

# Gesamtenergieeinsatz für ausgewählte Beregnungsanlagen des Bezirks Rostock

Dr.-Ing. K. Höhn, KDT/Dipl.-Ing. J. Schrubbe, KDT/Dipl.-Ing. H.-J. Bierhenke, KDT  
Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## Verwendete Formelzeichen

$E_B$	MJ/ha · a	Betriebsenergie
$E_{BA}$	MJ/ha · a	Energie zur Bedienung der Anlage
$E_{el.etr.}$	MJ/ha · a	aufgenommene Elektroenergie
$E_{spez.}$	MJ/mm · ha	spezifischer Elektroenergiebedarf
$E_{Ges.}$	MJ/ha · a	energetische Gesamtaufwendungen
$E_V$	MJ/ha · a	vergegenständlichte Energie
$E_I$	MJ	vergegenständlichte Energie der Anlagenteile
$E_{II}$	MJ/ha · a	Energie zum Verlegen des Druckrohrnetzes
$E_{III}$	MJ/a	Energie zur Instandhaltung
$e_I$	MJ	vergegenständlichte Energie des wiederverwendbaren Materials der Anlagenteile
$e_{III}$	MJ/a	vergegenständlichte Energie des wiederverwendbaren Materials der erneuerten Anlagenteile
$F_B$	ha	Beregnungsfläche
$NND$	a	normative Nutzungsdauer
$i$	mm/a	Niederschlagshöhe je Jahr
$t_E$	h	Einsatzzeit der Beregnungsanlage je Jahr

Tafel 1. Kennzeichnende Parameter der untersuchten Beregnungsanlagen

kennzeichnende Parameter	Ver- und Beregnungsanlagen					
	Greifswald	Farpen	Velgast	Bandelin	Ahrenshagen	
Beregnungsverfahren	–	RR 125/300 Gülle	RR 125/300 Gülle	RR 125/300 Klarwasser	RR 125/300 Klarwasser	„Fregat“
Beregnungsfläche $F_B$ (projektiert)	ha	685	1 565	915	2 400	2 240
Förderleistung	m <sup>3</sup> /h	480	1 250	640	1 800	1 500
Hydromodul	m <sup>3</sup> /h · ha	0,70	0,80	0,70	0,75	0,67
Niederschlagshöhe						
– projektiert	mm/a	70	80	70	75	67
– realisiert	mm/a	45 ... 49	52 ... 56	45 ... 49	48 ... 52	43 ... 47
Länge des Druckrohrnetzes						
gesamt	m	15 045	41 079	25 138	50 400	45 408
davon Stahlrohr	m	387	4 575	406	8 600	14 391
Asbestzement-Rohr	m	11 346	–	1 613	33 500	–
PVC-Rohr	m	3 312	36 504	14 119	8 300	31 017
Anzahl der Beregnungsmaschinen						
„Fregat“	St.	–	–	–	–	13
RR 125/300	St.	20	39	24	20	24
RR 175/600	St.	–	–	–	10	–

## 1. Problemstellung

Die Beregnung als wichtiger Intensivierungs- und Stabilisierungsfaktor der landwirtschaftlichen Produktion erfordert einen wesentlichen Anteil des insgesamt mit 10 Mrd. Mark zugrunde gelegten Grundmittelfonds für Meliorationen in der DDR. Die im nächsten Planjahrfünft und darüber hinaus zu tätigen Rekonstruktionen und Rationalisierungen in den Beregnungsanlagen fordern unter dem Aspekt der sich weltweit verschärfenden Energiesituation eine fundierte Analyse der energetischen Aufwendungen für Her-

stellung, Betrieb und Instandhaltung des technischen Gebildes Beregnungsanlage. Bisherige Betrachtungen konzentrierten sich dabei auf die Ermittlung von energetischen Aufwandskennzahlen für den Betrieb der verschiedenen Beregnungsverfahren [1]. In der Landwirtschaft der DDR werden folgende Verfahren eingesetzt:

- rollbare Regnerleitungen RR 125 bzw. RR 175 als Hauptberegnungsverfahren auf 220 000 bis 250 000 ha
- Kreisberegnungsmaschinen „Fregat“ auf 15 000 ha
- ortsfeste Anlagen „Regnomat“ auf 10 000 ha
- Schlauchberegnungsmaschinen PP 67 auf 8 000 bis 10 000 ha.

Die hohen materiellen Aufwendungen für die Herstellung der Bestandteile einer Beregnungsanlage

- Pumpstation (bestehend aus Kreiselpumpen, Elektromotoren, Steuereinrichtungen, Gebäudehülle u. a.)
- Druckrohrnetz (bestehend aus Rohrleitungen – Stahl, Asbestzement, PVC –, Hydranten u. a.)
- Beregnungseinrichtungen (bestehend aus Regnerleitungen, Fahrwerken, Antriebsmotoren, Steuer- und Regeleinrichtungen, Regnern u. a.)

zwingen zu einer gesamtenergetischen Betrachtungsweise. Neben der Erfassung der energetischen Aufwendungen zum Betrieb der Anlagen in Form solcher Gebrauchsgüterträger wie Elektroenergie, Diesel- und Vergaserkraftstoff ist es also notwendig, die in dem technischen Gebilde Beregnungsanlage festgelegte vergegenständlichte Energie zu ermitteln.

Die Ableitung von Rekonstruktions- und Rationalisierungsvorschlägen mit dem Ziel der Minimierung der gesamtenergetischen Aufwendungen kann sowohl aus volkswirt-

schaftlicher wie auch aus betrieblicher Sicht nur dann erfolgen, wenn Betriebsenergie und vergegenständlichte Energie in gleicher Weise Berücksichtigung finden und auf der Basis einer einheitlichen und vergleichbaren Methodik bestimmt wurden.

## 2. Lösungsweg

Zur Ermittlung des Gesamtenergieeinsatzes wurden 5 Beregnungsanlagen des Bezirks Rostock untersucht. In Tafel 1 sind die kennzeichnenden Parameter der Anlagen zusammengefaßt.

Zur Vergleichbarkeit der Betriebsenergie wurde für alle Anlagen eine Einsatzzeit von  $t_E = 1 000$  h/a festgelegt. In die Analyse gehen ein:

- Ermittlung der Betriebsenergie  $E_B$
- Ermittlung der vergegenständlichten Energie  $E_V$ .

### 2.1. Ermittlung der Betriebsenergie $E_B$

Mit dem Begriff „Betriebsenergie“ im technologischen Prozeß „Beregnung“ wird die zum Betreiben des technischen Gebildes Beregnungsanlage erforderliche Energie der Energieträger Elektroenergie, VK und DK bezeichnet.

Tafel 2. Spezifischer Elektroenergieeinsatz in den untersuchten Anlagen

	$E_{spez.}$ MJ/mm · ha	zur Rechnung benutzter Mittelwert MJ/mm · ha
Greifswald	15,5 ... 21,2	18,0
Farpen	14,4 ... 19,1	16,2
Velgast	14,4 ... 19,1	16,2
Bandelin	14,4 ... 19,1	16,2
Ahrenshagen	13,7 ... 14,8	14,4

Fortsetzung von Seite 513

dann 3 RR mit großer Wasserabnahme (12-mm-Düsen) betreut und die Förderleistung den arbeitswirtschaftlichen Forderungen und dem Bedarf besser angepaßt werden kann.

## Literatur

- [1] Frank, L.; Lieder, F.: Untersuchungen an vollbeweglichen Beregnungsanlagen im Hinblick auf weitere Rationalisierungen. AIS Fürstenwalde, Forschungsbericht 1980.
- [2] Angebot für vollbewegliche Beregnungsanlagen. VEB Ingenieurbüro für Meliorationen Bad Freienwalde, 1972.
- [3] Angebot für einfache Beregnungsverfahren. VEB Ingenieurbüro für Meliorationen Bad Freienwalde, 1978.
- [4] Kappes, R.; Lohmann, F.; Walter, K.: Anwendungsrichtlinie für die Vorbereitung, Gestaltung und den Betrieb einfacher teilbeweglicher Beregnungsanlagen mit RR. FZB Müncheberg, F/E-Bericht 1980.
- [5] Kappes, R.; Vormelchert, H.; Kopplin, M.: Vorbereitung und Betrieb einfacher teilbeweglicher Beregnungsanlagen mit niedrigem Investitionsaufwand. Melioration und Landwirtschaftsbau, Berlin 15 (1981) H. 4, S. 171–174. A2967

## Elektroenergiebedarf

Die Elektroenergie wird zum Antrieb der in den Pumpstationen installierten Elektromotoren-Pumpen-Einheiten benötigt. Zur Ermittlung des tatsächlich benötigten Elektroenergiebedarfs wurde der in den Projektunterlagen ausgewiesene Hydromodul überprüft. Die Dimensionierung der Leistungsparameter der Pumpstation zur Absicherung einer überdurchschnittlichen Zusatzwassergabe bei extremem Witterungsverlauf, die nicht optimale Abstimmung und Einhaltung von Fruchtfolgeplänen in den Beregnungsbetrieben, aber auch die regenreichen Vegetationsperioden der Jahre 1978 bis 1981 führten – selbst bei Berücksichtigung des Trockenjahrs 1982 – dazu, daß in den untersuchten Betrieben durchschnittlich nur 65 bis 70 % des projektierten Hydromoduls genutzt wurden. Auf die projektierte Gesamtberegnungsfläche bezogen, wurde folgende mittlere jährliche Niederschlagshöhe erzielt:

– Greifswald  $i = 47 \text{ mm/a}$   
 – Farpen  $i = 54 \text{ mm/a}$   
 – Velgast  $i = 47 \text{ mm/a}$   
 – Bandelin  $i = 50 \text{ mm/a}$   
 – Ahrenshagen  $i = 45 \text{ mm/a}$ .

Theoretische und experimentelle Untersuchungen ergaben den in Tafel 2 dargestellten spezifischen Elektroenergieeinsatz. Damit kann über die Beziehung

$$E_{\text{elektr.}} = i E_{\text{spez.}} \quad (1)$$

die tatsächlich in den Pumpstationen aufgenommene Elektroenergie ermittelt werden.

## Bedarf an Diesel- und Vergaserkraftstoff

Der Bedarf an Diesel- und Vergaserkraftstoff ist in starkem Maß vom Beregnungsverfahren, von der territorialen Struktur des Beregnungsbetriebs, von der Schlagaufteilung, von der Geländegestaltung, von den angebauten Kulturen u. a. abhängig. Derzeit liegen noch keine gesicherten Angaben zum Verbrauch an flüssigen Kraftstoffen in Beregnungsanlagen vor. Erste Untersuchungen [2] gestatten jedoch mit folgenden Werten in die Energiebilanz einzugehen:

### VK-Verbrauch

- für Vorschübe  $1,2 \text{ l/ha} \cdot \text{a}$
- für technologisch notwendige Fahrten  $1,0 \text{ l/ha} \cdot \text{a}$
- für Leitungstätigkeit, Versorgung, Ersatzteilbereitstellung u. a.  $0,8 \text{ l/ha} \cdot \text{a}$

### DK-Verbrauch

- für Transport, Auf-, Abbau, Ausrichten und Querverzug  $3,0 \text{ l/ha} \cdot \text{a}$ .

Diese Werte wurden in den untersuchten Betrieben zugrunde gelegt und entsprechend dem jeweiligen Beregnungsverfahren berücksichtigt.

## 2.2. Ermittlung der vergegenständlichten Energie $E_V$

In Anlehnung an [3] wird unter dem Begriff „vergegenständlichte“ Energie die in vorgelegten Prozessen und Umwandlungsstufen aufgewendete Energie zur Herstellung eines technischen Gebildes verstanden, die nicht weiter zur Verrichtung technischer Arbeit genutzt werden kann. Die Erfassung des Anteils an vergegenständlichter Energie in Beregnungsanlagen erfolgt über den in Gl. (2) dargestellten mathematischen Zusammenhang:

Tafel 3. Ausgangswerte für die Ermittlung der vergegenständlichten Energie

Nutzungsdauer der Anlagenteile	
Druckrohrnetz	25 Jahre
Beregnungsmaschine „Fregat“	15 Jahre
RR 125/175	10 Jahre
Pumpstation (maschinentechnischer Teil)	15 Jahre
Instandhaltungsaufwand (massebezogen) für den oberirdischen Teil der Anlagen	15 %
Wiederverwendbarkeit (massebezogen) des Materials des oberirdischen Teils der Anlagen	40 %

$$E_V = \frac{1}{F_B} \sum_{j=1}^n (E_{Ij} - e_{Ij}) \frac{1}{NND_j} + E_{II} + (E_{III} - e_{III}) \frac{1}{F_B} \quad (2)$$

Dabei werden die in Gl. (2) zusammengefaßten energetischen Aufwendungen  $E_I$  bis  $E_{III}$  auf die Beregnungsfläche und die jeweilige Nutzungsdauer (vgl. Tafeln 1 und 3) bezogen.

Gleichzeitig wird durch die Größen  $e_I$  und  $e_{III}$  die vergegenständlichte Energie des wiederverwendbaren Materials der Anlagenteile bzw. der ersetzten Anlagenteile berücksichtigt. Die energetischen Aufwendungen für die Instandhaltung  $E_{III}$  werden mit dem in Tafel 3 ausgewiesenen Wert massebezogen berücksichtigt, wobei eigene Untersuchungen und Literaturangaben [4] ähnliche Werte ausweisen.

## 2.3. Ermittlung der Energie zum Bedienen der Anlagen $E_{BA}$

Die Energie zur Bedienung der Anlagen wurde über den AKh-Bedarf, der für RR 125 mit 1,7 AKh/ha · a  
 RR 175 mit 1,0 AKh/ha · a  
 „Fregat“ mit 0,7 AKh/ha · a  
 ausgewiesen wird [5], berechnet.

Die energetischen Gesamtaufwendungen zur Herstellung, Instandhaltung und zum Betrieb der Anlagen ergeben sich somit zu

$$E_{\text{Ges.}} = E_B + E_V + E_{BA} \quad (3)$$

wobei die in Tafel 4 enthaltenen Energieäquivalente verwendet wurden. Die für die Volkswirtschaft der DDR geltenden Aufwendungen fanden soweit als möglich dabei bereits Berücksichtigung [6].

Tafel 4. Energieäquivalente unter Verwendung von DDR- und internationalen Literaturangaben (u. a. [4, 6, 7])

1 kg	Maschine	74,5 MJ
1 kg	Stahlrohr	36,9 MJ
1 kg	Asbestzement-Rohr	14,0 MJ
1 kg	PVC-Rohr	95,0 MJ
1 kg	Vergaserkraftstoff	46,9 MJ
1 kg	Dieselmotorkraftstoff	44,8 MJ
1 kWh	Elektroenergie	11,7 MJ
1 m <sup>2</sup>	umbauter Raum	1 769,0 MJ
1 AKh		2,28 MJ
1 m	Verlegung des Druckrohrnetzes	23,0 MJ

Tafel 5. Gesamtenergetische Aufwendungen (bezogen auf ein Jahr) in den untersuchten Anlagen bei Berücksichtigung der normativen Nutzungsdauer (vgl. Tafel 3)

Anlage	Pumpstation maschinentechnischer Teil	Druckrohrnetz Stahlrohr	Asbestzement-Rohr PVC-Rohr	Formteile	Aufwand für Verlegung des Druckrohrnetzes	Beregnungseinrichtung maschinentechnischer Teil	Betriebsenergie DK + VK	Bedienaufwand	gesamteneregetische Aufwendungen
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	MJ/ha	kg/ha	MJ/ha	AKh/ha	MJ/ha
Greifswald	2,7	1,04	2,2	3,4	209,0	28,4	128,7	2,5	6 288,0
Farpen	2,2	5,50	18,7	3,7	279,0	23,7	120,1	2,0	7 163,7
Velgast	2,8	1,01	8,1	3,9	294,0	30,1	111,5	1,7	6 226,4
Bandelin	1,5	15,08	2,0	3,7	276,0	21,2	111,5	1,4	6 239,6
Ahrenshagen	1,3	16,87	6,9	3,2	237,0	14,7	60,1	1,0	5 643,5

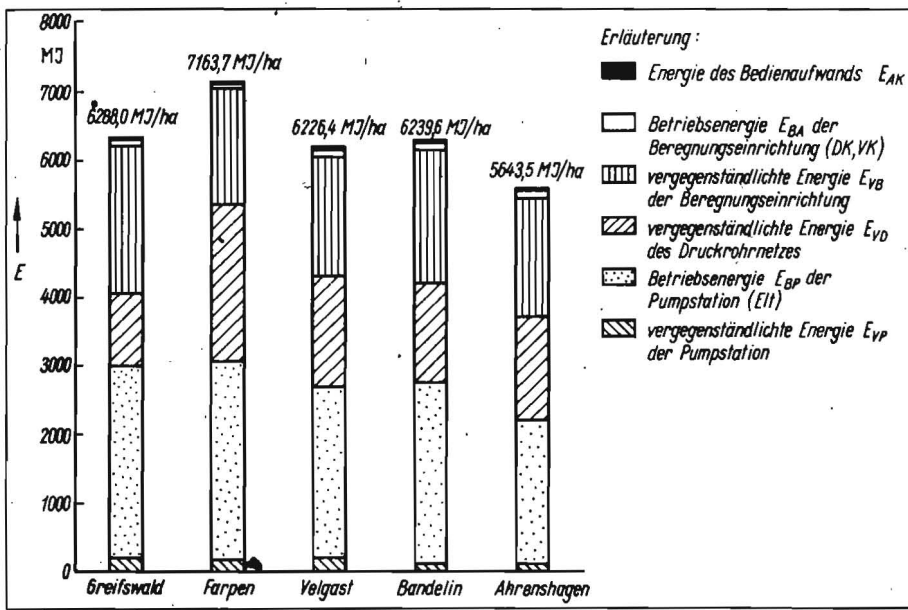


Bild 1. Quantitative Darstellung der energetischen Aufwendung für die Beregnungsanlagen; gemittelte Werte der energetischen Aufwendungen:

- Beregnungseinrichtungen  
 $E_{AK} = 0,06\%$   
 $E_{BA} = 1,7\%$   
 $E_{VD} = 29,7\%$
- Druckrohrnetz  
 $E_{VD} = 25,4\%$
- Pumpstation  
 $E_{BP} = 40,6\%$   
 $E_{VP} = 2,5\%$

### 3. Ergebnisse

In Tafel 5 sind die energetischen Aufwendungen nach ihren Bestandteilen für die einzelnen Betriebe zusammengestellt. Zur Interpretation der ausgewiesenen Größen sei bemerkt, daß der Anteil der Elektroenergie an der Betriebsenergie mit dem Faktor 3,25 in die Betrachtung einfließt. Der hohe Veredelungsgrad der Elektroenergie, der sich darin ausdrückt, daß zur Erzeugung einer Kilowattstunde Elektroenergie in der DDR 11,7 MJ benötigt werden [6], fordert diese Betrachtungsweise. Eine Vernachlässigung des Faktors 3,25, der Ausdruck für den Wirkungsgrad der Kraftwerke auf der Basis Rohbraunkohle ist, führt zu volkswirtschaftlichen Fehlinterpretationen.

Die im Bild 1 dargestellten quantitativen Anteile an den gesamtenergetischen Aufwendungen lassen erkennen, daß besonders der Bedarf an Elektroenergie zum Betreiben der Pumpen mit 40,6 % für die Gesamtaufwendungen bestimmend ist. Die Anteile an vergegenständlichter Energie für das Druckrohrnetz und die Beregnungseinrichtungen liegen mit 25,4 % bzw. 29,7 % in gleichen Größenordnungen und stellen die zweite wesentliche Aufwendung dar. Von untergeordneter Bedeutung unter diesem Aspekt sind die bautechnischen Aufwendungen und der Anteil des Bedienungsaufwands (0,06 %), was Ausdruck für den hohen Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad des technischen Gebildes Beregnungsanlage ist. Bild 1 verdeutlicht gleichzeitig die Ansatzpunkte für Rekonstruktions- und Rationalisierungsmaßnahmen. Vorrangig geht es aus technischer Sicht um die Senkung des Elektroenergiebe-

darfs. Der auf Zusatzwasser und Beregnungsfläche bezogene spezifische Bedarf an Elektroenergie kann durch die Reduzierung der bereits in einer vorangegangenen Veröffentlichung [1] dargestellten Verlustleistungen in allen Bestandteilen einer Beregnungsanlage gesenkt werden. Des weiteren ist der Optimierung des Materialaufwands bzw. der Materialauswahl bei der Gestaltung des Druckrohrnetzes besonderes Augenmerk zu widmen. Eine wesentliche Senkung der Aufwendungen für die Beregnungseinrichtungen ist bei den derzeit eingesetzten technischen Lösungen (RR, „Fregat“, PP 67) schwierig. Über technisch-konstruktive Detaillösungen können geringe Aufwandsenkungen erreicht werden. Perspektivisch zu erwartende völlig neue Lösungen (Niederdruckberegnung) bedürfen noch einer energetischen Analyse.

### 4. Zusammenfassung

Die im Bezirk Rostock durchgeführte Analyse ausgewählter Beregnungsanlagen zeigt, daß mit energetischen Gesamtaufwendungen für Herstellung, Instandhaltung und Betrieb von 6 500 MJ/ha für teilbewegliche Be-

regnungsanlagen zu rechnen ist. Daraus wird deutlich, daß die zu erbringenden energetischen Aufwendungen für die Beregnung sowohl an Betriebsenergie als auch an vergegenständlichter Energie im Rahmen der Produktionsverfahren eines Pflanzenbaubetriebs einen nicht unwesentlichen Anteil darstellen (vgl. [8]).

Inwieweit die ermittelten Werte für das Gesamtgebiet der DDR gelten, ist in weiteren Untersuchungen zu prüfen. Der hohe Grad der Typisierung und Standardisierung bei Beregnungsanlagen (z. B. Typenpumpstationen, Normteile des Druckrohrnetzes u. a. m.) läßt aber in erster Näherung gleiche Werte erwarten.

Schlußfolgernd ist festzustellen, daß für volks- und betriebswirtschaftlich zielgerichtete Rekonstruktions- und Rationalisierungsmaßnahmen sowie für den Neubau von Beregnungsanlagen die energetische Analyse eine wesentliche Voraussetzung für die Senkung des Energie- und Materialeinsatzes darstellt.

### Literatur

- [1] Höhn, K.; Schrubbe, J.: Lokalisierung und Quantifizierung der Energieverluste in Beregnungsanlagen. agrartechnik, Berlin, 31 (1981) 1, S. 22–25.
- [2] Hoffmann, W.: Rationeller Energieeinsatz in der Beregnung. Mellioration und Landwirtschaftsbau, Berlin 6 (1982) 4, S. 170–172.
- [3] Richter, K.: Verwendung der vergegenständlichteten Energie als Bewertungskriterium. Wissenschaftliche Berichte der Ingenieurhochschule Zittau, November 1976, S. 1–18.
- [4] Batty, J. C.; Keller, J.: Energy requirements for irrigation (Energieeinsatz für die Beregnung). Handbook of energy utilization in agriculture. New York: CRC-Press, Inc. 1980, S. 35–42.
- [5] Auerswald, U.; Auerswald, F.: Untersuchungen über den Energieverbrauch verschiedener Beregnungsverfahren und Empfehlungen für die Energieeinsparung. Agraringenieurschule Fürstenwalde, Abschlußarbeit 1980 (unveröffentlicht).
- [6] Abrechnung der Komplexbilanz Energie der DDR 1981. Institut für Energetik/Rationelle Energieanwendung Leipzig 1982.
- [7] Pimentel, D.: Handbook of energy in utilization in agriculture. New York: CRC-Press Inc. 1980.
- [8] Große, W.: Betrachtungen zum Gesamtenergiebedarf in der Getreideproduktion. agrartechnik, Berlin 32 (1982) 7, S. 311–313.

A 3681

### Hinweis für unsere Leser im Ausland

Wir bitten alle Bezieher unserer Zeitschrift außerhalb der DDR, die Erneuerung der Abonnements für das Jahr 1984 rechtzeitig vorzunehmen.

Die Zeitungsvertriebsstellen Ihres Landes finden Sie auf Seite 524.

Redaktion agrartechnik