



# Wasserhaushaltsgrößen von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen

Knoblauch, Steffi,  
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft



## Lysimeteranlage Butteltstedt



monolithisch befüllt



inmitten eines  
Feldschlages  
installiert



kontinuierlich  
wägbar mit  
einer  
Genauigkeit  
von 0,05 mm

1983...1994 Ackerkulturen:

Kartoffel-Winterweizen-Zuckerrübe-Sommergerste-  
W.Weidelgras-Silomais

1995...2004 Gemüse:

Buschbohne-Gurke-Weißkohl(F)-Winterraps-  
Zwiebel-Blumenkohl-Weißkohl(I)-Pfefferminze-  
Pfefferminze-Blumenkohl

nFK  
(Vol.%)

14,1  
13,3  
13,8  
13,9  
10,0  
9,7  
10,3  
9,9  
8,5  
9,1



Ap  
25  
Ah  
43  
Ah-Bv  
63  
Ckc

## Tiefgründiger Braunerde-Tschernosem

Bodenart: schluffiger Lehm

Tongehalt:

Ap: 0... 25 cm: 26,6 %

Ckc1: 65...100 cm: 20,3 %

Grobporenvolumen:

Ah: 25... 43 cm: 13,1 Vol.%

Ah-Bv: 43... 65 cm: 9,8 Vol.%

Ckc1: 65...100 cm: 12,7 Vol.%

effektive Durchwurzelungstiefe für  
Ackerkulturen: 160 cm

nutzbares Bodenwasserdargebot  
(nFKwe): 185 mm

- I : • Zusatzwasser zur Aufrechterhaltung von 80 % nFK im Wurzelraum
- II : • kein Zusatzwasser oder
  - Zusatzwasser zur Aufrechterhaltung eines AET/PET-Quotienten von 0,8

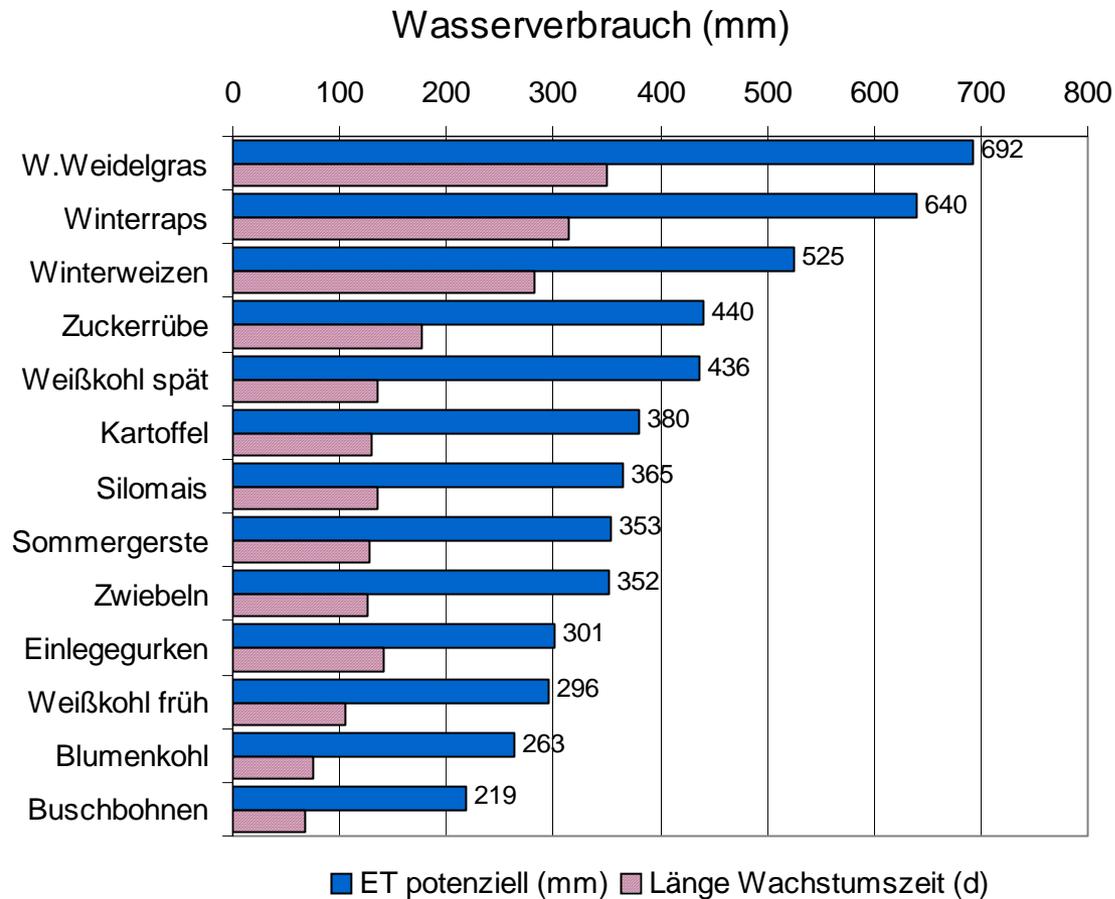


vielj. Niederschlag 1961...90: 544 mm

vielj. Temperatur 1961...90: 8,3 °C



unter potenziellen Verdunstungsbedingungen (Roth et al, 2005)



zwischen  
Aufgang und  
Ernte



# Wassernutzungseffizienz landwirtschaftlicher Kulturen und Feldgemüse

Kulturart	Länge Wachstumszeit	Transpirationskoeffizient
	Tage	kg H <sub>2</sub> O/ kg TM
W. Weidelgras	349	360
Winterraps	321	296
Winterweizen	283	349
Zuckerrübe	176	243
Silomais	135	191
Sommergerste	128	221
Zwiebeln	127	320
Kartoffel	116	217
Weißkohl früh	105	241
Blumenkohl	76	295

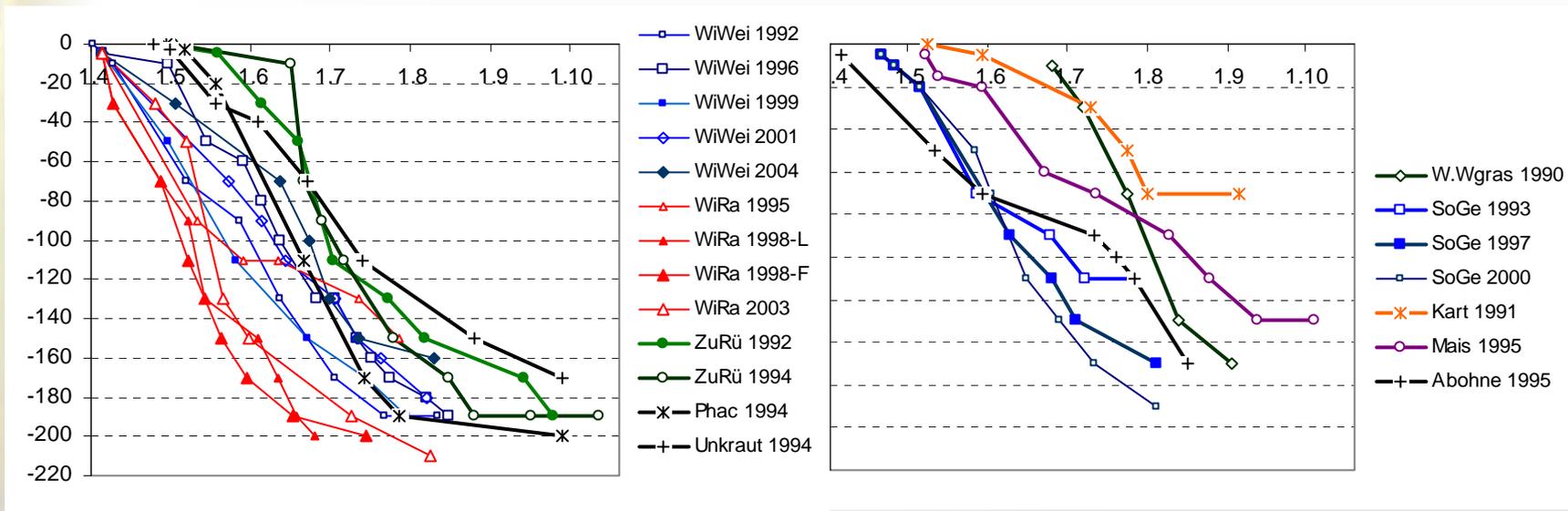


# Durchschnittlicher Wasserverbrauch in der Hauptwachstumsperiode

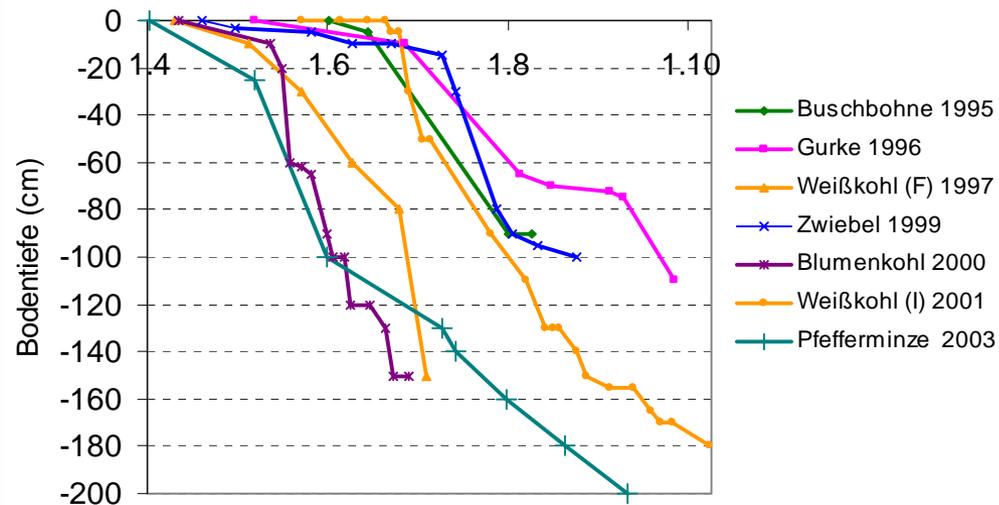
Fruchtart	Anbaujahr	Mittel (in mm)	Schwankungsbreite (in mm)
Winterweizen	1983	4,3	2,5 bis 7,9
	1987	3,9	1,5 bis 7,8
	1992	4,0	1,1 bis 8,3
Sommergerste	1985	3,7	1,5 bis 6,7
	1989	4,0	2,9 bis 8,7
Zuckerrüben	1988	4,3	2,0 bis 9,4
Kartoffeln	1986	4,1	2,5 bis 7,6
Winterraps	1998	4,3	0,1 bis 8,4
Welsches Weidelgras	1990	3,8	0,7 bis 10,0
Weißkohl-früh	1997	3,9	0,3 bis 7,7
Zwiebeln	1999	4,3	0,5 bis 8,0
Blumenkohl	2000	5,2	2,8 bis 8,2
Pfefferminze	2002	3,9	0,1 bis 8,3
Pfefferminze	2003	4,8	0,5 bis 12,7

Mittelwert für die Planung von Beregnungsanlagen und für die Beregnungssteuerung: ~ 4 mm

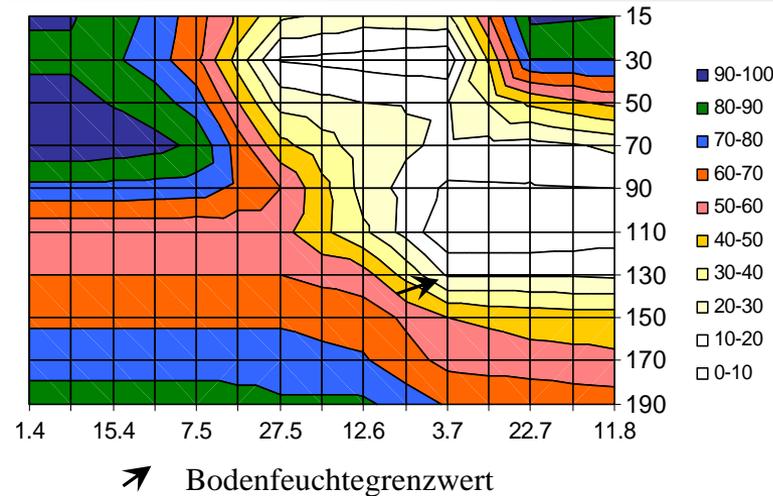
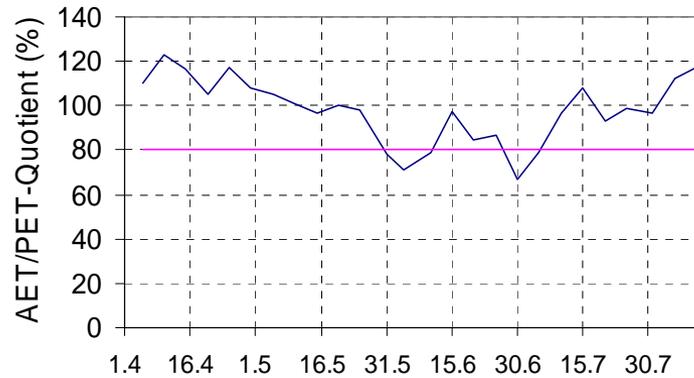
## Ackerkulturen



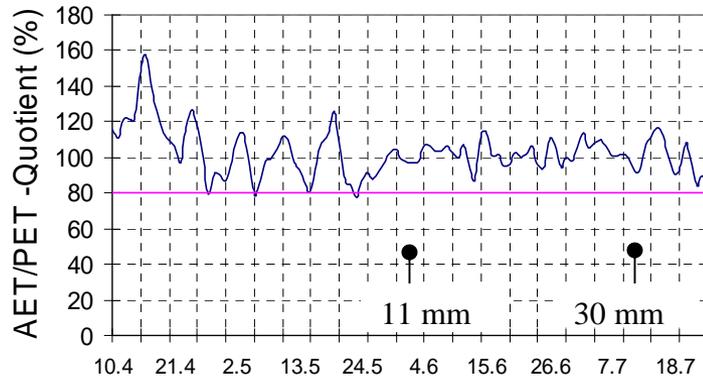
## Feldgemüse



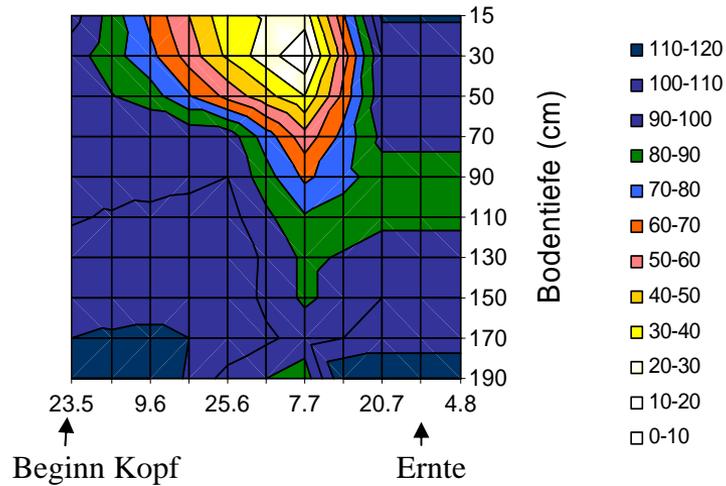
## Winterweizen

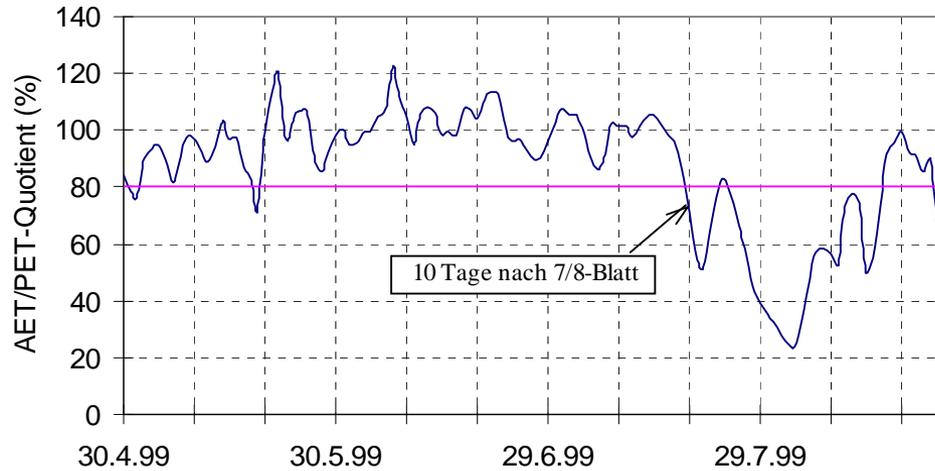


## Weißkohl früh

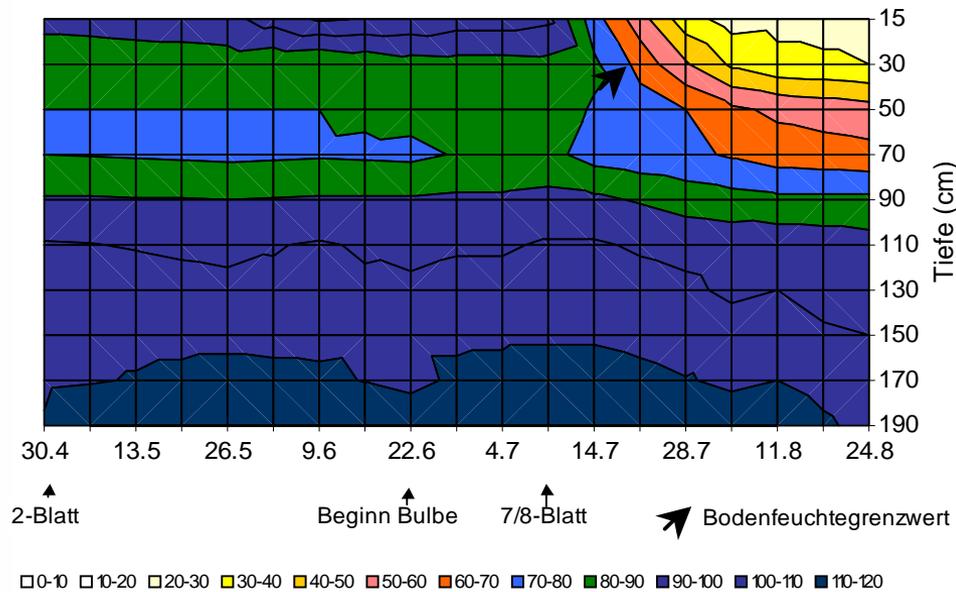


● Zusatzwasser





Zwiebeln





# Schwellenwerte Bodenfeuchte

	Schwellenwerte		Entwicklungsstadium bei Erreichen des Schwellenwertes <sup>1)</sup>
	Bodenfeuchte (% nFK)	Bodenwassermenge (mm)	
Weißkohl (F)	40 % nFK in 120cm Tiefe	90	bei Erntebeginn
Weißkohl (I)	50 % nFK in 150 cm Tiefe	100	Mitte August, fünf Wochen vor Ernte
Blumenkohl	60 % nFK in 100 cm Tiefe	50	Übergang vom Blatt- zum Kopfwachstum
Zwiebel	> 80 % nFK in 30 cm Tiefe	5	10 Tage nach 7-8-Blatt



# Schwellenwerte Bodenfeuchte

	Schwellenwerte		Entwicklungsstadium bei Erreichen des Schwellenwertes <sup>1)</sup>
	Bodenfeuchte (% nFK)	Bodenwassermenge (mm)	
Winterweizen	20 % nFK in 100cm Tiefe 30 % nFK in 100-200cm Tiefe	170	Milchwachsreife
Kartoffel	40 % nFK in 60 cm Tiefe	50	drei Wochen nach Blüte



# Wasserbedarf und Bodenwassermenge ohne Ertragseinbuße

	Beregnungs- zeitspanne	Wasserbedarf (mm)	Wasserdefizit mittl. Trockenjahr (mm)	Bodenwasser- menge ohne Ertragseinbuße (mm)
Weißkohl (F)	12-Blatt bis kurz vor Ernte	236	-111	90
Blumenkohl	12-Blatt bis kurz vor Ernte	188	-115	50
Zwiebel	6-7-Blatt bis beg. Vergilbung des Lauches	192	-122	5



# Mengen Zusatzwasser

	berechnet (PET, > 80 % nFK)	reduziert berechnet (0,8 PET)/ unberechnet
	mm	mm
Weißkohl (F)	113	70
Blumenkohl	124	80
Zwiebel	76	0



	berechnet (PET, > 80 % nFK)	reduziert berechnet (0,8 PET) / unberechnet
	dt/ha Frischmasse	dt/ha Frischmasse
Weißkohl (F)	1218	1264
Blumenkohl	372 Kopf 644 Blatt	336 Kopf 460 * Blatt
Zwiebel	776 / 2 % < 4g	618 * / 10 % < 4g



# Richtwerte für die Berechnung und Parameter für die Berechnungssteuerung

## Richtwerte für die Berechnung

$$\text{Zusatzwasser}_{\text{BZ}} = \text{ET}_{\text{BZ}} - (\text{N} + \text{nFK}_{70\%})$$

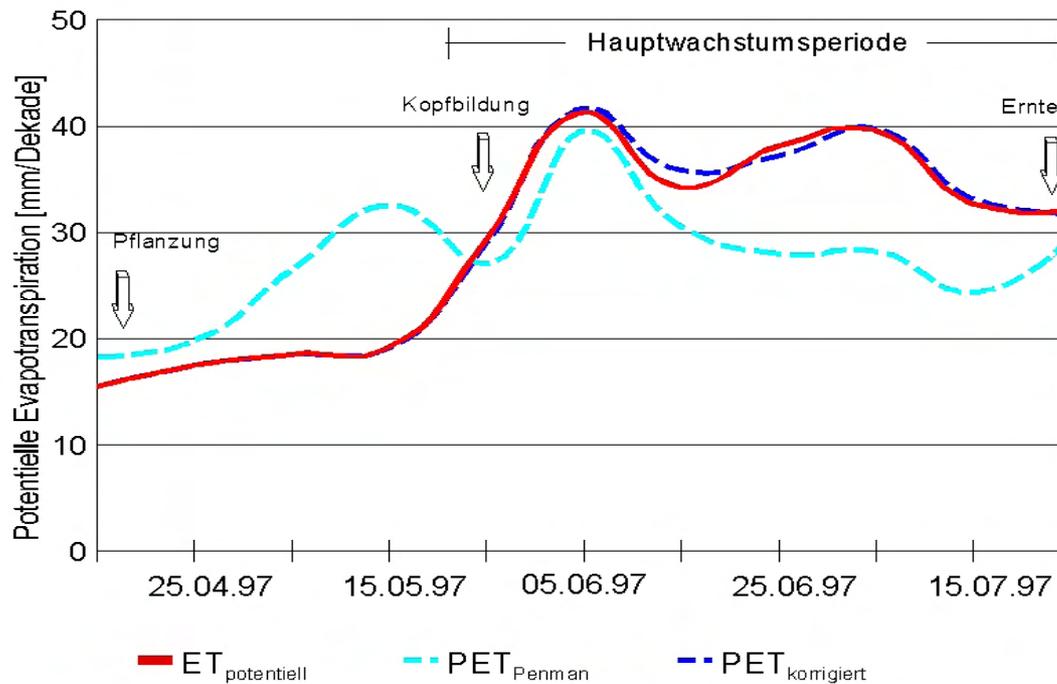
## Parameter für die Berechnungssteuerung (VERD, BEREST)

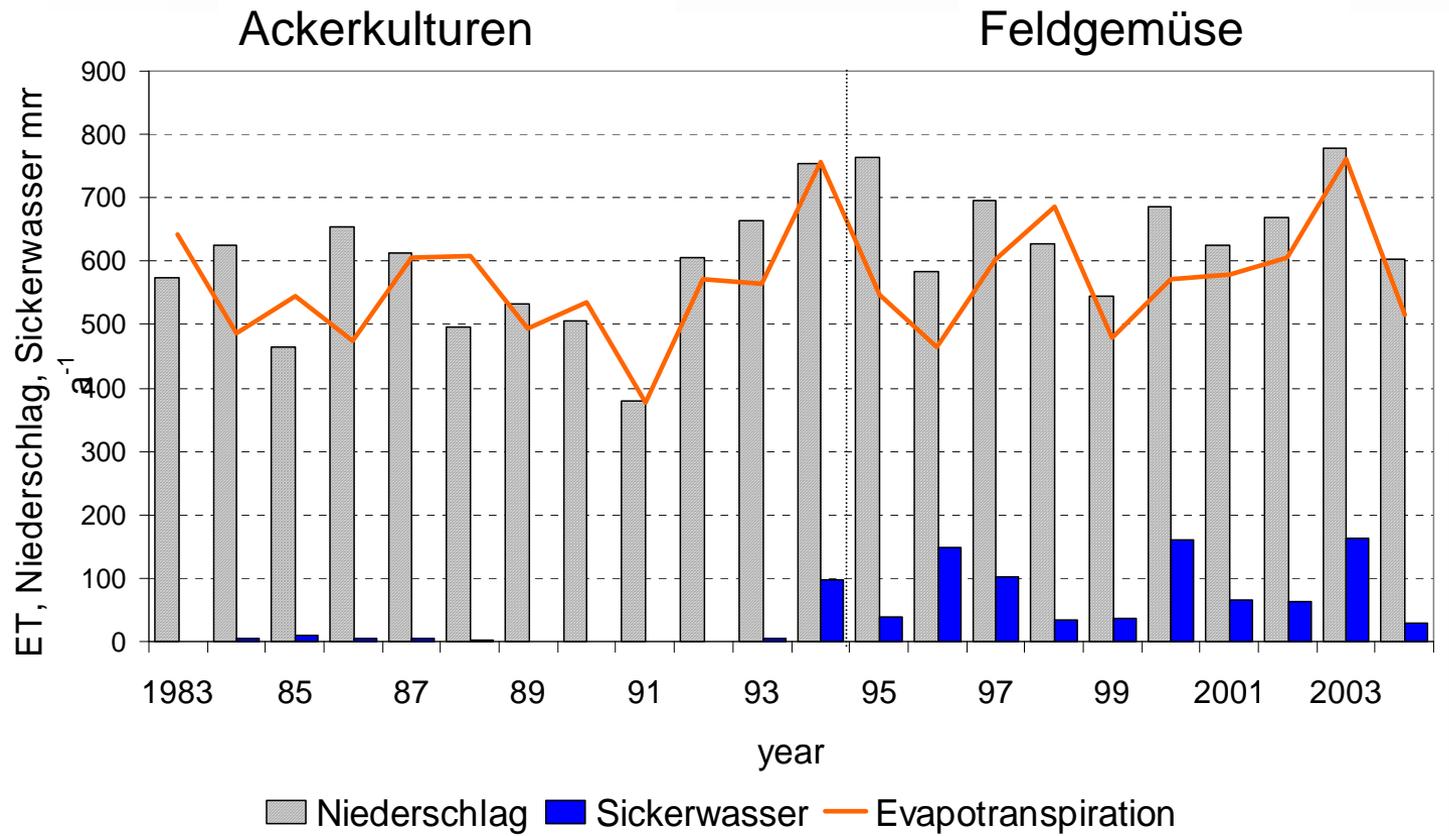
kulturartenabhängige  
Korrekturfaktoren für  
Anpassung  $\text{PET}_{\text{Schätzverfahren}}$   
an  $\text{PET}_{\text{Pflanze}}$

Wasserbedarf der  
Pflanzen in den  
einzelnen  
Entwicklungs-  
abschnitten

Bodenwasseraneignungs-  
vermögen (zeitlicher  
Verlauf, Intensität,  
Reduktionsfunktion)

## Kopfkohl 1997





Vergleich der Temperaturen (°C) verschiedener Dekaden innerhalb der Boden-Klimaräume Thüringens (Michel, 2009)

Boden-Klima-Raum	Dekade 1951 bis 1960 zu 1991 bis 2000					Dekade 1991 bis 2000 zu 2041 bis 2050				
	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
<b>Lößböden Ackerebene</b>	0,9	0,7	-0,2	0,7	0,5	<u>1,3</u>	0,4	0,2	<u>1,6</u>	0,9
<b>Lößböden Übergangslagen</b>	1,1	0,8	0,0	0,8	0,7	<u>1,2</u>	0,4	0,0	<u>1,4</u>	0,7
<b>Verwitterungs- böden</b>	1,0	0,7	0,0	0,9	0,6	<u>1,4</u>	0,6	0,0	<u>1,3</u>	0,8

Vergleich der Niederschläge (mm) verschiedener Dekaden innerhalb der Boden-Klimaräume Thüringens (Michel, 2009)

Boden-Klima-Raum	Dekade 1951 bis 1960 zu 1991 bis 2000					Dekade 1991 bis 2000 zu 2041 bis 2050				
	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
<b>Lößböden Ackerebene</b>	21,4	-36,6	0,9	12,6	-1,8	7,2	<u>-45,4</u>	<u>-22,3</u>	2,4	-58,2
<b>Lößböden Übergangslagen</b>	20,8	-27,4	0,9	10,1	4,4	5,6	<u>-45,9</u>	<u>-23,5</u>	4,2	-59,6
<b>Verwitterungs- böden</b>	29,2	-23,3	19,2	21,7	46,7	2,3	<u>-39,4</u>	<u>-32,3</u>	2,8	-66,6

Vergleich der Klimatischen Wasserbilanz (mm) verschiedener Dekaden innerhalb der Boden-Klimaräume Thüringens (Michel, 2009)

Boden-Klima-Raum	Dekade 1951 bis 1960 zu 1991 bis 2000					Dekade 1991 bis 2000 zu 2041 bis 2050				
	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
<b>Lößböden Ackerebene</b>	28,8	-26,6	10,0	12,6	24,7	-28,4	<u>-92,2</u>	-34,8	-8,6	- 163,9
<b>Lößböden Übergangslagen</b>	18,3	-34,6	1,8	5,6	-8,8	-22,7	<u>-75,0</u>	-29,6	-3,1	- 130,4
<b>Verwitterungs- böden</b>	28,6	-28,5	19,9	17,0	37,0	-29,5	<u>-68,6</u>	-36,2	-2,6	- 136,9

## Auswirkungen des TEMP-Anstiegs auf die Pflanze (Schaller & Weigel, 2008)

- Photosynthese nimmt mit steigender TEMP bis zu einem Optimalwert zu, darüber geht sie zurück
- beeinflusst Verteilung der Photosyntheseprodukte, v.a. das Wurzel-Sproß-Verhältnis
- hohe Nacht-TEMP unterdrücken die Kohlenhydratversorgung reproduktiver Organe
- Anstieg der Atmung und damit Reduzierung der Netto-Assimilation im Blatt und in der Wurzel, Senkenstärke der Wurzel nimmt ab
- bei determinierten Arten Verkürzung der Entwicklung und ggf. geringere Erträge, bei nicht-determinierten Arten Verlängerung der Wachstumsphase und Ertragszunahme, insofern keine wärmebedingten Atmungsverluste.
- höhere Streuung der TEMP stärker ertragsmindernden Einfluss als mittlerer TEMP-Anstieg, Trockenheit verstärkt Hitzestress

Auswirkungen des Anstiegs der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf die Pflanze (Schaller & Weigel, 2008)

- Ressourceneffizienz (Licht, Wasser, Nährstoffe) steigt, z. B. WUE
- C4-Pflanzen höhere WUE als C3-Pflanzen
- C3-Pflanzen stärker begünstigt als C4-Pflanzen
- TEMP-Optimum lichtgesättigter Photosynthese steigt, neg. TEMP-Effekte werden z.T. kompensiert
- Lichtkompensationspunkt wird zu niedrigeren Lichtstärken verschoben und damit Anstieg der Netto-Photosyntheseleistung des Pflanzenbestandes
- 80% der erhöhten WUE geht auf gesteigerte PHOT und nur 20% auf verminderte Transpiration zurück. Wachstumsbedingter höherer Wasserverbrauch kann Wasserersparnis kompensieren.

Auswirkungen des Anstiegs der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf die Pflanze (Schaller & Weigel, 2008)

- Empfindlichkeit gegenüber Trockenstress nimmt ab
- Erhöhung der Blatt- und Bestandestemperatur aufgrund reduzierter Stomataöffnung, die Transpiration steigt an und ein Teil der Wasserersparnis wird kompensiert
- eine durch höhere TEMP ausgelöste schnellere Vegetationsentwicklung verbraucht u.U. weniger Wasser- allerdings zum Preis potenzieller Ertragsverluste
- Begünstigte Gemüsesorten: Sorten mit einem hohen Ernteindex, ausgeprägter Senkenstärke, nicht determinierter Entwicklung und langer Vegetationsperiode (z.B. Gurke, Karotten, Speisezwiebeln)

- Abschätzungen regionaler Klimaänderungen sagen für die kommenden Jahrzehnte ein Anstieg der Temperatur und regional differenziert eine Abnahme der Niederschläge voraus.
- Management- und Beratungssysteme für einen effizienten Einsatz von Boden- und Zusatzwasser werden deshalb zukünftig mehr an Bedeutung gewinnen für die Sicherung stabiler Erträge und Produktqualitäten.
- Dafür werden fruchtartenspezifische Parameter des Pflanzenwasserhaushaltes, Kennwerte der standortabhängigen Bodenwasserbereitstellung und Kenntnisse über die Sensitivität der Kulturpflanzen gegenüber Trockenstress, Strahlung und Temperatur sowie über den Wasserverbrauch unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren benötigt.
- Wägbare Lysimeter, wie die an der Lysimeterstation Buttelstedt bieten alle Voraussetzungen, um diese standort- und nutzungsabhängigen Parameter für die Umsetzung in für die landwirtschaftliche Praxis nutzbaren Managementsystemen



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

