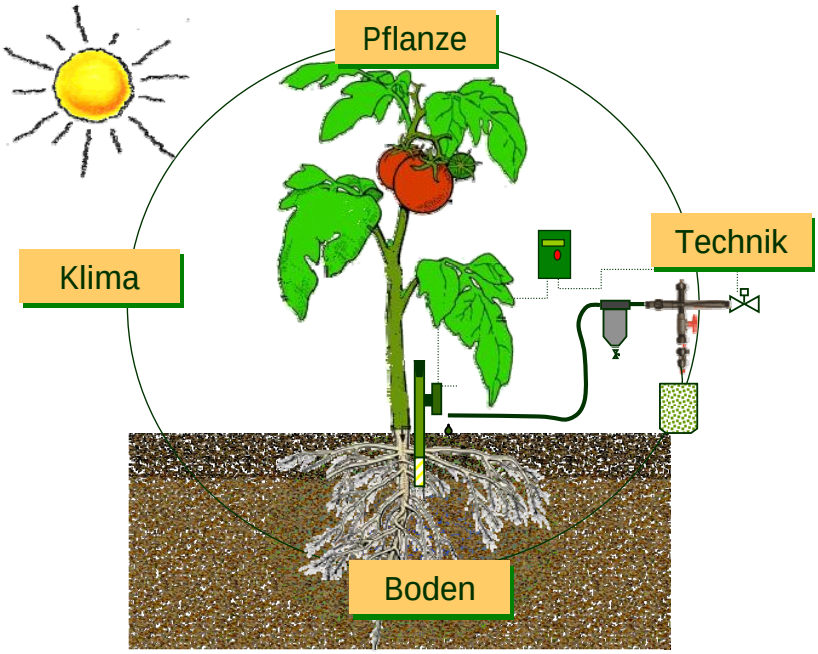
Grundlagen zur Steuerung der Bewässerung

Klimatische Wasserbilanz und sensorgesteuerte Bewässerung

Dr. Michael Beck
Forschungsanstalt für Gartenbau
Am Staudengarten 7
85354 Freising
michael.beck@hswt.de

Bewässerung

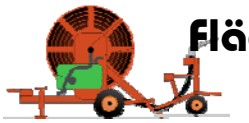
- Klima – Boden – Technik - Pflanze



Grundsätze der Bewässerung

- Bemessung der Bewässerungsgaben
  - nach Pflanzenbedarf
  - angepasst an das Wasserspeichervermögen des Bodens
  - unter Berücksichtigung des Witterungsverlaufs
- Verdunstungsverluste soweit möglich vermeiden
- Nährstoffauswaschung vermeiden
- Anforderungen an die Qualität des Bewässerungswassers beachten
- Betrieb der Bewässerungsanlage wassersparend nach Vorgaben der wasserrechtlichen Genehmigung

Befeuchtetes Bodenvolumen



Flächige Beregnung

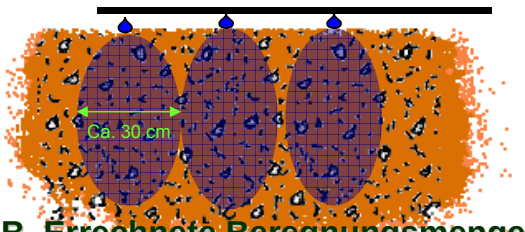
Wasserverteilung bei einer flächigen Beregnung z.B. mit Kreisregner
1 m² Boden
30 cm Bodentiefe
= 300 l Boden pro m²

z.B. Errechnete Beregnungsmenge 20 l/m² und Gabe

Tropfbewässerung

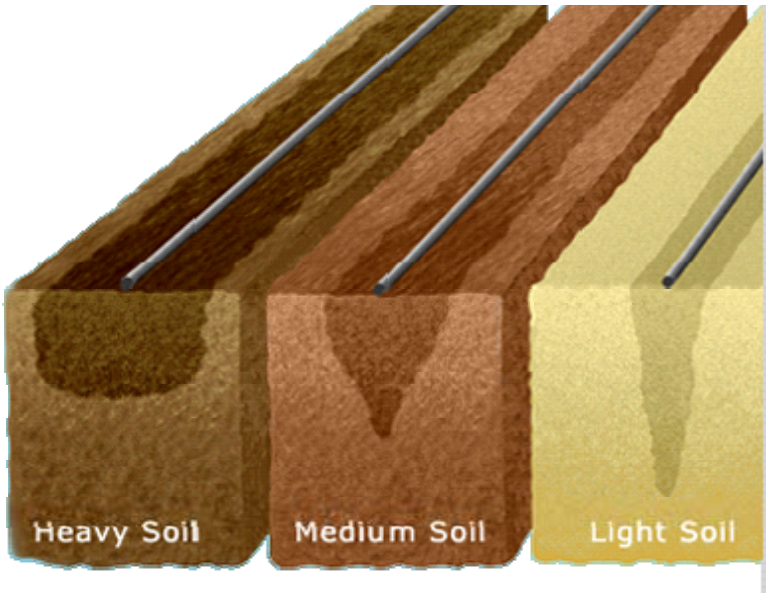
Pro Topfstelle wird ein ∅ von ca. 0,3 bis 0,4 m befeuchtet
~ 30 l Boden pro Tropfstelle bei 30 cm Tiefe.
Bei 2,2 Tropfstellen pro m² (z.B. Einlegegurken)
ca. 60-100 l Bodenvolumen pro m²
d.h. nur 1/5 bis 1/3 im Vgl zur flächigen Bewässerung

Bei 6 Tropfstellen pro m² ca. 150-180 l



z.B. Errechnete Beregnungsmenge 1/2 von 20 l = 10 l/m² und Gabe
Maximale Gabe: ~1,7 l Pro Tropfstelle

Ausbreitung der Feuchtezone bei Tropfbewässerung



Je nach Bodenart, Infiltrationsrate unterschiedliche Ausprägung

Mittelschwerer Boden
ca. 70 l /lfm Tropfschlauch
ca. 21 l pro Tropfstelle

Quelle: Parssa Razavi, KTBL Arbeitstagung 2008: Modernisierung des Bewässerungssystems auf dem Obstgut auf der Heide

Warum Bewässerung steuern?

- Optimierung von Ertrag und <u>Qualität</u>
- Beeinflussung des Nährstoffhaushalts
- Phytosanitäre Probleme reduzieren?
- Ökologische Aspekte
  - Nährstoffauswaschung
  - Resource Wasser ist bzw. kann knapp werden
- Beeinflussung der Lagerfähigkeit

- In Zukunft tritt die Landwirtschaft verstärkt in Konkurrenz um die Resource Wasser, gesetzliche Auflagen sind zu erwarten

Bewässerung steuern

2 Entscheidungen sind zu treffen:

- Wann soll bewässert werden
- Wie viel soll bewässert werden

?

Verfahren zur Steuerung der Bewässerung

Wasserzustand der Pflanze	Bodenfeuchte	Klimafaktoren	Sonstige
Turgor Spaltöffnungen Saftstrom Transpiration	Wassergehalt - Gravimetrie - Kapazitätsmessung - Neutronensonde - TDR Sonde - Peltier Element - Leitfähigkeit Wasserverfügbarkeit **- Tensiometrie** **- Watermark**	Einstrahlung Lysimeter (Verdunstung) Feuchtedefizit Feuchtedifferenz **Modellrechnungen** (Geisenheimer Methode)	Sinnesempfindung u. Erfahrung (Grüner Daumen) Zeitsteuerung Spatenprobe

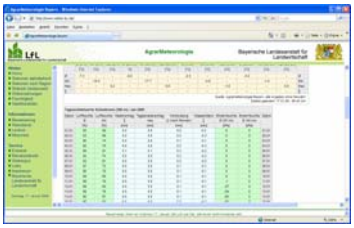
Quelle: (PASCHOLD 1994) Paschold: Wassereinsatz und ökologische Aspekte, Steuerung beim Freilandgemüsebau. Deutscher Gartenbau. 48, *50,* S.2988-2992,

Geisenheimer Methode

Tägl.Wasserbilanz = (Verdunstung * kc) - Niederschlag

Notwendige Parameter:

- Maximale Bewässerungsmenge pro Gabe
  ist anhand der Bodenart und Durchwurzelungstiefe 1x zu ermitteln
- Niederschlagsmenge in mm
  Erfassung am Feld mit Regenmesser
- Verdunstungswerte nach Penman (ET_o)
  www.agrowetter.de
  www.wetter-by.de
- kc-Werte (Pflanzenkoeffizient)
  http://forschungsanstalt.campus-geisenheim.de
  /uploads/media/Kc_Werte_2008_01.pdf



nFK zur Bestimmung der Gießmenge

nFK und Pflanzenwachstum

nFK in %	Pflanzenentwicklung
< 30	die Pflanze steht unter Wasserstress, mit Ertragseinbußen ist zu rechnen
30 - 50	noch ausreichende Wasserversorgung der Pflanzen
50 - 80	optimales Wasserangebot
80 - 100	Beginn der Überversorgung, Gefahr von Sauerstoffmangel
> 100	Überversorgung und Sauerstoffmangel

Nutzbare Feldkapazität verschiedener Bodenarten

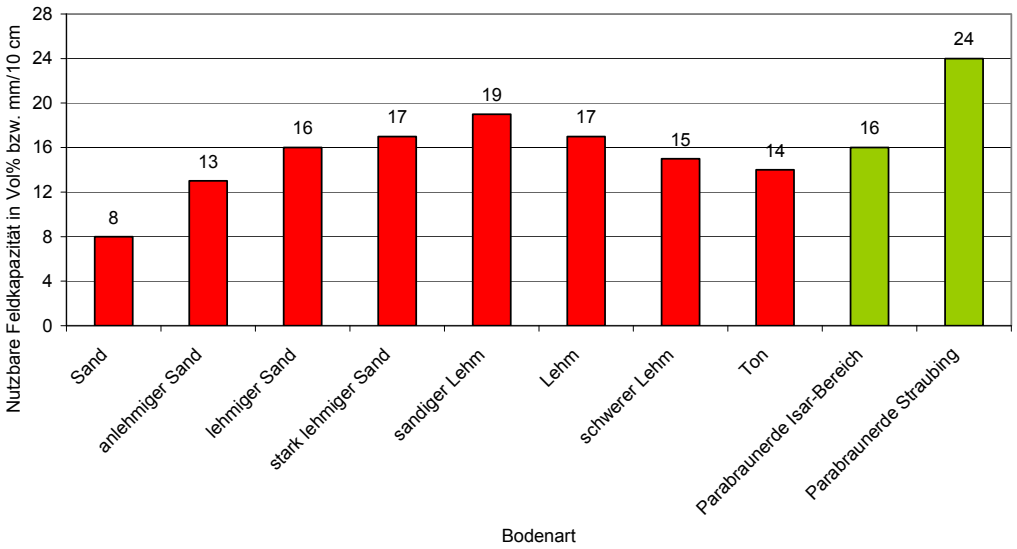


Abb: Einfluss der Bodenarten auf die nutzbare Feldkapazität

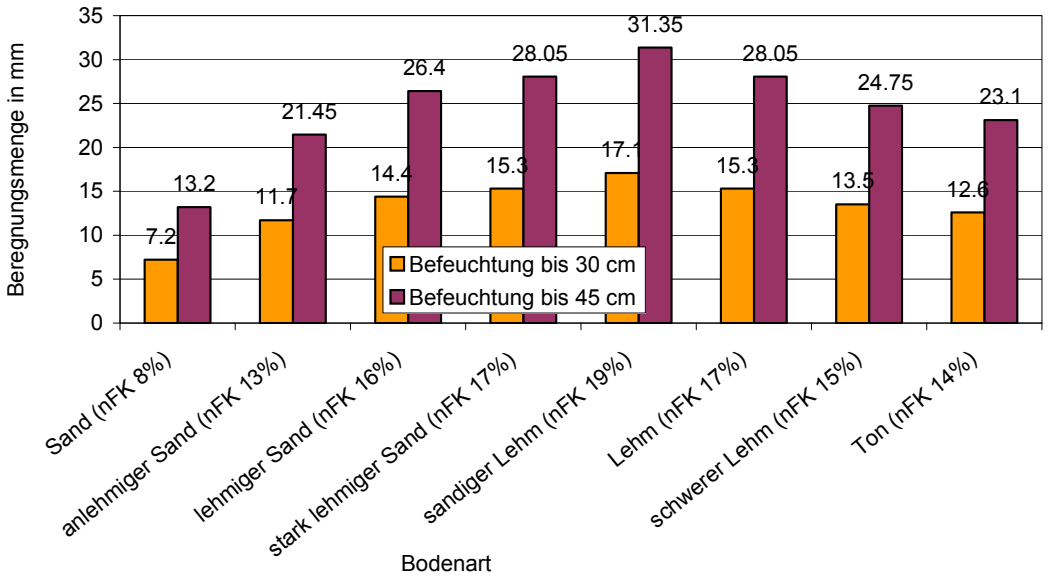
Berechnung der Bewässerungsmenge in Abhängigkeit der nFK

- Wenn 60 % der nutzbaren Feldkapazität erreicht sind, d.h. wenn 40 % verbraucht sind
- Dann Feldkapazität auf 90 % auffüllen
- d.h. Bewässerungsmenge 30 % der FK
- Effektiver Wurzelraum 30 cm

- z.B. Feldkapazität 8 Vol %
- 8 Vol % = 8 mm/10 cm = 24 mm/30 cm
- Bewässerungsmenge: 30 % von 24 mm = 7,2 mm

Beregnungsgaben bei flächiger Bewässerung

Beregnung bei 60 % nFK aufgefüllt auf 90 % nFK
Durchfeuchtetes Bodenvolumen bis 30 und 45 cm



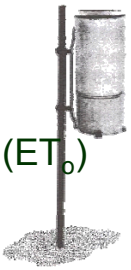
) Bei einer Befeuchtung bis 45 cm wird die Schicht 0-30 auf 100 % befeuchtet

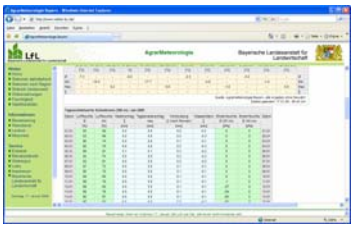
Geisenheimer Methode

Tägl.Wasserbilanz = (Verdunstung * kc) - Niederschlag

Notwendige Parameter:

- Maximale Bewässerungsmenge pro Gabe
  ist anhand der Bodenart und Durchwurzelungstiefe 1x zu ermitteln
- Niederschlagsmenge in mm
  Erfassung am Feld mit Regenmesser
- Verdunstungswerte nach Penmann (ET_o)
  www.agrowetter.de
  www.wetter-by.de
- kc-Werte (Pflanzenkoeffizient)
  http://forschungsanstalt.campus-geisenheim.de
  /uploads/media/Kc_Werte_2008_01.pdf

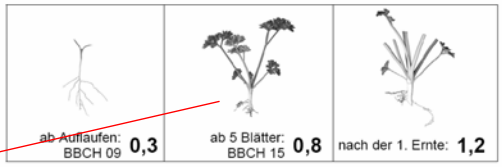




Geisenheimer Methode

DWD oder Wetterstation

Errechnen der täglichen Wasserbilanz



http://www.campus-geisenheim.de/Geisenheimer-Steuerung.701.0.html

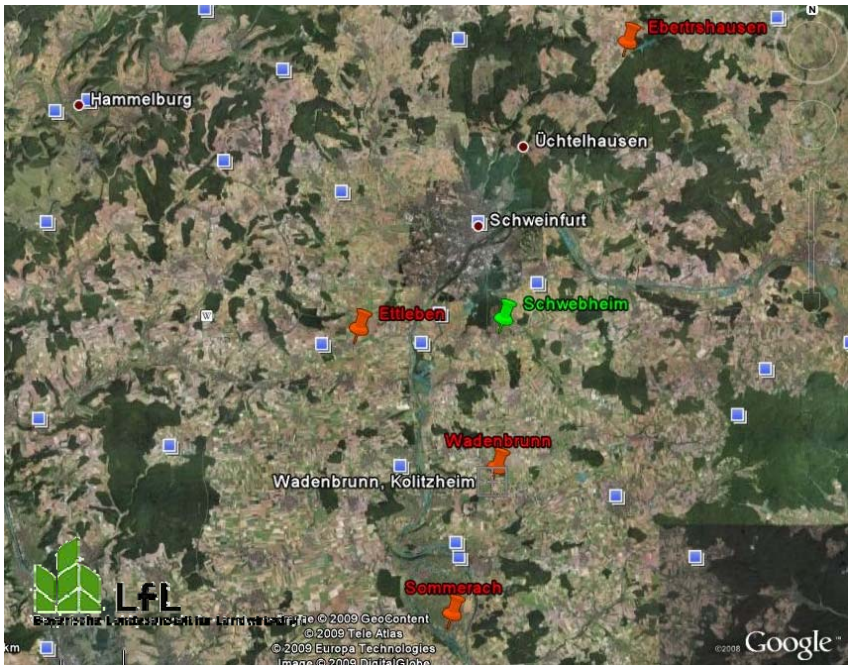
Datum	PENMAN-Wert	Faktor (kc)	- Niederschlag	= tägl. Wasserbilanz
25. 7.	5,2	0,8	0,0	**4,2**
26. 7.	5,9	0,8	4,0	**0,7**

Errechnen des Bewässerungszeitpunktes

Datum	tägl. Wasserbilanz (mm)	Gesamtbilanz	Beregnung
25. 7.	4,2	4,2	-
26. 7.	0,7	4,9	-
27. 7.	6,5	11,4	-
28. 7.	6,9	18,3	-
29. 7.	7,0	25,3	-
30. 7.	5,1	**30,4**	**30 mm**
31. 7.	6,5	6,9	-

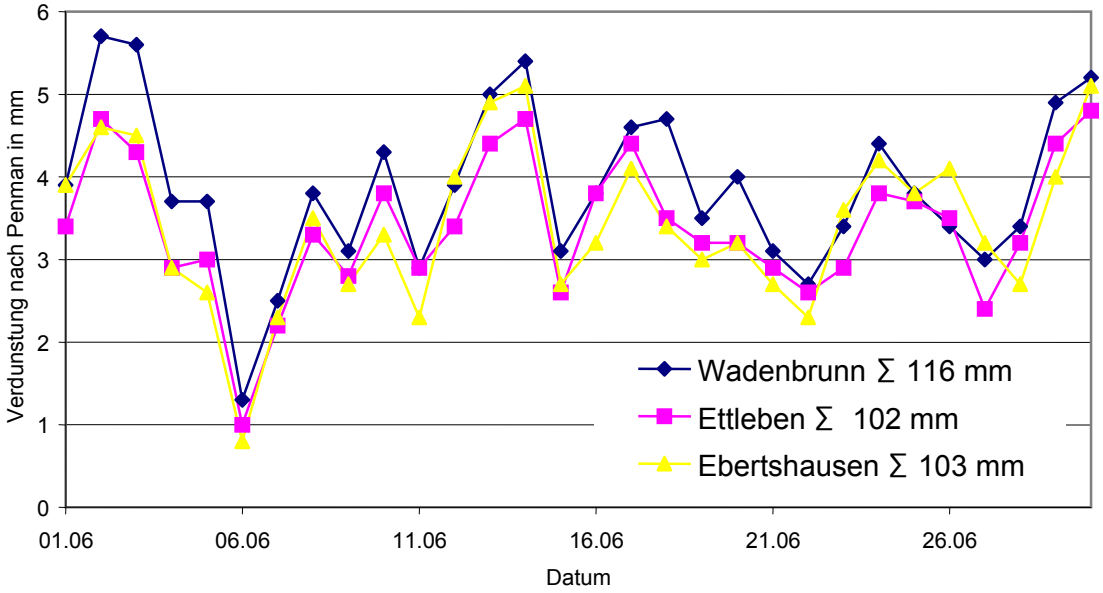
Vorhandene Wetterstationen im Umkreis von Schwebheim

www.wetter-by.de



Verdunstung nach Penman Juni 2009

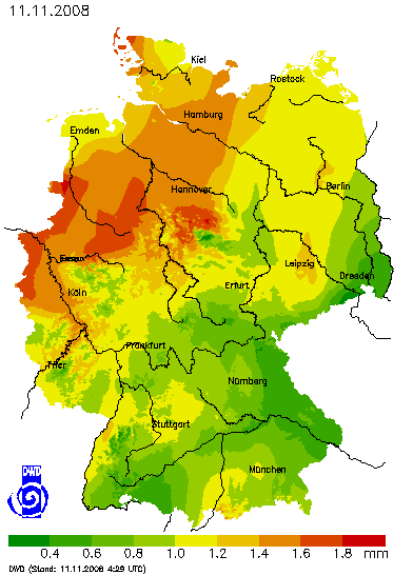
Wetterstationen im Umkreis von Schwebheim



kc-Werte für Kräuter?

Petersilie	ab Auflaufen: BBCH 09 **0,3**	ab 5 Blätter: BBCH 15 **0,8**	nach der 1. Ernte: **1,2**	
Zwiebeln Sommer	ab Auflaufen 0,5	ab 5. Blatt 1,0	ab 8. Blatt 1,2	ab Schlotten-knicken 0
Zwiebeln Bund	ab Auflaufen 0,5	ab 4. Blatt 0,7	ab 6. Blatt 1,2	

Geisenheimer Methode
- Softwareprodukte -



- **Beregnungsberatung**

www.agrowetter.de

Kosten: 67,71 pro Saison

www.wetter-by.de

kostenfrei

- **Helm-Software Irma**

HELM-IRMA.lnk

Kostenloses Softwaretool zur Berechnung der Verdunstung nach der Geisenheimer Methode. Verdunstung kann über Wetterdienst bezogen werden

- **Eigene Wetterstationen**

z.B. iMetos

Geisenheimer Methode
- Zusammenfassung -

- Kostengünstige Methode
- Sensoren sind nicht zwingend notwendig

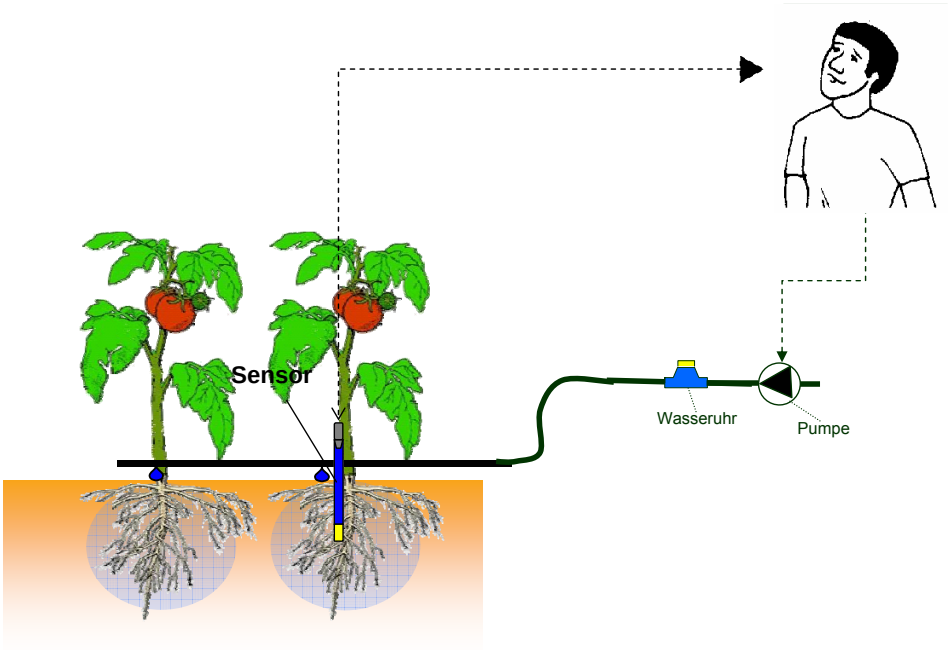
- regelmäßige Aktualisierung der Daten ist notwendig
  - Verdunstung
  - Niederschlag bzw. Beregnung
  - Anpassung der kc Werte und Durchwurzelungstiefe

- Mögliche Wasserversickerung wird nicht kontrolliert

- Bisherige Untersuchungen nur bei flächigen Bewässerungsverfahren

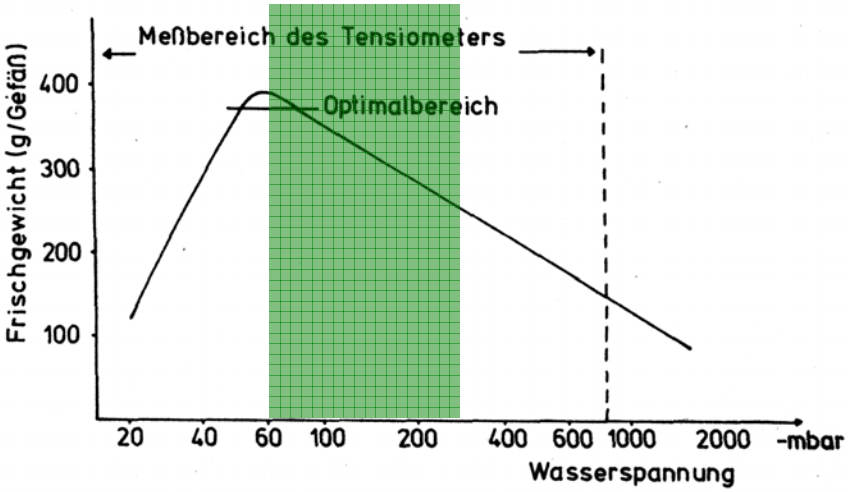
  für Tropfbewässerungssysteme wird eine Reduzierung der Bewässerungsgaben auf ½ bzw auf 1/3 bis 1/5 empfohlen.

Steuerung nach der Bodenfeuchte



Zusammenhang zwischen der Wasserspannung und Ertrag

- Der Pflanze ausreichend leicht verfügbares Wasser bereitstellen
- Optimales Pflanzenwachstum bei Saugspannungen zwischen 60 und 300 hPa

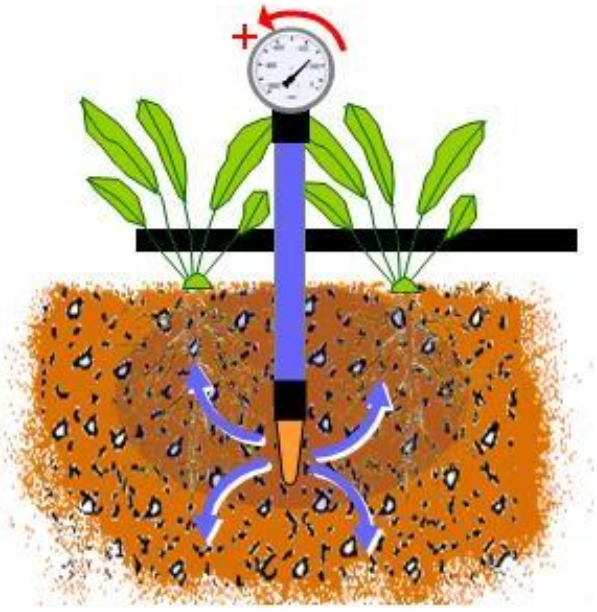


Steuerung nach der Bodenfeuchte

- Verschiedene Messverfahren
  - Wassergehaltsmessung
    - Gibt den Wassergehalt im Boden wieder
    - sagt nichts darüber aus ob diese Menge auch für die Pflanze zur Verfügung steht
  - Wasserspannungsmessung
    - Gibt Aussage wie stark das Wasser im Boden gebunden ist und somit welchen Aufwand die Pflanze betreiben muss um den Boden das Wasser zu entziehen.
    - Unabhängig von der Bodenart und damit Vergleichbar
    - Derzeit Tensiometer oder Watermark

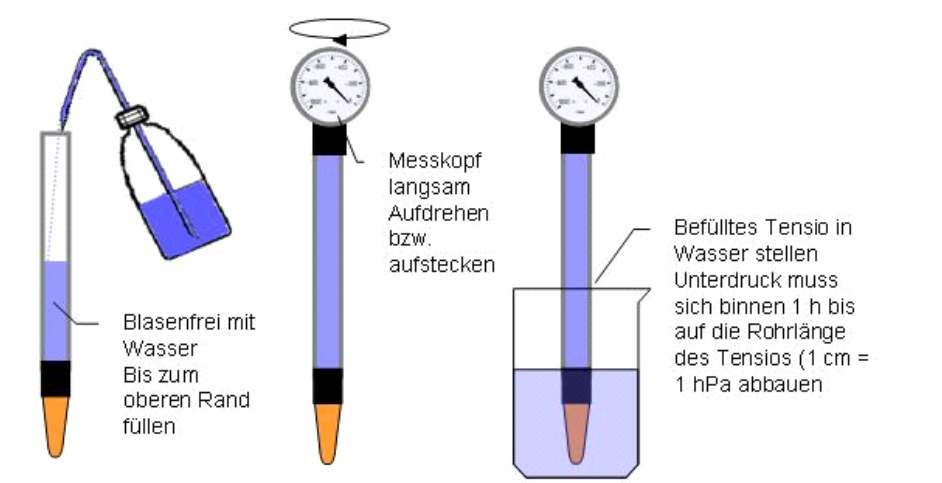
Wie funktioniert ein Tensiometer

Boden trocknet aus

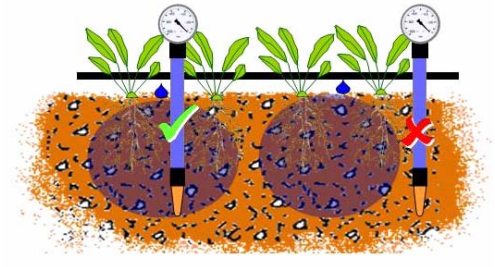


Boden wird befeuchtet

Tensiometer vorbereiten



Setzen der Tensiometer



Richtige Messstelle auswählen
- Bei Tropfbewässerung immer in der Tropfzone

Setzen der Feuchtesensoren

Quelle: Norbert Mayer, **Forschungsanstalt Geisenheim,** Fachgebiet Gemüsebau

Bodenfeuchtemessung

Kontrollgeräte

Wasserpotentialmessung	Wassergehaltsmessung
Vereinfacht ist dies die Kraft mit der das Wasser an den Bodenteilchen gebunden ist bzw. die Kraft die die Pflanze zur Wasseraufnahme aufbringen muss	Boden oder Substrat vorhandene Wassermenge, keine Aussage über die Wasserbindung

Tensiometer

ca. 40,-- €

Infield 7

583,-- €

Fieldscout

ca. 1000 ,-- €

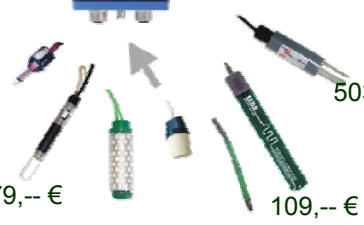
www.stepsystems.de

Handmessgerät ca. 300,-- €
Je Sensor ca. 45,-- €

Tensiocheck

www.tensio.de

ca. 400,--€



503,-- €

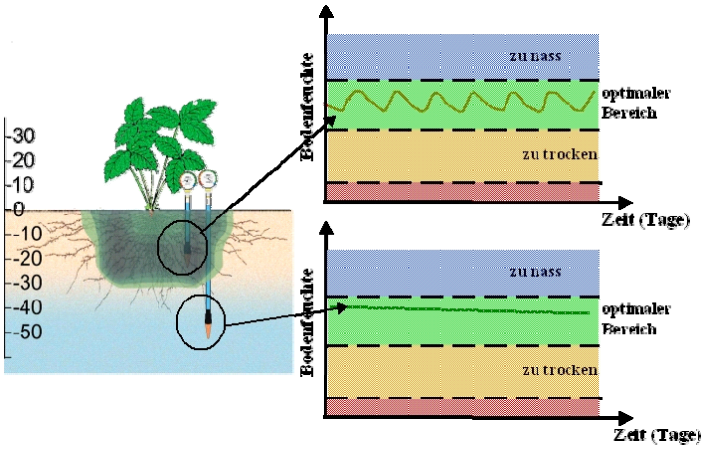
179,-- €

109,-- €

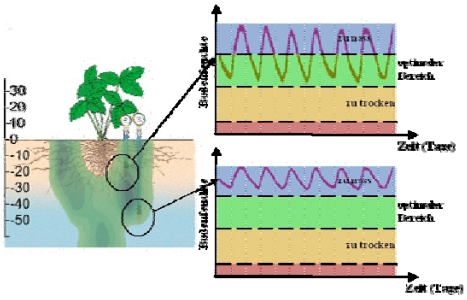
www.ums-muc.de

Steuerung nach der Bodenfeuchte
- optimaler Feuchteverlauf -

Optimale Bewässerung



Zu feuchte Bewässerung

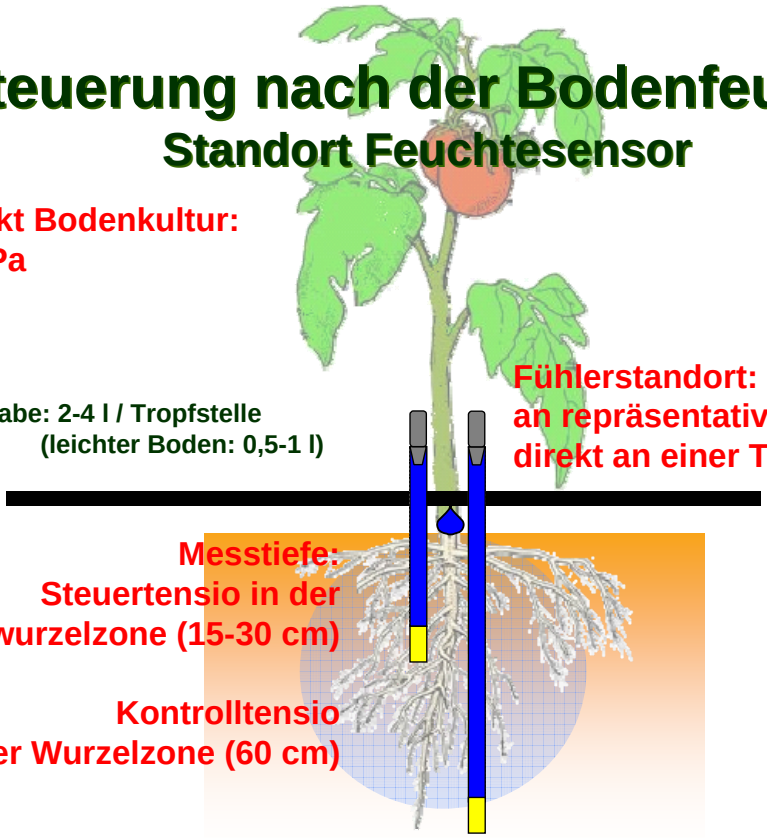


MMM TECH SUPPORT
WWW.MMM-TECH.DE

Steuerung nach der Bodenfeuchte
Standort Feuchtesensor

Schaltpunkt Bodenkultur:
100-300 hPa

Einzelgabe: 2-4 l / Tropfstelle
(leichter Boden: 0,5-1 l)

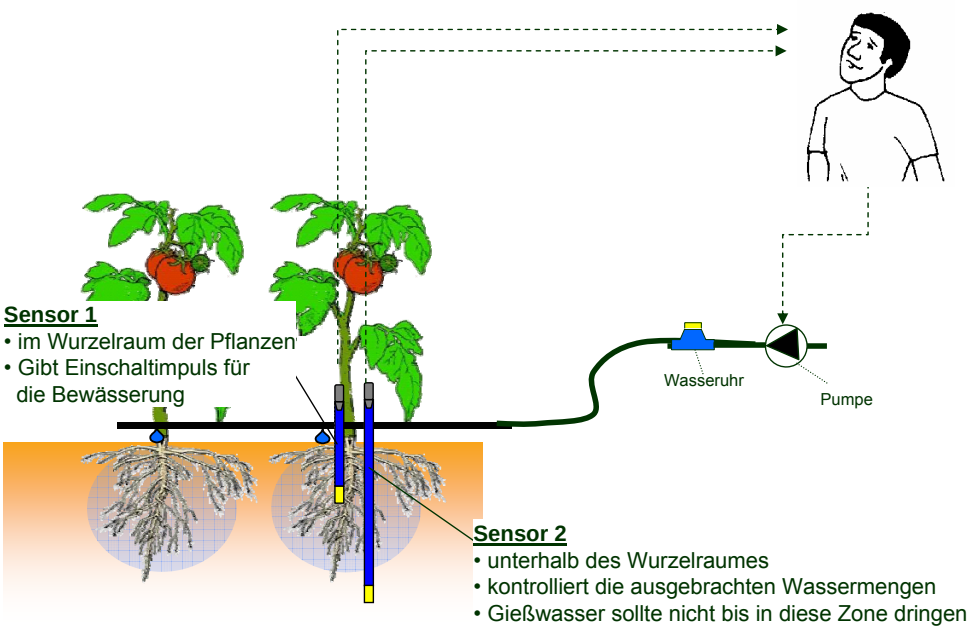


Fühlerstandort:
an repräsentativer Stelle
direkt an einer Tropfstelle

Messtiefe:
Steuertensio in der
Hauptwurzelzone (15-30 cm)

Kontrolltensio
Unterhalb der Wurzelzone (60 cm)

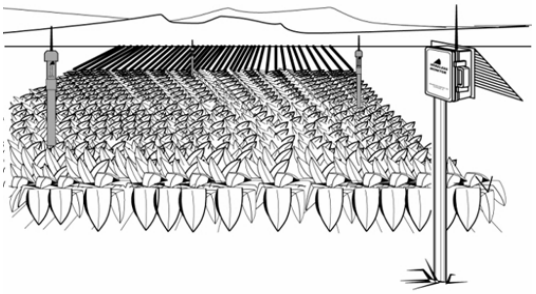
Steuerung nach der Bodenfeuchte
mit Kontrolle der Sickerwassermenge



Steuerung nach der Bodenfeuchte
- Sensoren zur Messung des Matrixpotentials -

		Messbereich	Kosten	Wartung	
Tensiometer		0..800 hPa	100-200€	+	Hohe Genauigkeit bei geringen Wasserspannungen Bei Wasserspannungen über 800 hPa dringt Luft ein und das System entleert sich
Watermark		0..2000 hPa	30-40€	-	Kostengünstiges Messsystem, geringer Wartungsaufwand, Temperaturkompensation wird empfohlen. Nicht bei allen Steuergeräten ohne zus. Elektronik einsetzbar (Zusatzkosten ca. 70,--€)
Equitensio		0..15000 hPa	500-700 €	-	Sensor mit hoher Genauigkeit allerdings auch sehr großem Messbereich. Aufgrund des Ausgleichskörpers rel. Träge Standardmessverfahren des DWD
MPS-1		100-5000 hPa	150,-€-	-	Kostengünstiges Messsystem, mäßige Genauigkeit bei geringen Wasserspannungen
Tensiomark		0.1000 hPa 0.2000 hPa 0,5000 hPa	440,--€	-	Indirekte Ermittlung der Saugspannung durch Messung der Wärmekapazität eines Referenzsubstrates in einem hochporösen Ausgleichskörper (Tonzelle). Gemessen wird damit die Verfügbarkeit des Wassers.

Datenlogger
z.B. Watermark



Steuerung nach der Bodenfeuchte
- Funkbasierende Wetterstation -

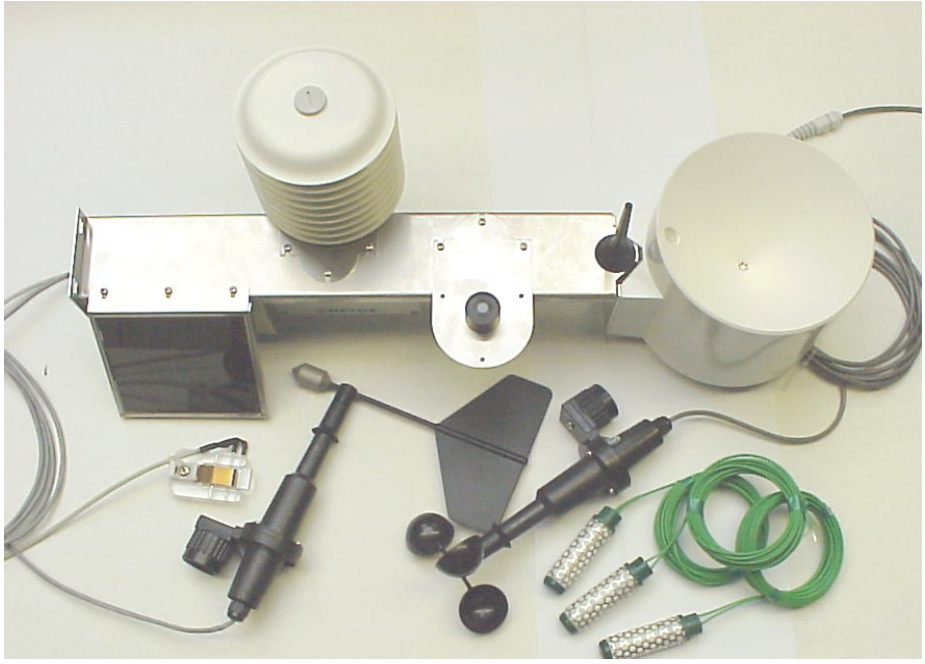
Server Fa. Pessl
www.fieldclimate.com

Via Internet

www.fieldclimate.com

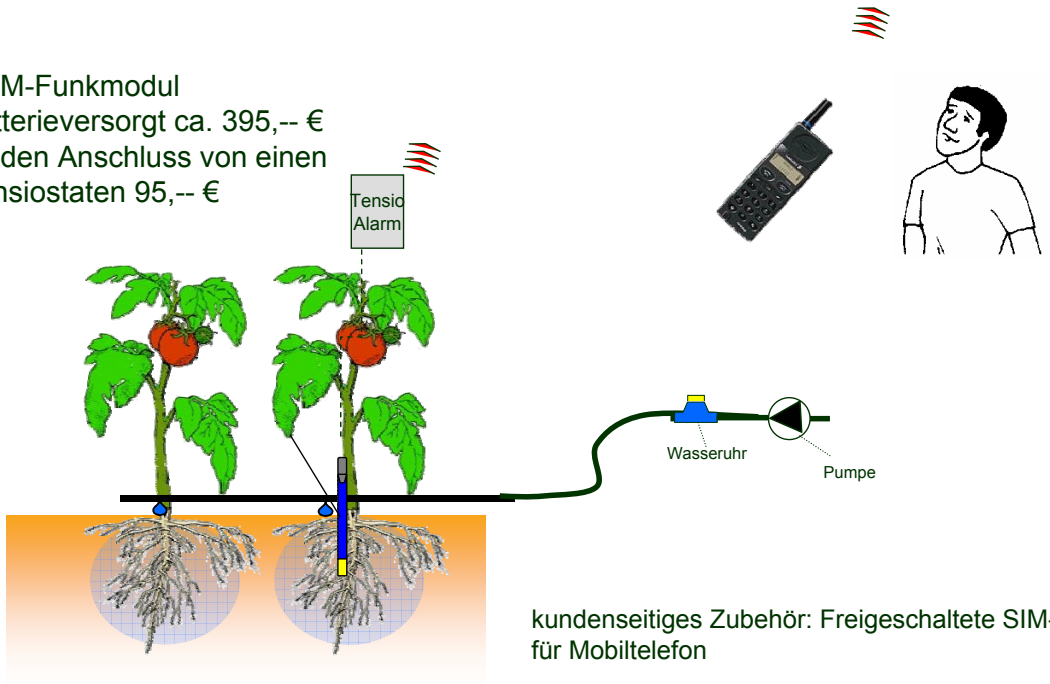
Kosten:iMetos sm mit Globalstrahlung, Bodentemperatur, Regenmenge, Wind, Blattnässe, Lufttemperatur und Luftfeuchte 2805,-- €
6 Eingänge für Watermark-Sensoren, Watermark Sensor 40,-- €/Stück
SIM Telefonkarte mit GPRS Option 5-10 €/Monat)

Wetterstation mit Feuchtesensor



Steuerung nach der Bodenfeuchte - SMS-Alarm-

GSM-Funkmodul
Batterieversorgt ca. 395,-- €
für den Anschluss von einen
Tensiostaten 95,-- €



kundenseitiges Zubehör: Freigeschaltete SIM-Karte für Mobiltelefon

Fachhochschule Weihenstephan
University of Applied Sciences
MEHR ALS STUDIEREN
ZUKUNFT GESTALTEN AN
DER GRÜNEN HOCHSCHULE

Steuerung nach der Bodenfeuchte
- Zusammenfassung -

- Bedarfsgerechte Steuerung ist möglich.
- Wasserversickerung kann kontrolliert werden.
- Im Freilandanbau ist derzeit eine vollautomatische Steuerung nicht vollzogen.
- Bei Tropfbewässerung zu bevorzugen

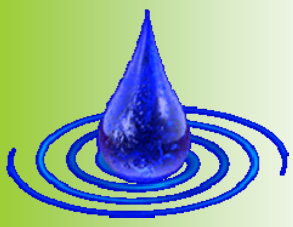
- Verkabelungsaufwand ist bei der Bodenbearbeitung hinderlich.
- Hohe Kosten für Bodenfeuchtesensoren.
- Für jeden Schlag ist ein System notwendig.
- Repräsentativer Standort des Sensors?

Information- und Literatur

www.wetter-by.de
www.agrowetter.de
www.tensio.de
www.ums-muc.de
www.mmm-tech.de
www.dripirrigation.de
www.forschungsanstalt.campus-geisenheim.de
www.netafim.de
www.plastro.com
www.t-tape.com

http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1115847_l1/Merkblatt%2024%20Beregnung%20und%20Bew%C3%A4sserung.pdf

Zusammenfassung

- Modellrechnung bei flächiger Beregnung
  - Feuchtesensoren zur Kontrolle empfehlenswert
- Feuchtesensoren bei Tropfbewässerung
  - Tiefentensiometer zur Kontrolle der Versickerung
- Es gibt noch viel zu tun
  - Packen wir´s an…….

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit