



Möglichkeiten einer ressourcenschonenden Bewässerung in der bayerischen Landwirtschaft in Zeiten des Klimawandels

Wasserforum Niederbayern am 28. November 2023 in Ergolding
Veranstalter: Regierung von Niederbayern

Dr. Martin Müller
ALB Bayern e.V.

Bewässerungsbedarf in bayerischen Schwerpunktgebieten

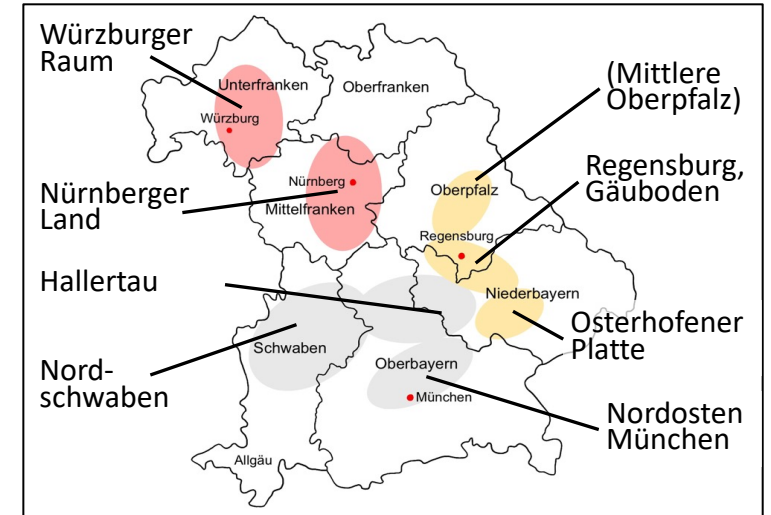
Pflanzliche Erzeugung erfordert ausreichend Wasser



Witterungsbedingte Standortfaktoren

Schwerpunktgebiet	LfL-Wetterstation	Ø-Temperatur	Σ-Niederschlag
Würzburger Raum	Gerbrunn (WÜ)	9,9 °C	560 mm
Nürnberger Land	Buch (N)	10,3 °C	610 mm
Regensburg, Gäuboden	Köfering (R)	9,5 °C	630 mm
(Mittlere Oberpfalz)	Irrenlohe (SAD)	8,6 °C	640 mm
Osterhofener Platte	Neusling (DEG)	9,4 °C	700 mm
Nordschwaben	Ainertshofen (AIC)	9,7 °C	720 mm
Hallertau	Hüll (PAF)	9,1 °C	810 mm
Nordosten München	Eichenried (ED)	9,1 °C	810 mm
Mittelwert		9,5 °C	690 mm

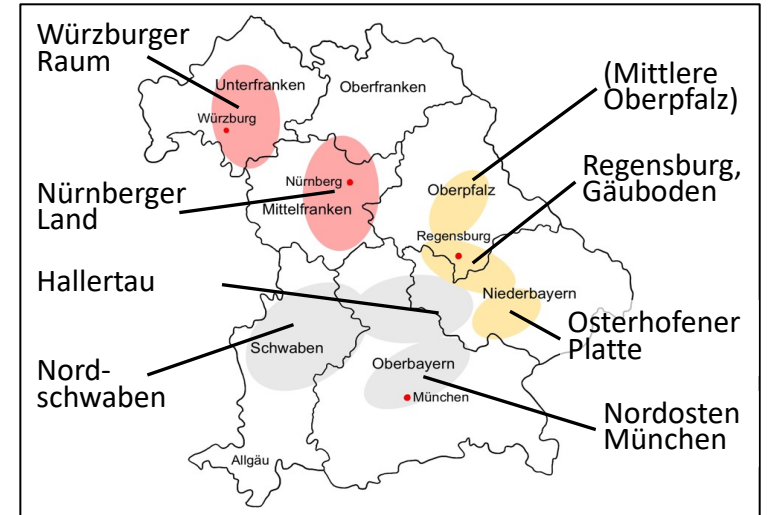
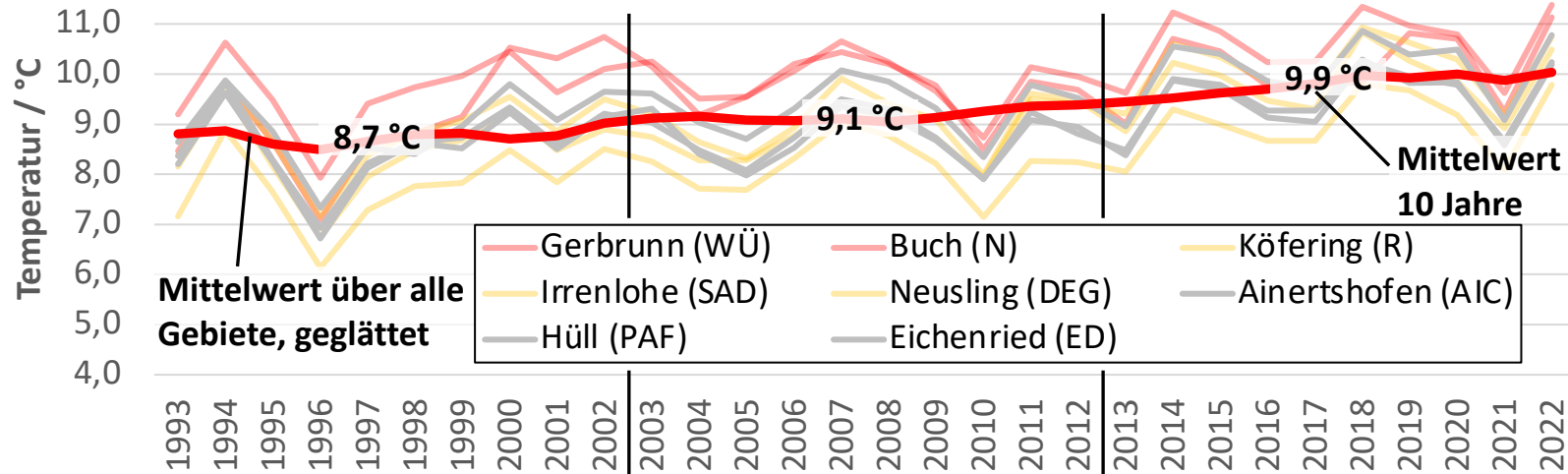
Betrachtungszeitraum 20 Jahre: 2003 bis 2022, Jahreswerte



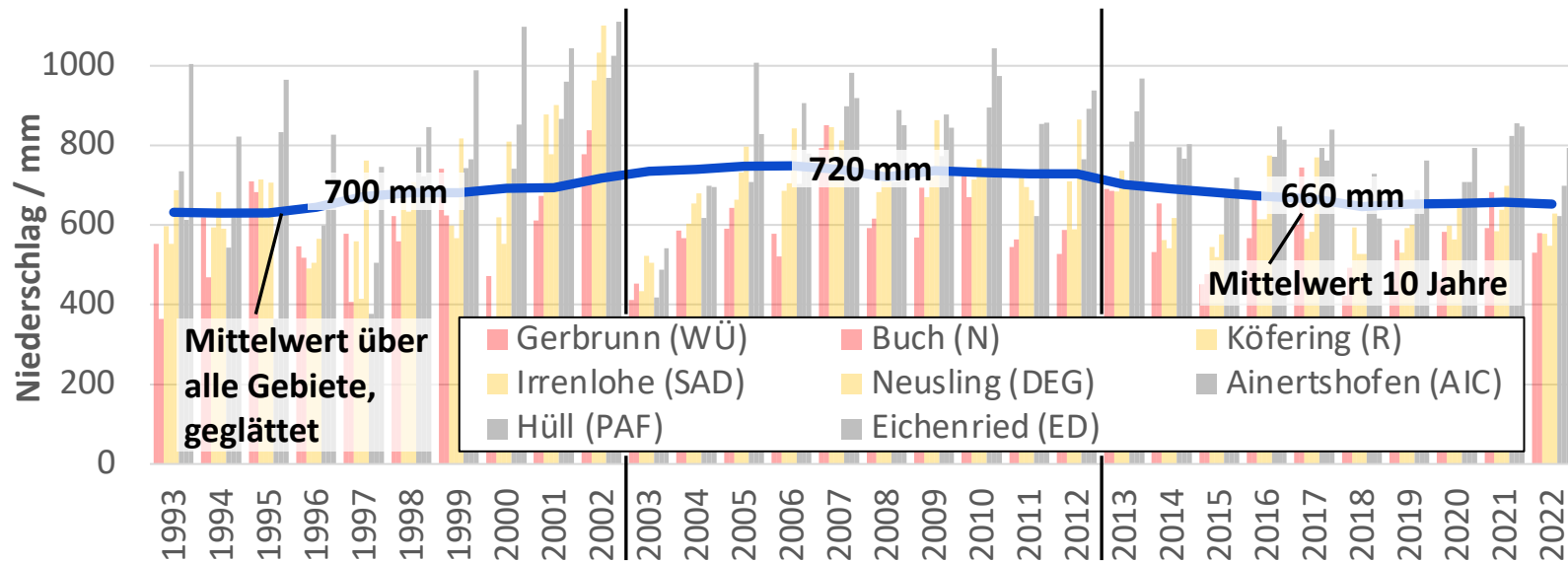
Schwerpunktgebiete Bewässerung

**Jahresdurchschnittstemperaturen
und Jahresniederschläge in
bayerischen Schwerpunktgebieten
Bewässerung**

Witterungsbedingte Standortfaktoren (2)



Schwerpunktgebiete Bewässerung



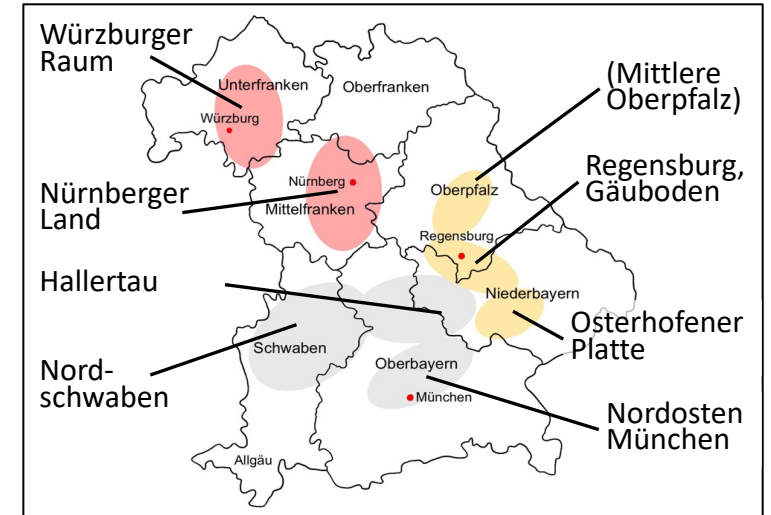
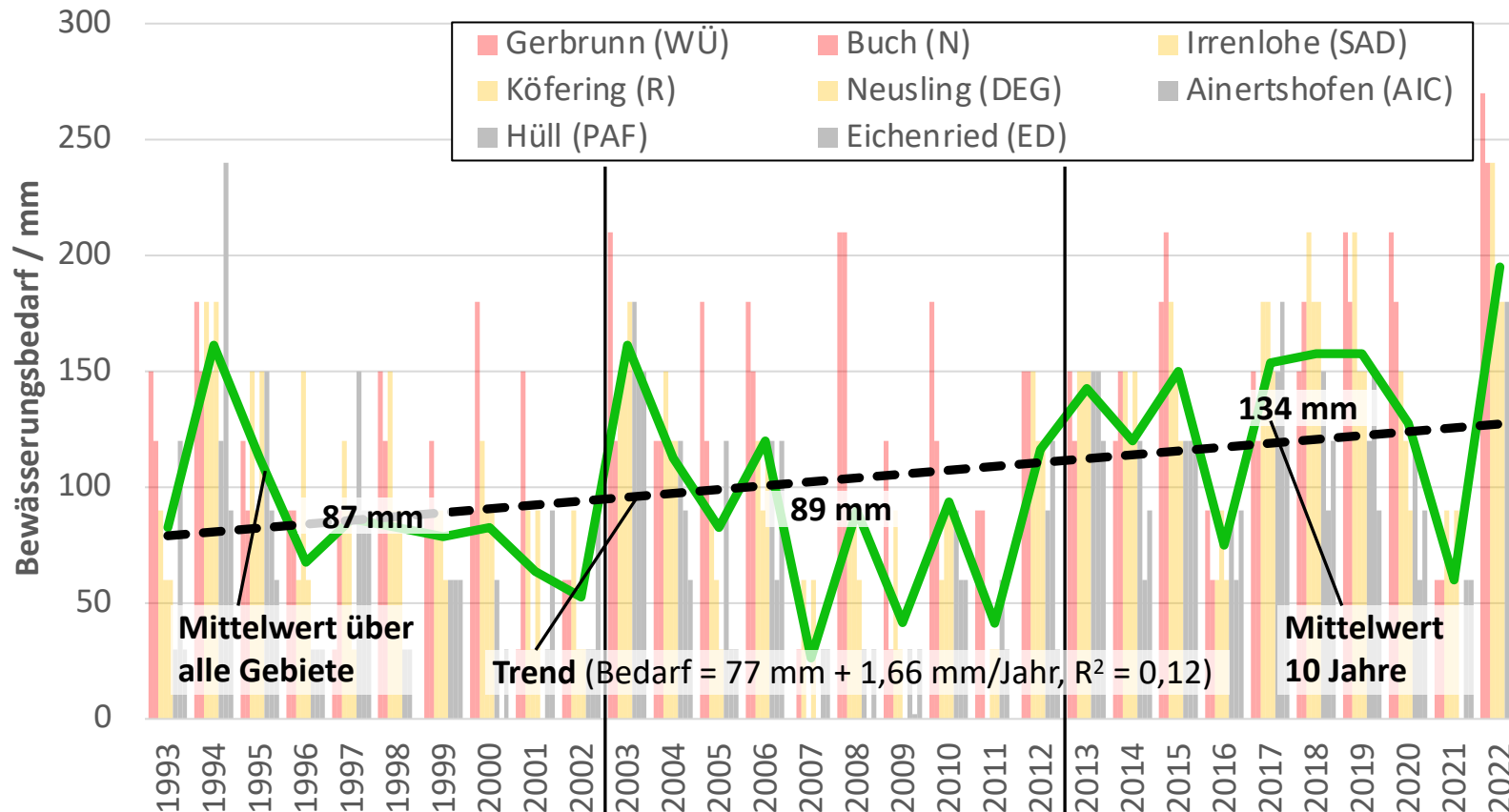
Jahresdurchschnittstemperaturen (oben) und Jahresniederschläge (unten) in bayerischen Schwerpunktgebieten Bewässerung, Entwicklung von 1993 bis 2022 (30 Jahre)

Datengrundlage: LfL-Wetterstationen

Bemessung des Bewässerungsbedarfs

Einfluss witterungsbedingter Standortfaktoren

Kultur: Kartoffeln, nutzbare Feldkapazität (nFK): 15 Vol.-%



Schwerpunktgebiete Bewässerung

Bewässerungsbedarf zu Kartoffeln in bayerischen Schwerpunktgebieten, Entwicklung von 1993 bis 2022 (30 Jahre)

Bemessungsinstrument:
Bewässerungs-App

Bemessung des Bewässerungsbedarfs (2)

Einfluss witterungsbedingter Standortfaktoren

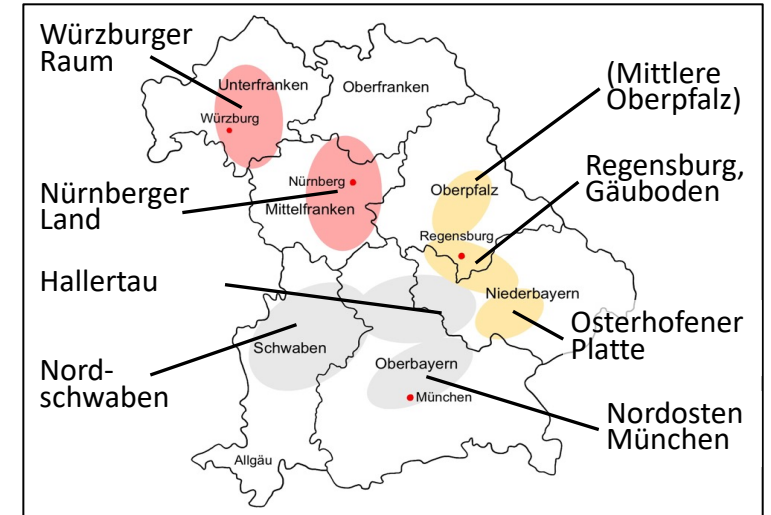
Kultur: Kartoffeln; nutzbare Feldkapazität (nFK): 15 Vol.-%,
Versorgungssicherheit VS: 80 %

*Tatsächlich verwendete Wassermenge zur Versorgung gemäß Pflanzenbedarf
in 80 % der Jahre (Unterversorgung in 20 % der Jahre)*

Erforderliche Bewässerungskapazität

**Bedarf, 80 % VS,
Mittelwert 20 Jahre
(Streubreite)**

Schwerpunktgebiet	LfL-Wetterstation	Bedarf, 80 % VS	Bedarf, 80 % VS, Mittelwert 20 Jahre (Streubreite)
Würzburger Raum	Gerbrunn (WÜ)	210 mm	135 mm (0 - 210 mm)
Nürnberger Land	Buch (N)	180 mm	115 mm (30 - 180 mm)
(Mittlere Oberpfalz)	Irrenlohe (SAD)	180 mm	110 mm (0 - 180 mm)
Regensburg, Gäuboden	Köfering (R)	150 mm	90 mm (0 - 150 mm)
Osterhofener Platte	Neusling (DEG)	150 mm	100 mm (0 - 150 mm)
Nordschwaben	Ainertshofen (AIC)	150 mm	85 mm (0 - 150 mm)
Hallertau	Hüll (PAF)	150 mm	65 mm (0 - 150 mm)
Nordosten München	Eichenried (ED)	120 mm	65 mm (0 - 120 mm)
Mittelwert		160 mm	95 mm (0 - 270 mm)



Schwerpunktgebiete Bewässerung

**Bewässerungsbedarf in
bayerischen Schwerpunktgebieten,
Stand: 2022**

Betrachtungszeitraum 20 Jahre: 2003 bis 2022

Bemessungsinstrument: Bewässerungs-App

Bemessung des Bewässerungsbedarfs (3)

Bewertung verschiedener Kulturen

Standortfaktor Witterung: LfL-Station Neusling (DEG),

Standortfaktor Boden: nutzbare Feldkapazität (nFK): 15 Vol.-%

Kultur	Bedarf, 80 % Versorgungssicherheit	Bedarf, 80 % VS, Mittelwert 20 Jahre (Streubreite)
Salat, 3 Sätze	210 mm	175 mm (126 - 210 mm)
Gurken	240 mm	155 mm (55 - 240 mm)
Zwiebeln, gesät	160 mm	117 mm (60 - 160 mm)
Kartoffeln	150 mm	100 mm (0 - 150 mm)
Kopfkohl	155 mm	95 mm (0 - 150 mm)
Mais	75 mm	35 mm (0 - 75 mm)
Zuckerrüben	75 mm	25 mm (0 - 75 mm)
Winterweizen	25 mm	15 mm (0 - 25 mm)
Sportplatz, Rasen	285 mm	210 mm (90 - 285 mm)

Bewässerungsbedarf verschiedener Kulturen bei gleichbleibenden Standorteigenschaften

Betrachtungszeitraum 20 Jahre: 2003 bis 2022

Bemessungsinstrument: Bewässerungs-App

Bemessung des Bewässerungsbedarfs (4)

Einfluss bodenbedingter Standortfaktoren

Standortfaktor Witterung: LfL-Station Neusling (DEG),
Kultur: Kartoffeln; Versorgungssicherheit VS 80 %

Bodenart	Nutzbare Feldkapazität (nFK)	Bedarf, 80 % Versorgungssicherheit	Bedarf, 80 % VS, Mittelwert 20 Jahre (Streubreite)
Sand (S)	10	175 mm	130 mm (60 - 175 mm)
Stark lehmiger Sand (IIS)	15	150 mm	100 mm (0 - 150 mm)
Schluffiger Lehm (uL)	20	120 mm	80 mm (0 - 120 mm)

Durchwurzelbarkeit des Bodens begrenzt auf 30 cm Tiefe:

Sand (S)	10	205 mm	160 mm (85 - 205 mm)
Stark lehmiger Sand (IIS)	15	195 mm	145 mm (75 - 195 mm)
Schluffiger Lehm (uL)	20	180 mm	130 mm (60 - 180 mm)

**Bewässerungsbedarf von Kartoffeln
in Abhängigkeit von
Bodeneigenschaften**

Betrachtungszeitraum 20 Jahre: 2003 bis 2022

Bemessungsinstrument: Bewässerungs-App

Bewässerungsbedarf in Relation zur Grundwasserneubildung

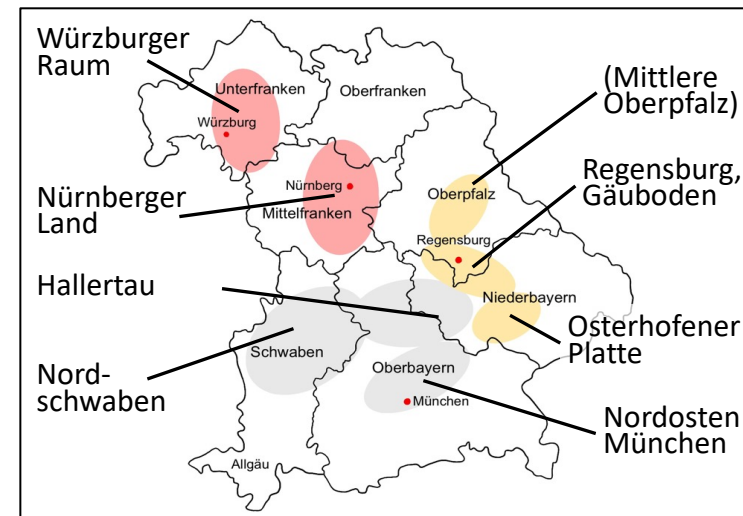
Einfluss witterungsbedingter Standortfaktoren

Kultur: Kartoffeln, nutzbare Feldkapazität (nFK): 15 Vol.-%,

Versorgungssicherheit VS: 80 %,

Max. 30% der Grundwasserneubildung für Bewässerung

Schwerpunktgebiet	Grundwasserneubildung / a 2009 - 2021 (Quelle: LfU)	Bedarf, Kartoffeln, 80 % VS	Erforderliche LN / ha bewässerter Kartoffelfläche
Würzburger Raum	75 mm	210 mm	9,3 ha
Nürnberger Land	58 mm	180 mm	10,3 ha
(Mittlere Oberpfalz)	54 mm	180 mm	11,1 ha
Regensburg, Gäuboden	101 mm	150 mm	4,6 ha
Osterhofener Platte	105 mm	150 mm	4,8 ha
Nordschwaben	120 mm	150 mm	4,2 ha
Hallertau	105 mm	150 mm	4,8 ha
Nordosten München	180 mm	120 mm	2,2 ha



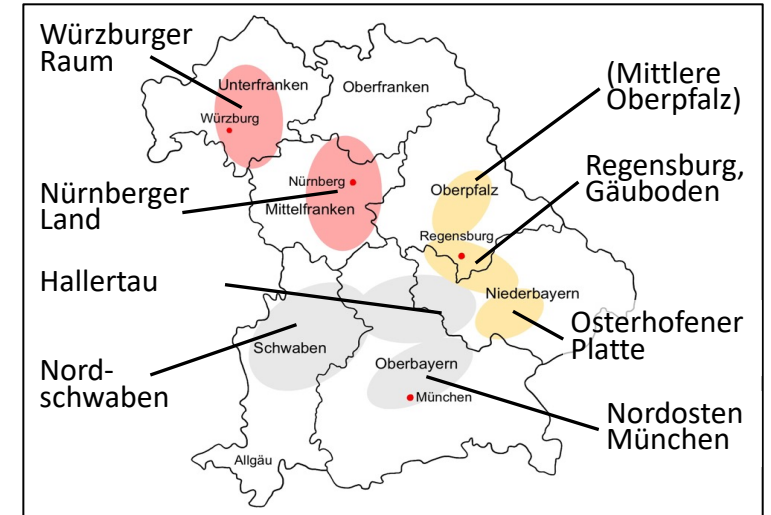
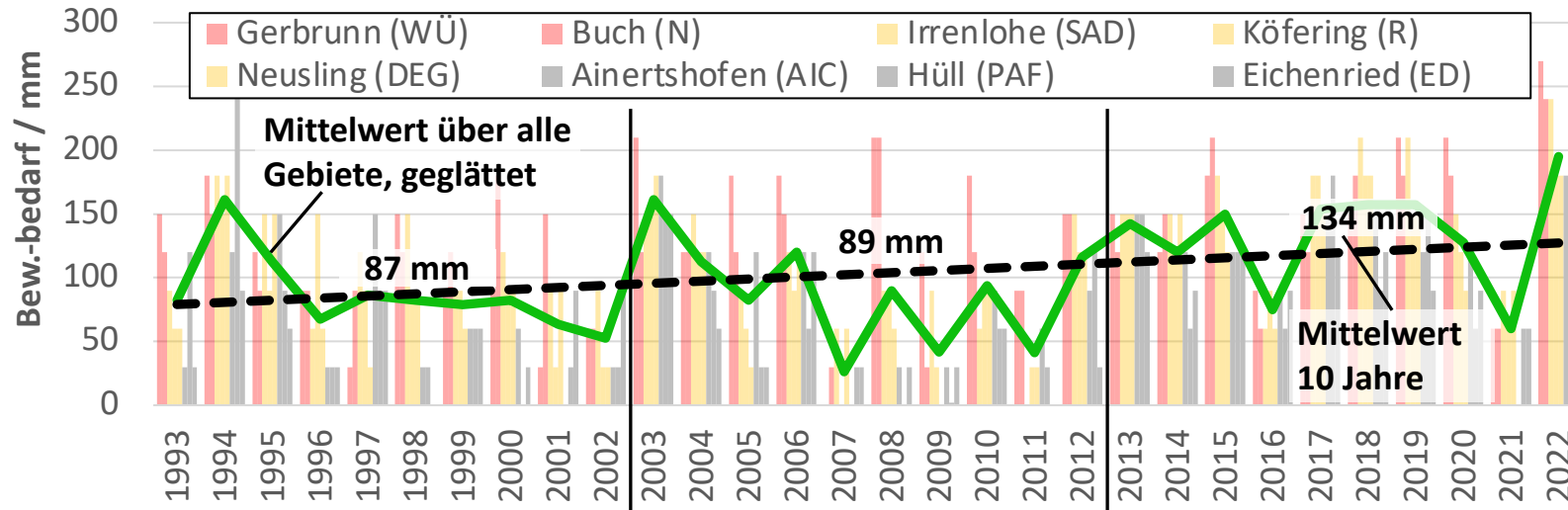
Schwerpunktgebiete Bewässerung

Bedarf an Landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) zur Bedarfsdeckung der Bewässerung in bayerischen Schwerpunktgebieten, Stand: 2023

Betrachtungszeitraum 13 Jahre (2009 bis 2021) bzw. 20 Jahre (2003 bis 2022)

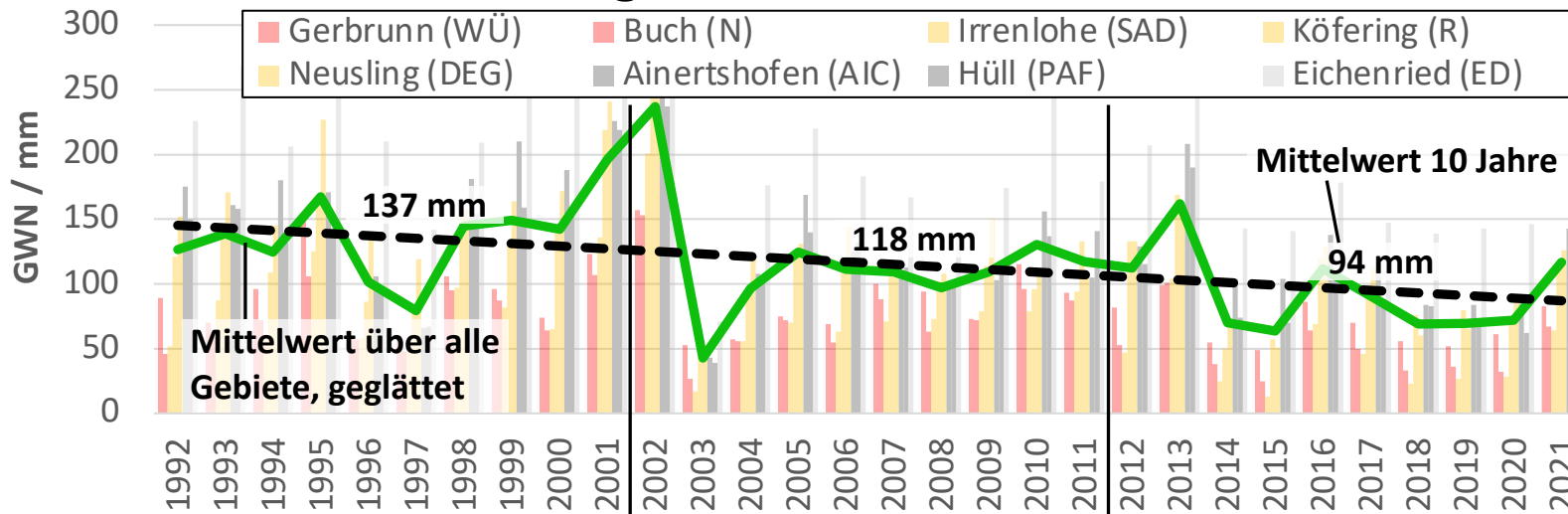
Bewässerungsbedarf in Relation zur Grundwasserneubildung (2)

Bewässerungsbedarf Kartoffeln



Schwerpunktgebiete Bewässerung

Grundwasserneubildung GWN



Grundwasserneubildung in bayerischen Schwerpunktgebieten, Entwicklung von 1992 bis 2021 (30 Jahre)

Berechnung: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Charakterisierung verschiedener Bewässerungstechniken

Kennzeichen

- Standardverfahren in der Landwirtschaft
- Gleichmäßige Verteilung
- **Flexibel und mobil einsetzbar auf mehreren Flächen im Wechsel**
- Vergleichsweise geringe Fixkosten
- Hohe Einzelgaben realisierbar
- Hoher Düsendruck, hoher Energiebedarf
- Bedeutende Wasserverluste bei ungünstiger Witterung (starker Wind, hohe Temperaturen)



Beregnungsmaschine mit Starkregner zu Zwiebeln

Beregnungsmaschine mit Düsenwagen

Kennzeichen, Unterschied zu Starkregner

- **Ausbringung in Bodennähe,** gleichmäßigere Verteilung und höhere Wassereffizienz bei ungünstiger Witterung
- Höhere Fixkosten
- Hohe Beregnungsintensität begrenzt Einzelgabenhöhe und erfordert mehr Überfahrten
- Höherer Arbeitsaufwand
- Geringerer Düsendruck, geringerer Energiebedarf



Beregnungsmaschine mit Düsenwagen zu Frauenmantel (Heilkraut)

Kennzeichen

- Aufbau und stationärer Einsatz auf 1 Schlag von Saat / Pflanzen bis Ernte
- Mittlerer Düsendruck, Energieaufwand
- **Beregnung der gesamten Fläche zur selben Zeit**
- **Kleine Einzelgaben möglich, bei Bedarf auch mehrmals täglich**
- Geeignet zu frischen Aussaaten und Anpflanzungen
- Geeignet für Frostschutzberegnung
- Relativ ungleichmäßige Verteilung
- Anfällig bei Wind, hohe Temperaturen



Rohrberegnung zu Wirsing

Kennzeichen

- Standardverfahren in Dauerkulturen mit großen Reihenabständen (Weinbau, Obstbau, Hopfen)
- Platzierung der Wassergaben entlang der Pflanzenreihen gezielt im Hauptwurzelbereich
- Bereiche zwischen den Reihen erhalten kein Wasser
- Witterungsunabhängig, hohe Wassereffizienz, geringer Energieaufwand
- Arbeitsaufwändig und sehr teuer bei einjährigen Kulturen und geringen Reihenabständen



Tropfbewässerung im Obstbau

Ressourcenschonende Bewässerungskonzepte

Inhalte

- Konzepte für Landwirtschaft, Gartenbau und städtische Grünflächen
- Bewässerungstechnik, Steuerung
- Bemessung des Bedarfs der Kulturen, Vorgehen bei knappem Angebot
- Wasserbedarfsdeckung
- Anpassung an die Trockenheit (ohne Bewässerung)

Bewässerungsforum Bayern

Informationsnetzwerk für eine effiziente und umweltschonende Bewässerung in Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau

Ziele: Verbesserung der Wasseraufnahme, Speicherung und Konservierung in Böden

Maßnahmen

- Bodenschadverdichtungen vermeiden
- Konservierende Bodenbearbeitung
- Regenwürmer fördern
- Humusgehalte erhalten oder steigern
- Zwischenfrüchte anbauen

Außerdem:

- Standortangepasste Kulturwahl u. Sortenwahl
- Kultivierung vorverlegen, z.B. mit Vlies, Folie
- Maßvolle Bestandsführung
- Agro-Forst-Systeme



Quelle: LfL

**Lockeres, hohlraumreiches Krümelgefüge:
intensiv durchwurzelt und lebend verbaut
für gute Wasseraufnahme u. -speicherung**

Wann und wieviel bewässern?

Wasserangebot eines Pflanzenbestandes

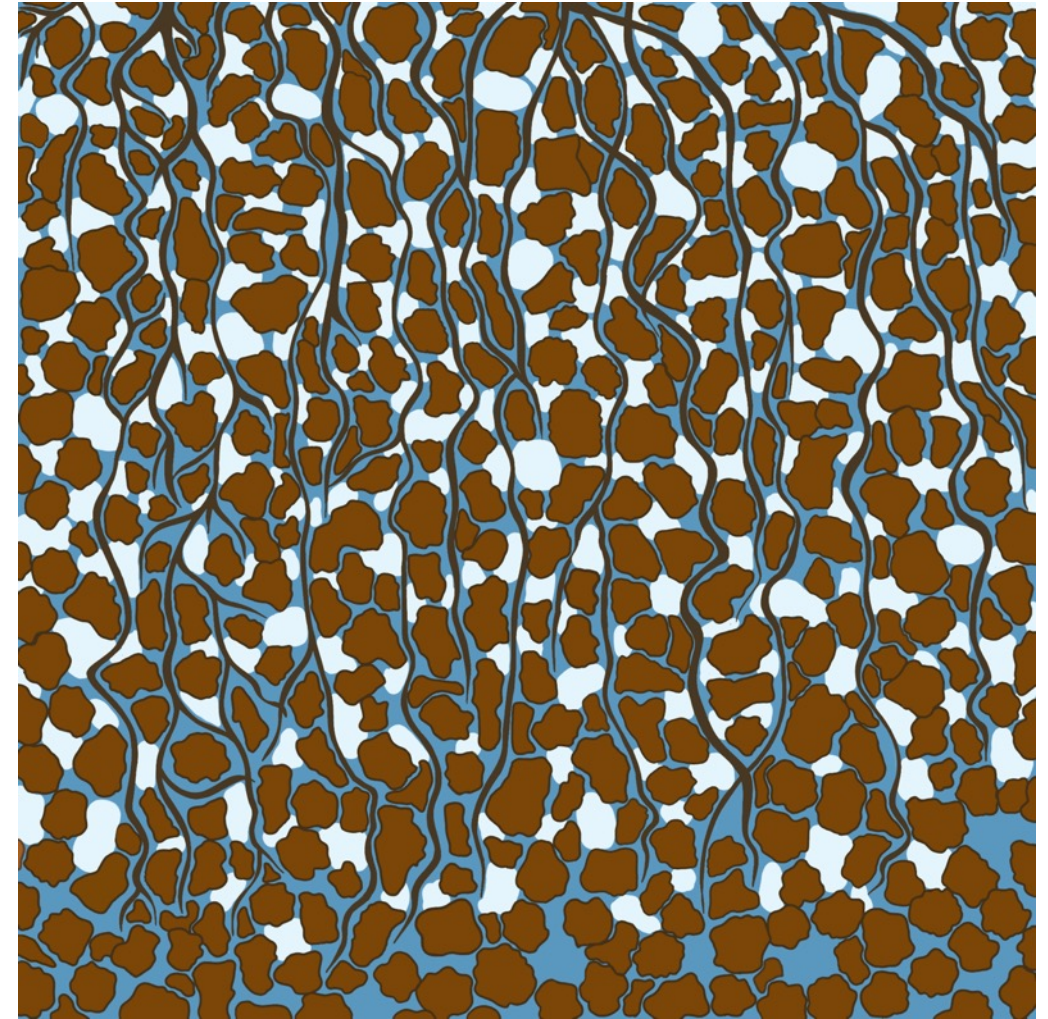
- Pflanzenverfügbare Bodenvorrat
- Natürliche Niederschläge
- **Ergänzende Bewässerung nach Bedarf**
- Steuerung der Bewässerung:



**Modelle /
Berechnung**



**Messung der Bodenfeuchte
mit Sensoren**



**Mit zunehmender Austrocknung der Böden sinkt für
die Pflanzen die Verfügbarkeit des restlichen Wassers**

Bewässerungsteuerung mit der Bewässerungs-App

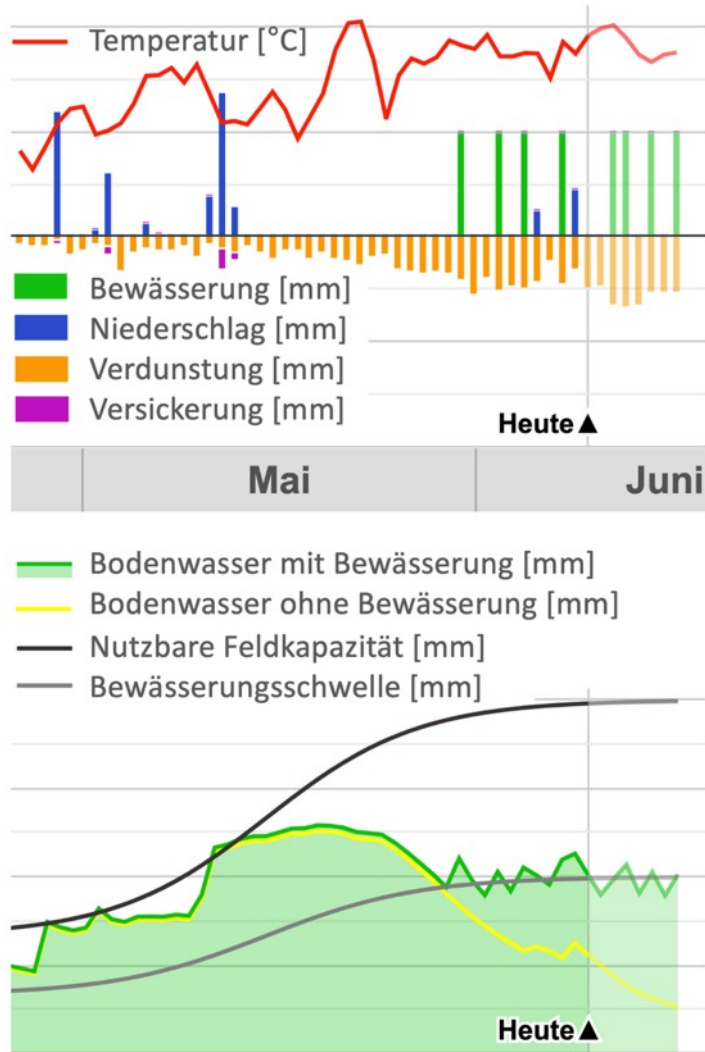
Konzept

- Webbasiertes Entscheidungssystem
- Interaktives Werkzeug zur Planung, Steuerung und Dokumentation von Bewässerung
- Planungsinstrument zur Bemessung des Bedarfs
- Berechnung des besten Bewässerungszeitpunkts und der richtigen Wassermenge
- Berücksichtigung von 680 Wetterstationen, der Bodengüte, der genutzten Bewässerungstechnik und der angebauten Kultur
- Für landwirtschaftliche Kulturen, gärtnerische Kulturen und kommunale Grünflächen



Bewässerungsteuerung mit der Bewässerungs-App

→ Wann?
→ Menge?



Ergebnisdarstellung, Ausschnitt



Mobile Dokumentation

Strategien der Betriebe bei großer Wasserknappheit



**Tropfbewässerung
bei Gurken**

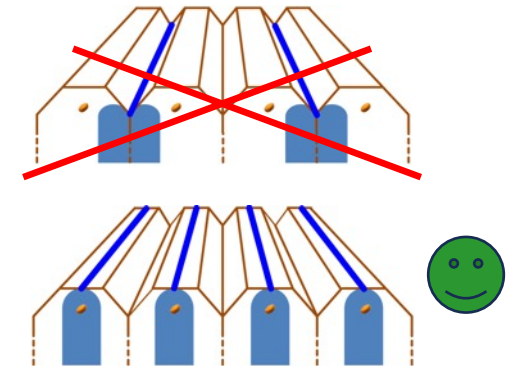
Schlauchabstand 150 cm



Gurkenernte (oben)



Tropfbewässerung bei Kartoffeln



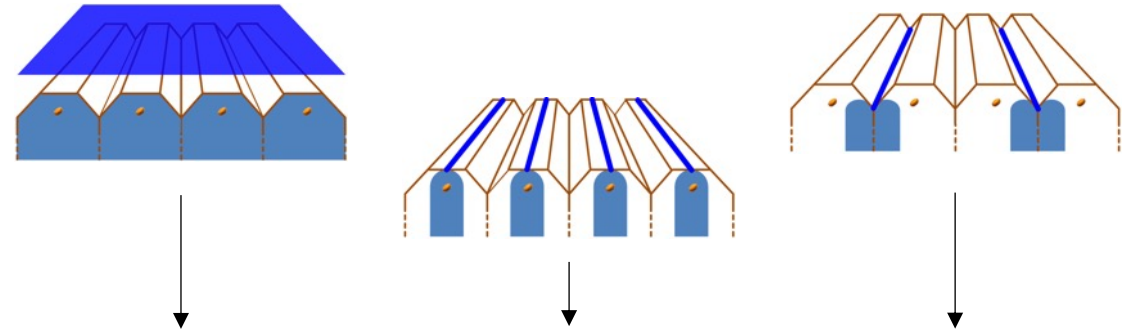
Schlauchabstand 75 cm

hier: Notbewässerung seit Anfang Juli (bei Trockenheit 9 mm / Woche)

Bemessung der Gabenhöhe mit der Bewässerungs-App

Beispiel:

Kartoffeln nach der Blüte,
Wasserspeicherkapazität des
Sandbodens ($n_{FK} = 10 \text{ Vol.-%}$),
Bewässerungsschwelle $50\% n_{FK}$



Kenngrößen		Beregnung	DKV	ZDV
Tropferabstand	/ cm	-	30	30
Anzahl Tropfstellen	/ m ²	-	4,4	2,2
Durchfeuchtung- ϕ am Tropfer	/ cm	-	30	30
Wurzeltiefe in der Feuchtezone	/ cm	60	60	45
Anteil durchfeuchteten Bodens	/ %	100	31	12
Mögliche Einzelwassergabe	/ mm	30	9	3,5

- Zu hohe Einzelgaben führen unmittelbar zu Sickerwasserbildung und Nitratauswaschung
- Große Unterschiede in Abh. von Verteiltechnik, Bewässerungsschwelle, Bodenart und Wurzeltiefe

Strategien der Betriebe bei großer Wasserknappheit



**Tropfbewässerung bei
Kräutern, z.B. Liebstöckel
(3-4-jährig)**

Jeweils 2 Schläuche
zwischen 3 Reihen,
Abstand 50 cm, 8 cm Tiefe

Strategien der Betriebe bei großer Wasserknappheit



**Eigene technische
Entwicklungen**



Tropfbewässerung bei Zwiebeln

Jeweils 1 Schlauch
zwischen 2 Pflanzenreihen

Strategien der Betriebe bei großer Wasserknappheit



**Tropfbewässerung:
Leckagen sind ein Problem
(durch Vögel, Wild, Mäuse)**



**Maßnahme: Vollständiges
Bedecken der Tropfschläuche**

Strategien der Betriebe bei großer Wasserknappheit



**Tropfbewässerung:
Leckagen sind ein Problem
(durch Vögel, Wild, Mäuse)**

Leckage

Person, beim Bewässern vor Ort
zur Reparatur der Tropfschläuche

**Auffinden von Leckagen
und Reparatur während
der Bewässerung**



**Tropfbewässerung
bei Karotten**



**Anbau auf Dämmen in
2er-Reihen, Abstand 7 cm**

Strategien der Betriebe bei großer Wasserknappheit



Eigene technische Weiterentwicklungen

GPS-geführtes Scheibensech zur präzisen und sicheren Seitenführung der Säscharre

Verlegeschar (Eigenbau)

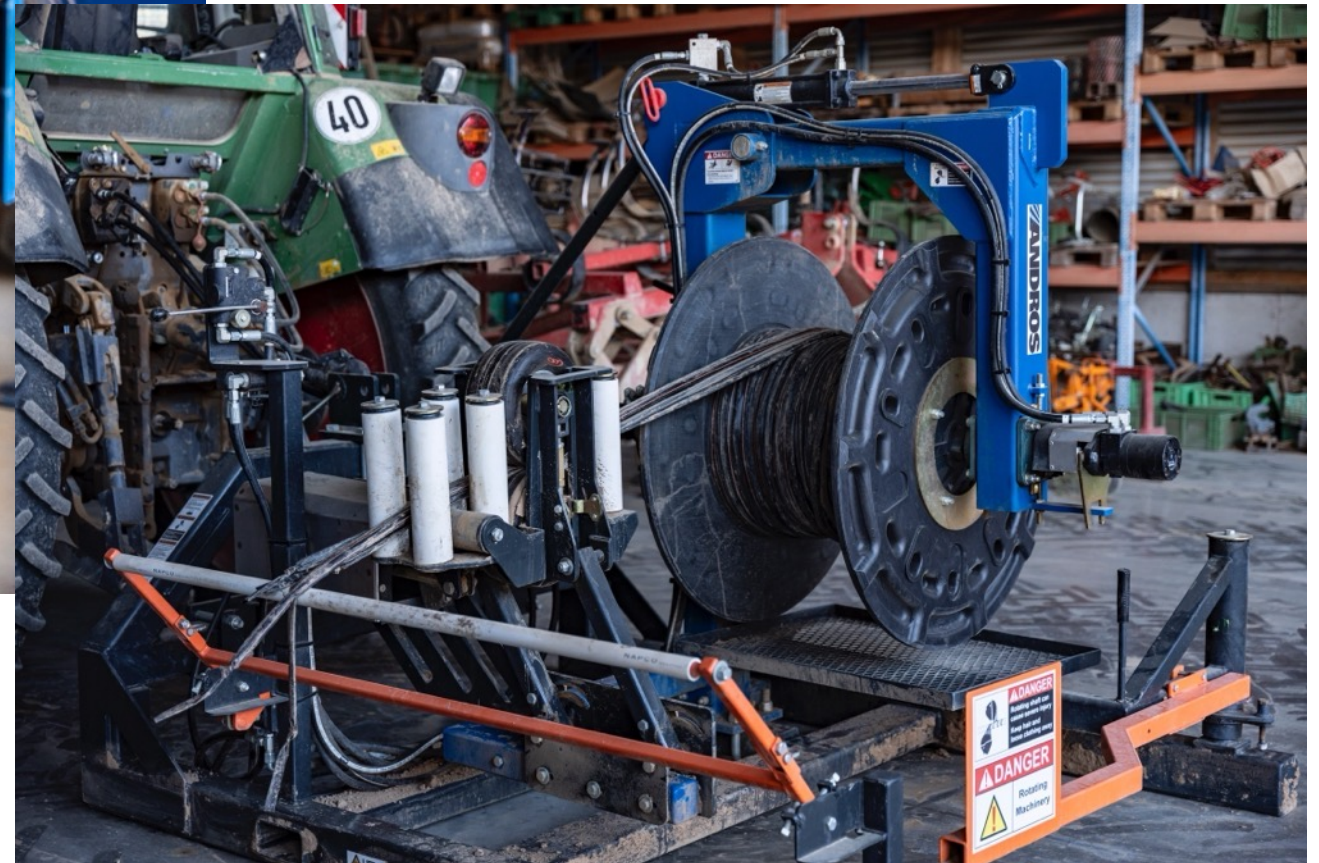
Ablegen der Tropfschläuche bei der Saat in 3 cm Tiefe zwischen 2 Saatreihen von 7 cm Abstand und je 1,5 cm Tiefe

Strategien der Betriebe bei großer Wasserknappheit



Robuste Technik zur Entnahme der Tropfschläuche aus dem Boden (oben)

Technik für hohe Schlagkraft zum Aufwickeln der Tropfschläuche (rechts)



**Import
bewährter Technik**



Wasserrückhalt in Erdbecken

Zeitliche Entkopplung von
Wasserentnahme und
Bewässerung

**Befüllung des Speichers bei
ausreichendem Wasserdargebot
während der Wintermonate mit
oberflächennahem Grundwasser
aus nebenstehendem Brunnen**

Strategien der Betriebe bei großer Wasserknappheit



Beileitung von Uferfiltrat

hier:
im Bereich der Isar
zu Tropfbewässerung bei
Einlegegurken 2 km entfernt





Elektronische
Steuerung und
Überwachung per
Smartphone
(Eigenentwicklung)

Vorhaben des Betriebes

- Auffangen der Winterniederschläge auf Folientunnel von Dezember bis März
- Wasserrückhalt in Erdbecken für Bewässerung von April bis Juli
- Unabhängigkeit von Grundwasser

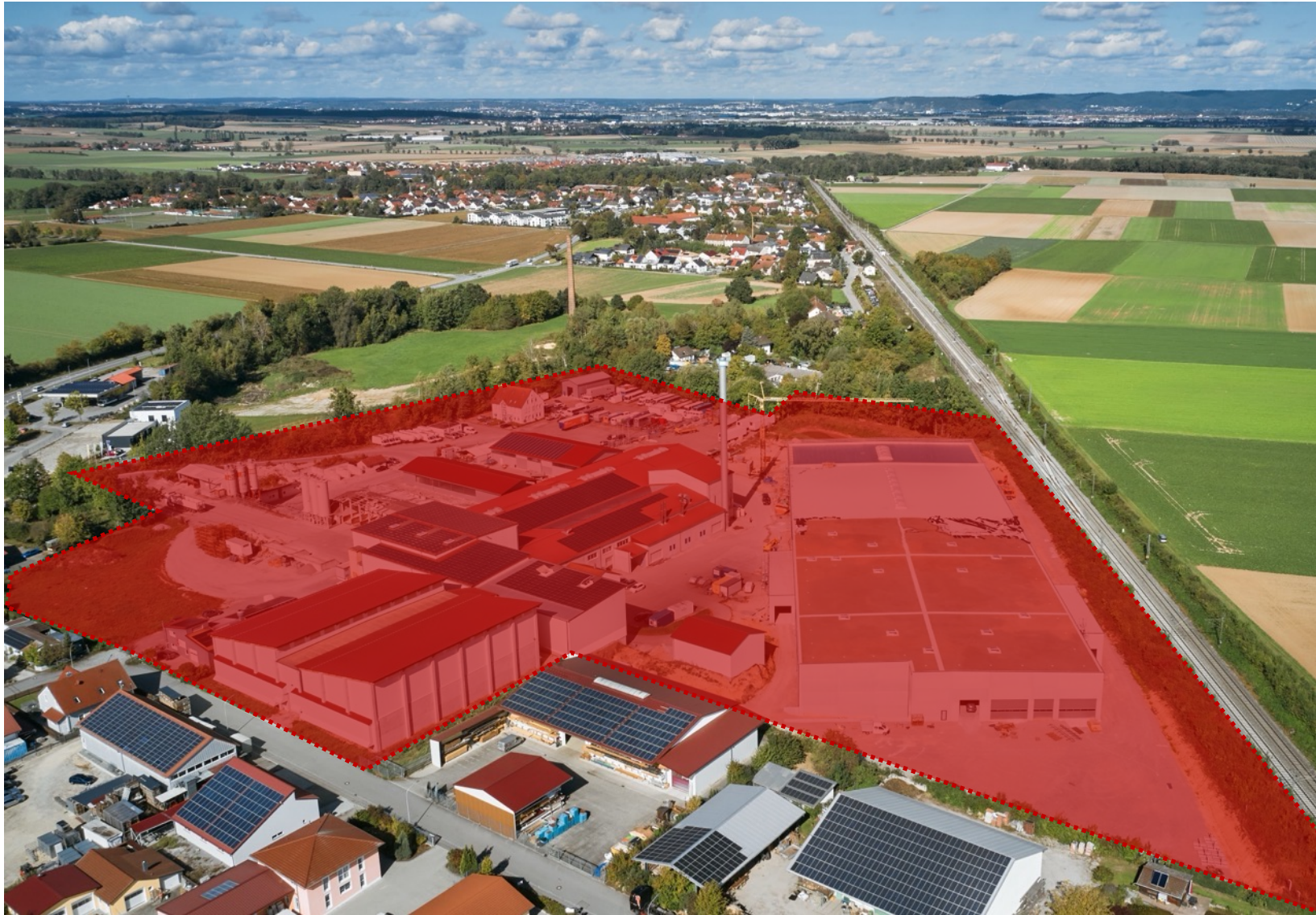
Tropfbewässerung bei Pfingstrosen (Dauerkultur)



Unterflur in ca. 30 cm Tiefe

Reihenabstand:	1 m
Pflanzabstand:	1 m
Wurzeltiefe:	1 m
Tropferabstand:	50 cm
Ausfluss/ Tropfer:	1,6 l/h
Bewässerung von April bis Juli	
Bewässerung:	1 h / Wo.
Gabenmenge:	3,2 mm / Wo.
	= 3,2 Liter / Wo. je Pflanze

Strategien der Betriebe bei großer Wasserknappheit



Vorhaben

Sammeln von Regenwasser auf betriebseigener Gewerbefläche (6,8 ha)

Wasserrückhalt in Erdbecken
2 km entfernt

zur Bewässerung von Zwiebeln
und Kartoffeln

per Tropfbewässerung,
Düsenwagen und Starkregner

(Alternative: Versickerung des
Regenwassers dezentral über
Sickerdome)



Anstauung von wasserabführenden Gräben während der Sommermonate

Wasser nach Niederschlägen in
der Fläche halten

**Verschließen von Rohren mit
Blasen (Pfropfen) und
Rückstauung in Drainagerohren**



Bewässerungs- teichwirtschaft

Erhöhung der Dämme von Karpfenteichen um etwa 50 cm; Oberflächenwasser, das dadurch bei Nässe im Winter oder bei Starkniederschlägen zusätzlich gespeichert werden kann, steht bei Trockenheit im Sommer zur Bewässerung zur Verfügung.



**Forschungsprojekt der
Bayerischen Landesanstalt für
Landwirtschaft (LfL); Kooperation
mit Landwirten und Teichwirten**



Wasseraufbereitung und Wiederverwendung

Nutzwasser zur Bewässerung von kommunalen Grünflächen (und landwirtschaftlichen Flächen)



Forschungsprojekt der Technischen Universität München (TUM)

Fazit

- Maßnahmen, die zu einer nachhaltigen Bewässerung beitragen, können sehr vielfältig sein.
- Durch den Klimawandel wird der Bewässerungsbedarf aller Voraussicht nach weiter zunehmen.
- Nur mit ausreichend regionalen Bewässerungsmöglichkeiten wird eine zufriedenstellende regionale Versorgung mit Gemüse, Obst, Kartoffeln usw. auch weiterhin möglich sein.

Kontakt

Dr. Martin Müller, ALB Bayern e.V.

E-Mail: martin.mueller@alb-bayern.de, Internet: <http://www.alb-bayern.de>

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!