Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

Wasserentzug und Wassereffizienz landwirtschaftlicher Kulturen im Energiepflanzenanbau

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

14. Leipziger Tag der Agrarmeteorologie
am 10. Januar 2018 in Leipzig

Gliederung

(1) Einführung
- Theoretische Grundlagen
- Vorstellung des Standorts und methodische Hinweise

(2) Vergleich Zweitfruchtanbau mit Brache-Mais

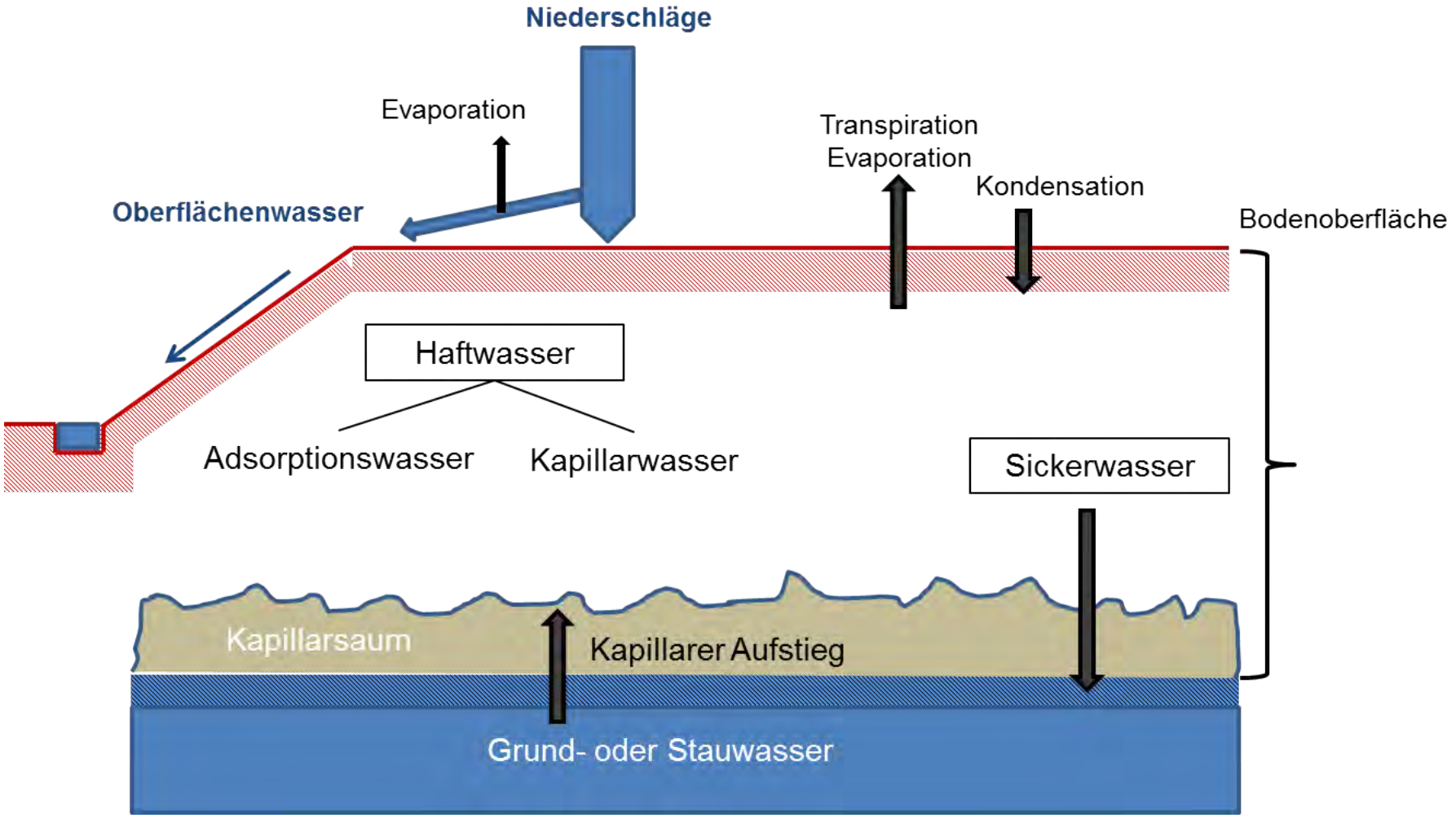
(3) Vergleich von Sorghumarten mit Mais

(4) Vergleich mehrjähriger Energiepflanzen

(5) Zusammenfassung

Einführung

Bodenphysikalische Kennwerte - Definitionen



Quelle: Diedrich Schroeder: Bodenkunde in Stichworten, Hirt Verlag, 1992, Abb.26, S. 49

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

Quelle: Merkblätter Baden-Württemberg Nr. 24 (August 2002)

Einführung

Transpirationskoeffizient in kg H_2O / kg TM

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

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

Klima

- Mitteldeutsches Trockengebiet

Lj. Mittel (Klitzschen 1981 – 2010)

Temperatur	9,5 °C
Niederschlag	586 mm

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

- 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/cm³
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 (23x3) + 54 (18x3) = ca. 123 mm Wasser

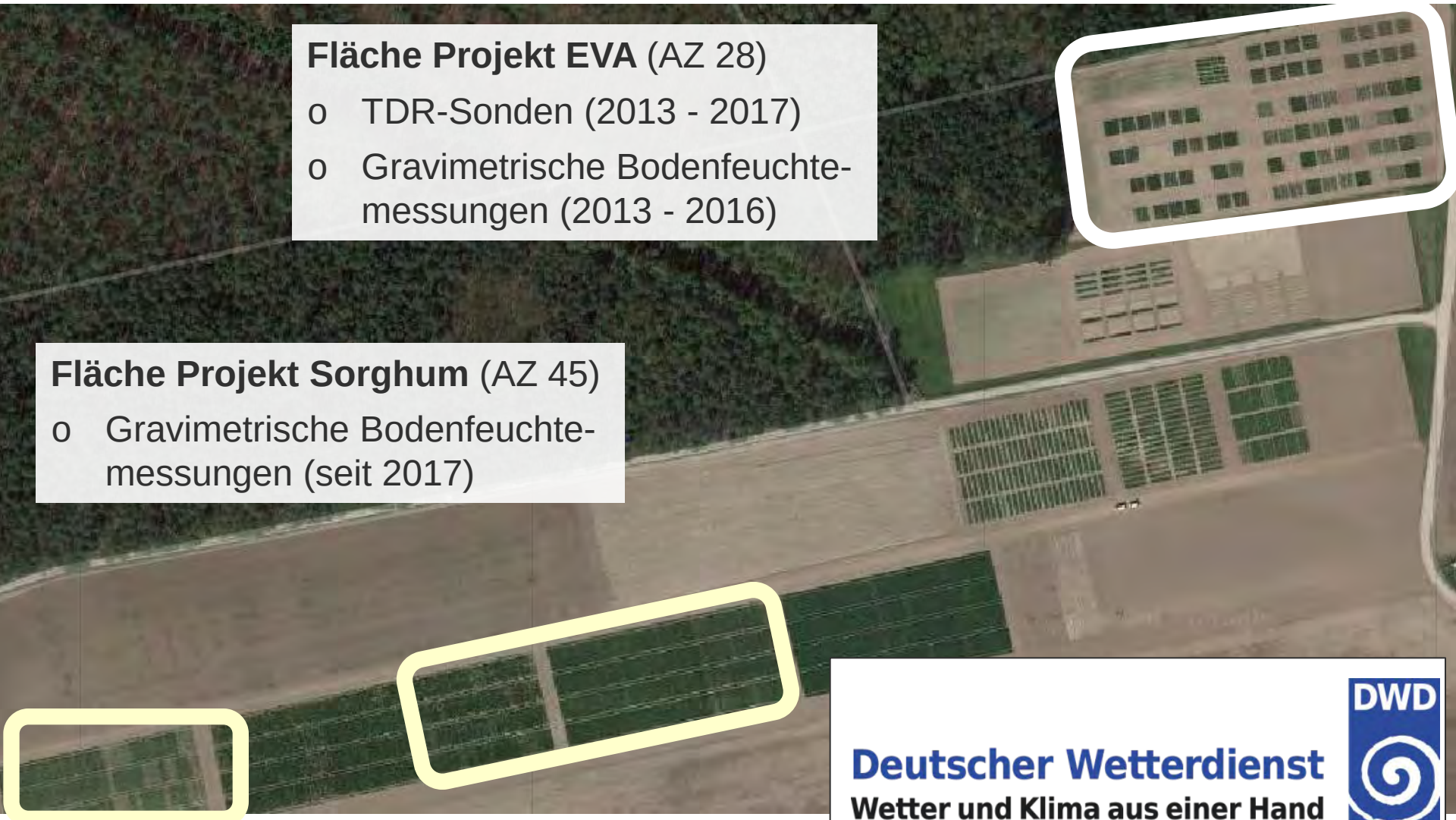
Messmethoden der Bodenfeuchtebestimmung

Gravimetrische Bestimmung (0 – 60 cm) Bohrstock	**TDR-Sonden** (feste Messstellen in 15 und 45 cm Tiefe)	**Lysimeter** (TLL Thüringen)
• Zweitfruchtanbau/EVA -Projekt 2013 – 2016 • Vergleich Sorghum-Mais/EVA 2013 – 2016 und Sorghum 2017 • mehrjährige Pfl./EVA 2013 - 2017	• mehrjährige Pfl./EVA 2013 - 2017	• Sorghum-Projekt 2008 - 2013

Begleituntersuchungen zum Wasserhaushalt am Standort Trossin

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE

Freistaat SACHSEN



Fläche Projekt EVA (AZ 28)

- TDR-Sonden (2013 - 2017)
- Gravimetrische Bodenfeuchte-messungen (2013 - 2016)

Fläche Projekt Sorghum (AZ 45)

- Gravimetrische Bodenfeuchte-messungen (seit 2017)

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

DWD

Gliederung

(1) Einführung
- Theoretische Grundlagen
- Vorstellung des Standorts und methodische Hinweise

(2) Vergleich Zweitfruchtanbau mit Brache-Mais

(3) Vergleich von Sorghumarten mit Mais

(4) Vergleich mehrjähriger Energiepflanzen

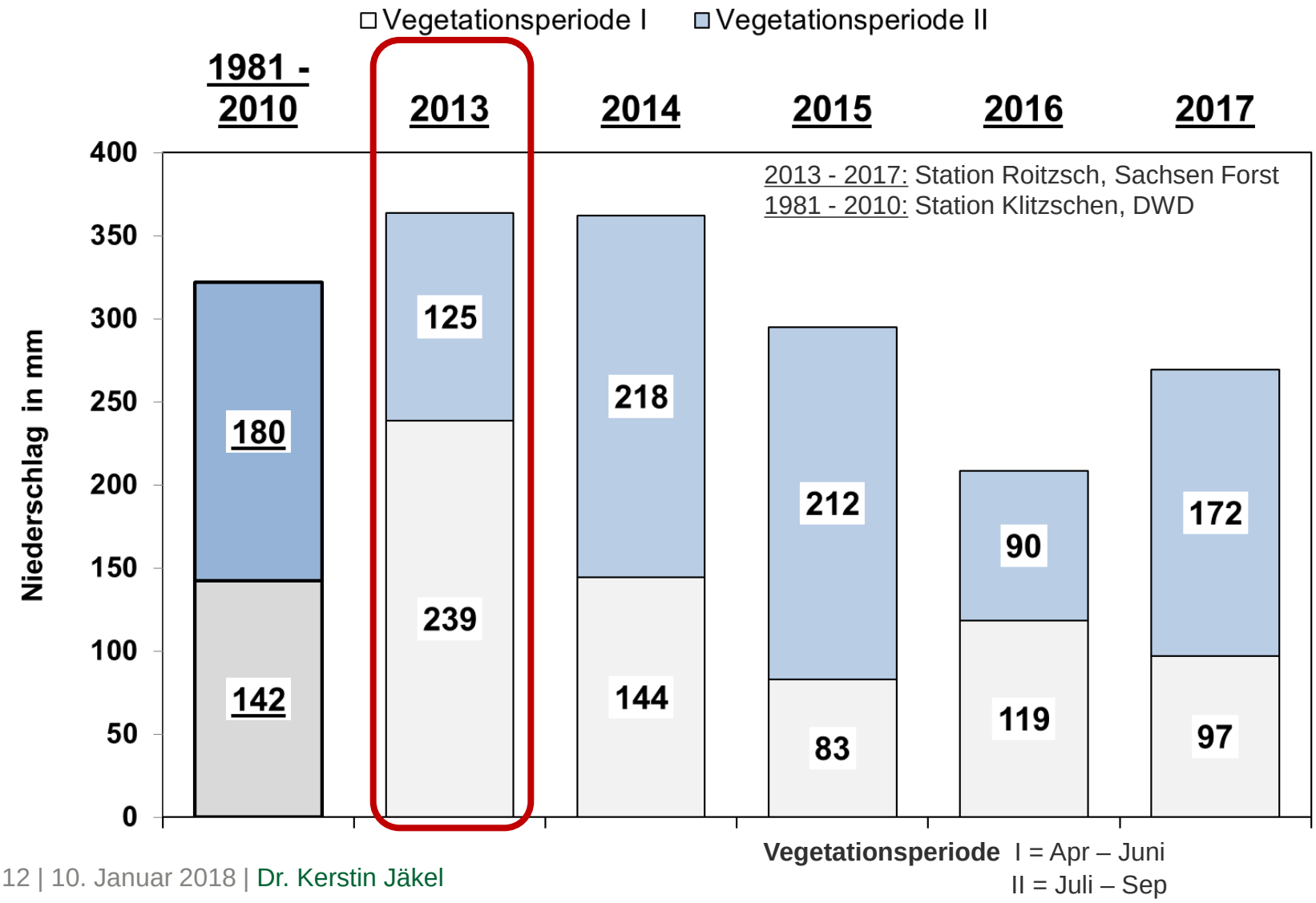
(5) Zusammenfassung

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**	

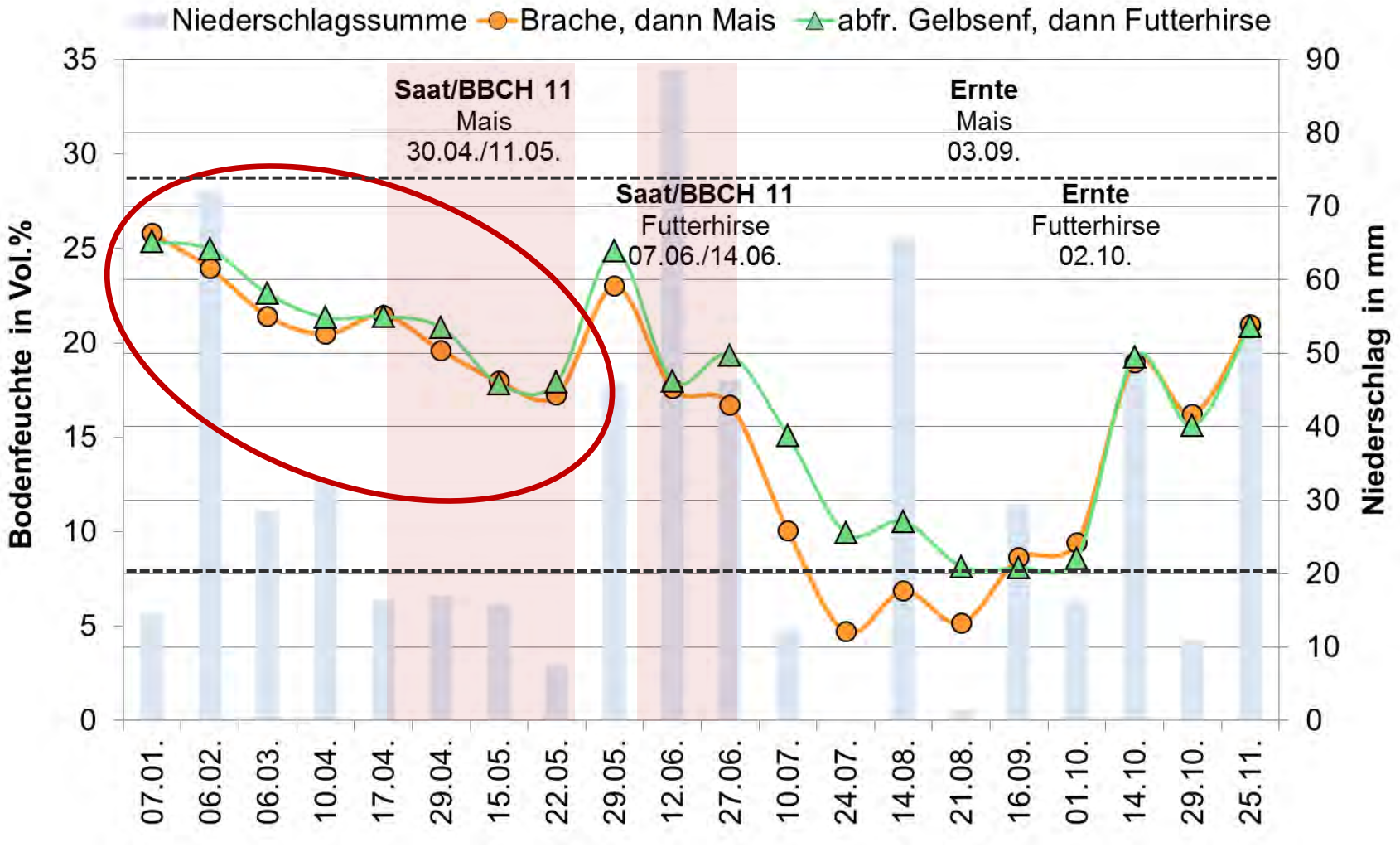
** Gravimetrische Messungen*

Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2013 - 2017



HF-Mais vs. HF Futterhirse

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

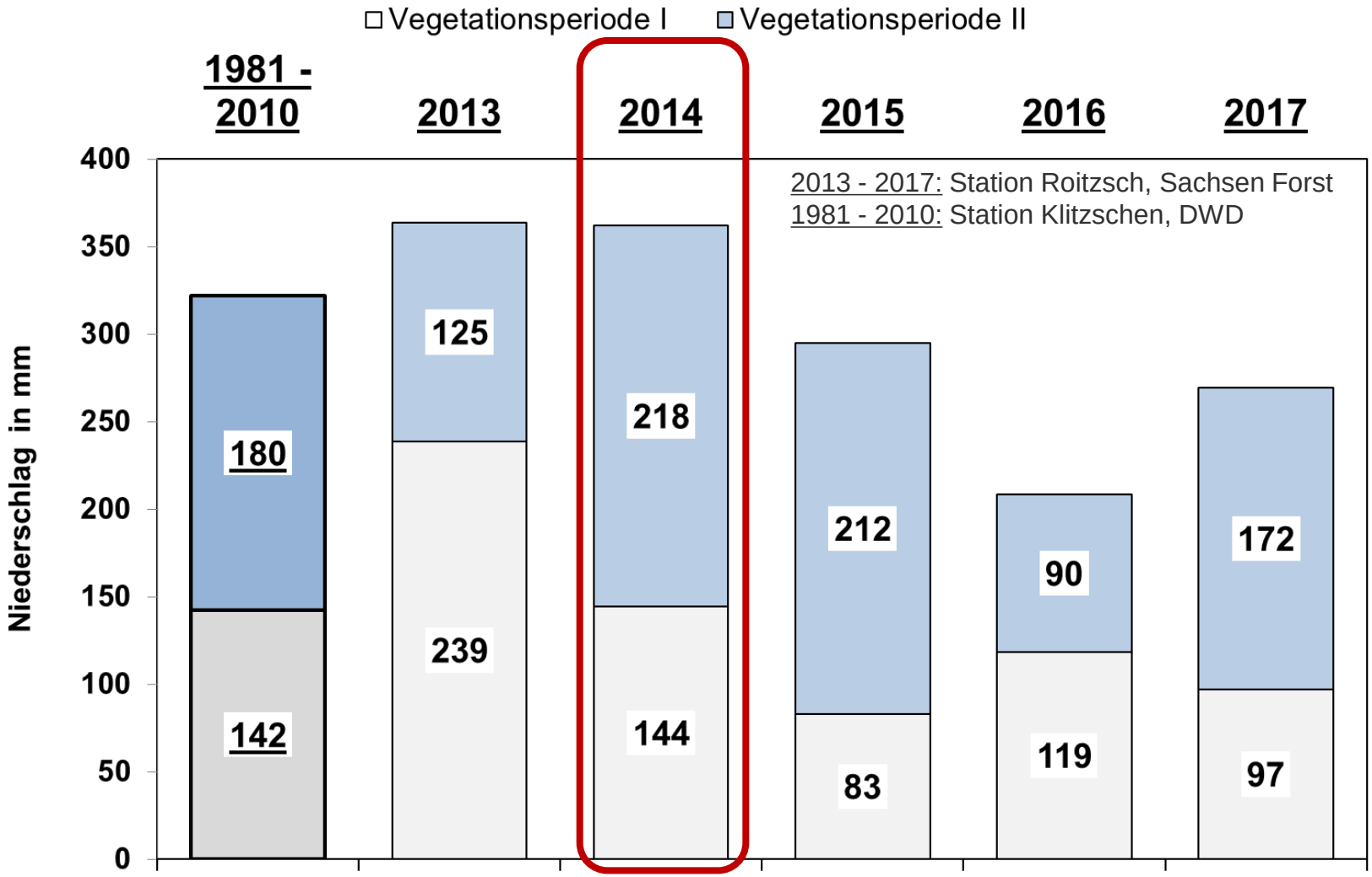


Erträge – Zweikulturnutzung
Anbaujahr 2013

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

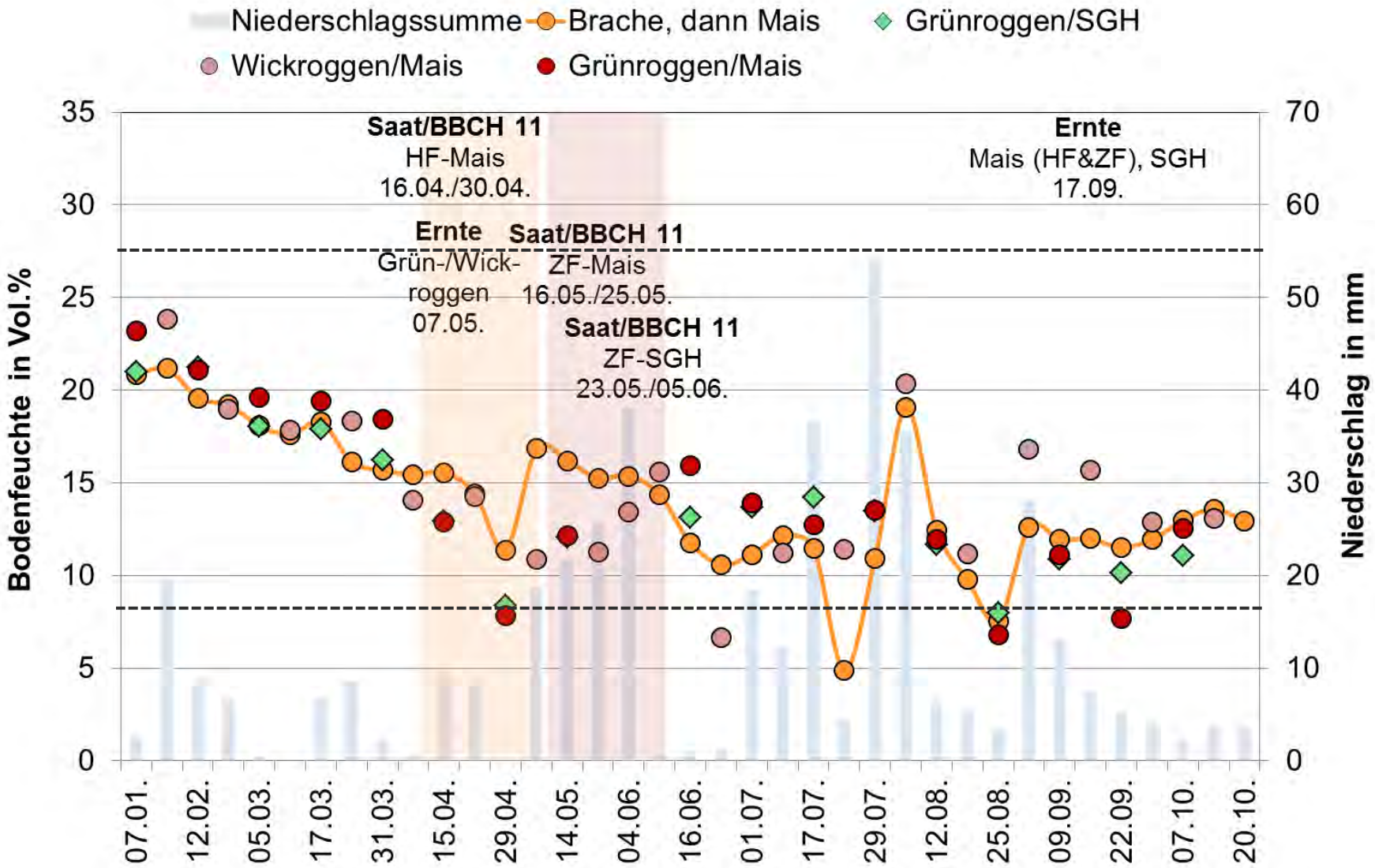


HF-Mais vs. ZF-Mais vs. ZF-SGH

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

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

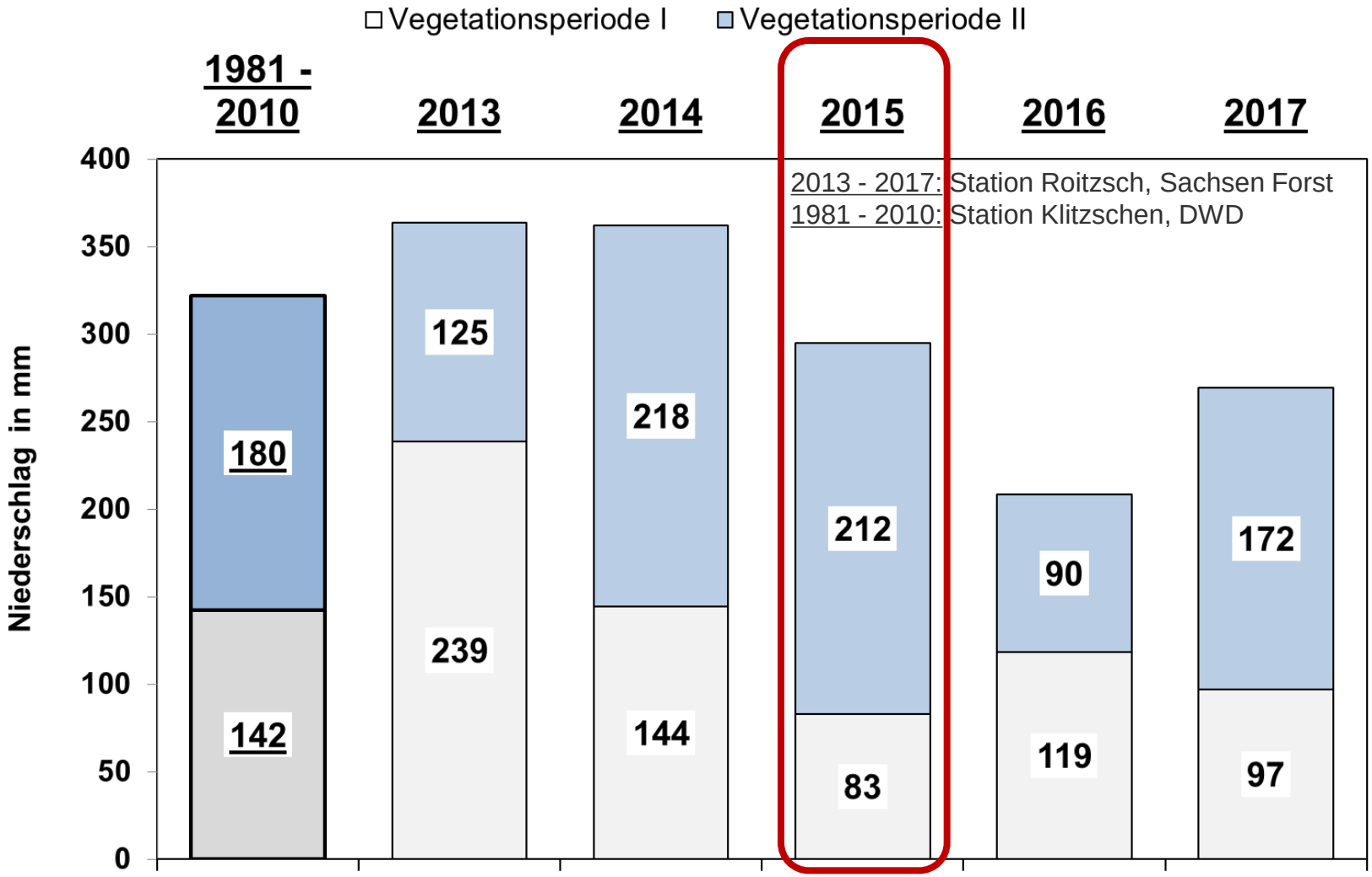


Erträge – Zweikulturnutzung Anbaujahr 2014

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*

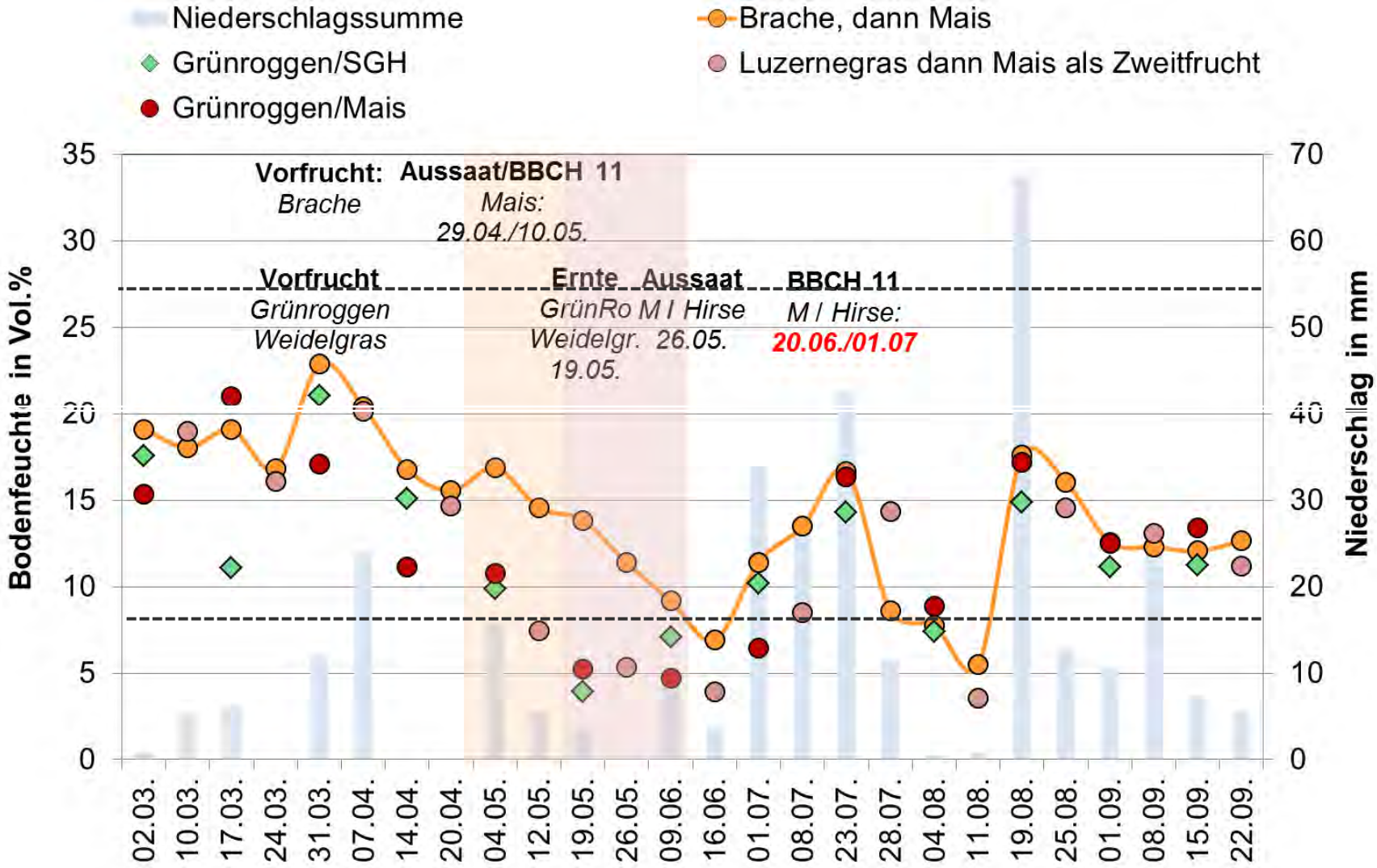
Wickroggenernte

Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2013 - 2017



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

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



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

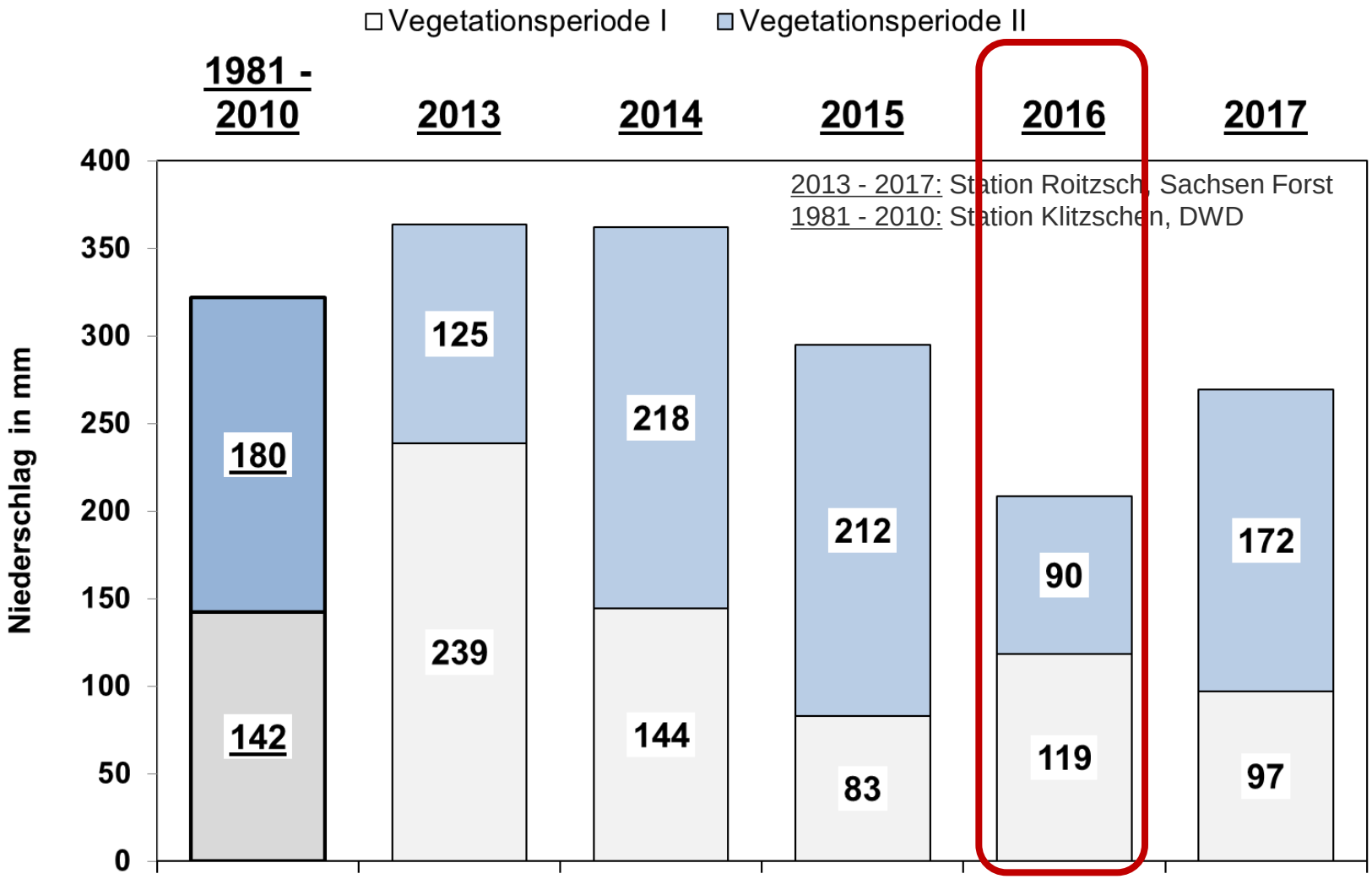
Kultur	Ertrag dt TM/ha	
	absolut	relativ
(1) Mais, nach Brache	**99**	*100*
(3) Mais nach Grünroggen	**71 + 54 = 125**	*126*
(6) Mais nach Luzernegras	**+ 66***	-
(4) Sudangrashybride nach Grünroggen	**92 + 74 = 166**	*168*

* Mais vertrocknet

Mais nach Weidelgras

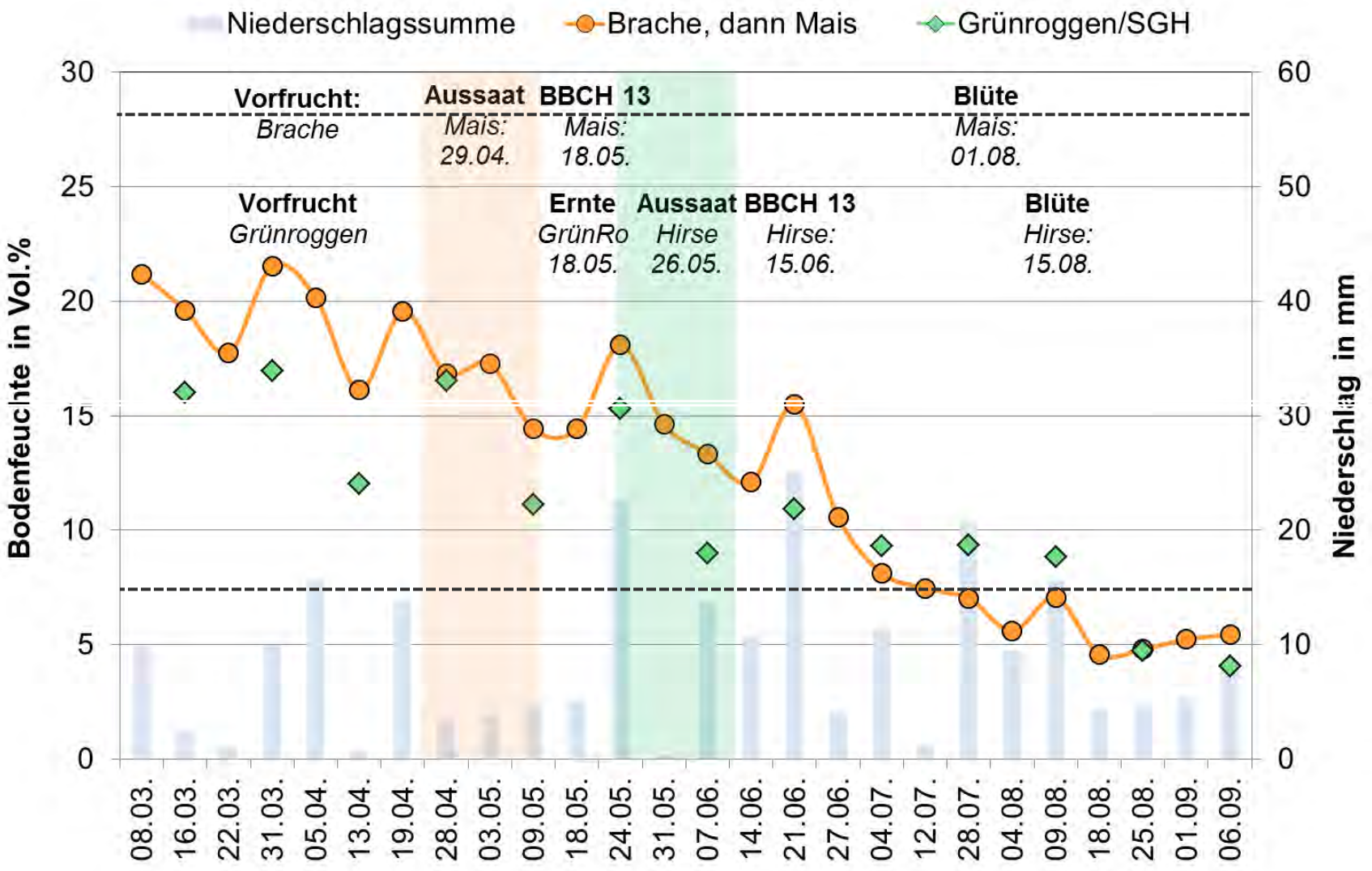
Mais nach Grünroggen

Niederschlagsverteilung in den Versuchsjahren 2013 - 2017



HF-Mais vs. Grünroggen/SGH

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



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

Gliederung

(1) Einführung
- Theoretische Grundlagen
- Vorstellung des Standorts und methodische Hinweise

(2) Vergleich Zweitfruchtanbau mit Brache-Mais

(3) Vergleich von Sorghumarten mit Mais

(4) Vergleich mehrjähriger Energiepflanzen

(5) Zusammenfassung

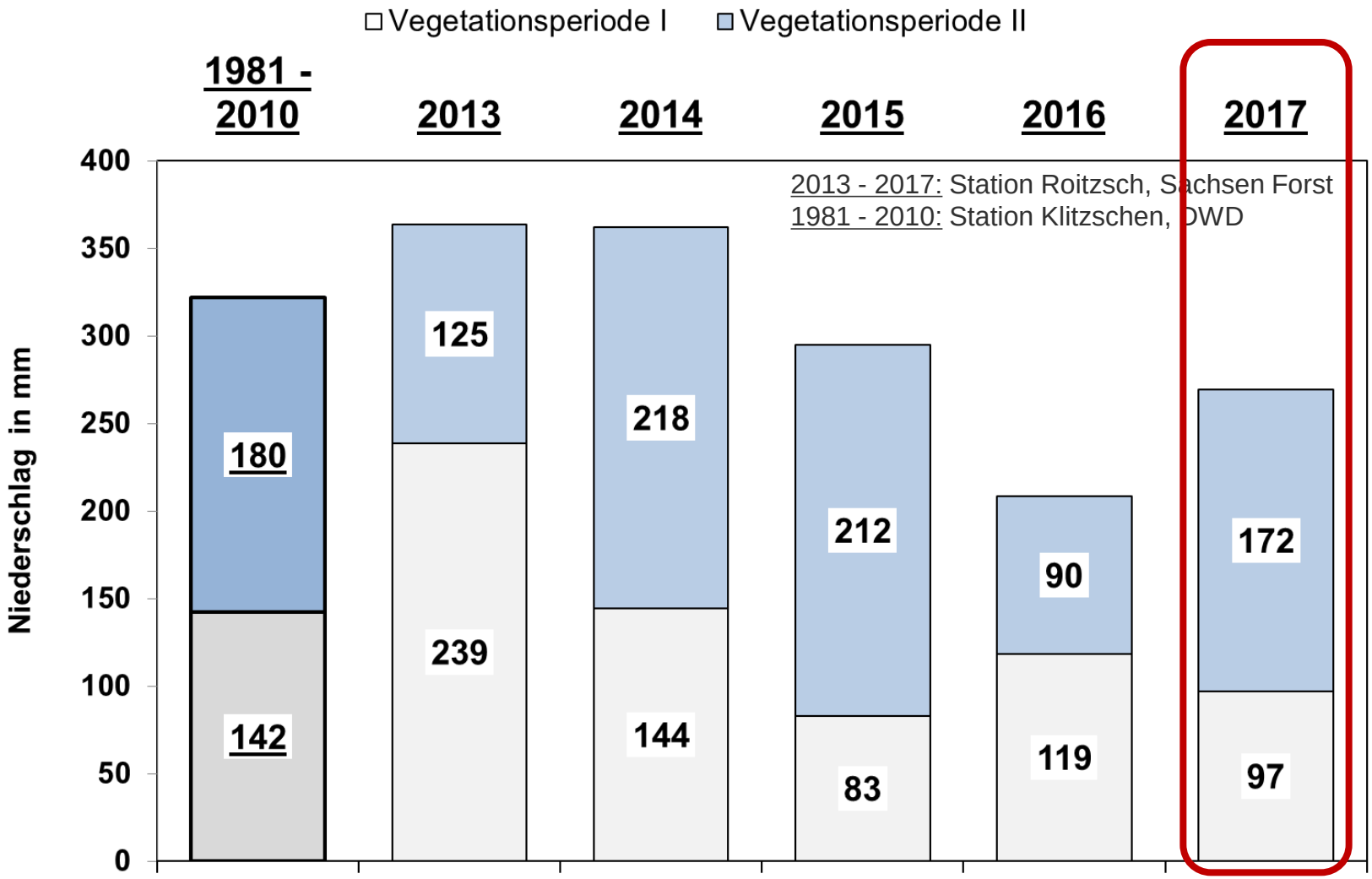
Beprobte Fruchtarten und Anbausysteme (2017)

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

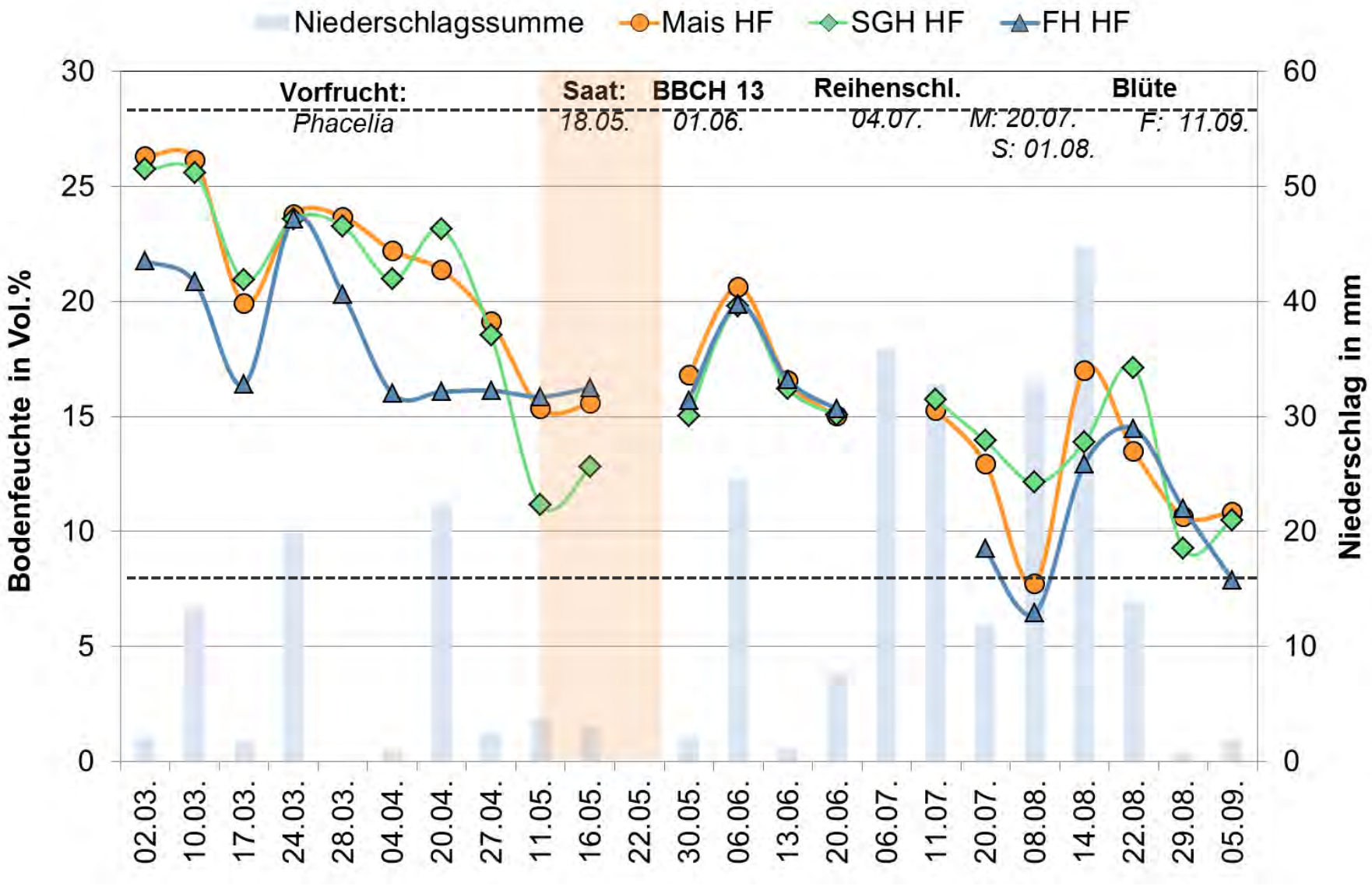


HF-Mais vs. HF-Sorghum

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

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN



Silomais vs. Futterhirse

5 Wochen nach Saat

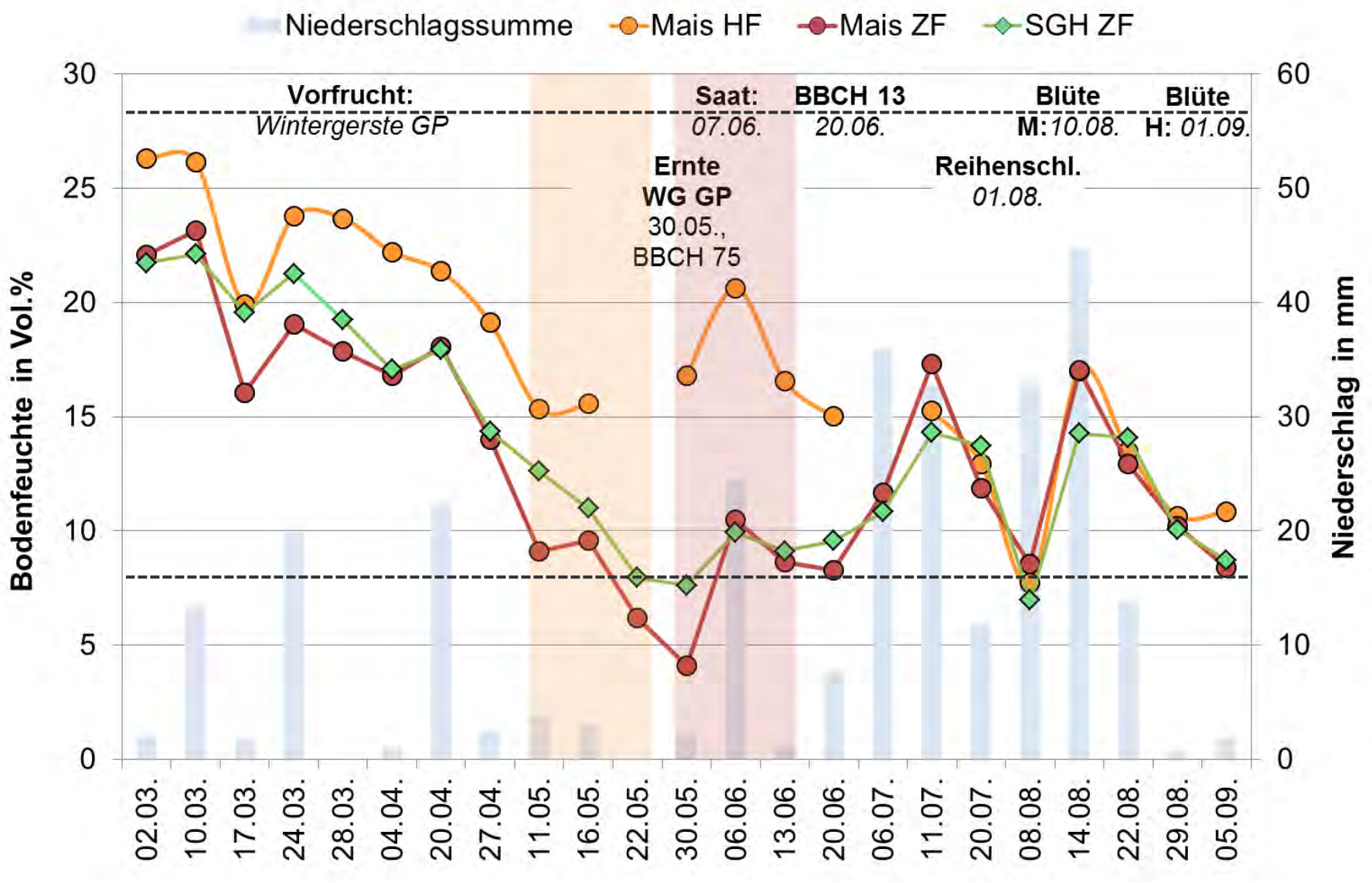
Trossin, 20.06.2017

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

Trossin, 29.05.2017

Trockenstress bei Silomais im Jugendstadium

Trossin, 20.06.2017

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 Wachstums-zeit (Aufgang bis Ernte) [d]	**Trocken-masse ertrag** [kg/m²]	**Wasser verbrauch** [mm]	**Transpirations-koeffizient** [kg H_2O/kg TM]	**Wasser nutzungs-effizienz** [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), Para-Rendzina (unterer Keuper)				
Futterhirse	134	1,59	385	242	41,3

Ergebnisse

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

Dr. Steffi Knoblauch, TLL

Gliederung

(1) Einführung
- Theoretische Grundlagen
- Vorstellung des Standorts und methodische Hinweise

(2) Vergleich Zweitfruchtanbau mit Brache-Mais

(3) Vergleich von Sorghumarten mit Mais

(4) Vergleich mehrjähriger Energiepflanzen

(5) Zusammenfassung

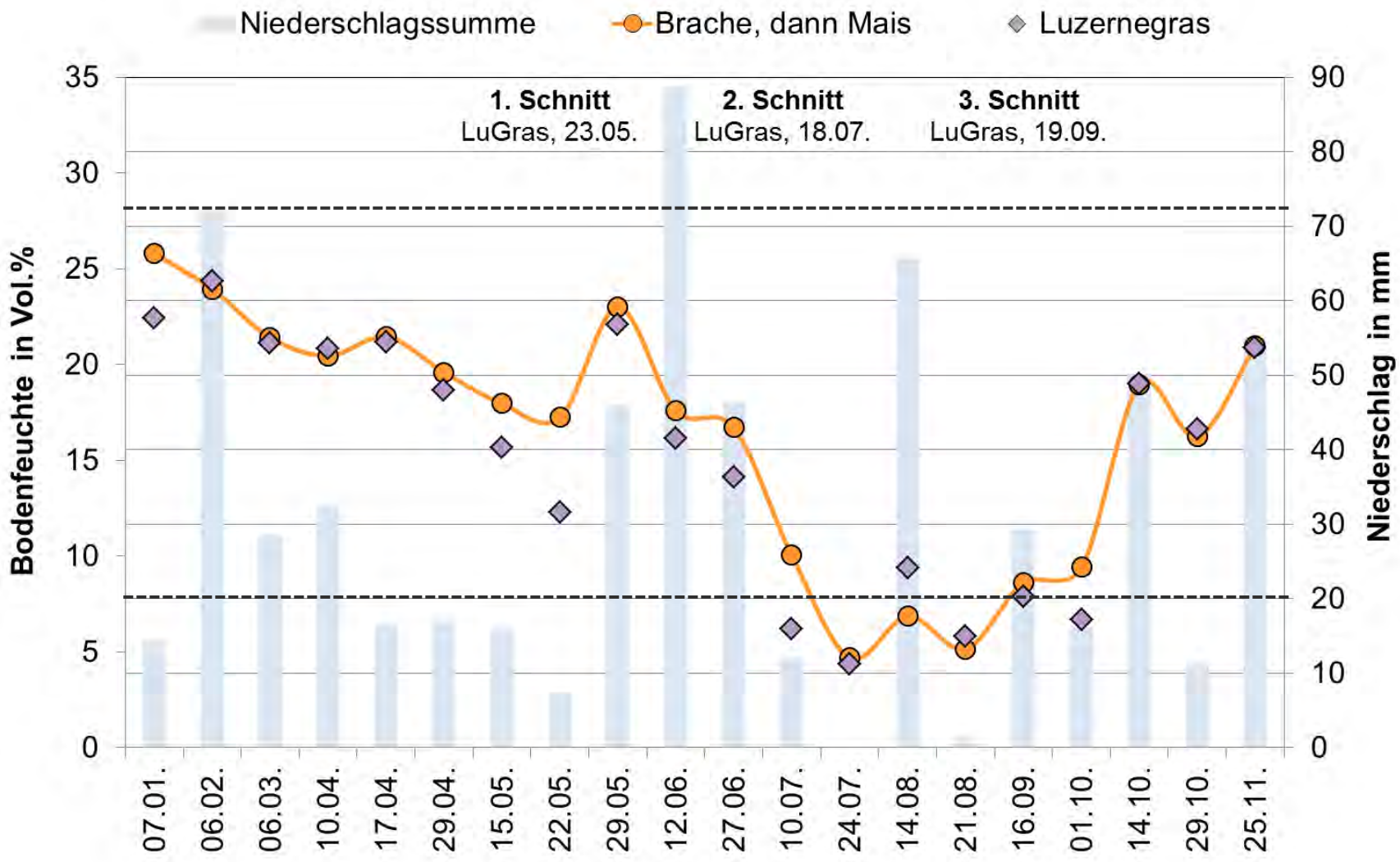
Beprobte Fruchtarten und Anbausysteme (2013 bis 2017)

Bodenfeuchte Vol. %	2013	2014	2015	2016	2017
Mehrjährige 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*

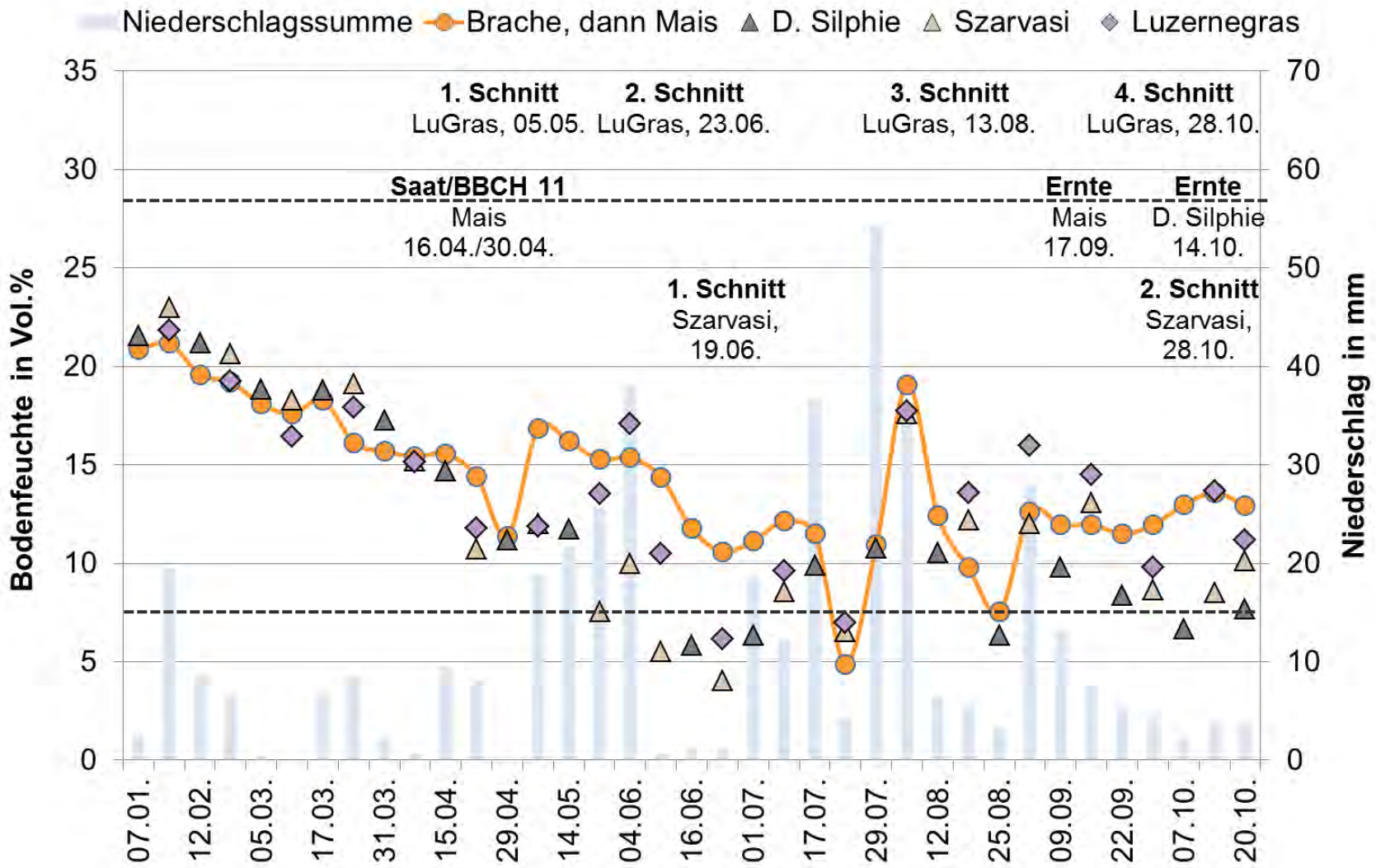
HF-Mais vs. Luzernegras

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



HF-Mais vs. Dauerkulturen

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

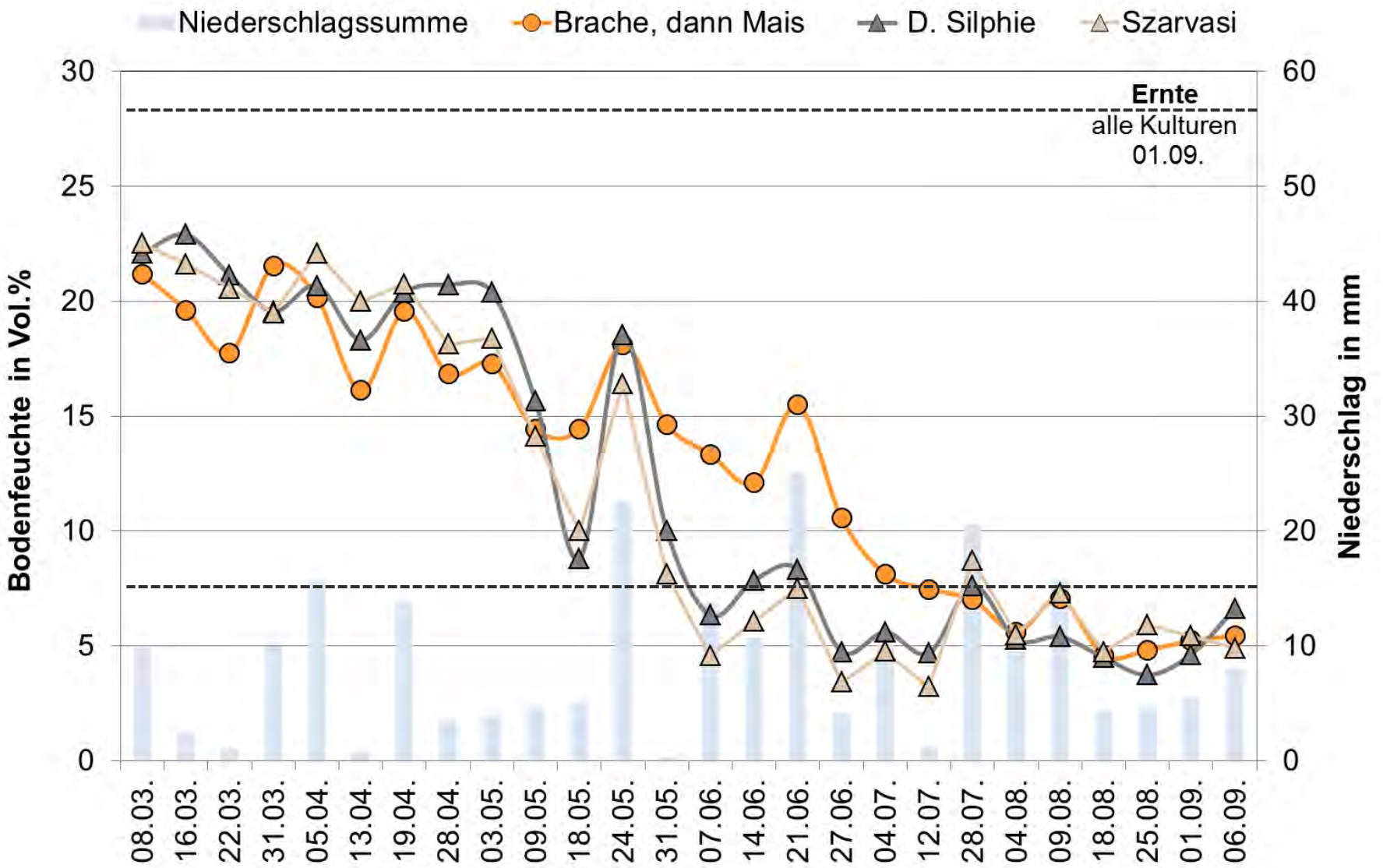


HF-Mais vs. Dauerkulturen

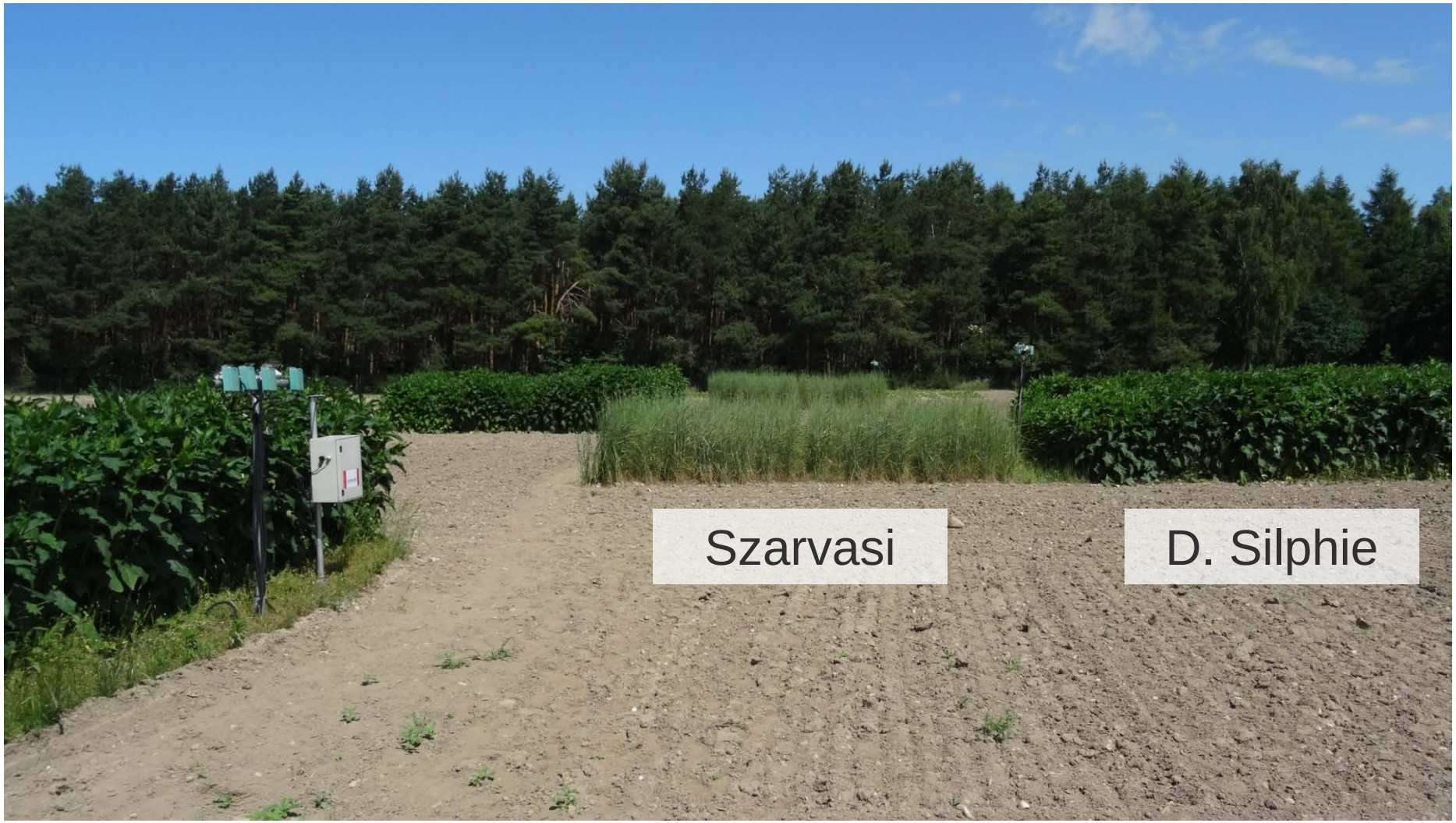
Bodenfeuchte in Vol. % (0 – 60 cm), 2016

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN



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



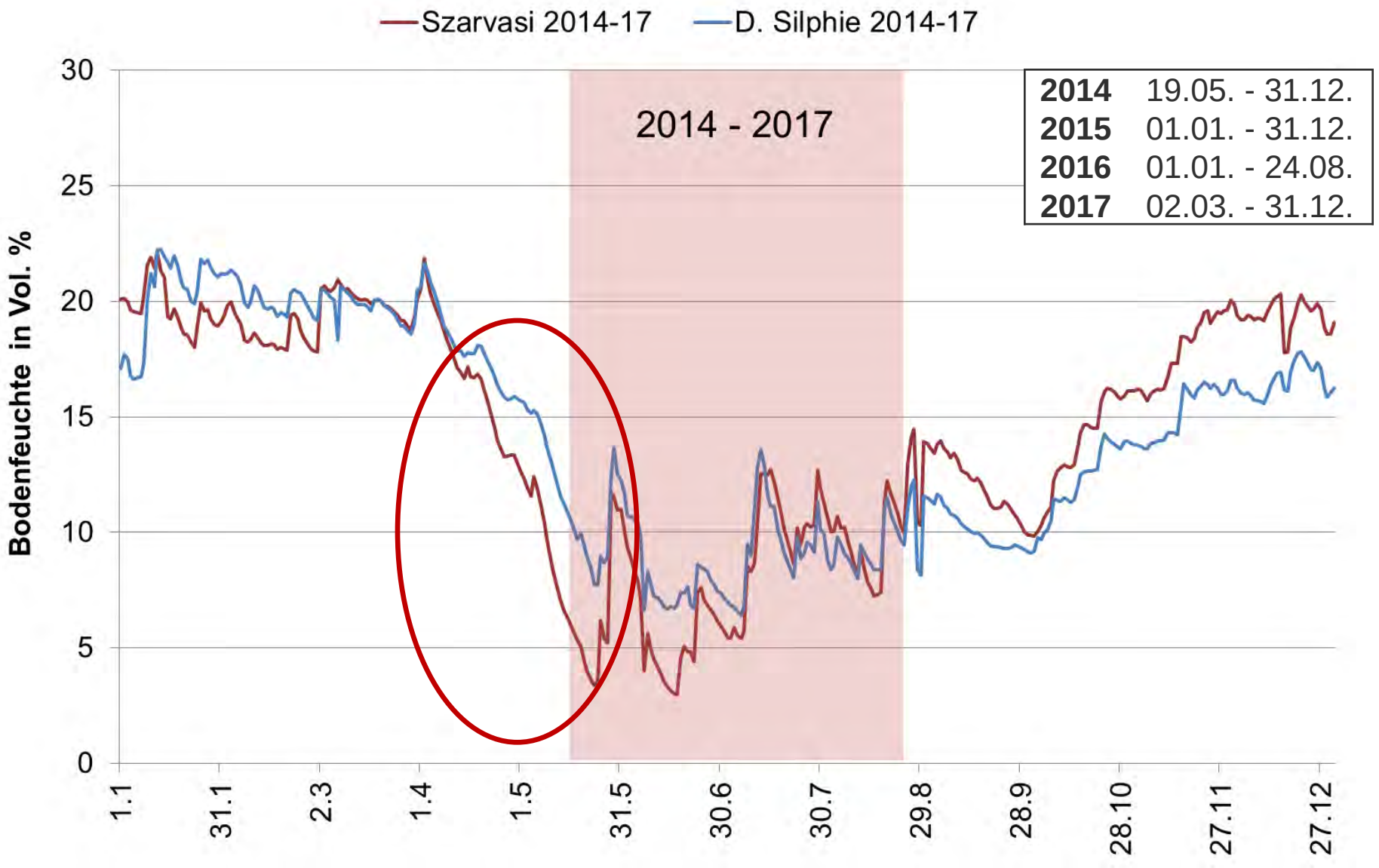
Trossin, 12.06.2017

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

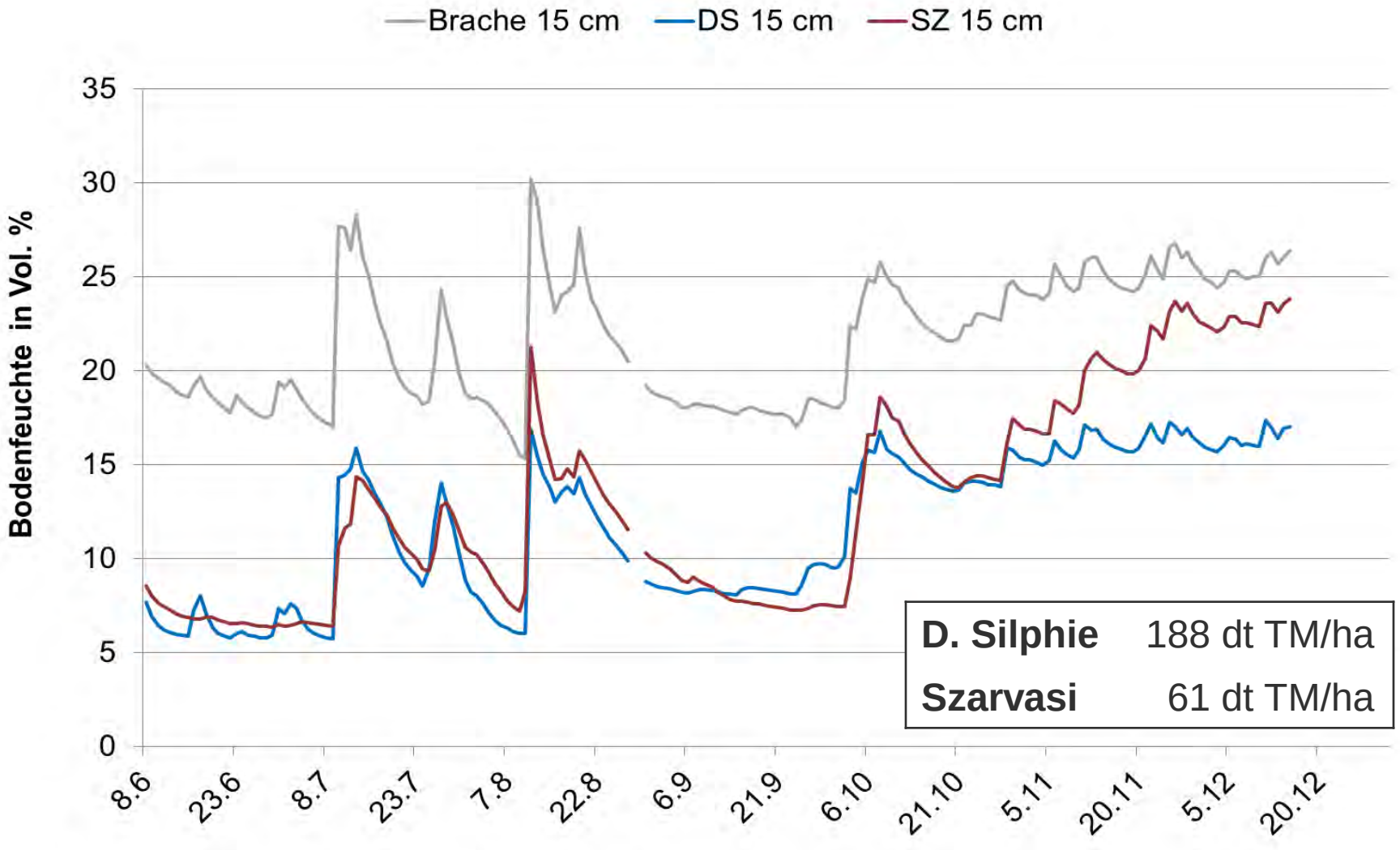
TDR-Messungen in Szarvasi und D. Silphie 2014 - 2017

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN



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



Erträge – mehrjährige Kulturen

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*

Gliederung

(1) Einführung
- Theoretische Grundlagen
- 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_2O-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	**+ ?**

Zusammenfassung

(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 Hauptwasser-bedarfszeit der Kultur sind von großer Bedeutung.

(6) Mehrjährige 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

eva VERBUND

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

DWD

FNR
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages