

Kooperation  
Lysimeter



Thüringen,  
Sachsen,  
Sachsen-Anhalt,  
Hessen  
Mecklenburg-  
Vorpommern

STAATLICHE BETRIEBS-  
GESELLSCHAFT FÜR UMWELT  
UND LANDWIRTSCHAFT



Freistaat  
SACHSEN

# Stickstoffmonitoring in Sachsen

## 35 Jahre Lysimetermessungen am Standort Brandis



**Dr. Ulrike Haferkorn**

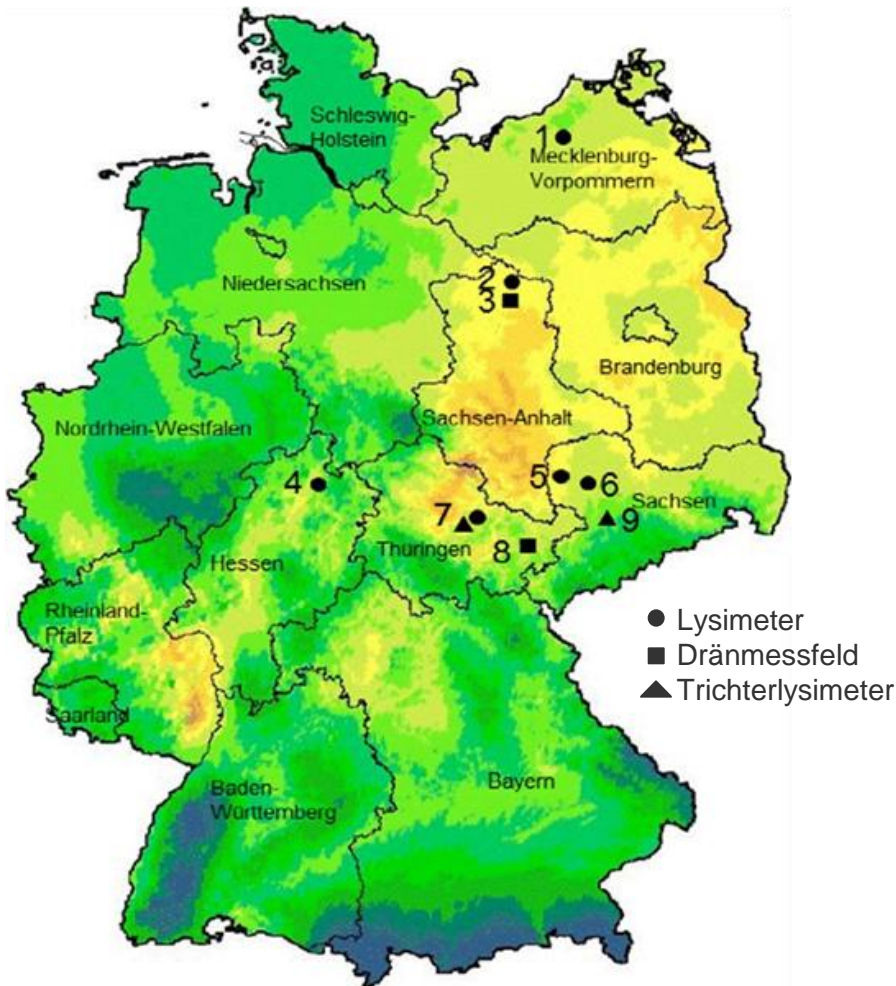
Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, Lysimeterstation Brandis

# Stickstoffmonitoring in Sachsen → Langzeituntersuchungen

- I **55 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF I)** liefern Informationen für repräsentativen Böden unter landwirtschaftlicher Betriebspraxis. Davon Sonderstandorte (BDF II) mit kontinuierlicher Datenerfassung (u. a. Meteorologie, Wasser- und Stoffhaushalt)
- I Auf ca. **1.000 Nitrat-Dauertestflächen** in Praxisschlägen unter Acker- und Grünland werden im Frühjahr und Herbst pflanzenverfügbare Stickstoffgehalte, pH-Werte, organischer Kohlenstoff, Grund- und Mikronährstoffe ermittelt.
- I Auf **283 Waldstandorten** erfolgen regelmäßige Bodenzustandserhebungen (Level I), davon **acht Dauerbeobachtungsflächen** (des Level II-Programms Wald) mit kontinuierlicher Datenerfassung ( u. a. Meteorologie, Deposition, Stoffbilanz, Boden- und Humuszustand, Nadel- und Blattanalyse sowie zur).
- I **30 wägbare, 3 m tiefe Lysimeter**, weitere Parzellen- und Lysimeteruntersuchungen (nichtwägbare, unterschiedliche Bodenbearbeitung) sowie
- I **Bodenhydrologische Messplätze** zur Erfassung des standörtlichen Bodenwasser- und – stoff-haushaltes in ausgewählten Trinkwasserschutzgebieten

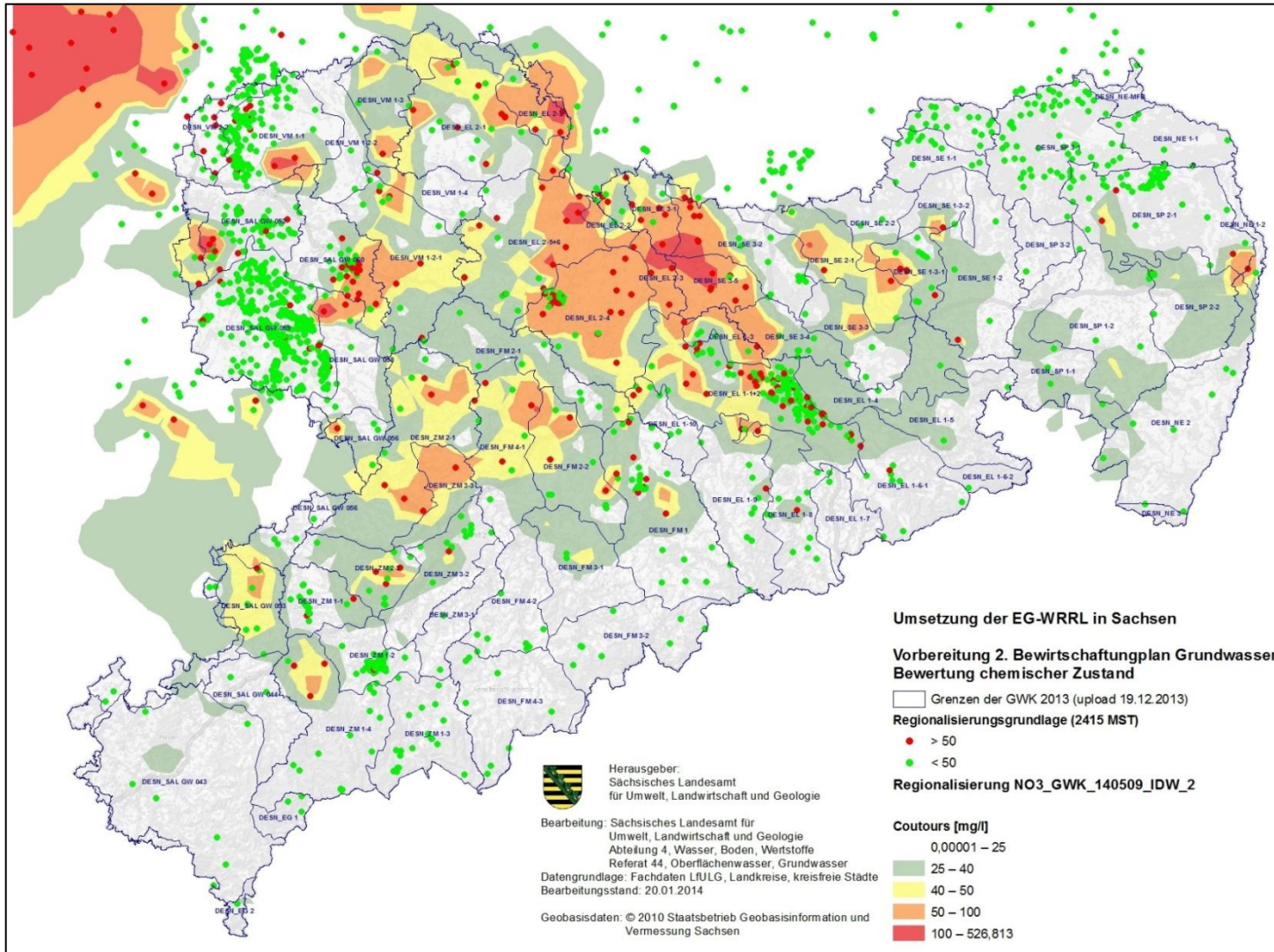


# Stickstoffmonitoring → Kooperation Lysimeter/Bodenwassermessstellen (Federführung TLL)



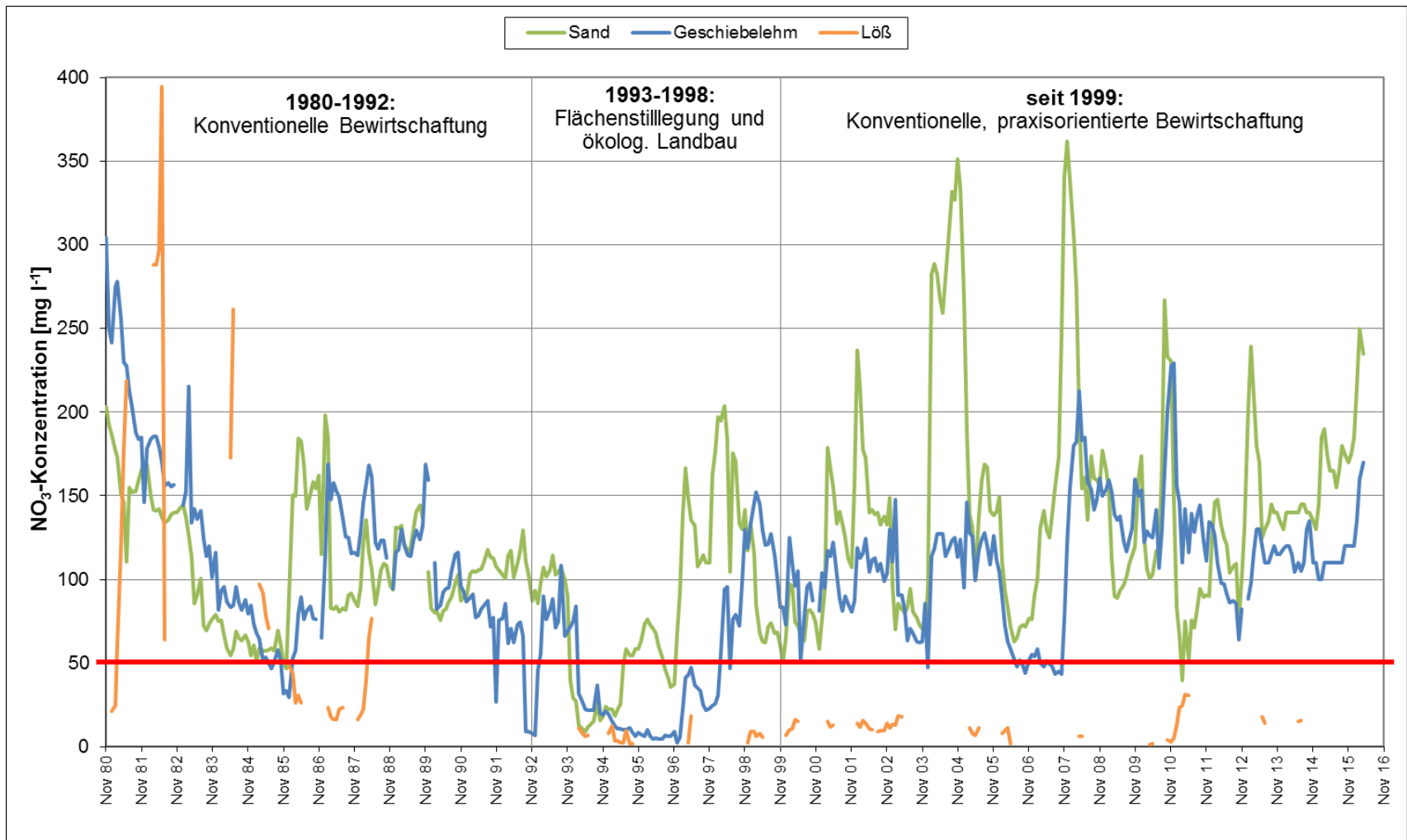
1. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg- Vorpommern (LFA), **Lysimeter Großlüsewitz**
2. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, **Lysimeter Falkenberg** (mit einem Teil der Lysimeter)
3. Landesanstalt für Landwirtschaft, Forst und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLFG), **Dränmessfeld Altmark**
4. Landesbetrieb für Landwirtschaft Hessen (LLH), **Lysimeter Kassel**
5. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), **Lysimeter Möckern, Trichterlysimeter Methau (9)**
6. Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL), **Lysimeter Brandis**
7. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), **Lysimeter Buttstedt, Dränmessfeld Großebersdorf (8).**

# Nitratbelastung im Grundwasser von Sachsen Zustandsbewertung 2014



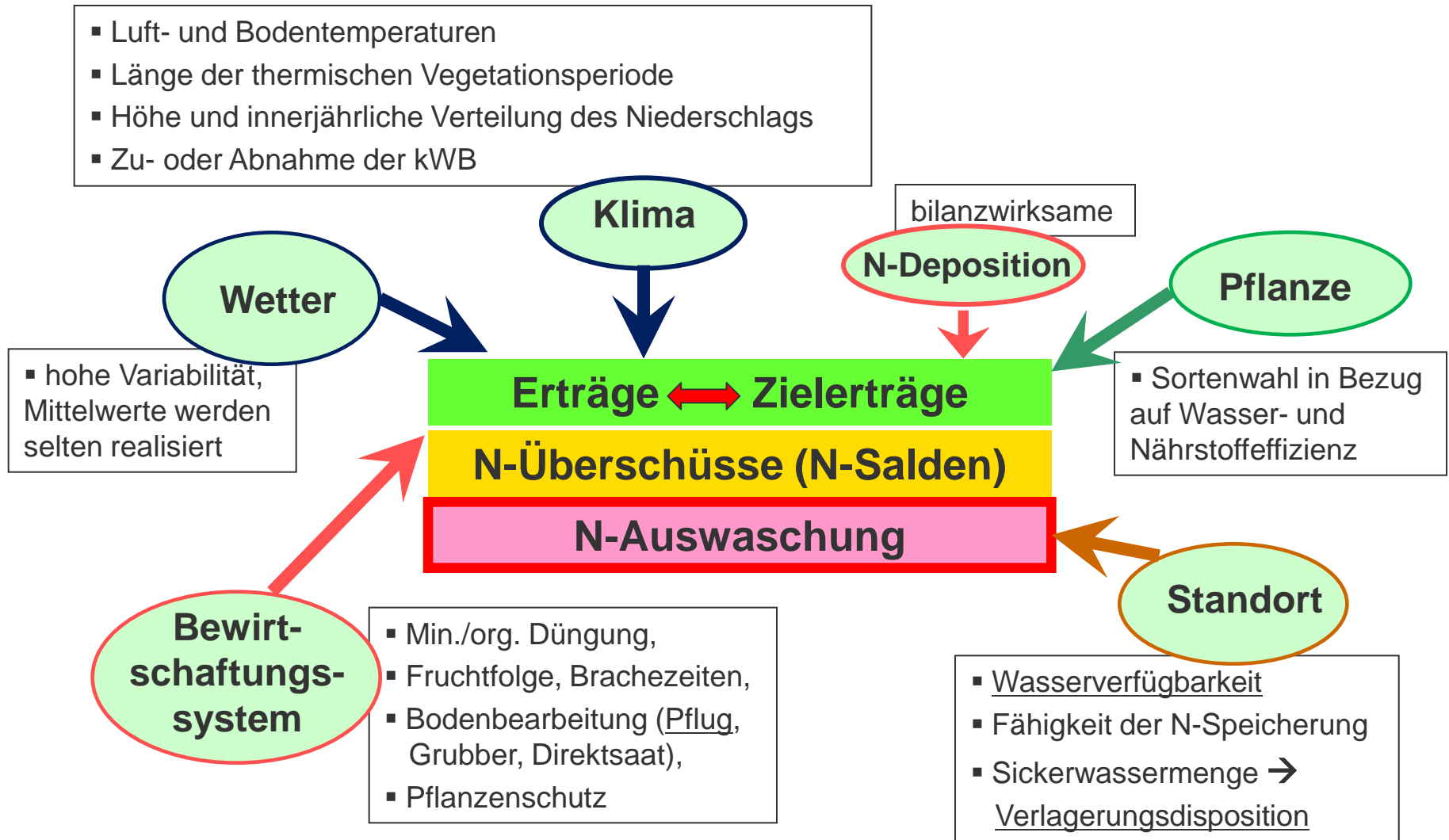
**Ergebniss:** 17 GWK bezüglich des Parameters Nitrat im schlechten Zustand  
(ca. 20 % der GWK)

# Monatswerte der $\text{NO}_3$ -Konzentration im Sickerwasser in 3 m Tiefe von 3 typischen Ackerböden im Zeitraum von November 1980 bis Oktober 2015





# Einflussfaktoren



# Lysimeterstation Brandis

1980 erbaut → zur Ermittlung der Grundwasserneubildung



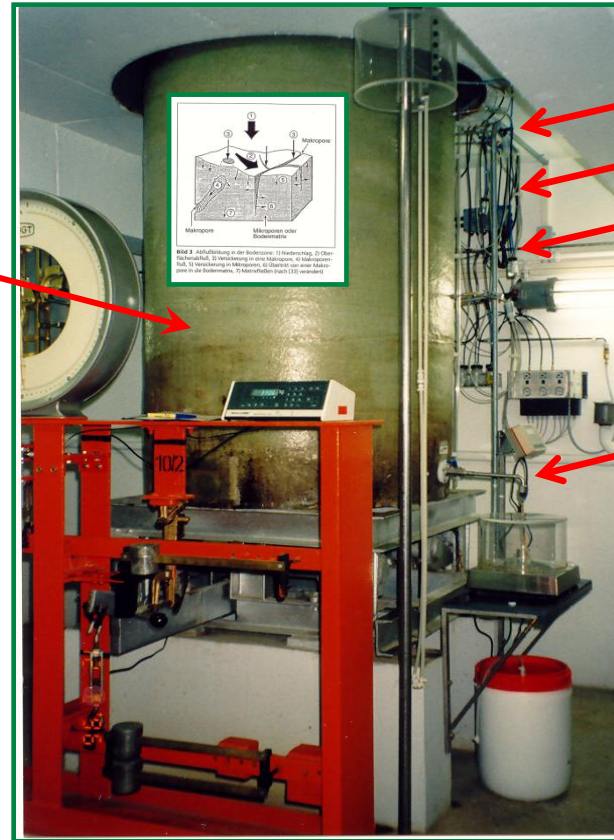
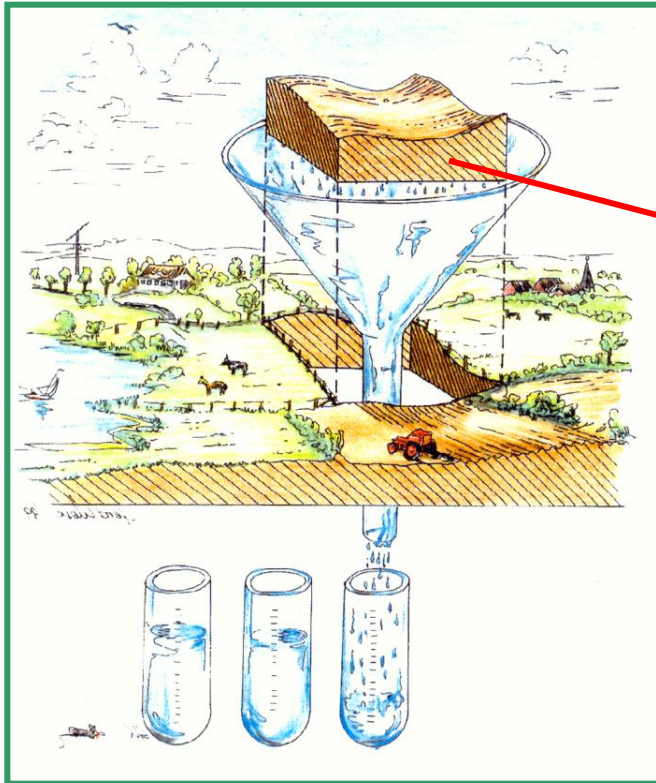
## Zur Lage



- Am Rand des Mitteldeutschen Trockengebietes
- 15 Kilometer süd-östlich von Leipzig
- 136 m über dem Meeresspiegel



# Lysimeteranlage Brandis



Tensiometer  
TTR-Sonden  
Saugkerzen

Sickerwasser-  
auslauf

- 24 wägbare Lysimeter, 3 m tief, 1 m<sup>2</sup> Oberfläche mit acht typischen , sächsischen Ackerböden, in jeweils drei Wiederholungen
- monolithisch befüllt, installiert in einem gleichfalls bewirtschafteten Feld, um Oaseneffekte zu verhindern

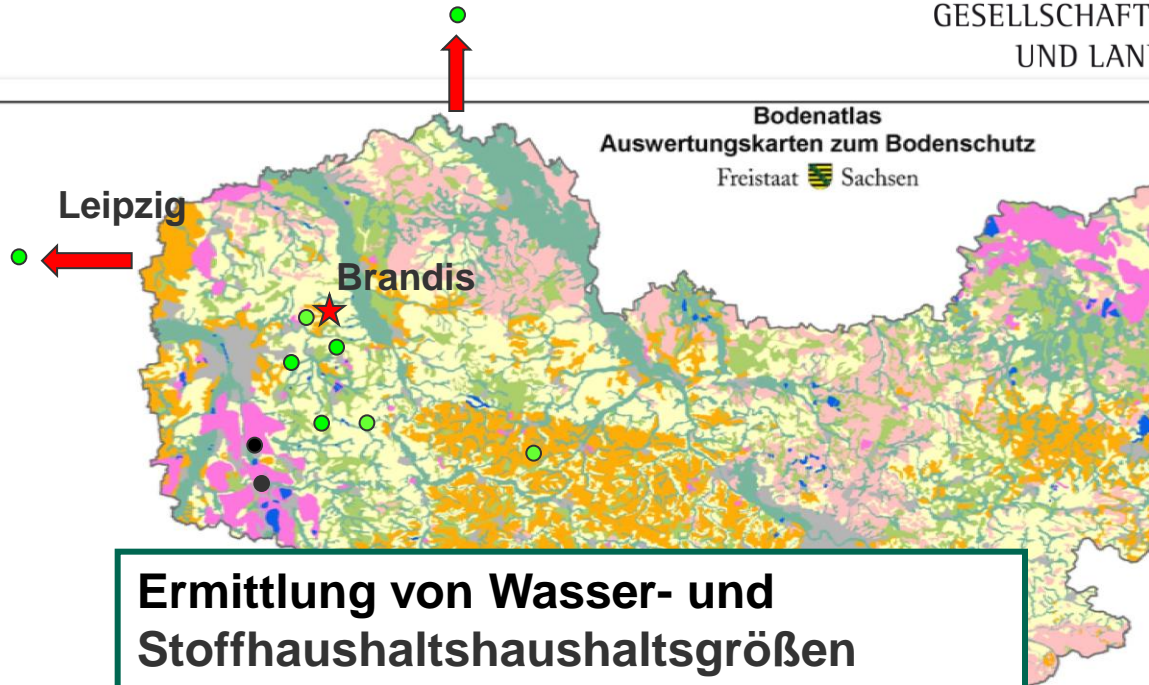
# Klimastation und Lysimeterfeld





# Konzept und Ziel

STAATLICHE BETRIEBS-  
GESELLSCHAFT FÜR UMWELT  
UND LANDWIRTSCHAFT



## Ermittlung von Wasser- und Stoffhaushaltshaushaltsgrößen

- an 10 (8) verschiedenen repräsentativen Ackerböden
- unter gleichen Witterungsbedingungen und
- gleicher gebietstypischer landwirtschaftliche Bewirtschaftung

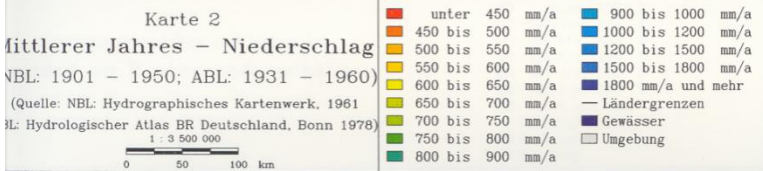
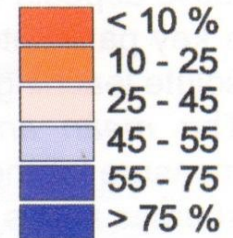
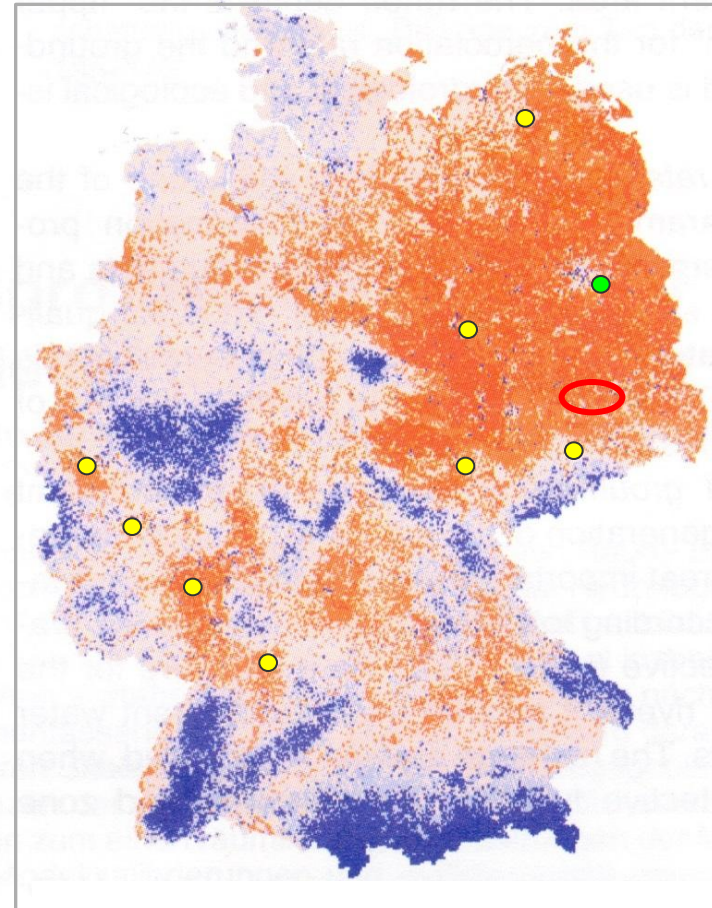
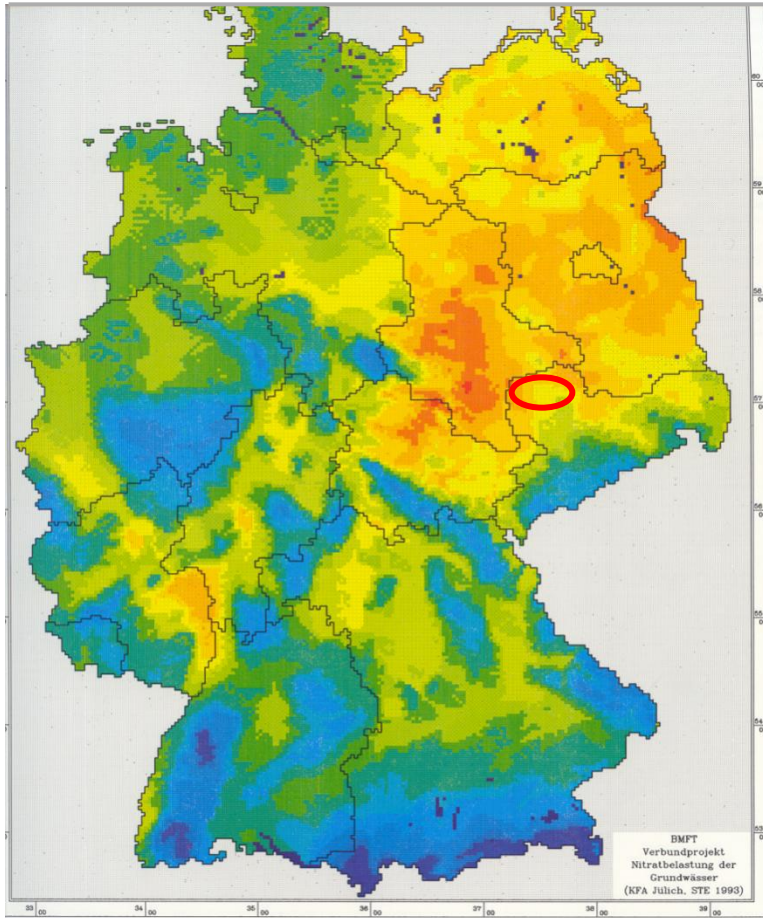




# Niederschlag

# Abfluss in % vom Niederschlag

(Hydrologischer Atlas von Deutschland)



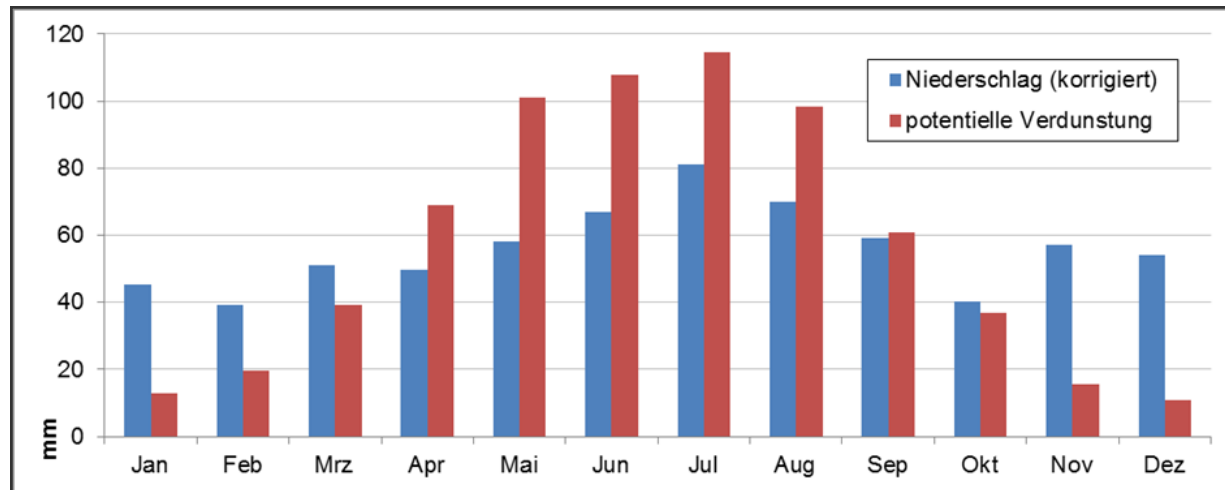
● weitere Stationen mit wägbaren Lysimetern

→ sehr geringe Sickerwassermengen

→ lange Transportzeiten

# Klimatische Wasserbilanz aus **korrigiertem Niederschlag** und potenzieller Verdunstung nach **TURC-WENDLING** (Reihe 1981-2010)

Zeitraum (1981-2010)	Niederschlag [mm]	Grasreferenzverdunstung [mm]	klimatische Wasserbilanz [mm]
Winter	297	167	130
Sommer	376	520	-144
<b>hydrol. Jahr</b>	<b>673</b>	<b>687</b>	<b>-14</b>



- von April bis August negative kWB
- große Bedeutung der  $nFK_{We}$
- Bewässerungsbedarf

# Hydrologische Eigenschaften von sechs typischer Ackerböden in Sachsen

$N_{\text{korr}} = 652 \text{ mm}$

Bodenform Lys.-Gr. Standorteinheit Ackerzahl	Art	Sicker- wasser [mm/Jahr]	nFK <sub>We</sub> [mm]	Austausch- häufigkeit Wurzelzone [%]	Verlagerungs- risiko in der Dränzone
erodierte Braunerde 5 D3 35	IS - SL	190 (96-320)	50 (75)	345	mittel (14 dm/a)
Braunerde- Fahlerde, 4 D5 48	SL	146	90 (140)	155	gering
Parabraunerde- Braunerde 8 D3 50	SL	150	92 (142)	170	gering
Lessivierter Braunerde- Pseudogley 1 D6 55	sL	125	105 (170)	120	mittel
Braunerde- Pseudogley 7 D4 50	sL	110	115 (180)	85	sehr gering
Parabraunerde, 9 LÖ3 80	U	(0-220) 58	170 (350)	36	(2,5 dm/a) sehr gering



## Bewirtschaftung → **veränderte Fruchtfolge**



<b>1. Periode:</b> <b>konventionelle</b> <b>Bewirtschaftung</b> <b>N<sub>min</sub>-Düngung 130 kg/ha</b>	<b>2. Periode:</b> <b>Flächenstilllegung</b> <b>und ökologischer</b> <b>Landbau</b>	<b>3. Periode:</b> <b>konventionell, optimierte</b> <b>Bewirtschaftung</b> <b>N<sub>min</sub>-Düngung 138 ...125 kg/ha</b>
mineralische Düngung, Einsatz von Feldbau- kompost, <b>Abfuhr der</b> <b>Ernterückstände</b>	Stallmistgabe zur Kartoffel, keine mineralische Düngung, <b>negative N-Salden</b>	standortdifferenzierte, ertrags- orientierte, mineralische Düngung, auf Basis von N <sub>min</sub> und Pflanzenanalysen, <b>Rückführung</b> <b>der Ernterückstände</b>
1981 Zuckerrüben 1982 Winterweizen 1983 Wintergerste 1984 Weidelgras 1985 Kartoffeln 1986 Winterweizen 1987 Kartoffeln 1988 Winterweizen 1989 Wintergerste 1990 Zuckerrüben 1991 Winterweizen 1992 Wintergerste	1993 Grünbrache 1994 Grünbrache 1995 Rotklee 1996 Kartoffeln 1997 Sommerweizen 1998 Winterroggen	1999 Wintergerste/Senf 2000 Erbsen 2001 Winterweizen 2002 Wintergerste 2003 Winterraps 2004 Winterweizen 2005 Sommergerste 2006 Winterraps 2007 Winterweizen 2008 Wintergerste 2009 Winterraps 2010 Winterweizen 2011 Wintergerste 2012 Winterraps 2013 Winterweizen 2013/14 Ölrettich 2014 Mais

**N-, S- Deposition [kg/ha/a]: 50, > 150**

**30**

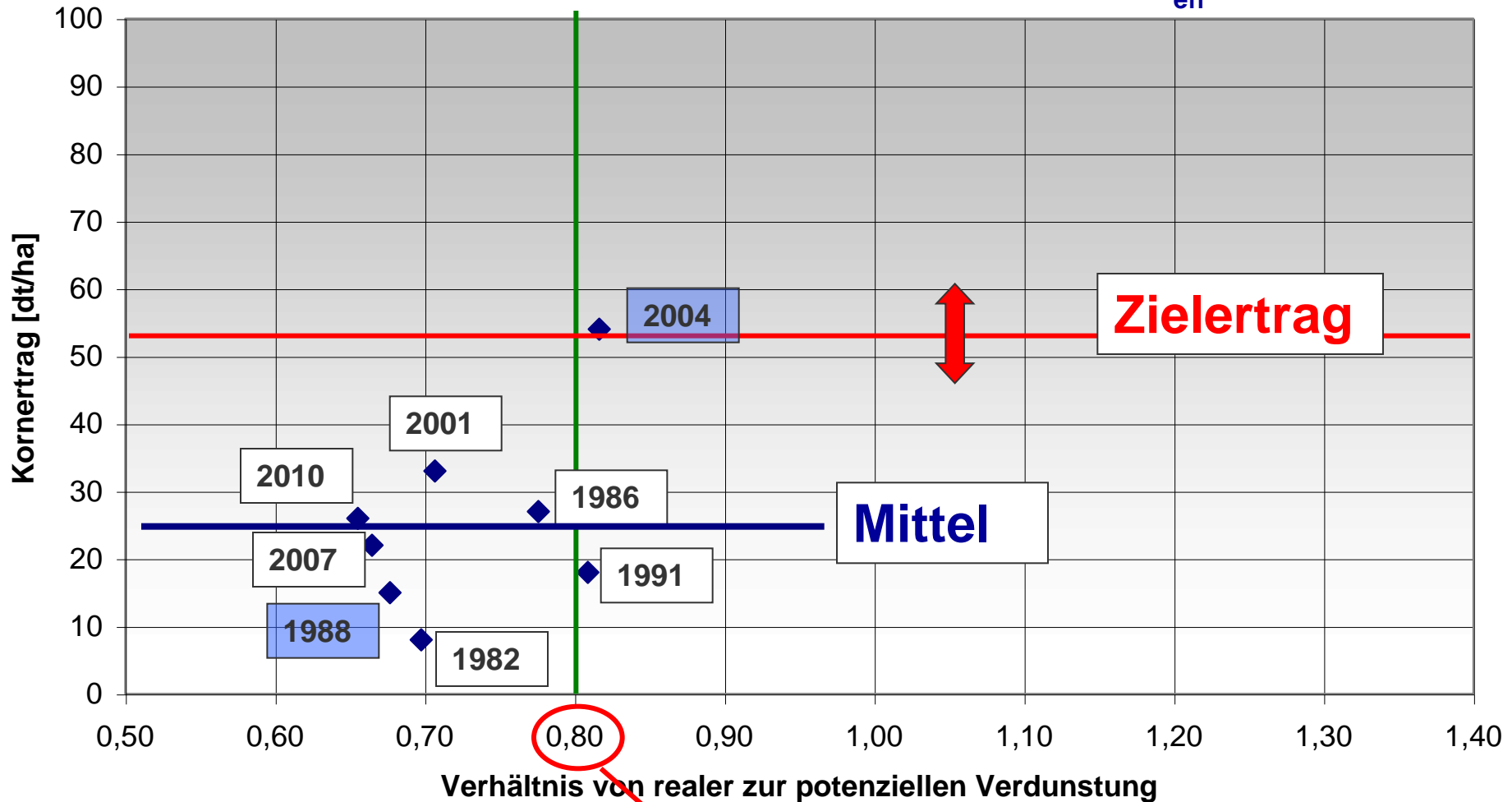
**16, <20**

# Ertrag Winterweizen

AZ 35

Erodierte Braunerde D3

$nFK_{we} = 75 \text{ mm}$   
 $We_{eff} = 30 \text{ cm}$



# Ertrag Winterweizen

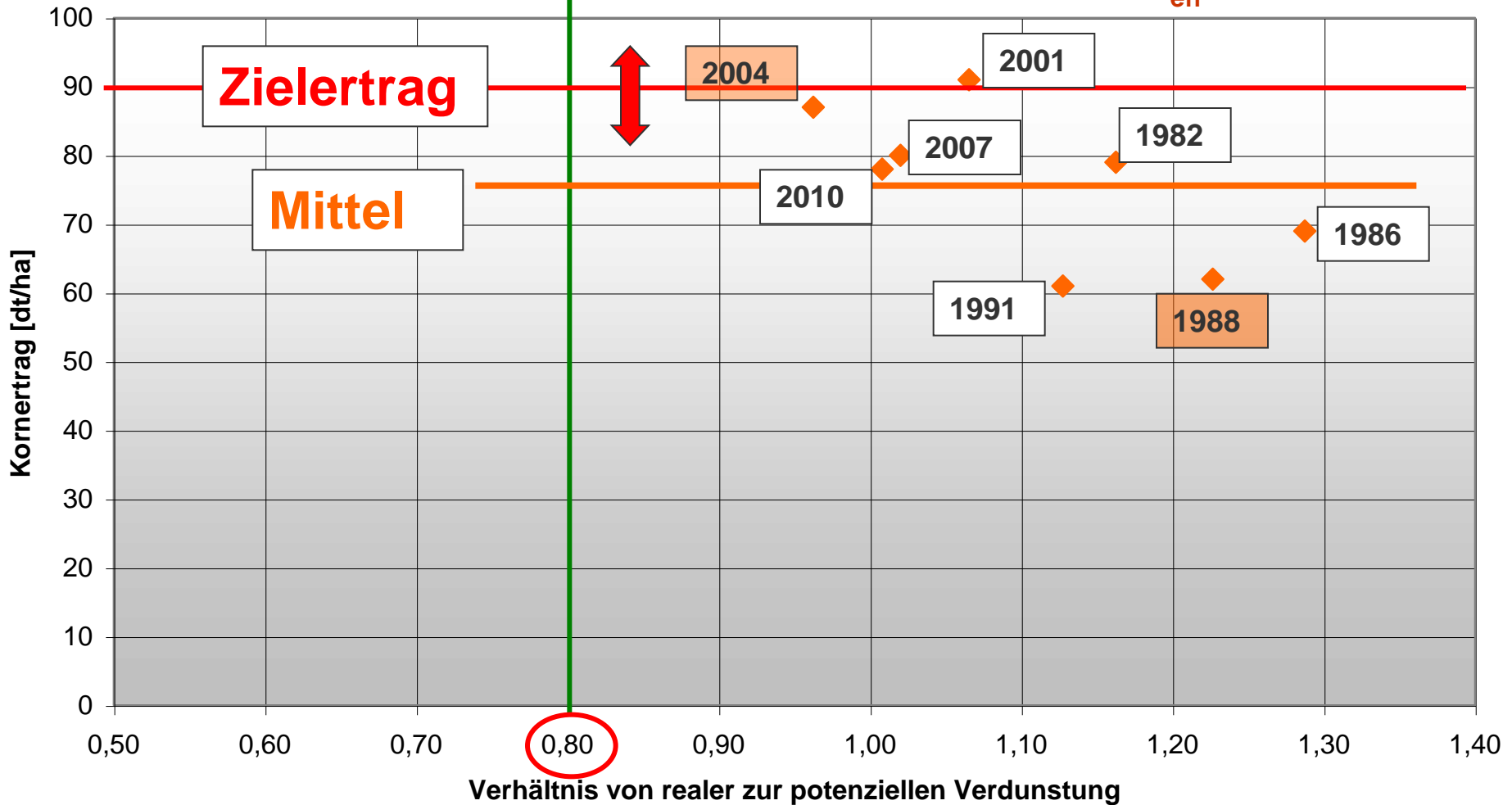
STAATLICHE BETRIEBS-  
GESELLSCHAFT FÜR UMWELT  
UND LANDWIRTSCHAFT



AZ 80

Löß-Parabraunerde

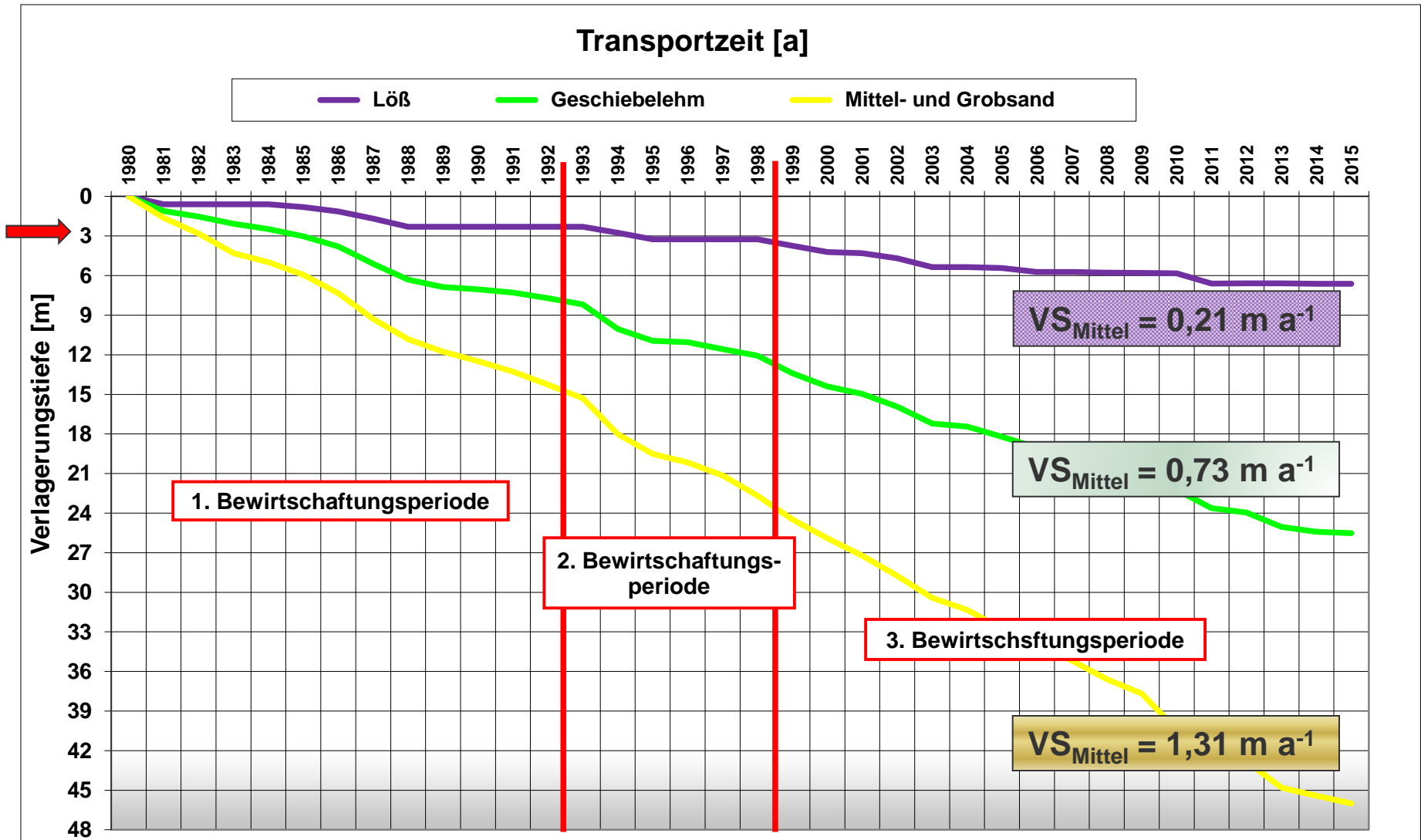
$nFK_{we} = 350 \text{ mm}$   
 $We_{eff} = 190 \text{ cm}$





# Zur Verlagerungsdisposition der Böden

Verlagerungsgeschwindigkeit (VS) =  $SW [mm] / FK [dm/mm]$

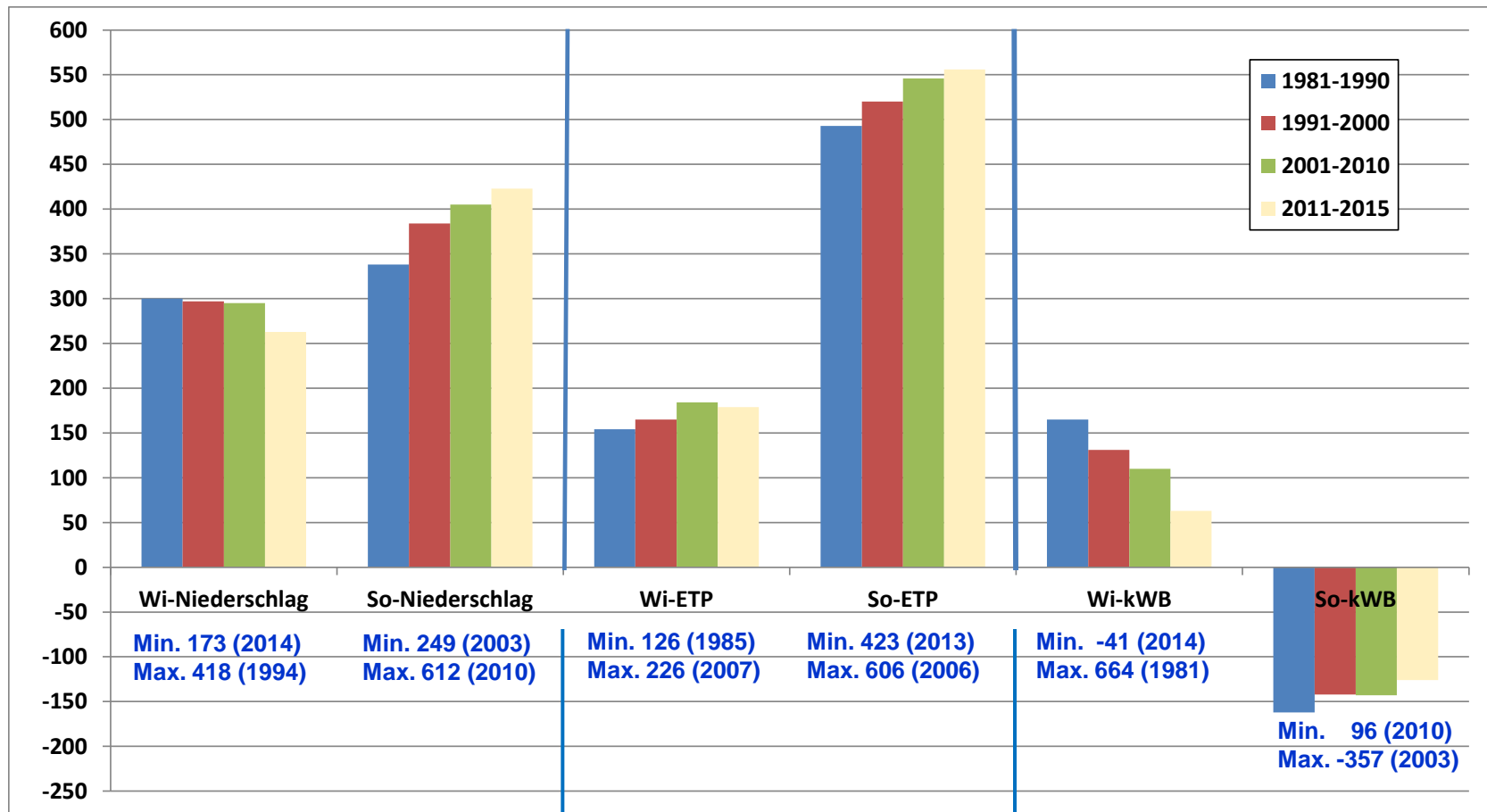


# Klima → Veränderungen?

- Niederschlag
- potentielle Verdunstung (Lufttemperatur, Sonnenscheindauer)
- Klimatischen Wasserbilanz
- Länge der Vegetationsperiode



# Höhe der Niederschläge, der potentiellen Verdunstung (ETP) und der **klimatischen Wasserbilanz** im Winter(Wi)- und Sommer(So)- Halbjahr [mm]



- Hohes Schwankungsverhalten der Einzeljahre
- zunehmend negative klimatische Wasserbilanz im Winterhalbjahr



**Trockenheit im  
Frühsommer**



**Starkregen im  
Spätsommer**



**Lysimeterfeld und Einzellysimeter**



# Niederschlag

	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
1981-1990	51	61	46	37	42	62	48	75	56	73	49	37	638
1991-2000	57	50	41	43	59	47	57	68	90	67	58	44	681
2001-2010	64	52	49	39	52	40	70	57	98	70	70	40	700
1981-2010	57	54	45	39	51	50	58	67	81	70	59	40	673

- Zunahme der sommerlichen Starkregen
- signifikanter Rückgang im April und Juni

# Sonnenscheindauer

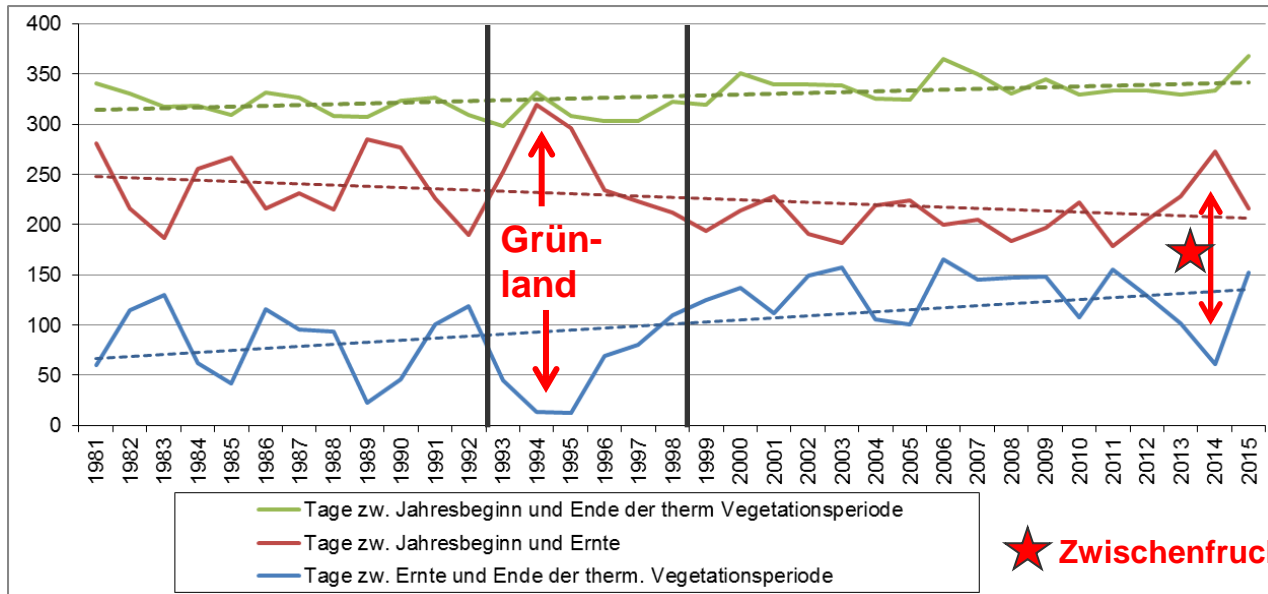
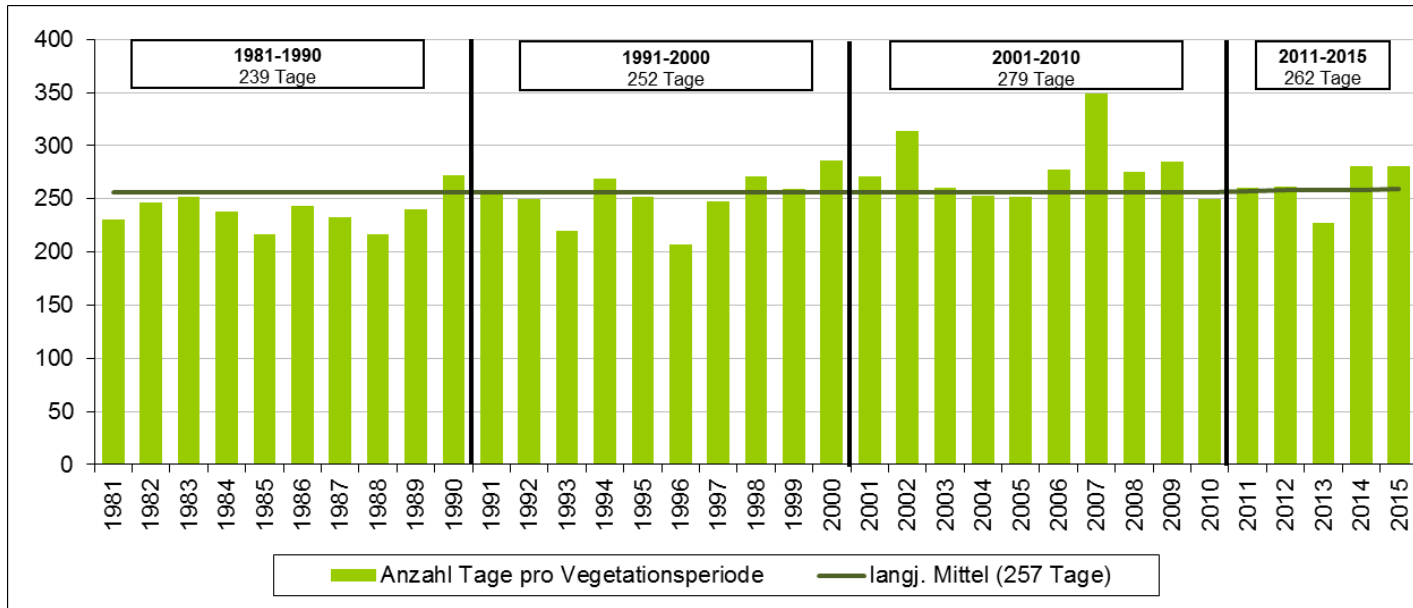
## Lufttemperatur

- Zunahme im Winter- und Sommerhalbjahr
- Insbesondere im April und Juni

- deutliche Zunahme in der 2. und 3. Dekade

	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jahr
1981-1990	4,3	1,8	0,1	-0,1	4,4	8,1	13,6	15,9	18,3	18,1	14,4	10,2	9,1
1991-2000	3,7	0,9	0,8	1,3	4,7	8,8	13,4	16,3	18,6	18,5	14,0	9,1	9,2
2001-2010	5,7	1,5	0,2	1,5	4,6	9,5	13,9	17,1	19,8	18,8	14,5	9,8	9,7
1981-2010	4,6	1,4	0,4	0,9	4,5	8,8	13,7	16,4	18,9	18,5	14,3	9,7	9,3

# Zur Länge der Vegetationsperiode



← Zunehmend späteres Ende

← Frühere Ernte

← Freie Zeit zwischen Ernte und Ende der Vegetationsperiode

★ Zwischenfrucht

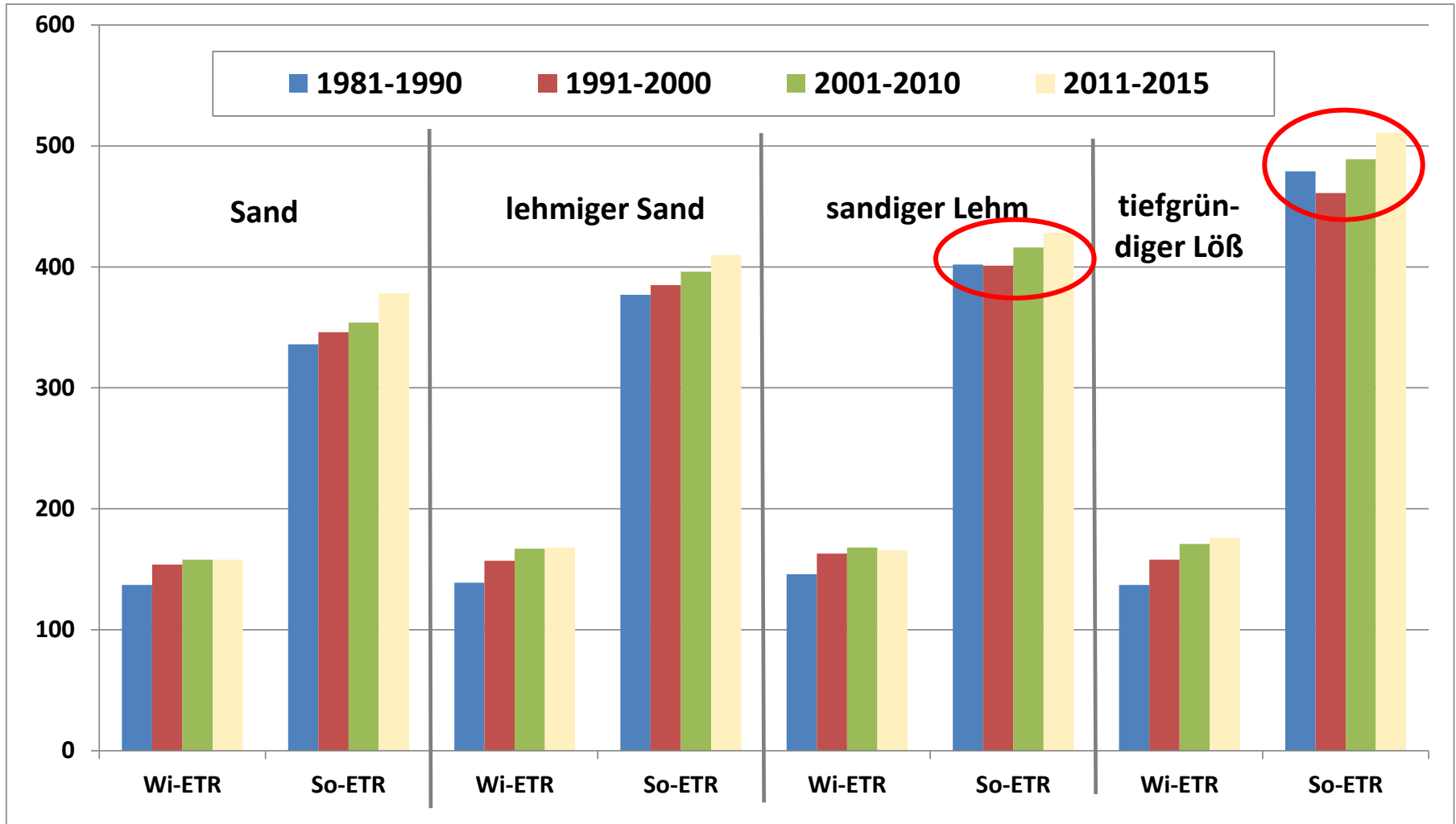


# Auswirkungen auf

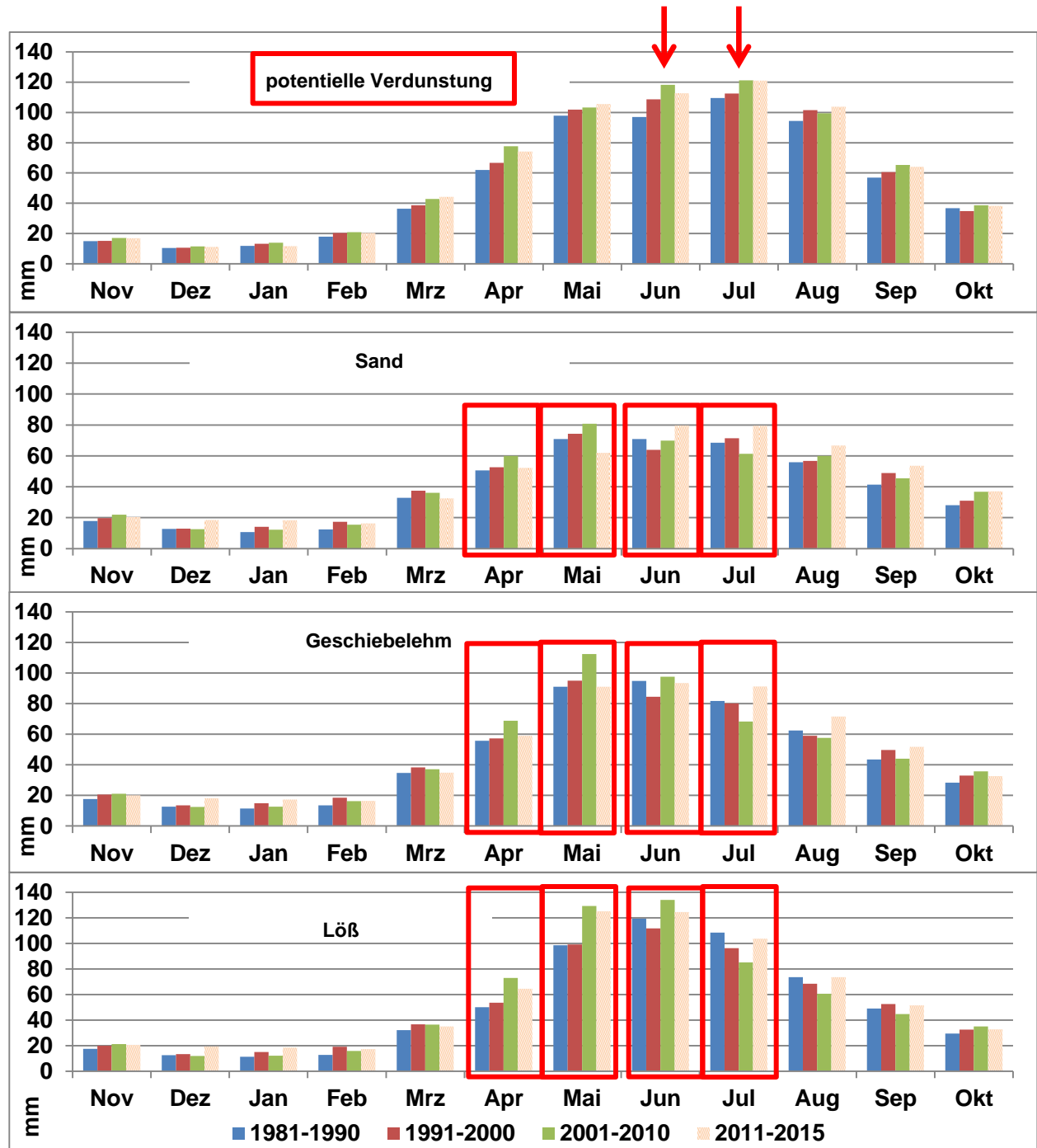
- Reale Verdunstung
- Sickerwasserbildung
- **N-Auswaschung**



# Höhe der **realen Verdunstung** verschiedener Böden im Winter(Wi)- und Sommer(So)- Halbjahr [mm]

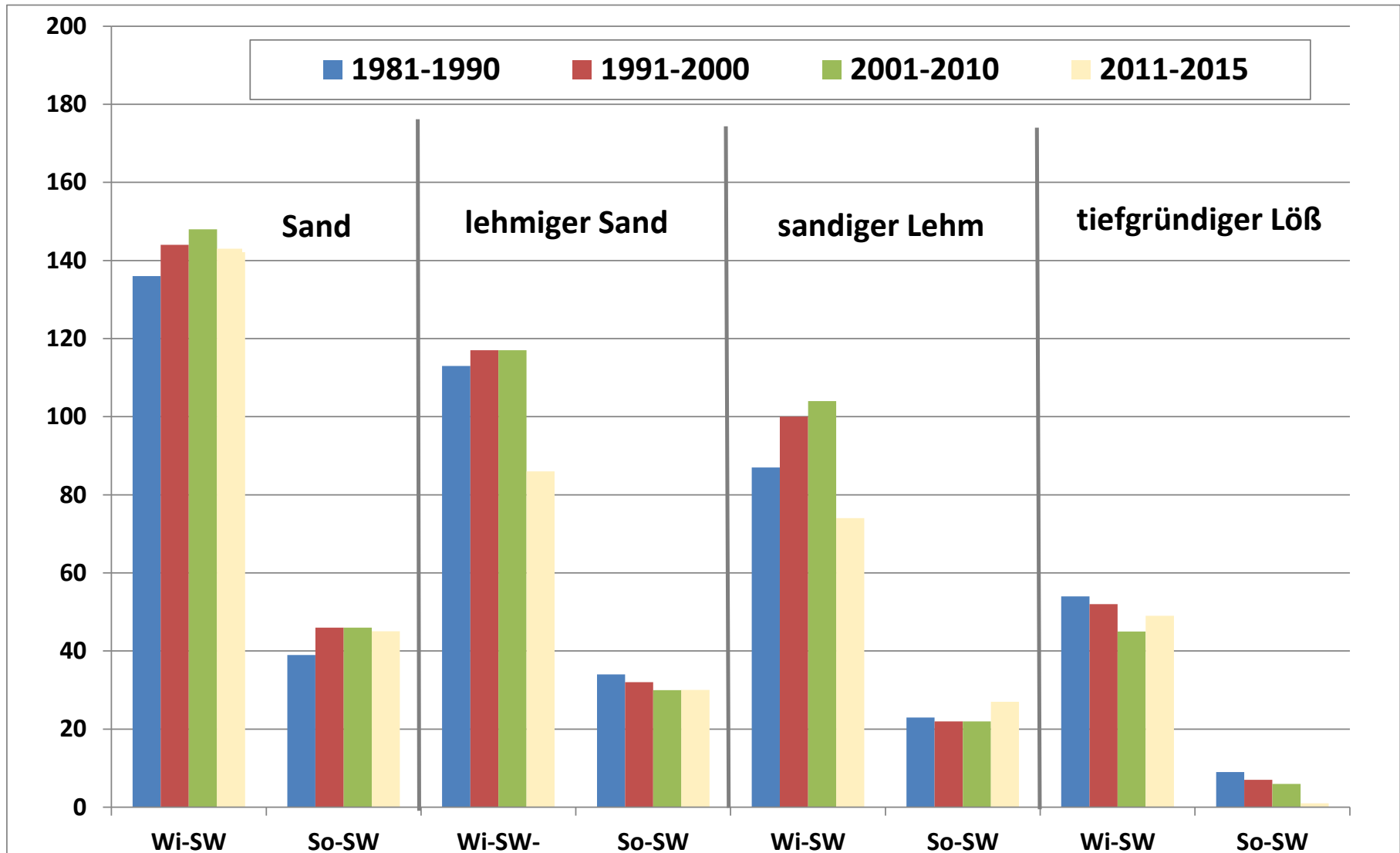


# Monatsmittelwerte der Verdunstung





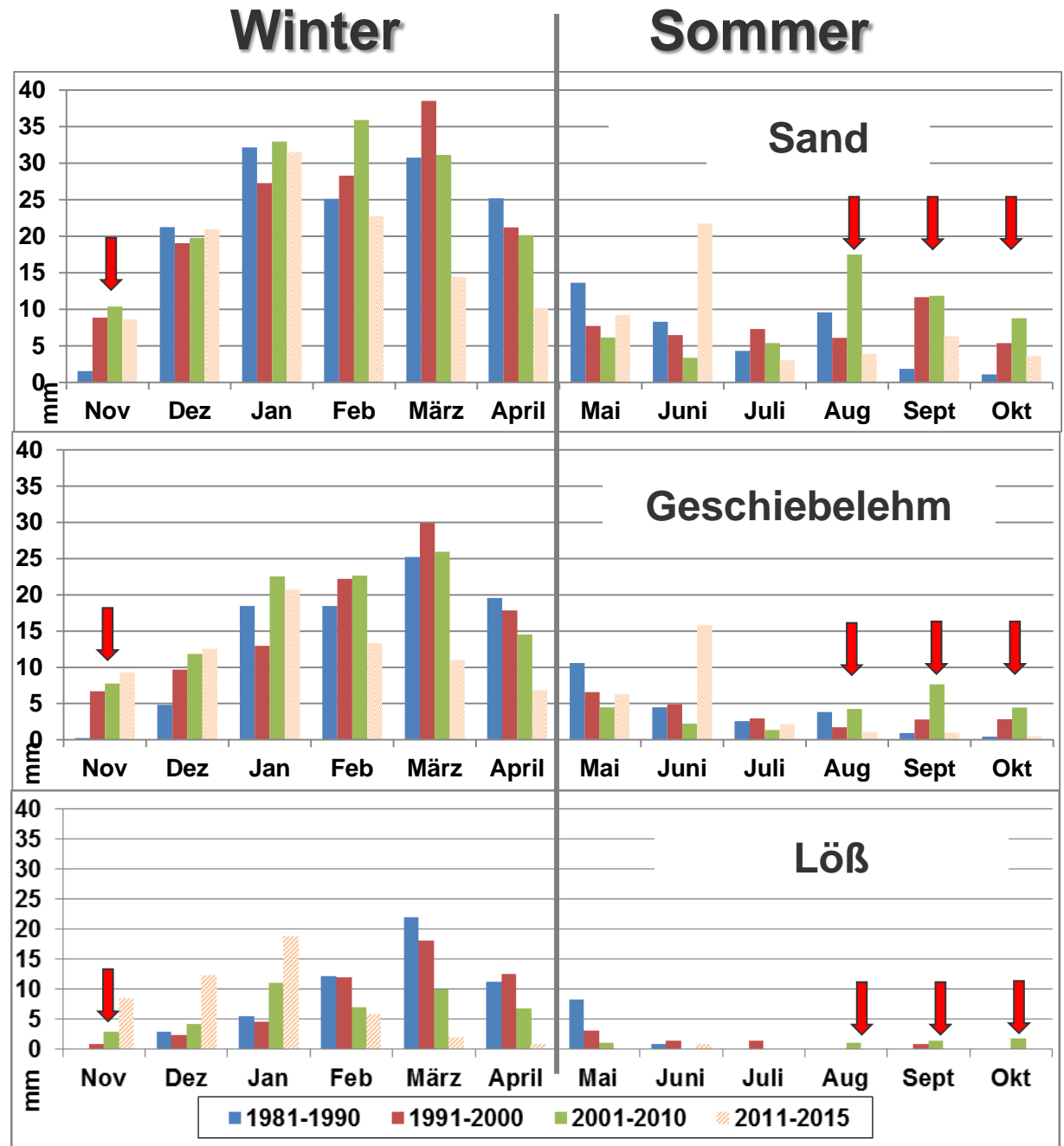
# Höhe der Sickerwasserbildung verschiedener Böden im Winter(Wi)- und Sommer(So)- Halbjahr [mm]



# Monatsmittelwerte der Sickerwasserbildung

→ Zunahme der Sickerwasserbildung

→ Abnahme der Sickerwasserbildung



# Zum N-Austrag





# N-Auswaschung im Mittel der Jahre 1981-1992

LT: 9,2° C Niederschlag: 617 mm

Standort- beschreibung		<u>Leipziger Lößtiefland</u> mit flach- bis mittelgründigem Sandlöß über			<u>Mittelsächs.</u> <u>Lößhügel-</u> <u>land</u> mit tief- gründigem
		Schmelz- wasser- sanden (75 mm)	lehmingen Sanden (140 mm)	Lehm (175 mm)	Löß (350 mm)
<b><u>1. Periode</u></b> 1981-1992	N-Saldo [kg/ha]	107	80	65	25
konventionelle Bewirtschaftung, min. N-Düngung 130 kg/ha, 70 kg Feldbaukompost,	N-Fracht [kg/ha]	40 37 %	27 34 %	18 27 %	3 12 %
Abfuhr der Ernterückstände,	Sickerwas- ser [mm]	166	135	95	57
<b>50 kg/ha N- Deposition</b>	NO <sub>3</sub> -Kon- zentration [mg/l]	104	90	82	22

## N-Auswaschung im Mittel der Jahre 1993-1998

LT: 8,9° C Niederschlag: 720 mm

Standort- beschreibung		<u>Leipziger Lößtiefland</u> mit flach- bis mittelgründigem Sandlöß über			<u>Mittelsächs.</u> <u>Lößhügel-</u> <u>land</u> mit tief- gründigem
		Schmelz- wasser- sanden (75 mm)	lehmingen Sanden (140 mm)	Lehm (175 mm)	Löß (350 mm)
<b>2. Periode</b> 1993-1998	N-Saldo [kg/ha]	-9	-26	-32	-60
Flächen- stilllegung und ökologischer Landbau,  keine mineral. Düngung,	N-Fracht [kg/ha]	37	19	8	1
	Sickerwas- ser [mm]	200	150	125	47
	NO <sub>3</sub> -Kon- zentration [mg/l]	83	58	27	4
<b>30 kg/ha N- Deposition</b>					

# N-Auswaschung im Mittel der Jahre 1999-2015

LT: 9,5° C Niederschlag: 700 mm

Standort- beschreibung		<u>Leipziger Lößtiefland</u> mit flach- bis mittelgründigem Sandlöß über			<u>Mittelsächs.</u> <u>Lößhügel-</u> <u>land</u> mit tief- gründigem
		Schmelz- wasser- sanden (75 mm)	lehmigen Sanden (140 mm)	Lehm (175 mm)	Löß (350 mm)
<b><u>3. Periode</u></b> 1999-2015	N-Saldo [kg/ha]	94	66	54	13
Marktfrucht- anbau	N-Fracht [kg/ha]	64 68 %	48 72 %	27 50 %	2 15 %
standort- und ertragsorientierte min. N-Düngung★	Sickerwas- ser [mm]	199	158	134	75
keine Abfuhr der Ernterückstände	NO <sub>3</sub> -Kon- zentration [mg/l]	142	132	90	8
<b>16 kg/ha N- Deposition</b>					

★ zwischen 145 kg/ha/a und 130 kg/ha/a



## Schwarzbrache im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Böden (Jahresmittelwerte 2007-2013)

**Niederschlag: 740 mm**

Jahresmittelwerte [kg N/ha/Jahr]	lehmiger Sand (LG 8)		tiefgründiger Löß (LG 9)	
	Schwarzbrache	mit Bewuchs	Schwarzbrache	mit Bewuchs
Deposition	14	14	14	14
Düngung (mineralisch)	-	160	-	150
Pflanzenentzug	-	93	-	140
Austrag mit dem Sickerwasser in 3 m Tiefe	114	47	121	1
Sickerwassermenge	250	152	287	37

# Zusammenfassung

## kWB:

- ⇒ ausgeglichen im langjährigen Jahresmittel, mit großen positiven und negativen Abweichungen der Einzeljahre
- ⇒ negativ in den Monaten von April bis August, deshalb große Abhängigkeit der ETa vom Wasserdargebot der Böden

## tendenzielle Veränderungen

- ⇒ **im Winter** - Abnahme des Wasserüberschusses, da weniger Niederschläge und Zunahme der ETp
- ⇒ **im Sommer** - Verbesserung des Wasserdargebots, da Zunahme der Niederschläge größer als die Zunahme der ETp
- ⇒ Niederschlagszunahme vorwiegend im Spätsommer als **Starkregen**, bei gleichzeitigem Rückgang der Niederschläge im Frühsommer (**Frühjahrstrockenheit**)
- ⇒ Verlängerung der **thermischen Vegetationsperiode** und infolge veränderter Fruchtfolge ist auch der Zeitraum zwischen Ernte und Ende der Vegetationsperiode länger geworden

# Zusammenfassung

## Auswirkungen auf die ETa von landwirtschaftlichen Kulturen

- ⇒ **im Winter** - Zunahme der ETa auf allen Standorten
- ⇒ **im Sommer** - Zunahme der ETa auf Böden mit geringer nutzbarer Feldkapazität
- ⇒ auf Böden mit hoher nutzbarer Feldkapazität überdeckt die Art (Effizienz, Fruchtfolge) der Bewirtschaftung den Einfluss klimatischer Veränderungen auf die Höhe der ETa

## Auswirkungen auf die Sickerwasserbildung unter landwirtschaftlichen Kulturen

- ⇒ **im Winter** - Zunahme bei Böden mit geringer und mittlerer nutzbarer Feldkapazität, Abnahme bei den Böden mit sehr hoher nutzbarer Feldkapazität
- ⇒ **im Sommer** - auf allen Standorten keine Zunahme, Zuwachs an Niederschlägen schont die Bodenwasservorräte
- ⇒ Hohe Niederschläge im Spätsommer und Anbau von Winterfrüchten führen vor allem bei den auswaschungsgefährdeten Standorten, zu einem vorzeitigen Beginn der Sickerwasserperiode.

## Ursachen für nach wie vor hohe N-Frachten, ggf. Zunahme der N-Austräge aus der Wurzelzone

- I Zunahme der Niederschläge über die drei Dekaden von 1981 bis 2010, Zunahme der Sommerniederschläge in der VP II, Abnahme in der VP I
- I Anstieg der Lufttemperatur, besonders in den Monaten Mai und Juni → Zunahme der Frühjahrstrockenheit → Abnahme der Ertragsstabilität
- I Zunehmender Anbau von Wintergetreide und Winterraps → früher Erntetermin → Zuwachs an Wasser- und Energie wird nicht verdunstungs- und ertragswirksam.
- I Niederschlagsbedingt höhere Sickerwassermengen, früherer Beginn der Sickerwasserperiode, dies verstärkt bei auswaschungsgefährdeten Standorten

Maßnahmen: Höhe und Art der Düngung, Änderung der Fruchtfolge, Zwischenfruchtanbau, Bewässerung auch als Maßnahme zum Gewässerschutz (Stabilisierung der Erträge → Minimierung der N-Auswaschung)

- I **Zunahme der N-Mineralisation des organ. N-Pools infolge höherer Bodentemperaturen**
- I **Bewirtschaftungsbedingte Veränderungen des C/N-Pools**
- I **Vergleichsweise geringe Sickerwassermengen, lange Verweilzeiten der Bodenlösung (> 10 Jahre) in der ungesättigten Bodenzone, unterhalb der Wurzelzone**





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

