

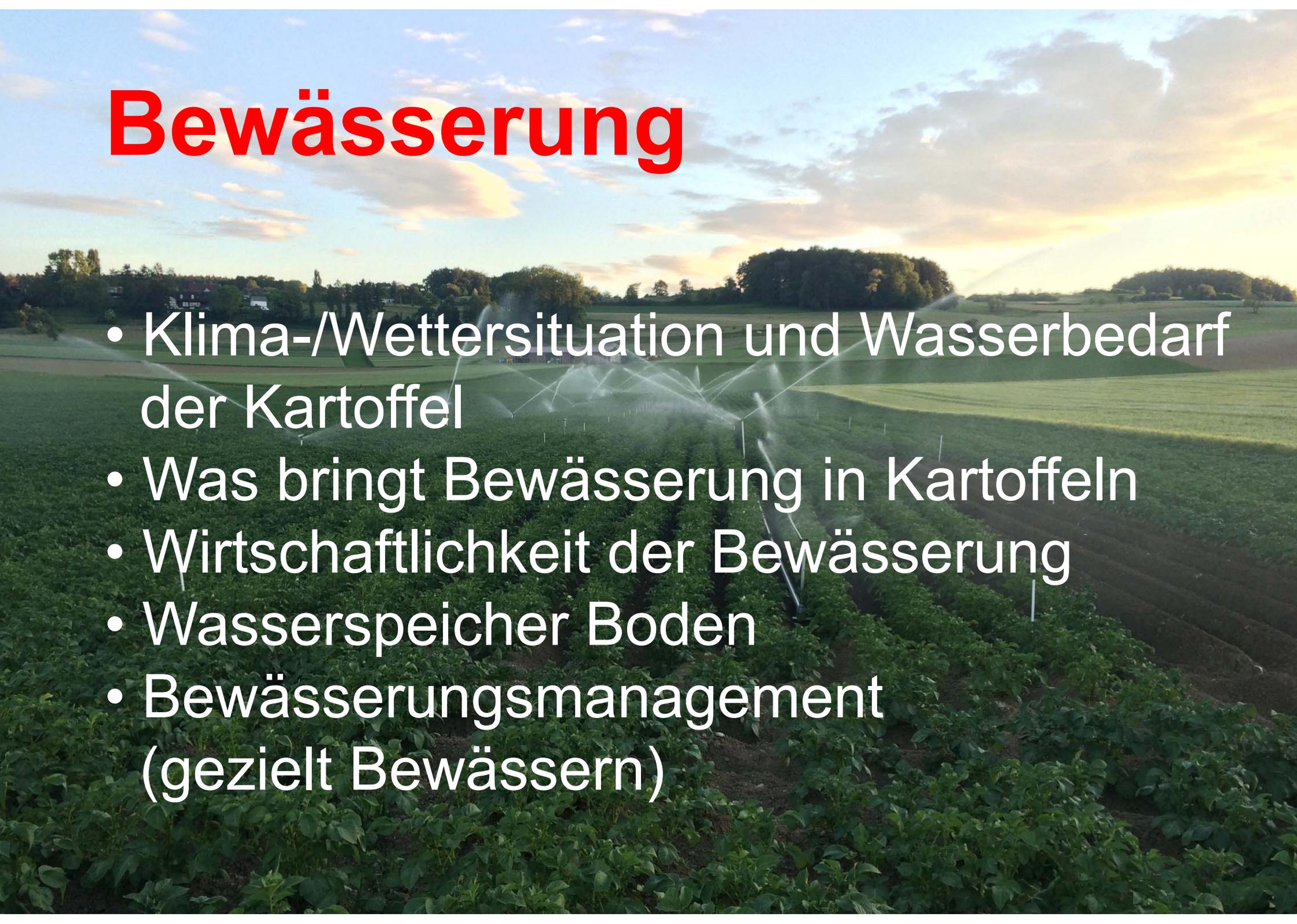


Bewässerung im Kartoffelbau

Andreas Rüscher, Strickhof Fachbereich Ackerbau



Bewässerung



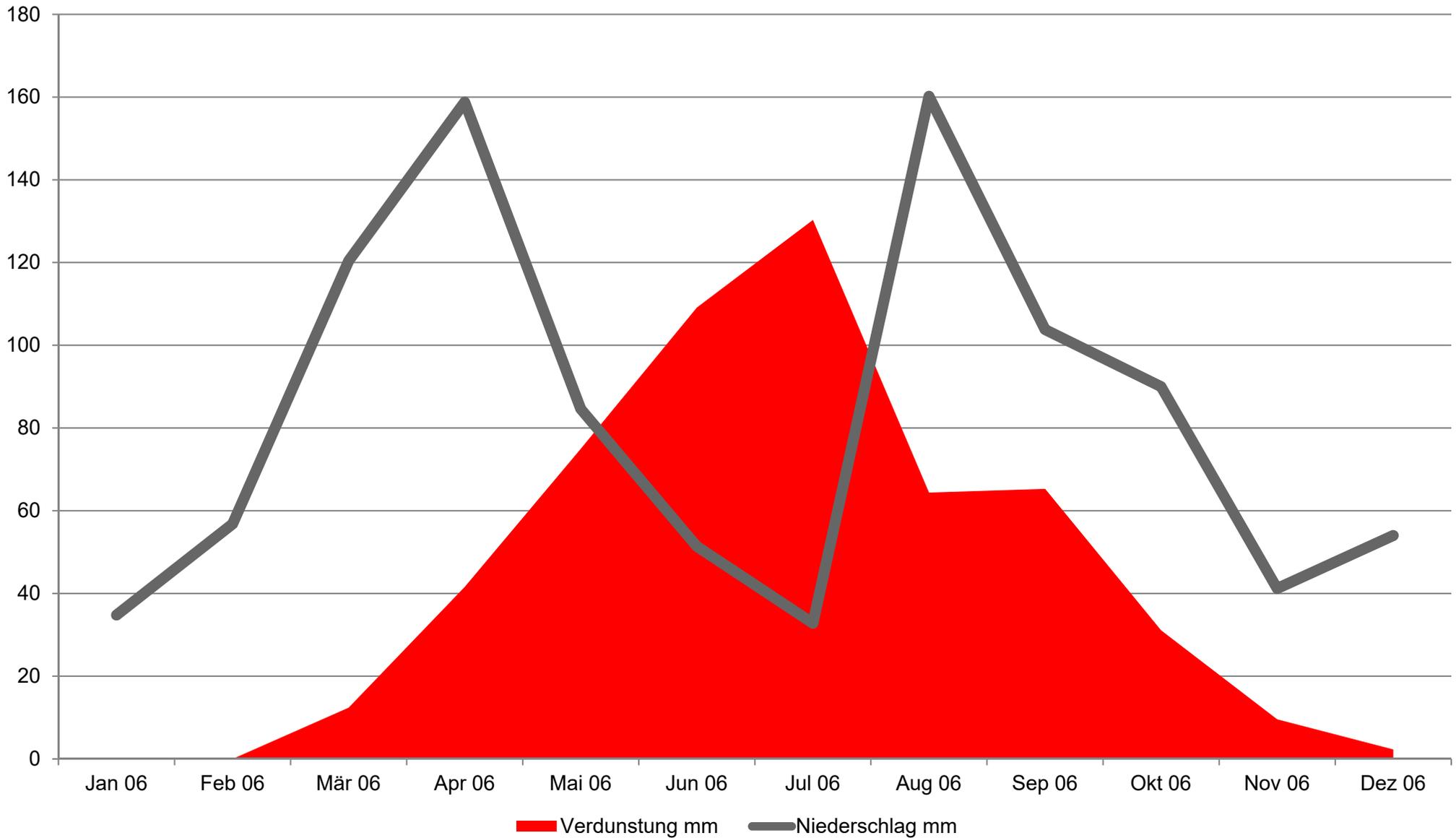
- Klima-/Wettersituation und Wasserbedarf der Kartoffel
- Was bringt Bewässerung in Kartoffeln
- Wirtschaftlichkeit der Bewässerung
- Wasserspeicher Boden
- Bewässerungsmanagement (gezielt Bewässern)

Hitze- und Trockenheitsstress



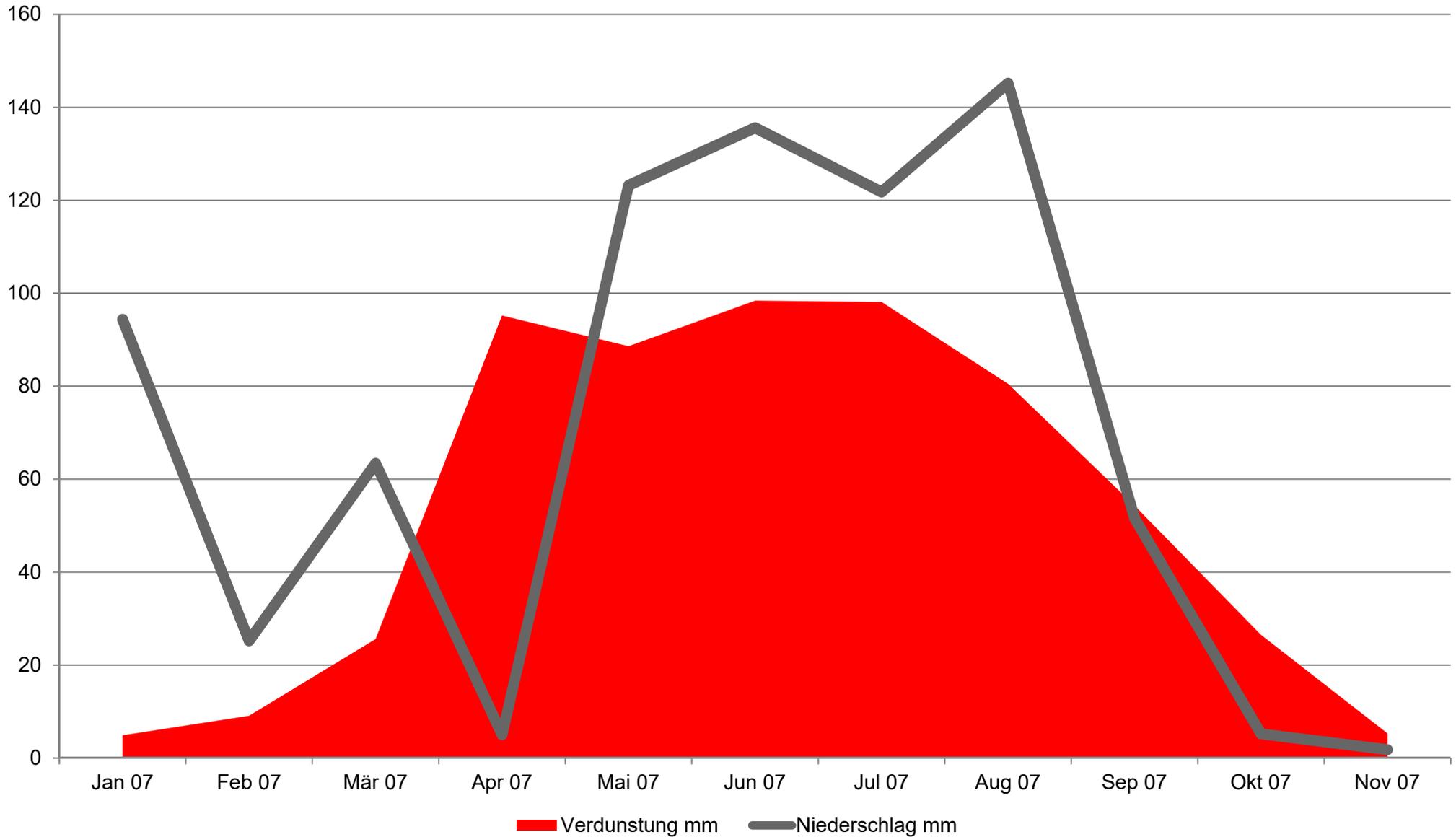
Uhwiesen 2006 („Sommertrockenheit“)

Quelle: agrometeo.ch

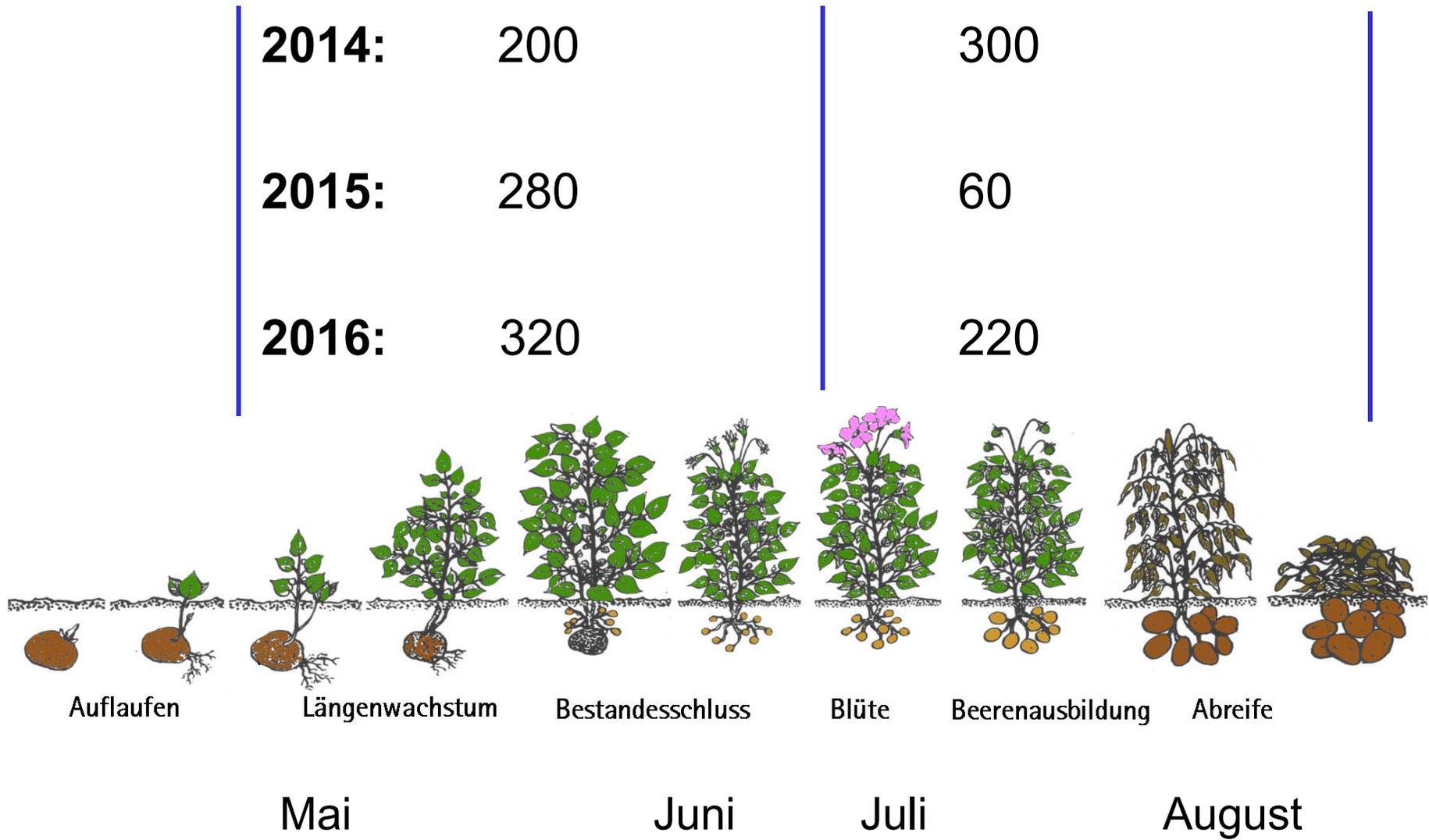


Uhwiesen 2007 („Frühjahrstrockenheit“)

Quelle: agrometeo.ch



Niederschläge Humlikon in l/m²



Humlikon 2015



Bewässerung

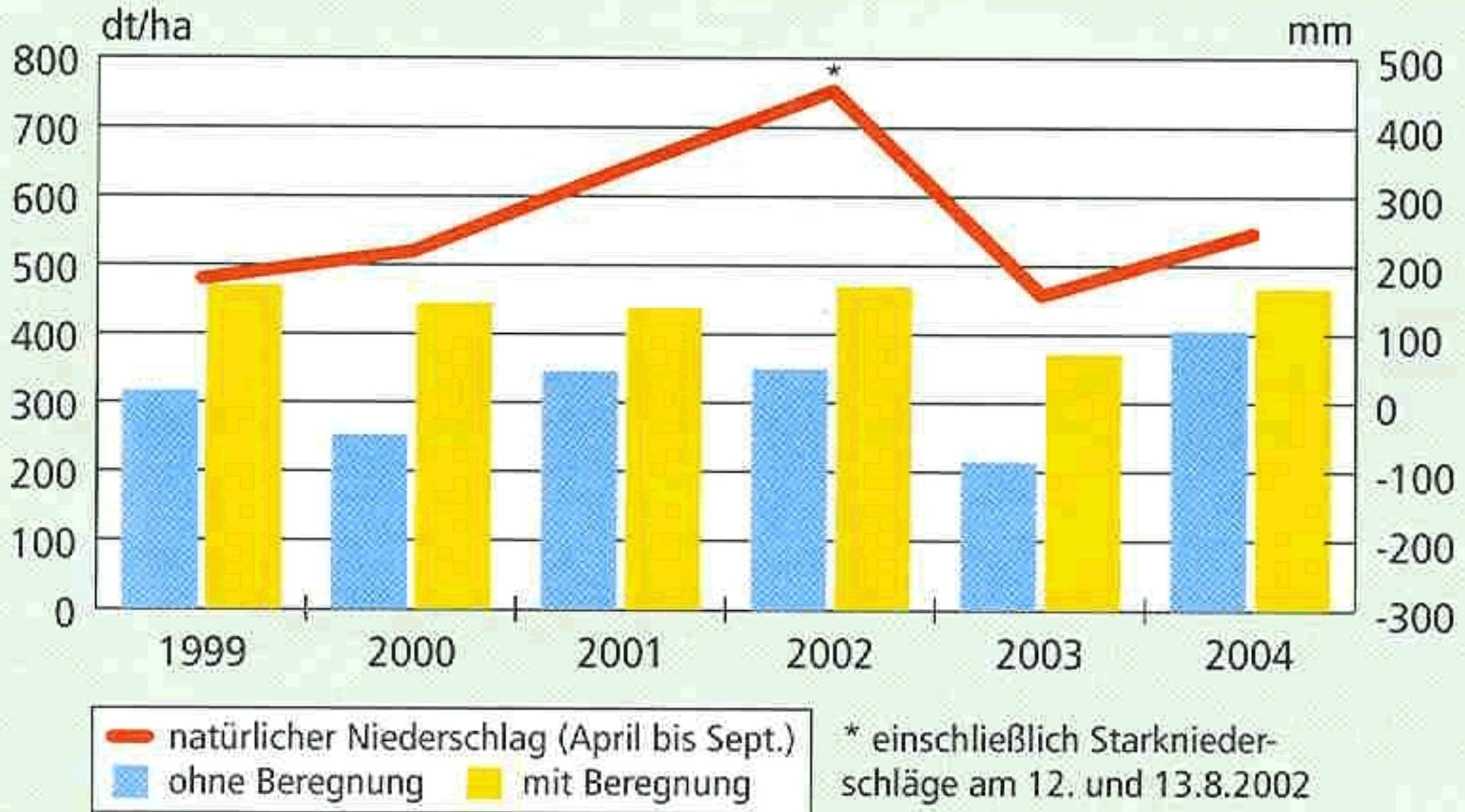
650 dt NS/ha



Ohne Bewässerung

350 dt NS/ha

Übersicht 1: Kartoffelerträge ohne und mit Beregnung im Vergleich



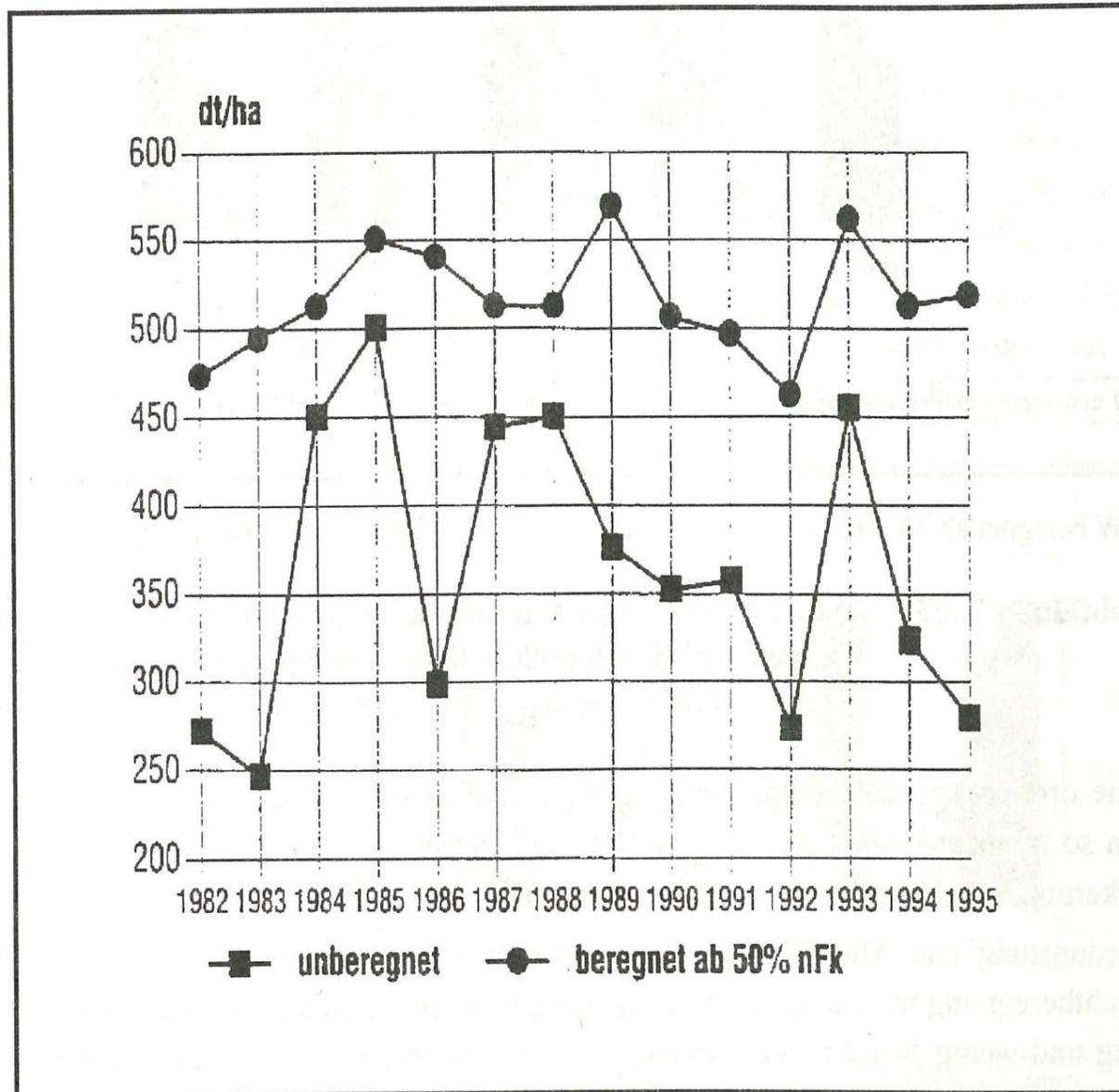
Ergebnisse langjähriger Kartoffelversuche (RG 3)

am Standort Straußfurt 1994 bis 2004

hof

Jahr	Kartoffelertrag [dt/ha]		Beregnungs- mehrertrag dt/ha	Zusatzwasser mm	Effektivität kg Mehretrag/ mm Zusatzwasser
	unberechnet	berechnet			
1994	320	439	119	80	149
1995	321	508	187	110	170
1996	412	567	155	60	258
1997	457	522	65	75	87
1998	528	794	266	120	222
1999	369	500	131	100	131
2000	351	655	304	175	174
2001	511	733	222	165	135
2002	529	720	191	140	136
2003	325	643	318	275	116
2004	345	448	103	125	82
1994-2004	406	593	187	130	151

Mehrertrag und ausgeglichener Ertrag



Quelle: Schuhmann P., Die Erzeugung von Kartoffeln zur industriellen Verarbeitung. AGRIMEDIA, 1999

Abbildung 7.8/2: Ertragssicherung durch Berechnung - Kartoffeln - Güstau, 1982 - 1995

Tabelle 7.7: Kartoffelmehrerträge durch Zusatzwassergaben
(Versuchsserie an verschiedenen Standorten über mehrere Jahre)

Witterung/Boden	Anz.d. Ver- gleiche	Ertrag dt/ha		Mehrertrag			Zu- satz- wasser mm
		unbe- regnet	be- regnet	absolut dt/ha	relativ %	dt/mm	
trocken							
sandige Böden	5	274	459	185	+68	 0,88	210
Lehmböden	10	424	542	118	+28	 0,94	125
normal							
sandige Böden	3	555	662	107	+19	0,80	133
feucht							
sandige Böden	4	502	559	57	+11	 0,76	75
Lehmböden	2	510	530	21	+4	 1,05	20

Ausgeglichene Kalibrierung

Tab. 15-3: Einfluss der Beregnung und Bodenbearbeitung auf die Sortierfraktionen; 5-jähriger Versuch.

Quelle: Landwirtschaftskammer Hannover

Proben- bezeichnung	Untergrößen % < 35 mm						Normalgrößen %					
	97	98	99	00	01	Ø	97	98	99	00	01	Ø
Versuchsjahr	97	98	99	00	01	Ø	97	98	99	00	01	Ø
Pflugfurche beregnert	2	3	6	4	2	3,4	83	91	93	84	96	89,4
Lockerung beregnert	2	3	6	3	2	3,0	87	91	90	72	97	87,5
ohne Lockerung beregnert	3	3	6	3	2	3,2	72	91	94	71	96	84,9
Ø	2,3	3,0	6,0	3,0	1,7	3,2	80,7	91,0	92,3	75,8	96,4	87,2
Pflugfurche unberegnert	3	4	21	4	14	9,2	82	92	79	84	86	84,6
Lockerung unberegnert	5	3	20	4	16	9,7	86	91	80	85	84	85,2
ohne Lockerung unberegnert	3	3	20	3	9	7,6	87	94	80	85	91	87,5
Ø	3,7	3,3	20,3	3,9	13,0	8,8	85,0	92,3	79,7	84,7	87,0	85,8

Bewässerung in Kartoffeln bringt...

- Mehrertrag im mehrjährigen Mittel
- Ertragsstabilität, das bedeutet bessere Lieferbereitschaft
- Ausgeglichenere Kalibrierung (Knollenansatz findet über eine kürzere Phase statt)
- Qualitätssicherung punkto Hohlherzigkeit, Missförmigkeiten bedingt durch Wachstumsschübe

Risiken der Bewässerung (falsche Bewässerung)

- Bodenverschlämmung, Sauerstoffmangel im Boden, in Folge Nassfäuleprobleme (Erwinia)
- Erhöhtes Krautfäulerisiko bei fehlender Abstimmung von Fungizidbehandlungen auf Wassergaben
- Nitratauswaschung bzw. N-Verluste durch zu hohe Wassergaben
- Im besten Fall Aufwand ohne Mehrertrag
- **FAZIT: GEZIELTES BEWÄSSERUNGSMANAGEMENT**

Wirtschaftlichkeit: Berechnungswürdigkeit

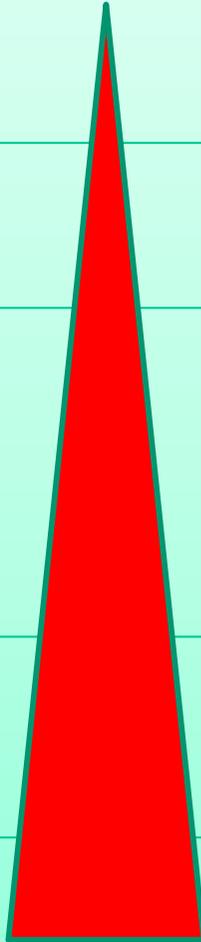
- Agronomisch: **Berechnungsbedürftigkeit**
(Niederschlagsmenge am Standort und Verteilung der Niederschläge am Standort über Vegetationszeit, sowie Wasserspeicherkapazität der Parzelle)
- Ökonomisch: **Berechnungswürdigkeit** (Ertrags- und/oder Qualitätsgewinn durch die Beregnung in einer Kultur muss höher sein als für Bewässerung aufgewendete Kosten).

Kosten => Arbeit, Material, Dienstbarkeiten, Kapital

- Kosten Infrastruktur Entnahme und Transport bis Feld (Pumpe, Direkt- oder Ringleitung). Bezahlung als Pauschale oder je m³ Wasserbezug.
- Kosten betriebliche Bewässerungsanlage (Rollomat, Rohrleitung, Giesswagen, Tropfbewässerung).
- Kosten Wasserentnahmerecht (Konzession) oder bei Bezug ab Hydrant (Ausnahmefall) Wasserpreis je m³

Vollkosten betriebliche Bewässerungsanlagen in Kartoffeln

Bewässerungssystem	Kosten pro ha / Jahr
Rollomat Weitwurfdüse	Fr. 380.-
Rohrberegnung mit Sprinkler	Fr. 490.-
Tropfbewässerung: Mehrwegschläuche in jeder zweiter Fuhre	Fr. 1'050.-
Tropfbewässerung: Mehrwegschläuche in jedem Damm	Fr. 1'760.-
Tropfbewässerung: Einwegschläuche in jedem Damm	Fr. 1'830.-

A large red triangle with a black outline is positioned on the right side of the table, pointing upwards. Its base is at the bottom of the table, and its tip is at the top of the table, visually representing the increasing cost of the irrigation systems listed in the rows.

Notwendiger Mehrertrag Bsp. Kartoffeln

- Notwendiger Mehrertrag in dt/ha bei folgenden Annahmen:
 - keine Berücksichtigung der Qualität
 - Mehrertrag ist marktfähige Ware
 - Preis Fr. 40.- / dt
 - Wasserpreis Fr. 0.50 je m³ Wasser
 - 140 mm Wasser (ca. 5 Bewässerungen)
 - Vollkosten des betrieblichen Bewässerungssystems

Bewässerungssystem	Notwendiger Mehrertrag pro ha / Jahr
Rollomat (günstigste Variante)	27 dt / ha
Tropfbewässerung: Einwegschläuche in jedem Damm (teuerste Variante)	63 dt / ha

- **Ziele:**

- Verdunstungsverluste soweit möglich vermeiden

- Keine Nährstoffauswaschung riskieren

- Qualität des Bewässerungswasser beachten

- Konzessionsauflagen beachten

- Wirtschaftlich bewässern

- **Die Wassergaben situativ anpassen:**

- an Bedarf des zu bewässernden Pflanzenbestandes

- an Wasserspeichervermögen des Schlages (Boden)

- an absehbaren Witterungsverlauf (Wetterprognose)

Wasserspeicher Boden

- Damit die Pflanze laufend Wasser aufnehmen kann bzw. dann wenn sie Wasser benötigt, braucht es einen Speicher (Lager). Dieser Speicher (Lager) ist der Boden.
- Ein Lager kann klein oder gross sein und ein Lager kann mit grosser oder kleiner Leistung gefüllt werden.

Boden besteht zu rund 50% aus Festsubstanz (mineralisches und organisches Material) und zu 50% aus Hohlräumen (Poren).

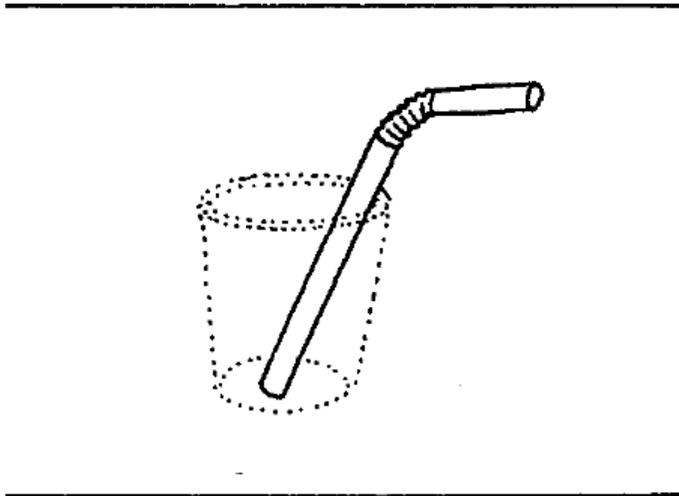
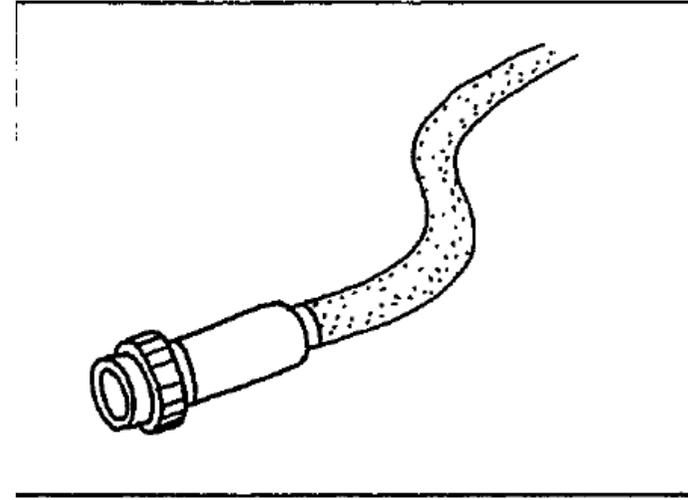
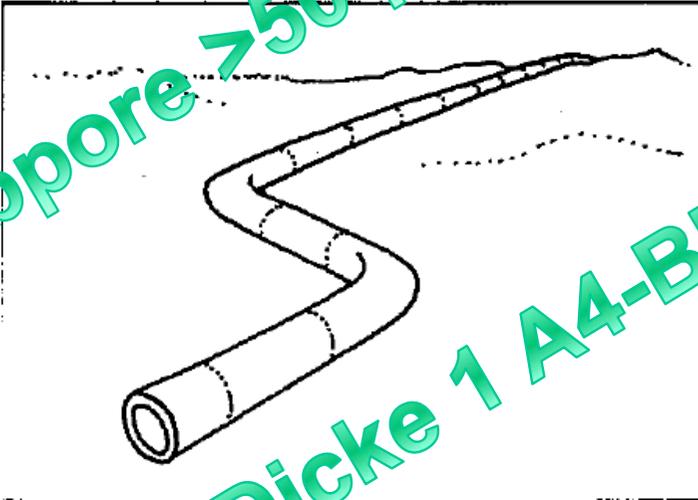
- In den Feinporen und kleinen Mittelporen wird das Wasser durch Kapillarität und Haftung an Tonteilchen zurückgehalten.
- Je feiner die Poren umso stärker wird das Wasser zurückgehalten.
- Die Saugspannung bezeichnet den notwendigen Druck (Saugdruck) zur „Gewinnung“ des Wassers aus den Bodenporen.
- Die Saugspannung kann mit einem Tensiometer gemessen werden. Je höher die Saugspannung desto schwieriger ist das Wasser verfügbar für die Pflanze.

Boden = 50% Luft

Porenverteilung im Boden

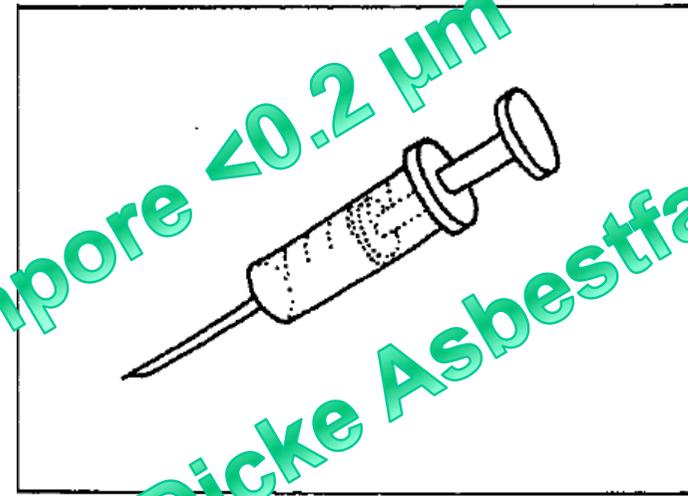
Grobpore $>50 \mu\text{m}$

Dicke 1 A4-Blatt



Feinpore $<0.2 \mu\text{m}$

Dicke Asbestfaser



Faustregel für mittelschweren, nicht verdichteten, gewachsenen Boden:

- 50% Hohlräume im Boden
- 1 Drittel Feinporen (16.5%), 1 Drittel Mittelporen (16.5%),
1 Drittel Grobporen (16.5%)
- 10% grobe Mittelporen (leicht pflanzenverfügbares Wasser)

Wasserspeicherfähigkeit des Bodens (betrifft Berechnungsintervall)

Die Wasserspeicherfähigkeit eines Bodens ist abhängig von dessen Porenanteil gesamt und von dessen Porenverteilung.

- Geringste Speicherfähigkeit hat ein Sandboden mit ca. 10mm je 10cm Bodentiefe.
- Eine gute Speicherfähigkeit hat ein schwerer Boden (Lehm) mit ca. 25mm je 10cm Bodentiefe.

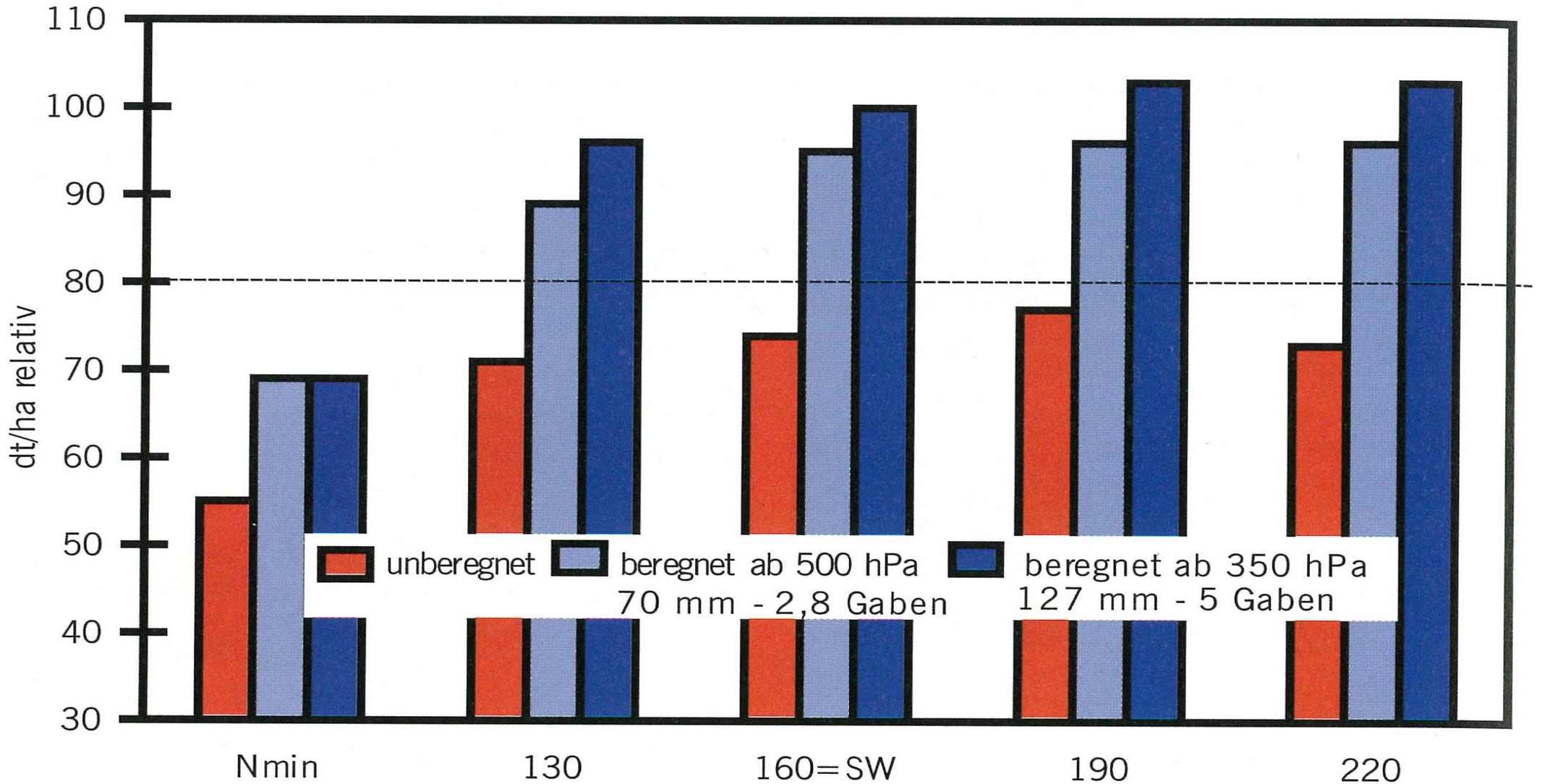
- **FELDKAPAZITÄT:** Wassergehalt eines durchlässigen, nicht vernässten Bodens ca. 2-3 Tage nach länger andauernden Niederschlägen. Nach dieser Zeit sind die Grob- bzw. Sickerporen entwässert. Die Mittel- und Feinporen sind mit Wasser gefüllt.
- **NUTZBARE FELDKAPAZITÄT:** Feldkapazität abzüglich des „Totwassers“ (für Pflanzen nicht verfügbares Wasser in den Feinporen).

Nutzbare Feldkapazität

Nutzbare Feldkapazität in %	Pflanzenentwicklung
unter 30	Die Pflanze steht unter Wasserstress, mit Ertragseinbussen ist zu rechnen. Pemanenter Welkepunkt. Absterben.
30 – 50	Noch ausreichende Wasserversorgung der Pflanzen
50 – 80	Optimales Wasserangebot
80 – 100	Beginn der Überversorgung, Gefahr von Sauerstoffmangel
Über 100	Überversorgung, Sauerstoffmangel

Optimierte Bewässerung

a) relative Knollenerträge; 100 = 520 dt/ha



Quelle: Nitsch A., Kartoffelbau.
AGRIMEDIA, 2003

Schlagspezifisches Speichervermögen

Tab. 1: Richtwerte ¹⁾ für die nutzbare Feldkapazität (nFK), den Totwasseranteil (TW) und die Feldkapazität (FK) in Abhängigkeit der Bodenverhältnisse

Bodenverhältnisse nach Reichtbodenschätzung	nFK ²⁾		TW ²⁾		FK ²⁾	
	Vol.-% ³⁾	mm ⁴⁾ (60 cm Bodentiefe)	Vol.-% ³⁾	mm ⁴⁾ (60 cm Bodentiefe)	Vol.-% ³⁾	mm ⁴⁾ (60 cm Bodentiefe)
Sand (S)	8	48	2,5	15	10,5	63
anlehmiger Sand (Sl)	13	78	6	36	19	114
lehmiger Sand (IS) ⁵⁾	16	96	10	60	26	156
stark lehm. Sand (SL) ⁵⁾	17	102	15	90	32	192
sandiger Lehm (sL) ⁵⁾	19	114	17	102	36	216
Lehm (L) ⁵⁾	17	102	23	138	40	240
Schwerer Lehm (LT)	15	90	26	156	41	246
Ton (T)	14	84	34	204	48	288
Schluff (U)	24	144	11	66	35	210

1) Für Böden mit weniger als 4 % Humus und grundwasserunbeeinflusste Standorte

2) nFK = nutzbare Feldkapazität, TW = Totwasseranteil, FK = Feldkapazität. Es gilt $nFK = FK - TW$

3) Vol.-% = Volumenprozent Bodenwasser = mm je 10 cm Bodenschicht = l/m² je 10 cm Bodenschicht

4) mm Bodenwasser in 60 cm Bodentiefe = 6 x Volumenprozent

5) Für die Böden IS Lö (Löss), SL Lö, sL Lö und L Lö sind Mittelwerte mit den Werten für Schluff (letzte Tabellenzeile) zu bilden

Erforderliche Bewässerungsmengen

Tab. 2: Erforderliche Bewässerungsmengen
(Zielfeuchte 80 % nFK) bei verschiedenen
Ausgangsfeuchten und Bodentiefen

Bodenverhältnisse nach Tabelle 1	Bewässerungsmenge mm ²⁾			
	50		60	
Ausgangsfeuchte (% nFK)				
Bodentiefe (cm)	10	60	10	30
Sand (S)	2,6	16	1,8	5
anlehmiger Sand (SI)	4,3	26	2,9	9
lehmiger Sand (IS) ¹⁾	5,3	32	3,5	11
stark lehm. Sand (SL) ¹⁾	5,6	34	3,7	11
sandiger Lehm (sL) ¹⁾	6,3	38	4,2	13
Lehm (L) ¹⁾	5,6	34	3,7	11
schwerer Lehm (LT)	5,0	30	3,3	10
Ton (T)	4,6	28	3,1	9
Schluff	7,9	48	5,3	16

¹⁾ Für die Böden IS Lö, (Lö = Löss), SL Lö, sL Lö und L Lö sind Mittelwerte mit den Werten für Schluff (letzte Tabellenzeile) zu bilden

²⁾ bei 10 % Ausbringungsverlusten

Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens (betrifft Beregnungsintensität)

Nicht nur das Wasserspeichervermögen eines Bodens sondern auch dessen Wasseraufnahmefähigkeit ist abhängig vom Porenanteil gesamt und von der Porenverteilung.

- Geringste Aufnahmefähigkeit hat ein Lehmboden mit ca. 10mm je Stunde.
- Eine gute Aufnahmefähigkeit hat ein Sandboden mit ca. 20 mm je Stunde.

Je mehr Grobporen ein Boden besitzt um so schneller sickert das Wasser hindurch, um so rascher nimmt dieser das Wasser auf.

- (Kenntnis) Bodenart entscheidet über Wasserspeichervermögen und Wasseraufnahmefähigkeit
- Wurzelmasse bzw. Wurzeltiefe (Wachstumsstadium) ist mit entscheidend für notwendige Wasserverfügbarkeit.
- Ein leichter Boden ist schneller bewässert, kann aber weniger Wasser speichern, muss aber häufiger beregnet werden.
- Ein schwererer Boden braucht mehr Zeit für eine Wassergabe, kann aber mehr Wasser speichern, muss deshalb weniger häufig beregnet werden.

- Die Wasserbedürftigkeit variiert von Kultur zu Kultur (Wachstumszeit und Transpirationskoeffizient = kg verdunstetes Wasser je kg produzierte TS)
- Die Wasserbedürftigkeit ist innerhalb der Kultur stark vom Entwicklungsstadium abhängig.
- Die Kulturen haben unterschiedliche Durchwurzelungstiefen bzw. können die Wasserreserven des Bodens nicht gleich nutzen.
- Die Durchwurzelungstiefe ist auch vom Entwicklungsstadium abhängig.

Durchwurzelungstiefen von Kulturen sofern von Boden-Gründigkeit her möglich

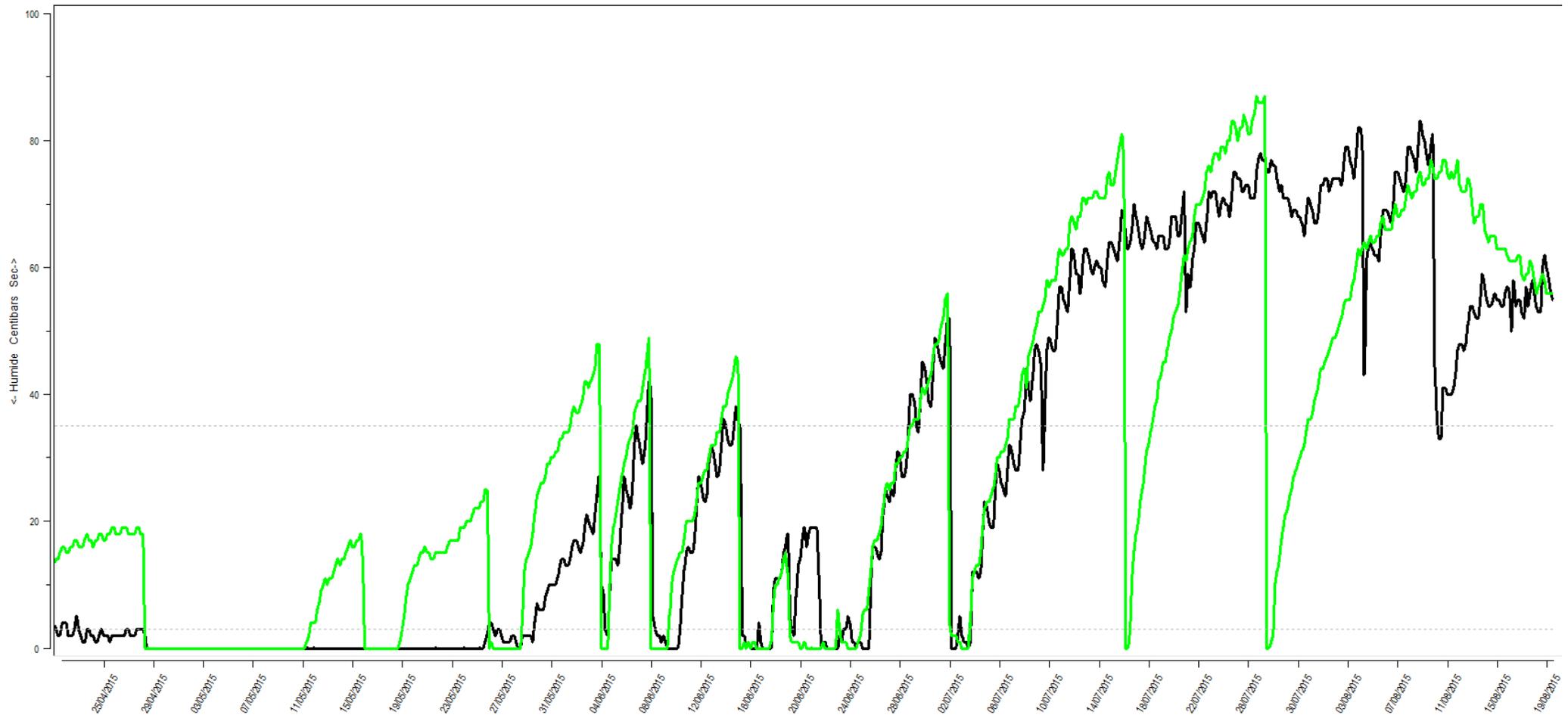
Kopfsalat, Erdbeere, Spinat, Strauchobst	20 bis 30 cm
Kartoffel	30 bis 40 cm
Bohne, Gurke, Zwiebel, Tomate	30 bis 60 cm
Sommergetreide, Kernobst	Bis 60 cm
Wintergetreide, Mais, Tabak, Kohl, Weinrebe	60 bis 90 cm
Zuckerrüben, Spargeln	90 cm und mehr

Zur optimalen Nutzung durch die Pflanze sollte Wasser möglichst in den durchwurzelten Bereich vorhanden sein bzw. dort „platziert“ werden.

Bewässerungsmanagement



Saugspannung Watermark 30cm (grün) und 60cm (schwarz)



Juni

Juli

Grobe Anhaltspunkte für Bewässerung

Bodenzustand	pF-Wert	Poren- Füllstand	hPa (Bar) Saugspannung	Bewässerung
Nass	1	100 % aller Poren	0	Nein
Feucht	2	5 % Grobporen 100% Mittelporen	100 (0.1)	Nein
„Feucht-frisch“	2+	60% grobe Mittelporen 100 % feine Mittelporen	350 (0.35)	Beginn
Frisch	2++	20% grobe Mittelporen 100 % feine Mittelporen	500 (0.5)	Ja
„Trocken-frisch“	2.8	0% grobe Mittelporen 100% feine Mittelporen	700 (0.7)	unbedingt
Trocken	4.2	0% Mittelporen	> 700 (>0.7)	i.d.R. zu spät
Dürr	5	100 - 0% Feinporen	15'000 (15)	Überall zu spät

**Messbereich Tensiometer
ca. 0 bis 1 Bar**

Anfangsvorrat	
+	Niederschlag der Woche
+	Beregnung der Woche
=	Wasserangebot der Woche
-	Wasserverbrauch der Woche
=	Wochensaldo

Wasserbilanz nach Geisenheimer-Modell

Beispiel:
Blumenkohl Stadium 2:

FAO-Gras- verdunstung [mm]	kc	Regen [mm]	Tages- bilanz [mm]
(4,2 x 1,1)		- 2	= 2,6

Kartoffeln*				
	Sprosse durchbrechen den Boden BBCH 09	0,5		
		ab 2. Trieb > 5 cm lang BBCH 22	0,8	
		ab Bestandeschluss BBCH 39	1,1	
			ab Blattvergilbung BBCH 91	0

- Bewässerung in Kartoffeln ist grundsätzlich, in der Mehrheit der Fälle wirtschaftlich
- Effektive, effiziente und ökologische Bewässerung muss gezielt erfolgen.
- Dazu sind folgende Kenntnisse/Beobachtungen notwendig:
 - Wetterdaten und Wetterbericht
 - Bodeneigenschaften (Speichervermögen, Struktur....)
 - Potential der Bewässerungstechnik
 - Pflanzenstadium und –zustand (Wurzeltiefe, Verbrauch)
 - Aufzeichnungen bzw. Erhebungen (Sensoren oder Wasserbilanz)