

Technologischer Vergleich einer Schlauchtrommelberegnungsanlage und einer geplanten Niederdruckberegnung (Linearsystem)

Beispielrechnung zur Planung von Beregnungssystemen zur
Anpassung an den Klimawandel in der Gemarkung Grabau

Robert Schossow, Imke Mersch



KLIMZUG-NORD

Strategische Anpassungsansätze
zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg

Impressum

Herausgeber

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK)
Bezirksstelle Uelzen
Fachgruppe „Nachhaltige Landnutzung und Ländliche Entwicklung“
Wilhelm-Seedorf-Straße 3
29525 Uelzen

Autoren

Dipl.-Geogr. Robert Schossow
Dipl.-Geogr. Imke Mersch

 Landwirtschaftskammer
Niedersachsen

Mai 2014

Erarbeitet im Rahmen von



Gefördert durch das



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen von KLIMZUG-NORD mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01LR0805M gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	5
2	Aktuelle Berechnung mit Schlauchtrommelberechnungsanlagen.....	7
3	Geplante Niederdruckberechnungsanlage (Linearberechnung)	11
4	Kosten-Nutzen-Analyse.....	14
5	Literaturverzeichnis	18

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1: Derzeitiger Flächenzuschnitt und Beregnungsinfrastruktur (Quelle: Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 2013, Kartographie: eigene Darstellung)	7
Abb. 3-1: Bisherige Agrarstruktur und geplante Linearberegnungsanlagen (Quelle: Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 2013, Kartographie: eigene Darstellung)	11
Abb. 3-2: Flächenzuschnitt nach Umsetzung der Planungen (Quelle: Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 2013, Kartographie: eigene Darstellung)	12

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1: Berechnung der Flächenleistung mittels Schlauchtrommelberegnungsmaschinen.....	9
Tab. 2-2: Erforderliche Hydrantenanzahl bei bestehendem Flächenzuschnitt.....	10
Tab. 3-1: Berechnung der Flächenleistung der Linearberegnungsanlagen.....	13
Tab. 4-1: Systemvergleich.....	14
Tab. 4-2: Druckverluste im Zuleitungssystem der Linearanlage bei verschiedenen Rohrdurchmessern.....	15
Tab. 4-3: Druckverluste im Zuleitungssystem beim STBM-Einsatz (Planbeispiel mit unterschiedlichen Rohrdurchmessern)	16
Tab. 4-4: Betriebskostenvergleich (Druckkosten)	16

1 Einführung

In der Gemarkung Grabau, Gemeinde Suhlendorf, im Osten des Landkreises Uelzen spielt die Feldberegnung bereits heute eine wichtige Rolle. Überwiegend wird mit herkömmlicher Technik, mobilen Trommelberegnungsmaschinen mit Regnerkanonen, beregnet. Zusätzlich ist derzeit eine Kreisberegnungsanlage in Betrieb, die einen Dreiviertelkreis abdeckt. Seitens der Landwirtschaft im Untersuchungsraum wird der vermehrte Einsatz innovativer Beregnungssysteme (Linear- und Kreisberegnungsanlagen) angestrebt.

Kreis- und Linearberegnungsanlagen bieten verschiedene Vorteile. Zunächst kann das Wasser deutlich genauer und auch in kleineren Mengen ausgebracht werden. Verluste durch Verdunstung von der Pflanzenoberfläche und Abdrift werden vermieden. Bei großen Bodenunterschieden ist auch eine teilflächenspezifische Beregnung denkbar, bei der jede Düse gesondert angesteuert wird und nur die Wassermenge ausbringt, die vorher anhand von Bodenanalysen definiert wurde. Im Hinblick auf den Klimawandel ist dieser effiziente Wassereinsatz unverzichtbar. Neben der Ertrags- und Qualitätssicherung kann so mit der gleichen Menge Wasser mehr Ernteprodukt erzeugt werden.

Neben dem effizienteren Wassereinsatz ermöglicht die Technik durch Niederdruck einen geringeren Energieverbrauch. Auch Arbeitszeit kann durch das weitgehend automatisierte Verfahren eingespart werden. Darüber hinaus ist die Technik nicht nur für die Ausbringung von Beregnungswasser geeignet, auch andere Stoffe, wie beispielsweise Flüssigdünger, lassen sich damit gleichmäßig verteilen.

Problematisch ist, dass die Großberegnungstechnik nur sinnvoll bei Schlägen ab 25-30 ha eingesetzt werden kann, die möglichst quadratische bzw. rechteckige Zuschnitte aufweisen. Die heutige Agrarstruktur gibt diese Voraussetzungen oft nicht her. Das gilt auch für die Gemarkung Grabau. Um hier Großberegnungsanlagen installieren zu können, wäre eine Zusammenlegung von Flächen, die Änderung von Flächenzuschnitten und die Entfernung von Wegen und Waldflächen bzw. Gehölzgruppen nötig. Dafür müsste eine Flurbereinigungsverfahren durchgeführt werden.

Aus Sicht des Naturschutzes werden Änderungen der Agrarstruktur negativ bewertet, da sie oftmals mit dem Entfernen von Baumreihen oder Gebüsch einhergehen und so zu strukturärmeren Landschaften führen können. Daher bedarf es einer integrierten Planung, die sowohl die Interessen der Landwirtschaft als auch des Naturschutzes berücksichtigt.

Im Rahmen des Projektes KLIMZUG-NORD wurde im Raum „Obere Wipperau“, zu dem auch die Gemarkung Grabau gehört, solch ein integrativer Planungsansatz entwickelt und erprobt. Akteure aller Interessensgruppen saßen dabei an einem Tisch und erarbeiteten gemeinsam ein Konzept, das die Belange aller berücksichtigt, Probleme aufzeigt und die Entwicklung von Kompromissen ermöglicht. Das Ergebnis ist der „Dynamische Kulturlandschaftsplan Obere Wipperau“. Begleitet wurden die Arbeitsschritte vom eigens zu diesem Zweck gegründeten „Kulturlandschaftsverband Obere Wipperau“, einem Zusammenschluss von Stakeholdern nach Wasserverbandsrecht (Verwaltung, Beregnungsverbände, Wasser- und Bodenverband, Gewässer- und Landschaftspflegeverband, Naturschutzverbände, Jägerschaft, Jagd- und Fischereigenossenschaften, Bauernverband).

Im Rahmen des Kulturlandschaftsplans wurden mit den Landwirten Planungen für Linear- und Kreisberegnungsanlagen sowie kombinierte Systeme entwickelt. Basierend auf einer Teilplanung sowie der „Planung von Beregnungssystemen zur Anpassung an den

Klimawandel – Konzept zur ökonomischen und ökologischen Bewertung verschiedener Berechnungssysteme“ (VON HAAREN et al. 2014) soll hier beispielhaft für die Gemarkung Grabau eine Kalkulation vorgenommen werden. Dabei wird in einer Kosten-Nutzen-Analyse verglichen, wie sich die Umstellung von Trommelberegnung auf zwei Linearberegnungsanlagen ökonomisch auswirkt.

Bei dieser Kalkulation handelt es sich um eine theoretische Betrachtung auf Basis ökonomischer Überlegungen. Mögliche Konflikte, die durch die Änderungen der Agrarstruktur beispielsweise mit dem Naturschutz entstehen könnten, bleiben hier genauso unberücksichtigt wie Unwägbarkeiten in einem potenziellen Flurbereinigungsverfahren. Dazu wird auf den naturschutzfachlichen Teil des Dynamischen Kulturlandschaftsplans „Obere Wipperau“ verwiesen (WELLMANN et al. 2012). Hintergrundinformationen zum Thema Beregnung, zu Kalkulationsansätzen und weiteren Details enthält das bereits genannte Konzept (VON HAAREN et al. 2014).

2 Aktuelle Beregnung mit Schlauchtrommelberegnungsanlagen

Die landwirtschaftlich genutzten Flächen des Raumes „Obere Wipperau“ werden derzeit fast flächendeckend beregnet. Ausgenommen davon ist nur das Grünland sowie einige Ackerflächen, beispielsweise mit geringer Flächengröße und ungünstigen Zuschnitten. Derzeit bestehen bereits vier Kreisberegnungsanlagen.

In der Gemarkung Grabau sind im Rahmen des „Kulturlandschaftsplanes Obere Wipperau“ im Anschluss an die Ortschaft Grabau im Südosten zwei Linearberegnungsanlagen geplant worden. Diese sollen die herkömmliche Beregnung von acht Feldblöcken (163 ha Ackerfläche) mit Schlauchtrommelberegnungsmaschinen (STBM) ersetzen. Dazu ist eine Zusammenlegung der Flächen im Rahmen eines Flurbereinigungsverfahrens nötig.

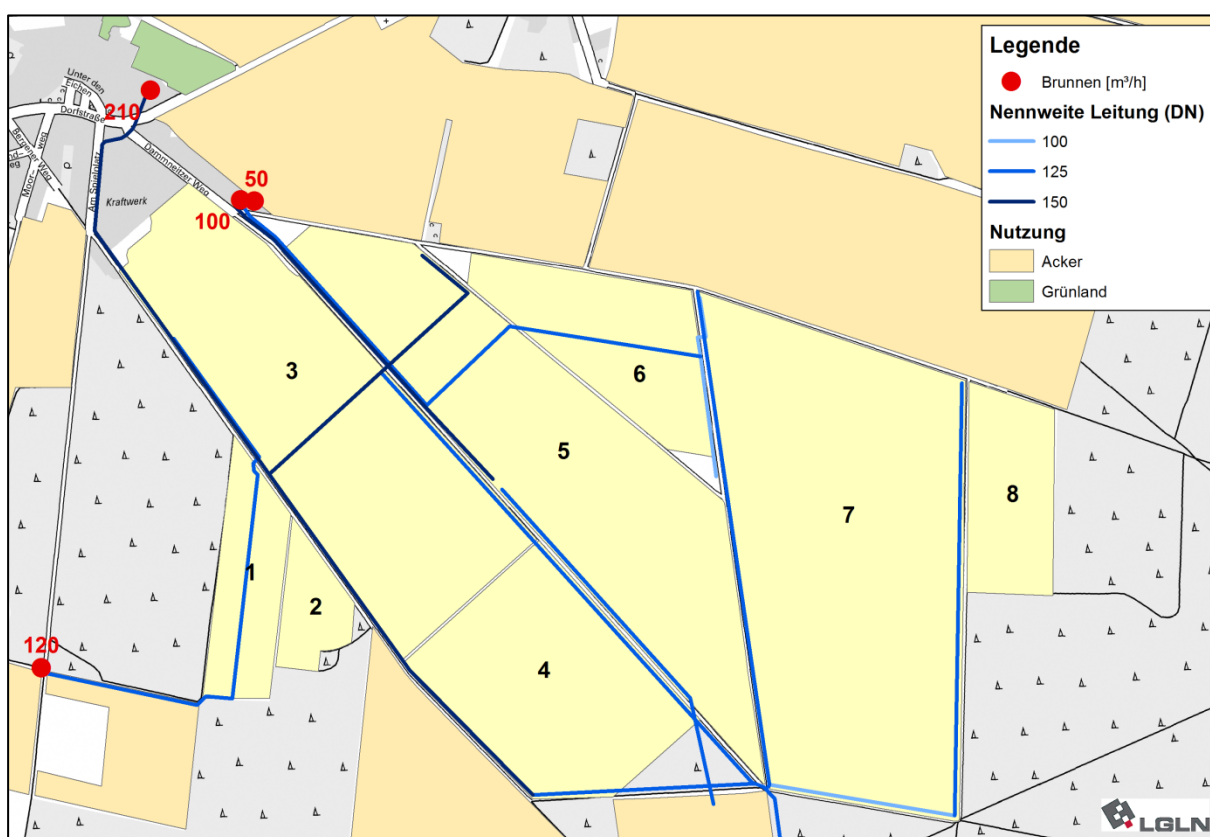


Abb. 2-1: Derzeitiger Flächenzuschnitt und Beregnungsinfrastruktur (Quelle: Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 2013, Kartographie: eigene Darstellung)

Für das Kalkulationsbeispiel wird angenommen, dass die Bewirtschaftung der Flächen durch einen Betrieb erfolgt, der über die entsprechende Infrastruktur verfügt, um alle acht Flächen unter Beregnung zu bewirtschaften. Die Größe der einzelnen Flächen variiert ebenso, wie der Zuschnitt und die Bearbeitungsrichtung (Tab. 2-2). Diese Faktoren beeinflussen zusammen mit der vorhandenen Infrastruktur wie viele Beregnungsmaschinen benötigt werden und wie oft diese umgesetzt werden müssen.

Der Wasserbedarf bei einer durchschnittlichen Verdunstung unter mitteleuropäischen Verhältnissen, wird für Berechnungsanlagen meistens zwischen 3,5 mm/d und 5,5 mm/d kalkuliert. Bei ackerbaulichen Kulturen wird für Trockenperioden eine Bedarfsabdeckung von 80 % Wasserversorgung angestrebt. Bei einigen Gemüsekulturen ist ein höherer Bedarf aus Sicht der Qualität und Quantität erforderlich. In der folgenden Berechnung soll eine Verdunstung von 4,5 mm angenommen werden. Um 163 ha mit einer 25 mm Gabe zu versehen, werden 40.750 m³ Wasser benötigt. Eine 25 mm Wassergabe ist bei einer täglichen Verdunstung von 4,5 mm nach 5,5 Tagen (Berechnungsturnus) verbraucht. Hieraus resultiert ein täglicher Wasserbedarf von ca. 7.409 m³ bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 1, d.h., dass alle Kulturen zur gleichen Zeit beregnet werden können. Da sich der Gleichzeitigkeitsfaktor für den Wasserbedarf aus der Fruchtfolge ergibt, die in diesem Beispiel nicht definiert ist, wird angenommen dass der max. Bedarfsfall mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,8 eintritt, d.h. 80 % der Berechnungsfläche sollte gleichzeitig beregnet werden können. Die Berechnungsmaschine sollte dann wieder am Ausgangspunkt für den nächsten Turnus einsatzbereit sein. Somit ergibt sich für jede Maschine eine bestimmte Flächenzuordnung.

Zur Wasserbereitstellung sind der Fläche vier Brunnen zugeordnet (Abb. 2-1). Brunnen 1 verfügt über ein Fördervolumen von 210 m³/h, Brunnen 2 über 120 m³/h. Zwei weitere Brunnen, die in eine Leitung einspeisen, haben ein Volumen von 100 m³/h bzw. 50 m³/h. Die Gesamtfördermenge entspricht somit etwa 480 m³/h. Die Anlage ist so konzipiert, dass weitere im Verband befindliche Brunnen über Streckenschieber das Leitungsnetz versorgen könnten.

Anzustreben ist immer ein möglichst bedarfsgerechter Druck für die jeweils angewandten Verteiler. Da im gegenwärtigen Betrieb der Anlage Schlauchtrommelberechnungsmaschinen mit Regnerkanonen zum Einsatz kommen, ist zur Erreichung einer ausreichenden Arbeitsbreite am Regner ein Eingangsdruck von ca. 7-8 bar an der Maschine erforderlich. Der zur Flächenleistung erforderliche Volumendurchfluss wird über den Düsendurchmesser, Druck und Einzugsgeschwindigkeit reguliert und ist beim jeweiligen Maschinenmodell zu ermitteln/entnehmen. Zur Bereitstellung des Druckes muss eine ausreichend dimensionierte Pumpe vorhanden sein. Die Leistung der Pumpe muss die Widerstände und damit Druckverluste des Leitungssystems (Brunnensteigleitung, Rohrleitungen, Formstücke, Ventile etc.) überwinden und an der Maschine immer noch 7-8 bar zur Verfügung stellen. Beim Einsatz mehrerer STBM kommt es häufig zu rohrschädigenden Druckschwankungen im System, welche nur durch einen leistungsangepassten Betrieb mit einer Frequenzsteuerung (Drehzahlregelung) vermieden werden können. Ein Sanftanlauf der Pumpe federt Spitzenlasten ab und erreicht dadurch eine Kostensenkung bei der Energie.

Zur Flächenerschließung liegt ein Verästelungsnetz vor (teilw. Ringleitung). Die Rohrdimensionierungen setzen sich aus DN 100, DN 125 und DN 150 Rohren zusammen. Die Dimensionierung sollte dem max. Volumendurchfluss angepasst sein (dieser Zustand beschreibt den Extremfall; in der Praxis wird in größeren Berechnungsverbänden fruchtfolgebedingt ein niedrigerer Gleichzeitigkeitsfaktor erreicht). Der Widerstand im Rohrleitungssystem steigt im Quadrat mit jedem zusätzlichen bar Drucks. Berücksichtigt werden muss auch die Länge des Rohrleitungssystems. Im Idealfall (v.a. bei ortsfesten Anlagen) befindet sich der Wasserabnehmer nahe am Brunnen. Besonders durch wechselnde Aufstellungsorte der STBM zur Brunnenentfernung ist der Druckverlust schwankend. Ein weiteres Problem stellt die ungleiche Lastverteilung durch die schwankende Anzahl der gleichzeitig eingesetzten Maschinen dar, wie auch die Häufigkeit des An- und Abschaltens der Maschinen (bedingt durch Umstellaufwand). Bsp.: im

Betriebsfall mit dem Einsatz einer kleinen STBM werden ca. 36 m³/h Wasser abgerufen, im Extremfall können ca. sieben Maschinen mit rund 272 m³/h angeschlossen sein.

Momentan kommen Schlauchtrommelberegnungsmaschinen zum Einsatz. Da die maximale Länge in Bearbeitungsrichtung der acht Feldblöcke stark variiert (von 312-565 m) und die Maschinen mit den kleinen Flächen nicht ausgelastet sind, wird eine Nutzung auf anderen Flächen angenommen. Auf 66,92 ha ist die Länge in Bearbeitungsrichtung bis 400 m. Kalkuliert wird mit der Flächenleistung einer 400/100 STBM, während für die anderen Flächen (95,92 ha) bis 550 m Länge eine durchschnittliche STBM mit 550/110 angenommen wird. Für einen besseren Vergleich der beiden Systeme wird eine Gesamtfläche von 150 ha wie bei der geplanten Linearregneranlage angenommen.

Tab. 2-1: Berechnung der Flächenleistung mittels Schlauchtrommelberegnungsmaschinen

Berechnungsgrundlage	kleine STBM (400/100)	große STBM (550/110)
Annahmen		
Verdunstung/Zusatzwasser pro Tag [mm/d]	4,5	4,5
Gabenhöhe pro Turnus [mm]	25	25
Beregnungsturnus [d]	5,5	5,5
Gleichzeitigkeitsfaktor (Gf)	0,8	0,8
jährlich berechnete Gesamtfläche wird auf 150 ha bezogen (Gf=1)	60,42	89,42
Technische Daten		
effektive Beregnungsbreite [m]	72	72
maximale Beregnungsfeldlänge [m]	400	550
Flächenleistung pro Maschine und Aufstellung [m ²]	28.800	39.600
tägliche Einsatzzeit (ohne Umsetzen) [h]	20	20
Wassermenge pro 20 h/d [m ³]	720	990
Wassermenge pro h [m ³]	36	49,5
Volumendurchfluss [m ³ /h]	36	49,5
Flächenzuordnung pro Turnus [ha]	15,8	21,8
berechnete Fläche pro Jahr, angepasst an 150 ha Linearregnerplanung [ha]	60,42	89,42
Fläche bei Gleichzeitigkeitsfaktor 0,8 [ha]	48,3	71,5
Wasserbedarf/Turnus [m ³]	12.075	17.875
Wasserbedarf/Tag [m ³ /d]	2.195,5	3.250
Volumendurchfluss/Wassermenge pro Stunde (Bezug 20 h/d) [m ³ /h]	109,8	162,5
erforderliche Pumpkapazität +10 % Zuschlag [m ³ /h]	120,78	178,75
Arbeitskraftbedarf		
pro Aufstellung [h]	0,75	0,75
pro Turnus [h]	4,1	4,1
Berechnung Mindestanzahl STBM		
Anzahl kleiner STBM für rd. 48,3 ha	3	
Anzahl großer STBM für rd. 71,5 ha		4 (exakt 3,3)

Es werden insges. rund sieben STBM benötigt, um im vorgegebenen Turnus die gleichzeitig zu beregnende Fläche von rund 120 ha zu beregnen (Tab. 2-1).

Die durchschnittliche Arbeitsbreite einer STBM mit Regnerkanone kann mit 72 m veranschlagt werden. Die Anzahl der Hydrantenanschlüsse berechnet sich aus der Breite der Schläge (quer zur Bearbeitungsrichtung) geteilt durch 72 m Arbeitsbreite. Insgesamt werden mindestens 69 Hydranten zur Flächenerschließung benötigt.

Tab. 2-2: Erforderliche Hydrantenanzahl bei bestehendem Flächenzuschnitt

Flächen-Nr.	max. Breite [m]	kalk. Anzahl Hydranten bei 72 m Arbeitsbreite	max. Länge in Bearbeitungsrichtung [m]	Fläche [ha]	Bearbeitungsrichtung
1	148	2	565	6,68	N-S
2	504	7	387	3,24	N-S
3	1.529	21	340	33,69	SW-NO
4	1.054	15	387	18,66	SW-NO
5	189	3	448	34,58	SW-NO
6	152	2	312	11,33	W-O
7	347	5	473	47,24	W-O
8	1.007	14	549	7,60	N-S
gesamt		69		163,03	

3 Geplante Niederdruckberegnungsanlage (Linearberegnung)

Auf den betrachteten 168 ha ist die Installation von zwei Linearberegnungsanlagen geplant. Anlage 1 hat eine Länge von 1.750 m und eine Breite von 385 m, auf der Nordseite weist sie einen Endregner auf. So kann eine Fläche von ca. 70 ha beregnet werden. Anlage 2 liegt südlich davon, mit einer Länge von 1.570 m sowie einer Breite von 465 m ist die Beregnung von etwa 73 ha möglich (Abb. 3-1). Für die Beispielrechnung wird mit einer Gesamtfläche von 150 ha kalkuliert.

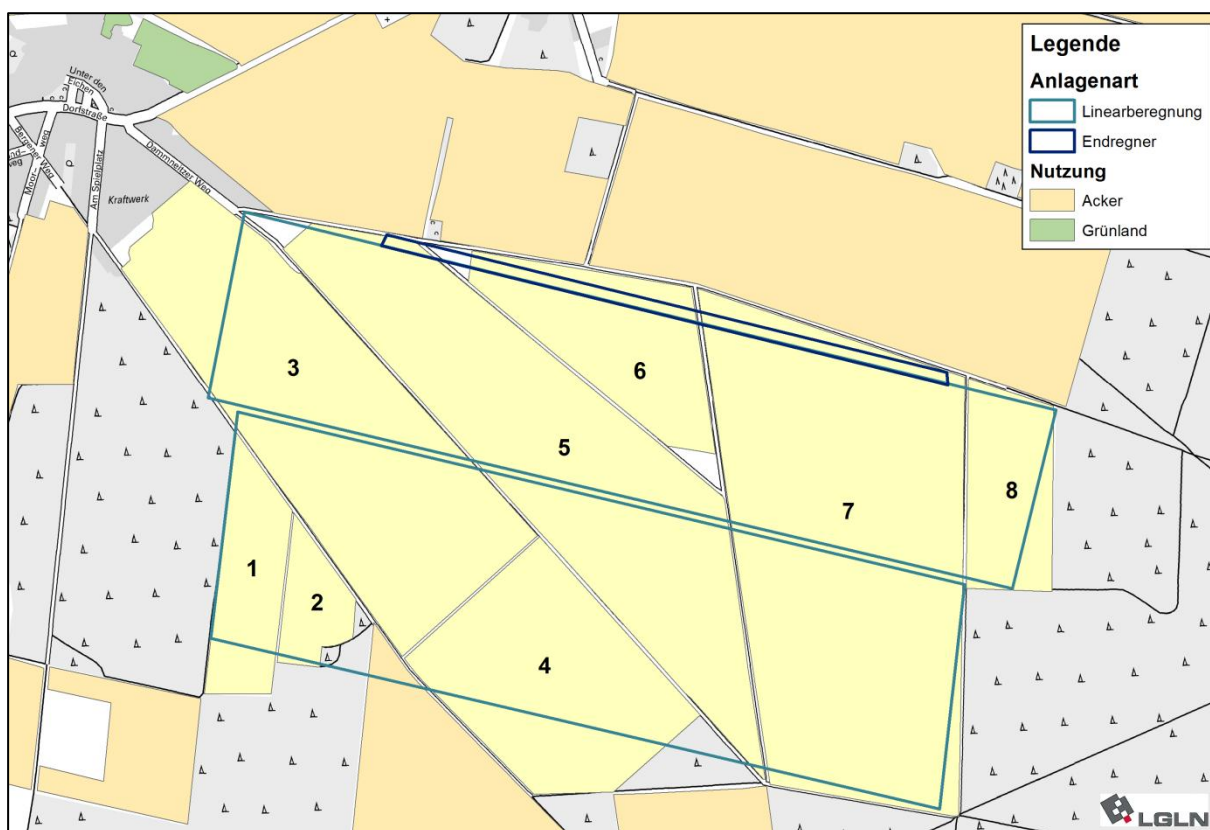


Abb. 3-1: Bisherige Agrarstruktur und geplante Linearberegnungsanlagen (Quelle: Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 2013, Kartographie: eigene Darstellung)

Durch die Planungen wird die Agrarstruktur erheblich verändert, aus den acht ursprünglichen Feldblöcken werden zwei große Flächen mit je einer Linearberegnungsanlage, die in West-Ost-Richtung läuft (Abb. 3-2), hell- und dunkelblaue Flächen). Die Flächen können in der Praxis in mehrere Schläge unterteilt werden, die Bewirtschaftung erfolgt in Nord-Süd-Richtung. Die tatsächliche Anbaufläche ist davon abhängig, ob beispielsweise Gebüsch- oder Heckenstrukturen, die durchfahren werden können, quer zur Anlage als Strukturelemente angelegt werden.

Unter den geplanten Anlagen liegen 6,68 ha vorher nicht landwirtschaftlich genutzter Flächen wie Wege und Baumreihen (dunkelblaue Flächen) sowie ein Teil einer angrenzenden Ackerfläche (0,63 ha, östlich der ursprünglichen Fläche 2). Rund um die Anlagen verbleiben 21,74 ha landwirtschaftlich genutzter Restflächen, die aufgrund ihrer

Größe und/ oder ihres Zuschnitts künftig nicht oder nur noch teilweise (evtl. 6,10 ha westlich von Fläche 3 sowie 5,05 ha südlich von Fläche 4) beregnet werden können (graue Flächen).

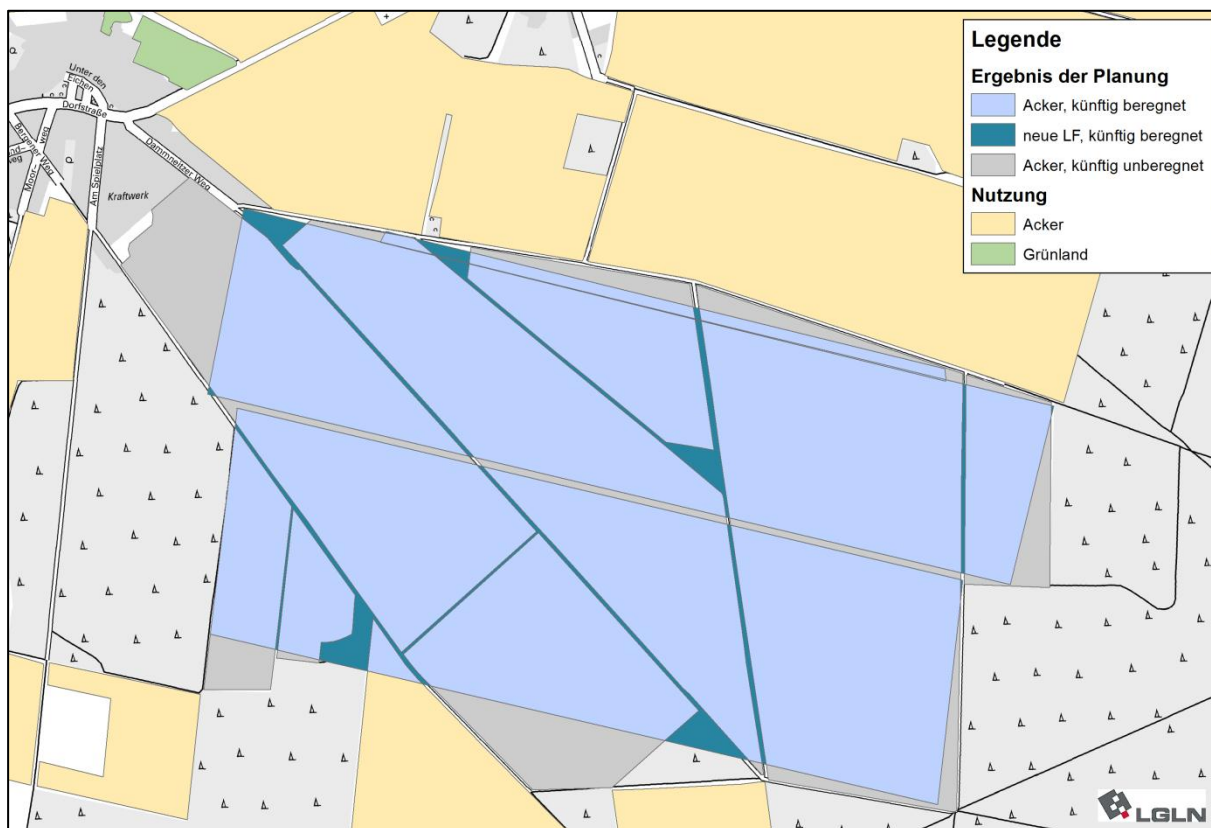


Abb. 3-2: Flächenzuschnitt nach Umsetzung der Planungen (Quelle: Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 2013, Kartographie: eigene Darstellung)

Um die Kulturen bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,8 mit 25 mm Wasser zu versorgen, werden 5.456 m³ Wasser pro Tag und ca. 30.000 m³ pro Turnus benötigt.

Zur Bereitstellung des Wassers müssen die Pumpen über einen maximalen Volumenstrom (inkl. 10 % Sicherheitszuschlag) von ca. 272 m³/h verfügen. Der Druckaufwand für die Linearregner ist systembedingt niedriger und liegt bei etwa 3-4 bar Eingangsdruck am Hydranten.

Parallel zu den Linearregnern muss eine Hydrantentrasse zur Wasserversorgung gelegt werden. Da beide Regner parallel laufen, wurde eine Ringleitung mit DN 150 geplant. Der Hydrantenabstand ergibt sich aus der doppelten Schleppschlauchlänge (im Beispiel 300 m). Hieraus resultieren einige Fragen: Müssen neue Leitungen, abgesehen von der geplanten zentralen Trasse, verlegt werden oder reichen die bestehenden Leitungen aus? Müssen evtl. Parallelleitungen zur Minderung der Druckverluste verlegt werden? Im Folgenden sollen die Druckverluste mit unterschiedlichen Rohrdurchmessern errechnet und ein Planbeispiel durchgeführt werden.

Tab. 3-1: Berechnung der Flächenleistung der Linearberegnungsanlagen

Berechnungsgrundlage	Anlage 1	Anlage 2
Annahmen		
Verdunstung/Zusatzwasser pro Tag [mm/d]	4,5	4,5
Gabenhöhe pro Turnus [mm]	25	25
Beregnungsturnus [d]	5,5	5,5
Gleichzeitigkeitsfaktor (Gf)	0,8	0,8
Technische Daten		
Systemlänge [m]	380	504
Länge der Anlage [m]	1.750	1.570
jährlich zu beregnende Fläche [ha]	70	80
bei Gleichzeitigkeitsfaktor 0,8 bzw. Beregnungsfläche im Turnus [ha]	56	64
tägliche Einsatzzeit [h]	22	22
Wasserbedarf pro Tag [m ³ /d]	2.552	2.904
Volumendurchfluss/Wassermenge pro Stunde (Bezug 22 h) [m ³]	116	132
erforderliche Pumpkapazität +10 % Zuschlag [m ³ /h]	127,6	145,2
Flächenleistung ohne Umkoppeln [ha]	10,18	11,60
erforderliche Anzahl Hydranten	6	6
Kupplungsschlauch 5" [m]	150	150
Arbeitskraftbedarf		
Umkoppeln, Betanken etc. [h]	0,75	0,75
pro Turnus [h]	4*0,75=3	4*0,75=3
Arbeitskraftbedarf pro Hektar [h]	0,054	0,047

4 Kosten-Nutzen-Analyse

Für einen direkten Vergleich beider Systeme sind einigen Annahmen nötig. Gegenwärtig befinden sich acht Feldblöcke in der Gemarkung, welche vermutlich mit unterschiedlichen Fruchtfolgen bewirtschaftet werden und somit auch einen unterschiedlichen Bedarf an Wasser haben. Der Gleichzeitigkeitsfaktor wird mit 0,8 angenommen. Bei der Umgestaltung der Flächen für den Linearbetrieb wäre auch eine Angleichung der Kulturen auf der Fläche sinnvoll. Um den Betriebsablauf der Maschine besser gestalten zu können, sollte die Rollfläche in einer Kultur ca. dem doppelten der Systemlänge entsprechen. So bietet es sich an, die Gesamtfläche mit zwei Kulturen zu versehen, deren Beregnungsbedarf sich in der Saison nicht überschneidet. Für den Vergleich wird bei beiden Beregnungssystemen eine erschlossene Beregnungsfläche von 150 ha veranschlagt, wobei hier wiederum der Gleichzeitigkeitsfaktor 0,8 zum Tragen kommt und somit eine Fläche von 120 ha „gleichzeitig“ bzw. im Turnus beregnet wird.

Tab. 4-1: Systemvergleich

Berechnungsgrundlage	STBM	Linearberegnung
Annahmen		
Verdunstung/Zusatzwasser pro Tag [mm/d]	4,5	4,5
Gabenhöhe pro Turnus [mm]	25	25
Beregnungsturnus [d]	5,5	5,5
Gleichzeitigkeitsfaktor (Gf)	0,8	0,8
jährlich zu beregnende Fläche [ha]	150	150
unter Beregnung stehende Fläche/Turnus [ha]	120	120
Technische Daten		
Anzahl eingesetzter Maschinen	7 (genau 6,3)	2
Flächenleistung pro Tag [ha/d]	21,46	21,78
tägliche Einsatzzeit [h]	20	22
Wasserbedarf pro Tag [m ³ /d]	5.427	5.456
Volumendurchfluss/Wassermenge pro Stunde (Bezug 20 h STBM und 22 h Linear) [m ³]	272,3	248
erforderliche Pumpkapazität +10 % Zuschlag [m ³ /h]	299,5	272,8
erforderliche Anzahl Hydranten	69	12
Kupplungsschlauch 5" [m]	ca. 5	150
Arbeitskraftbedarf		
Umkoppeln, Betanken etc. AK-Aufwand pro Maschine [h]	0,75	0,75
Arbeitsaufwand pro Maschine und Turnus [h]	5,5*0,75=4,1	4*0,75=3,0
Arbeitsaufwand Summe der betriebenen Maschinen (Turnus) [h]	6,3*4,1=25,83	8*0,75=6,0
Arbeitsaufwand in Bezug auf 150ha mit 25mm Gabe	31,53	10*0,75=7,5
Gesamtarbeitsjahresaufwand in Bezug auf 150 ha á vier Gaben	126,12	30
AK/ha pro Jahr [h/ha/ha]	0,84	0,2

Wie man Tab. 4-1 entnehmen kann, beträgt der jährliche Arbeitsaufwand für den Betrieb einer Linearanlage etwa ein Viertel von dem des Betriebs der Schlauchtrommelberechnungsmaschinen. Durch die systembedingte längere Betriebszeit der Linearmaschinen von 22 h/d anstatt 20 h/d sinkt der Volumendurchfluss pro Stunde von 272,3 m³/h auf 248 m³/h. Das hat direkten Einfluss auf die Fließgeschwindigkeiten im Rohrleitungssystem und vermindert den Pumpaufwand. Qualitative Vorteile liegen in der geringeren Berechnungsintensität bei den Linearregnern d.h. auch bei höheren Wassergaben ist eine ausreichende Infiltration des Wassers gewährleistet.

Tab. 4-2: Druckverluste im Zuleitungssystem der Linearanlage bei verschiedenen Rohrdurchmessern

	m ³ /h Vol.- durch- fluss	Gf	Durch- messer DN	Bere- genbare Fläche [h]	Rohr- länge [m]	Druck- verlust [bar]	Anlage 1	Anlage 2
Pumpe Anlage 1 max. 160 m³/h								
	145	1	160	70	430	0,86		
	116	0,8	160	56	430	0,57	0,57	
Pumpe Anlage 2 max. 180 m³/h								
	165	1	160	80	1270	3,25		
	132	0,8	160	64	1.270	2,14		
	132	0,8	180	64	1.270	1,19		
	132	0,8	200	64	1.270	0,71		0,71
Ringleitung	310	1	250	150	3.020	2,76		
	248	0,8	250	120	3.020	1,82	1,82	1,82
	248	0,8	225	120	3.020	3,06		
	248	0,8	200	120	3.020	5,49		
Kupplungs- schlauch 150 m, 5"								
Anlage 1	116	0,8	125	56	150	0,68	0,68	
Anlage 2	132	0,8	125	64	150	0,87		0,87
Eingangsdruck Linear						3,5		
Druckverlust Linear	max. 132		160		max. 450	>1,0	1	1
Druckverlust im Zuleitungs- system							4,07	4,40
Düsendruck						0,7		

Tab. 4-2 zeigt, dass die Druckverluste von 4,07 bar für Anlage 1 und 4,40 bar für Anlage 2 angesichts der langen Rohrleitungen als vertretbar angesehen werden können. Im Falle eines gleichzeitigen Betriebes beider Linearanlagen mit einer Gesamtwasseraufwandsmenge von rund 248 m³/h sind teilweise Rohrdurchmesser von 250 mm angemessen, um den Druckverluste im Rahmen zu halten. Es muss natürlich berücksichtigt werden, dass die zur Beregnung erschlossenen Flächen auch der tatsächlich/gleichzeitig berechneten Fläche entspricht.

Im Falle des Betriebes der STBM in der bestehenden Anlage wird von der Nutzung der gleichen Brunnen mit einer Pumpkapazität von 160 m³/h und 180 m³/h ausgegangen (gegenwärtig können noch weitere Brunnen in das Netz einspeisen mit 50 m³/h sowie 120 m³/h). Begrenzend aus Sicht der Brunnenkapazität wirkt hier nicht die Brunnenleistung sondern das Rohrnetz mit seinen Stärken von DN100-DN150 bei 120 ha gleichzeitig zu beregnender Fläche und ca. 300 m³/h benötigtem Wasserbedarf.

Neben dem Druckverluste im Hauptrohrleitungssystem und der Druckverluste im Regner sind Druckverluste in erster Linie abhängig von der Brunntiefe (Förderhöhe bis Geländeoberkante) und dem Relief des Geländes (Höhenunterschied Brunnenkopf bis Regner).

Tab. 4-3: Druckverluste im Zuleitungssystem beim STBM-Einsatz (Planbeispiel mit unterschiedlichen Rohrdurchmessern)

	m ³ /h Vol- durch- fluss	Gf	Durch- messer DN	Beregen- bare Fläche [ha]	Bereg- nete Fläche [ha]	Rohr- länge [m]	Druck- verlust [bar]
Pumpe max. 160 m³/h							
Fläche 5	62,4	0,8	125	34,58	27,6	1.513	
Fläche 6	20,4	0,8	150+100	11,33	9	1.223+300	
Fläche 7, nördl. Teil	42,6	0,8	150+100	23,5	18,8	1.223+300	
Druckverlust von der Pumpe zu den Verteilern im Verästelnetz	127,4		150			500	1,26
	82,4		125/100			1.223+300	2,89+2,16
	62,4		150/125			770+840	0,44+1,18
							7,93
Pumpe max. 180 m³/h							
Fläche 3	61,2	0,8	150	33,69	27	1.412	
Fläche 1	12	0,8		6,68	5,3		
Fläche 4	33,6	0,8		18,66	14,9		
Fläche 7, südl. Teil	42,6	0,8	125	23,5	18,8	1.005	
Druckverlust	112,72		150			1.300	2,24
	76,2		150			430	0,36
	42,6		125			1.000	0,69
				151,94	121,4		3,29
Pumpe max. 120 m³/h							
Fläche 1, Fläche 3 z.T.	29,68	0,8	125	17,2		1.240	0,44

Betrachtet man lediglich die technologisch bedingten Druckverluste der bestehenden Anlagen mit der Planvariante der Linearregner, so wären unter den angenommenen Bedingungen Einsparungen von rund 10.792 € pro Jahr möglich (Tab. 4-4). Auch der jährliche Arbeitsaufwand für die Linearregneranlage beträgt nur etwa ein Viertel der Zeit, welche für eine STBM-Regneranlage nötig wäre.

Tab. 4-4: Betriebskostenvergleich (Druckkosten)

Betriebskostenvergleich	STBM (hoher Druck)	Linearberechnung (niedriger Druck)

Fördervolumen Q [m ³ /h]	272	248
Förderhöhe bis Geländeoberkante pro Pumpstation [m]*	40	40
Druckverluste Anlage 1 [bar]	7,93	4,07
Druckverluste Anlage 2 [bar]	3,29	4,40
Druckverluste Anlage 3 [bar]	0,44	
erforderlicher Druck an der Maschine [bar]	8	3,5
Förderhöhe gesamt [m]	316,6**	199,7
Wirkungsgrad [%]	70	70
Pumpenleistungsbedarf [KW]	335,0	192,7
Betriebsstunden pro Jahr (Ø 100 mm/a) [h]	440	485
Leistungsbedarf pro Jahr [KW/h]	147.411,64	93.448,16
Leistungseinsparung pro Jahr [KW/h]		53.963,48
Strompreis pro KW/h [€]	0,2	0,2
Betriebskosten pro Jahr [€]	29.488,32	18.689,63
Betriebskostensparnis [€]		10.792,70

* Förderhöhe bis Geländeoberkante 40 m → 4 bar + Druckverlust in Leitungen + erforderlicher Druck an der Maschine → 8 bar STBM/3,5 bar Linearregner

** 3x120 m (GOK Brunnen) + 79,3 m + 32,9 m + 4,4 m (Druckverlust Anlagen 1, 2 und 3) + 80 m (Druckaufwand für die STBM)

In erster Linie erfolgt Beregnung zur Sicherung von Ertrag und Qualität und damit zur Minderung des Anbaurisikos. Im Idealfall ergibt sich darüber hinaus ein ökonomisches Plus für den Bewirtschafter. Durch den effizienteren Wassereinsatz kann bei gleicher Wassermenge mehr Ertrag pro Flächeneinheit erzeugt werden, darüber hinaus wird durch die Niederdrucktechnik der Energieverbrauch (Strom oder Diesel) reduziert. Durch einen geringeren Arbeitsaufwand kann Arbeitszeit eingespart werden, bei größeren Betrieben steht evtl. sogar eine Arbeitskraft für andere Aufgaben zur Verfügung, die bislang während der Vegetationsperiode vorrangig für die Beregnung eingesetzt wurde.

Flächen unter einer Großberegnungsanlage werden intensiv bewirtschaftet. Die umliegenden Restflächen zu beregnen ist oft nicht wirtschaftlich. Dazu müsste weiterhin die herkömmliche Trommelberegnungstechnik eingesetzt und neben dem Niederdruck- zusätzlich ein Hochdruck-Leitungsnetz vorgehalten werden. Zudem sind die Flächenzerschnitte und -größen oftmals nicht zur Beregnung geeignet. Fraglich ist, ob sich die Bestellung dieser Restflächen lohnt, zumal das Risiko von Ernteaufällen besteht und sowohl Menge als auch Qualität der Ernte gegenüber den beregneten Flächen deutlich abfallen. Diese Flächen könnten daher für den Vertragsnaturschutz zur Verfügung gestellt werden. In enger Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden und Naturschutzverbänden ist dabei zu klären, ob hier extensiv gewirtschaftet wird oder eine völlige Nutzungsaufgabe erfolgt.

Die Restflächen haben eine eher geringe Bedeutung für die Landwirtschaft und sollten gemäß dem Konzept der „Großräumigen Kompensation“ (VON HAAREN & SPINDELNDREHER 2011) bei der Suche nach Ausgleichsflächen für Kompensation und freiwilligen Vertragsnaturschutz zuerst auf ihre Eignung hin geprüft werden. So wird verhindert, dass zu viele unter Beregnung stehende und gut zugeschnittene Ackerflächen mit einer hohen Bedeutung für die Landwirtschaft verbraucht werden.

5 Literaturverzeichnis

VON HAAREN, J. & SPINDELNDREHER, D. (2011): Landwirtschaftliches Konzept einer großräumigen Kompensation von Eingriffen am Beispiel der A 39 in Nordostniedersachsen. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Uelzen.

VON HAAREN, J., VON HAAREN, M. & LÜHR J.C. (2014): Planung von Berechnungssystemen zur Anpassung an den Klimawandel, Konzept zur ökonomischen und ökologischen Bewertung verschiedener Berechnungssysteme, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Uelzen.

WELLMANN, L., LAMPRECHT, H. & LANGE, A. (2012): Dynamischer Kulturlandschaftsplan „Obere Wipperau“ - Naturschutzfachlicher Teil, Lamprecht & Wellmann GbR, Uelzen.