

Maßnahmen zur Effizienzsteigerung der Bewässerungstechnik und des -managements

Online-Seminar Bayern
Bewässerungs-management

28. Januar 2021

Jürgen Kleber,
Institut für Gemüsebau



Gliederung:

Erfahrungen aus einem Projekt „Effiziente Bewässerung im Gemüsebau“

1. Pumpen

2. Rohrleitungen

3. Bewässerungsanlagen

4. **Ihre Fragen!**

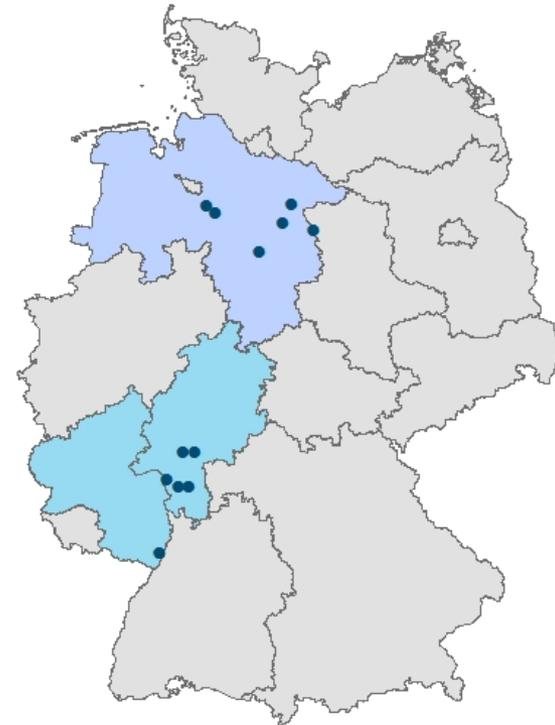
Effizienzsteigerung in der Bewässerung

Demonstrationsbetriebe

12 x

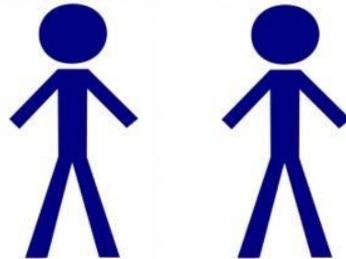


2 Beratungsregionen



Berechnungsberater

2 x



Andreas Meyer,
LWK Niedersachsen

Ralph Scheyer, LLH
Hessen und RLP

Laufzeit: 2013 bis 2016

Bodenfeuchtesensoren

Donnerstag, 11. Februar 2021, 10.00 - 11.00 Uhr

► **Bewässerungssteuerung mit Sensoren**

Dr. Michael Beck - HSWT, Freising

Wassergehalt (Vol.%)



Saugspannung (hPa)



Spatenprobe



Geisenheimer Steuerung (Klimatische Wasserbilanz)

Verdunstung (Penman) [mm]	kc	Regen [mm]	Tages- bilanz [mm]
(6,0	x 0,8)	- 2	= 2,8

Donnerstag, 18. Februar 2021, 10.00 - 11.00 Uhr
► Bewässerungs-App - Werkzeug zur Planung,
Berechnung und Dokumentation der Bewässerung
Dr. Martin Müller - ALB, Freising

Stadium 1	Stadium 2	Stadium 3
		
ab Pflanzung BBCH 12-13 ¹	ab 8. Blatt ² BBCH 18	ab 70% des Pflanzen- durchmesser BBCH 37
0,5	0,8	1,2



Erfahrungen zur Effizienzsteigerung



1. Pumpen

Sehr oft verbrauchen Pumpen zu viel Energie!



Weil:

Pumpe größer ist als erforderlich !

Pumpe läuft mit fester Drehzahl bei variablen Fördermengen und -drücken

Antriebsmotor ist ineffizient

Pumpe ist verschlissen

Installation und Betriebsweise ungünstig

Quelle: Matthias Kaufmann, Grundfos

Betriebskosten einer Pumpenanlage



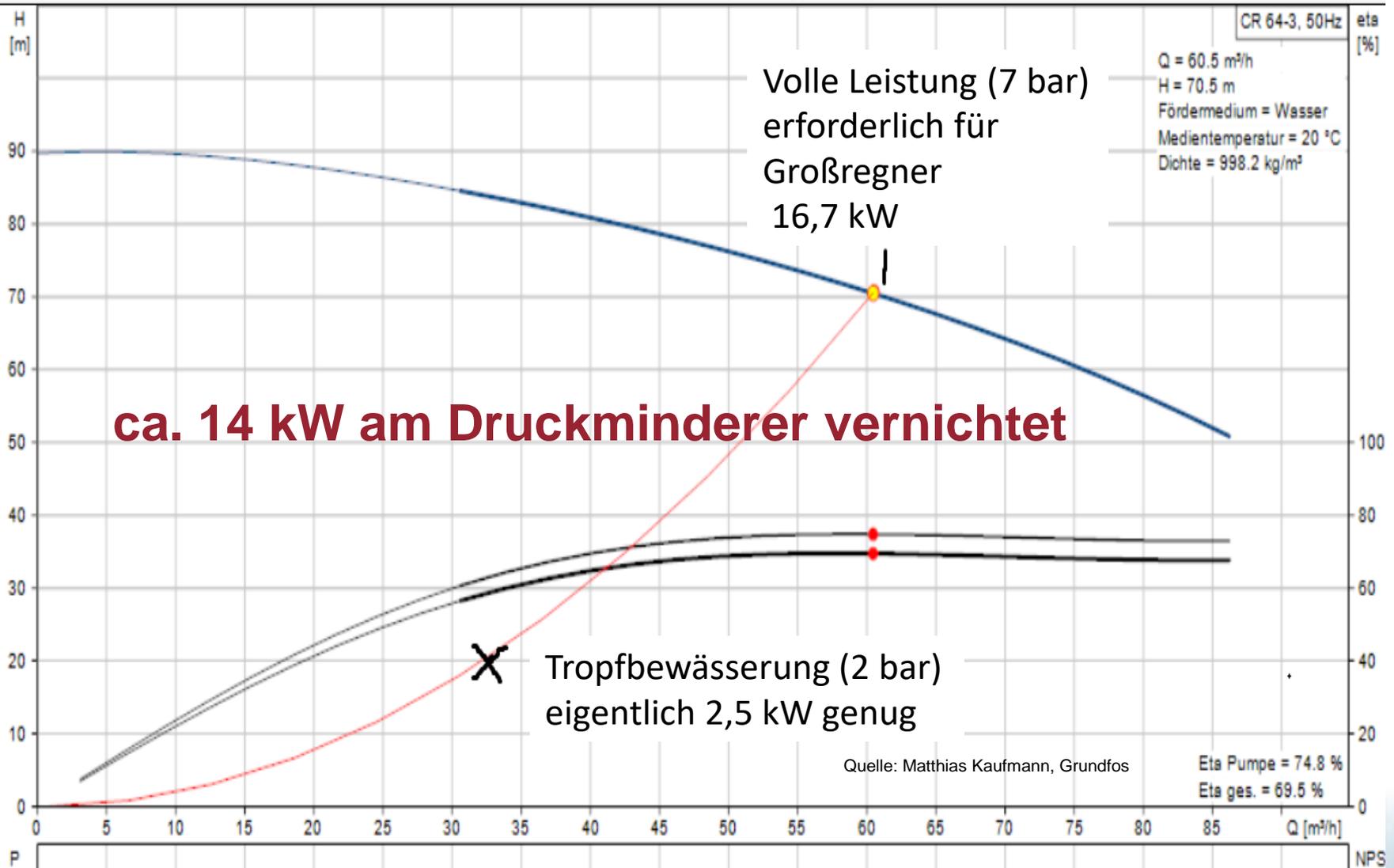
Quelle: Matthias Kaufmann, Grundfos

Betriebsdruck an das Bewässerungssystem anpassen



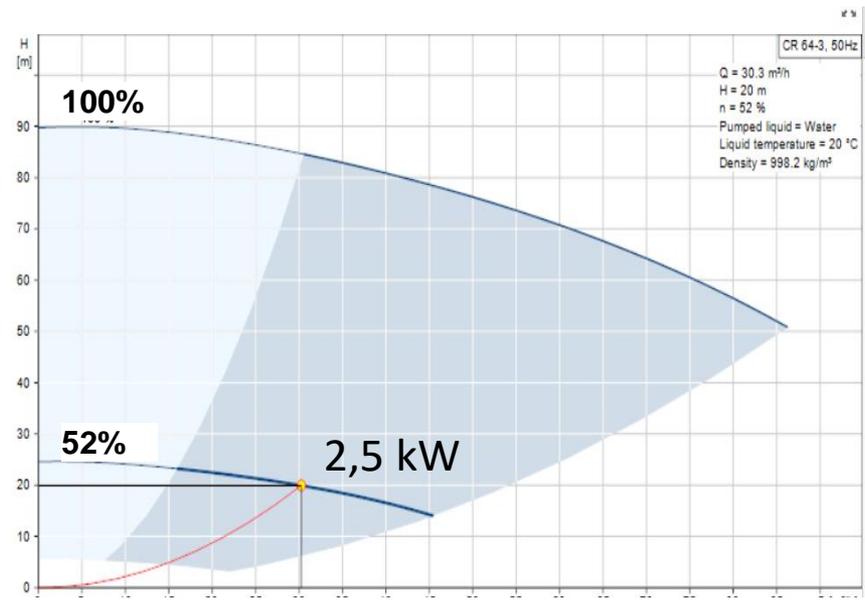
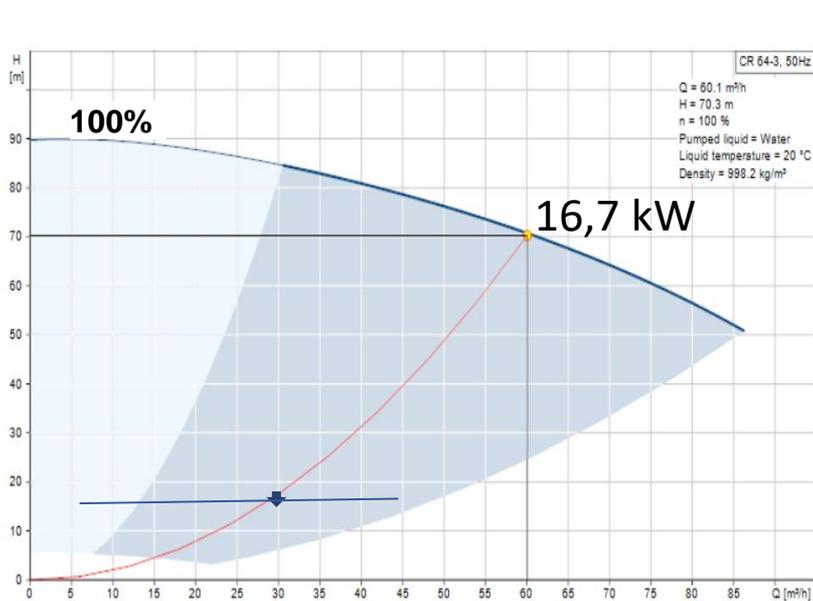
Bewässerungssystem	Druck am Hydranten (bar)
Rohrtrommelmaschine	6 bis 10
Rohrberegnung	5 bis 6
Kleinregner, Centerpivot, Linearmaschinen, Düsenwagen	ca. 3
Tropfbewässerung	0,5 bis 3

Betriebsdruck an das Bewässerungssystem anpassen



Betriebsdruck an das Bewässerungssystem anpassen

Frequenzgerichtete Pumpe oder zwei verschiedene Pumpen einsetzen!!



Quelle: Matthias Kaufmann, Grundfos

Leistungsbedarf an der Pumpenwelle

Der Leistungsbedarf an der Pumpenwelle kann für Wasser nach folgender, vereinfachter Formel berechnet werden:

$$P = \frac{Q \times h}{367 \times \eta}$$

P = Leistungsbedarf der Pumpe (kW)

Q = Förderstrom (m³/h)

h = Förderhöhe Anlage (m)

η = Eta = Wirkungsgrad Pumpe (-)

Quelle: KSB Aktiengesellschaft (Ed.), 2001. Auslegung von Kreiselpumpen,

Auswirkung reduzierten Druckes auf den Leistungsbedarf der Pumpe (P):

Förderstrom = 45 m³/h

Förderhöhe = **80 m (8 bar)**

Wirkungsgrad = 0,8 (80%)

$$P = \frac{45 \times 80}{367 \times 0,8} = \mathbf{12,3 \text{ kW}}$$

Förderstrom = 45 m³/h

Förderhöhe = **30 m (3 bar)**

Wirkungsgrad = 0,8 (80%)

$$P = \frac{45 \times 30}{367 \times 0,8} = \mathbf{4,6 \text{ kW}}$$

Bei gleicher Förderleistung wird durch Reduktion des Druckes der Leistungsbedarf von 12,3 kW auf 4,6 kW gesenkt.

Also um über 60%!

Betriebsdruck an das Bewässerungssystem anpassen

Verbrauchs- und Druckabhängige Steuerung der Pumpen im Netz

Regner

Druck an den Regnern
wird automatisch online
erfasst



Optimierungsrechnung

Für den aktuellen Zustand der in
betrieb befindlichen Regner wird
die optimale Variante der
Pumpenzu- und
abschaltung ermittelt

Pumpen

Auf Basis der
Optimierungsrechnung werden die
Pumpen online angesteuert:
- Zu- und Abschaltung
- Frequenzsteuerung

Quelle: IT-Direkt Business Technologies GmbH

Betriebsspezifische Lösung



Kleine benzinbetriebene Pumpe
aus Flachbrunnen gespeist



Diesellaggregat mit Leistungsanpassung



Elektrotauchpumpen mit Dieselgenerator



- Unterwassertauchpumpen von einem mobilen Dieselgenerator mittels Aufzug in den Brunnen gesenkt und elektrisch angetrieben
- Weil bei Systemen mit Generatoren ausschließlich Strom erzeugt wird, dürfen diese Anlagen in Deutschland mit Heizöl betrieben werden (Energiegesetz Kapitel 1, §3)

Quelle: <http://www.aqua-pro.de>

- Fördermengen von 30 - 220 m³/h
- Brunnen ab Durchmesser 180 mm
- bis zu 40 Meter Brunntiefe
- Kann auch als Stromgenerator betrieben werden
- Anschaffungskosten ca. 1/3 höher als bei Dieselpumpen

Erhöhung der Energieeffizienz von Pumpen

Wie kann der Energiebedarf reduziert werden?



Alte Pumpe ca. 40 kW



1. neue Pumpe für
Trommelregner 30 kW



2. neue Pumpe für
Tropfbewässerung 4 kW

Energieeinsparung ca. 20%

		alt	neu
Stromverbrauch	kWh/a	50.000	40.000
Energiekosten (0,2 €/kWh)	€/a	10.000	8.000
Ersparnis	€/a		2.000

Vereinfachte betriebswirtschaftliche Betrachtung

Ersparnis: 2.000 €/a

Zinssatz für Eigen/Fremdkapital = 5% p.a.

„vertretbare“ Investition für Senkung Energiekosten: **40.000 €**

Tatsächliche Investitionskosten: **32.130 €**

2. Rohrleitungen

Verlegung neuer Rohrleitungen DN 200



Foto: Anja Gerstenkorn

Grundregel:

„Widerstände steigen im Quadrat zur Geschwindigkeit!“



$$\Delta p = \frac{\lambda * L * \rho * v^2}{d_i * 2}$$

Δp : Druckverlust [bar]

λ : Rohrreibungszahl (Lambda)

L : Rohrleitungslänge

ρ : Dichte des Fluids (Rho) [g/cm³]

v : **Strömungsgeschwindigkeit [m/sec]**

d_i : Rohrleitungs-innendurchmesser

Senkung des Druckverlustes im Bewässerungssystem

Weiterer Faktor zum Druckverlust:

Δp : Druckverlust [bar]

λ : Rohrreibungszahl (Lambda)

L : Rohrleitungslänge

ρ : Dichte des Fluids [g/cm³]

v : Strömungsgeschwindigkeit [m/sec]

di : Rohrleitungs-innendurchmesser

$$\Delta p = \frac{\lambda * L * \rho * v^2}{d_i * 2}$$



**Rohrdurchmesser muss zum Volumenstrom passen!!!
→ sonst wird die Strömungsgeschwindigkeit zu hoch
optimal: < 1,5 m/sec**

Senkung des Druckverlustes im Bewässerungssystem

VW Polo – 85 PS Höchstgeschwindigkeit 177 km/h



**Verbrauch:
ca. 5 bis 10 l/100 km**

Bild: Rudolf Stricker

Senkung des Druckverlustes im Bewässerungssystem

~~$2 \times 177 \text{ km/h} = 354 \text{ km/h} = 2 \times 85 \text{ PS} = 170 \text{ PS} ???$~~

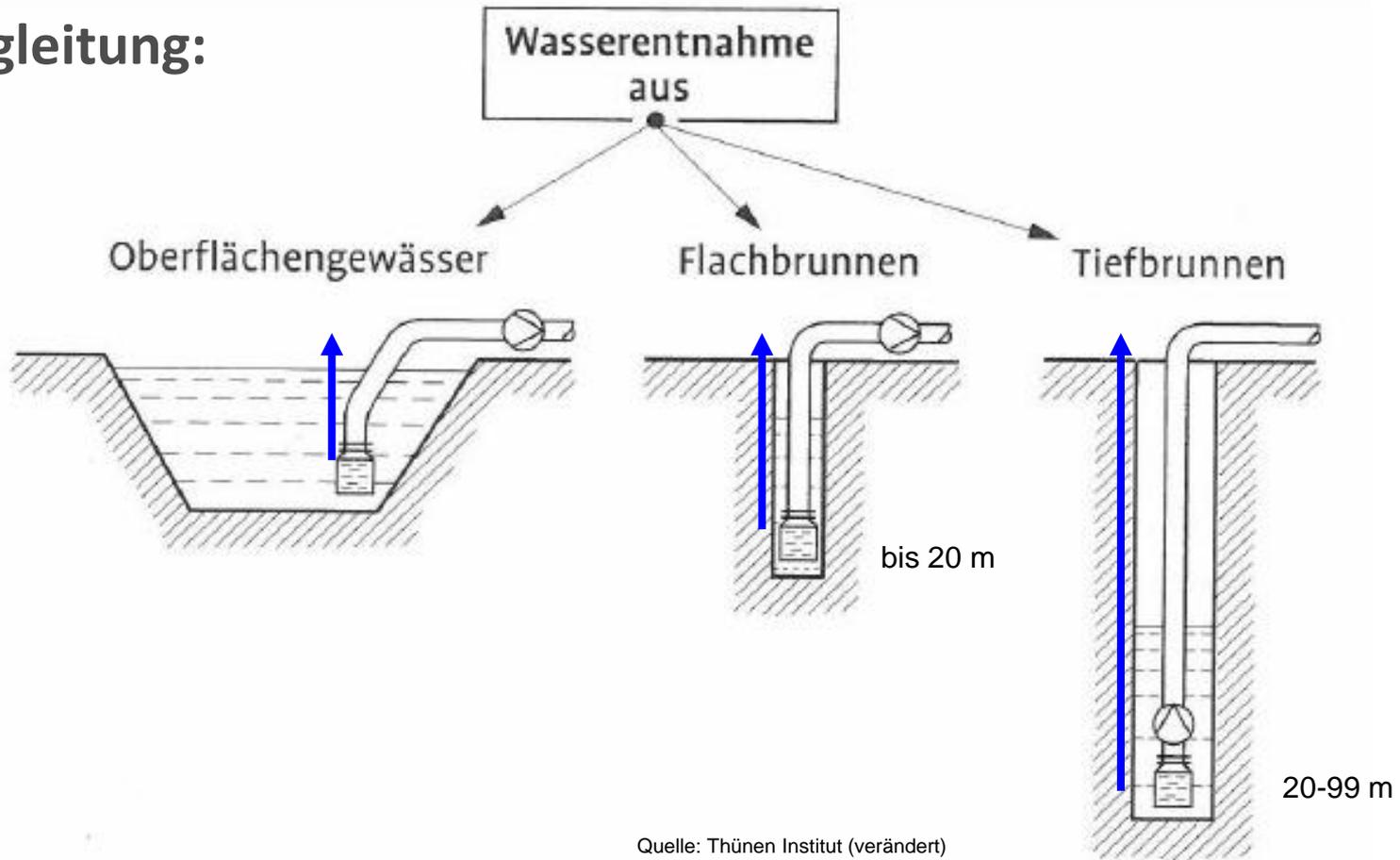
Gumpert Apollo – 650 PS Höchstgeschwindigkeit: gut 2 x 177 km/h
(Nach Herstellerangabe: 360 km/h)



Verbrauch:
ca. 50 bis 100 l/100 km

Bild: Benoit cars, LONDON, United Kingdom

Steigleitung:



Rohrdurchmesser und Fließgeschwindigkeit in der Steigleitung



Rohrdurchmesser muss zum
Volumenstrom passen!

Gefunden bei einem Projekt: ca. 7m/s

optimal < 1,5 m/s

PRAXISBEISPIEL: Zuleitungen

Volumenstrom: $55\text{m}^3/\text{h}$

PVC- Druckrohre nach EN 1452-2 PN10



DN200 = 0,46m/s

DN150 = 0,98m/s

DN125 = 1,46m/s

DN100 = 1,89m/s

optimal < 1,5 m/s

PRAXISBEISPIEL:

Volumenstrom: $55\text{m}^3/\text{h}$

PVC- Druckrohre nach EN 1452-2 PN10

1.000m Rohrstrecke



DN200 = 0,09	bar Druckverlust
DN150 = 0,48	bar Druckverlust
DN125 = 1,92	bar Druckverlust
DN100 = 3,68	bar Druckverlust

PRAXISBEISPIEL:

Volumenstrom: 55m³/h

PVC- Druckrohre nach EN 1452-2 PN10,

1.000 m Rohrstrecke

72% Wirkungsgrad der Elektromotor- Pumpe

1.000 Bh/Jahr

0,20 €/kW*h



DN200 = 40 €/Jahr

DN150 = 226 €/Jahr

DN125 = 880 €/Jahr

DN100 = 1.680 €/Jahr

Ersparnis Energiekosten: 1.640 €/Jahr

Verbesserungsmöglichkeiten

Hauptleitung

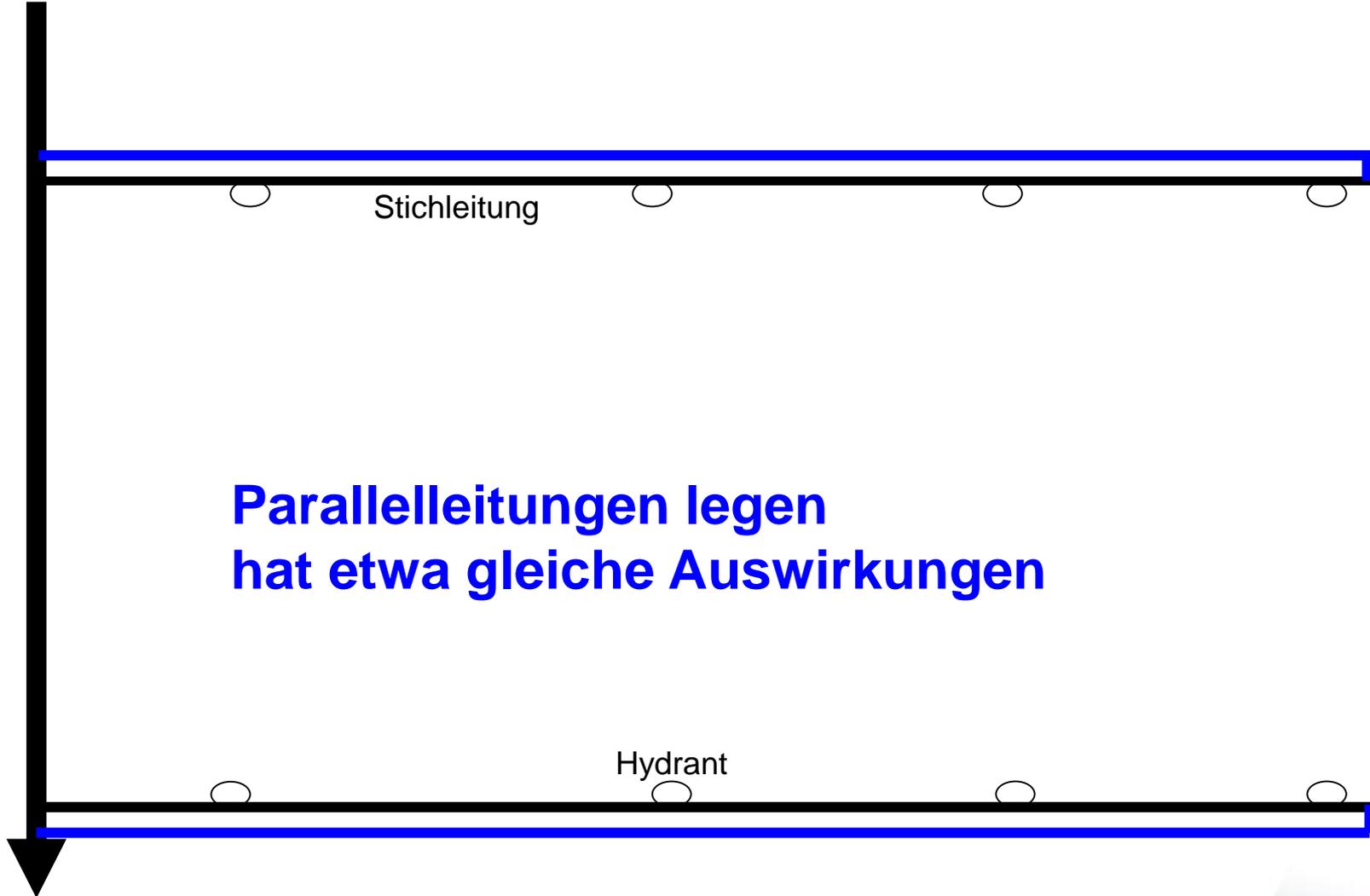
Stichleitung

Erzeugung eines Ringschlusses

Hydrant

Verbesserungsmöglichkeiten

Hauptleitung



Verbesserungsmöglichkeiten

PRAXISBEISPIEL:

Volumenstrom: 55m³/h

1.000m Rohrstrecke vorhanden DN 100 (EN 1452- 2)

1.000m Parallelleitung neu verlegen DN 100 (EN 1452- 2)

		alt	neu
Fließgeschwindigkeit	m/s	1,9	0,95
Druckverlust	bar	3,7	0,95
Energieverlust	kW*h/a	8.400	2.170
Energiekosten	€/a	1.680	432
Ersparnis	€/a		1.248

Vereinfachte betriebswirtschaftliche Betrachtung

Ersparnis: 1.248 €/a

Zinssatz für Eigen/Fremdkapital = 5% p.a.

„vertretbare“ Investition für Senkung Energiekosten: **24.960 €**

Vereinfachte betriebswirtschaftliche Betrachtung

Preis/m Rohr DN100: 4,- €

Preis Rohr verlegen: 6,- €/m

„vertretbare“ Investition: 24.960 €

Tatsächliche Investition: 10.000 €

Weiterer Faktor zum Druckverlust:

Δp : Druckverlust [bar]

λ : Rohrreibungszahl (Lambda)

L : Rohrleitungslänge

ρ : Dichte des Fluids [g/cm³]

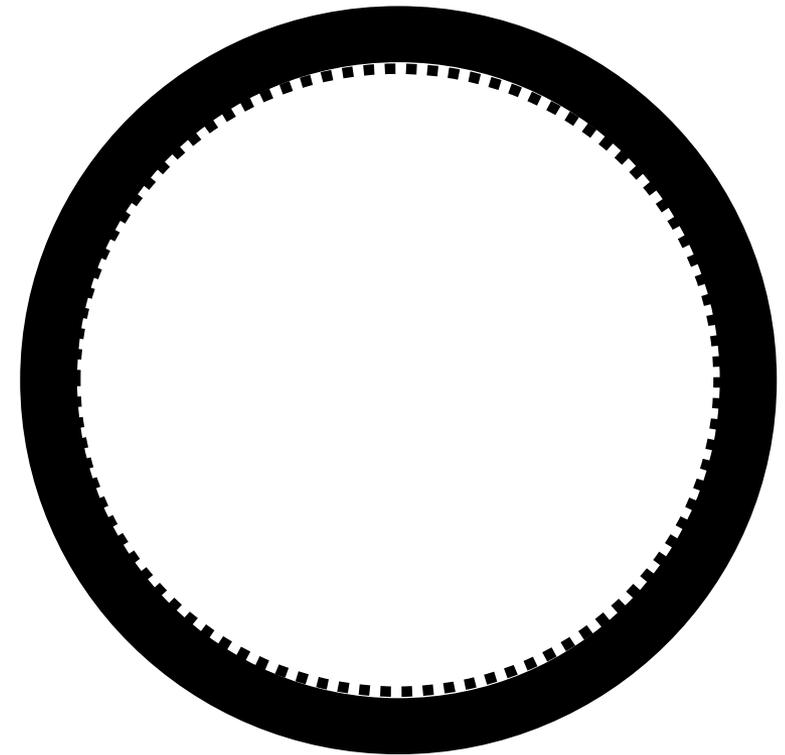
v : Strömungsgeschwindigkeit [m/sec]

di : Rohrleitungsdurchmesser


$$\Delta p = \frac{\lambda^* L^* \rho^* v^2}{di^* 2}$$

Die **Rohrreibungszahl** λ (Lambda) ist abhängig von:
Rauheit und Durchmesser

Material	Rauheit (mm)
Kunststoff	0,0015 ... 0,007
Stahl neu, mit Walzhaut	0,02 ... 0,06
Stahl mit leichten Verkrustungen	0,15 ... 0,4



- PVC ist glatter als PE
- Neue Rohre sind glatter als alte Rohre

Winkel, Bögen, Kupplungen, Flachsschläuche...



Foto: Sebastian Weinheimer

3. Bewässerungs- anlagen



Foto: Stefan Nauheimer

Optimierungsmöglichkeiten

BEREGNUNGSMASCHINE



Rohrdimension: 450 m x 90 x 7 mm
Volumenstrom: 45 m³/h
Fließgeschw.: 2,8 m/s
Druckverlust Rohr: 5,0 bar
Druckverlust Turbine: 1,2 bar
Druckverlust ges.: 6,2 bar
Leistung f. Druckverl.: 12 kW
Energiemenge/Jahr: 12.000 kW*h

Energiekosten Druckverlust: 2.400 €/Jahr

Rohrdimension: 450 m x 125 x 9,3 mm
Volumenstrom: 45 m³/h
Fließgeschw.: 1,4 m/s
Druckverlust Rohr: 0,9 bar
Druckverlust Turbine: 0,5 bar
Druckverlust ges.: 1,4 bar
Leistung f. Druckverl.: 2,7 kW
Energiemenge/Jahr: 2.700 kW*h

Energiekosten Druckverlust: 540 €/Jahr

Ersparnis Energiekosten: 1.860 €/Jahr

Quelle: Fa. claas rain

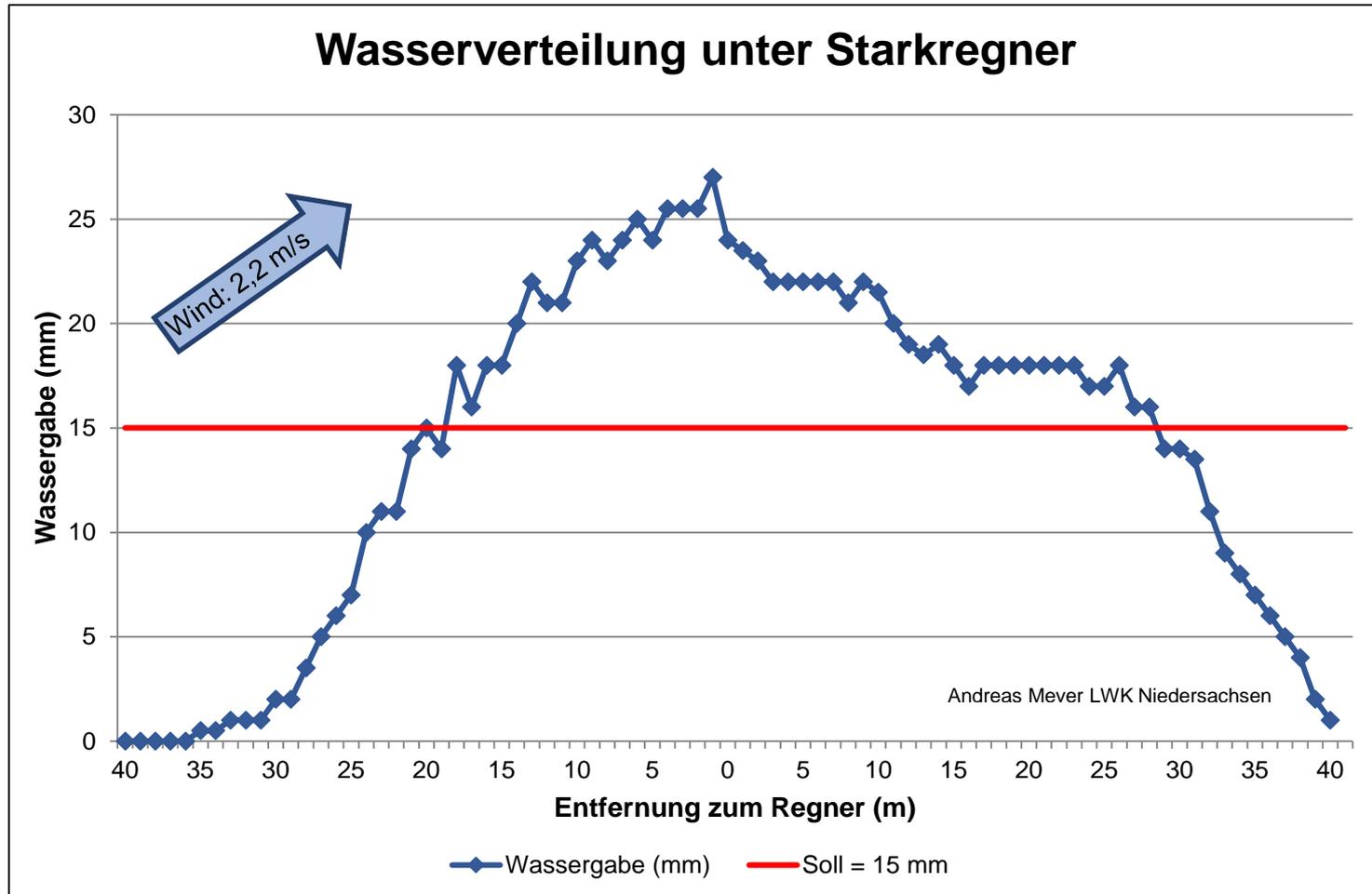
Ersatz einer alten Beregnungsmaschine



Ersparnis Energiekosten:	1.860 €/Jahr
Zinssatz:	5 % pa
„vertretbare“ Investition:	37.200 €

Preis der neuen Maschine:

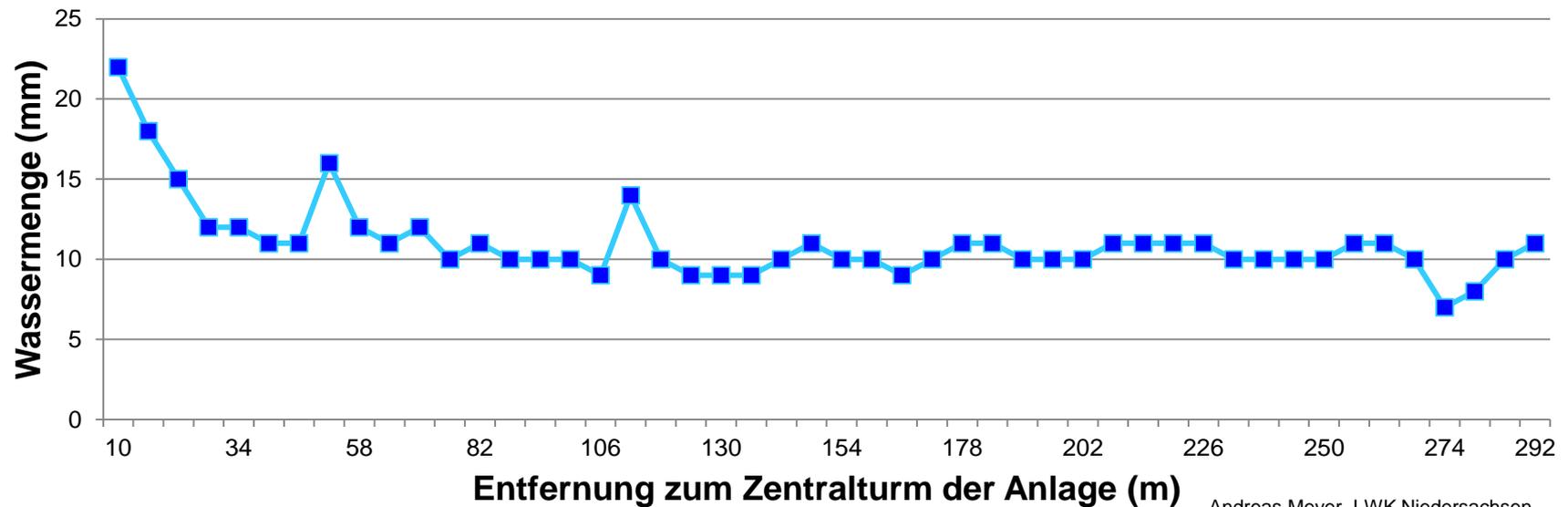
ca. 30.000 bis 35.000 €



Kreisberegung (Center Pivot) und Düsenwagen



Wasserverteilung unter der Kreisberegung



Andreas Meyer, LWK Niedersachsen

Tropfbewässerung

- **Versuchskultur:** Zucchini
- **Alte Technik:** Rohrberegnung
- **Neue Technik:**
 - Tropfbewässerung , oberirdisch
 - Mulchfolie aus Maisstärke
 - Einspeisung von Flüssigdünger
 - Mail mit Tensiometerdaten



Streamline von NETAFIM™

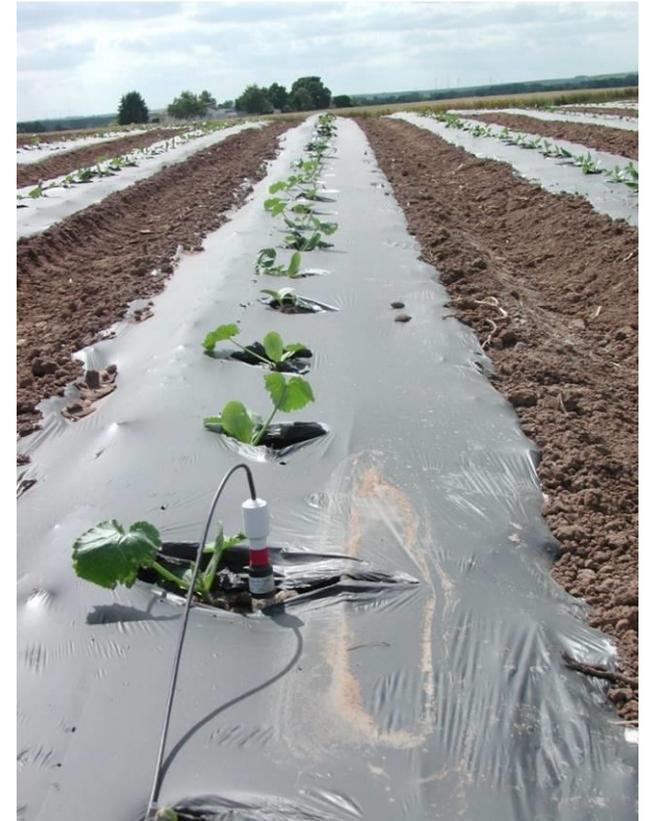
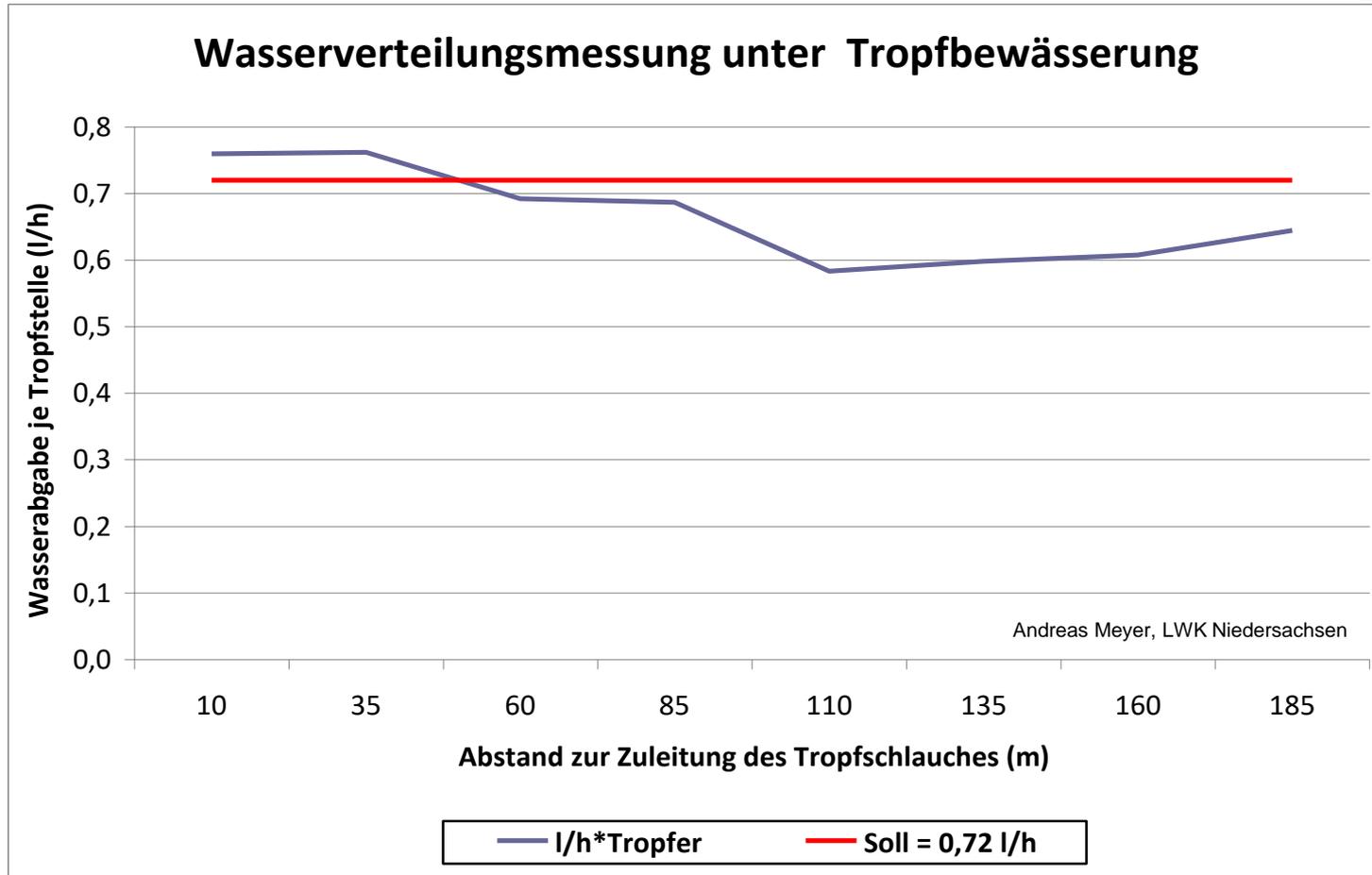


Foto: Ralph Scheyer



Die Tropfstellen am Ende des Schlauches erreichen 85 bis 95 % der Ausbringmenge der ersten Tropfstellen

Tropfbewässerung



Anbau von Möhren auf flachgründigem Boden



Einsatz von Klein



Schäden an Tropfschläuchen durch Krähenfraß

Alle Tropfleitungen und Anschlüsse müssen mit Erde bedeckt sein



Steuerung der Rohrberegnung mit Zeitschaltuhr und Magnetventil



Fotos: Ralph Scheyer

Kleinregner



Foto: Ralph Scheyer

Regnerabstand: 12 x12 m
Druck: ca. 3 bar

Fazit:

- **Pumpen auf die Betriebsbedingungen abstimmen**
- **Fließgeschwindigkeit und Druckverluste berechnen (lassen)**
- **Rohrreibung gering halten**
- **Bewässerungsanlagen energieeffizient auslegen (lassen)**
- **Ersetzen von energieintensiven Berechnungssystemen**
- **Planungsbüros oder Berechnungslieferanten können bei der Berechnung unterstützen**

Fazit:



**Kontrollieren Sie Ihre Bewässerungsanlagen auf
„Energiefresser“**



**Einfache Veränderungen erhöhen die Effizienz oft
deutlich**

