

Energetische Optimierungsmöglichkeiten bei Beregnungsanlagen

Die meisten Beregnungsanlagen wurden ursprünglich vom Brunnen über die Pumpen, die Energieversorgung, die Druckrohrnetze bis hin zu den Beregnungsmaschinen technisch einwandfrei und effizient ausgelegt. Jedoch wurden im Laufe der Jahre Veränderungen vorgenommen. Erfolgt diese ohne hinreichende Beachtung der physikalischen Gesetze, können dramatische Verschlechterungen des Gesamt-Wirkungsgrades der Beregnungsanlage und sehr hohe Energiekosten die Folge sein.

Dipl.-Ing. agr. Peter Claas, Ingenieurbüro claas rain, Velten

Die Fließgeschwindigkeit in den Rohren beachten

Widerstände steigen im Quadrat zur Geschwindigkeit! Während ein 80-PS-Pkw eine Höchstgeschwindigkeit von ca. 180 km/h erreicht, offenbart ein Blick in die Veröffentlichungen von Ferrari oder Lamborghini, dass die Erhöhung der Geschwindigkeit um einen Faktor von lediglich 2,0 auf 360 km/h eine gewaltige Erhöhung der Leistung um den Faktor 8,0 auf ca. 640 PS erfordert. Die exorbitante Benzinrechnung für eine Fahrweise oberhalb von 350 km/h kann mit dem Spaßfaktor gerechtfertigt werden. Beim Eintreffen der Jahres-Energierrechnung für die Beregnung bleibt der Spaßfaktor hingegen aus. Eine Reduzierung der Fließgeschwindigkeit in Rohren von bspw. 3,6 m/s auf 1,8 m/s hat vergleichbare Auswirkungen auf die Stromrechnung wie die Reduzierung der Geschwindigkeit eines Sportwagens von 360 km/h auf 180 km/h auf die Benzinrechnung. Das sollte zu denken geben. Beregnungswasser „reißt sich“ an den Rohrwänden, was Wirbel erzeugt. Die Energie für die Wirbel wird dem Druck entnommen und



Schöner Strahl! Entscheidend für die Kosten ist aber ein optimaler Wirkungsgrad der Anlage.

Druck wird unter Energieaufwendung erzeugt, was Strom- oder Dieselskosten verursacht.

Die Bedeutung des Rohrdurchmessers

Ein Rohr-Innendurchmesser von 100 mm hat einen Querschnitt von 75,8 cm² und bei 200 mm Durchmesser 314 cm². Folglich ist die Fließgeschwindigkeit bei 100 mm Durchmesser um den Faktor 4,0 höher als bei 200 mm und nicht um den Faktor 2,0 wie man anhand der Durchmesser vorschnell schließen könnte. Zwischen PVC-Rohren der Dimensionen DN110 und DN160 liegt bereits ein Geschwindigkeitsfaktor von 2,0. Die kostenmäßigen Auswirkungen sind oben anhand des Sportwagens geschildert.

Beispiel für Beregnungsbetriebe

Im Folgenden werden die Auswirkungen anhand eines Volumenstroms von 55 m³/h über eine Leitungslänge von 1.000 m betrachtet; einmal für ein PVC-Steckmuffenrohr nach EN 1452-2 der Dimension 110 x 4,2 mm und alternativ für 160 x 6,2 mm. Im Rohr der Dimension DN110 beträgt die Fließgeschwindigkeit 1,9 m/s und der Druckverlust 3,7 bar. Im Rohr DN160 ist die Fließgeschwindigkeit 1,0 m/s und der Druckverlust nur noch 0,5 bar, also näherungsweise ein Achtel. Hierfür sind ca. 8,4 kW bzw. nur 1,1 kW erforderlich. Daraus folgen bei 1.000 Bh/Jahr und einem Energiepreis von 0,20 €/kW*h 8.400 bzw. 1.130 kW*h, entsprechend 1.680 € Energiekosten bei DN110 und 226 € bei DN160 – nur um den Druckverlust auszugleichen!

**Siebbänder,
Krautbänder,
Igelbänder
und diverses Zubehör**
direkt vom
Hersteller!



WINDGASSEN
Sieb- und Förderketten
Windgassen GmbH · Einsteinstraße 5 · D-33104 Paderborn
Tel. (0 52 54) 99 09 30 · Fax (0 52 54) 99 09 39
info@wg-siebketten.de · www.wg-siebketten.de

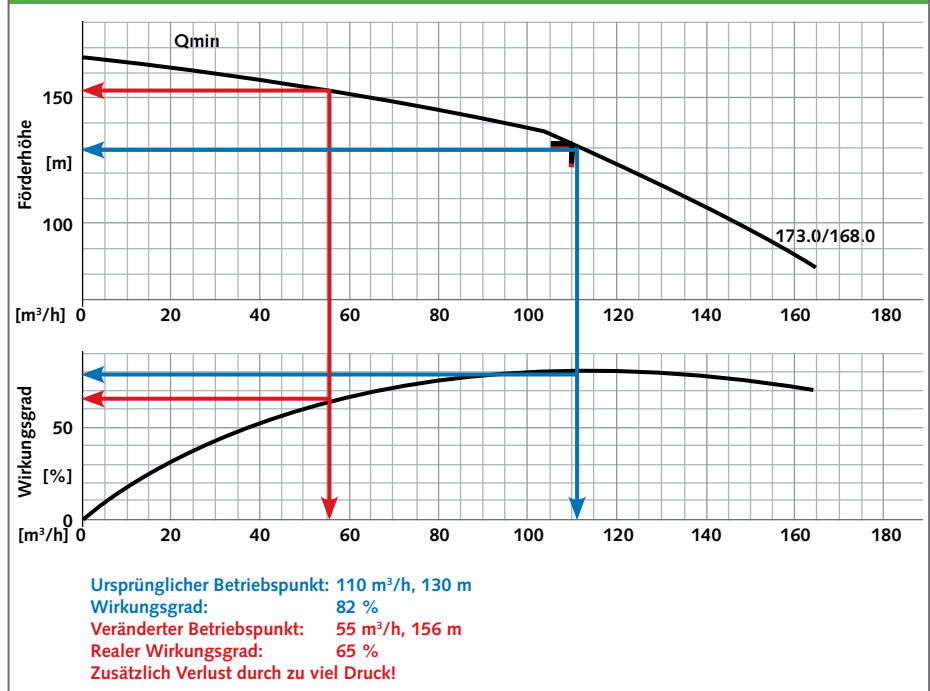
Eine Parallelleitung oder die Erzeugung eines Ringschlusses in der Dimension DN110 bringt etwa denselben Effekt, nämlich eine Halbierung der Fließgeschwindigkeit und eine Stromkosten-Ersparnis von 1.500 €/Jahr in diesem Beispiel. Das ergibt bei einer Investition von ca. 10.000 € für die Parallelleitung eine Rendite von 15 %, eine hoch rentable Investition also.

Beregnungsmaschinen sind genauso betroffen

Diese Zusammenhänge können auf die PE-Rohre der Beregnungsmaschinen übertragen werden. Als Beispiel sei eine alte Trommel-Beregnungsmaschine mit einem PE-Rohr von 90 x 7 mm x 450 m Länge mit einer modernen Maschine gleicher PE-Rohrlänge jedoch der Dimension 125 x 9,3 mm verglichen. In beiden Fällen soll der Volumenstrom 45 m³/h betragen. Der Druckverlust in der Turbine der alten Maschine wird mit 1,2 bar und in der neuen Maschine mit 0,5 bar angenommen. Es ergibt sich folgendes Bild: bei 450 m 90 x 7 mm beträgt die Fließgeschwindigkeit 2,8 m/s, der Druckverlust 6,2 bar und die Leistung 12 kW, entsprechend 2.400 €/Jahr Energiekosten für die Verlustüberwindung. Bei der Neumaschine ergeben sich 1,4 m/s, 1,4 bar Druckverlust, 2,7 kW Leistung und Energiekosten von 540 €/Jahr für die Verlustüberwindung.

Die Neumaschine spart in diesem Beispiel jährlich 1.680 € Energiekosten. Bei

Abbildung: Zusammenhang zwischen Betriebspunkt und Pumpenwirkungsgrad



Diesel als Energiequelle ist der Wert deutlich höher.

Wer die Verhältnisse auf seinen Betrieb übertragen möchte, kann die Rohrlängen, die jährlichen Betriebsstunden und den Energiepreis per Dreisatz anpassen. Die Auswirkungen der Geschwindigkeitsveränderungen zu ermitteln (Durchmesser-, Volumenstromänderung), sollte Fachleuten vorbehalten bleiben.

Die Rolle von Pumpe, Pumpensteuerung, Stromversorgung

Die ausgewiesenen Wirkungsgrade moderner Unterwassermotor-Pumpen liegen etwa zwischen 75 % und 82 %. Es muss aber beachtet werden, dass der höchste Wirkungsgrad sich nur im optimalen Betriebspunkt einstellt, d. h. bei einer bestimmten Kombination aus Volumenstrom und Druck. In jedem anderen Betriebspunkt ist der Wirkungsgrad



Beinlich Beregnung - immer besser!

Beregnung - Irrigation

Service und Ersatzteile

Hansestr. 25-27 - 29525 Uelzen

Tel.: 0581 9736 3064 Fax: 0581 9736 3066

verkauf.uelzen@beinlich-beregnung.de

www.beinlich-beregnung.de

Ansprechpartner: Jens Ramünke Mobil: 0175 1814911



Mit der Trommelanlage können im Frühjahr Raps oder Getreide beregnet werden, bevor die Maschine in den Kartoffeln eingesetzt wird.

schlechter, teilweise sogar sehr schlecht. Die Bedeutung dieses Zusammenhangs verdeutlicht das folgende Beispiel: Eine Pumpe wurde ursprünglich für die Versorgung von zwei Trommelberegnungsmaschinen ausgelegt. Der Betriebspunkt ist $110 \text{ m}^3/\text{h}$ bei 130 m und der Wirkungsgrad 82% . Im Zuge von Umbaumaßnahmen wird diese Pumpe in einen anderen Brunnen mit tiefem Wasserspiegel verbracht und versorgt jetzt eine Beregnungsmaschine. Der Betriebspunkt verschiebt sich auf der Kennlinie nach links zu $55 \text{ m}^3/\text{h}$ bei 156 m . Der Wirkungsgrad beträgt nur noch 65% statt 82% . Ein Fachbetrieb hätte von dem Pumpentausch abgeraten und eine neue Pumpe empfohlen, die im Betriebspunkt $55 \text{ m}^3/\text{h}$ und 156 m einen hohen Wirkungsgrad hat. Die Abbildung zeigt den Zusammenhang anhand der praxisbekannten Pumpenkennlinie.

Die Rolle der Pumpendrehzahl

Der physikalische Hintergrund bei Drehzahländerungen ist ähnlich gravierend wie bei Fließgeschwindigkeitsänderungen: wird die Drehzahl verdoppelt, erhöht sich die notwendige Antriebsenergie und damit die Energierechnung etwa um das Achtfache. Entsprechend kostensenkend wirkt sich eine Drehzahlanpassung nach unten mithilfe von Frequenzumformern (FU) aus. Das obige Beispiel soll abgewandelt werden, um das Energiespar-Potenzial von FU aufzuzeigen. Annahme: bedingt durch die Anbaupläne sind zu einem Zeitpunkt die beiden oben erwähnten Beregnungsmaschinen im Einsatz ($2 \times 55 \text{ m}^3/\text{h}$, 130 m ,

82%), was in Ordnung ist. Zu einem anderen Zeitpunkt fallen Flächen aus der Beregnung heraus und es ist nur eine Maschine mit $55 \text{ m}^3/\text{h}$ im Einsatz. Hier käme zu dem schlechten Wirkungsgrad von 65% ein Drucküberschuss von $2,6 \text{ bar}$ hinzu, der ggf. mit einem Schieber abgebaut wird. In solchen Situationen sollte der Einsatz von Frequenzumformern in Betracht gezogen werden. Die Pumpe würde keinen Drucküberschuss produzieren und im Bereich des besten Wirkungsgrades arbeiten.

Weitere Energiefresser

Pumpenkabel können je nach Einbautiefe einen hohen Anteil am Pumpenpreis ausmachen. Wurde hier gespart, kann es zu Kabelverlusten von einem bis zu einigen kW kommen. Wurden Steigleitungen in Brunnen zu klein dimensioniert oder wird entgegen der ursprünglichen Auslegung ein höherer Volumenstrom bei weniger Druck entnommen, kann die Fließgeschwindigkeit in den Steigrohren sehr hoch sein. Eine ältere Pumpe mag zum Zeitpunkt des Kaufs einen vor dem damaligen Stand der Technik hohen Wirkungsgrad gehabt haben. Der Wirkungsgrad moderner Pumpen ist jedoch höher. Unter den realen Einsatzbedingungen der Praxis werden Pumpen regelmäßig außerhalb von Betriebsgrenzen betrieben. Hier rückt ein physikalisches Phänomen, die Kavitation, in das Blickfeld. Kavitation verursacht an Pumpenlaufrädern Erosionsschäden, mit der Folge einer Wirkungsgrad-Verschlechterung, bis hin zur Zerstörung der Laufräder. In der Kürze die-

ses Artikels lassen sich unmöglich alle Ansätze umfassend und technisch korrekt beschreiben. Anbetracht explodierender Energiepreise sollten Beregnungslandwirte das Gesamtkonzept ihrer Anlage einer Prüfung unterziehen, besonders dann, wenn Erweiterungen in der Vergangenheit vorgenommen wurden. Das Sparpotenzial könnte groß und die Rendite von Verbesserungsmaßnahmen extrem hoch sein.

Umstellung auf Center Pivots oder Linearmaschinen?

Der Leistungsbedarf für die Wasserförderung verhält sich direkt proportional zum Druck. Eine Halbierung des Drucks bringt eine Halbierung der Energierechnung. Center Pivots arbeiten mit einem Eingangsdruck von $1,8$ bis $2,6 \text{ bar}$. Hieraus folgt eine Senkung der Energiekosten um 50% bis 80% . Gleichzeitig vermindern Center Pivots die Wasserverluste erheblich, haben eine wesentlich bessere Verteilgenauigkeit und weisen einen Arbeitsbedarf von näherungsweise null auf. Bei der Verteilgenauigkeit und hinsichtlich der Wasserverluste durch Abwehung und Verdunstung leisten Center Pivots und Linears einen regelrechten „Quantensprung“. Unter der Bedingung von 20 km/h Windgeschwindigkeit erreichen Trommelmaschinen etwa 60% und Center Pivots 85% bis 88% der theoretischen Verteilgenauigkeit von 100% . Eine derart schlechte Verteilung der Trommelmaschinen von nur 60% muss deutlich messbare Beeinträchtigungen sowohl beim Ertrag als auch bei der Qualität der Feldfrüchte verursachen.

Im Kartoffelbau gibt es Besonderheiten

Kartoffelanbauer, die in den Genuss der von Center Pivots oder Linearmaschinen kommen wollen, müssen einige Besonderheiten beachten. Zunächst sind die Begriffe „beregnungstechnisch erschlossene Fläche“ und „beregnete Fläche“ zu unterscheiden. Baut ein Betrieb jedes Jahr 50 ha Kartoffeln an, dann wäre dieses die beregnete Fläche. Brunnen, Pumpe, Druckrohre und Beregnungsmaschinen wären auf 50 ha auszulegen. Weil Kartoffeln nur jedes vierte Jahr auf derselben Fläche angebaut werden, muss eine Fläche von 200 ha mit den mobilen Beregnungsmaschinen erreicht werden



Linearmaschinen bieten deutliche arbeitswirtschaftliche Vorteile. Die Wirtschaftlichkeit muss in jedem Einzelfall geprüft werden.

Fotos: Claudius Spindel

können; die berechnungstechnisch erschlossene Fläche ist also 200 ha.

In diesem Beispiel wären zwei Trommeln für zusammen 50 ha zu beschaffen, die der vierjährigen Fruchtfolge folgen und 200 ha berechnungstechnisch erschlossene Fläche bedienen. Die überschaubare Investition in zwei Trommeln würde auf 200 ha umgelegt. Für Pivots und Linears liegt hier das Problem. Diese sind zwar auch beweglich, sind aber ortsfest installiert. Spätestens im zweiten Anbaujahr befinden die Kartoffeln sich nicht mehr unter dem Center Pivot, der im zweiten Jahr bspw. nur Getreide berechnet. Für die Fläche im zweiten Jahr wäre ein weiterer Pivot zu beschaffen, im dritten Jahr noch einer und ein weiterer im vierten Jahr. Dadurch wird die Investition in den mobilen Teil der Beregnungsanlage deutlich höher ausfallen als bei Trommeln.

Dieses ist nur eine prinzipielle Beschreibung des Zusammenhangs. Es gibt aber Alternativen. Sind die Flächenverhältnisse dafür geeignet, können Pivots und Linears von einem Acker zum nächsten verzogen werden, die Investition pro Hektar wäre dadurch halbiert. Die technische Ausstattung für das Verziehen ist verfügbar. Entsprechend große Schläge vorausgesetzt, könnte auch ein Teilkreisbetrieb interessant sein. Die Kartoffeln würden also unterhalb einer größeren Maschine von einer Hälfte auf die andere verlegt.

Nachteilig bei Kartoffeln unter Pivots ist, dass die Ecken aufgrund der Kreisgeometrie nicht vollständig erreicht werden. Das bereitet besonders im Qualitätskartoffelanbau Probleme. Die in den Ecken befindlichen Kartoffeln stehen mit

berechneten Kartoffeln in einer Reihe und werden in einem Zug gerodet und geladen. So kommt es zur unliebsamen Vermischung von Partien mit z. B. erhöhtem Schorfbefall mit einwandfreien Partien. Dieses Problem stellt sich bei Trommeln nicht.

Ein Vorteil der Trommel im Kartoffelbau ist die Möglichkeit, im Frühjahr Raps zu beregnen oder Getreide, bevor die Maschinen in den Kartoffeln eingesetzt werden. Das ermöglicht eine vorteilhafte Mischkalkulation, wenn z. B. für die Getreide- oder Rapsberegnung nur die variablen Kosten angesetzt werden. Das wäre ein Beitrag zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Beregnungsanlage. Diese Möglichkeit besteht bei Pivots und Linears grundsätzlich nicht.

Die qualitativen Vorteile der Pivot- oder Linearberegnung von Kartoffeln sind erheblich. Der Niederschlag verteilt sich auf eine wesentlich größere Fläche, als das bei den Trommeln der Fall ist. In der Folge ist die Intensität (mm/h) geringer, was der Schonung der Kartoffeldämme zugute kommt. Der langsamere und feinere Regen erwärmt sich besser, bevor er auf die Blätter trifft. Auch fließt wesentlich weniger Wasser die Dammlanken herunter, das Wasser infiltriert langsamer und gleichmäßiger in die Dämme. Die Wassertropfen sind bei Pivots und Linears wesentlich feiner, die kinetische Energie der Tropfen ist geringer, die Erosionsgefahr an den Dämmen wird vermindert und die Bestände quittieren die Beregnung nicht so schnell mit einer Wachstumspause, wie das bei der „groben Dusche“ einer Trommel passieren kann. <<

■ Fazit

Die qualitativen und arbeitswirtschaftlichen Vorteile einer Pivot- oder Linearberegnung von Kartoffeln sind erheblich. Die Wirtschaftlichkeit einer derartigen Investition muss aber vor der Entscheidung genau und projektbezogen geprüft werden. Hierzu sollten die verfügbaren technischen Optionen anhand von Flächen- und Anbauplänen projektbezogen ermittelt werden. Anschließend sollten für jede Option die Investition, die fixen und die variablen Betriebskosten projektbezogen ermittelt und verglichen werden. Allgemeine Tabellen und Faustzahlen liegen erfahrungsgemäß „meilenweit“ daneben.

■ KONTAKT ■■■

Ingenieurbüro claes rain, Velten

Dipl.-Ing. agr. Peter Claas

Telefon: 03304 202876

info@claes-rain.de

Saelens GmbH
Tropfbewässerungssysteme

Seit über 20 Jahren bewährt
durch Kompetenz und Qualität.



Steigern Sie Qualität und Ertrag
durch eine optimale Bewässerung
Ihrer Kartoffeln mit:

JOHN DEERE
WATER

Kontaktieren Sie uns für weitere Informationen

Saelens GmbH
Rabenbergstr. 23b
63691 Ranstadt

0 60 41 - 822 383
0 60 41 - 822 717

www.saelens.de