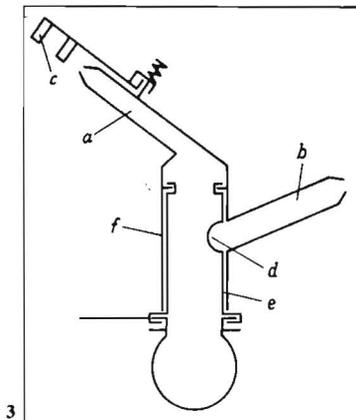


an dem der Antriebsmechanismus c angeordnet ist, die gesamte Kreisfläche beregnet, während das zweite Strahlrohr b nur einen wählbaren Sektor dieser Fläche beregnet.

Dem Strahlrohr b wird durch die seitliche Öffnung d im Schieber e Flüssigkeit zugeführt. Beim Drehen des Hülsrohres f mit Strahlrohr b um den Schieber wird diese Öffnung d je nach Richtung des Strahlrohrs b freigegeben oder geschlossen, so daß das Strahlrohr b nur in eine Richtung arbeitet. Durch die verstellbare Anordnung des Schiebers e läßt sich diese Richtung bestimmen. Bei Fahrtrichtungsänderung der Beregnungsmaschine können die Drehschieber aller Regner der Maschine durch einen Mechanismus um 180° geschwenkt werden;



dadurch wird erreicht, daß die in Fahrtrichtung ausgebrachte Flüssigkeitsmenge größer ist, als die entgegen der Fahrtrichtung verregnete Menge. Diese Regenverteilung entspricht dem Wasseraufnahmevermögen des Bodens besser als eine konstante Niederschlagsintensität.

A 3216

Pat.-Ing. P. Freise, KDT

## Effektiver Einsatz von Energie bei der Produktion, Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung von Kartoffeln

Dr. agr. W. Diedrich/Dipl.-Agr.-Ing. Elke Neubauer/Dipl.-Agr.-Ing. Sylvia Herrmann  
Institut für Kartoffelforschung Groß Lüsewitz der AdL der DDR

Die weltweite Verringerung der Energieresourcen und der damit im Zusammenhang stehende Anstieg ihrer Erschließungskosten erfordern, mit allen vorhandenen Mitteln den rationellen Einsatz von Energie und den Effekt der eingesetzten Energie wesentlich zu erhöhen. In den nachfolgenden Ausführungen wird über die Ergebnisse einer Analyse zum Bedarf an spezifischer und vergegenständlichter Energie und zur Energieeffektivität bei der Produktion, Aufbereitung, Lagerung und Verwertung von Kartoffeln nach Prozeßabschnitten berichtet. Gleichzeitig werden Vorschläge zur Erhöhung der Energieeffektivität unterbreitet.

In die energetischen Berechnungen gingen ein:

- spezifische Energie
  - Elektroenergie 1 kWh  $\triangleq$  3,60 MJ
  - Dieselmotorkraftstoff (DK) 1 l  $\triangleq$  39,42 MJ
  - Braunkohlenbriketts (BB) 1 kg  $\triangleq$  19,70 MJ
  - Heizöl 1 kg  $\triangleq$  42,70 MJ
- vergegenständlichte Energie
  - Stickstoff (N) 1 kg  $\triangleq$  75,00 MJ
  - Kali (K) 1 kg  $\triangleq$  10,00 MJ
  - Phosphor (P) 1 kg  $\triangleq$  25,00 MJ
  - Pflanzenschutzmittel (Wirkstoff) 1 kg  $\triangleq$  90,00 MJ
  - Kartoffeln (Nährstoffenergie) 1 kg  $\triangleq$  3,015 MJ

(Mechanisierungsmittel und lebendige Arbeit wurden nicht berücksichtigt).

### Produktion von Kartoffeln auf dem Feld

Da sich die einzelnen Gebrauchswerte der Kartoffeln hinsichtlich des Bedarfs an Energie bei der Produktion auf dem Feld nur geringfügig unterscheiden, ist dieser am Beispiel der

Tafel 1  
Bedarf an vergegenständlichter und spezifischer Energie für die Produktion von Speisekartoffeln (Feldproduktion) auf den Standorten D2 bis D4 bei einem Ertrag von 200 dt/ha und mittleren Produktionsbedingungen

Prozeßabschnitt	Energiebedarf MJ/ha	MJ/dt
<b>Vorleistungsbereich</b>		
Mineraldünger (NPK)	11 000	55,00
Herbizide zur Unkrautbekämpfung	126	0,63
Herbizide zur Krautabtötung	1 311	6,55
Pflanzenschutzmittel	734	3,67
Wiedereinsatz Pflanzgut	4 794	23,97
<b>Vorleistungsbereich gesamt</b>	<b>17 965</b>	<b>89,82</b>
<b>Feldproduktion</b>		
Düngung	1 611	8,05
Bodenbearbeitung	1 374	6,87
Saatbettbereitung/Bestellung	1 085	5,43
Pflege, Pflanzenschutz, Beregnung	566	2,83
Ernte	2 666	13,33
Oberflächenentsteinung	24	0,12
<b>Feldproduktion gesamt</b>	<b>7 326</b>	<b>36,63</b>
<b>Gesamtbedarf</b>	<b>25 291</b>	<b>126,45</b>

Produktion von Speisekartoffeln in Tafel 1 dargestellt.

Danach hat bei mittleren Produktionsbedingungen der Vorleistungsbereich einen Anteil am Gesamtenergiebedarf von 71 %. In diesem Bereich ist das Kartoffel-Pflanzgut mit etwa 27 % beteiligt und liegt im Vergleich zu allen anderen Fruchtarten sowohl absolut als auch relativ am höchsten.

Der Koeffizient der Energieumsetzung (Quotient aus verfügbarer Nahrungs- bzw. Futterenergie und eingesetzter Energie) liegt bei 2,4.

Einen erheblichen Einfluß auf den DK-Bedarf hat der Beimengungsanteil im Erntegut (Bild 1). Während der DK-Bedarf bei einem Beimengungsanteil (Kluten, Steine) von 10 % 1,41/t Kartoffeln beträgt, steigt er z. B. bei 40 % auf etwa 2,21/t und bei 70 % auf 4,31/t an. Für den Abtransport des Erntegutes zum Lagerort be-

läuft sich demnach der DK-Bedarf bei einer mittleren Transportentfernung von 6 km und einem Beimengungsanteil von 40 % auf 541/ha und bei 70 % auf 1081/ha. Das bedeutet für den gesamten Abschnitt Feldproduktion eine Erhöhung des DK-Bedarfs auf 130 % bzw. 160 % gegenüber einem Beimengungsanteil von 10 % im Erntegut. Beimengungsanteile von 70 % und mehr im Erntegut waren in den Jahren 1980 und 1981 keine Seltenheit.

### Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung von Speisekartoffeln

Der Bedarf an spezifischer Energie für die Lagerung und Vermarktung ist für die Varianten Sofortvermarktung (Frühkartoffeln) und Langzeitlagerung (Juni-Juli-Versorgung) nach Prozeßabschnitten in Tafel 2 dargestellt. Daraus ist erkennbar, daß die Langzeitlagerung gegenüber der Sofortvermarktung, bezogen auf

Tafel 2. Energiebedarf für die Lagerung und Bereitstellung von Speisekartoffeln in ALV-Anlagen (Varianten)

Prozeßabschnitt	Energiebedarf	
	Sofortvermarktung MJ/t <sup>1)</sup>	Langzeitlagerung MJ/t <sup>1)</sup>
Ein- und Auslagerung bzw. Beschickung und Entnahme	—	10,94
Belüften	—	79,21
Annahme und Voraufbereitung	6,96	6,95
Verlesen und Abpacken	30,56	30,56
Beleuchtung	—	13,03
Heizung	—	91,01
Abtransport der Beimengungen	4,93	4,93
<b>Gesamtbedarf</b>	<b>42,45</b>	<b>236,63</b>
davon Elektroenergie	37,52	132,63
Dieselkraftstoff	4,93	12,99
Braunkohlenbriketts	—	91,01

<sup>1)</sup> bezogen auf geerntete bzw. eingelagerte Kartoffeln

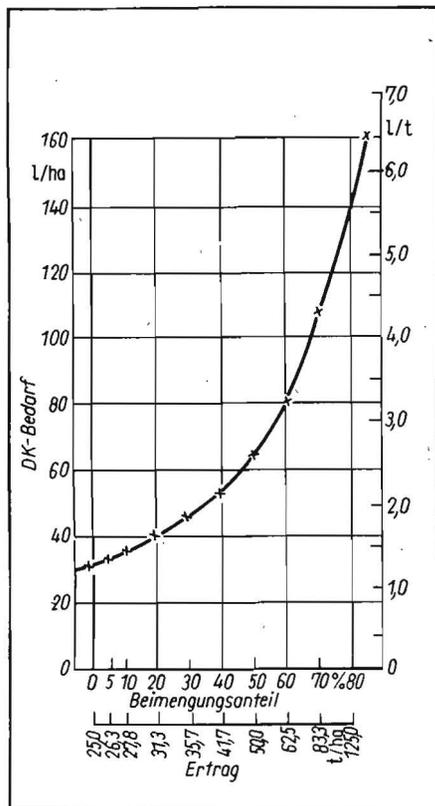


Bild 1. DK-Bedarf für den Transport von Kartoffeln bei unterschiedlichem Anteil von Beimengungen (mittlere Transportentfernung 6 km)

Tafel 4. Energiebedarf und -umsetzung bei verschiedenen Varianten der Produktion, Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung von Speisekartoffeln (10-kt-ALV-Anlage)

	Sofortvermarktung (Frühkartoffeln)	ganzjährig kontinuierliche Vermarktung	Langzeitlagerung Juli
Feldproduktion	MJ/t <sup>1)</sup> 1265	1265	1265
Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung	MJ/t <sup>1)</sup> 42	186	237
Verluste	% 0	5	36
	MJ/t <sup>1)</sup> 0	151	1085
Energiebedarf gesamt (einschl. Verluste)	MJ/t <sup>1)</sup> 1307	1602	2587
Koeffizient der Energieumsetzung	2,31	1,79	0,75

<sup>1)</sup> bezogen auf eingesetzte Kartoffeln

Tafel 3. Energiebedarf und -umsetzung für die Lagerung und Bereitstellung von „alternativen“ und frühen Speisekartoffeln im Juli (10-kt-ALV-Anlage)

	Langzeitlagerung	Sofortvermarktung (Frühkartoffeln)
Einsatz an spezifischer Energie	MJ/t <sup>1)</sup> 236,63	42,45
Energieausgang <sup>2)</sup>	MJ/t <sup>1)</sup> 1930	3015
Verluste gesamt	% 36	0
	MJ/t <sup>1)</sup> 1085	0
Energieeinsatz gesamt (einschl. Verluste)	MJ/t <sup>1)</sup> 1321,63	42,45
Koeffizient der Energieumsetzung	1,46	71,02

<sup>1)</sup> bezogen auf eingesetzte Kartoffeln

<sup>2)</sup> verfügbare Nährstoffenergie

die Ausgangsmasse, den fünf- bis sechsfachen Aufwand an spezifischer Energie erfordert, wobei die Schwerpunkte in der Beheizung der Arbeitsplätze einschließlich der Sozialräume und in der Belüftung liegen.

Der Vergleich der energetischen Effekte der Versorgung der Bevölkerung im Juli mit „alternativen“ und frühen Speisekartoffeln zeigt, welchen Einfluß Verluste und Abgänge in diesem Zusammenhang haben. Der Verlust an vergegenständlichter Energie in Form von Kartoffeln beträgt bei der Langzeitlagerung etwa das Vier- bis Fünffache der für den Lagerungs- und Aufbereitungsprozeß erforderlichen spezifischen Energie (Tafel 3).

Der Vergleich des Energiebedarfs mit der Energieeffektivität bei den Varianten Sofortvermarktung (Frühkartoffeln), kontinuierliche Vermarktung und Langzeitlagerung für den gesamten Prozeßabschnitt (Produktion auf dem Feld sowie Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung) in Tafel 4 bestätigt die bisher getroffenen Aussagen. Legt man den gesamten Aufwand an spezifischer und vergegenständlichter Energie einschließlich der Bewertung der Verluste zugrunde, so liegt die Energieumsetzung bei Frühkartoffeln um 165% höher als bei „alternativen“ Kartoffeln, die ohne technische Kühlung im Juli bereitgestellt werden.

Zwischen allen übrigen, auch den hier nicht dargestellten untersuchten Varianten gibt es keine Alternative, keine Substitutionsmöglichkeiten, d. h., für jeden Gebrauchswert der Kartoffeln ist die energetische Effektivität nachhaltig zu erhöhen.

### Energieeffektive Verwertung von Futterkartoffeln

Die größten energetischen Reserven in der Produktion und Verwendung der Kartoffeln liegen gegenwärtig in der effektiven Verwertung von Futterkartoffeln, denn jährlich fallen in der DDR 30 bis 60% der Kartoffelbruttoproduktion (3 Mill. bis 6 Mill. t) als Futterkartoffeln an.

Beim Einsatz von Kartoffeln in der Tierhaltung wird unter Beachtung der folgenden Grundsätze ein hoher energetischer Effekt erreicht:

- Auf- und Zubereitung der Kartoffeln müssen bei rationellstem Einsatz von spezifischer Energie erfolgen.
- Anzuwenden sind solche Aufbereitungs-, Lagerungs- und Konservierungsverfahren, die mit den geringsten Verlusten an erzeugter Nährstoffenergie verbunden sind.
- Der Bedarf an spezifischer Energie für die Auf- und Zubereitung, die bei den einzelnen Verfahren entstehenden Verluste an Nährstoffenergie und die unterschiedliche Verdaulichkeit des aufbereiteten Futters bei verschiedenen Tierarten sind bei der Beurteilung der einzelnen Verfahren als Komplex und nicht voneinander losgelöst zu betrachten.

Die Energieeffektivität der betrachteten Verfahren ist aus Tafel 5 zu ersehen. Danach erfordert die Verwertung roher Kartoffeln die wenigste Energie und weist mit Abstand die höchste Energieeffektivität auf. Silierverfahren sind sehr stark durch den hohen Anteil an verfahrensbedingten Nährstoffverlusten be-

Tafel 5. Energiebedarf und -umsetzung bei verschiedenen Verfahren der Verwertung von Futterkartoffeln

Verfahren	Energiebedarf gesamt MJ/t	dav. Verluste MJ/t	Energieausgang <sup>1)</sup> MJ/t	Koeffizient der Energie- umsetzung
technische Trocknung	4214,8	151	2864	0,7
Dämpfen zur Frischverfütterung	923,1	0	3015	3,3
Dämpfen aus Miete	1274,2	301	2714	2,1
Dämpfen und Silieren	1741,3	813	2201	1,3
Mischsilierung	847,0	813	2201	2,6
chemische Konservierung	980,1	754	2261	2,3
Rohverfütterung, frisch (Rind)	34,2	0	3015	88,2
Rohverfütterung aus Miete (Rind)	384,3	301	2714	7,1

<sup>1)</sup> bezogen auf eingesetzte Kartoffeln (nach Abzug der verfahrensbedingten Nährstoffverluste)

nachteiligt. Die technische Trocknung erfordert einen höheren Einsatz an Energie, als letztlich Nährstoffenergie in Form von Trockenkartoffeln verfügbar ist.

Zur Beurteilung der einzelnen Verfahren der Aufbereitung und Lagerung bzw. Konservierung von Futterkartoffeln aus der Sicht des verfahrensbedingten Bedarfs an verschiedenen Energieträgern und verfahrensbedingter Verluste sind diese in Tafel 6 zusammengestellt. Um die komplexen Betrachtungen abzuschließen, werden für die einzelnen Verfahren die energetischen Aufwendungen je verfügbarer energetischer Futtereinheit (EF) verglichen (Tafel 7). Aus diesem Vergleich lassen sich aus gesamtenergetischer Sicht folgende Schlüsse ableiten:

- Am effektivsten ist der Einsatz roher Kartoffeln unmittelbar während der Ernte bzw. nach Lagerung in Großmieten in der Rinderhaltung.
- Die Fütterung von in Großmieten gelagerten und kontinuierlich gedämpften Kartoffeln ist gegenüber dem Einsatz gedämpft-silierter Kartoffeln wesentlich energieeffektiver.
- Die chemische Konservierung ist dem Verfahren Dämpfen und Silieren — bedingt durch den Wegfall von thermischer Energie für den Stärkeaufschluß — überlegen, wird aber aus gesamtenergetischer Sicht ungünstiger als das Verfahren „Dämpfen aus Miete“ eingeschätzt.
- Die technische Trocknung ist trotz geringer Nährstoffverluste infolge des hohen Bedarfs an thermischer Energie für die Trocknung allen anderen Verfahren bei weitem unterlegen.

Vorstehend dargelegte Grundsätze und Folgerungen sind jedoch nicht die einzigen Kriterien für den Einsatz von Futterkartoffeln. Die konkreten Anforderungen und Bedingungen sind hierbei zu berücksichtigen. Da die Fütterung roher Kartoffeln in der Rinderhaltung kaum Getreide substituiert, wird z. B. dort der Einsatz von Kartoffeln trotz hoher gesamtenergetischer Effektivität nur bei sehr hohem Anfall erfolgen, wenn dadurch ungerechtfertigte Verluste an Nährstoffenergie infolge unsachgemäßer Lagerung bzw. durch Konservierung vermieden werden.

Trotzdem sollte zukünftig bei allen Überlegungen zur Verfütterung von Kartoffeln stets davon ausgegangen werden, daß ihr energieeffektiver Einsatz nicht nur ein Hauptkriterium für den rationalen Umgang mit Energie ist, sondern daß vor allem durch die Verringerung der Verluste an Nährstoffenergie Reserven erschlossen sowie mehr Konzentratfutter durch Kartoffeln substituiert werden können und damit mitgeholfen wird, den Import von Futtergetreide zu senken.

### Schlußfolgerungen

Die Intensivierung der Kartoffelproduktion ist auch aus energetischen Aspekten bei rationellem Einsatz von spezifischer und vergegenständlicher Energie auf einen hohen Ertrag mit guter Qualität zu richten. Allein durch Ertragssteigerung um durchschnittlich 2 t/ha durch bessere Nutzung natürlicher Faktoren kann der Energieaufwand je Tonne Kartoffeln um etwa 10% gesenkt werden. Das sind in der DDR etwa 1250 TJ.

Im Zusammenhang mit der Rodeladerernte ist mit allen agrotechnischen Maßnahmen auf dem Feld eine hohe Siebfähigkeit der Böden anzustreben, um einen minimalen Anteil von Beimengungen im Erntegut zu erreichen. Das

Tafel 6. Anteil der einzelnen Energieträger sowie der Nährstoffverluste am Gesamtenergiebedarf in MJ/t bei verschiedenen Verfahren der Aufbereitung und Lagerung bzw. Konservierung von Futterkartoffeln (15% Beimengungen) in %

Verfahren (verfahrensbedingte Nährstoffverluste)	Energiegesamtbedarf (einschl. Nährstoffverluste)	dav. Elektroenergie	dav. Dieselkraftstoff	dav. Heizöl	dav. Braunkohlenbriketts	dav. Nährstoffverluste
technische Trocknung (5%)	100	2,1	0,6	93,7	—	3,6
Dämpfen zur Frischverfütterung (0)	100	1,6	2,3	—	96,0	—
Dämpfen aus Miete (10%)	100	2,3	4,7	—	69,6	23,6
Dämpfen und Silieren (27%)	100	1,0	1,4	—	50,9	46,7
Mischsilierung (27%)	100	0,6	3,4	—	—	96,0
chemische Konservierung roher Kartoffeln (25%)	100	0,6	2,1	—	20,4	76,9
Rohverfütterung, frisch (Rind) (0)	100	45,9	54,1	—	—	—
Rohverfütterung aus Miete (Rind) (10%)	100	7,4	14,3	—	—	78,3

Tafel 7. Energetischer Vergleich verschiedener Verfahren zur Verwertung von Futterkartoffeln

Verfahren	verfügbare EF je kg eingesetzter Kartoffeln	Energiebedarf MJ/kEF	Rangfolge
technische Trocknung	149 EF <sub>1</sub>	28,2	7
Dämpfen zur Frischverfütterung	174 EF <sub>1</sub>	5,3	3
Dämpfen aus Miete	157 EF <sub>1</sub>	8,1	4
Dämpfen und Silieren	108 EF <sub>1</sub>	16,1	6
chemische Konservierung roher Kartoffeln	110 EF <sub>1</sub>	8,9	5
Rohverfütterung, frisch	129 EF <sub>1</sub>	0,3	1
Rohverfütterung aus Miete	116 EF <sub>1</sub>	3,3	2

ermöglicht eine spürbare Reduzierung der Transportkapazität und die Einsparung von mindestens 11 DK je Tonne weniger zu transportierender Beimengungen.

Die Versorgungswirksamkeit der Lagerbestände an Speisekartoffeln ist zu erhöhen. Durch Senkung der durchschnittlichen Lagerungsverluste um 25% und Reduzierung der Wandlungen von Speise- zu Futterkartoffeln um etwa 30% kann eine Einsparung an Energie von rd. 110 TJ erreicht werden.

Die Frühkartoffelproduktion ist zu intensivieren. Der planmäßige Ersatz von 20 bis 25 kt „altertümiger“ Speisekartoffeln für die Versorgung im Juli durch Frühkartoffeln führt zu einer Einsparung an Gesamtenergie von 22 bis 27 TJ.

Der Trockensubstanzgehalt der zu Kartoffelstärke und -veredlungsprodukten zu verarbeitenden Kartoffeln ist zu steigern, und die Verluste bis zur Verarbeitung sind zu senken. Eine Erhöhung um 2% entspricht z. B. einer Rohstoffmenge von 80 bis 90 kt und einem für ihre Produktion erforderlichen Energieäquivalent von 100 bis 120 TJ. Durch sachgemäße belüftbare Zwischenlagerung von Stärkekartoffeln können durch Verlustsenkung abzüglich des Aufwands an Elektroenergie rd. 22 TJ eingespart werden.

Als Voraussetzung für die künftige Verwertung von Futterkartoffeln mit hoher energetischer Effektivität sollten in den Territorien der Kooperationsrate „Pflanzen- und Tierproduktion“ bzw. der Kreise kurz- und mittelfristige Konzeptionen zur Verwertung der anfallenden Futterkartoffeln mit maximaler energetischer Effektivität erarbeitet und planmäßig realisiert werden.

Inhalt dieser Konzeptionen muß sein:

- voraussichtlich anfallende Futterkartoffelmengen nach Zeitabschnitten (Maximal- und Minimalvariante)
- Anforderungen der Tierhaltung an die Bereitstellung von Futterkartoffeln nach Zeitabschnitten
- materiell-technische Bedingungen für die Zubereitung, Lagerung bzw. Konservierung von Futterkartoffeln einschließlich energetischer Voraussetzungen.

### Zusammenfassung

Anhand einiger Beispiele wird über die Ergebnisse einer Studie zum Einsatz von spezifischer und vergegenständlicher Energie sowie zur Energieeffektivität bei der Produktion, Aufbereitung und Vermarktung von Speisekartoffeln sowie über die energieeffektive Verwertung von Futterkartoffeln berichtet. Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen werden Schlußfolgerungen abgeleitet, die kurzfristig zu einer spürbaren Reduzierung des Energiebedarfs je Mengeneinheit verfügbarer Kartoffeln und damit zur bedeutenden Erhöhung der Energieeffektivität führen können.

A 3346