

Fachinformation zur Bewässerung





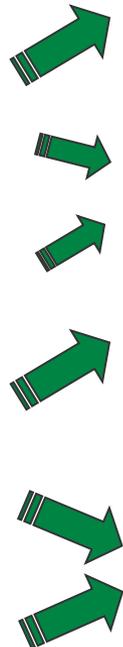
Gliederung

1. Ausgangssituation (Klima, Landwirtschaft, Grundwasser)
2. Maßnahmen für Landwirtschaft und Grundwasser
3. Grundlagen
4. Stand der Bewässerung in Sachsen
5. Betriebswirtschaft / Kosten
6. Wasserdargebote
7. Ausblick, Zusammenfassung

1. Ausgangssituation

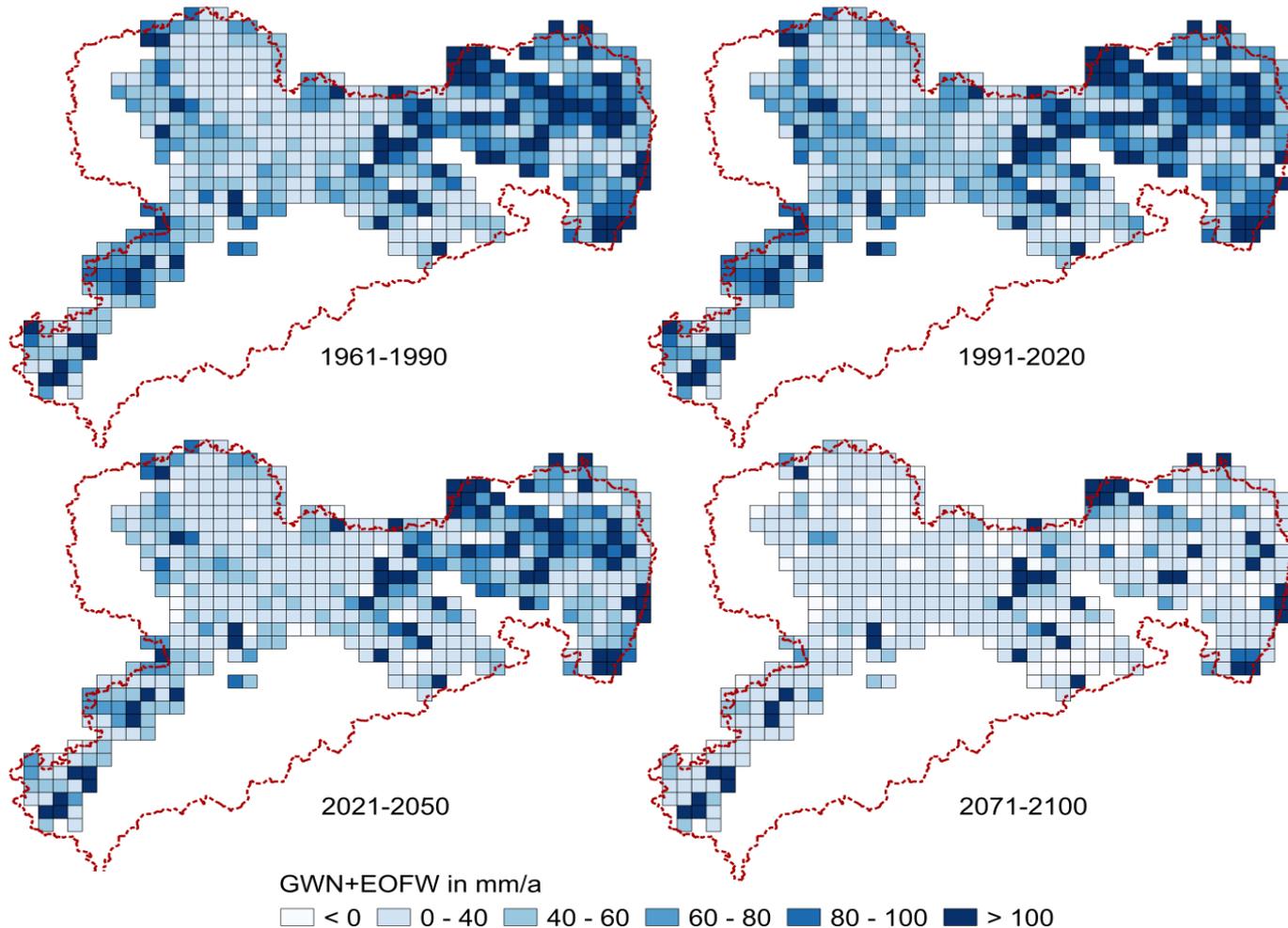
Flächenmittel für Klimaelemente und -größen nach Mittelungszeiträumen in Sachsen (Quelle: BERNHOFER et al., 2015a)

Klimaelement/ -größe		1961 - 1990	1961 - 1970	1971 -1980	1981 -1990	1991 -2000	2001 -2010
Mittlere jährliche Lufttemperatur (° C)		8,1	7,9	8,1	8,4	8,7	8,9
Niederschlags- summe (mm)	VP I	215	235	215	200	200	180
	VP II	215	215	220	215	240	270
Potentielle Verdunstung (mm)	VP I	245	250	240	245	260	265
	VP II	250	255	245	255	265	265
Klimatische Wasserbilanz (mm)	VP I	- 30	-15	-25	-45	-60	-85
	VP II	- 35	-40	-25	-40	-25	+5



1. Ausgangssituation

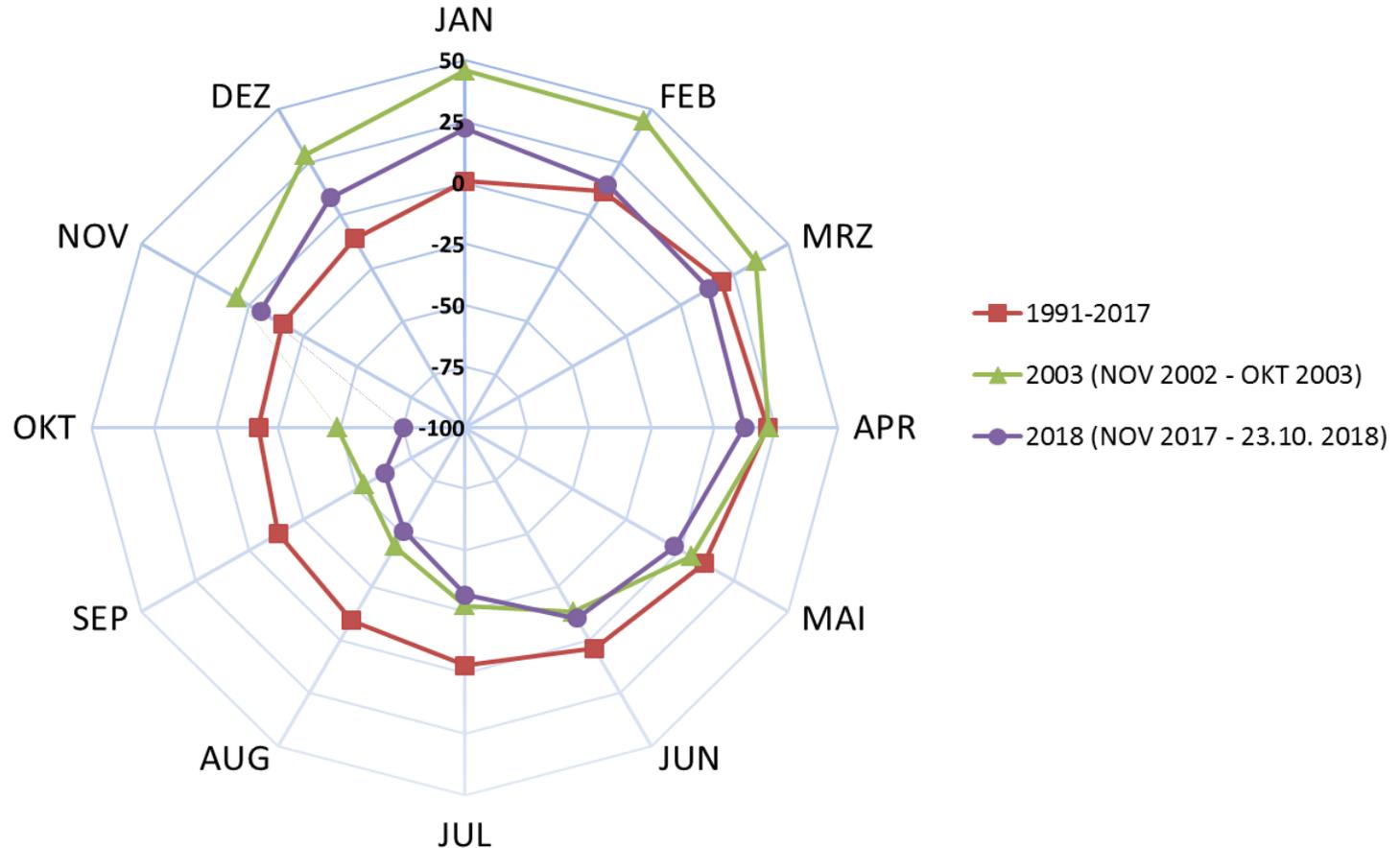
Entwicklung der Wasserdargebote
diese sinken drastisch (Quelle: WAGNER et al., 2016)



1. Ausgangssituation

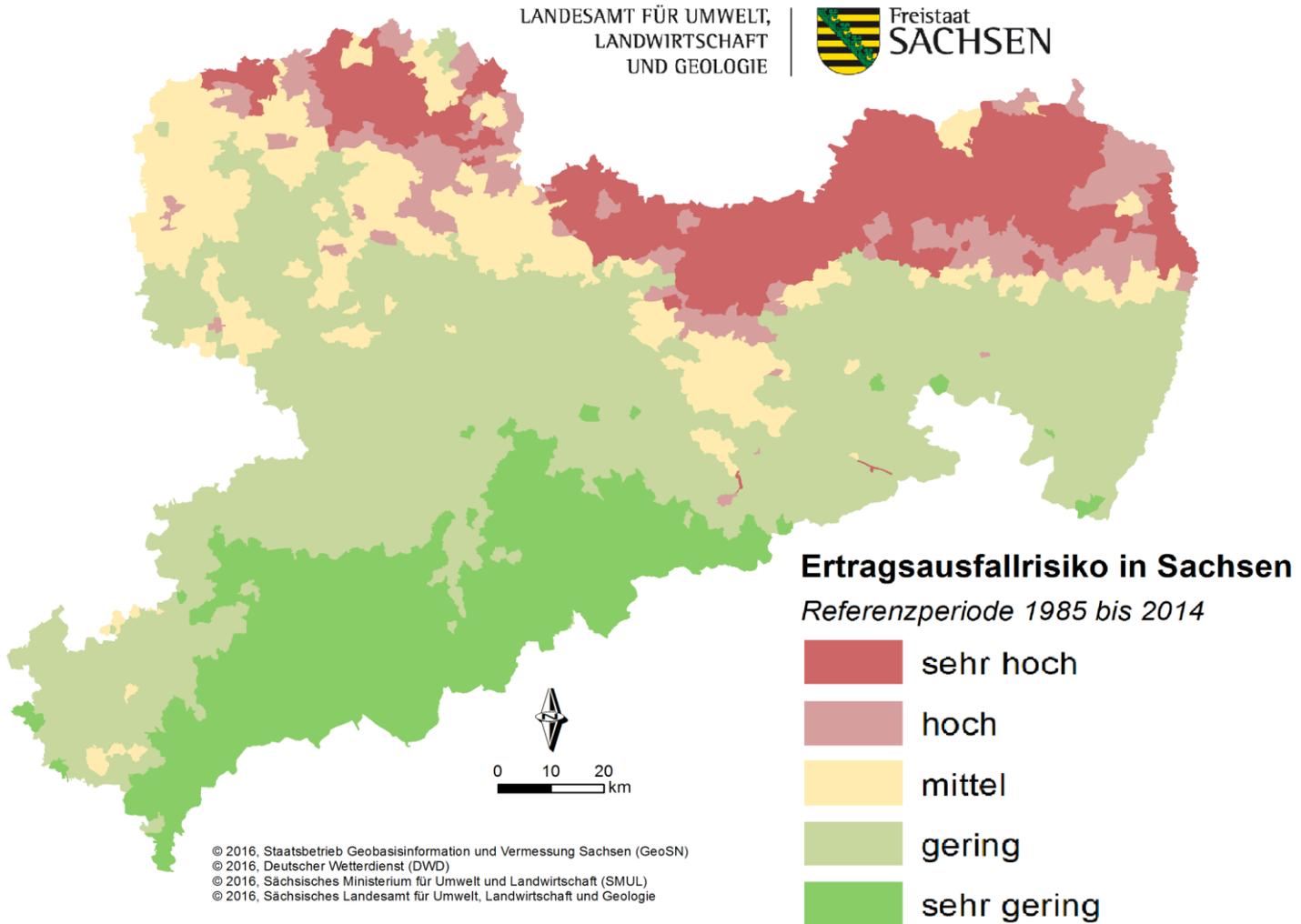
Abnahme des Wasserstandes in der Vegetationsperiode (Quelle: Börke, LfULG)

Monatsmittelwerte des Grundwasserstandes
(Abweichung vom Mittelwert der Bezugsreihe in cm)



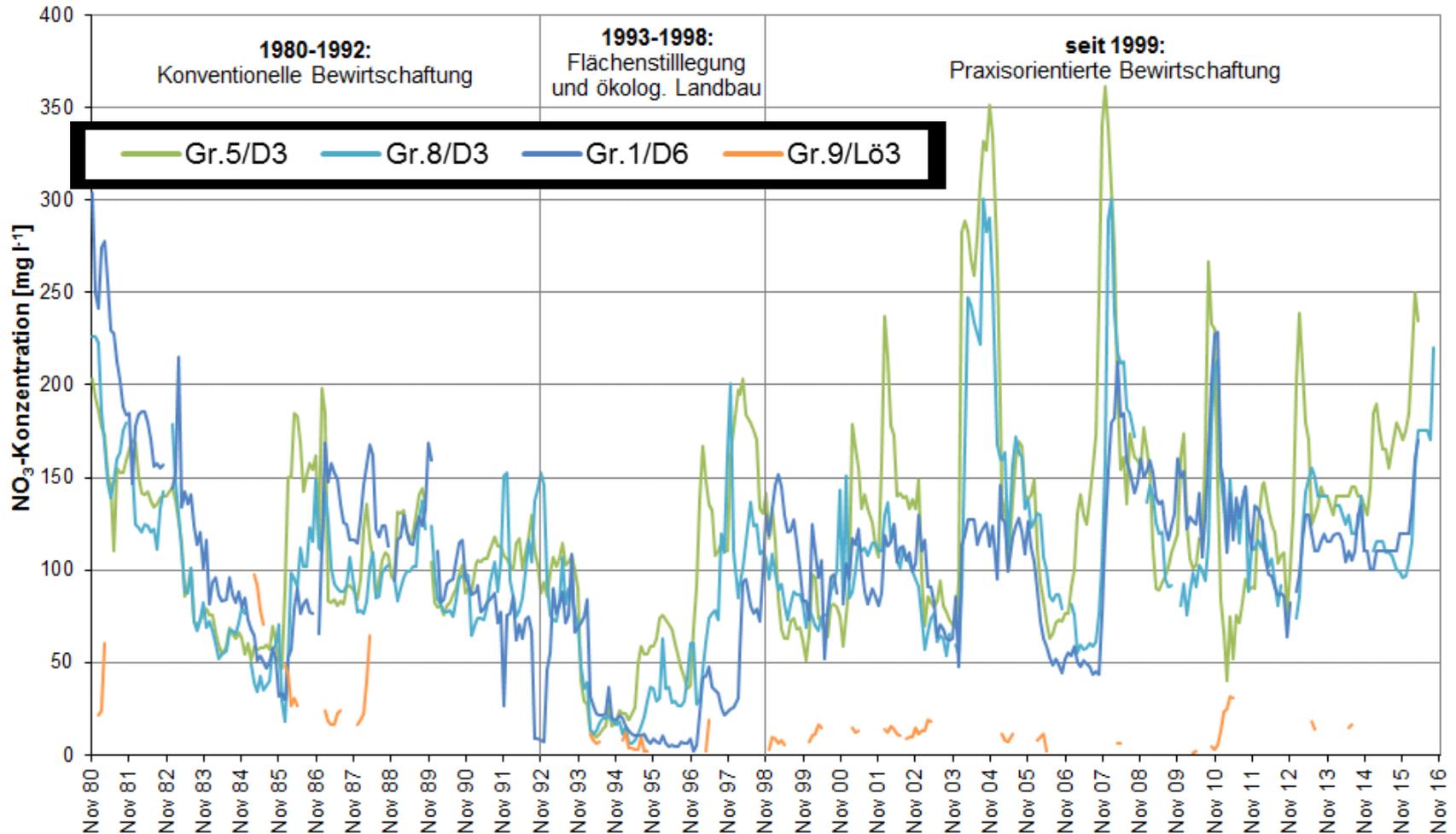
1. Ausgangssituation

Ertragsausfallrisiko in Sachsen



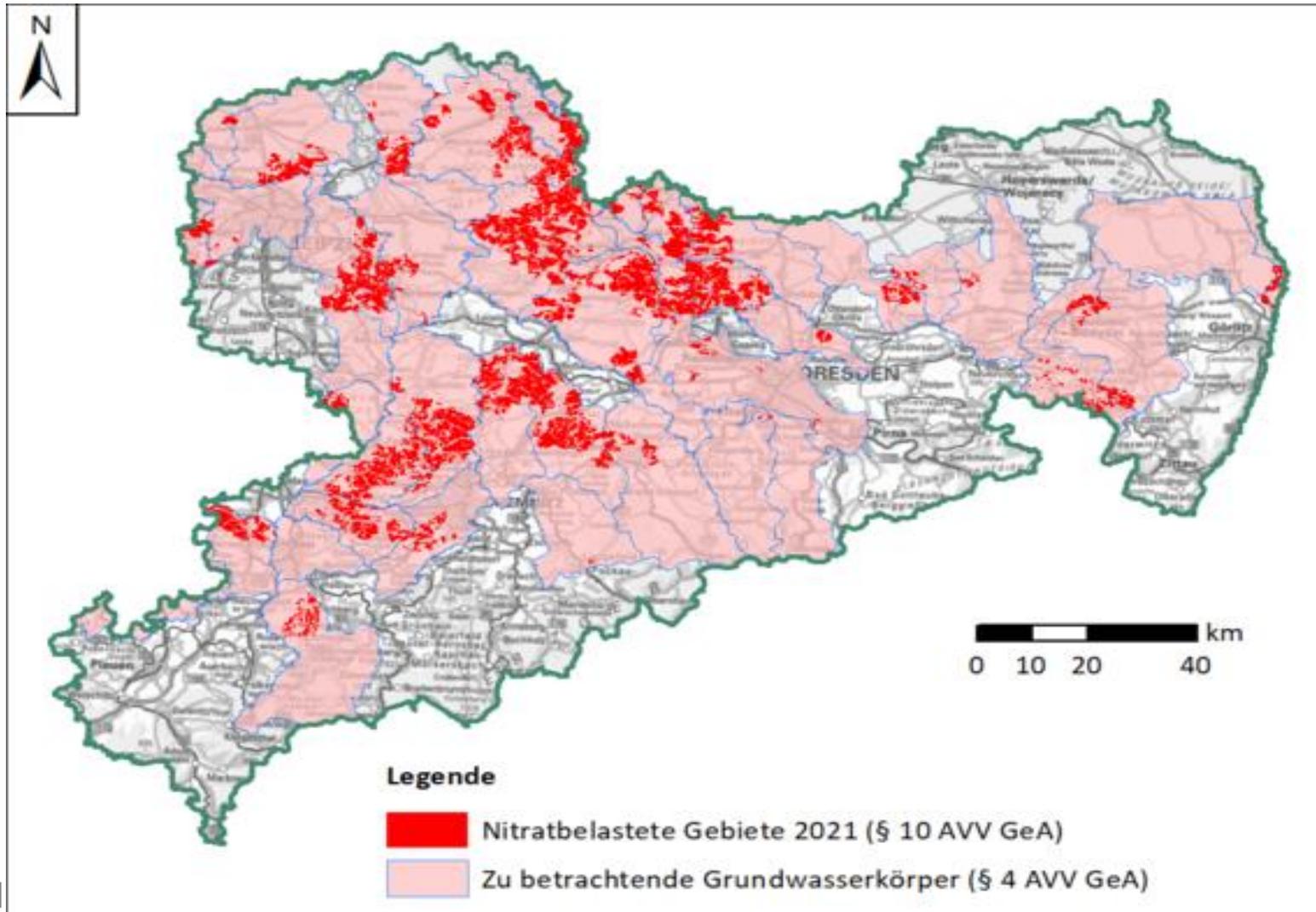
1. Ausgangssituation

NO³-Konzentration des Sickerwassers von 4 Ackerböden in der Lysimeterstation Brandis (Quelle: BARTH et al., 2016)



1. Ausgangssituation

Nitratbelastete Gebiete in Sachsen



1. Ausgangssituation

Qualität des Sickerwassers

- **trotz sachgerechter Bewirtschaftung kein Rückgang der Nitratkonzentration im Grundwasser**
 - durch Klimaveränderung geringe Grundwasserneubildung, dadurch N-Dünger ungenutzt
 - Erhöhung des Anbaus von Marktfrüchten
- **Druck der EU – Nachweis von Maßnahmen und Kontrolle**
- **Verschärfung des Düngerechts (z.T. nicht zielführend)**
- **Beregnung könnte für Landwirtschaft (Ertragsstabilität, Produktqualität) und sauberes Grundwasser eine Lösung bieten**





Gliederung

1. **Ausgangssituation (Klima, Landwirtschaft, Grundwasser)**
2. **Maßnahmen für Landwirtschaft und Grundwasser**
3. **Grundlagen**
4. **Stand der Bewässerung in Sachsen**
5. **Betriebswirtschaft / Kosten**
6. **Wasserdargebote**
7. **Ausblick, Zusammenfassung**

2. Maßnahmen

Anpassungsmöglichkeiten an den Klimawandel - Landwirtschaft

- **Sortenwahl / Züchtung**
- **Bestandsführung**
- **Düngung- und Pflanzenernährung**
- **bedarfsgerechte Bewässerung**
- **Pflanzenschutz**
- **Vorratswirtschaft**
- **Hagel- und Regenschutzanlagen**
- **Technik und Bau**



2. Maßnahmen

Boden / Bodenwasser

- **Bodenerosion senken**
- **Optimierung Bodenfeuchtehaushalt und Wassernutzungseffizienz**
- **Speicherkapazität der Böden erhöhen durch:**
 - verbesserte Infiltration
 - kapillaren Wasseraufstieg unterbrechen
 - reduzierte Bodenbearbeitungsintensität
 - Bodenbedeckung
- **gute Humusversorgung**
- **angepasste Bestandesdichte**



2. Maßnahmen

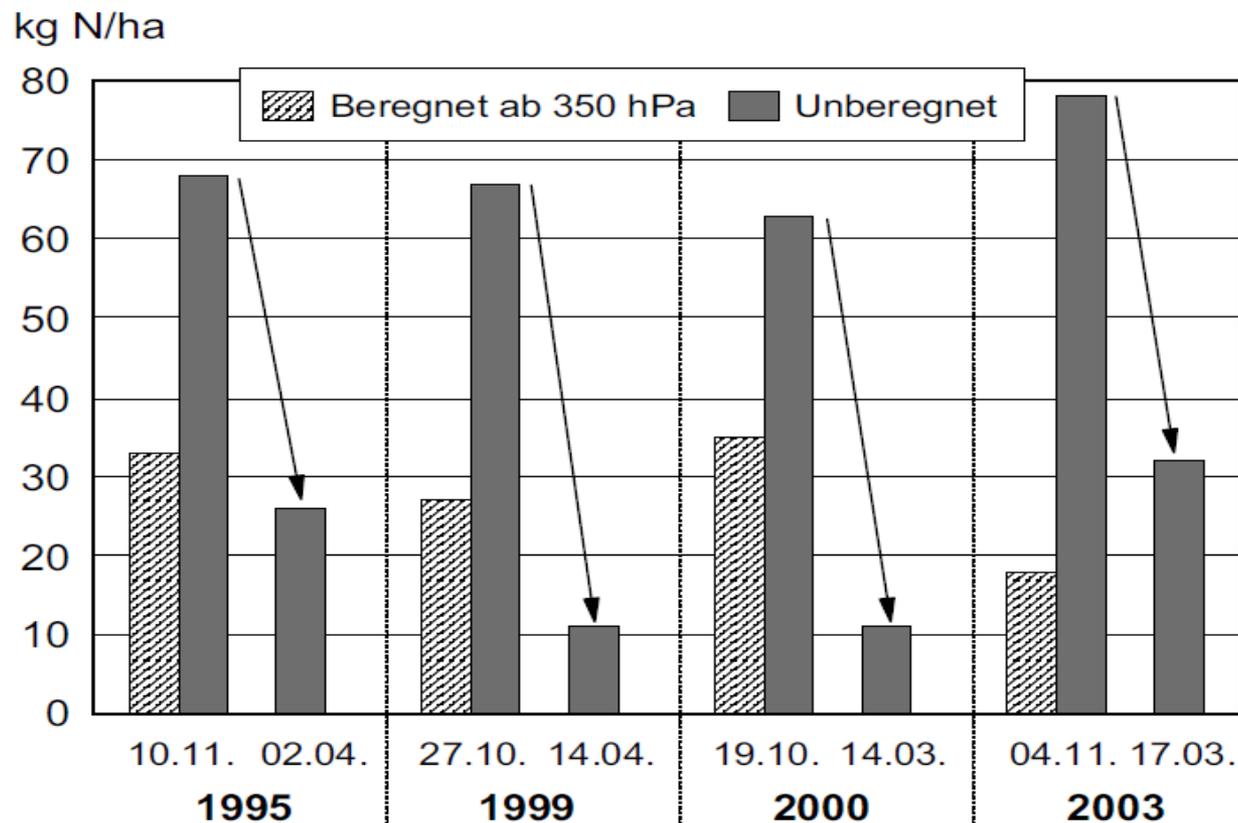
mögliche Bewässerungsmaßnahmen - Mix

- wassersparende Beregnungstechnik
- optimierte Bewässerungssteuerung
- Beregnung nachts – viel effektiver
- Nährstoffe gleich mit zum Beregnungswasser geben
- Bedeutung der Klar-/Brauchwasserberegnung steigt
(ist warm, Nährstoffe drin, keine Wasser- und Brunnenkosten, wird kontrovers diskutiert)
- teilflächenspezifische Bewirtschaftung
- warmes Wasser z.B. aus Stausee günstiger für Pflanzenwachstum



2. Maßnahmen

N_{\min} -Werte nach Kartoffeln zu Beginn und am Ende der Grundwasserneubildungsphase (Standort: LK Uelzen)



2. Maßnahmen

Nitratkonzentration (mg/l) im Sickerwasser in drei Sickerwasserperioden (PET: Potentielle Evapotranspiration) (Quelle: TLL, KNOBLAUCH & WAGNER 2015)

		2008/2009		2009/2010		2010/2011	
Boden	Wasserstufe	Energiemais	Futterhirse	Energiemais	Futterhirse	Energiemais	Futterhirse
Löss	1,0 PET	76,2	20,3	41,9	3,8	2,9	2,7
	0,6 PET	104,7	20,7	77,4	5,7	18,3	20,3
	0,3 PET	89,4	43,8	174,6	8,2	106,5	32,9
	MW	90,1	28,3	98,0	5,9	42,5	18,6
Sand	1,0 PET	127,3	29,2	83,1	22,4	38,6	36,3
	0,6 PET	108,6	88,5	106,9	50,8	67,5	33,1
	0,3 PET	104,4	125,5	110,5	80,7	95,2	110,0
	MW	113,4	81,1	100,2	51,3	67,1	59,8

2. Maßnahmen

NO³-Reduzierung im Grundwasser durch Bewässerung

- Nutzung von NO³-belastetem Grundwasser zur Bewässerung
- Verbesserung des Nährstoffmanagements
- Minimierung von N-Überschussalden
- Bewässerung und Düngemanagement als Einheit
- langfristige Wirkung auf Grundwasserkörper untersuchen



Gliederung

1. **Ausgangssituation (Klima, Landwirtschaft, Grundwasser)**
2. **Maßnahmen für Landwirtschaft und Grundwasser**
3. **Grundlagen**
4. **Stand der Bewässerung in Sachsen**
5. **Betriebswirtschaft / Kosten**
6. **Wasserdargebote**
7. **Ausblick, Zusammenfassung**

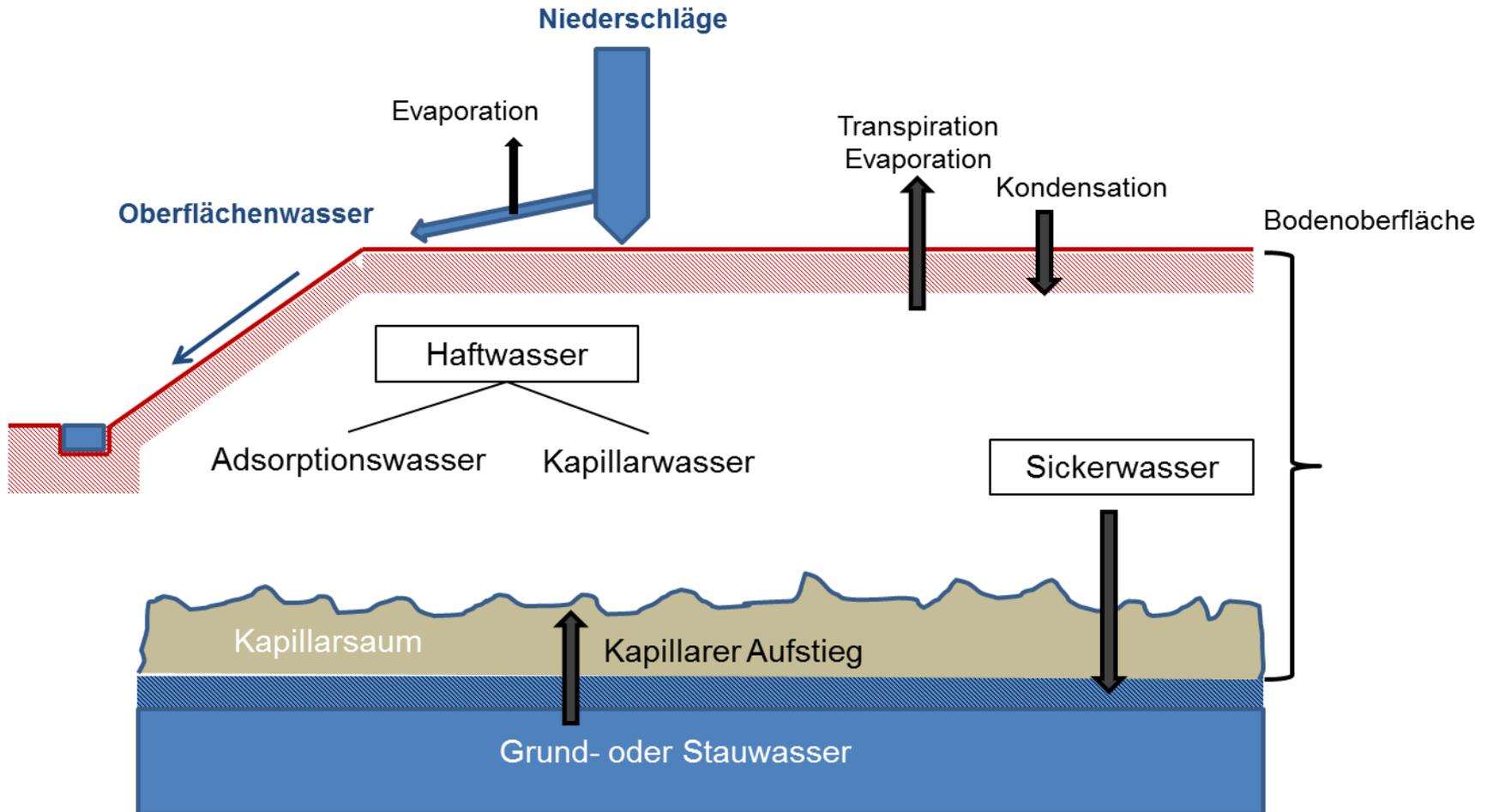
3. Grundlagen

Begriffe

- I Die **potentielle Evapotranspiration (PET)** ist die Wassermenge, die von einem Pflanzenbestand bei ausreichender Nährstoff- und Wasserversorgung in Form von Wasserdampf an die Atmosphäre abgegeben wird (max. mögliche Verdunstung).
- I Die **aktuelle Evapotranspiration (AET)** ist die Wassermenge die von einem Pflanzenbestand unter natürlichen Bedingungen abgegeben wird.
- I Die max. Haftwassermenge, gemessen am natürlich gelagerten Boden mit freiem Wasserabzug, bezeichnet man als **Feldkapazität**. Jeder Boden besitzt eine andere Feldkapazität. Die Pflanze kann nur Wasser zwischen **Welkepunkt** und Feldkapazität nutzen. Dieses Wasser bezeichnet man als **nutzbare Feldkapazität (nFK)**.

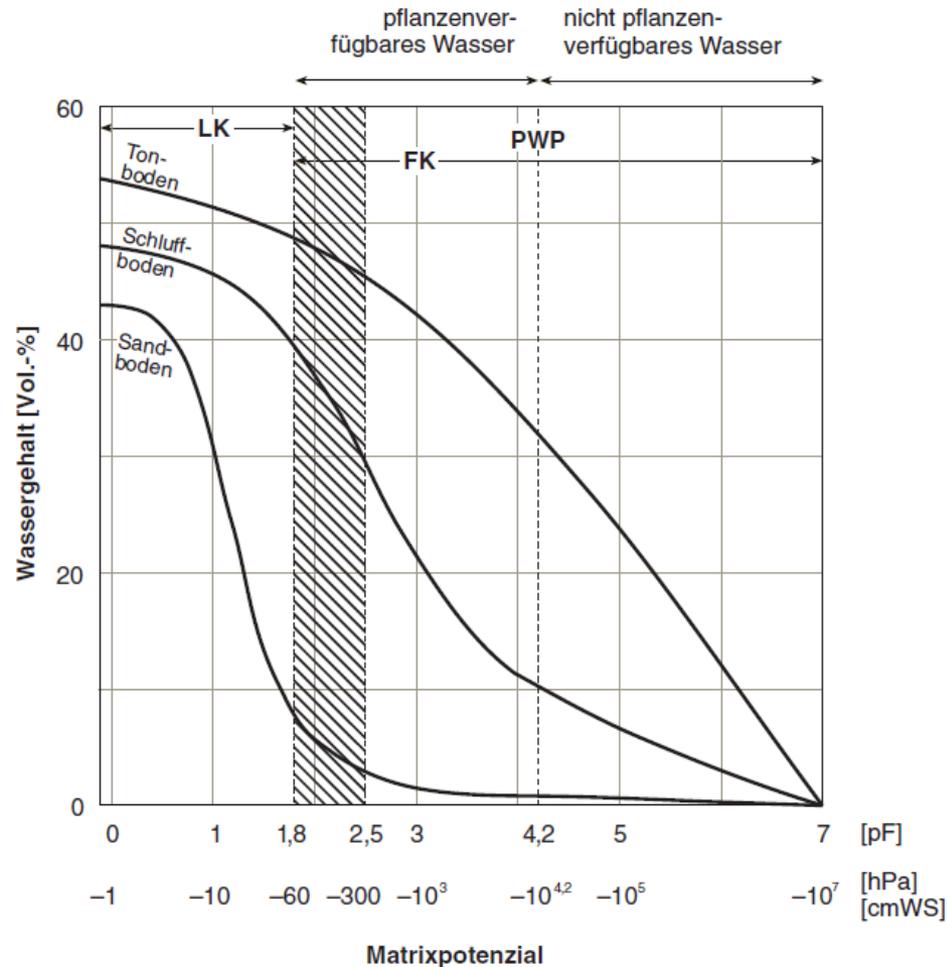
3. Grundlagen

Bodenphysikalische Kennwerte – Boden-Wasser-Kreislauf



3. Grundlagen

Bodenphysikalische Kennwerte – Wasserspannungskurven



Beziehung zwischen Matrixpotenzial und Wassergehalt, pF-Kurve) bei einem Sandboden, einem tonigen Schluffboden (Lössboden) und einem Tonboden (A-Horizonte). FK = Feldkapazität, PWP = permanenter Welkepunkt, LK = Luftkapazität.

3. Grundlagen

Bodenphysikalische Kennwerte – Beispiele Böden

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

3. Grundlagen

Bodenphysikalische Kennwerte – Beispiel Nordsachsen Trossin

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

3. Grundlagen

Transpirationskoeffizient (TK) in kg H₂O / 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		

3. Grundlagen

**Transpirationskoeffizient (TK) in kg H₂O / kg TM /
Wassernutzungseffizienz (WNE) in kg TM / kg H₂O**

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	++
Luzerne	niedrig	hoch	mittel	+
Durchw. Silphie	mittel - hoch	?	mittel	++ ?
Riesenweizengras	niedrig - hoch	?	mittel	+ ?

3. Grundlagen

Mehrerträge durch Bewässerung

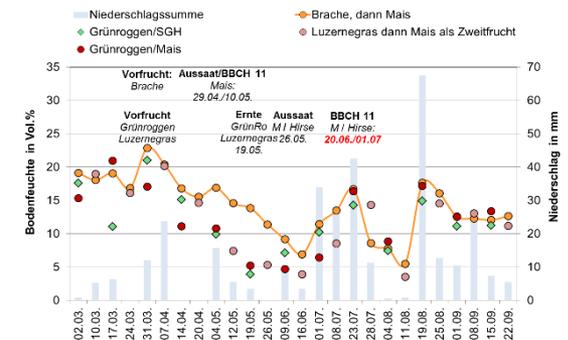
(verschiedene Standorte in Deutschland - Literaturrecherche)

	n	Zusatzwassermenge [mm/ha]			Mehrertrag [dt/ha]				Zusatzwasserausnutzung [kg/mm]		
		Ø	min	max	Ø	%	min	max	Ø	min	max
Bioenergiemais	9	114	50	215	27	20	4	78	23	5	50
Futtergras	12	122	122	122	143	96	37	228	117	31	187
Knautgras	20	162	65	312	17	7	-3	67	11	-5	31
Körnermais	34	79	30	155	17	29	2	41	23	5	56
Öllein	20	62	21	112	2	4	-5	10	4	-11	15
Silomais	14	89	20	140	34	41	1	66	37	7	55
Sojabohne	18	93	71	118	11	13	4	19	12	4	22
Sommergerste	13	116	47	122	5	4	0	10	5	0	19
Wintergerste	24	42	21	109	6	36	-8	24	15	-21	51
Winterroggen	22	41	20	98	3	12		20	5	-40	42
Winterweizen	15	115	62	136	12	9	2	25	11	1	28
Zuckerrübe	30	110	55	225	106	87	9	299	96	9	233

3. Grundlagen

Möglichkeiten zur Bewässerungssteuerung

Messen	Berechnen
Wassergehalt mittels Sensor	Klimat. Wasserbilanz
Saugspannung mit Tensiometer	Bodenfeuchte-Modelle
gravimetrisch mit Bohrstock	Aktuelle Evapotranspiration - Modelle
Lysimeter	Nutzung von Software und Internet



3. Grundlagen

Einfluss der Bewirtschaftung auf die Bodenfeuchte

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

3. Grundlagen

Bewässerungstechnik - Schlauchtrommel



3. Grundlagen



Bewässerungstechnik – Düsenwagen in Transportstellung



3. Grundlagen

Bewässerungstechnik - Linearberegnungsanlage Verziehen für Standortwechsel





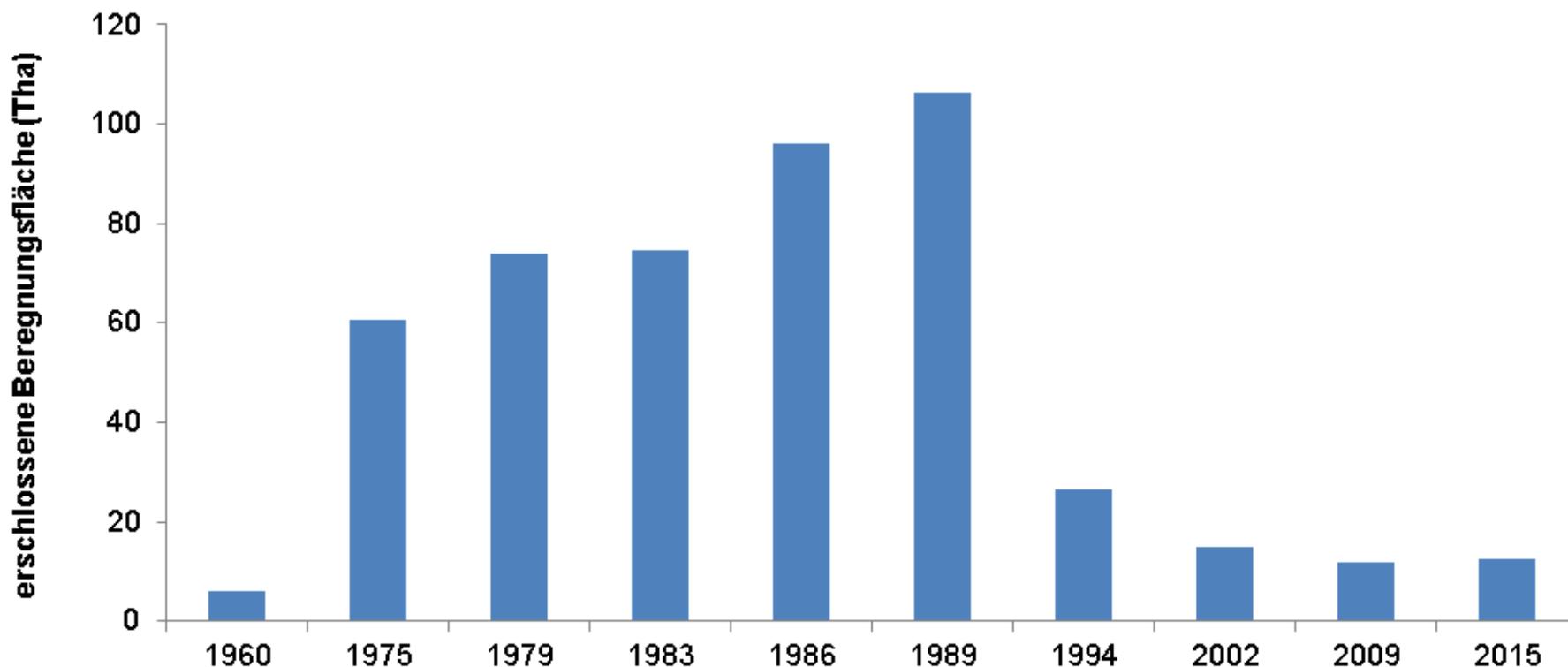
Gliederung

1. **Ausgangssituation (Klima, Landwirtschaft, Grundwasser)**
2. **Maßnahmen für Landwirtschaft und Grundwasser**
3. **Grundlagen**
4. **Stand der Bewässerung in Sachsen**
5. **Betriebswirtschaft / Kosten**
6. **Wasserdargebote**
7. **Ausblick, Zusammenfassung**

4. Stand Bewässerung

Entwicklung der erschlossenen Bewässerungsfläche auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in Sachsen

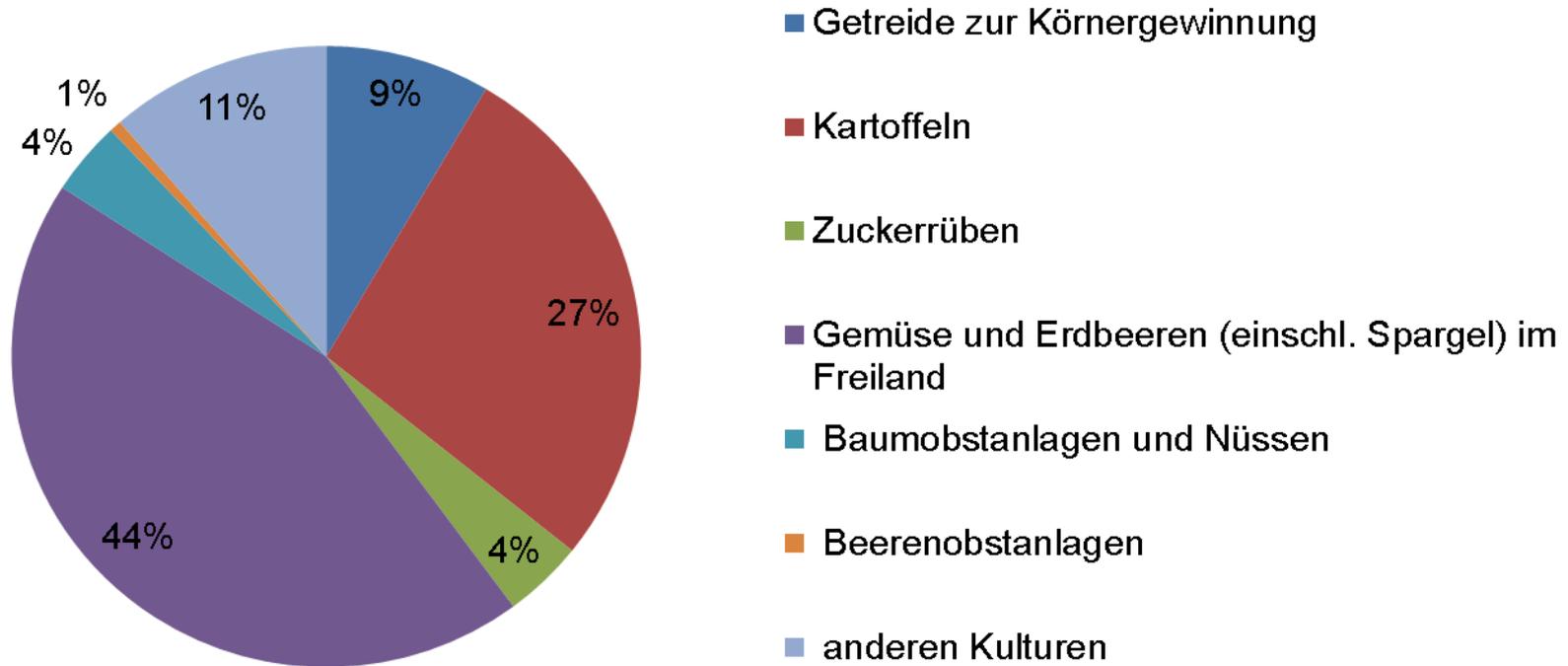
(Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN 2011 und 2016)



4. Stand Bewässerung

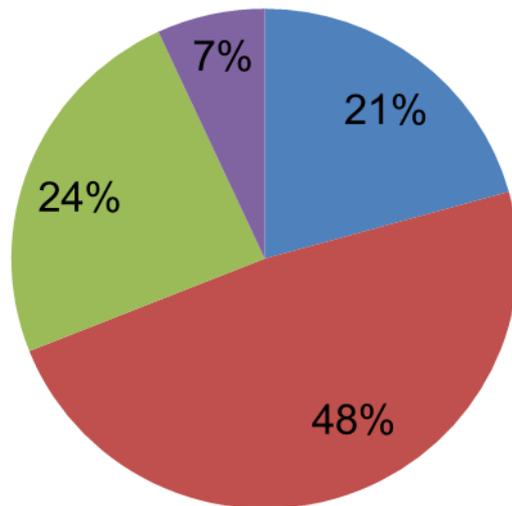
Bewässerung in der Landwirtschaft in Sachsen 2009 nach Kulturen

[Anteil an bewässerter Fläche in %] (Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN 2011)



4. Stand Bewässerung

Herkunft des Wassers für die Bewässerung in Sachsen 2015 [Anteil in %] (Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN 2016)



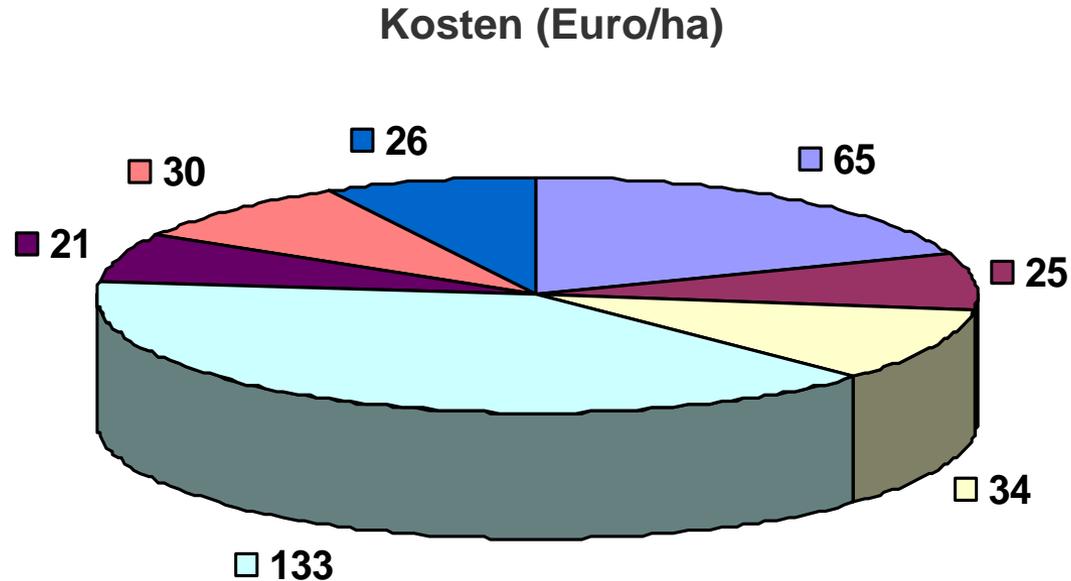
- aus öffentlichen oder privaten Versorgungsnetzen
- Grundwasser (auch Quellwasser und Uferfiltrat)
- betriebseigenes Oberflächenwasser (z. B. Teiche, Staubecken)
- betriebsfremdes Oberflächenwasser (z. B. Flüsse, Seen)

Gliederung

1. **Ausgangssituation (Klima, Landwirtschaft, Grundwasser)**
2. **Maßnahmen für Landwirtschaft und Grundwasser**
3. **Grundlagen**
4. **Stand der Bewässerung in Sachsen**
5. **Betriebswirtschaft / Kosten**
6. **Wasserdargebote**
7. **Ausblick, Zusammenfassung**

5. Betriebswirtschaft / Kosten

Aufteilung der einzelnen Kostenpositionen für ein Betriebsbeispiel



■ Strom

■ Wasser

■ Reparatur

■ Berechnungstechnik

■ Brunnen

■ Leitungen

■ Transportieren/Versetzen

5. Betriebswirtschaft / Kosten

Kostenübersicht (2 Berechnungsbeispiele)

		feste Kosten		variable Kosten		Gesamtkosten	
		A)	B)	A)	B)	A)	B)
Brunnen	[€/ha]	56	51		6	62	57
Pumpe							
Leitung	[€/m ³]	0,056	0,050		0,006	0,062	0,056
Berechnungsmaschine	[€/ha]	60	133	91	118	151	251
	[€/m ³]	0,06	0,13	0,09	0,11	0,15	0,24
Transport / Versetzen	[€/ha]	9	5	36	21	45	26
(AK)	[€/m ³]	0,010	0,005	0,036	0,020	0,046	0,025
				Summe	[€/ha]	258	334
					[€/m ³]	0,26	0,32

A) mobile Berechnungsmaschine mit Düsenwagen

B) Linearberechnungsanlage

5. Betriebswirtschaft / Kosten

Gesamtkosten Betriebsbefragung

	Einheit	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Ø
Berechnungs- technik		7 Einzelregner	2 Schlauchtrommeln mit Düsenwagen , Kreis- und Linearberegnung	6 Kreisbe- regnung, 6 Schlauch- trommeln	
H ₂ O Bereit- stellung		2 Speicher- becken	vorrangig Talsperre + 4 Brunnen	4 Brunnen	
Steuerung			Irrigama (700 EUR/a)	DWD	
Kulturen		Gemüse (Bohne, Spinat, Weißkohl)	Gemüse und Frühkartoffeln	Gemüse, Kartoffeln, Körnermais	
Var. Kosten	€/mm	3,92	3,13	2,61	3,22
FK	€/mm	0,45	0,47	3,83	1,58
G.kosten	€/mm	4,37	3,60	6,44	4,80

5. Betriebswirtschaft / Kosten

Wirtschaftlichkeit für 100 mm Beregnungswasser (Berechnung mit Ø Kosten)

	Kartoffeln	WW	ZR	Mais
Ertrag ber. dt/ha	485	92	840	496
Ertrag unber. dt/ha	400	75	700	410
Differenz dt/ha	85	17	140	86
Preis €/dt	17,00	16,25	3,00	3,50
Erlös ber. €/ha	8245	1495	2520	1736
Erlös unber. €/ha	6800	1219	2100	1435
Differenz €/ha	1445	276	420	301
Kosten ME €/ha	85	57	74	105
Ergebnis €/ha bei 4,- €/mm	960	-181	-54	-204

Förderung

I Investive Förderung mobiler Beregnungsanlagen nach RL

LIW/2014:

Anschaffung von umweltschonender, innovativer Spezialtechnik und bauliche Investitionen für die Bereitstellung von Beregnungswasser für wassersparende Technologien (keine Fruchtartenbeschränkung)

Zuschusssatz: **25 %** des zuwendungsfähigen Investitionsvolumens
5 % im benachteiligten Gebiet
20 % im Rahmen EIP AGRI

I Zuwendungsart: als Projektförderung mit Anteilsfinanzierung
in Form von Zuschüssen

5. Betriebswirtschaft / Kosten

Rentabilität wird beeinflusst durch:

- die Standorterschließung
- die Höhe der Energiepreise (Strom, Diesel)
- die Wasser- und Wasserbereitstellungskosten (regional stark differenziert)
- die gewählte Beregnungstechnologie (Investitionskosten)
- die Mehrerträge und den am Markt erzielbaren Preisen für die Produkte
- berechnungswürdige Fruchtarten in der Fruchtfolge, weil dadurch feste Kosten für andere Kulturen mit gedeckt werden können





Gliederung

1. **Ausgangssituation (Klima, Landwirtschaft, Grundwasser)**
2. **Maßnahmen für Landwirtschaft und Grundwasser**
3. **Grundlagen**
4. **Stand der Bewässerung in Sachsen**
5. **Betriebswirtschaft / Kosten**
6. **Wasserdargebote**
7. **Ausblick, Zusammenfassung**

6. Wasserdargebote

Stand und Entwicklung der verfügbaren Dargebote im Grund- und Oberflächenwasser

- I Vorrang für Trinkwasserversorgung
- I keine Übernutzung der verfügbaren Ressourcen
- I nicht jede Wasserbeschaffenheit eignet sich für Beregnungswasser
- I Antrag bei der unteren Wasserbehörde, Gutachten zum Nachweis der Verfügbarkeit und Gewinnbarkeit des Wassers

Medium	Was ist zu beachten?
Grundwasser	<ul style="list-style-type: none">- Entnahmemenge deutlich kleiner als GWN (Nutzungskonkurrenz beachten!)- Wasser sollte mit vertretbarem Aufwand gewinnbar sein
Fluss/Bach	<ul style="list-style-type: none">- Mindestwasserführung muss gewährleistet werden, bei Trockenheit keine Nutzung!
Kleinspeicher	<ul style="list-style-type: none">- Restriktionen in Trockenzeiten (Naturschutz)
Vorratsbehälter	<ul style="list-style-type: none">- Restriktionen?

6. Wasserdargebote

Dargebote im Grund- und Oberflächenwasser (nach Kuhn, Erhebung 1990)

- I Grundwasser in Höhe von mindestens 650.000 m³ pro Tag
Jährlich könnte damit eine Fläche von rund **237.000 ha mit 100 mm** bewässert werden.
- I Oberflächenwasserreserve von rund 22 Mio. m³ aus
verschiedenen landeseigenen Talsperren und Wasserspeichern
(geschätzte Reserve in 2050). Rechnerisch könnten damit jährlich
ca. **22.000 ha mit 100 mm** bewässert werden.

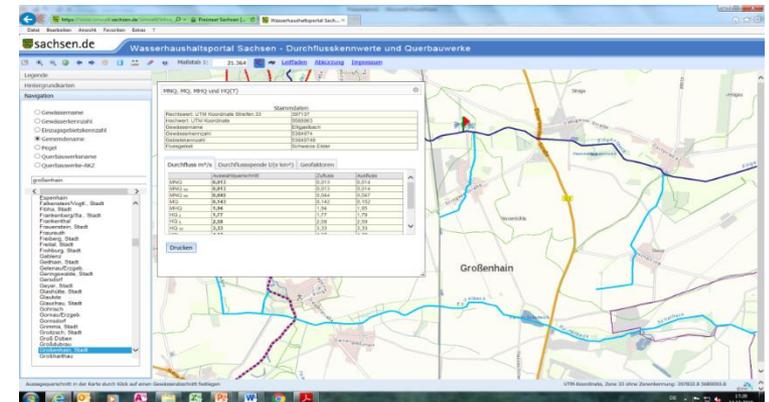
Wasserdargebot ← → Bedarf an Wasser

- umfangreiche ingenieurplanerische Arbeiten
- verstärkte Speicherung und eventuelle Fernleitung von Wasser

6. Wasserdargebote

Informationsquellen

- webbasierte interaktive Kartenanwendung zu „KLIWES“ mit Projektionsdaten für den Wasserhaushalt (derzeitiger Zustand und Entwicklung bis 2100) sowie zur aktuellen Grundwassersituation
- „Niedrigwasserkennwerte und mittlere Durchflüsse“ (MNQ, MQ und Querbauwerke) des **Wasserhaushaltsportals Sachsen** (<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/10890.htm>).
- regelmäßig Informationen bzw. **Schulungen** der betreffenden behördlichen Nutzer
- neue Untersuchungen zu Grundwasserdargeboten in A4 des LfULG





Gliederung

1. **Ausgangssituation (Klima, Landwirtschaft, Grundwasser)**
2. **Maßnahmen für Landwirtschaft und Grundwasser**
3. **Grundlagen**
4. **Stand der Bewässerung in Sachsen**
5. **Betriebswirtschaft / Kosten**
6. **Wasserdargebote**
7. **Ausblick, Zusammenfassung**

7. Ausblick / Zusammenfassung

Allgemein

- 1. zunehmendes Ertrags- und Qualitätsrisiko durch den Klimawandel, deshalb auf leichten Böden Sicherstellung einer bedarfsorientierten zusätzlichen Bewässerung notwendig**
- 2. weiterhin Forschungs- und Wissensbedarf in Verbindung mit der Bewässerung und ihrer Wirtschaftlichkeit**
- 3. beregungswürdig vor allem Gemüse und Kartoffeln, bei bestimmten Voraussetzungen auch andere Fruchtarten**

7. Ausblick / Zusammenfassung

Wirtschaftlichkeit

1. bei Bewässerungsvorhaben umfangreiche Vorplanung und Vergleich verschiedener Varianten notwendig
2. Investitionsentscheidung nach Rentabilitätskriterien innerbetrieblich festlegen
3. jedes Vorhaben ist betriebswirtschaftlich unterschiedlich zu bewerten
4. viele berechnungswürdige Fruchtarten in der Berechnungs-Fruchtfolge erhöhen die Wirtschaftlichkeit weniger berechnungswürdiger Kulturen

Wasserdargebote

- 1. Bewässerung schützt Grundwasser vor hohen Nitratbelastungen**
- 2. Es steht in Sachsen ausreichend Bewässerungswasser zur Verfügung, nur nicht immer an der Stelle, wo es benötigt wird. Unbedingt Vorrang für die Trinkwasserversorgung beachten!**
- 3. Bedarf und Angebot sollten in Übereinstimmung gebracht werden**
- 4. bürokratische Erleichterungen für die Landwirte ist notwendig**

5. Ausblick / Zusammenfassung

Was brauchen wir am LfULG und in Sachsen

- **Überblick über Wasserdargebot schaffen und daraus Wassermanagement für Wasserentnahme ableiten (Sachsen ist wasserreich)**
- **jetzt Investieren in Speicheranlagen, Verteilung, Technik und Digitalisierung**
- **Richtlinien/Handlungsanleitung für untere Wasserbehörden erarbeiten für die Vergabe von Wasserrechten**
- **Etablierung von Wasser- und Bodenverbänden (Beregnungsverbände) in Sachsen incl. Melioration**

Kontakt

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Name: Dr. Kerstin Jäkel

E-Mail: kerstin.jaekel@smul.sachsen.de

Telefon: 035242 631-7204

