

# Beregnungsmaschinen mit Starkregnern



[www.alb-bayern.de/bef6](http://www.alb-bayern.de/bef6)

Bewässerungsforum Bayern, Verfasser:

**Dr. Michael Beck**  
Hochschule Weihen-  
stephan-Triesdorf



**Florian Hageneder**  
AELF  
Landshut



**Stefan Kirchner**  
LWG  
Veitshöchheim





## Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Einleitung .....	4
2.	Bauformen .....	4
3.	Aufbau einer Beregnungsmaschine mit Regnereinzug .....	5
4.	Vor- und Nachteile von Beregnungsmaschinen mit Starkregner .....	7
5.	Arbeitsbreite, Wurfweite, Druck- bzw. Leistungsbedarf.....	8
6.	Tropfengröße, Beregnungsintensität (Verschlämmung und Bodenerosion) .....	11
7.	Optimierung der Wasserverteilung, Feldrandberegnung .....	12
7.1.	Vor- und Nachberegnung .....	12
7.2.	Auszug bis zur Feldgrenze .....	12
7.3.	Zeitlich gesteuerte Strahlstörer .....	12
7.4.	Zeitlich gesteuerte Drehrichtung bzw. Sektoreinstellung .....	13
7.5.	GPS gesteuerte Sektorsteuerung .....	13
7.6.	Kleinregner auf der Beregnungsmaschine .....	14
7.7.	Windanfälligkeit .....	14
8.	Regelcomputer zur Steuerung der Einzugsgeschwindigkeit.....	15
9.	Abschaltautomatik .....	16
10.	Beregnungsmenge über die Einzugsgeschwindigkeit, Druck und Düsenöffnung richtig einstellen.....	17
11.	Investitionskosten .....	19
12.	Hersteller .....	20

## 1. Einleitung

Beregnungsmaschinen mit Starkregnern sind im großflächigen Gemüseanbau, im Industriegemüseanbau und im Ackerbau, insbesondere im Kartoffelanbau weit verbreitet. Es ist das in Deutschland mit am häufigsten eingesetzte Bewässerungssystem.

Beregnungsmaschinen mit Starkregnern bieten Flexibilität bei einer, je nach Windeinfluss, guten Wasserverteilung. Aufgrund der hohen Wurfweiten und der Druckverluste in den auf den Trommeln aufgewickelten PE Rohren, ist für den Betrieb ein hoher Energiebedarf notwendig. Zudem ist diese Technik bei starkem Wind und hohe Lufttemperaturen anfällig für Abdrift- bzw. Verdunstungsverluste.

## 2. Bauformen

Bei Systemen mit Maschineneinzug (Bild 1) wird die auf 2 Achsen montierte Schlauchtrommel entlang des vorher ausgelegten PE-Rohres durch den Bestand gefahren, so dass auch großzügige Kurven abgefahren und Hindernisse umfahren werden können (Abb. 1). Die Hinterräder sind über einen Hydromotor angetrieben. In Süddeutschland ist die Verbreitung als gering einzustufen, daher wird im Folgenden auf die Regnereinzugsverfahren eingegangen.

Bei den Systemen mit Regnereinzug besteht zwischen der Schlauchtrommel und dem Regner eine mehr oder weniger „Gerade“ Verbindung. Die Schlauchtrommel wird am Feldrand abgestellt. In den letzten Jahrzehnten hat sich die Technik in Bezug auf die Rohrlängen, den Rohrdurchmesser deutlich weiterentwickelt, so dass heute mobile Beregnungsmaschinen für alle Anwendungsbereiche von 50 m bis zu 1.000 m Rohrlänge und von 20-125 mm Rohrdurchmesser zur Verfügung stehen. Mit einer Verbesserung der Regnertechnik und der Steuerung wurde auch die Verteilgenauigkeit verbessert. Je nach Maschinenaufstellung können von einer Maschine bis zu 8 Hektar Fläche bewässert wer-

In diesem Beratungsblatt sollen die Grundzüge der Technik und die Anwendung beschrieben werden. Neben der technischen Bedienung wird auf die Berechnung der Ausbringmengen eingegangen. Für eine möglichst effiziente Ausbringung der gewünschten Wassermenge sind der Druck an der Düse exakt einzustellen und die Rohrreibungsverluste zu berücksichtigen.

Vor dem Hintergrund ausbleibender Sommerniederschläge, fallender Grundwasserstände und reglementierter Wasserentnahmemengen müssen die Beregnungsmengen exakt berechnet und die Maschinen so eingestellt werden, dass diese auch exakt ausgebracht werden.

den. Einige Hersteller bieten auch Kleingeräte mit einem ½“ bzw. ¾“ Schlauch für den Sportplatz, Reitplatz, öffentliche Grünflächen oder kleinere Produktionsflächen an. Während bei den Großgeräten für das Umsetzen ein Zugfahrzeug notwendig ist, können diese auch von Hand ausgezogen werden.



**Bild 1:** Beregnungsmaschinen mit Maschineneinzug (Foto: Fa. Faserholt)

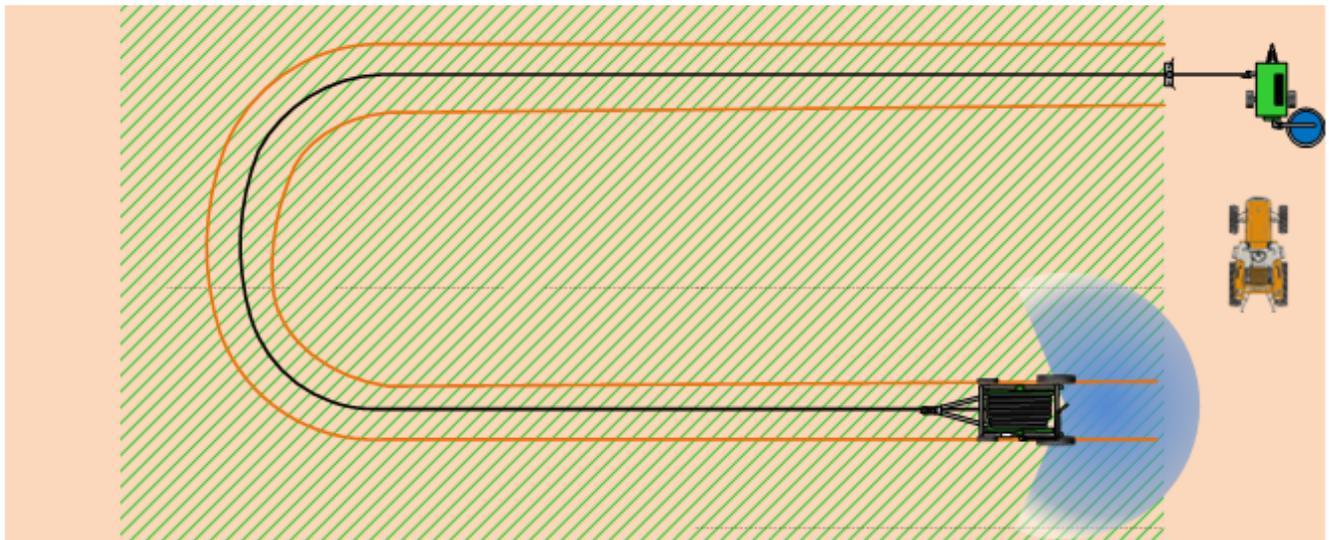


Abb. 1: Beregnungsschema einer Beregnungsmaschine mit Maschineneinzug

### 3. Aufbau einer Beregnungsmaschine mit Regnereinzug

Aufgrund der Mobilität und der Möglichkeit den Auf- und Abbau durch eine Arbeitskraft bewerkstelligen zu können, ist der Einsatz von Beregnungsmaschinen im Industriegemüseanbau und

in der Landwirtschaft, vor allem im Kartoffelanbau, stark verbreitet. Für einen effektiven Einsatz sind Feldlängen von 350 m bis 600 m von Vorteil.



Abb. 2: Baugruppen einer Beregnungsmaschine mit Regnerwagen und Sektorregner (Foto: Fa. Beinlich)



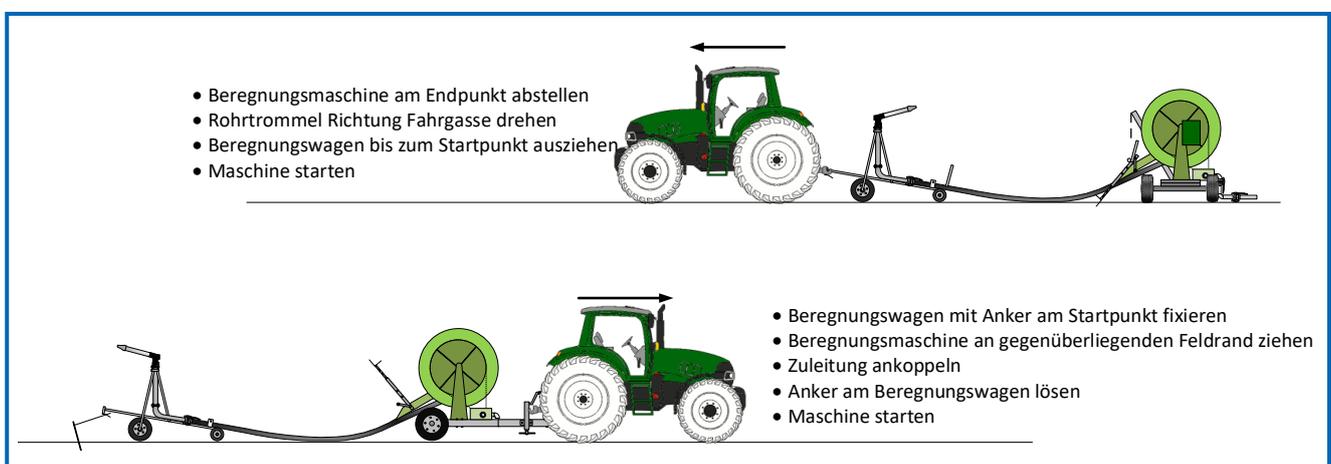
**Bild 2:** Wechselbare Deichsel (Foto: Duostar, Fa. Bauer) und drehbare Deichsel (Foto: Quattro, Fa. Beinlich)

Die Bauteile einer Beregnungsmaschine sind in Abb. 2 dargestellt. Im wesentlichen ist dies das Fahrgestell mit 1-3 Achsen, ein Drehkranz an dem die Schlauchtrommel befestigt ist, ein Antriebssystem und eine Steuerung zum Einholen des ausgezogenen Schlauches mit dem Regnerstativ und dem Starkregner. Neue Innovationen wie z.B. ein Fahrgestell mit einer wechselbaren bzw. mit der Trommel drehbaren Deichsel (Bild 2) machen den Umsetzvorgang flexibler und die Kulturfläche wird durch eine geringere Anzahl an Rangiervorgänge weniger belastet.

Auf der Schlauchtrommel ist ein, speziell für die Rohrtrommeln angefertigter, PE-Schlauch in verschiedenen Rohrquerschnitten (40, 50, 75, 90, 110, 120 mm) und Schlauchlängen von 120-800 (1000 m) gewickelt. Je nach Schlauchlänge müssen, um die Zugfestigkeit sicherzustellen,

verschiedene Wandstärken verwendet werden. Der Antrieb zum Einholen des Verteilaggregates wird über einen Hydromotor oder einem separat angebrachten Verbrennungsmotor in Verbindung mit einem Getriebe sichergestellt. Die Einzugsgeschwindigkeit wird über Sensoren zur Erfassung der Einzugsgeschwindigkeit elektronisch gesteuert. Der Großflächenregner, auch als Weitstrahl- oder Starkregner bezeichnet, ist auf einem Fahrgestell oder Schlitten montiert. Dieser wird für den Transport über Ketten oder Bügel direkt an die Beregnungsmaschine angehängt und ist über eine Schnellkupplung mit dem aufgewickelten PE-Rohr verbunden.

Für das Umsetzen der Beregnungsmaschine und das Ausziehen des Beregnungswagens ist ein Zugfahrzeug notwendig. Zwei verschiedene Vorgehensweisen sind möglich (Abb. 3).



**Abb. 3:** Verfahren zum Umsetzen der Beregnungsmaschine

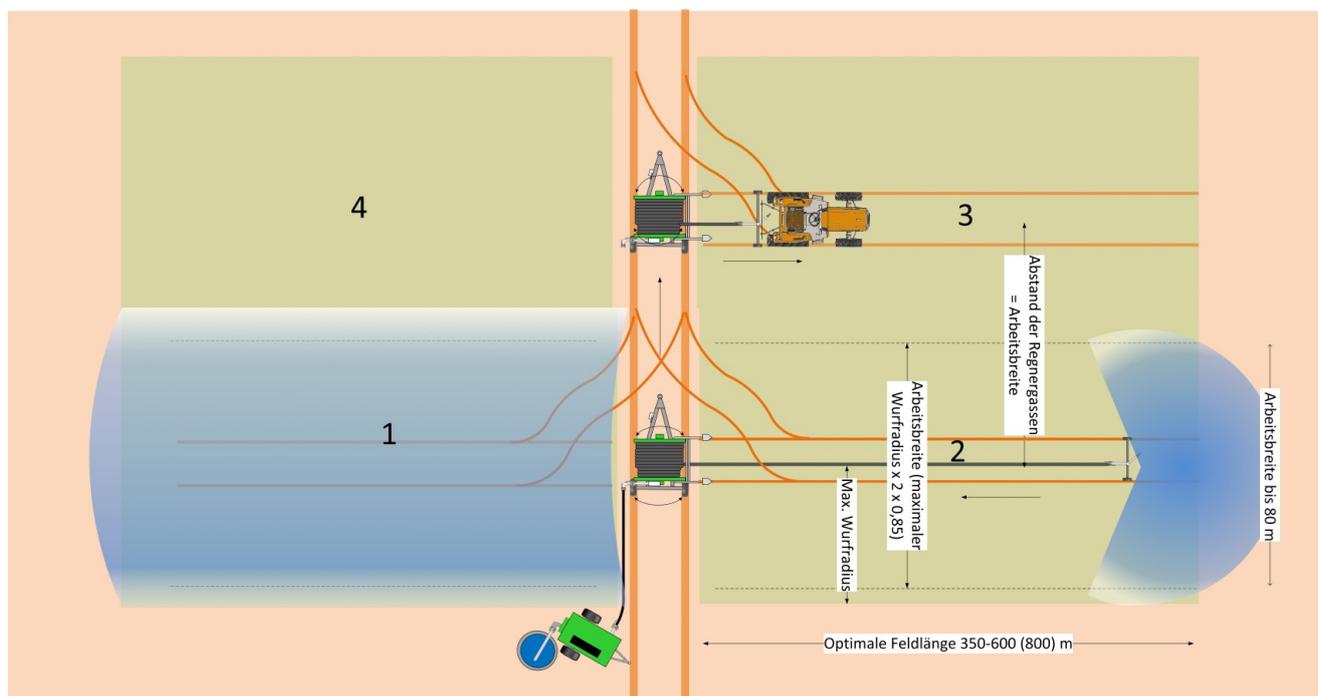


Abb. 4 : Beregnungsschema einer Beregnungsmaschine mit Starkregner

Durch eine geschickte Einteilung der Beregnungsflächen kann der Umsetzungsaufwand minimiert werden (Abb. 4). Durch Schwenken der Rohrtrummel um 180° kann sowohl Fläche 1 und Fläche 2, ohne die Rohrtrummel umsetzen zu müssen, bedient werden.

Die Wasserzuleitung erfolgt über Kardanrohre oder flexible „Flat-Schläuche“. Ist die Wasserzuleitung angekoppelt und aktiviert wird die Vorberegnungszeit, Einzugs geschwindigkeit und die

Nachberegnungszeit am Beregnungscomputer eingestellt und der Beregnungsvorgang anschließend gestartet bzw. die Startzeit programmiert. Ist der Schlauch vollkommen eingezogen wird die Maschine über eine mechanische Abstelleinrichtung gestoppt und das Ventil für die Wasserzufuhr nach dem Ablauf der Nachberegnung geschlossen. Zum Abschalten der Pumpe bieten die Hersteller verschiedene Verfahren an (Kap. 7.6).

#### 4. Vor- und Nachteile von Beregnungsmaschinen mit Starkregner

Wie bei allen Beregnungsverfahren werden die Pflanzen befeuchtet. Durch eine unproduktive Verdunstung von der Blattoberfläche ist die Effektivität der Bewässerung im Vergleich zu einer Tropfbewässerung vermindert. Mögliche Bewässerungsvorgänge werden von der Bevölkerung wahrgenommen und im Zusammenhang mit fallenden Grundwasserständen teilweise kontrovers diskutiert.

- Folgende Nachteile sind zu sehen:
- ▶ ein hoher Energiebedarf, insbesondere bei zu klein gewählten Rohrquerschnitten
  - ▶ die Windempfindlichkeit und damit ungleichmäßige Verteilgenauigkeit
  - ▶ die Gefahr der Beregnung über die Feldränder hinaus
  - ▶ die erhöhte Verdunstung bei hohen Temperaturen bzw. hoher Sonneneinstrahlung



**Bild 3:** Luftbildaufnahme einer mit Kreisregnern (links oben) und einer mit Beregnungsmaschine (rechts unten) beregneten Fläche (Luftbild © Bayer. Vermessungsverwaltung, 9/2013).

- ▶ die große Tropfengröße und das damit verbundene Verschlammungsrisiko
- ▶ der zusätzliche Bedarf einer Zugmaschine für das Umsetzen
- ▶ dass kleinste Beregnungsmengen zur Mikroklimateuerung nicht gegeben werden können
- ▶ dass eine Frostschutzberegnung nicht möglich ist
- ▶ die ungleichmäßige Wasserverteilung am Feldanfang und -ende
- ▶ dass die Kulturpflanzen beim Aus- und Einzug und dem Aufbau beschädigt werden
- ▶ dass bei querenden Oberleitungen ein Mindestabstand beachtet werden muss
- ▶ der verhältnismäßig hohe arbeitswirtschaftliche Aufwand bei kurzen Feldlängen

Als Vorteile sind zu sehen:

- ▶ die geringen Erschließungskosten der Fläche
- ▶ die hohe Flexibilität und Mobilität
- ▶ das Verhältnis Anschaffungskosten, Flächenleistung, Nutzungsdauer
- ▶ der Einsatz auf Flächen mit Hindernissen sofern die Einzugsasse frei davon ist
- ▶ der geringer Arbeitsaufwand beim Aufstellen der Maschine
- ▶ die automatische Abschaltung
- ▶ die geringen Anforderung an die Wasserqualität
- ▶ die gute Verteilgenauigkeit bei geringer Windstille

Die Verteilgenauigkeit ist bei einem Betrieb mit geringen Windgeschwindigkeiten wesentlich besser als bei einer Rohrberegnung (Bild 3).

## 5. Arbeitsbreite, Wurfweite, Druck- bzw. Leistungsbedarf

Die Arbeitsbreite ist von der jeweiligen Düsenöffnung und dem Druck abhängig. Sie beträgt ca. 85 % der doppelte Wurfweite. Um eine gleichmäßige Verteilung sicherzustellen und die Einzugsspur trocken zu halten sollte der Regner auf einen Sektor von ca. 220 ° eingestellt wer-

den (Abb. 5). Wird eine geringere Arbeitsbreite benötigt sollte nicht der zu beregnende Sektor, sondern eine andere Düsen und Druckeinstellung gewählt werden. Ist der Sektor zu klein erhöht sich die Niederschlagsdichte und die Gefahr der Bodenverschlammung steigt.

Bei dem in Tab. 1 für den Starkregner SR101 angefügten Beispiel kann durch die Auswahl der Düse und der Druckeinstellungen die Arbeitsbreite von 60 m (16 mm und 4 bar) bis auf 81 m bei einer Düse mit 24 mm und 5 bar erhöht werden.

Um große Arbeitsbreiten zu erzielen, müssen an der Düse entsprechend hohe Drücke (3-5 bar) vorhanden sein. Um den richtigen Pumpendruck einzustellen, gilt es die Reibungsverluste des Rohrsystems zu berücksichtigen. Diese ändern sich mit dem Durchfluss und der Rohrlänge, eingebauten Armaturen, Bögen, T-Stücke, Schieber oder einer Wasseruhr. Einen Anhaltspunkt geben sog. Druckverlusttabellen. In Abbildung 6 sind diese grafisch für PE-Rohre mit verschiedenen Durchmessern dargestellt.

Durch die Auswahl geeigneter Rohrquerschnitte können die Fließgeschwindigkeiten und damit die Rohrreibungsverluste niedrig gehalten werden. Empfohlene Fließgeschwindigkeiten sind: 0,7-1,5 m/s in Saugleitungen und 1,0-2,0 m/s in Druckleitungen. Die Fließgeschwindigkeit kann wie in Formel 1 dargestellt aus dem Wasser-

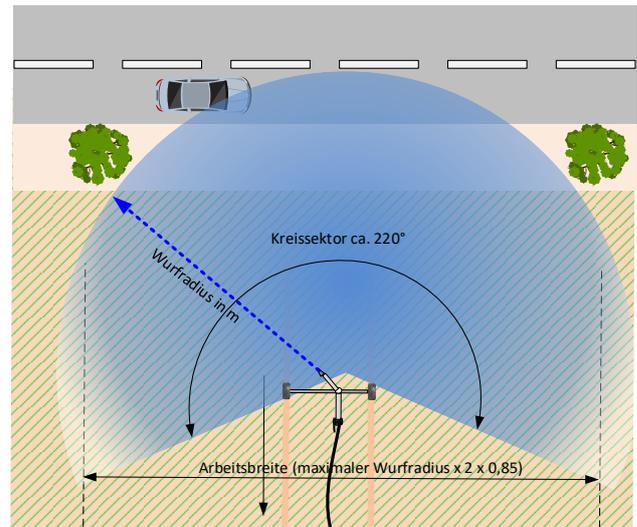


Abb. 5: Berechnete Fläche eines Starkregners für Berechnungsmaschinen mit Sektoreinstellung 220°

durchfluss ( $Q_w$ ) und dem Rohrinne Durchmesser ( $d$ ) berechnet werden. Die Druckverluste der Berechnungsmaschine können näherungsweise aus Abb. 6 oder aus den mit der Berechnungsmaschine gelieferten Leistungstabellen, wie in Tabelle 5 dargestellt, entnommen werden.

**Formel 1:** Berechnung der Fließgeschwindigkeit (in m/s)

$$v = \frac{Q_w}{3600 \times \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

V: Fließgeschwindigkeit (m/s)  
 Q<sub>w</sub>: Flüssigkeitsdurchsatz (m<sup>3</sup>/h)  
 π: Pi = 3.14159265359  
 d: Rohrinne Durchmesser (m)

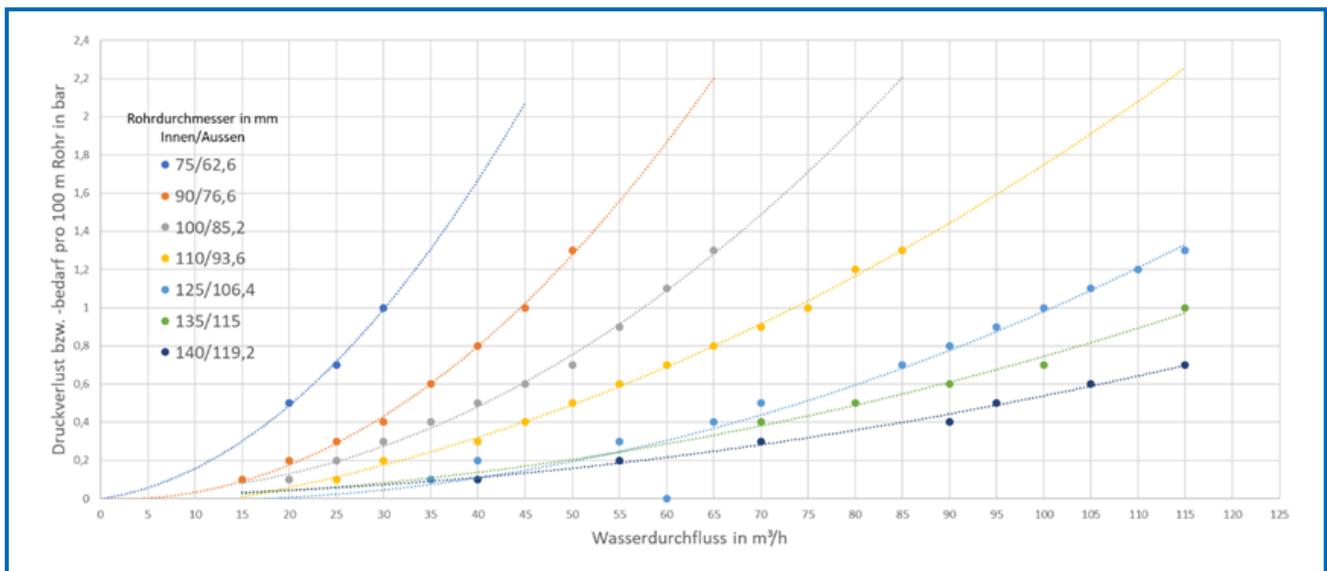


Abb. 6: Druckverluste in Abhängigkeit des Rohrdurchmessers verschiedener PE-Rohre für Berechnungsmaschinen (Quelle: <https://www.beinlich-beregnung.de>)

**Tab. 1:** Kenndaten bei verschiedenen Düsenöffnungen bei einer angestrebten Beregnungsmenge von 20 mm (Rainstar T90-300 mit Regner SR 101 Fa. Bauer, Rohrdurchmesser AD 90 mm ID ca. 75mm)

	Düse 16 mm	Düse 24 mm
Einzugsgeschwindigkeit	16 m/h	31 m/h
Druck an der Düse	4 bar	5 bar
Anschlussdruck	5 bar	8,5 bar
Druckverlust	1 bar	3,5 bar
Arbeitsbreite	60 m	81 m
Wasserdurchfluss	19,7 m <sup>3</sup> /h	49,5 m <sup>3</sup> /h
Fließgeschwindigkeit	1,24 m/s	3,11 m/s

In dem obigen Beispiel (Tab. 1) wird gezeigt, dass durch den Wechsel der Düse von 16 mm auf 24 mm die Fließgeschwindigkeiten von 3,11 m/s erreicht werden. Damit steigt der Leistungsbedarf an der Pumpe und die Betriebskosten stark an. Sind die hohen Fließgeschwindigkeiten in allen Anwendungen notwendig, sollte ein Ersatz der Maschine mit größeren Querschnitten in Erwägung gezogen werden. Damit die Betriebskosten so gering wie möglich gehalten werden können, sollte vor einem Neukauf der Rohrquerschnitt mit den notwendigen Wurfweiten und Durchflussmengen abgestimmt werden.

Um sicherzustellen, dass die gewünschten Wassermengen auch ausgebracht und die Wurfweiten erreicht werden, ist der Druck an der Düse für die Einstellung der Pumpe entscheidend. Möglichkeiten zur Kontrolle des Düsendrucks sind in Abb. 7 dargestellt.

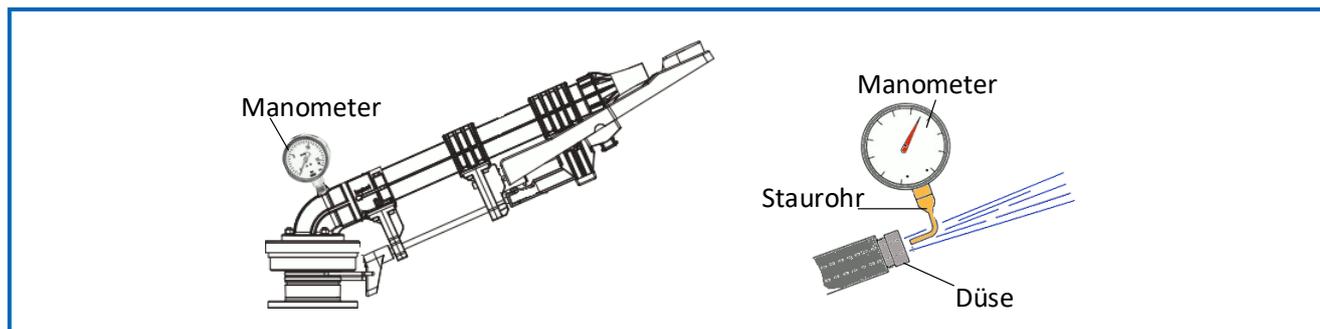
Neben dem Druck sollte der Wasserdurchfluss und die insgesamt ausgebrachte Wassermenge

über eine Wasseruhr (Woltmann Zähler) ermittelt werden. Diese werden künftig, soweit dies nicht bereits jetzt der Fall ist, mit dem Genehmigungsbescheid vorgeschrieben.



**Bild 4:** Wasserzähler im Zulauf zu Beregnungsmaschine (Foto: Fa. Beinlich)

Neugeräte sollen daher bereits mit Wasserzählern ausgerüstet sein. Zur automatisierten Dokumentation werden Datenlogger bzw. Internetbasierte Techniken zur Dokumentation empfohlen. Altgeräte können nachgerüstet werden. Je nach Querschnitt fallen hierfür Kosten in Höhe von 300,-- € bis 700,-- € an.



**Abb. 7:** Fest eingebaute (links) oder mobile Manometer (rechts) zur Überprüfung des Düsendrucks

## 6. Tropfengröße, Beregnungsintensität (Verschlämmung und Bodenerosion)

**Tab. 2:** Maximal sinnvolle Beregnungsintensität in Abhängigkeit des Gefälles und der Bodenart

Hangneigung	Bodenbedeckung	Maximal sinnvolle Beregnungsintensität			
		Lößboden	sandiger Lehm	lehmiger Sand	Sand
bis 4 %	gering	8-18 mm/h	13-25 mm/h	18-35 mm/h	25-50 mm/h
	gut	10-25 mm/h	18-35 mm/h	25-60 mm/h	35-75 mm/h
4 bis 8 %	gering	5-13 mm/h	10-18 mm/h	16-25 mm/h	18-35 mm/h
	gut	8-18 mm/h	15-25 mm/h	25-35 mm/h	25-60 mm/h
über 8 %	gering	4-8 mm/h	8-13 mm/h	10-18 mm/h	13-25 mm/h
	gut	6-10 mm/h	10-18 mm/h	15-25 mm/h	18-35 mm/h

Je größer die Düsenöffnung umso größer die Tropfen. Bei unbedeckten Böden führen diese zu einer sog. „Splash Erosion“ was bei frisch gesäten und gepflanzten Kulturen und einem offenen Boden zu Problemen führen kann. Durch Strahlstörer, die allerdings die Wurfweite reduzieren und die Windanfälligkeit erhöhen, kann die Tropfengröße vermindert werden.

Neben der Tropfengröße ist die Beregnungsintensität (Niederschlagsmenge pro Zeiteinheit) zu berücksichtigen. Diese ist auf die Bodenart und das Gefälle abzustimmen. Kann der Boden die über die Beregnung ausgebrachte Wassermenge nicht aufnehmen, kommt es zu einem oberirdischen Abfließen, zu einer Bodenverschlammung und möglicherweise Erosion.

Die Niederschlagsdichte wird bei Beregnungs-

maschinen mit Starkregnern in der Regel nicht angegeben und ist aufgrund der pulsierenden Sektorregner nur annähernd zu berechnen (Formel 2).

Je nach Betrachtungszeitraum kann die Beregnungsintensität höher sein, da ein Schlagregner die Fläche nicht kontinuierlich befeuchtet, sondern durch die Schwenkbewegung nur zeitweise an einer Stelle verweilt.

Unter Berücksichtigung der bodenartspezifischen und gefällespezifischen, maximalen Niederschlagsdichte kann durch größere Düsenöffnungen die Beregnungszeit verkürzt und damit die Schlagkraft erhöht werden. Im Vergleich zu einer Beregnung mit Gießwagen ist das Risiko einer Erosion bei Beregnungsmaschinen mit Starkregner weitaus geringer einzustufen.

**Formel 2:** Formel zur Berechnung der Niederschlagsdichte

$$\text{Niederschlagsdichte in mm/h} = \frac{\text{Beregnungsmenge in mm}}{(\text{Wurfweite in m} / \text{Einzugsgeschwindigkeit in m/h})}$$

**Tab. 3:** Niederschlagsdichte in Abhängigkeit der Einzugsgeschwindigkeit bei verschiedenen Düsendurchmessern (Beregnungsmaschine Rainstar T90-300 mit Regner SR 101 Fa. Bauer, Beregnungsmenge 30 mm, Arbeitsbreite ca. 70 m)

	Düsenöffnung 18 mm	Düsenöffnung 24 mm
Wurfweite	41 m	42 m
Einzugsgeschwindigkeit	13 m/h	19 m/h
Druck an der Düse	5 bar	3,5 bar
Anschlussdruck	6,5 bar	6,2 bar
Wasserverbrauch	27,8 m <sup>3</sup> /h	41,4m <sup>3</sup> /h
<b>Niederschlagsdichte</b>	<b>9,5 mm/h</b>	<b>13,6 mm/h</b>

## 7. Optimierung der Wasserverteilung, Feldrandberegnung

Das halbkreisförmige Spritzbild führt am Feldanfang und Feldende zu einer ungleichen Wasserverteilung. Reicht die Wurfweite über die Feldgrenze hinaus, stellt das für öffentlichen Straßen und Wegen ein Unfallrisiko dar. Meist ist auch eine Beregnung der angrenzenden Flächen

unerwünscht. Um dies zu vermeiden, können verschiedene Maßnahmen getroffen werden. Sehr effektiv sind zeitlich bzw. GPS gesteuerte Strahlstörer bzw. gesteuerte Sektoreinstellungen in Abhängigkeit der Position im Feld.

### 7.1. Vor- und Nachberegnung

Um über das ganze Feld ähnliche Wassermengen auszubringen, ist eine Vor- und Nachberegnungszeit einzustellen. Erst wenn die Vorberegnungszeit abgelaufen ist, wird der Einzugsmechanismus in Gang gesetzt. Ist das Feldende erreicht, wird zunächst der Einzugsmechanismus

deaktiviert und dann das Ventil nach Ablauf der Nachberegnungszeit geschlossen. Je nach Hersteller ist hierzu eine Zeitvorgabe oder ein Faktor am Steuergerät einzugeben. Bei einem Faktor wird die Zeit automatisch an die Einzugs geschwindigkeit angepasst.

### 7.2. Auszug bis zur Feldgrenze

Um die Nachbarflächen nicht zu bewässern, wird beim Ausziehen des Regners normalerweise ein Abstand in Länge der Wurfweite zur Feldgrenze eingehalten. In diesem Fall werden die Ecken nicht beregnet. Den Abstand zu verkürzen ist möglich, wenn eine Beregnung über

den Feldrand hinaus kein Risiko darstellt (Abb. 5 und Abb. 8). Auf eine Vorberegnung ist in diesem Fall dann zu verzichten. Weitaus effektiver sind zeitlich gesteuerte Strahlstörer bzw. dynamische Sektorsteuerungen wie im Folgenden dargestellt.

### 7.3. Zeitlich gesteuerte Strahlstörer

Erste Ansätze zur Verbesserung der Feldrandberegnung waren zeitlich gesteuerte Strahlstörer (Abbildung 8). Je nach Winkel wird der Stahl mehr oder weniger gestört, so dass die Wurf-

weite stark reduziert ist. Erst wenn die eingestellte Zeit abgelaufen ist, wird dann über den gesamten Sektor die volle Wurfweite erreicht.

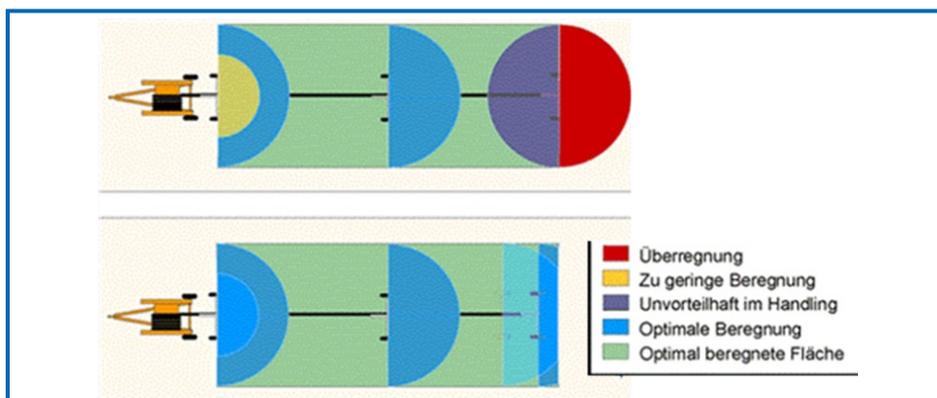
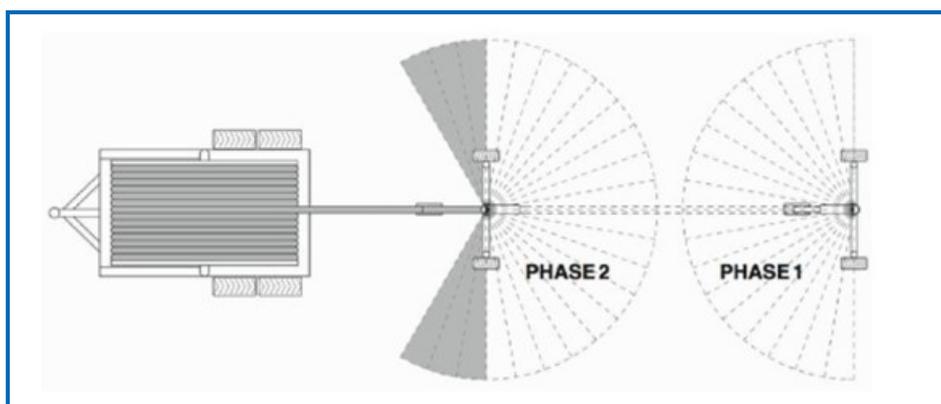


Abb. 8: Verbesserung der Feldrandberegnung durch zeitgesteuerte Strahlstörer



**Abb. 9:** Funktionsprinzip der zeitlich gesteuerten Sektorumstellung

## 7.4. Zeitlich gesteuerte Drehrichtung bzw. Sektoreinstellung

Die Firma Sime bietet das System Rotorkit® zur zeitgesteuerten Umstellung der Drehrichtung an. Bei der Variante mit zwei Timern können pro Regnerbahn 3 verschiedenen Sektoreinstellungen eingestellt werden. Bei einem Timer zwei verschiedene Sektoreinstellungen.

Die Firma Komet (Abb. 10) bietet einen sog. „Inverter“ mit einem Timer und damit 2 verschiedene Sektoreinstellungen, was für den Normalfall auch ausreichend ist. Die Einstellung des Systems findet direkt am Regner statt und die eingestellte Zeit bedarf einer Abstimmung mit der Einzugsgeschwindigkeit. Der Timer des Komet Inverters wird bewegungsgesteuert aktiviert. Eine Voreinstellung ist damit möglich. Der Timer beginnt erst dann zu zählen, wenn tatsächlich Wasser durch den Regner fließt. Eine zusätzliche Fahrt zum Regner bei Bewässerungsbeginn entfällt.



**Abb. 10:** Zeitgesteuerte Sektoreinstellung (Foto: Fa. Komet)

Beide Systeme werden von den Herstellern für Beregnungsmaschinen verbaut und können auf Kundenwunsch optional eingesetzt werden. Eine Nachrüstung bestehender Systeme sollte ohne größere Probleme möglich sein.

## 7.5. GPS gesteuerte Sektorsteuerung

Durch eine GSM bzw. GPRS Anbindung an ein Managementsystem können z.B. bei dem System der Firma Raindancer Sektoreinstellungen an beliebigen Positionen - bequem vom Büro aus vorgenommen und geplant werden. Neben der Feldrandberegnung kann somit auch bei Einbuchtungen, Hindernissen bzw. schrägen Feldgrenzen eine optimale Beregnung sichergestellt werden. Der aktuelle Stand des Regners

wird zudem laufend übermittelt. In Verbindung mit einem Flottenmanagement ist damit eine Koordination mehrere Beregnungsmaschinen möglich. Die Firma Nodolini bietet für Ihre Regnertypen eine elektronische Steuerung an, die neben verschiedenen GPS basierten Sektoreinstellungen zusätzlich den Windeinfluss berücksichtigt. Der Neigungswinkel kann hier automatisch angepasst werden.

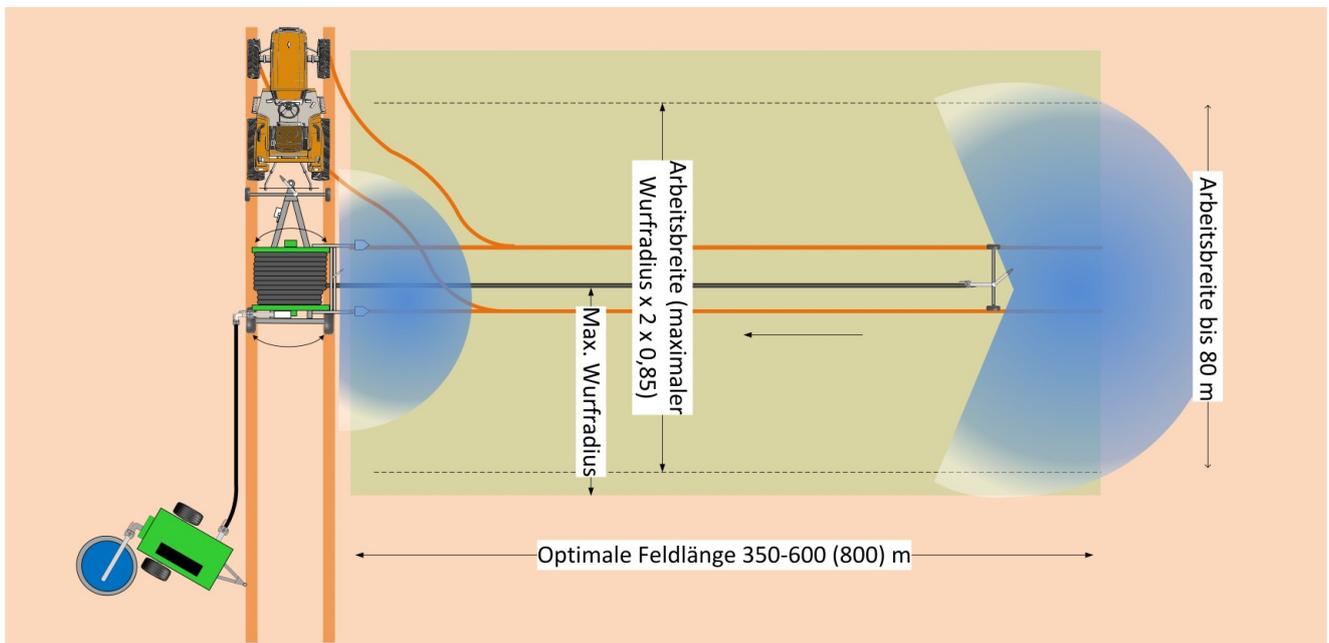


**Abb. 11:** Beispiele für eine Automatisierung von Regenkanonen via GPS der Fa. Raindancer (links) und Fa. Nodolini (rechts)

## 7.6. Kleinregner auf der Beregnungsmaschine

Um den nicht beregneten Sektor am Feldende zu Bewässern, werden fest installierte Kleinregner an dem Gestänge der Rohrtrommel angeboten. Der Regner kann entweder über ein Men-

genventil oder eine Zeitsteuerung mit Beginn der Bewässerung aktiviert werden. Eine Nachrüstung zu bereits bestehenden Systemen ist möglich.



**Abb. 12:** Kleinregner an der Beregnungsmaschine zur Verbesserung der Wasserverteilung beim Endpunkt

## 7.7. Windanfälligkeit

Die Windanfälligkeit und damit einhergehende ungleiche Wasserverteilung ist ein Nachteil aller Regnersysteme. Ein Beregnungsgang sollte deshalb nur an windstillen Tagen erfolgen. Eine ver-

besserte Verteilgenauigkeit kann durch Verstellung des zu beregnenden Sektors, durch eine Reduzierung des Wurfwinkels und eine Anpassung der Fahrspurabstände erreicht werden.

Hierzu allgemeingültige Empfehlungen zu geben ist nicht möglich. Die Anpassung muss situationsbedingt vor Ort durchgeführt werden. Erste

Ansätze zur automatischen Anpassung sind, wie unter 7.5 beschrieben, bereits in der Praxis eingeführt.

## 8. Regelcomputer zur Steuerung der Einzugsgeschwindigkeit

Die gewünschte Beregnungsmenge wird über die Düsengröße, den Druck an der Düse und über die Einzugsgeschwindigkeit erreicht. Zur Regelung der Einzugsgeschwindigkeit werden batteriebetriebene Steuergeräte eingesetzt. Im Rahmen dieses Beratungsblattes wird hier nur auf die „Basisausstattung“ eingegangen. Durch die fortschreitende Digitalisierung sind komplexe Managementsysteme möglich. „Einfache Steuergeräte“ können in Kombination mit einem „GSM“ Modem über definierte SMS - Nachrichten ferngesteuert und Störmeldungen per SMS übermittelt werden.

Die Steuereinheit besteht aus einer Stromversorgung (Batterie), optional einem Solarlademodul, einem Sensor zur Erfassung der Aus- und Einzugslänge bzw. Einzugsgeschwindigkeit und einem Magnetschalter zum Erkennen der End-

stellung. Dieser wird aktiviert, wenn der Beregnungswagen den an der Beregnungsmaschine befestigten Bügel zur Abschaltung betätigt hat. Ausgangsseitig wird ein Stellmotor zur Regelung der Fahrgeschwindigkeit und ein Stellmotor zum Öffnen und Schließen der Wasserzufuhr (Zwischenflanschklappe) angesteuert. Zusätzlich können Drucksensoren zur Überwachung angeschlossen werden.

Zur Erfassung des Rohrauszugs und der Fahrgeschwindigkeit kommen verschiedene Verfahren zur Anwendung. Neben Tasträdern an der Spulvorrichtung des PE-Rohres (Firma Beinlich) werden Sensoren mit Induktionsmagnete am Getriebe (Firma Bauer) verbaut.

In der Abb. 13 sind die wesentlichen Bauteile der elektronischen Steuerung dargestellt.

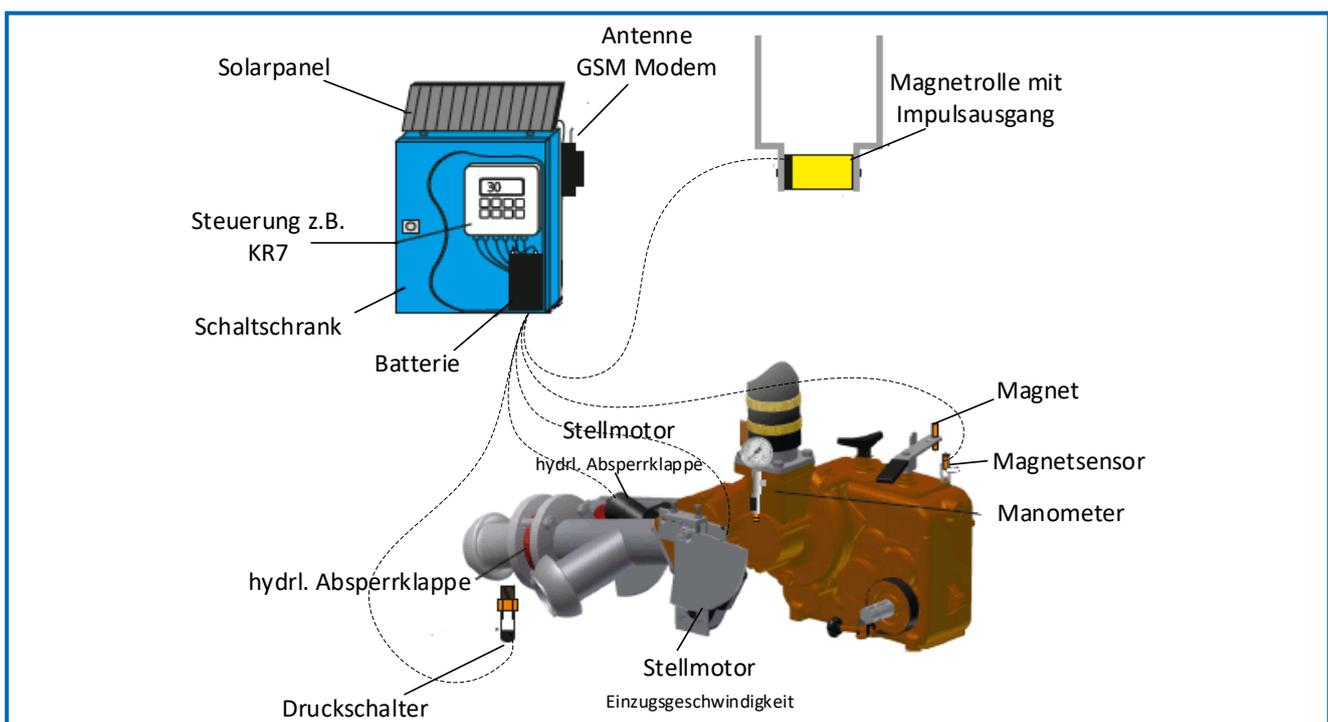


Abb. 13: Elektronische Komponenten zur Steuerung einer Beregnungsmaschine (Quelle: Fa. Beinlich)

Im täglichen Gebrauch muss der Betreiber nur wenige Einstellungen vornehmen.

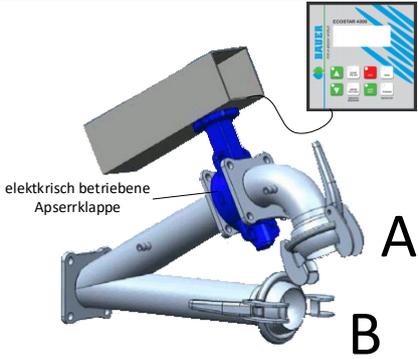
- ▶ Vor dem Auszug des Regners ist die ausgezogene Schlauchlänge über die "RESET-Taste" auf „0“ zurückzusetzen.
- ▶ Ist der Schlauch ausgezogen, sollte die tatsächlich ausgezogene Länge (Markierung am PE-Rohr) mit der am Display angegebenen Länge verglichen und bei Bedarf am Steuergerät korrigiert werden.
- ▶ Die Einzugschwindigkeit ist über das beigefügte Datenblatt für die vorgesehene Niederschlagsmenge zu ermitteln und am Display einzugeben. Die dafür notwendige Laufzeit wird anhand der ausgezogenen Rohrlänge

- ge berechnet und angezeigt.
- ▶ Es ist zu prüfen, ob die am Getriebe eingestellte Voreinstellung (Grundübersetzung) passend ausgewählt wurde.
- ▶ Die Vor- und Nachberechnung kann über zusätzliche Tasten aktiviert werden.
- ▶ Durch Betätigung des START- Buttons wird die Maschine in Gang gesetzt.
- ▶ Ist das Berechnungsstativ an der Trommel angekommen, wird über eine mechanische Einrichtung das Getriebe ausgekoppelt. Der Magnetsensor reagiert. Je nach eingestellter Nachberechnung wird dann die Wasserzufuhr, gemäß dem eingestellten Abschaltscenario (Kap. 9), gestoppt.

## 9. Abschaltautomatik

Um das Gesamtsystem (Berechnungsmaschine und Pumpe) komplett abzuschalten, sind entweder hydraulisch basierte Abschaltmechanismen, die von der Berechnungsmaschine über die Öffnungs- und Schließbewegung der Klappen

ausgelöst werden, oder Funk- bzw. GSM basierte Lösungen möglich. Hydraulisch basierte Verfahren funktionieren nur, wenn die Pumpe mit entsprechenden Druck- bzw. Strömungssensoren und einer dazugehörigen Steuerelektronik



elektrisch betriebene Absperrklappe

**Überdruckabschaltung**

- ▶ Anspeisung über Anschluss „A“
- ▶ „B“ ist mit Endverschlusskappe geschlossen
- ▶ Steuerung auf Überdruckabschaltung programmiert
- ▶ Absperrklappe ist während des Betriebes geöffnet
- ▶ Für die Abschaltung schließt die Absperrklappe langsam
- ▶ In der Anspeiseleitung erhöht sich der Druck.
- ▶ Mittels Druckschalter (oder Strömungswächter) muss die Pumpe automatisch abgeschaltet werden

**Unterdruckabschaltung**

- ▶ Anspeisung über Anschluss „B“
- ▶ Anschluss „A“ offen
- ▶ Die Steuerung ist auf Unterdruckabschaltung programmiert
- ▶ Die Absperrklappe ist während des Betriebes geschlossen
- ▶ Für die Abschaltung öffnet die Absperrklappe schnell
- ▶ In der Anspeiseleitung fällt der Druck ab. (Leckage wird simuliert)
- ▶ Mittels Druckschalter muss die Pumpe automatisch abgeschaltet werden

Abb. 14: Über- bzw. Unterdruckabschaltung der Pumpe durch die Berechnungsmaschine

ausgerüstet ist. Zwei verschiedene hydraulische Verfahren, die meist beide schon vorgerüstet sind, werden angeboten. Hierzu sind die richtigen Anschlussstellen für die Zuleitung zu verwenden und eventuell Blindkappen anzubringen (Abb. 14).

Die Überdruckabschaltung wird eingesetzt, wenn mehrere Beregnungsmaschinen an einer Pumpe hängen. Nach Ende der Beregnung oder im Falle einer Störung wird das Ventil langsam

geschlossen. Durch den Druckanstieg in der Zuleitung schaltet die Pumpe ab oder reduziert die Pumpleistung über einen Frequenzumrichter.

Bei der Unterdruckabschaltung wird mehr oder weniger ein Wasserrohrbruch simuliert. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die Zuleitungen nicht durch übermäßigen Druckanstieg belastet werden.

## 10. Beregnungsmenge über die Einzugs geschwindigkeit, Druck und Düsenöffnung richtig einstellen

Vor dem Betrieb der Beregnungsmaschine sollte die notwendige Beregnungsmenge und der notwendige Zeitpunkt bestimmt werden. Hierzu können Rechenmodelle z.B. die Bewässerungs-App der ALB oder auch Bodenfeuchtesensoren herangezogen werden. Wichtig ist, die Wurzel tiefe und damit auch die Befeuchtungstiefe mit zu berücksichtigen.

Ist die Beregnungsmenge ermittelt, wird aufgrund der Leistungstabelle der Beregnungsmaschine die Einzugs geschwindigkeit in Abhängigkeit der Düsenöffnung und des Druckes ermittelt. Die Leistungstabelle ist entweder an der Maschine befestigt oder in den Betriebsanleitungen abgelegt. Sie sollte bei jeder Beregnungsmaßnahme zur Hand genommen werden. Die Tabelle ist je nach Hersteller unterschiedlich aufgebaut. Sie muss zu dem verwendeten PE-Rohr, in unserem Beispiel (Tab. 4) 90 mm

Durchmesser der Rohrlänge (300 m) sowie dem montierten Regner, in unserem Fall SR101 passen. Wird die Ursprungs konfiguration geändert und z.B. ein neuer Starkregner montiert, ist diese vom Hersteller neu anzufordern.

Wie in Tab. 4 beschrieben beträgt die Laufzeit für eine Beregnungsmenge von 20 mm zwischen 13,04 h und 10,34 h. Dieser Zeitbedarf ist in die regional unterschiedlich verhängten Beregnungsverboten z.B. zwischen 10 und 17 Uhr bzw. dem dann zur Verfügung stehenden Zeitraum von 19 Stunden einzuordnen. In diesem Fall würde jede Düsenweite funktionieren.

Sollte die Beregnungsdauer den maximal möglich Beregnungszeitraum überschreiten, ist entweder die Maschinen zu stoppen, die Beregnungsmenge zu reduzieren oder die Düsenweite größer zu wählen.

**Tab. 4:** Ermittlung der Einzugs geschwindigkeit und Laufzeit für eine Beregnungsmenge von 20 mm und einem Schlauch auszug von 300 m (Beregnungsmaschine Rainstar T90-300 Fa. Bauer, Leistungsdaten siehe Tabelle 5)

	Düsenöffnung 20 mm	Düsenöffnung 22 mm	Düsenöffnung 24 mm
Arbeitsbreite	71 m	71 m	71 m
Einzugs geschwindigkeit	23 m/s	26 m/s	29 m/s
Düsendruck	4,5 bar	4,0 bar	3,5 bar
Anschlussdruck	6,4 bar	6,4 bar	6,3 bar
Wasserdurchfluss	33 m <sup>3</sup> /h	37 m <sup>3</sup> /h	42 m <sup>3</sup> /h
Laufzeit bei 300 m	13,0 h	11,5 h	10,3 h

Tab. 5: Leistungsdaten einer Berechnungsmaschine mit Starkregner SR 101 der Firma Bauer

<b>RAINSTAR T</b>		<b>LEISTUNGSTABELLE RAINSTAR T 90-300</b>												
PE-Rohr $\varnothing$ 90 mm x 300 m		Fläche/Aufstellg. 2 x 2,70 = 5,50 ha		Einzugsgeschwindigkeit [m/h]										
Regnertyp SR 101 BAUER		max. Streifenlänge 2 x 345 m		Arbeitszeit in [h] für 300 m Röhrlänge										
Düsen durchmesser mm	Düsen druck bar	Wurf weite m	Streifen breite * m	Wasser verbrauch m <sup>3</sup> /h	Einzugsgeschwindigkeit [m/h] und Anschlußdruck [bar] bei Regengabe von									
					7 mm	8 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	35 mm	40 mm	
					m/h - bar	m/h - bar	m/h - bar	m/h - bar	m/h - bar	m/h - bar	m/h - bar	m/h - bar	m/h - bar	m/h - bar
16,0	4,0	36	60	19,7	47 - 5,6	41 - 5,5	33 - 5,4	22 - 5,1	16 - 5,0	13 - 4,9	11 - 5,0	9 - 4,9	8 - 4,9	
	4,5	37	63	20,9	47 - 6,2	41 - 6,1	33 - 5,9	22 - 5,6	17 - 5,5	13 - 5,5	11 - 5,5	9 - 5,5	8 - 5,4	
	5,0	39	65	22,0	48 - 6,7	42 - 6,6	34 - 6,5	23 - 6,2	17 - 6,1	14 - 6,1	11 - 6,0	10 - 6,0	8 - 6,0	
18,0	3,5	36	61	23,3	55 - 5,4	48 - 5,2	38 - 5,0	25 - 4,8	19 - 4,7	15 - 4,7	13 - 4,6	11 - 4,6	10 - 4,6	
	4,0	38	64	24,9	56 - 5,9	49 - 5,8	39 - 5,6	26 - 5,4	19 - 5,3	16 - 5,3	13 - 5,2	11 - 5,2	10 - 5,2	
	4,5	40	67	26,4	56 - 6,5	49 - 6,4	39 - 6,2	26 - 6,1	20 - 5,9	16 - 5,9	13 - 5,8	11 - 5,8	10 - 5,8	
20,0	5,0	41	70	27,8	57 - 7,0	50 - 7,0	40 - 6,8	26 - 6,7	20 - 6,5	16 - 6,4	13 - 6,5	11 - 6,4	10 - 6,4	
	3,5	38	64	28,7	64 - 5,7	56 - 5,6	45 - 5,4	30 - 5,3	22 - 5,2	18 - 5,0	15 - 5,0	13 - 5,0	11 - 4,9	
	4,0	40	68	30,7	65 - 6,3	56 - 6,2	45 - 6,1	30 - 5,9	23 - 5,8	18 - 5,7	15 - 5,6	13 - 5,7	11 - 5,6	
22,0	4,5	42	71	32,6	66 - 6,9	57 - 6,8	46 - 6,8	31 - 6,6	23 - 6,4	18 - 6,3	15 - 6,3	13 - 6,3	11 - 6,3	
	5,0	44	74	34,3	66 - 7,8	58 - 7,6	46 - 7,4	31 - 7,2	23 - 7,1	19 - 7,0	15 - 6,9	13 - 7,0	12 - 6,9	
	5,5	45	77	36,0	67 - 8,4	58 - 8,2	47 - 8,0	31 - 7,8	23 - 7,7	19 - 7,6	16 - 7,6	13 - 7,6	12 - 7,6	
24,0	3,0	38	64	32,2	72 - 5,5	63 - 5,4	50 - 5,2	34 - 5,1	25 - 4,9	20 - 4,9	17 - 4,8	14 - 4,7	13 - 4,8	
	3,5	40	68	34,8	73 - 6,5	64 - 6,3	51 - 6,0	34 - 5,8	26 - 5,6	20 - 5,6	17 - 5,5	15 - 5,5	13 - 5,5	
	4,0	42	71	37,2	75 - 7,1	65 - 6,9	52 - 6,7	35 - 6,5	26 - 6,4	21 - 6,3	17 - 6,3	15 - 6,2	13 - 6,2	
24,0	4,5	44	75	39,4	75 - 7,7	66 - 7,6	53 - 7,4	35 - 7,2	26 - 7,0	21 - 7,0	18 - 7,0	15 - 6,9	13 - 6,9	
	5,0	46	78	41,6	76 - 8,4	67 - 8,3	53 - 8,1	36 - 7,9	27 - 7,8	21 - 7,7	18 - 7,7	15 - 7,7	13 - 7,6	
	5,5	48	81	43,6	77 - 9,1	67 - 9,0	54 - 8,8	36 - 8,6	27 - 8,5	22 - 8,4	18 - 8,4	15 - 8,4	13 - 8,3	

BAUER Ges.mbH. A-8570 Voitsberg/Austria Tel.:03142/200-0 Fax:03142/23095

\* 85 % vom berechneten Kreisdurchmesser

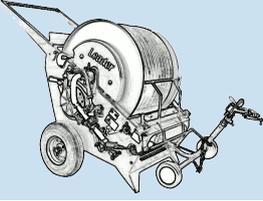
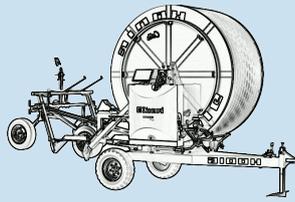
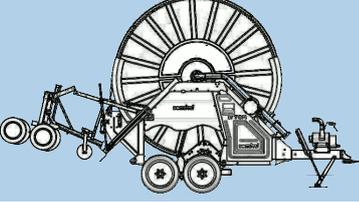
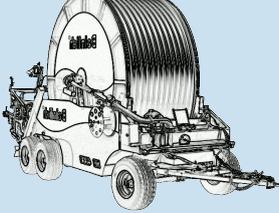
14-02-11 D

Wird die Berechnungsmenge reduziert, ist die Durchfeuchtung bis zur Durchwurzelungstiefe nicht gegeben und damit das Wurzelwachstum und die Nährstoffaufschließung eingeschränkt. Wird die Düsenöffnung erhöht könnte es zu einer Erosion und einem höheren Energiebedarf (Betriebskosten) kommen. Die ungünstigste Lö-

sung ist die Einzugsgeschwindigkeit am Display soweit zu verändern, dass das Zeitfenster erfüllt ist, ohne sich der Konsequenzen für die Berechnungsmenge bewusst zu werden. Die Berechnungsmenge sollte immer bekannt sein und für weitere Modellrechnungen und Optimierungsverfahren protokolliert werden.

## 11. Investitionskosten

**Tabelle 6:** Übersicht der Investitionskosten für Beregnungsmaschinen unterschiedlicher Röhrlängen

Beregnungsmaschinen	Fabrikate unterschiedlicher Röhrlängen	Preise (netto)
	50-70 m Röhrlänge:  Leadard 32 (70 m Rohr, Ø 32 mm) - Fa. O.R.M.A. S.R.L.	2500-3000 €
	130-150 m Röhrlänge:  Rainstar A1 (135 m Rohr, Ø 40 mm) - Fa. BAUER Piccolo 1 (125 m Rohr, Ø 40 mm) - Fa. Beinlich Leadard 50 (150 m Rohr, Ø 50 mm) - Fa. O.R.M.A. S.R.L.	5000-5500 €
	400 m Röhrlänge:  Irromat II RED (400 m Rohr, Ø 110 mm) - Fa. HÜDIG Primus 2800 I (400 m Rohr; Ø 110 mm) - Fa. Beinlich Rainstar E21 (400 m Rohr, Ø 110 mm) - Fa. BAUER	25.000-30.000 €
	740-800 m Röhrlänge:  Irromat V (840 m Rohr, Ø 125 mm) - Fa. HÜDIG Monsun 3500 S (750 m Rohr, Ø 125 mm) - Fa. Beinlich Rainstar E55 XL (740 m Rohr, Ø 125 mm) - Fa. BAUER	60.000-68.000 €
	1000 m Röhrlänge:  MB 4100 (1080 m Rohr, Ø 125 mm) - Fa. Beinlich	ca. 95.000 €

## 12. Hersteller

Tabelle 7: Herstellerfirmen für Starkregner und Ansteuerungen für Regner

Hersteller	Kontaktdaten
	Nodolini Sprinkler via C. lotti, 55 - 42045 Luzzara (RE) - ITALY info@nodolini.com www.nodolini.com
	IT-Direkt Business Technologies GmbH Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin E-Mail: info@raindancer.com www.raindancer.com
	Komet Austria GmbH Julius Durst Str. 10, 9900 Lienz/Austria <a href="mailto:komet@kometirrigation.com">komet@kometirrigation.com</a> www.kometirrigation.com
	SIME IDROMECCANICA Srl 42016 Guastalla (RE) Ville, 5/A sime@sime-sprinklers.com <a href="http://www.sime-sprinklers.com/">http://www.sime-sprinklers.com/</a>
	NELSON IRRIGATION CORPORATION 848 Airport Road, Walla Walla, WA 99362-2271, USA info@nelsonirrigation.com www.nelsonirrigation.com

Tabelle 8, Teil 1 von 2: Hersteller und Vertrieb von Berechnungsmaschinen

Hersteller	Kontaktdaten
	Beinlich Beregnung Eifel Maar Park 16, D-56766 Ulmen E-Mail: <a href="mailto:info@beinlich-beregnung.de">info@beinlich-beregnung.de</a> www.beinlich-beregnung.de
	BAUER GmbH, Roehren- und Pumpenwerk Kowaldstraße 2, A-8570 Voitsberg/Austria E-Mail: <a href="mailto:bauer@bauer-at.com">bauer@bauer-at.com</a> www.bauer-at.com
	HÜDIG GmbH & Co KG Heinrich-Hüdig-Str. 2, D- 29227 Celle E-Mail: <a href="mailto:info@huedig.de">info@huedig.de</a> www.huedig.de
	IRTEC Via G. Mameli, 12/14 - 41014 Castelvetro di Modena (MO) - ITALY <a href="mailto:info@irtec-irrigazione.it">info@irtec-irrigazione.it</a> <a href="http://www.irtec-irrigazione.it/contatti">www.irtec-irrigazione.it/contatti</a>
	LGRain GmbH Bewässerungstechnik Zur Hasenheide 1, D-29559 Wrestedt OT Niendorf II E-Mail: <a href="mailto:info@lgrain.de">info@lgrain.de</a> www.lgrain.de
	LINDSAY EUROPE SAS L'Épingleterie, 72300 LA CHAPELLE D'ALIGNÉ, FRANCE www.lindsay-europe.com
	Nettuno Irrigation via l° Maggio, 55, c.ap. 31043 Fontanelle (TV), ITALY E-Mail: <a href="mailto:nettuno@visa.it">nettuno@visa.it</a> www.nettuno-irrigazione.com/

Tabelle 8, Teil 1 von 2: Hersteller und Vertrieb von Berechnungsmaschinen

Hersteller	Kontaktdaten
	OCMIS Via S.Eusebio, 7, 41014 Castelvetro di Modena (MO), ITALY <a href="mailto:info@ocmis-irrigazione.it">info@ocmis-irrigazione.it</a> <a href="http://www.ocmis-irrigazione.it/de">http://www.ocmis-irrigazione.it/de</a>
	Irrifrance Groupe - Bewässerungssysteme 34230 Paulhan - Frankreich E-mail : <a href="mailto:irrifrance@irrifrance.com">irrifrance@irrifrance.com</a> <a href="https://www.irrifrance.com/de/">https://www.irrifrance.com/de/</a>
	IRRIMEC s.r.l. Via Torino, 3 - Industriegebiet - 29010 Calendasco (PC) E-mail: <a href="mailto:irrimec@irrimec.com">irrimec@irrimec.com</a> <a href="http://www.irrimec.com">www.irrimec.com</a>
	RM S.p.A. Via Provinciale, 41 - Loc. S.QUIRICO, 43018 SISSA TRECASALI - (Parma) - ITALY E-mail: <a href="mailto:info@rmirrigation.com">info@rmirrigation.com</a> <a href="http://www.rmirrigation.com">www.rmirrigation.com</a>
	FASTERHOLT Maskinfabrik A/S Ejstrupvej 22, FASTERHOLT, DK-7330 Brande E-Mail: <a href="mailto:mail@fasterholt.dk">mail@fasterholt.dk</a> <a href="http://www.fasterholt.dk">www.fasterholt.dk</a>
	Casella Macchine Agricole S.r.l. Loc. Cimafova, Cà Vezzeno 1/A - 1/B, 29013 Carpaneto P.no – Piacenza, Italy Mail: <a href="mailto:info@casella.it">info@casella.it</a> <a href="http://www.casella.it">www.casella.it</a>
	O.R.M.A. S.R.L. Via Giardino 10/A 40026 Giardino di Imola (Bo) – Italy e-mail: <a href="mailto:info@ormasrl">info@ormasrl</a> <a href="http://www.ormasrl.info">www.ormasrl.info</a>
	Agrometer a/s Fælledvej 10, Dk-7200 Grindsted E.Mail: <a href="mailto:agrometer@agrometer.dk">agrometer@agrometer.dk</a> <a href="http://www.agrometer.dk">www.agrometer.dk</a>

**Zitiervorlage:** Beck, M. , Hageneder, F. , Kirchner, S.  
 (2020): Berechnungsmaschinen mit Starkregnern. In: Be-  
 wässerungsforum Bayern, Ausgabe 1-5/2020, Hrsg. ALB  
 Bayern e.V., [www.alb-bayern.de/bef6](http://www.alb-bayern.de/bef6), Stand:  
 [Abrufdatum].

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und  
Landwirtschaftliches Bauwesen (ALB)  
in Bayern e.V.

Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Telefon: 08161 / 71-3460

Telefax: 08161 / 71-5307

E-Mail: [info@alb-bayern.de](mailto:info@alb-bayern.de)

Internet: [www.alb-bayern.de](http://www.alb-bayern.de)