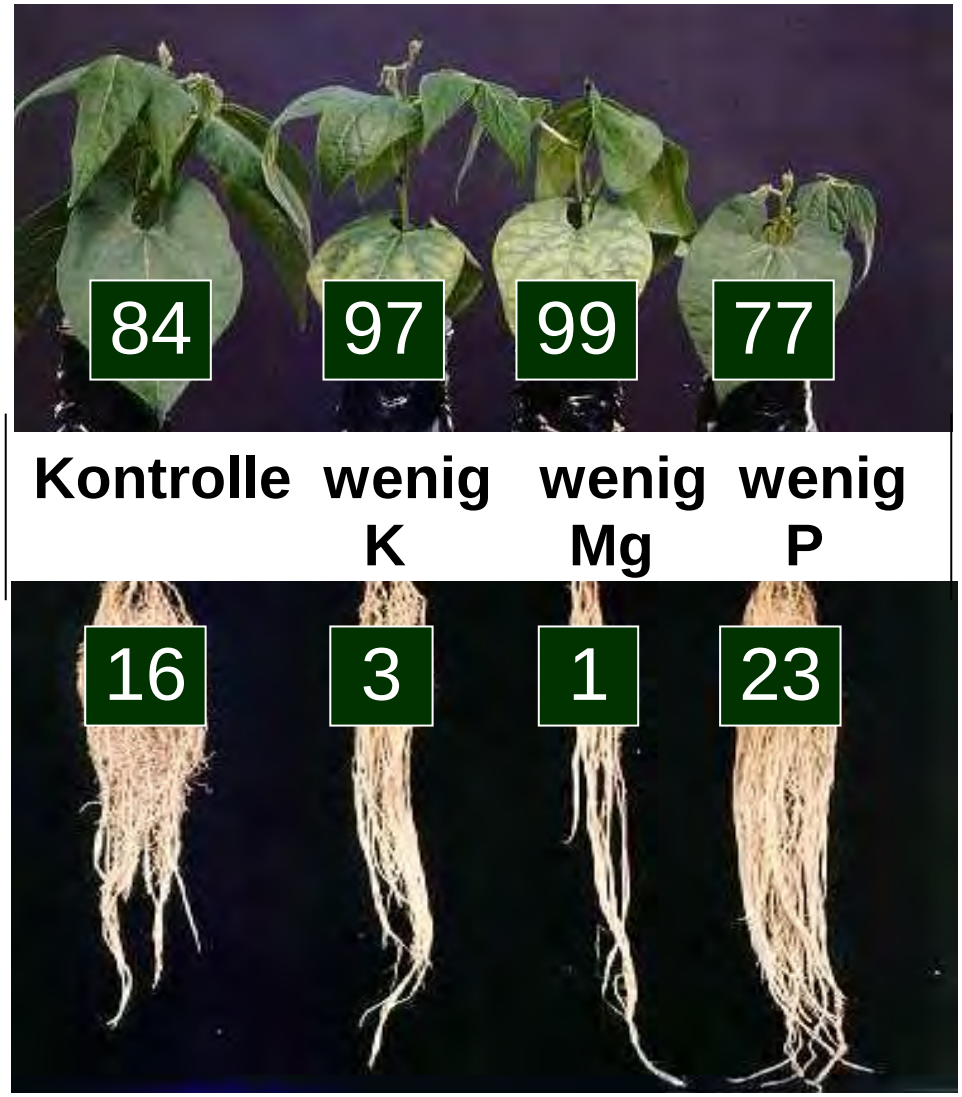
Quelle: Cakmak et al., 1994a

Abnahme des Exportes von Zucker bei K-Mangel



Quelle: Cakmak et al., 1994a

Relative Verteilung der Kohlenhydrate zwischen Spross und Wurzeln (%)



Cakmak et al., 1994a

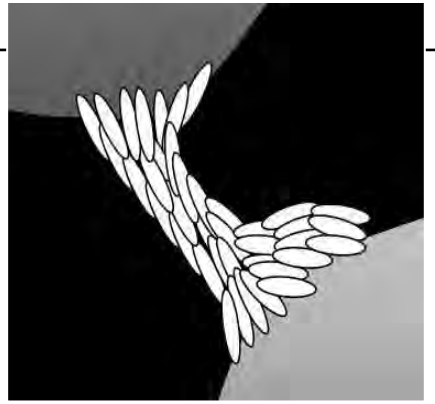
Einfluss der K-Düngung auf Wasserspeicherung

Düngemittel (K)

Verbesserung der Struktur

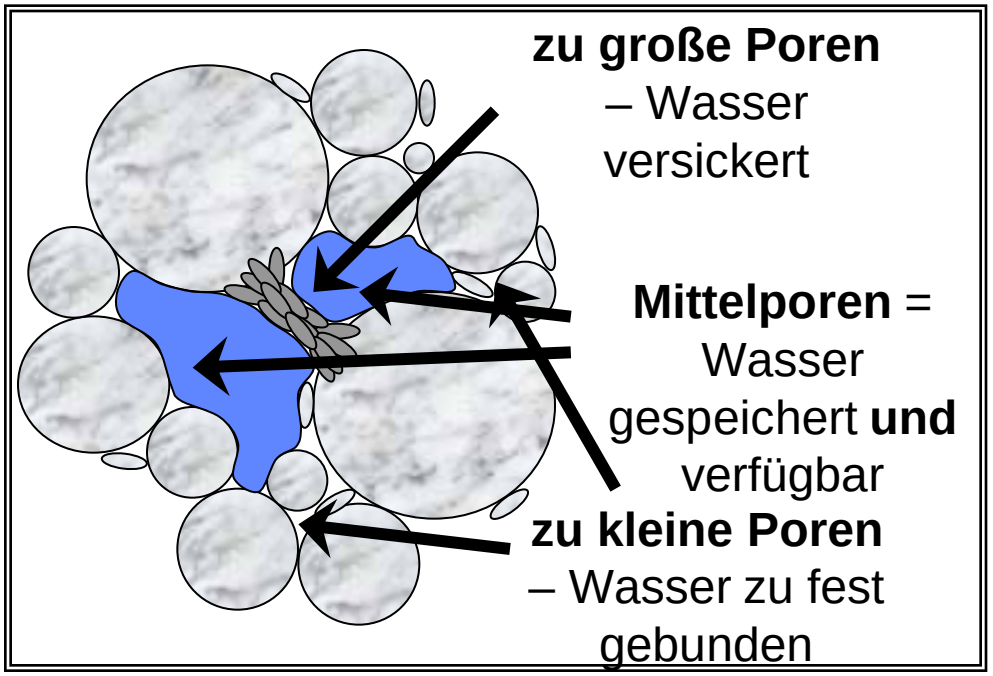
direkt
durch Salze

indirekt
durch Pflanzenwachstum

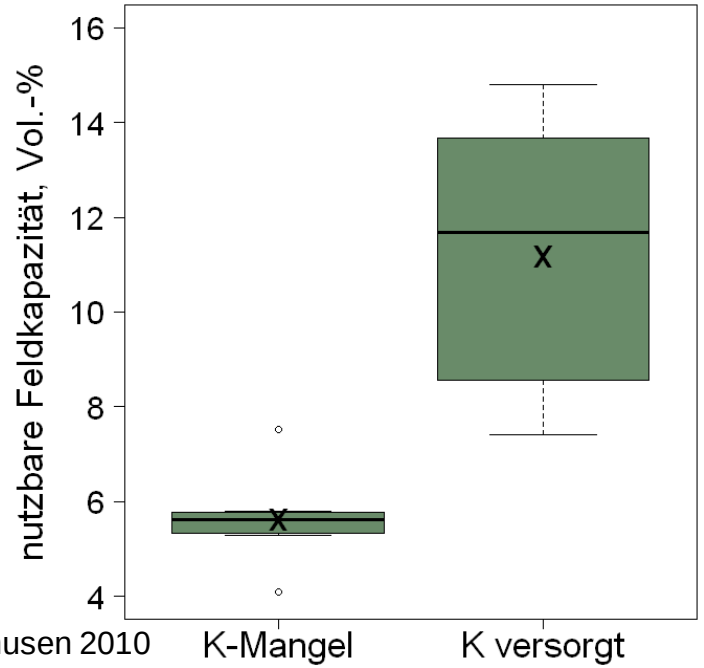


Schemazeichnung
(nach Feeser et al. 2001)

Wasserspeicherung



Beispiel Kalium



verändert nach Holthusen 2010

Standortbeschreibung Cunnersdorf

- Lage: Landkreis Leipzig
- Geologische Herkunft: weichseleiszeitlicher Sandlöss
-

		USDA	DIN
Ton	(%):	9,2	9,2
Schluff	(%):	37,7	39,3
Sand	(%):	53,1	51,6

- Bodenart: mittel lehmiger Sand lS3 (Labor: BioChem)
- AZ: 41
- Höhenlage: 130 m
- Temperatur: Ø 9,5 °C
- Niederschlag: Ø 614 mm

K-Versuch Cunnersdorf, Sommergerste 2016

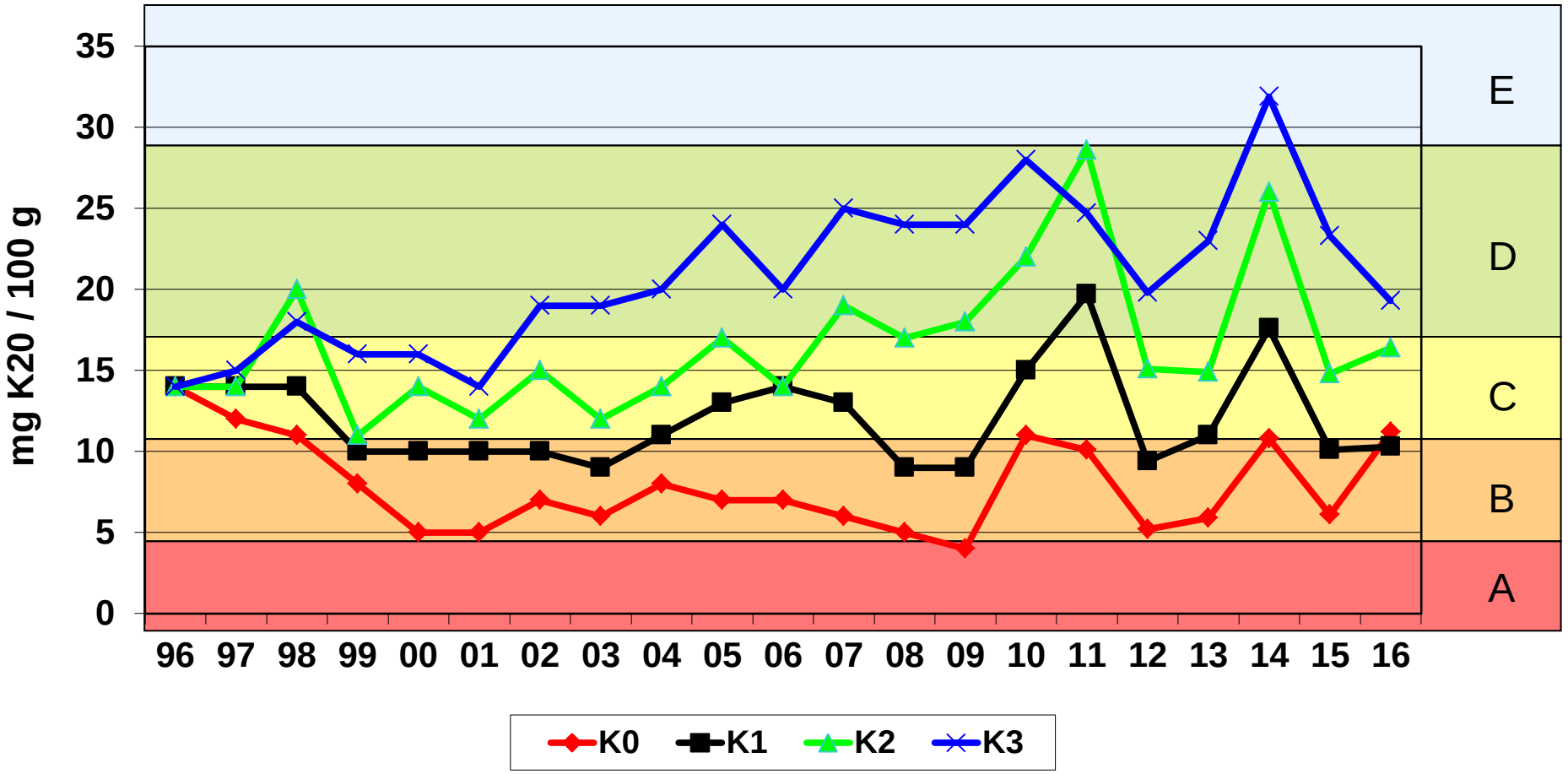
Varianten im Versuch Cunnersdorf

Variante	K_2O (kg ha^{-1}) WiWe / SoGe	K_2O (kg ha^{-1}) Kartoffeln	K_2O (kg ha^{-1}) Zuckerrüben
1 (K0)	0	0	0
2	80 K60	120 K60	200 K60
3 (K2)	120 K60	240 K60	300 K60
4	160 K60	360 K60	400 K60
5	120 KK	240 PaKa	300 KK
6	120 KK+2xCT	240 PaKa+2xMT	300 KK+2xMT

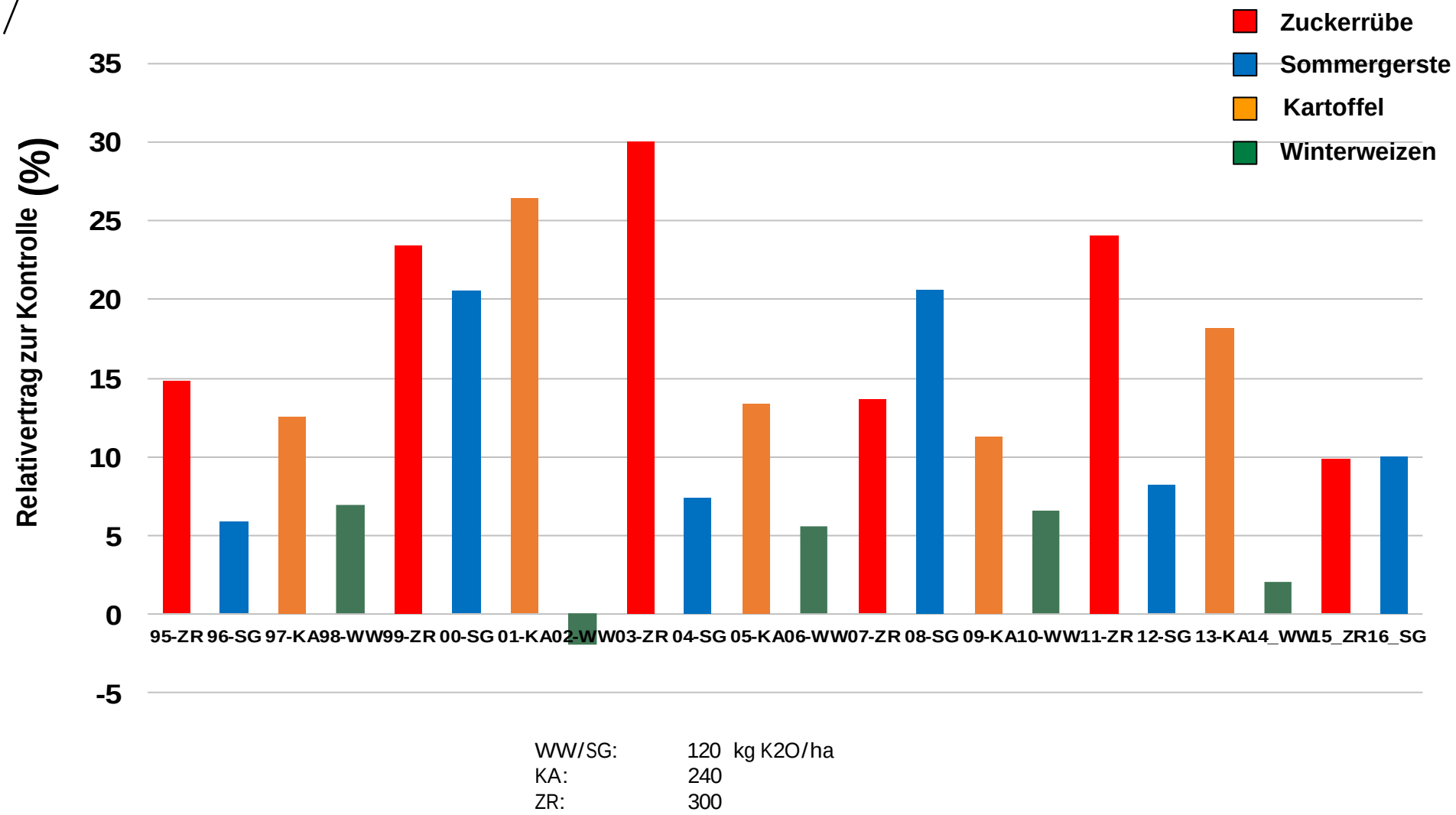
Versuch Cunnersdorf – Nettoentzug (Ø 20 Jahre)

	Düngungsstufe (kg K_2O/ha)			Ertrag (Mittel 5 Jahre)	Nährstoffgehalt	Nettoentzug
Fruchtart	K1	K2	K3	(dt/ha)	(kg/dt FM)	(kg K_2O/ha)
ZR	200	300	400	704	0,25	176
SG	80	120	160	59	0,6	35
Kart	120	240	360	490	0,6	294
WW	80	120	160	105	0,6	63
	480	**780**	**1080**			**568**
Bilanz:	- 88	+ 212	+ 512			

K-Gehalte des Bodens im Versuch Cunnersdorf

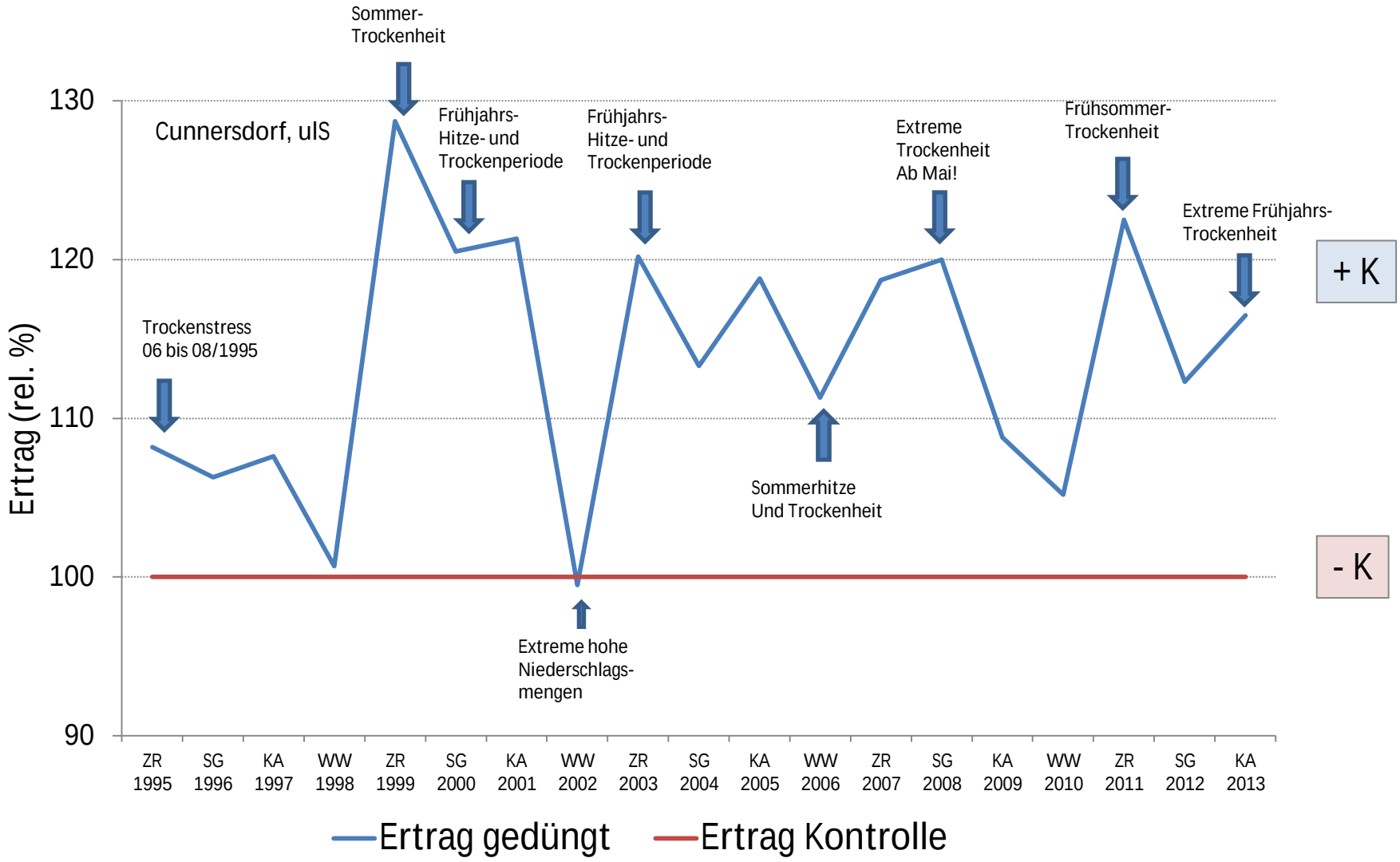


Relative Mehrerträge durch K-Düngung (K2) im Versuch Cunnersdorf (1995-2016)



WW/SG: 120 kg K2O/ha
KA: 240
ZR: 300

Klimaeinfluss auf die Wirkung der K-Düngung ?



Projekt DWD / IAPN / SKW / K+S / CAU (seit 2013)

- DWD: wöchentliche Messungen der Bodenfeuchte während der Wachstumsperiode
- IAPN: Messungen der Transpiration am Blatt und im Bestand

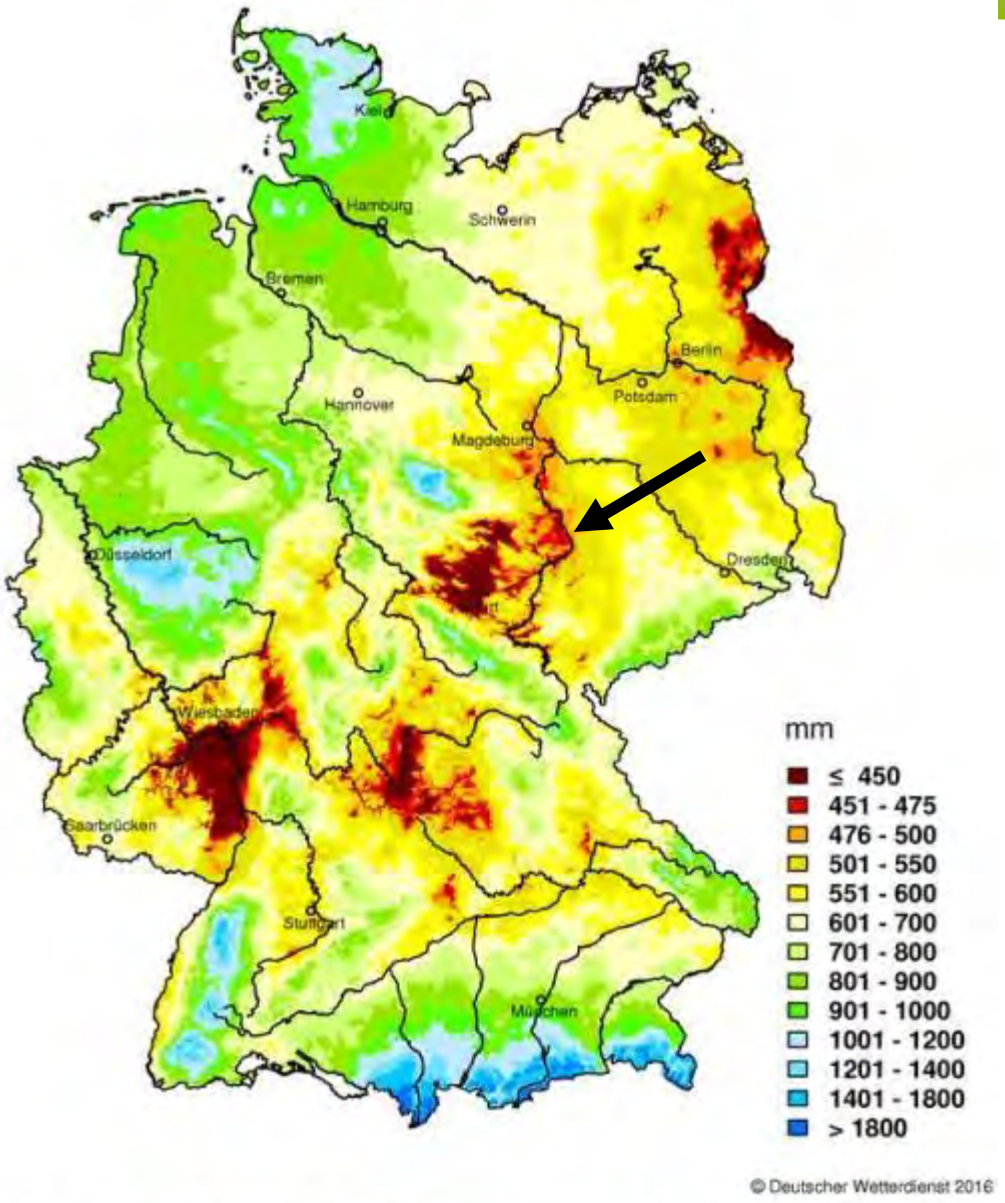
Wassernutzugseffizienz und deren Skalenabhängigkeit am Beispiel der Zuckerrübe im Versuch Cunnersdorf

Frank Hertwig und Bálint Jákli · 11. Januar 2017 · 13. Leipziger Tag der Agrarmeteorologie

Untersuchungsgebiet

Untersuchungsgebiet:

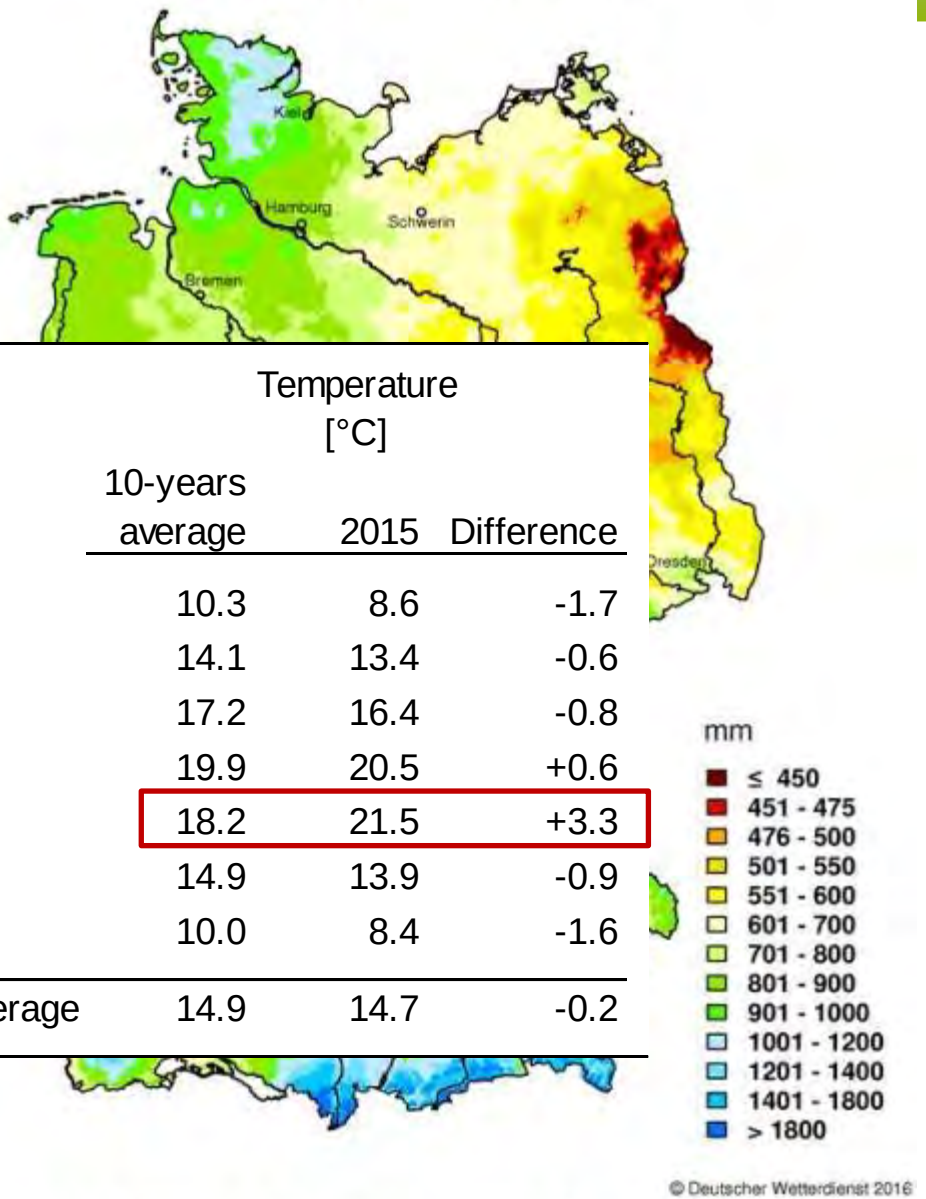
Cunnersdorf
bei Leipzig



Untersuchungsgebiet

Untersuchungsgebiet:

Cunnersdorf
bei Leipzig



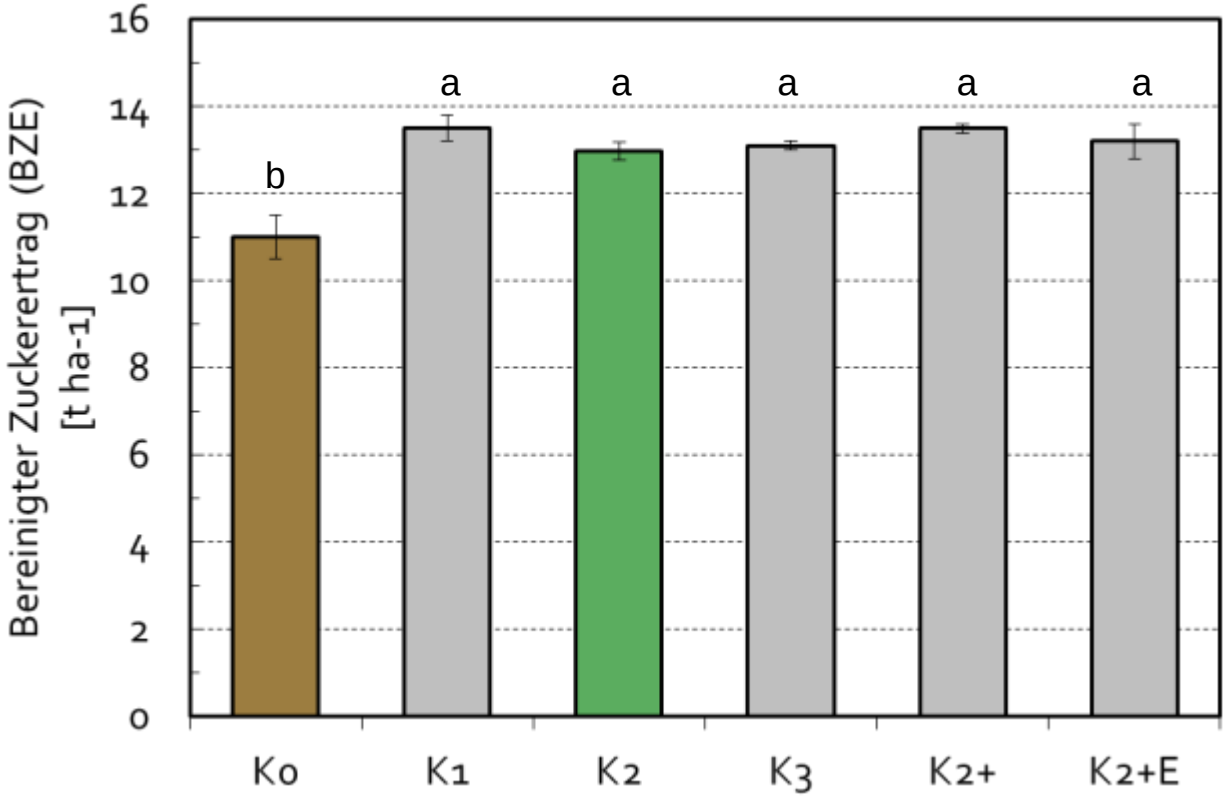
	Precipitation [mm]				Temperature [°C]		
	10-years average	2015	%		10-years average	2015	Difference
April	27.3	33.3	121.8		10.3	8.6	-1.7
May	67.2	11.9	17.7		14.1	13.4	-0.6
June	53.8	42.1	78.2		17.2	16.4	-0.8
July	93.1	92.0	98.8		19.9	20.5	+0.6
August	68.4	89.4	130.8		18.2	21.5	+3.3
September	61.8	37.1	60.0		14.9	13.9	-0.9
October	35.6	36.6	102.7		10.0	8.4	-1.6
Sum	407.3	342.4	84.1	Average	14.9	14.7	-0.2

Versuchsaufbau 2015

Treatment	K - Fertilizer	Application rate [kg ha^{-1}]	Plant available K in soil (CAL) before sowing [mg K 100 g^{-1} soil]	K content class (Landwirtschafts-kammer Niedersachsen)
K0	-	-	7.5	B
K1	60er Kali® gran.	200	11.2	C
K2	60er Kali® gran.	300	16.9	C
K3	60er Kali® gran.	400	21.7	D
K2+	Korn-Kali®	300	17.6	D
K2+E	Korn-Kali® + EPSON	300	16.7	D

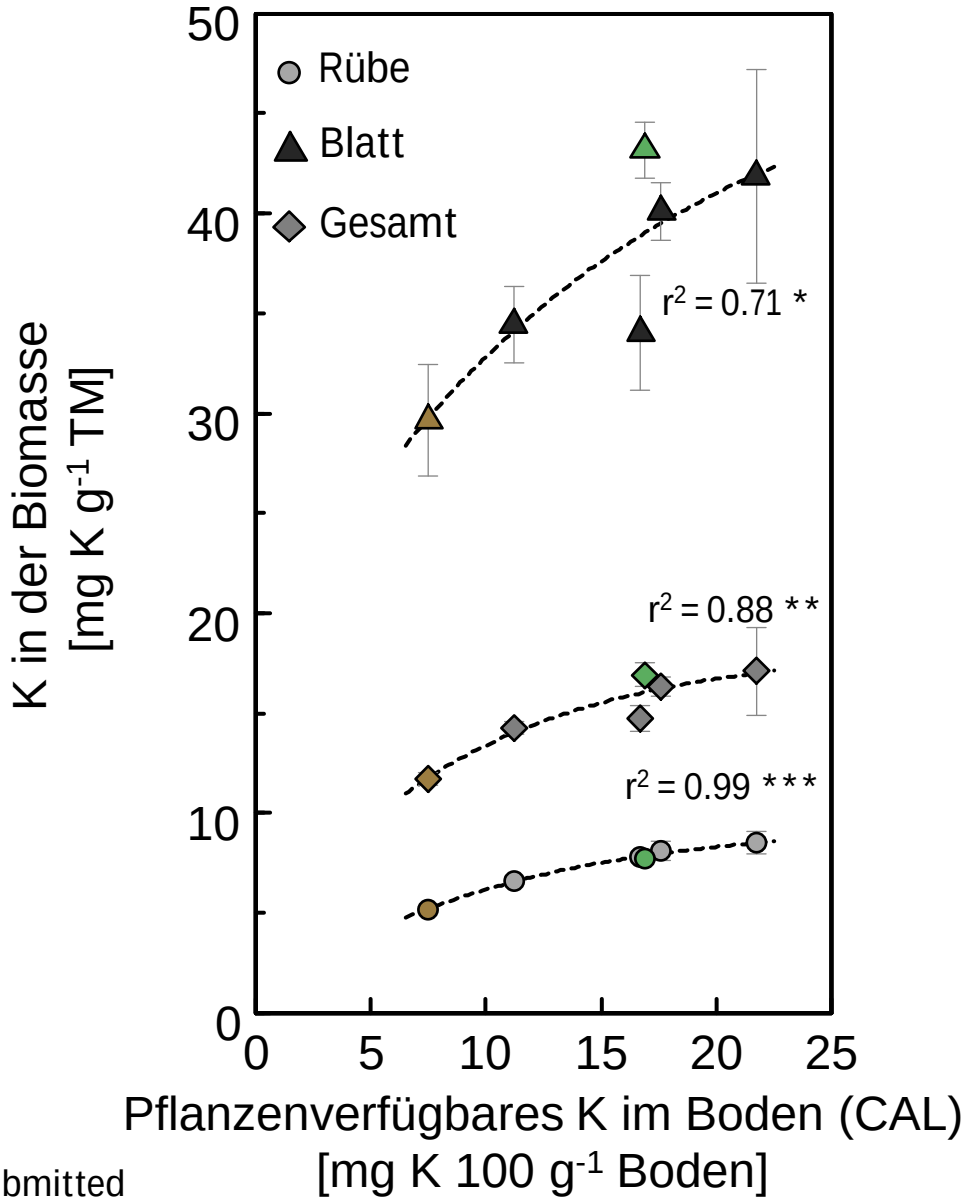
JÁKLI et al. 2017, submitted

Erträge



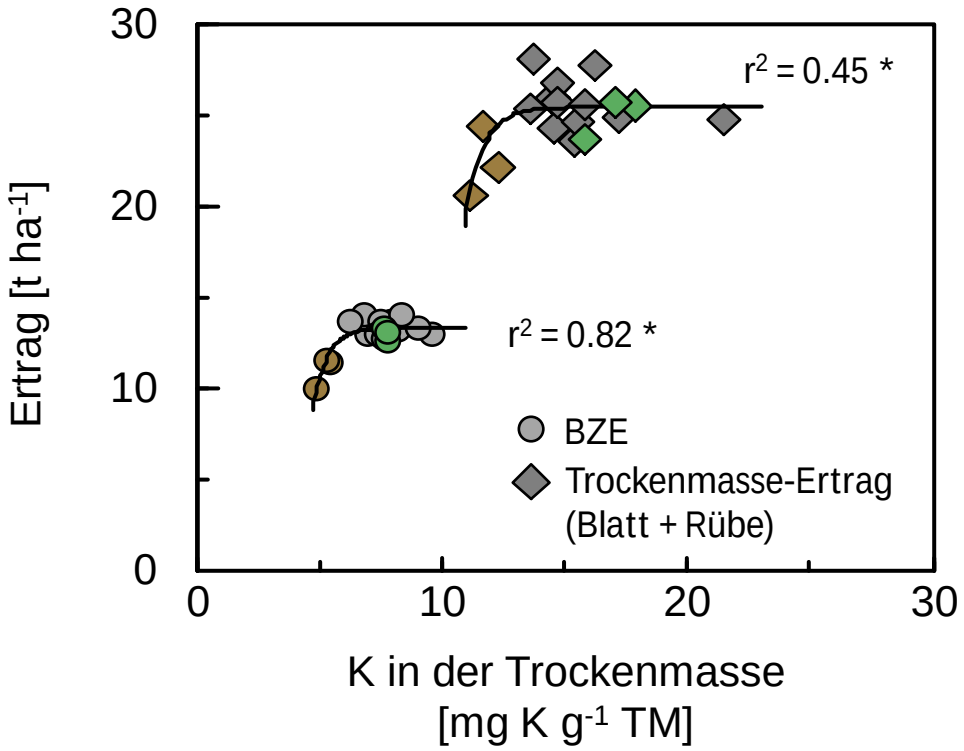
- Kaliumdüngung erhöhte den BZE um 15 %
- Der BZE unterschied sich nicht zwischen den gedüngten Varianten

Einfluss der Düngung auf Kaliumgehalte in der Biomasse



JÁKLI et al. 2017, submitted

Einfluss der Biomasse-Kaliumgehalte auf den Ertrag



Pflanzenphysiologische Funktionen von Kalium

- Unterstützt die Photosynthese (Longstreth & Nobel, Plant Physiol., 1980)
- Transport von Assimilaten zum wachsenden Gewebe (Cakmak et al ., J. Exp. Bot., 1994a)
- Zellwachstum / Zellstreckung (Mengel & Arnke, Physiol. Plant, 1982)

- ➢ Wurzelwachstum (Cakmak et al ., J. Exp. Bot., 1994b)
- ➢ Blattflächenentwicklung (Jordan-Meille & Pellerin, Plant Soil, 2004)

→ Die Kaliumversorgung beeinflusst das Wachstum

Pflanzenphysiologische Funktionen von Kalium

Wichtigste anorganische Osmotikum in Pflanzen

- Osmoregulation (DHINDSA, Plant Physiol., 1975)
- Turgordruck (MENGEL & ARNKE, Physiol. Plant, 1982)

➢ Osmotische Anpassung and Trockenheit und Salzstress

(BENLLOCH-GONZÁLES et al., Environ. Exp. Bot., 2015)

➢ Turgorgesteuerte Kontrolle der Stomata-Bewegung

(HUMBLE & RASCHKE, Plant Physiol., 1971)

→ Die Kaliumversorgung beeinflusst den pflanzlichen Wasserhaushalt

Pflanzenphysiologische Funktionen von Kalium

04.08.2015

- 8:59 Uhr
- 20°C

- 14:07 Uhr
- 35°C

Hypothesen

- Kaliumdüngung verbessert die Wassernutzungseffizienz von Kulturpflanzen

- Verbesserte Wassernutzungseffizienz führt zu höherem Ertrag

Was ist Wassernutzungseffizienz?

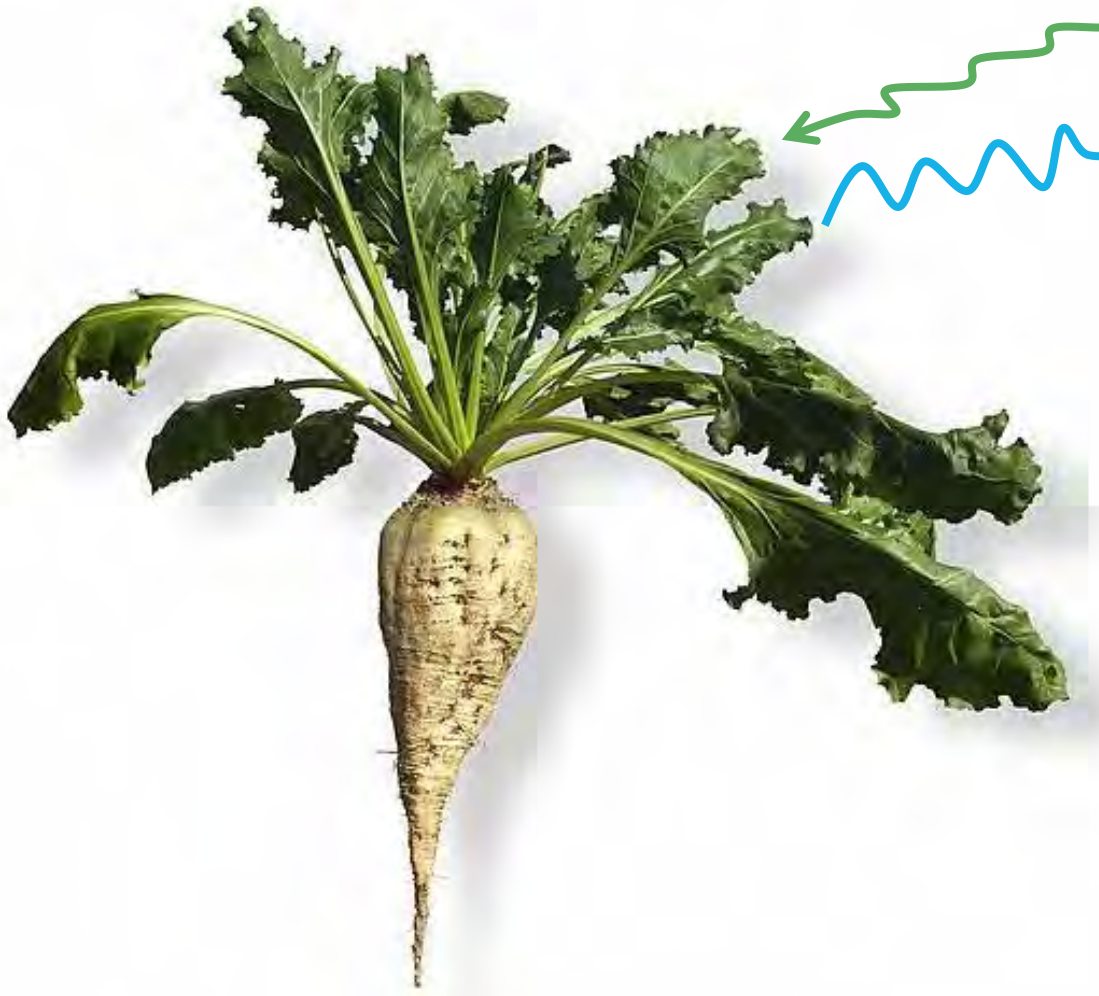
Wassernutzungseffizienz (WUE) bezeichnet das Verhältnis aus der von einem pflanzlichen System über einen bestimmten Zeitraum produzierten Biomasse zur Menge an Wasser, die dafür verbraucht wurde.

Was ist Wassernutzungseffizienz?

Wassernutzungseffizienz (WUE) bezeichnet das Verhältnis aus der von einem pflanzlichen System über einen bestimmten Zeitraum produzierten Biomasse zur Menge an Wasser, die dafür verbraucht wurde.

Agronomische Wassernutzungseffizienz: $$WUE_A = \frac{\text{Ertrag}}{\text{Wasserverbrauch}}$$

Was ist Wassernutzungseffizienz?



Assimilation (A)

Transpiration (E)

Stomata-Leitfähigkeit (g_s)

$$WUE_{Blatt} = \frac{A}{E} \approx \frac{A}{g_s}$$

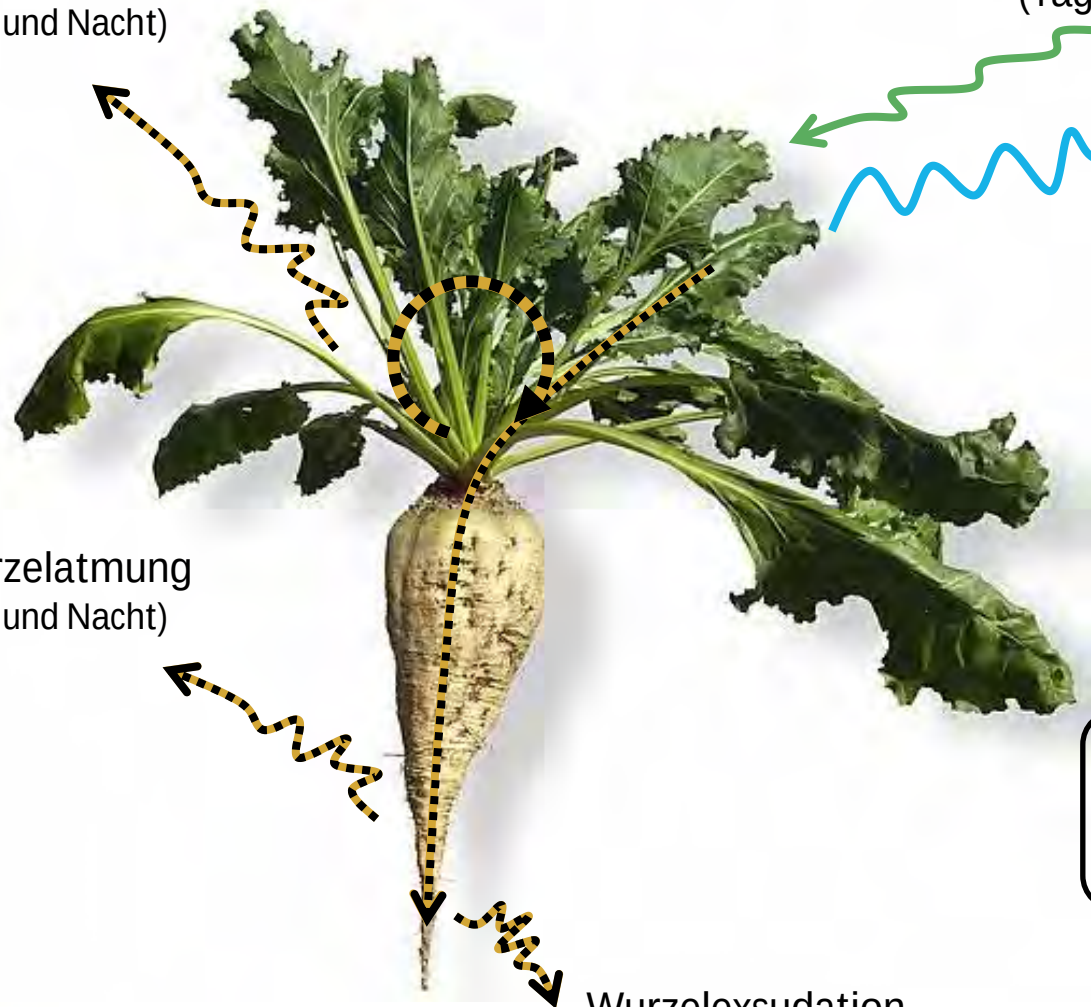
Bildquelle: http://www.wiener-zucker.at

Was ist Wassernutzungseffizienz?

Assimilation (A)
(Tag)

Stoffwechsel-Atmung
(Tag und Nacht)

Transpiration (E)
Stomata-Leitfähigkeit (g_s)
(Tag und Nacht)



$$WUE_{Blatt} = \frac{A}{E} \approx \frac{A}{g_s}$$

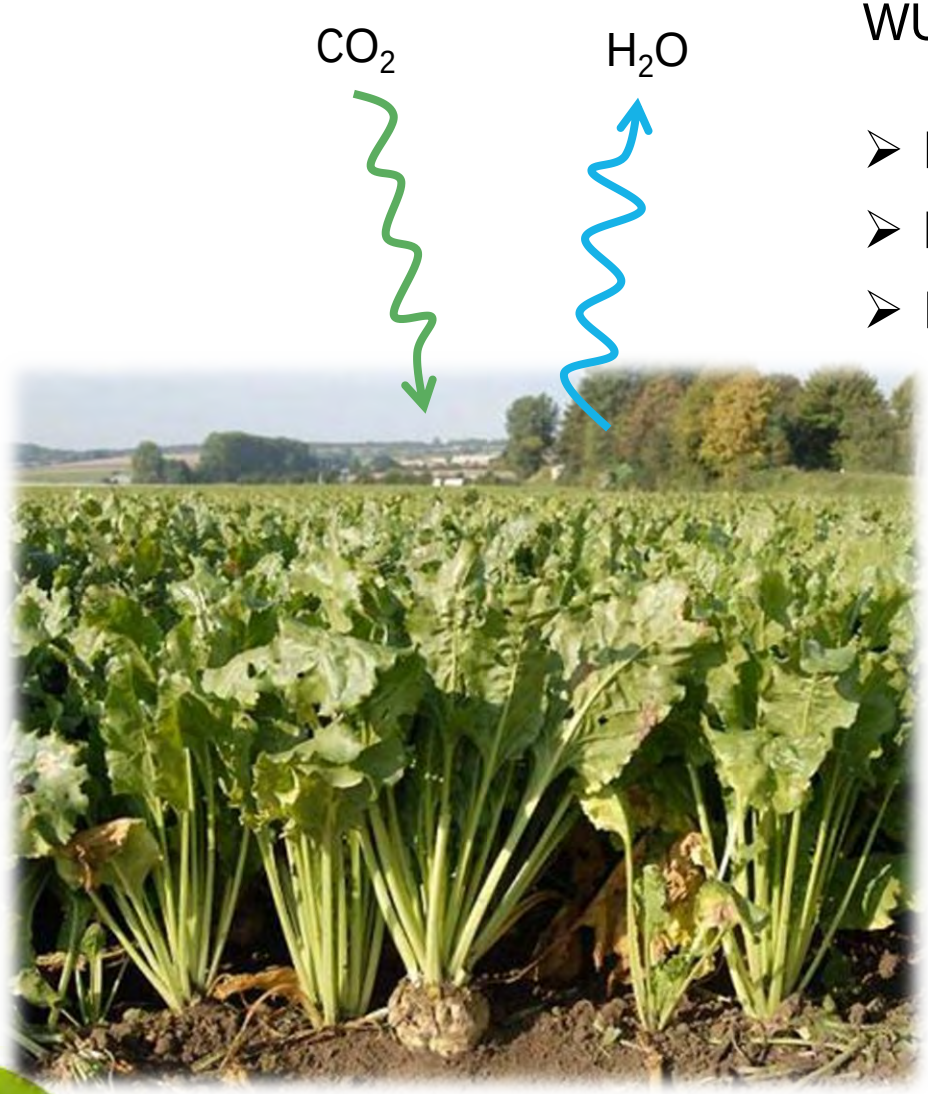
Wurzelatmung
(Tag und Nacht)

$$WUE_{Pflanze} = \frac{A}{E} \frac{(1-\Phi_C)}{(1+\Phi_{H_2O})}$$

Wurzelexsudation
(Tag und Nacht)

Bildquelle: http://www.wiener-zucker.at

Was ist Wassernutzungseffizienz?



$WUE_{Bestand}$:

- Bodenatmung
- Evaporation von der Bodenoberfläche
- Mikroklima:
  - Lichtinterzeption
  - Luftfeuchte
  - Energiebilanz

$$WUE_{Bestand} = \frac{CO_2\text{–Bilanz}}{\text{Evapotranspiration}}$$

Bildquelle: http://www.agrarheute.de

Methoden

Blattflächenindex

- Messung des LAI in 2-wöchigem Abstand (LAI-2000, LICOR, USA)
- Anpassung eines Wachstumsmodells um tägliche Daten zu erhalten

Bodenwassergehalt und saisonaler Wasserverbrauch des Bestandes (Evapotranspiration)

- wöchentliche Bohrstockbeprobung zur Bestimmung des Bodenfeuchte (0-60 cm Tiefe) [% vol.]
- Berechnung des Speichers in 0-60 cm Tiefe [mm]
- Niederschlagssumme in der Vegetationsphase (Aufgang - Ernte): 342.4 mm
- ET = ∑ wöchentliche Speicheränderung (0-60 cm)
  + Niederschlagssumme

Agronomische Wassernutzungseffizienz

$$WUE_Y = \frac{\text{Bereinigter Zuckerertrag}}{\text{Wasserverbrauch}}$$

Blatt- Wassernutzungseffizienz

$$WUE_{Blatt} = \frac{\text{Assimilation}}{\text{Stomata–Laitfähigkeit}}$$

Methoden

Methoden

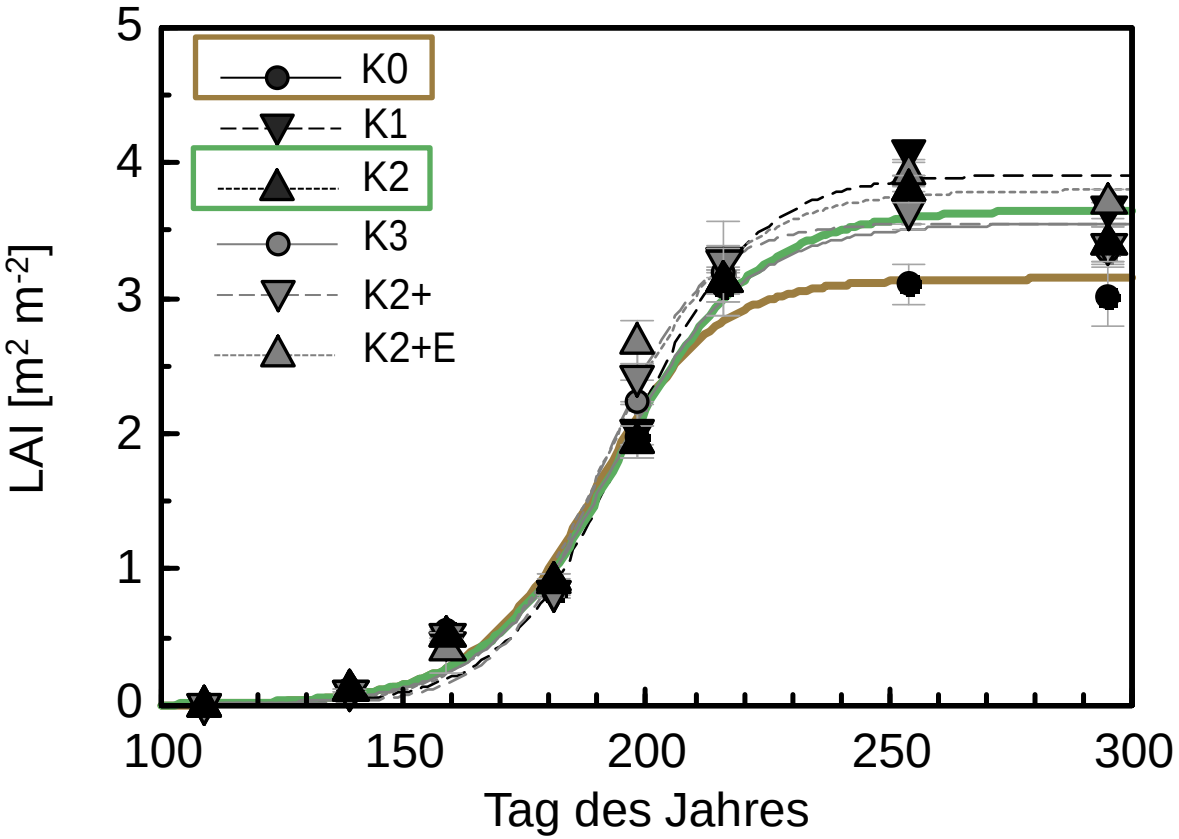
WALZ GFS-3000

Assimilation

Stomata-Leitfähigkeit

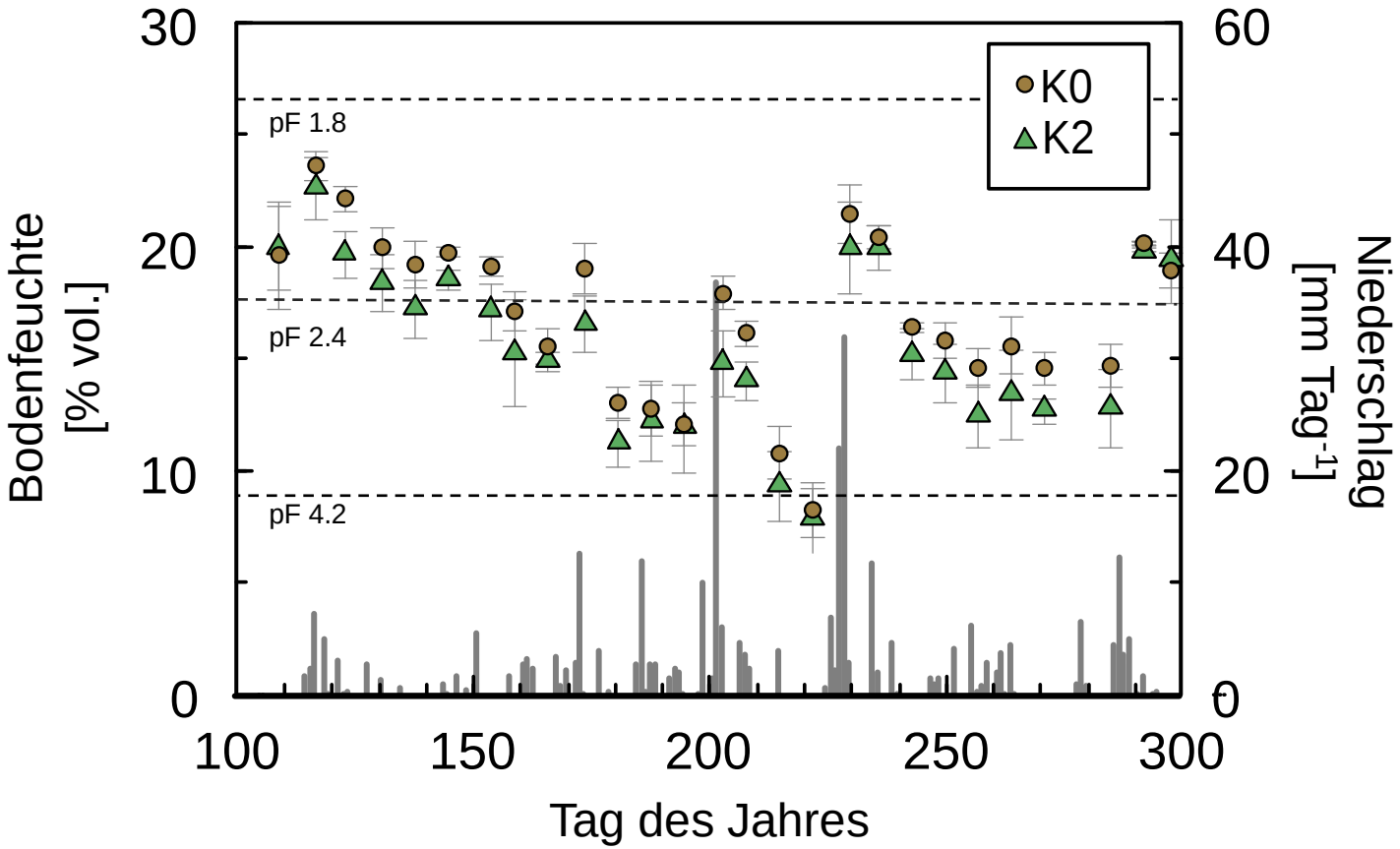
-> Blatt-WUE (WUE_L)

Blattflächenindex (LAI)



- Kaliumdüngung erhöhte den LAI
- Der LAI unterschied sich nicht zwischen den gedüngten Varianten

Bodenfeuchte im Verlauf der Vegetationsperiode

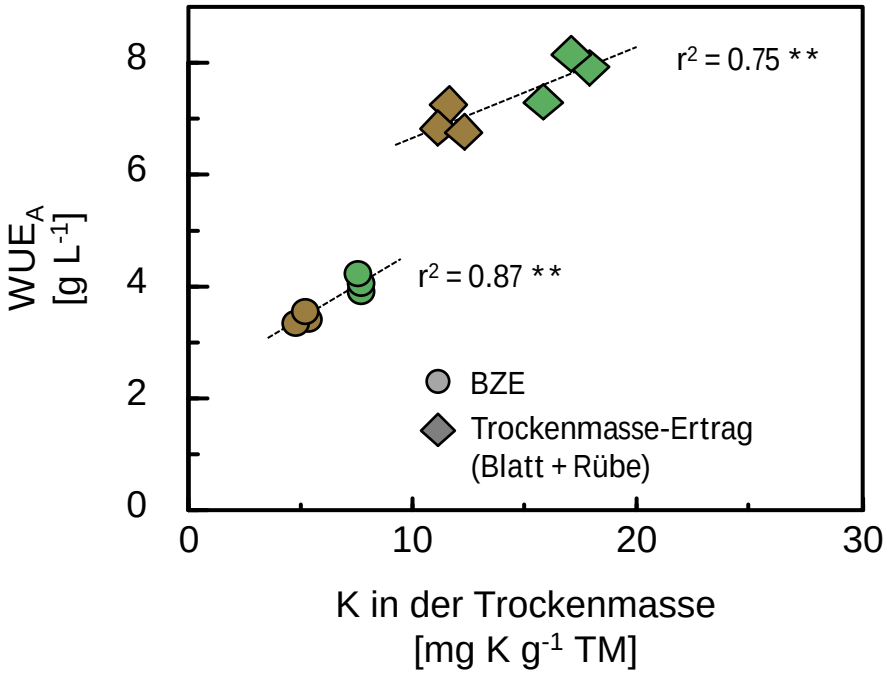


→ Im Verlauf der Vegetationsperiode zeigt die ungedüngte Variante (K0) zumeist eine deutlich höhere Bodenfeuchte als die gedüngte (K2)

→ Allerdings ergibt sich über den gesamten Zeitraum gesehen kein Unterschied in der kumulierten Wassernutzung

Agronomische Wassernutzungseffizienz

		K0	K2
Trockenmasse-Ertrag (Rübe + Blatt)	[t DM ha^{-1}]	22.3 ± 1.1	25.0 ± 0.6
Bereinigter Zuckerertrag (BZE)	[t ha^{-1}]	11.0 ± 0.5 b	13.0 ± 0.2 a
Evapotranspiration	[mm]	359.5 ± 3.0	366.4 ± 12.7
WUE_A (BZE)	[g L^{-1}]	3.1 ± 0.2 b	3.5 ± 0.1 a
WUE_A (Trockenmasse-Ertrag)	[g L^{-1}]	6.2 ± 0.4	6.8 ± 0.2



Zusammenfassung 1

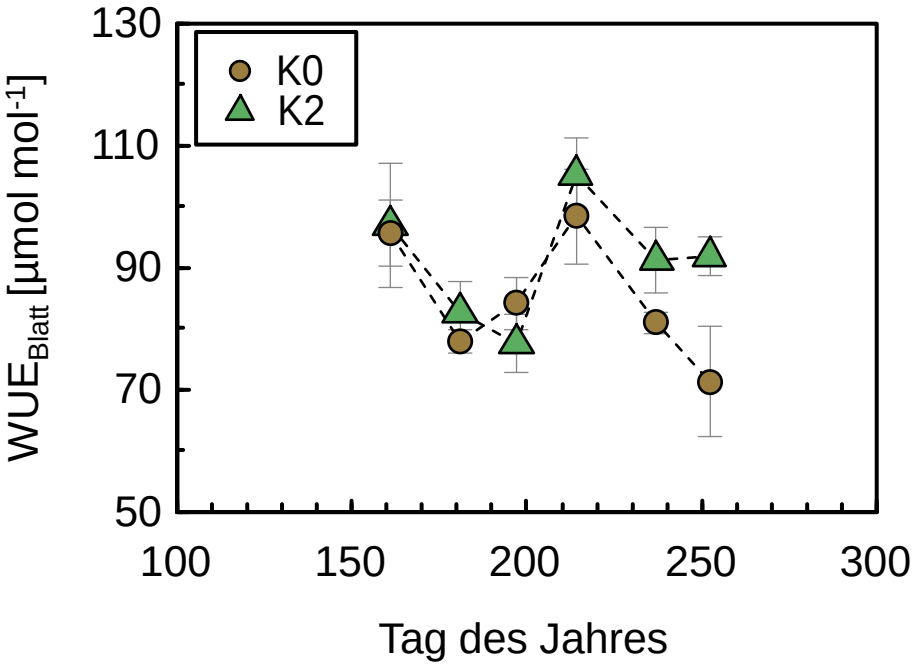
- Kaliumdüngung verbessert die agronomische Wassernutzungseffizienz von Zuckerrüben
  - Erhöhte Blattflächenproduktion
  - Erhöhte Biomasseproduktion
  - Verbesserung des Assimilattransports in die Rübe

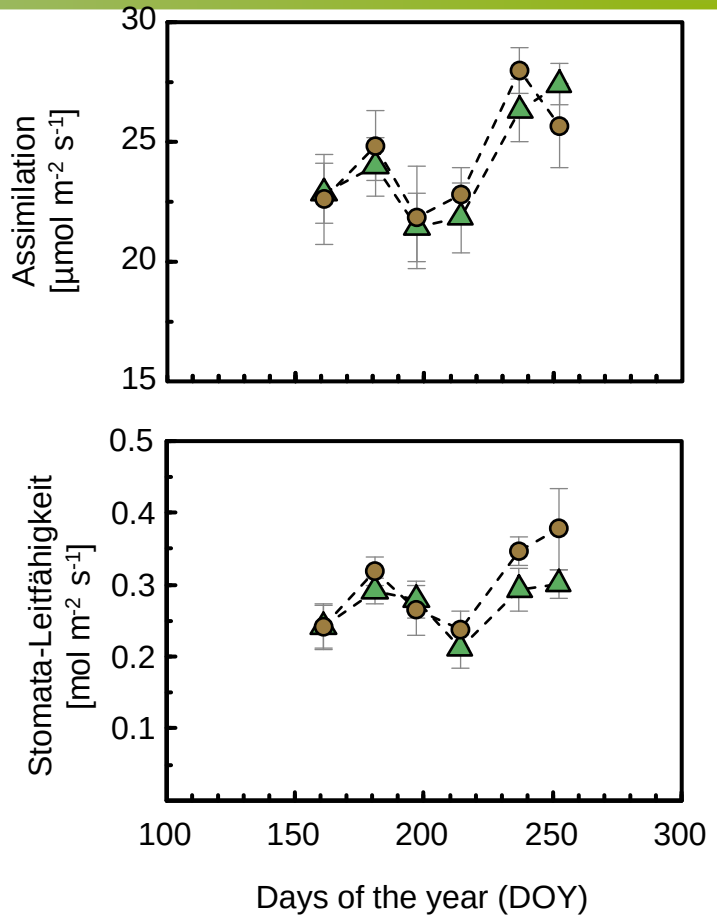
- Erhöhte Blattflächenproduktion (und erhöhtes Wurzelwachstum?!) führten zu erhöhter Ausbeutung der Bodenfeuchte

- ABER: Niederschläge kurz vor Ernte füllten den Bodenwasserspeicher auf, sodass keine unterschiede in der kumulierten Wassernutzung auftreten

- Lassen sich die positiven Effekte der der Kaliumdüngung auf die WUE auf der Ebene einzelner Blätter wiederfinden?

Blatt- Wassernutzungseffizienz





- Geringere Bodenfeuchte bei Kaliumdüngung
- Anpassung des Wasserverbrauchs durch Verringerung der Stomata-Leitfähigkeit

→ Blatt-WUE steigt!

Zusammenfassung 2

Kaliumdüngung verbessert die Wassernutzungseffizienz von Zuckerrüben

- Auf agronomischer Ebene (WUE_A)
  - Aufgrund erhöhter Biomasseproduktion bei gleichem Wasserverbrauch

- Auf Blatt-Ebene (WUE_{Blatt})
  - Aufgrund verringerter Stomata-Leitfähigkeit bei gleicher Assimilation