

Wasserentzug und Wassernutzungseffizienz landwirtschaftlicher Kulturen im Energiepflanzenanbau

Dr. Kerstin Jäkel, Markus Theiß, Falk Böttcher und Martin Schmidt



14. Leipziger Tag der Agrarmeteorologie
am 10. Januar 2018

(1) Einführung

- o Theoretische Grundlagen
- o Vorstellung des Standorts und methodische Hinweise

(2) Vergleich Zweitfruchtanbau mit Brache-Mais

(3) Vergleich von Sorghumarten mit Mais

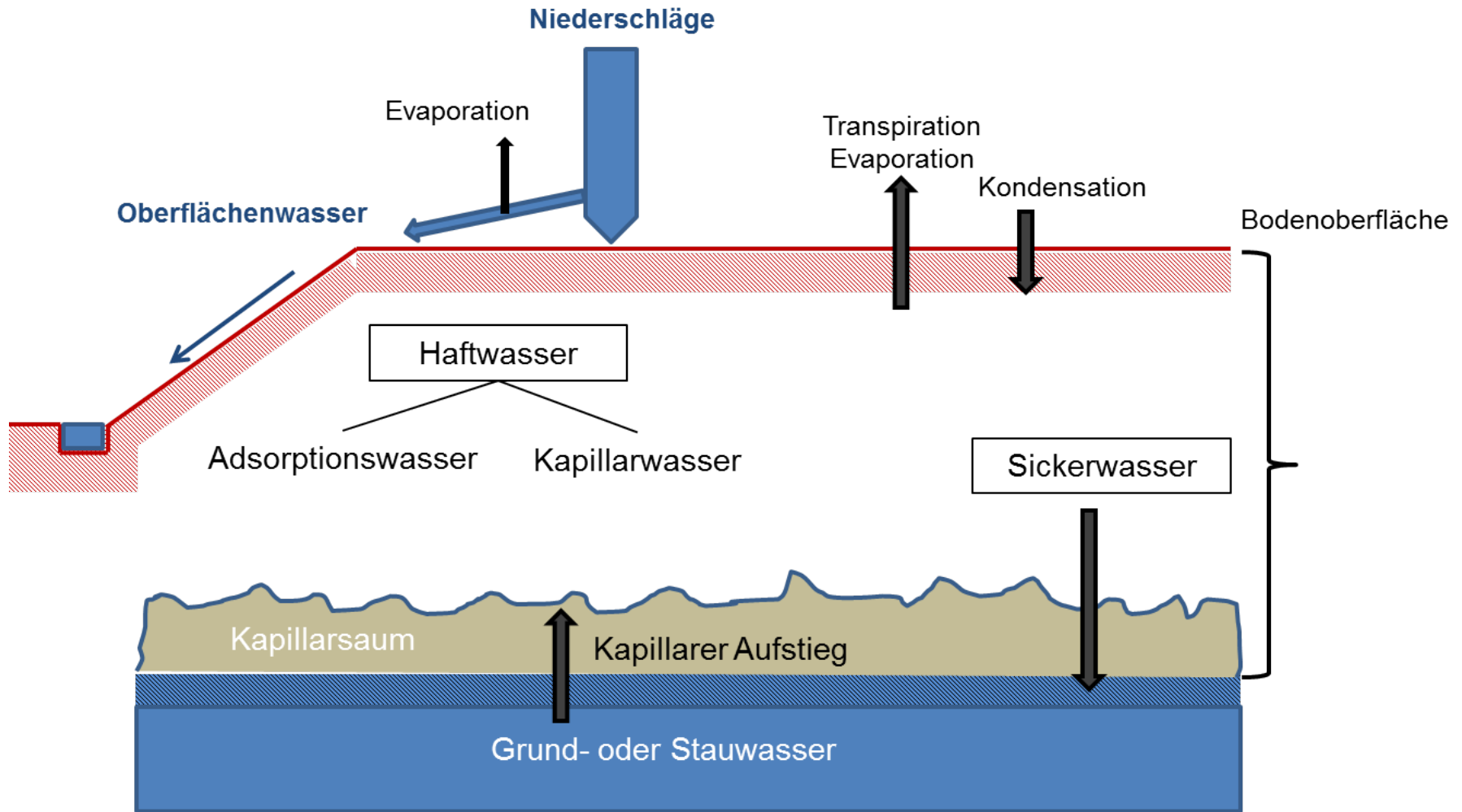
(4) Vergleich mehrjähriger Energiepflanzen

(5) Zusammenfassung



Einführung

Bodenphysikalische Kennwerte - Definitionen



Einführung

Bodenphysikalische Kennwerte - Definitionen



Bodenart	Feldkapazität FK Vol. - %	Welkepunkt, Totwasseranteil Vol. - %	nutzbare Feldkapazität nFK Vol. - %
Sand	10,5	2,5	8
anlehmiger Sand	19	6	13
Lehm	40	23	17
Ton	48	34	14
Schluff	35	11	24

Einführung

Transpirationskoeffizient in kg H₂O / kg TM

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Kultur/Quelle	Chmielewski, Geisler 1988, Boku Wien, USA alt	TLL 2005	TLL 2008-10	TLL 2011-13
Sorghum	200-300		140-180	160-250
Mais, ZR	250-400	191/176-320	150-190	
Getreide	220-500	330-370		
Kartoffeln	300-600			
Raps	600-700	296		
Luzerne, Soja	> 700			
Wel. Weidelgras		360		

Versuchsstandort Trossin

Boden und Klima



Boden

- o Fahlerdebodengesellschaft des südlichen Moränengebietes
- o Bodentyp: Bänderparabraunerde
- o Ackerzahl: 28 bis 45

Klima

- o Mitteldeutsches Trockengebiet
Lj. Mittel (Klitzschen 1981 – 2010)
Temperatur 9,5 °C
Niederschlag 586 mm

Boden-Klima-Raum (nach Roßberg et al 2007)

- o trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes

Versuchsstandort Trossin

Bodenphysikalische Kennwerte*

* Erhebung durch ZALF nach KA5

Tiefe	Bodenart	Sand	Schluff	Ton	FK	PWP	nFK	TRD
cm		%			mm			g/cm ³
0 - 30	Su3	65	28	7	33	10	23	1,65
30 - 60	Su3	66	30	5	24	6	18	1,76
60 - 90	Su2/Ss	76/92	20/6	3/2	19	7	12	1,71

In 0 - 60 cm: ca. $69 (23 \times 3) + 54 (18 \times 3) = \text{ca. } 123 \text{ mm Wasser}$

Messmethoden der Bodenfeuchtebestimmung

Gravimetrische Bestimmung (0 – 60 cm) Bohrstock



- Zweitfruchtanbau/EVA-Projekt 2013 – 2016
- Vergleich Sorghum-Mais/EVA 2013 – 2016 und Sorghum 2017
- mehrjährige Pfl./EVA 2013 - 2017

TDR-Sonden (feste Messstellen in 15 und 45 cm Tiefe)



- mehrjährige Pfl./EVA 2013 - 2017

Lysimeter (TLL Thüringen)



- Sorghum-Projekt 2008 - 2013

Begleituntersuchungen zum Wasserhaushalt am Standort Trossin

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Fläche Projekt EVA (AZ 28)

- o TDR-Sonden (2013 - 2017)
- o Gravimetrische Bodenfeuchtemessungen (2013 - 2016)

Fläche Projekt Sorghum (AZ 45)

- o Gravimetrische Bodenfeuchtemessungen (seit 2017)

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



(1) Einführung

- o Theoretische Grundlagen
- o Vorstellung des Standorts und methodische Hinweise

(2) Vergleich Zweitfruchtanbau mit Brache-Mais



(3) Vergleich von Sorghumarten mit Mais



(4) Vergleich mehrjähriger Energiepflanzen



(5) Zusammenfassung

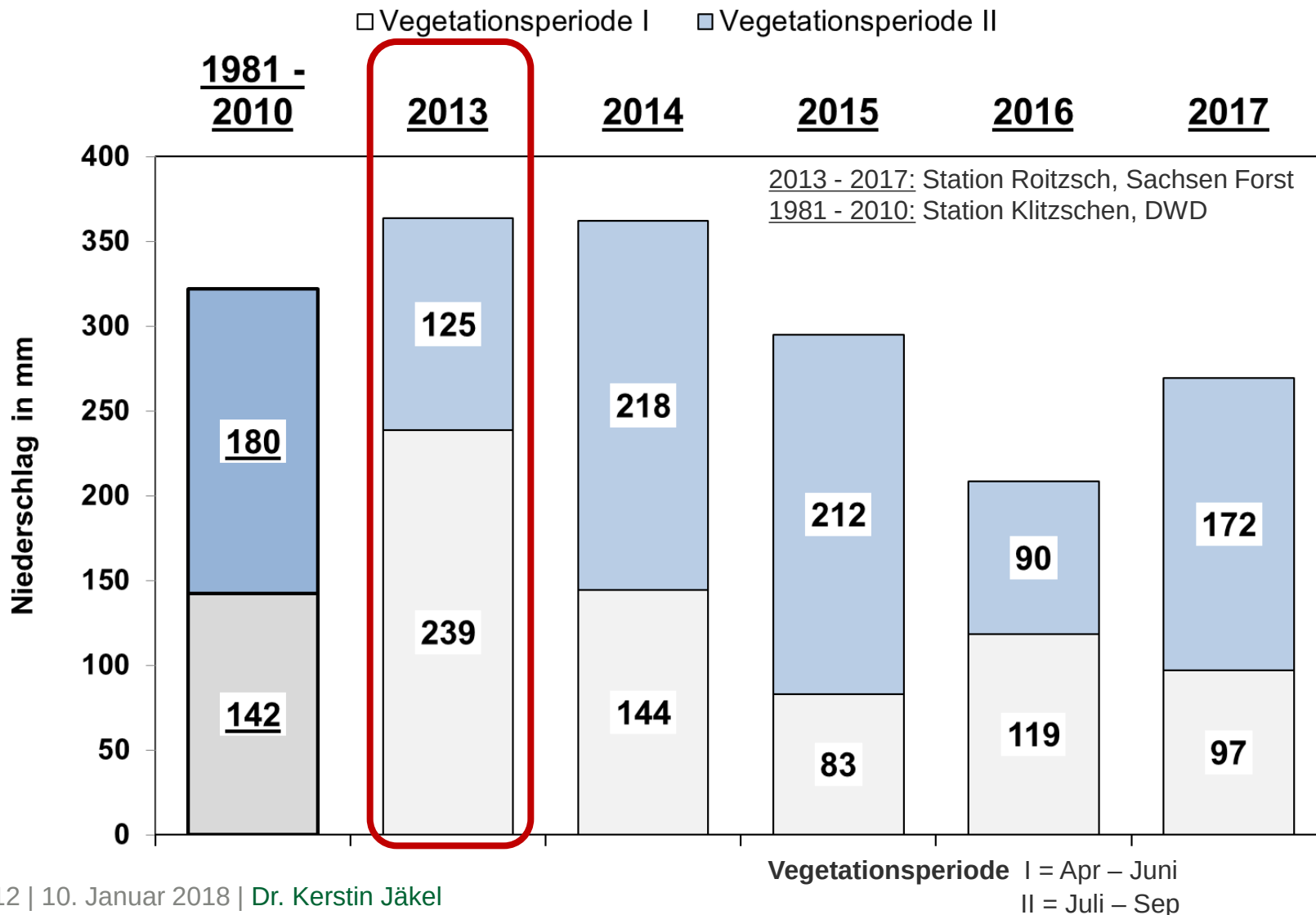
Beprobte Fruchtarten und Anbausysteme (2013 bis 2017)

Bodenfeuchte Vol. %	2013	2014	2015	2016
Zweitfruchtanbau im Vergleich zu Brache-Mais*				
(1) Brache – Mais (HF)	X	X	X	X
(2) Gelbsenf (abfr. ZwF) - Futterhirse	X			
(3) Grünroggen (ZwF) - Mais		X	X	
(4) Grünroggen (ZwF) - Sudangrashybride		X	X	X
(5) Wickroggen (ZwF) - Mais		X		
(6) Luzernegras (ZwF) - Mais			X	

* *Gravimetrische Messungen*

Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2013 - 2017

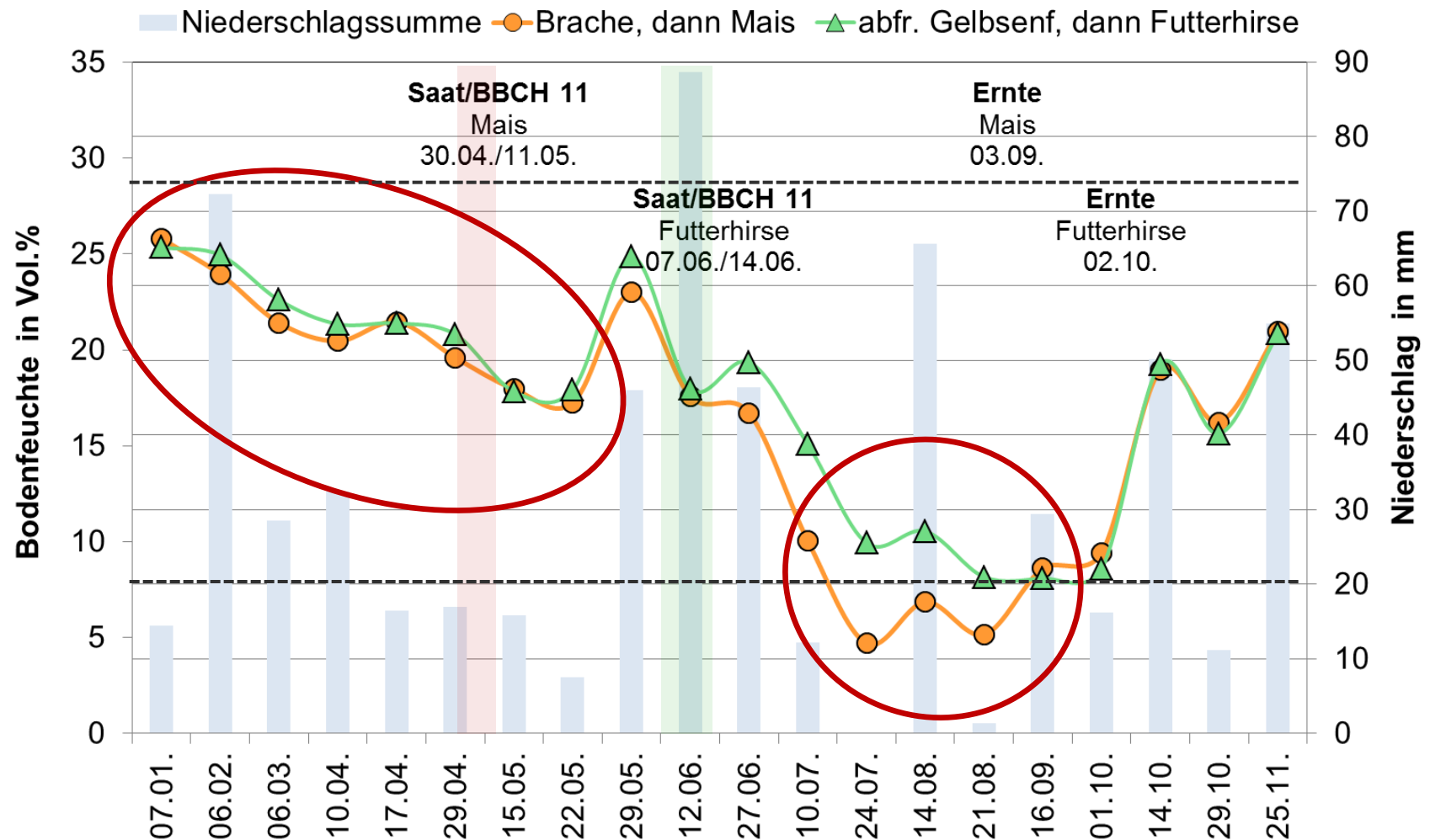
LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



HF-Mais vs. HF Futterhirse

Bodenfeuchte in Vol. % (0 – 60 cm), 2013

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Erträge – Zweikulturnutzung

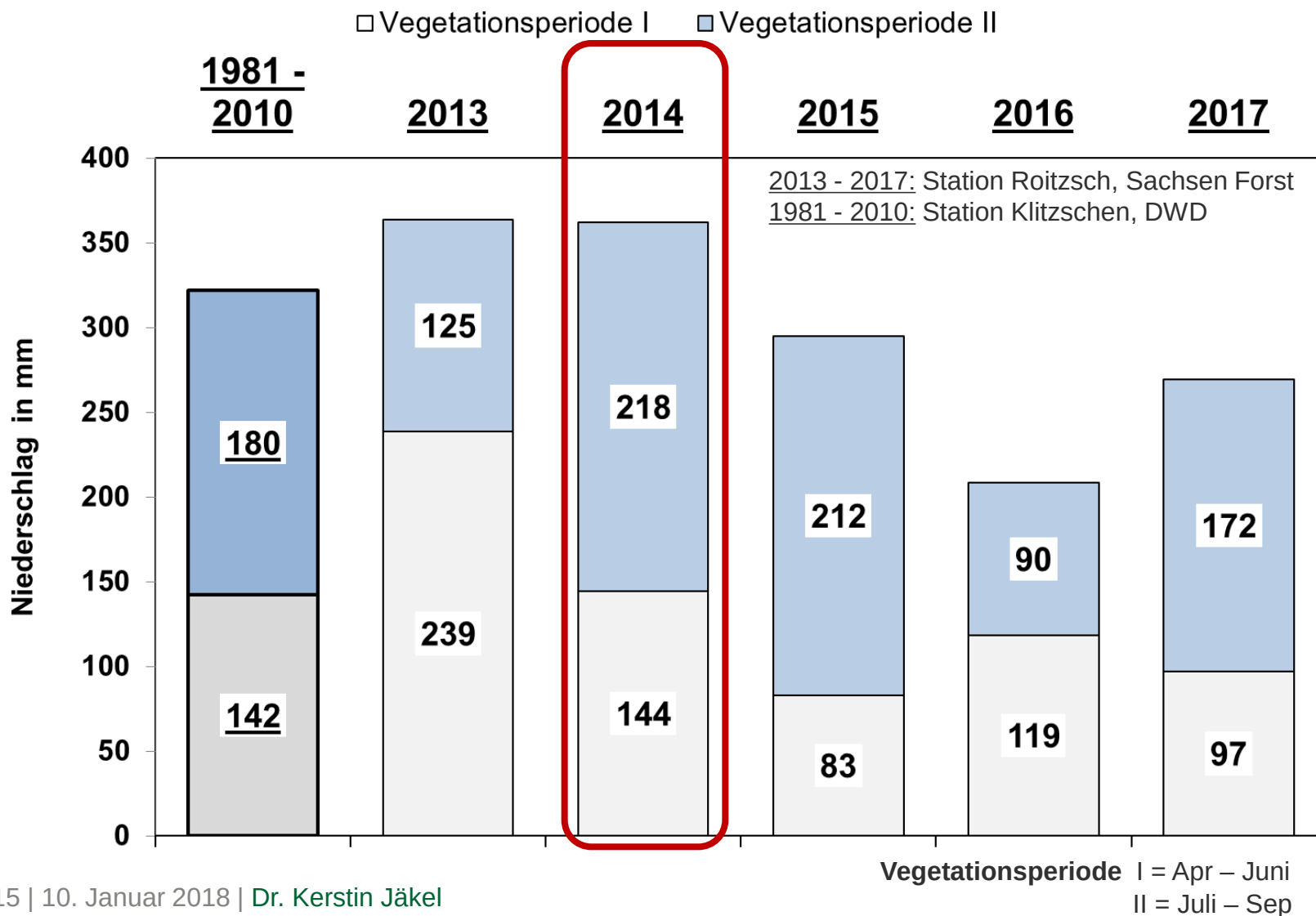
Anbaujahr 2013

Kultur	Ertrag dt TM/ha	
	absolut	relativ
(1) Mais, nach Brache	108	100
(2) Futterhirse, nach abfr. ZF	126	117



Futterhirse, Ende September

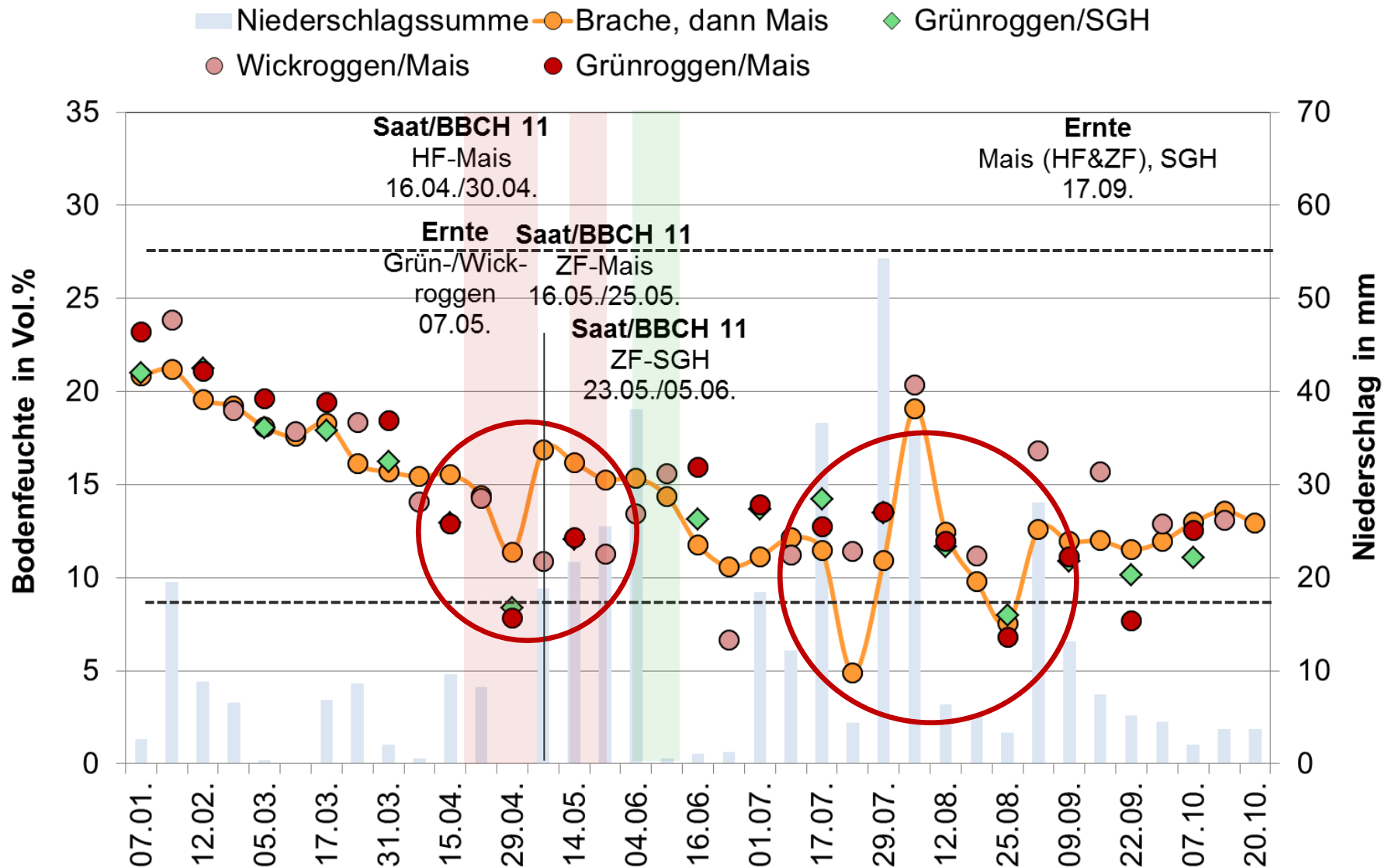
Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2013 - 2017



HF-Mais vs. ZF-Mais vs. ZF-SGH

Bodenfeuchte in Vol. % (0 – 60 cm), 2014

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Erträge – Zweikulturnutzung

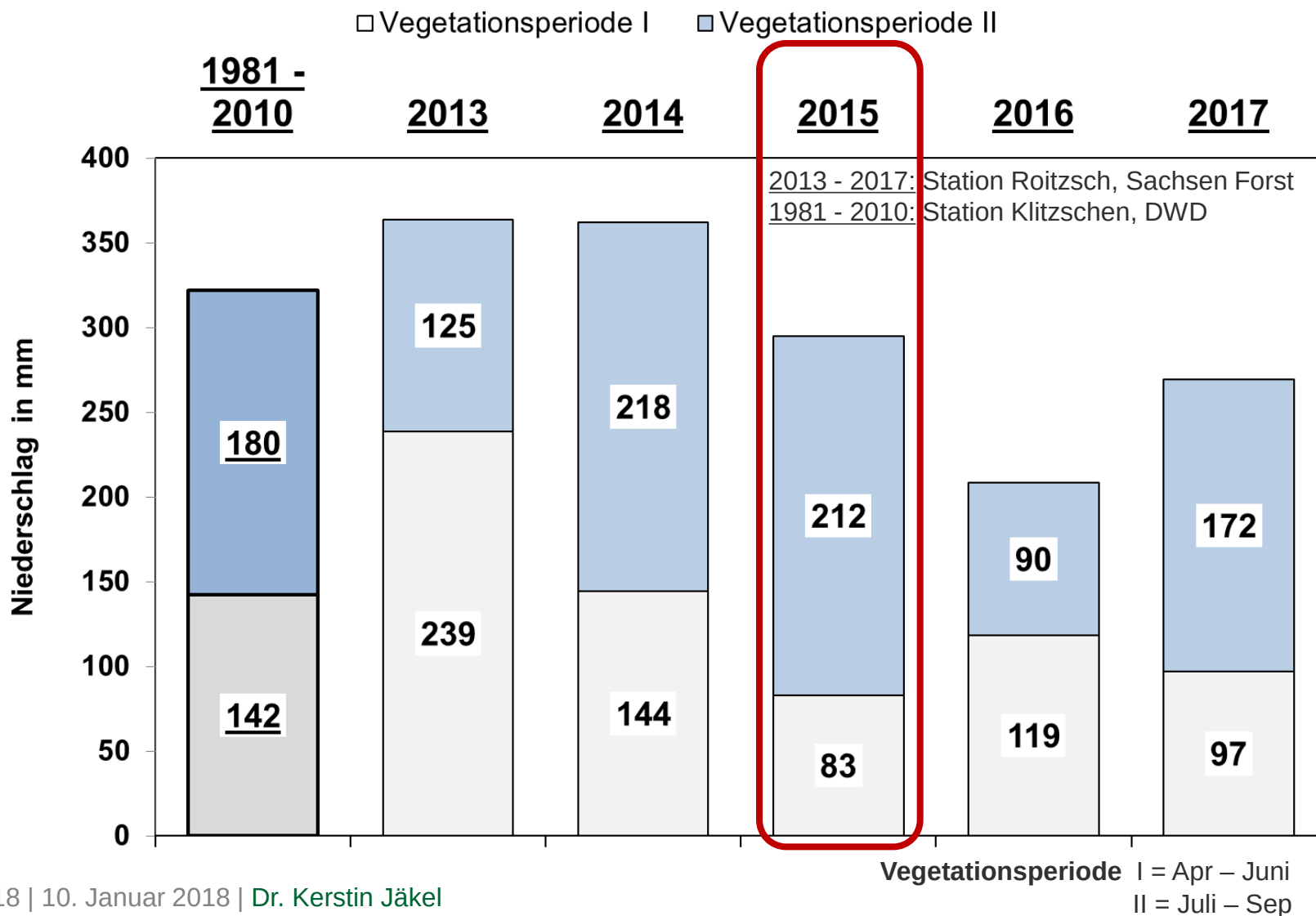
Anbaujahr 2014

Kultur	Ertrag dt TM/ha	
	absolut	relativ
(1) Mais, nach Brache	194	100
(3) Mais nach Grünroggen	249 + 53 = 302	156
(5) Mais nach Wickroggen (WzF)	243 + 52 = 295	152
(4) Sudangrashybride nach Grünroggen	168 + 55 = 223	115

Wickroggenernte



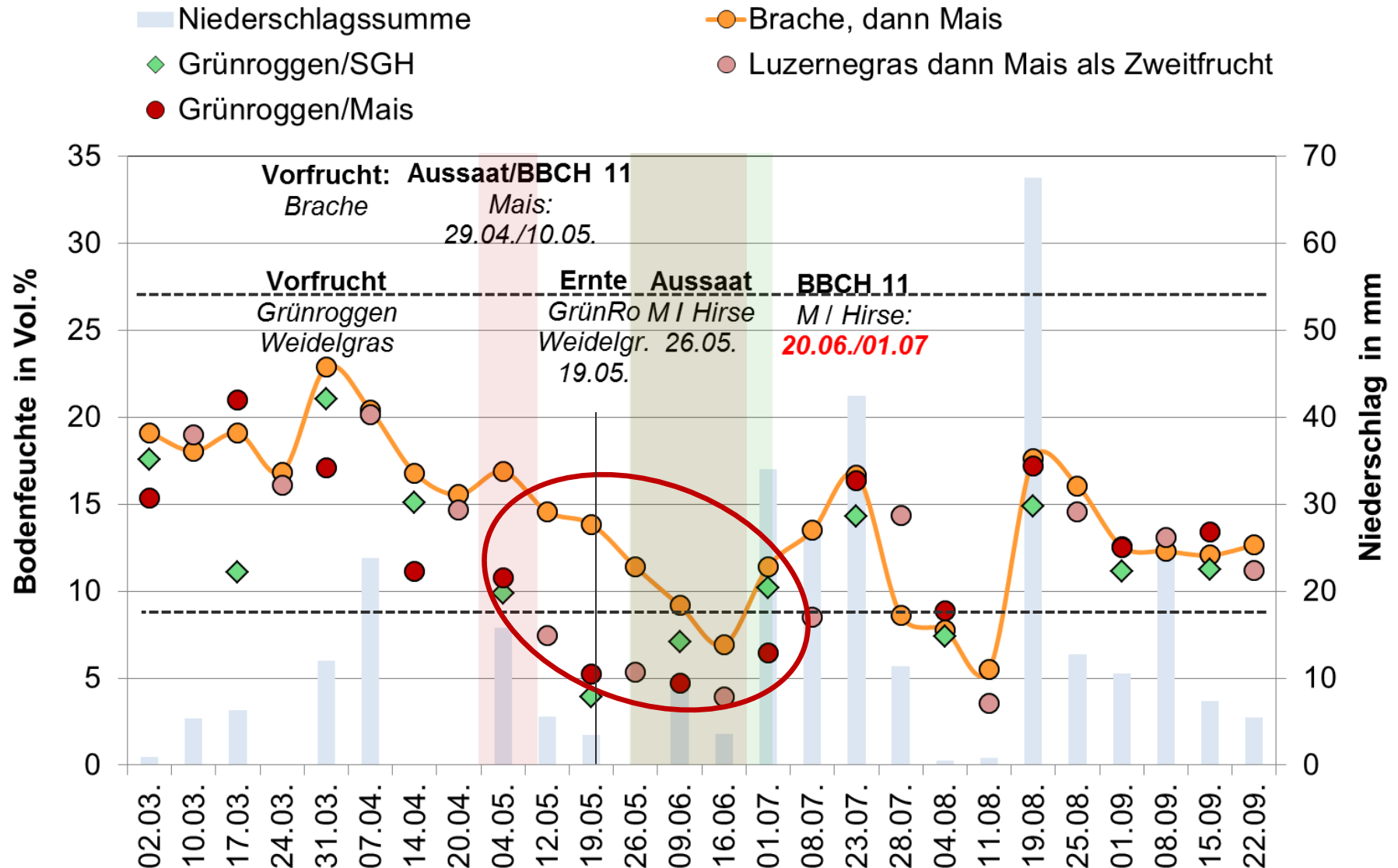
Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2013 - 2017



HF-Mais vs. ZF-Mais vs. ZF-SGH

Bodenfeuchte in Vol. % (0 – 60 cm), 2015

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



HF-Mais vs. ZF-Mais

Foto vom 17.06.2015



Mais nach Brache
Aussaat am 29.04.

49 Tage nach Saat



**Mais nach
Grünroggen**
Aussaat am 26.05.

22 Tage nach Saat

Erträge – Zweikulturnutzung

Anbaujahr 2015

Kultur	Ertrag dt TM/ha	
	absolut	relativ
(1) Mais, nach Brache	99	100
(3) Mais nach Grünroggen	71 + 54 = 125	126
(6) Mais nach Luzernegras	+ 66*	-
(4) Sudangrashybride nach Grünroggen	92 + 74 = 166	168

* Mais vertrocknet

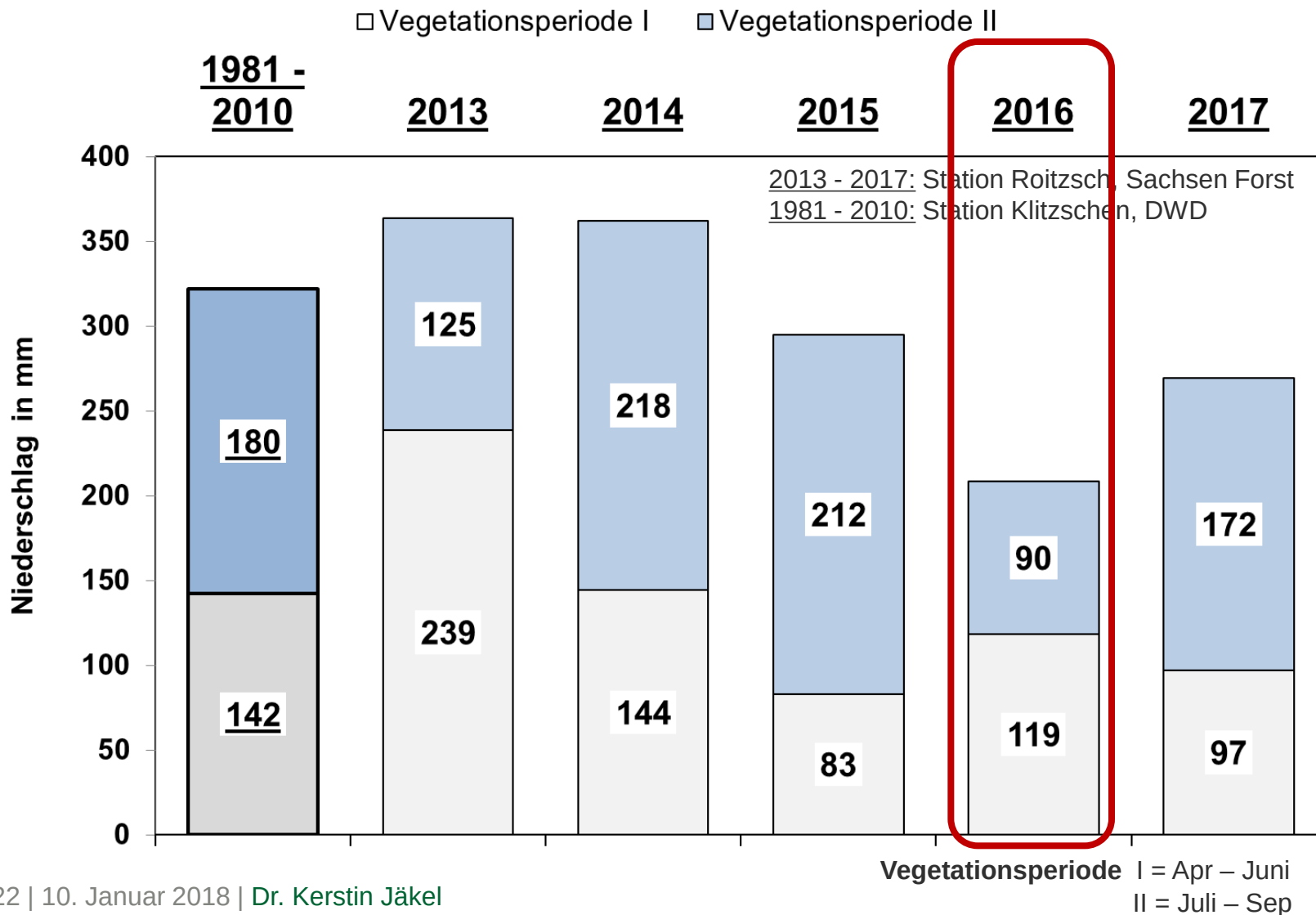
Mais nach Weidelgras



Mais nach Grünroggen



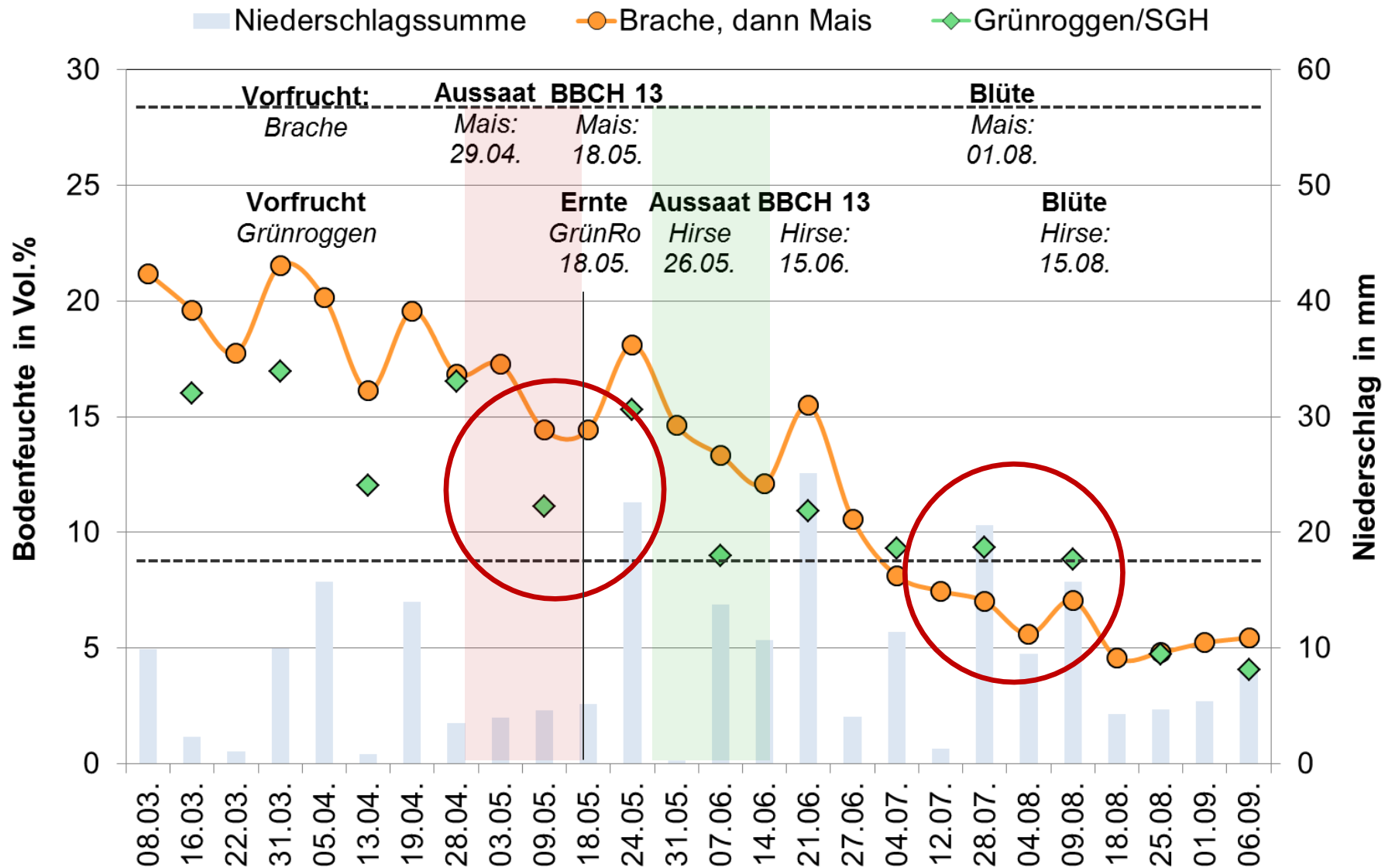
Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2013 - 2017



HF-Mais vs. Grünroggen/SGH

Bodenfeuchte in Vol. % (0 – 60 cm), 2016

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Erträge – Zweikulturnutzung

Anbaujahr 2016

Kultur	Ertrag dt TM/ha	
	absolut	relativ
(1) Mais, nach Brache	85	100
(4) Sudangrashybride nach Grünroggen	88 + 67 = 155	182

Mais



(1) Einführung

- o Theoretische Grundlagen
- o Vorstellung des Standorts und methodische Hinweise

(2) Vergleich Zweitfruchtanbau mit Brache-Mais

(3) Vergleich von Sorghumarten mit Mais



(4) Vergleich mehrjähriger Energiepflanzen



(5) Zusammenfassung



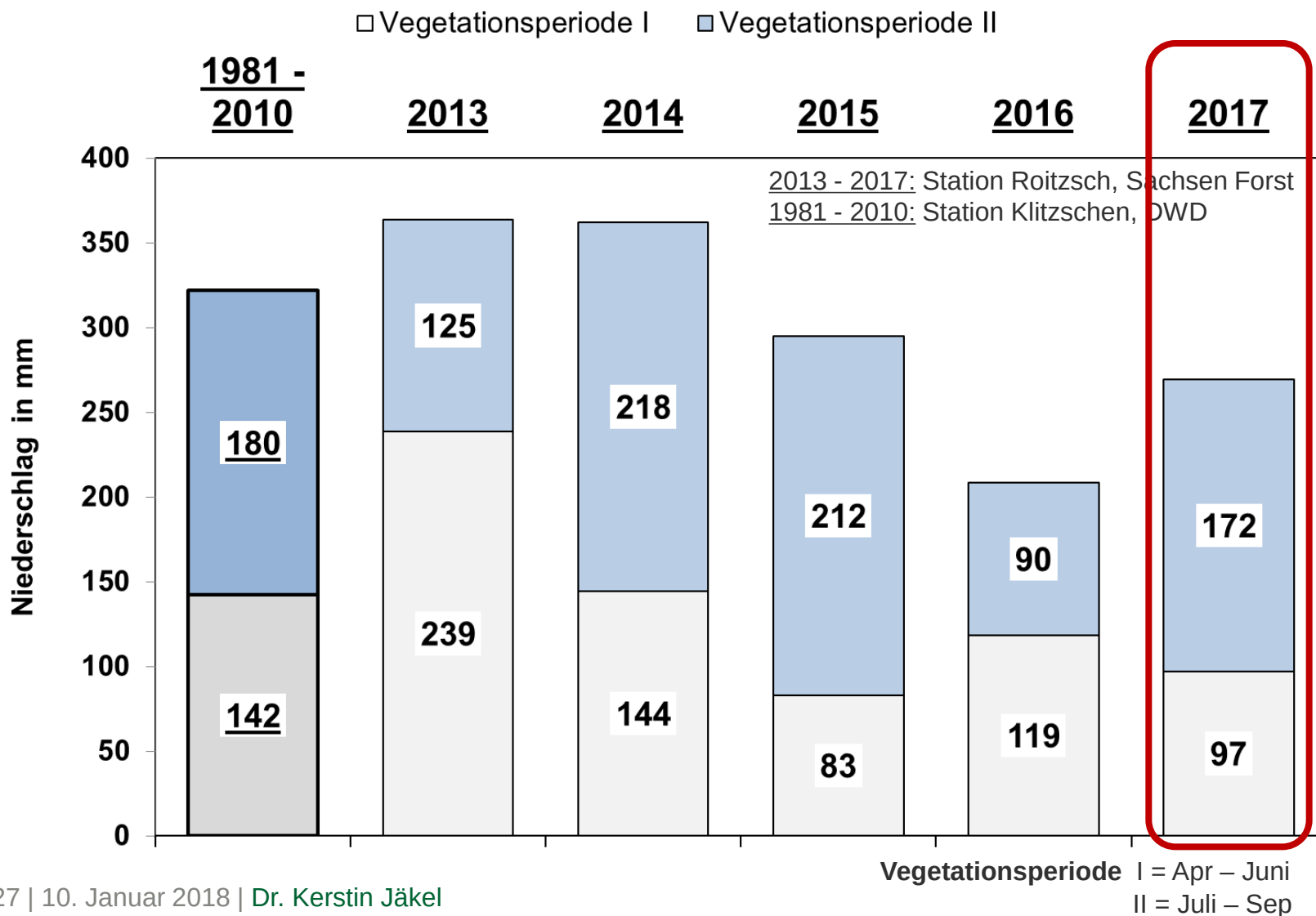
Beprobte Fruchtarten und Anbausysteme (2017)

Bodenfeuchte Vol. %	2017
Einjährige Kulturen*	
(1) Mais (HF)	x
(2) Futterhirse (HF)	x
(3) Sudangrashybride (HF)	x
(4) Wintergerste (GPS) dann später Mais (So- ZwFr)	x
(5) Wintergerste (GPS) dann späte Sudangrashybride (So- ZwFr)	x
TLL, Lysimeterversuche **	
(6) Wassernutzung Mais - Futterhirse	2008-2010
(7) Wassernutzung Futterhirse - Sudangrashybride	2011-2013

* Gravimetrische Messungen

** Quelle: TLL: Knoblauch

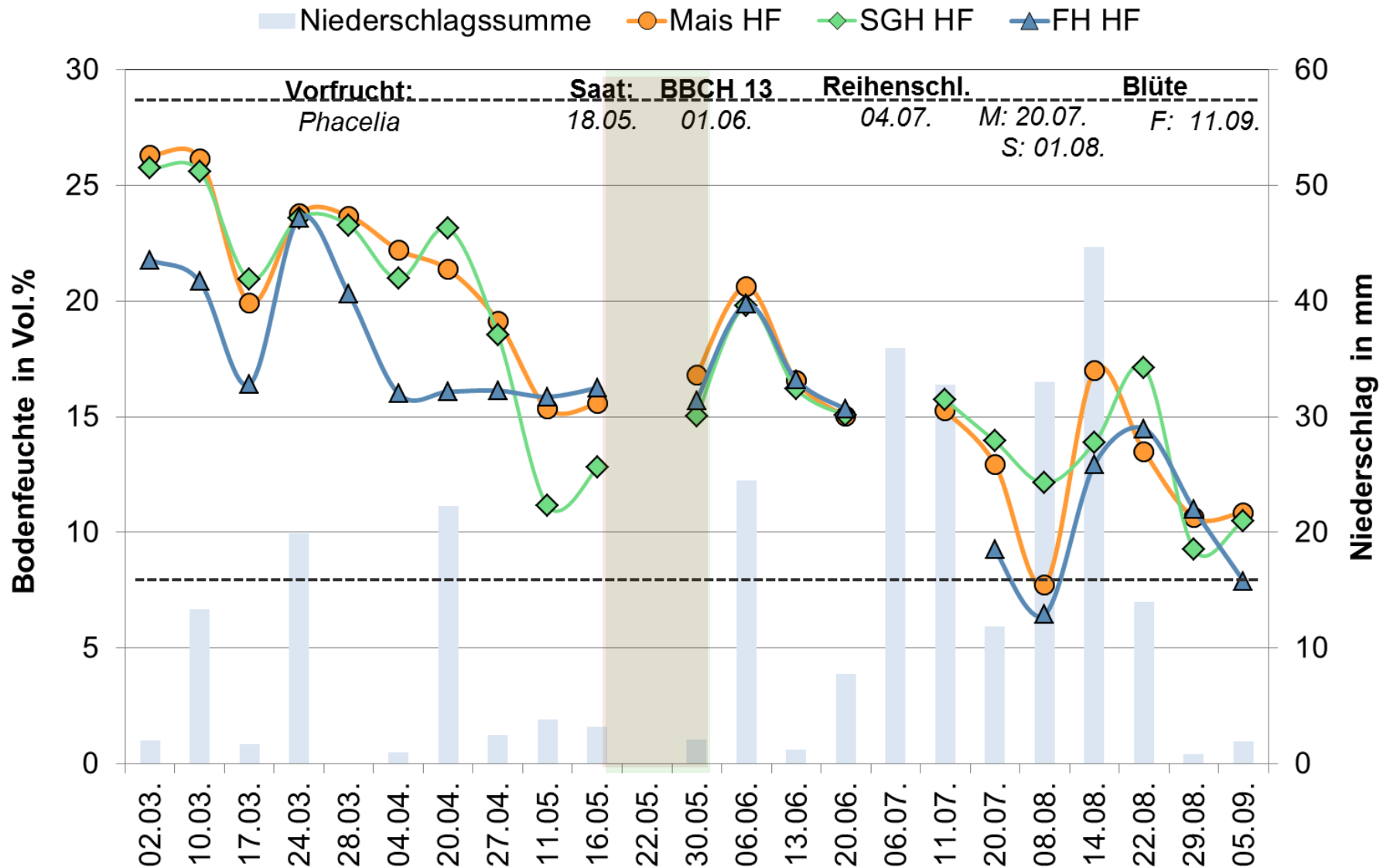
Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2013 - 2017



HF-Mais vs. HF-Sorghum

Bodenfeuchte in Vol. % (0 – 60 cm), 2017

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Silomais vs. Futterhirse

5 Wochen nach Saat

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



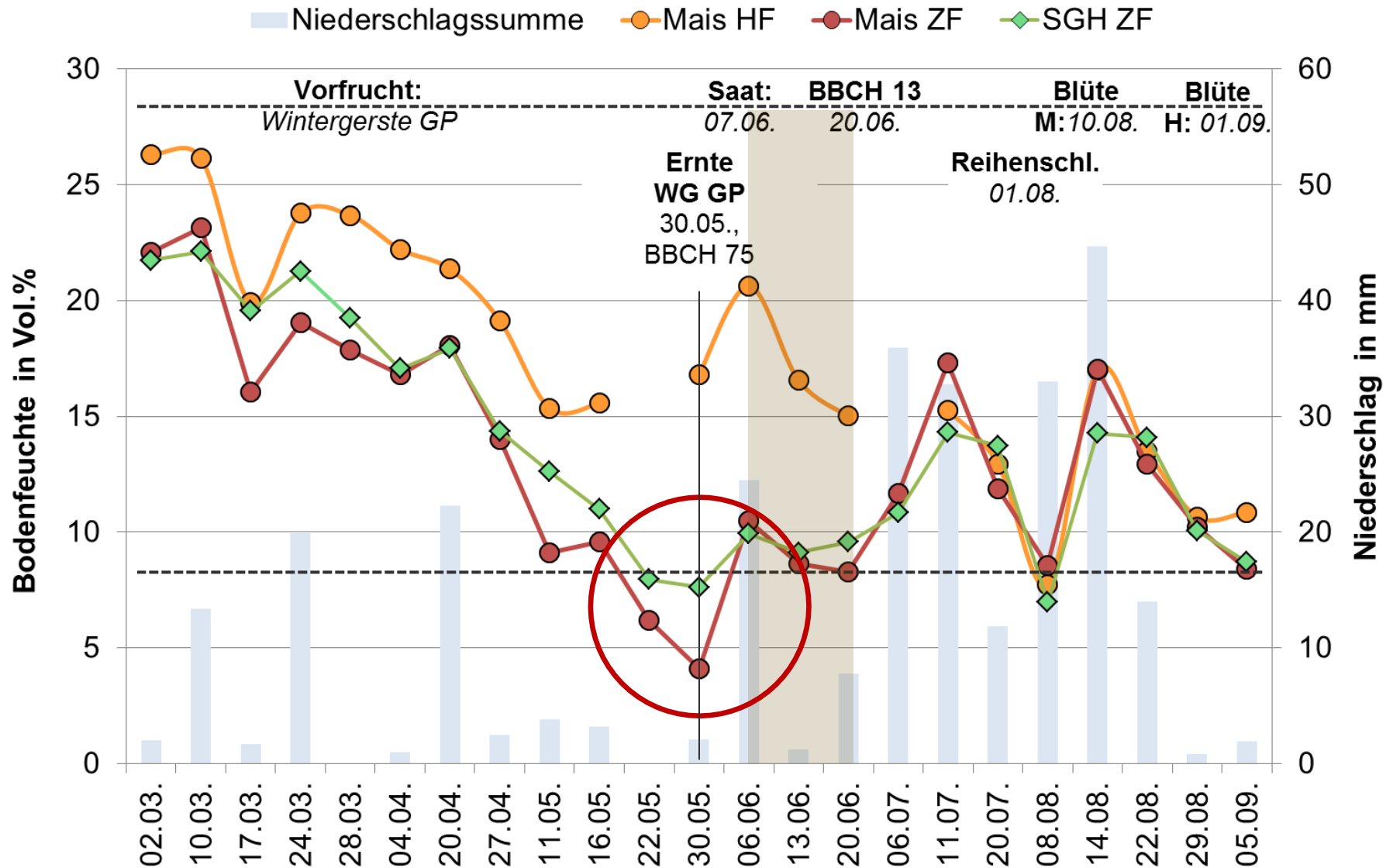
HF-Mais vs. ZF-Mais und ZF-SGH

Bodenfeuchte in Vol. % (0 – 60 cm), 2017

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Trockenstress bei Wintergerste

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Trockenstress bei Silomais im Jugendstadium

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Erträge – Sorghum – Mais

Anbaujahr 2017

Kultur	Ertrag dt TM/ha	
	absolut	relativ
(1) Mais, nach abfr. ZF	198*	100
(2) Futterhirse, nach abfr. ZF	218	110
(3) Sudangrashybride, nach abfr. ZF	174	88
(4) Wintergerste (GPS) dann später Mais (So-ZwFr)	118 + 56 = 174	88
(5) Wintergerste (GPS) dann späte Sudangrashybride (So- ZwFr)	99 + 56 = 155	78

* z.T. deutliche Ertragseinbußen durch Maiszünsler

Transpirationskoeffizient und Wassernutzungseffizienz

	Länge der Wachstumszeit (Aufgang bis Ernte) [d]	Trockenmasseertrag [kg/m ²]	Wasserverbrauch [mm]	Transpirationskoeffizient [kg H ₂ O/kg TM]	Wassernutzungseffizienz [kg ha ⁻¹ mm ⁻¹]
	unter potenziellen Verdunstungsbedingungen in der Hauptwachstumszeit				
Futterhirse	134	3,04	568	184	54,3
Silomais (1993)	135	1,89	361	191	52,4
Winterweizen (1992)	262	1,58	545	345	29,0
	unter aktuellen Verdunstungsbedingungen (natürlicher Niederschlag), tiefgründiger Braunerde-Tschernosem (Löss)				
Futterhirse	134	2,01	480	229	43,7
	unter aktuellen Verdunstungsbedingungen (natürlicher Niederschlag), Pararendzina (unterer Keuper)				
Futterhirse	134	1,59	385	242	41,3

- I **Sorghum bicolor** produziert unter potenziellen Verdunstungsbedingungen **sehr hohe Erträge**, z.T. höher als Mais. Das erfordert aber auch **große Wassermengen**.
- I Die **Wassernutzungseffizienz** von Sorghum bicolor ist bei ausreichender Wasserversorgung **besser als die von Energiemais**.
- I Mit abnehmendem Wasserangebot geht diese Vorzüglichkeit zurück. Unter den Niederschlagsverhältnissen im mitteldeutschen **Trockengebiet** ist die **WNE von Energiemais günstiger** im Vergleich zu Sorghum bicolor.
- I Dafür hat Sorghum bicolor ein **besseres Bodenwasseraneignungsvermögen**.
- I Der Transpirationskoeffizient (TK) von Sorghum bic. ist günstiger als der von Sudangrashybriden.
- I Die N-Salden sind durchweg negativ und damit **gewässerverträglich**. Mit geringerem Wasserangebot wird der N-Saldo ungünstiger entsprechend der geringer werdenden Erträge.

(1) Einführung

- o Theoretische Grundlagen
- o Vorstellung des Standorts und methodische Hinweise

(2) Vergleich Zweitfruchtanbau mit Brache-Mais

(3) Vergleich von Sorghumarten mit Mais

(4) Vergleich mehrjähriger Energiepflanzen

(5) Zusammenfassung



Beprobte Fruchtarten und Anbausysteme (2013 bis 2017)

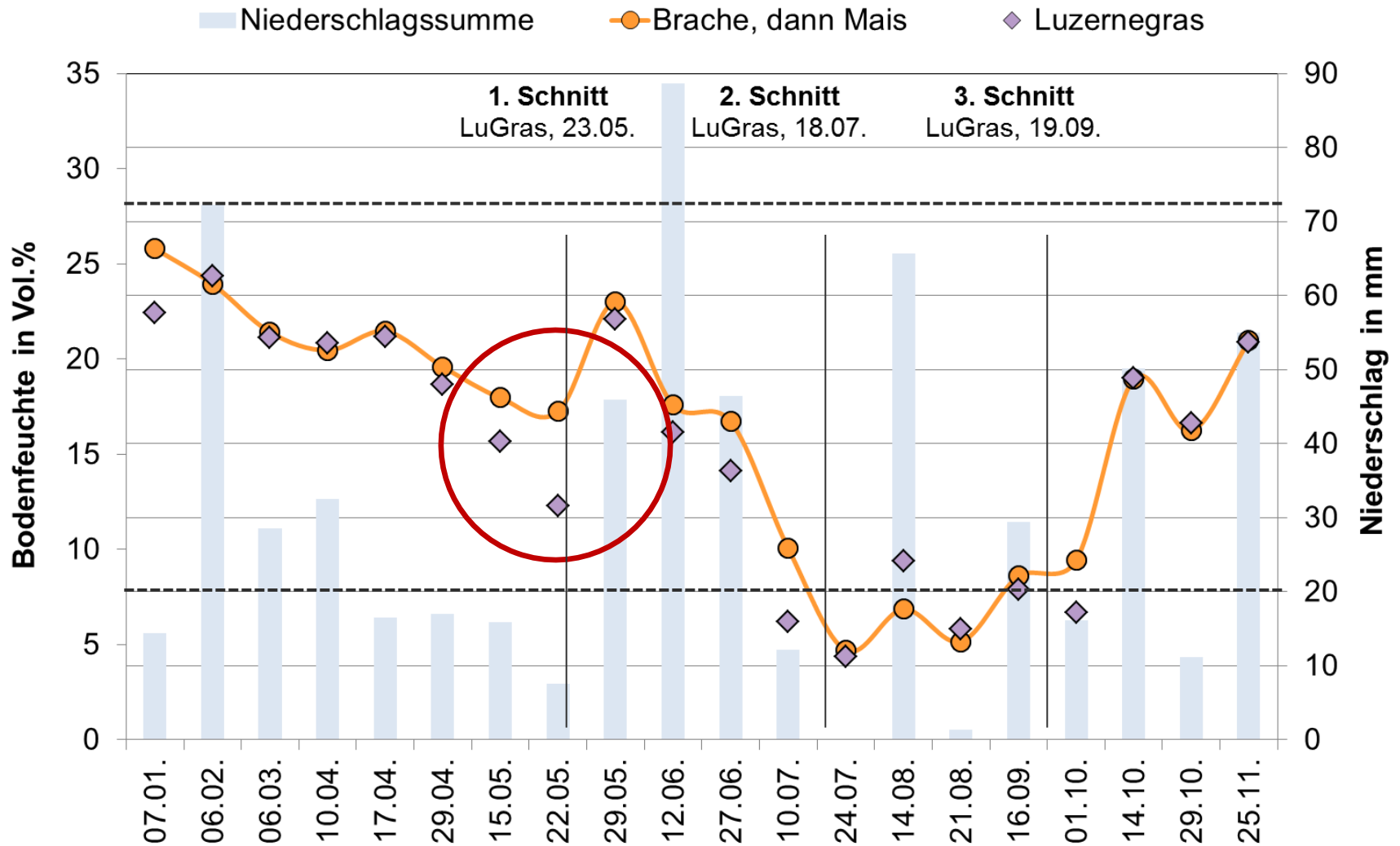
Bodenfeuchte Vol. %	2013	2014	2015	2016	2017
Mehrfjährige Kulturen/Dauerkulturen*					
(1) Luzernegras	x	x			
(2) Durchwachsene Silphie		x	x	x	x
(3) Szarvasi		x	x	x	x
(4) Brache				ab Aug.	x

* *gravimetrische und zusätzlich TDR Messungen*

HF-Mais vs. Luzernegras

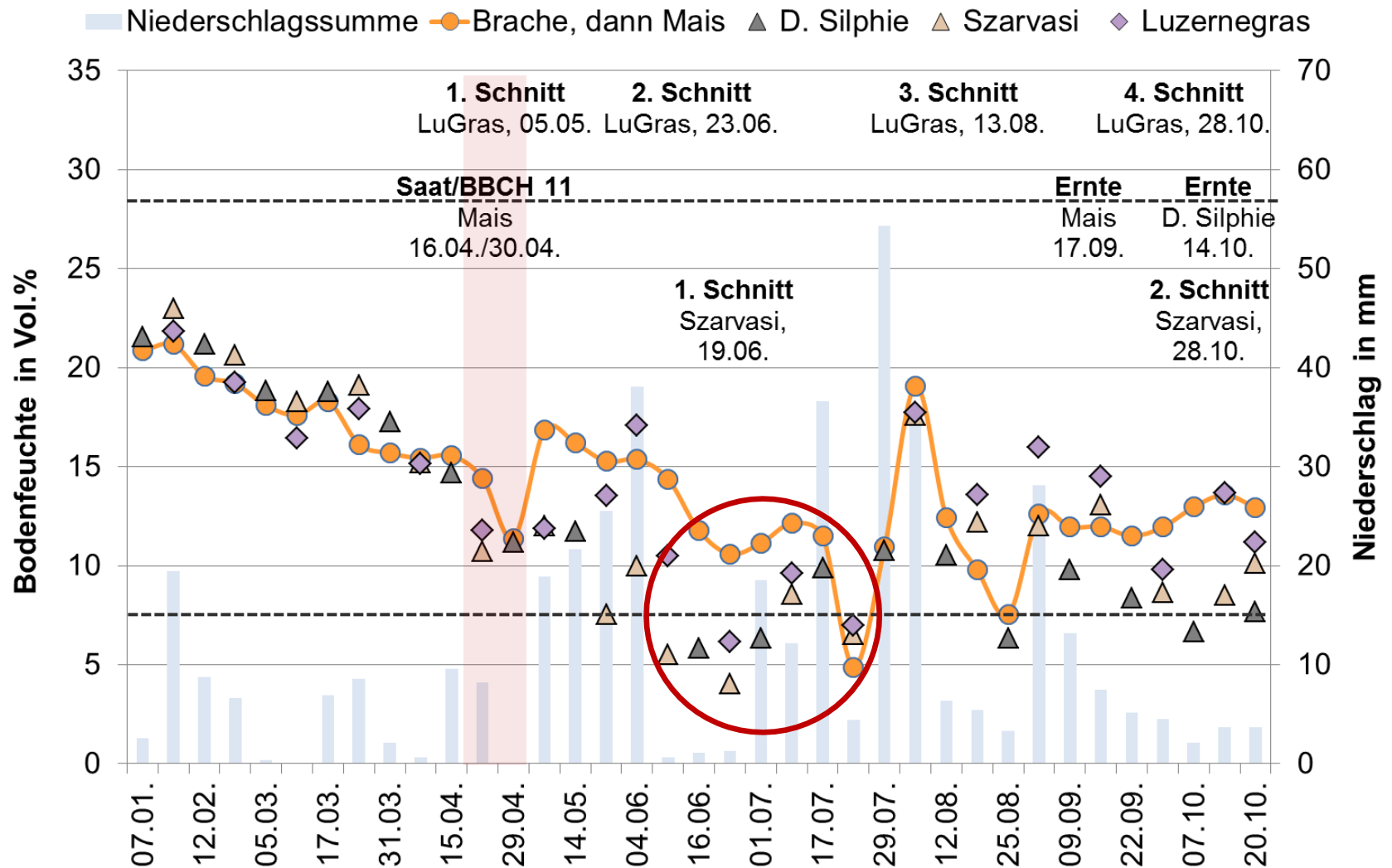
Bodenfeuchte in Vol. % (0 – 60 cm), 2013

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



HF-Mais vs. Dauerkulturen

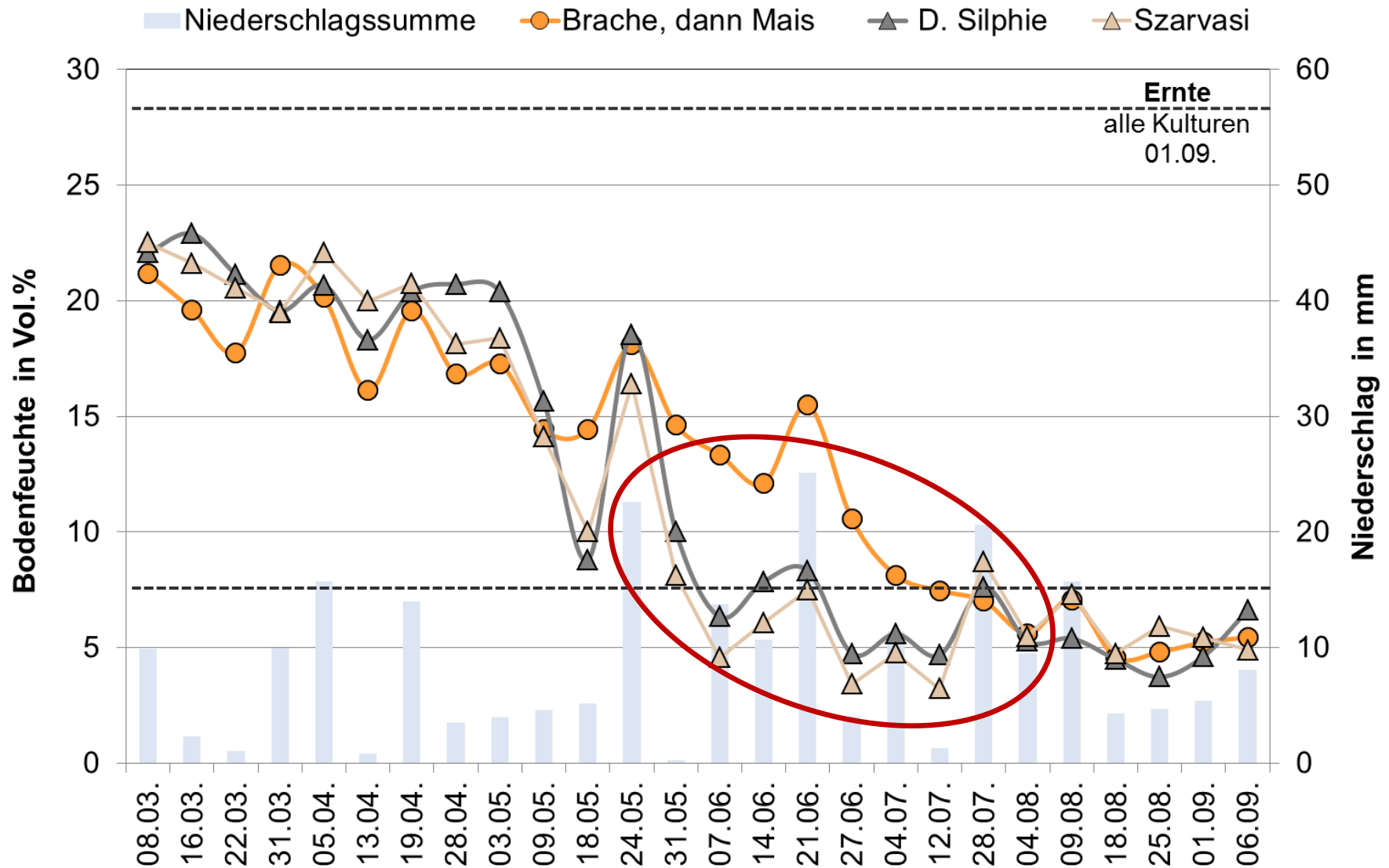
Bodenfeuchte in Vol. % (0 – 60 cm), 2014



HF-Mais vs. Dauerkulturen

Bodenfeuchte in Vol. % (0 – 60 cm), 2016

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



TDR-Sonden

(feste Messstellen in 15 und 45 cm Tiefe)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Szarvasi

D. Silphie

TDR-Messungen in Szarvasi und D. Silphie (2014 – 2017)



05.05.2014



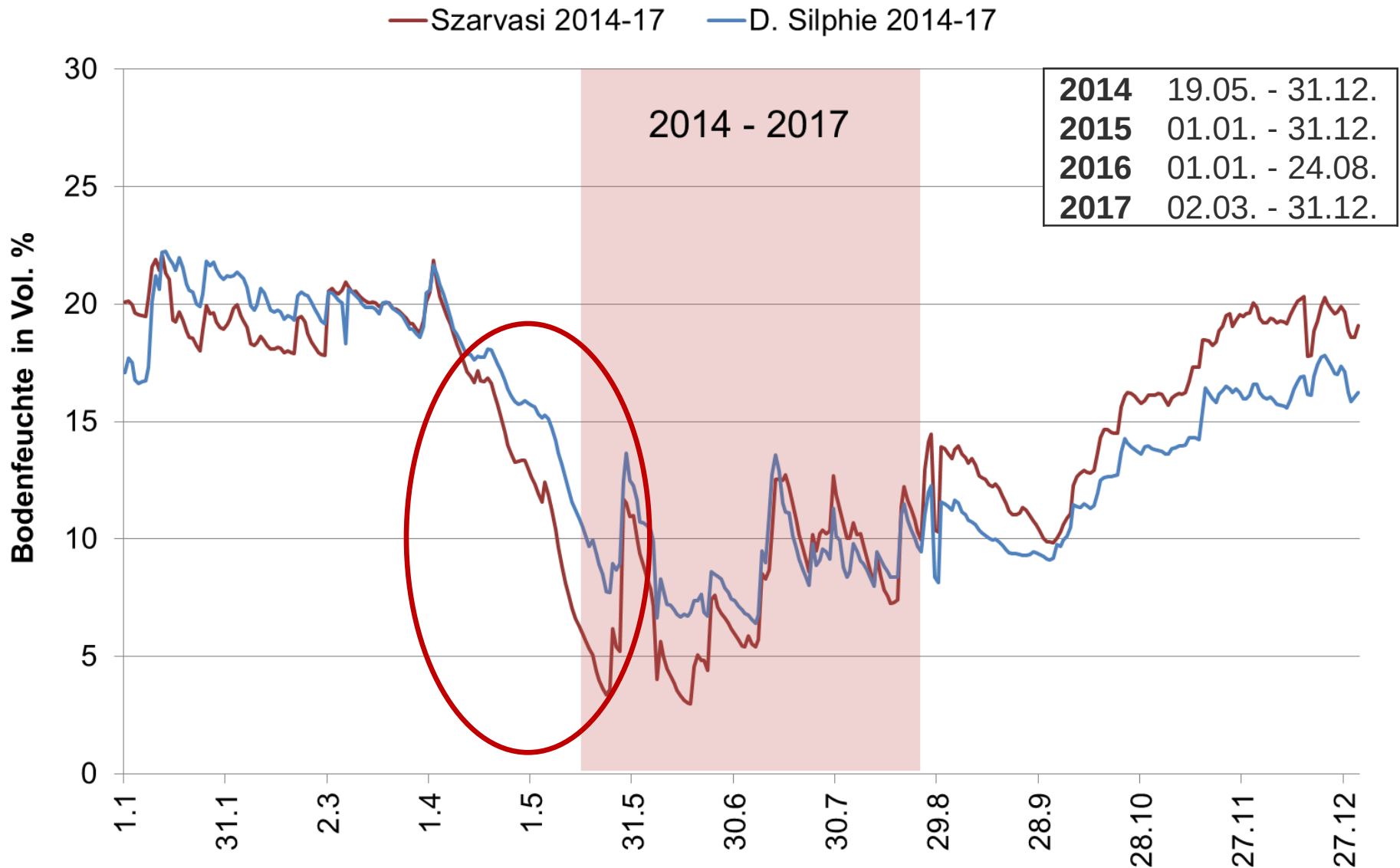
19.05.2015



19.05.2015

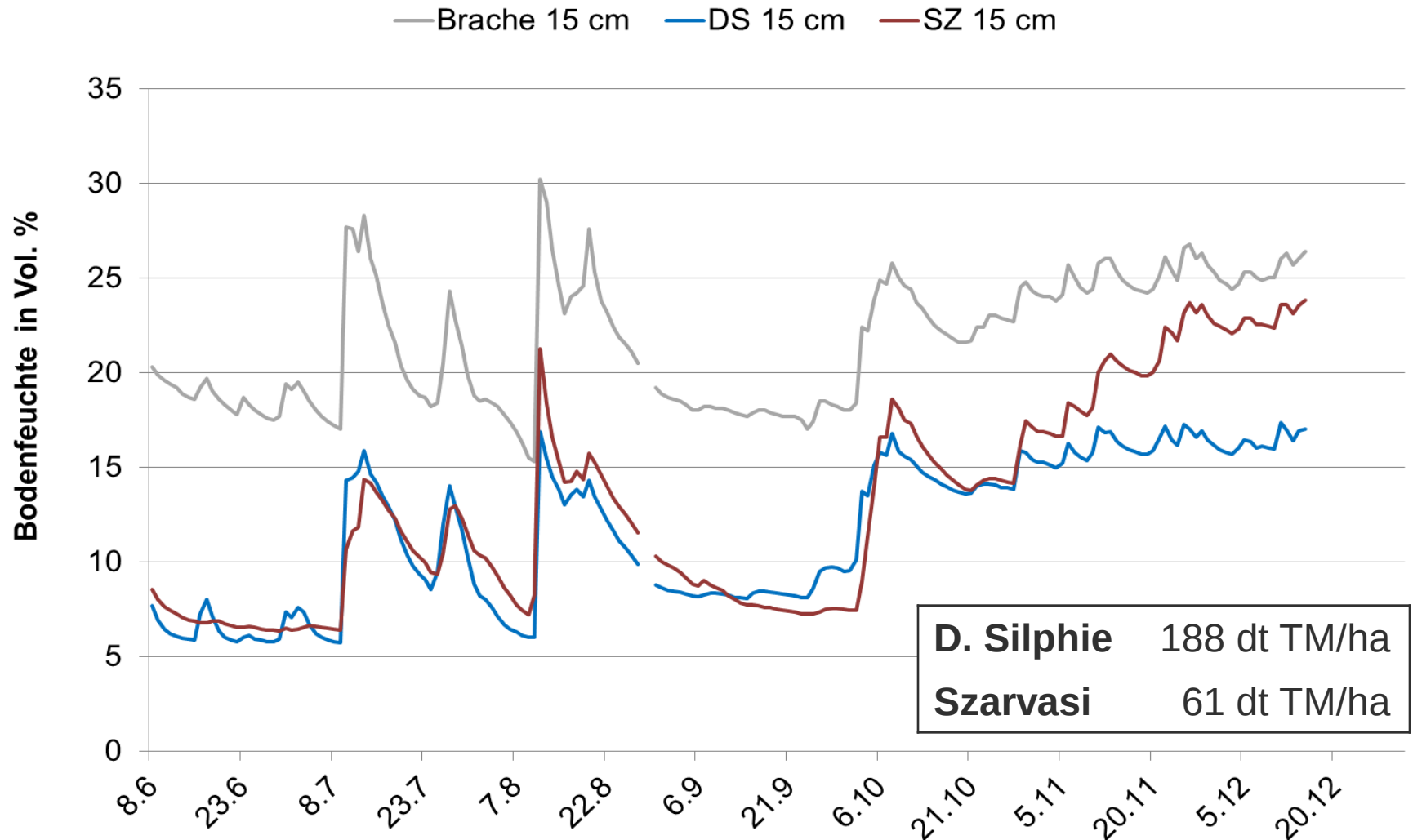
TDR-Messungen in Szarvasi und D. Silphie 2014 - 2017

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



TDR-Messungen in Szarvasi, D. Silphie und Brache, 2017

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Jahr	2013	2014	2015	2016	2017
Kultur	Ertrag dt TM/ha				
Mais	108	194	99	85	198*
Luzernegras	48 (3)	137 (4)	68	-	-
Durchwachsene Silphie		140	109	115	188
Riesenweizengras		176 (2)	69	38	62

* z.T. deutliche Ertragseinbußen durch Maiszünsler

(1) Einführung

- o Theoretische Grundlagen
- o Vorstellung des Standorts und methodische Hinweise

(2) Vergleich Zweitfruchtanbau mit Brache-Mais



(3) Vergleich von Sorghumarten mit Mais

(4) Vergleich mehrjähriger Energiepflanzen



(5) Zusammenfassung



Zusammenfassung



Kultur	Ertrag	TK	Gesamt-H ₂ O- verbrauch	WNE
Mais HF	hoch	niedrig	sehr hoch	+++
Futterhirse HF	hoch	niedrig	sehr hoch	+++
Mais ZF	schwankend	niedrig	hoch	+++
Sudangrashybride ZF	mittel - hoch	niedrig	mittel-hoch	+++
WZFr. GR,WR, LuzG	niedrig	mittel	niedrig	++
WGer GPS spät	(niedrig)	mittel	niedrig	++
Luz	niedrig	hoch	mittel	+
Durchw. Silphie	mittel - hoch	?	mittel	++ ?
Riesenweizengras	niedrig - hoch	?	mittel	+ ?

- (1) Böden weisen zu Beginn der Vegetationsperiode in der Regel **gleiche Bodenwassergehalte**, unabhängig vom Bewuchs, auf.
- (2) **Abfrierende Zwischenfrüchte** haben **kaum einen Einfluss** auf die Wasserversorgung der Folgefrucht.
- (3) Die **Wasserversorgung** von Zweitfrüchten ist stärker **gefährdet nach genutzten Zwischenfrüchten**, jedoch ist die **Jahreswitterung entscheidend**.
- (4) Das Gesamtsystem von Zwischen- und Hauptfrüchten unterliegt **stärkeren Ertragsschwankungen**.
- (5) Die **Niederschlagsverteilung** und die **Hauptwasserbedarfszeit der Kultur** sind von großer Bedeutung.
- (6) **Mehrrjährige Pflanzen** können die Winterfeuchtigkeit gut nutzen, brauchen jedoch schon **ab Anf. Mai viel Wasser**.



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages