Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF

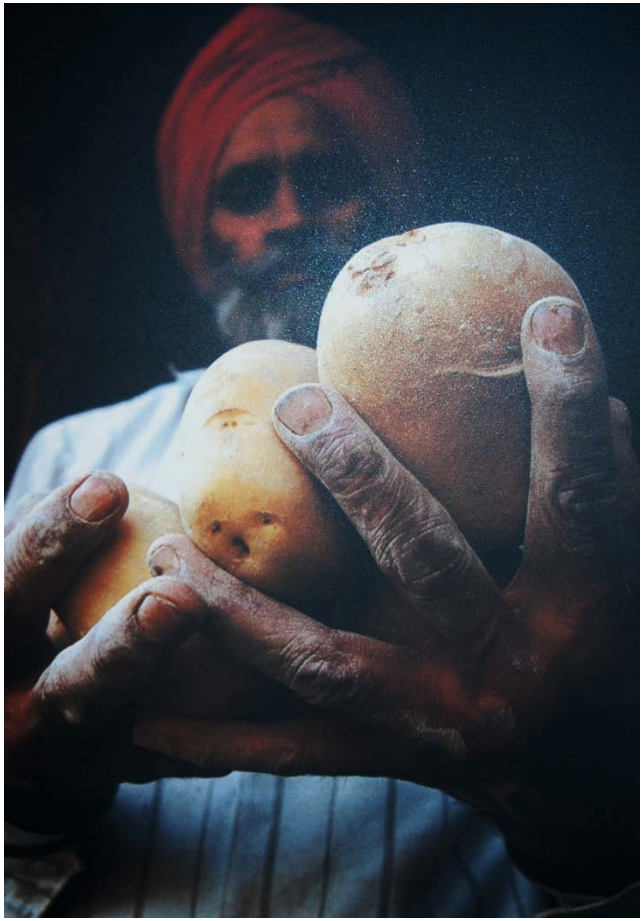
Agroscope

Potential der Tröpfchenbewässerung bei Kartoffeln

Thomas Hebeisen & Theodor Ballmer

24. Januar 2014

Zukünftige Bedeutung der Kartoffel



Quelle: UNO-Jahr der Kartoffel 2008

- bedeutend für aktuelle und zukünftige Ernährungsversorgung
- Hochwertige Inhaltsstoffe, bekömmlich
- Vielseitige Verwendung und Zubereitung
- Klimatisch geringere Ansprüche als andere Kulturpflanzen
- Hohe Flächenerträge und gute Wassernutzungseffizienz
- Anspruchsvolle Lagerhaltung
- Wird von vielen Krankheiten und Schädlingen befallen (veg. Vermehrung)
- **Kostenintensive Anbautechnik zur Ertragssicherung notwendig**
  - **Bodenbearbeitung, Pflanzgut, Pflanzenschutz, Beregnung u.a.m.**

Inhalt

- Ziele von Bewässerungsmassnahmen
- Vor- und Nachteile der Tröpfchenbewässerung
- Reaktion der Kartoffelpflanze auf reduzierte Wasserverfügbarkeit
- Sortenspezifische Reaktion auf extreme Trockenheit (2003)
- Wassermangel und Stickstoffwirkung
- Aufbau Tröpfchenbewässerungsversuch
- Ergebnisse aus Tröpfchenbewässerungsversuchen
- Zusammenfassung

Agroscope

Ziele von Bewässerungsmassnahmen im Kartoffelanbau

- Verminderung von durch Jahreswitterung und Standorts-bedingungen bewirkten Ertragsschwankungen und Qualitätsverminderungen
- Erzielung von hohen und mehrjährig stabilen Marktwarenerträgen
- Sicherung der Qualitätseigenschaften
  - Speisequalität & Verarbeitungsqualität, red. Beschädigung

➢ Ziel: Gesamtnachfrage mit möglichst kleiner inländischer Produktionsfläche abdecken

➢ Überschüsse vermeiden, Marktordnung sichern

➢ Importe von Fehlmengen vermeiden

✓ **Ausnutzung der eingesetzten Produktionsmittel sichern**

✓ **möglichst geringe Gefährdung der natürlichen Ressourcen**

Agroscope

Vorteile der Tröpfchenbewässerung im Vergleich zu herkömmlichen Systemen

- Hohe Ausnutzung des Wassers => **>80%** (1,5 – 2x)
  - Genaue Dosierung und Verteilung im Wurzelhorizont
  - Geringere Verunkrautung (v.a. Dammkroneverfahren)
- Geringere Verluste durch Bodenverdunstung, Versickerung und Oberflächenabfluss, keine Windabdrift, keine Erosion => **20%**
- Geringer Energieaufwand zum Pumpen und Transportieren, da Niedrigdrucksystem und wenig Reibwiderstand => **- 50%**
- Einmal installiert, gute Automationsmöglichkeiten, früher Einsatz
- Furchen jederzeit befahrbar, keine Staunässestellen
- keine Benetzung der Blattfläche, günstigeres Mikroklima
- Kombination mit Düngung möglich (sog. Fertigation), verbesserte Nährstoffausnutzung, Splittung der Menge, Mengenreduktion ?

Agroscope

Nachteile Tröpfchenbewässerung (1)

- Vergleichsweise hohe Kosten **> Faktor 2-3** (im Vergl. zu Rollomat)
- Hoher Arbeitseinsatz für Verlegung der Schläuche nach Pflanzung und Entnahme vor Ernte **(Spezialgeräte notwendig)**

Verlegen im Dammkronenverfahren (DKV)

LfL

Heben

LfL 8

Wickeln

LfL 9

Photos: Martin Müller, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Agroscope

Nachteile Tröpfchenbewässerung (2)

- Gute Wasserqualität notwendig
- Entsorgungsgebühren für Schlauchmaterial
- Mechanische Unkrautbekämpfung eingeschränkt (v.a. bei Zwischendammablage)

Fazit

➢ Strategische Massnahme, Ertrags- und Qualitätsverbesserung nicht im Voraus abschätzbar

➢ Investition in einer preislich stabilen Marktsituation gerechtfertigt, Absicht mehrmals zu bewässern

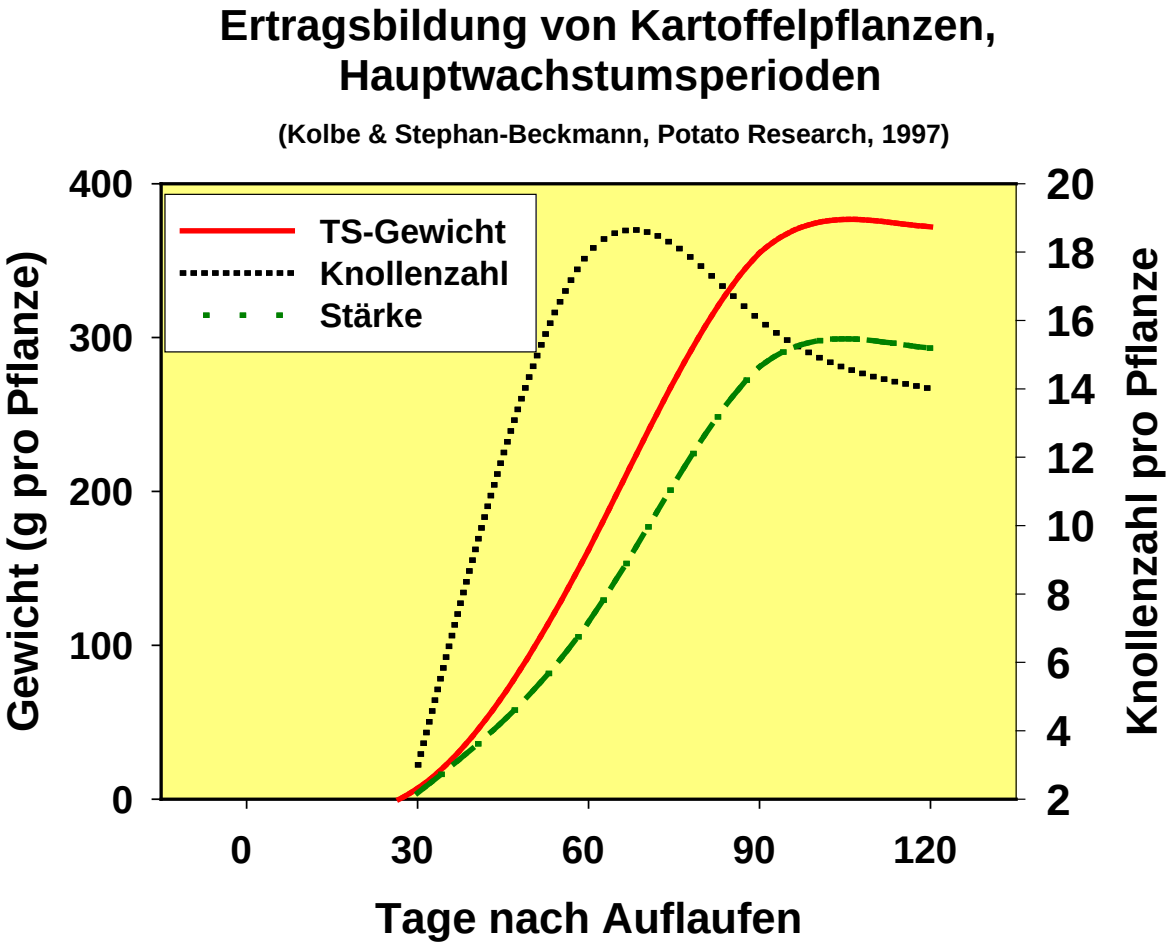
Agroscope

Wie reagieren Kartoffelpflanzen auf Perioden mit red. Wasserverfügbarkeit?

- Kartoffeln im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen
  - Gute Wasserausnutzungseffizienz (500 l / kg prod. TM, für C_3-Pflanzen hoch), hoher Wasser- und Nährstoffbedarf in kurzer Periode
- Durchwurzelungstiefe (50 bis 80 cm), verdichtete Schichten vermindern Wasseraufnahme aus tieferen Schichten
- ± konstantes Wurzel- / Sprossverhältnis, ganz frühe Trockenheit kann Anpassung im Wurzelwachstum bewirken
- Frühe Trockenheit vermindert Knollenzahl pro Stängel
- 30 bis 80 d nach Auflaufen vermindert Wassermangel Blattflächenwachstum, raschere Blattalterung, Lichtaufnahme nimmt ab
- Photosynthese und Transpiration sind niedriger, BFI ist kleiner

Agroscope

Bewässerungsregime Kartoffeln in Abhängigkeit zum Wachstumsverlauf



Ziel der Beregnung:

- **Perioden mit hohen Wachstumsraten nicht durch Wassermangel limitieren**
- Aufnahme der Nährstoffe sicherstellen

Reaktion auf ausgeprägte Trockenheit, Hitzejahr 2003

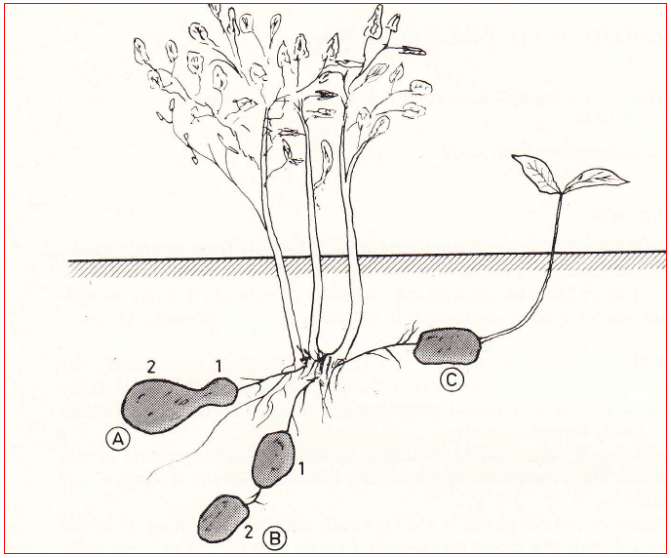
- Ergebnisse aus Exaktversuchen der SP Kartoffeln
  - Serie mit sechs neuen Speisekartoffelsorten, Standardsorten Sirtema und Bintje, 7 Standorte, gleiches Pflanzgut und Vorkeimung

	Vergleichszahlen[1]:
Ø-Rohertrag: 391 dt/ha	**550-650**
Ø-Marktwarenertrag: 258 dt/ha (66% Ausbeute)	**80%**
Ø-Knollenzahl pro Pflanze: 15	12-14
Ø-Stärkegehalt: 13,2%	< 13%

  - Ø-Knollenbefall mit gewöhnlichem Schorf: 20,5%, deutliche Sortenanfälligkeitsunterschiede
  - Tendenziell mehr Eisenfleckigkeit, Kindelbildung und Zwiewuchs, nach Wiederbefeuchtung oftmals Ausbildung von Hohlherzigkeit und Wachstumsrissen

[1]Vergleichszahlen aus Normaljahren in der SP Kartoffeln

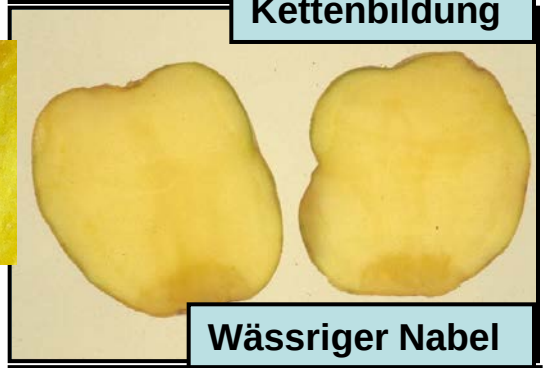
Reaktion auf extreme Witterungs-bedingungen



A: Kindelbildung
B: Kettenbildung
C: Lufttriebe

Bräunung der Stäbchen am Nabel- oder Kronen-ende, abh. Stresszeitpkt.

Kettenbildung



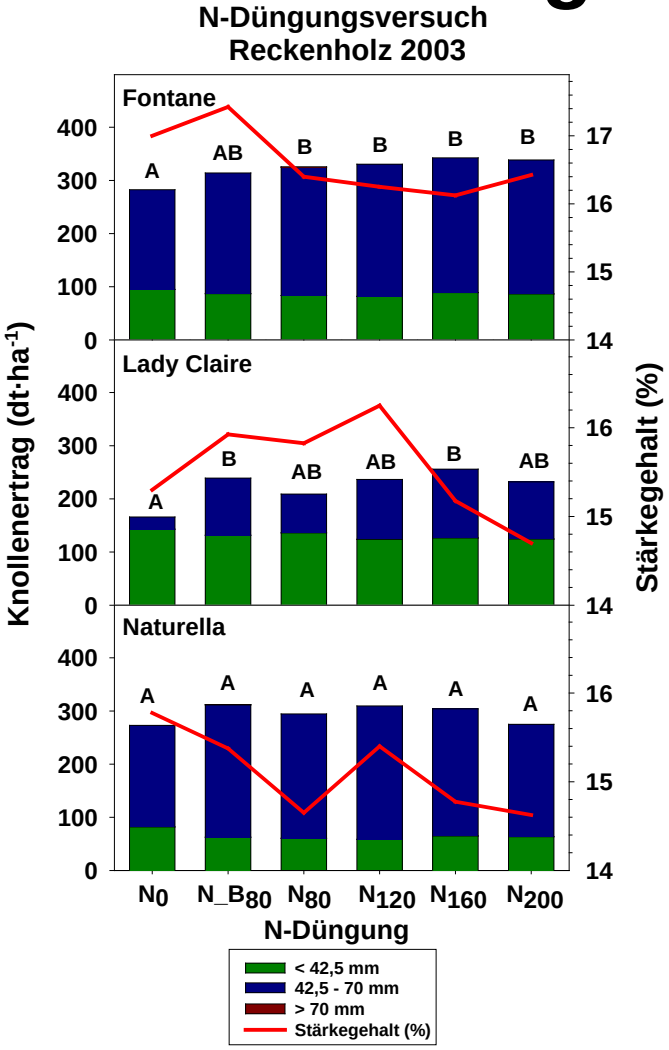
Wässriger Nabel

Eisenfleckigkeit

Sortenspezifische Reaktionen

- Von Zwiewuchs und Kettenbildung geschädigte Knollen sind nicht verwertbar
  - Schädigung ist aber bei Ernte und Sortierung visuell nicht oder nur schwer erkennbar
  - Anwendung von Salzbädern, Ausscheidung von Knollen mit leichtem spezifischem Gewicht
- Ursachen von Zwiewuchs und Kettenbildung
  - während mehreren Tagen hohe Dammtemperaturen (> 25°C)
- In Extremsituationen sind Sortenunterschiede im Vergleichsanbau erkennbar
  - Sortenprüfung unter unseren Witterungsbedingungen durchführen
  - Gefährdete Sorten nicht einschreiben oder Hinweis zur Bewässerungsempfehlung in Sortenliste
  - Experimentelle Reproduzierbarkeit sehr schwierig

Trockenheit verhindert Nährstoff-ausnutzung / täglicher Wasserbedarf



- fehlendes Wasserangebot verhindert N-Wirkung, keine grossfallenden Knollen
- Täglicher Wasserbedarf
  - 4 - 6 mm/d, 40 - 60 m^3 Wasser/ha
- Verfügbarkeit (nutzbare Feldkapazität)
  - abh. Bodenart und Bodengründigkeit
  - pflanzenverfügbar ca. 40-50 l pro m^2

➢ Bewässerung sichert Nährstoffaufnahme, vermindert Nitratauswaschung im Kulturübergang und Gefährdung des Grundwassers

Versuchsaufbau «Tröpfchen-bewässerung» (1)

- Versuchsjahre: 2008 bis 2010, Zürich-Reckenholz
- Bodenart: < 25% Ton, 36% Schluff, 35% Sand, schwach humos, günstig für Wasserspeicherung und Nachlieferung
- Sorten: Agria und Charlotte, 4 Wh à 25 m^2
- Pflanzung zwischen 7. April und 19. April, Handpflanzung
- vorgekeimtes Pflanzgut, Pflanzabstand 33 cm
- Chem. Unkrautbehandlung nach dem Häufeln
- N-Gaben: 110 bis 130 kg N pro ha und Jahr
- Bewässerungsverfahren: Schlauch in Dammkrone (5 cm, «Damm»), Schlauch auf der Furchenoberfläche zwischen Reihen, «Reihe» Kontrolle ohne Bewässerung, «ohne»
- Dripnet PC 16 mm, 0,31 mm Wandstärke, ca. 1 bar
- Tropfabstand 50 cm, Durchflussrate pro Schlitz 1,6 l/h

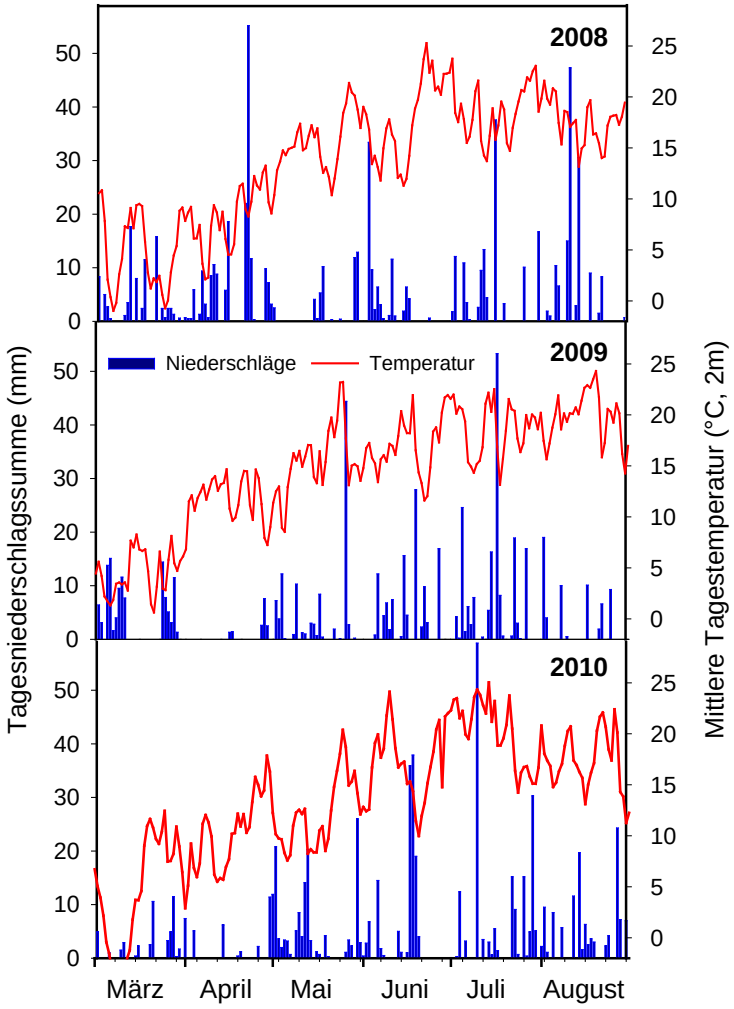
✓ gleiche Anzahl an Tropfstellen pro m^2

Versuchsaufbau «Tröpfchen-bewässerung» (2)

Knollenbonituren – Beurteilung der äusseren und inneren Knollenqualität mit photographischen Vorlagen

- Abschätzung Bewässerungsbedarf
  - Wasserbilanz-Methode (Nievergelt, 1988)
    - ✓Ziel: Ausgleich des leicht pflanzenverfügbaren Wassers durch Zusatzberegnung
    - Annahme: 40 mm pflanzenverfügbare Wassermenge
    - Nach Penman-Monteith berechnete Verdunstung: 203 bis 242 mm (Referenz Grasbestand)
    - Wassergaben: **148** (2008) / **75** (2009) / **155 mm** (2010)
  - Messung der Bodenwassersaugspannung mit Tensiometern
    - 2009 / 2010: 30 / 50 / 70 cm ab Dammboden
- Messungen der Bodentemperatur im Knollenest
- Ertragsbestimmungen und Qualitätsbeurteilungen
- Knollenbonituren (äussere Knollenqualität)

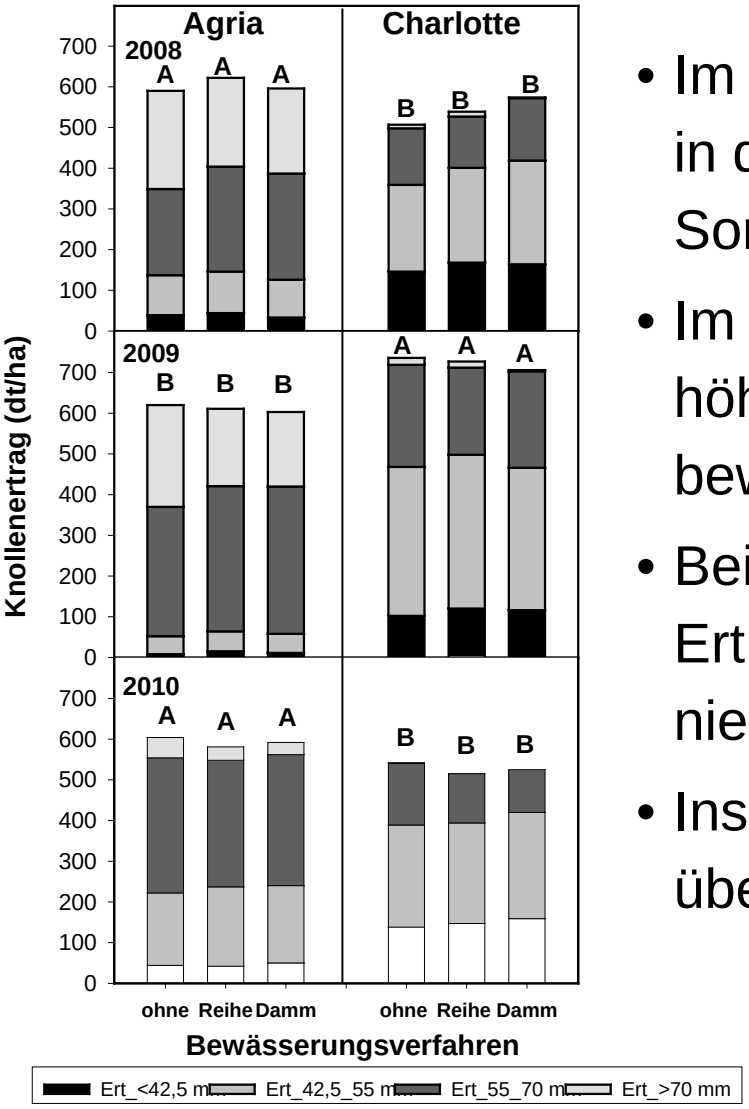
Witterungsbedingungen der Versuchs-jahre im langjährigen Vergleich



- Langjährige Mittelwerte für den Standort Reckenholz (Monate Mai bis Juli)
  - Ø-Niederschlagsmenge: 322 mm
  - Ø-Lufttemperatur: 15,6 °C
- 2008: weniger niederschlagsreich (249 mm), aber deutlich wärmer (17,3 °C), WG = 148 mm
- 2009: niederschlagsreicher (386 mm), ebenfalls wärmer (17 °C), WG = 75 mm
- 2010: deutlich niederschlagsreicher (444 mm), etwas wärmer (16,6 °C), WG = 155 mm

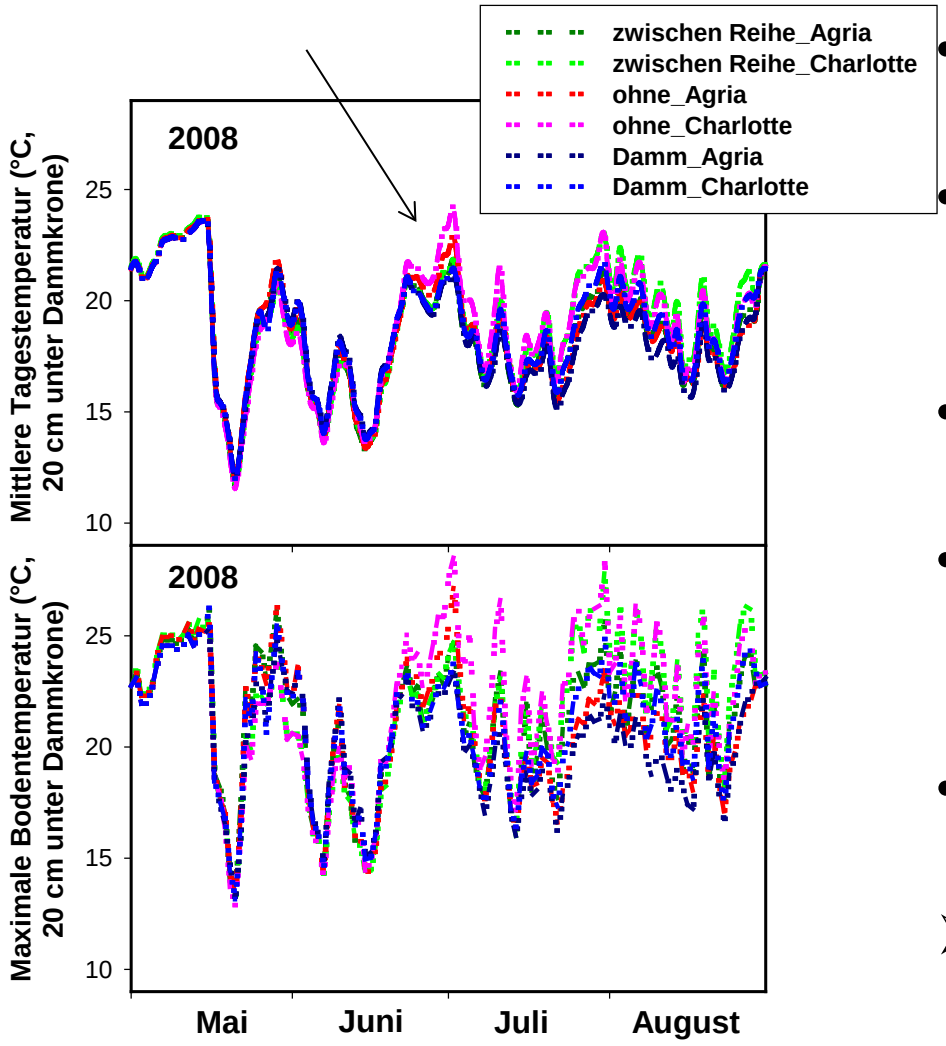
WG = Wassergabe via Beregnung

Knollenerträge 2008 bis 2010



- Im 2008 tendenziell höhere Knollenerträge in den bewässerten Verfahren bei beiden Sorten (ø + 6%)
- Im 2008 und 2009 resultierten bei Agria höhere Marktwarenerträge in den bewässerten Verfahren (14 resp. 16%)
- Bei Dammkronenbewässerung war der Ertragsanteil an übergrossen Knollen am niedrigsten (2008 und 2009)
- Insgesamt hohe und stabile Knollenerträge über alle drei Versuchsjahre

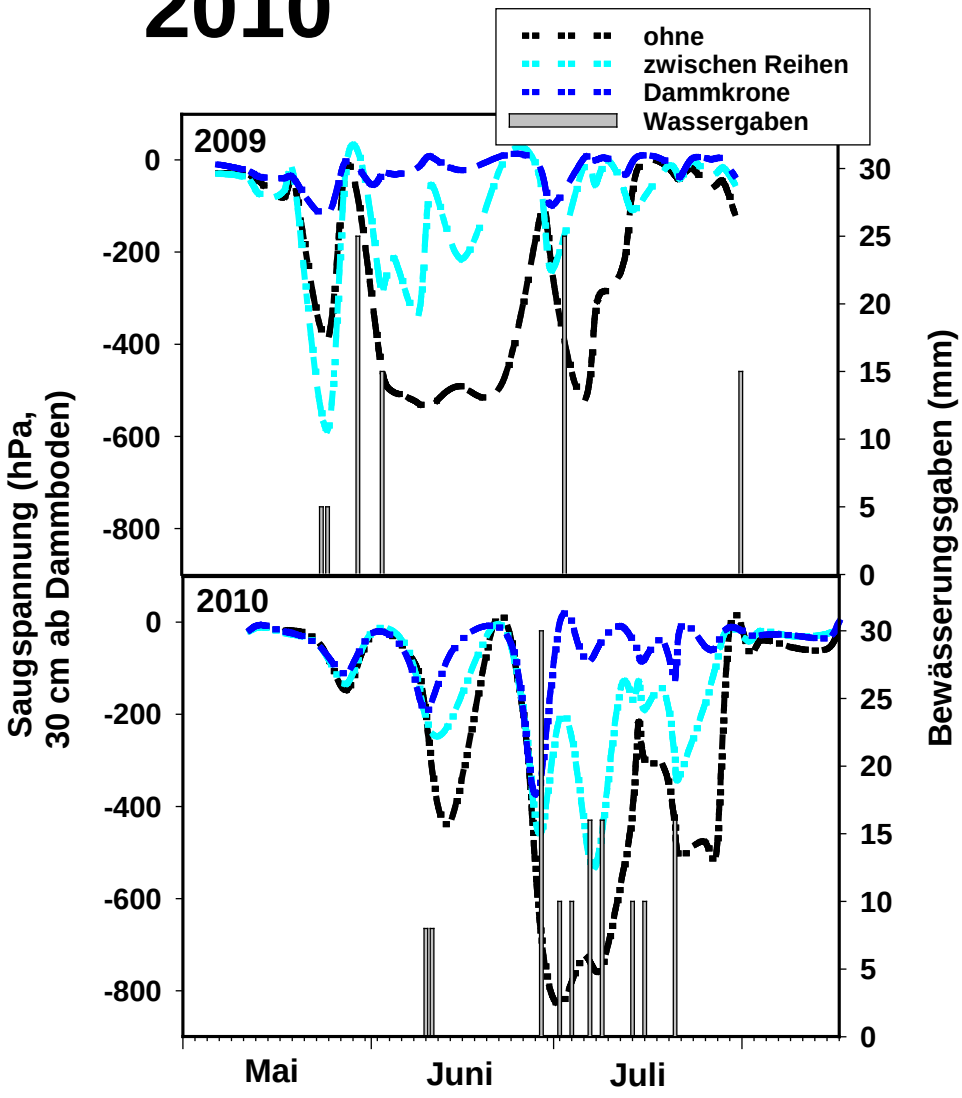
Tröpfchenbewässerung verminderte Temperaturmaxima in den Dämmen



- Starke Zunahme der Damm-temperaturen gegen Ende Juni
- Mittlere Tagestemperaturen und Maxima waren in den bewäs-serten Verfahren niedriger
- Deutlichere Effekte im Damm-krone-Bewässerungsverfahren
- Dammtemperaturen waren bei Charlotte höher als bei Agria
  - Sortenunterschiede im BFI
- 2009 und 2010 waren tempe-raturmässig ausgeglichener

➢ Abkühlungseffekt mit geringer Wassermenge erzielbar

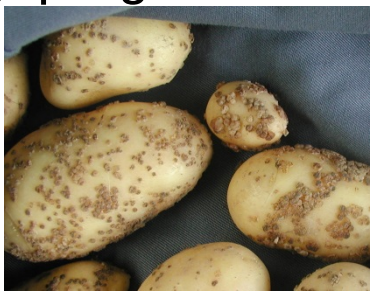
Verlauf der Saugspannungen 2009 und 2010



- Produktionswirksames Wasser
  - Saugspannung -100 bis -1000 Hectopascal (hPa)
- Ideal wären -200 bis -500 hPa
- Verlauf der Saugspannung bei Dammbewässerung deutlich ausgeglichener als bei der Reihenbewässerung
- Saugspannungen im Verfahren ohne Bewässerung deuten auf keine oder nur geringe Limitierung der Wasseraufnahme hin

Bewässerung bewirkte im Vergleich zur unbewässerten Kontrolle..

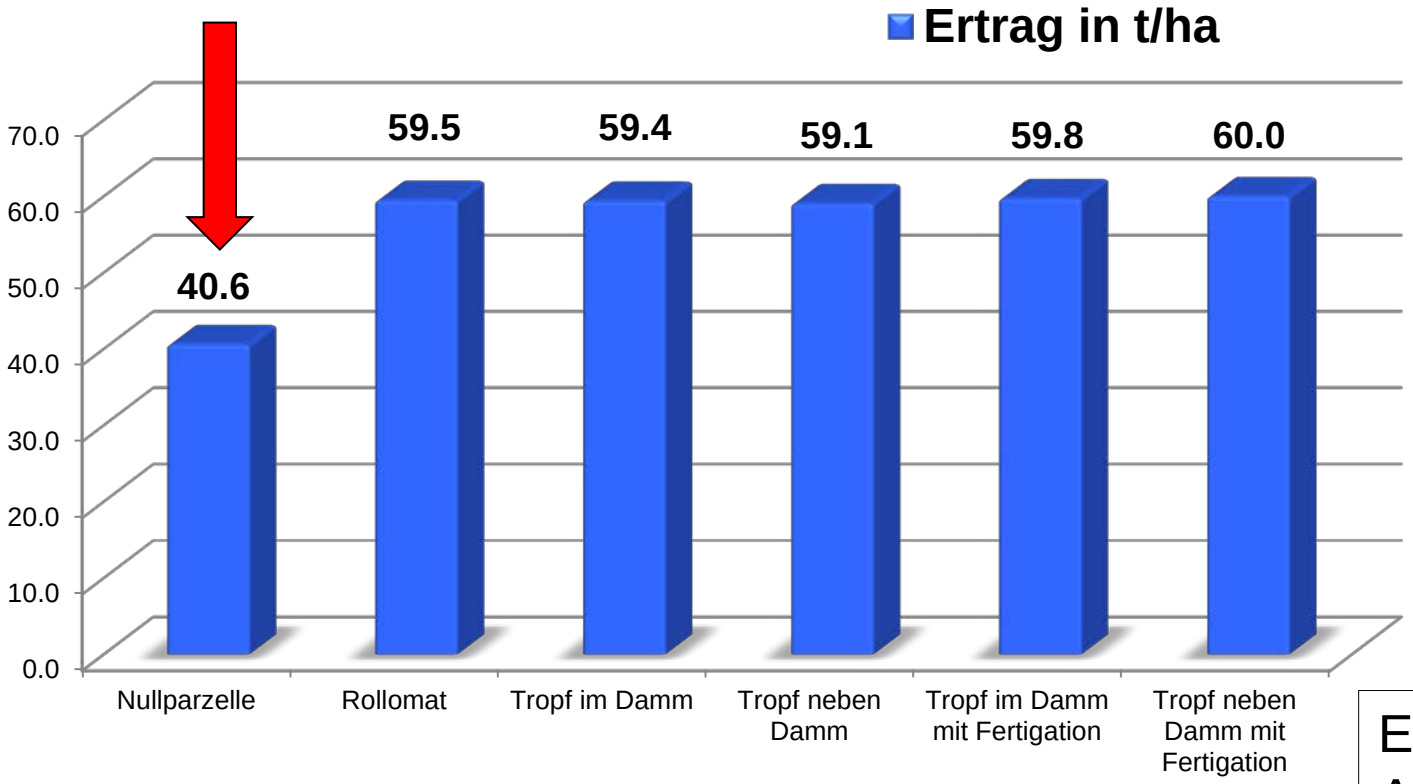
- Höhere Stärkegehalte bei Agria (2008 und 2009)
- Keine Veränderung des Stärkegehaltes bei Charlotte
- Eine Verminderung des Befalls mit gewöhnlichem Schorf auf den Knollen von Agria, Effekt war bei Dammbewässerung deutlicher als bei Reihenbewässerung
- Eine Befallsförderung mit Pulverschorf bei Agria, ausgeprägter bei Dammbewässerung als bei Reihenbewässerung
- Bei Charlotte keine Veränderung des Befalls mit Schorfkrankheiten (weniger anfällig als Agria)
- Geringeres Auftreten von Knollen mit Eisenfleckigkeit



✓ Beeinflussung der äusseren Knollenbeschaffenheit stimmt mit Beobachtungen in anderen Bewässerungsgebieten überein

➢ Zu hohe Feuchtigkeit im Damm muss vermieden werden

Bewässerungsversuch in Benken ZH
Landwirtschaftliche Schule Strickhof 2010
(Streifenversuch, Sorte Agria)



Ergebnisse
A. Rüesch

- ✓ Ertragssteigerungen bis 50% möglich
- ✓ Versuche in Thüringen: + 42% (TLL, 1994-2008)
- ✓ Versuche in Bayern: + 30% (LFL, 2010)

Zusammenfassung

- Bewässerung ist nur wirksam, wenn Wasserverfügbarkeit limitierend ist, strategische Investition zur Qualitätssicherung
- Investitionen in Tröpfchenbewässerung momentan noch zu hoch
  - Betriebsstrukturen und Wasserangebot ermöglichen Einsatz von kostengünstigeren Verfahren
- Ungünstigere Niederschlagsverteilung in Kombination mit höheren Wasserpreisen könnten dies rasch verändern
- Tröpfchenbewässerung ist aus Sicht der Ressourceneffizienz und der Umweltauswirkungen zielgerichtet und vielversprechend

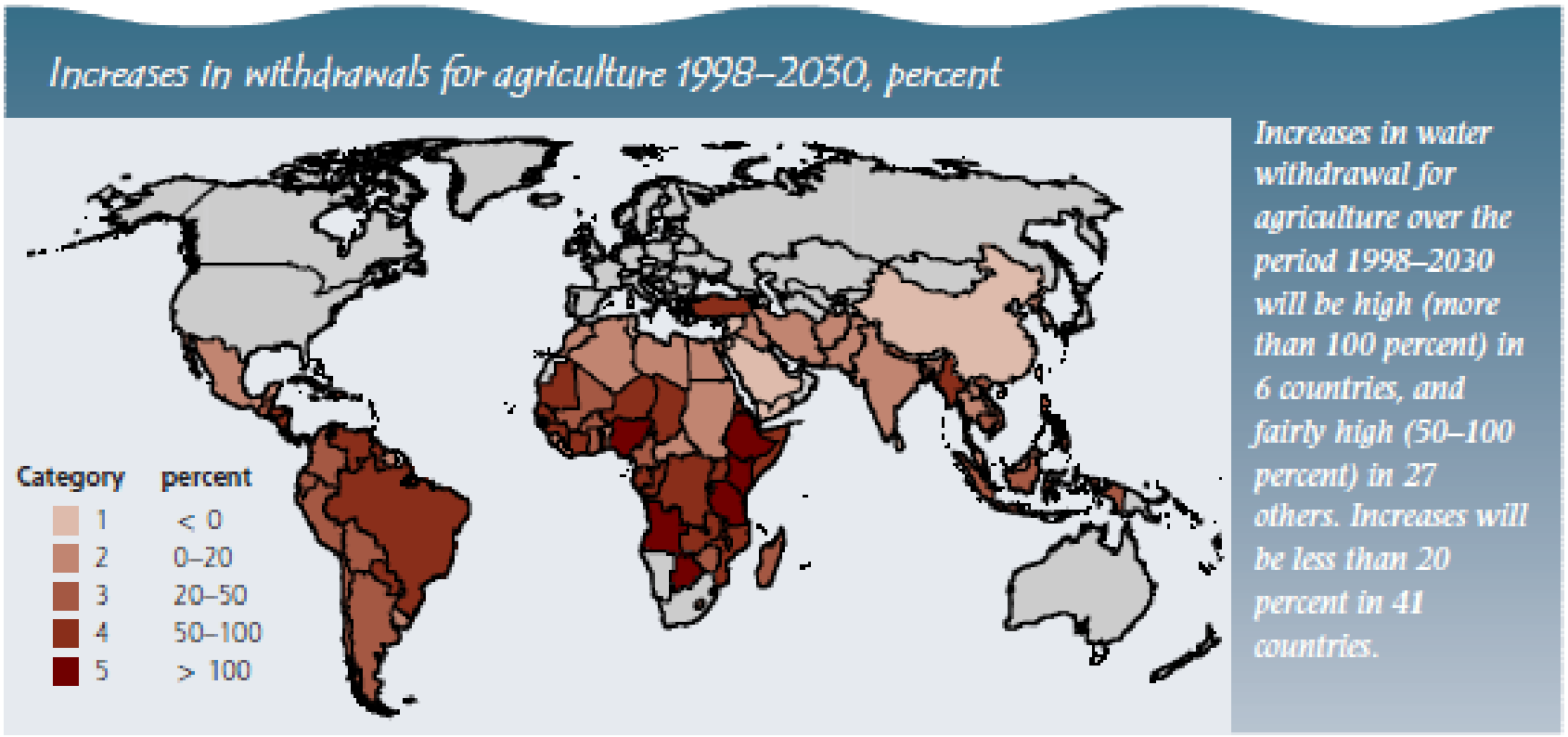
✓Anwendung in niederschlagsarmen Gegenden in Böden mit geringem Wasserspeicherungsvermögen (sandige Böden) kombinieren mit Fertigation

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und meinen Kollegen Franz Gut und Roger Wüthrich für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung

Photo: S. Guggisberg

Agroscope

Zukünftige Nutzungskonflikte vermindern



Kosten der Technik

System	Zeit	Kosten			
		Lohn	Maschinen	Wasser	Summe
	Akh/(ha·a)	€/(ha·a)			
Beregnungsmaschine Einzelregner	2,8	41	164	200	405
Beregnungsmaschine Düsenwagen	3,1	46	285	200	531
Rohrberegnung	9,6	144	930	200	1274
Tropfbewässerung (druckkompensiert, Dammkrone)	16,7	251	1662	140	2050
(Quelle: KTBL Feldbewässerung, 2009)					
Tropfbewässerung:					
Zwischen jedem 2. Damm, druckkomp.	9,2	138	1000	140	1280
Dammkrone, drucksensitiv	16,7	251	1171	155	1575
Zwischen jedem 2. Damm, drucksensitiv	9,2	138	749	155	1045
(eigene Berechnungen, basierend auf KTBL)					

Bewässerungsverfahren im Vergleich

LfL Tier und Technik

Müller ILT1 – 51

Agroscope

Kartoffelerträge (RG3) am Standort Straußfurt 1994 bis 2008

Jahr	Kartoffelertrag (dt/ha)		Beregnungs-mehrertrag	Zusatzwasser	Effektivität
	unberegnet	beregnet	dt/ha	mm	kg Mehrertrag / mm Zusatzwasser
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
2005	431	526	95	125	76
2006	590	706	116	125	93
2007	500	559	59	50	118
2008	196	490	294	250	118
1994 - 2008	412	587	175	132	138

Pfleger und Rößler, Beregnungstagung Sa/Th, Reinholdshain, 24. November 2009