

Siegfried Firus und Adolf Belter, Dresden

# Kostenfaktoren einer dezentralen Kartoffelstärke-Gewinnung

*Kartoffelstärke wird in großem Umfang für technische Zwecke verwendet. Um die hohen Kosten des Gewinnungsverfahrens durch eine für diese Zwecke angepasste Qualität zu senken, wird auf die Trennung des Stärkekorns aus dem Schalen- und Gewebegemisch verzichtet. Somit wird ein Prozess auf dem Feld, direkt gekoppelt mit der Ernte, möglich. Im Rahmen verfahrenstechnischer Untersuchungen ist auf der Grundlage einer detaillierten Abschätzung des zu erwartenden Preises einer solchen komplexen Erntemaschine und technologischen Kette eine Kalkulation der Kosten für die Gewinnung der Rohstärke erfolgt.*

Dr.- Ing. Siegfried Firus und Dipl.- Ing. Adolf Belter sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl Landmaschinen im Institut für Verarbeitungsmaschinen, Landmaschinen und Verarbeitungstechnik der Technischen Universität Dresden, 01062 Dresden; e-mail: [firus@landmaschinen.tu-dresden.de](mailto:firus@landmaschinen.tu-dresden.de); [belter@landmaschinen.tu-dresden.de](mailto:belter@landmaschinen.tu-dresden.de)  
Die Arbeiten wurden vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft gefördert.

## Schlüsselwörter

Stärke, Kartoffelstärke-Substrat, dezentrale Stärke-Gewinnung, Stärke im non-food-Sektor

## Keywords

Starch, potatoe starch, decentralized starch processing, starch for nonfood use

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 01SH212 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Stärkeproduktion in Deutschland liegt nach Angaben des Deutschen Stärkeverbandes zur Zeit bei 1,5 Mio t jährlich. Davon werden reichlich 0,6 Mio t aus der Kartoffel gewonnen, also mehr als 40% des Gesamtaufkommens ist Kartoffelstärke. Die industriell aufbereitete und modifizierte Stärke wird mit steigendem Anteil für chemische und technische Produkte verwendet. 1998 wurden bereits 43% des gesamten Stärkeaufkommens für die Papier- und Wellpappenherstellung sowie in der Chemieindustrie verbraucht. Zunehmend wird Stärke auch zur Herstellung von biologisch abbaubaren Kunststoffen verwendet, etwa als Einweggeschirr im fast-food-Sektor, kompostierbare Müllbeutel und Tragetaschen oder gärtnerische Folien.

Insbesondere die Gewinnung der Kartoffelstärke erfordert einen vielstufigen Prozess zur Isolierung aus der Kartoffelknolle, da sie nur mit maximal 20% neben 75% Fruchtwasser in der Ackerfrucht vorhanden ist. Es liegt deshalb nahe zu klären, ob dieser in wenigen Stärkefabriken konzentrierte Prozess verkürzt und dezentral, auch zur Vermeidung umfangreicher Massentransporte, realisiert werden kann. Die übliche reine Kartoffelstärke in Lebensmittelqualität ist für viele chemische und technische Anwendungen nicht notwendig.

Wie diese verkürzte Gewinnungstechnologie für eine Rohstärke aus Kartoffeln praktikabel ist, haben Bernhardt et al. [1] untersucht.

Im Folgenden sollen die kostenseitigen Fragestellungen einer Technologie zur direkten Gewinnung der Kartoffelstärke im mobilen Ernteprozess betrachtet werden.

## Kurze Beschreibung des Verfahrens

Die Funktionsgruppen für die Freisetzung der Stärke sollen auf einer konventionellen

Kartoffelerntemaschine anstelle eines großvolumigen Bunkers und eines Teiles der mechanischen Trenneinrichtungen angeordnet werden. Bevor die sonst übliche Bunkerung erfolgt, sind die Baugruppen zur Reinigung, Zerkleinerung und Entwässerung des Reibseils angeordnet. Zum Vorweichen des anhaftenden Ackerbodens und zur Trennung von noch vorhandenen Steinen und Kluten wird ein zirkulierendes Wasserbett vorgesehen, dem sich die eigentliche, aus gestaffelten Bürstenwalzen bestehende Reinigungsbaugruppe anschließt. Die Zerkleinerung erfolgt in drei Stufen mittels Vorschneider, Cracker und Mahlwalzen. Die folgende mechanische Entwässerung besorgt eine Schnecken zentrifuge, auch Dekanter genannt. Natürlich muss auch der Bunker der veränderten Form des „Erntegutes“ angepasst werden, gegebenenfalls auch als Wechselcontainer konzipiert werden.

Das feuchte Stärke-Faser-Gemisch, nachfolgend als Kartoffelsubstrat bezeichnet und mit temporären Stabilisierungsmitteln versetzt, wird zur direkten weiteren Verwertung oder zur Trocknung als Langzeitstabilisierung transportiert.

Die nachfolgenden ökonomischen Betrachtungen sollen zeigen, dass dieses verkürzte Gewinnungsverfahren wirtschaftlich erfolgreich gestaltet werden kann.

## Kostenkalkulation für den Verfahrensabschnitt „Ernte“

Die Schlüsselstellung innerhalb des neuen Verfahrens zur Kartoffelstärke-Gewinnung kommt der oben beschriebenen Variante der Erntemaschine zu. Für die Realisierung des Ernteprozesses werden außerdem ein entsprechend leistungsstarker Traktor, der Traktorfahrer und eine Überwachungsperson auf der Maschine benötigt.

Tab. 1: Kosten-schätzung für die Hauptgruppe

Table 1: Cost estimation of main functional groups

| Baugruppen               | Pessimistische Variante in TDM | Optimistische Variante in TDM |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Grundmaschine mit Bunker | 80                             | 60                            |
| 100%-Beimeng.-Trennung   | 30                             | 25                            |
| Bürstenreinigung         | 20                             | }                             |
| Cracker + Mühle          | 30                             |                               |
| Dekanter                 | 150                            | 25                            |
| <b>Summe</b>             | <b>310</b>                     | <b>210</b>                    |

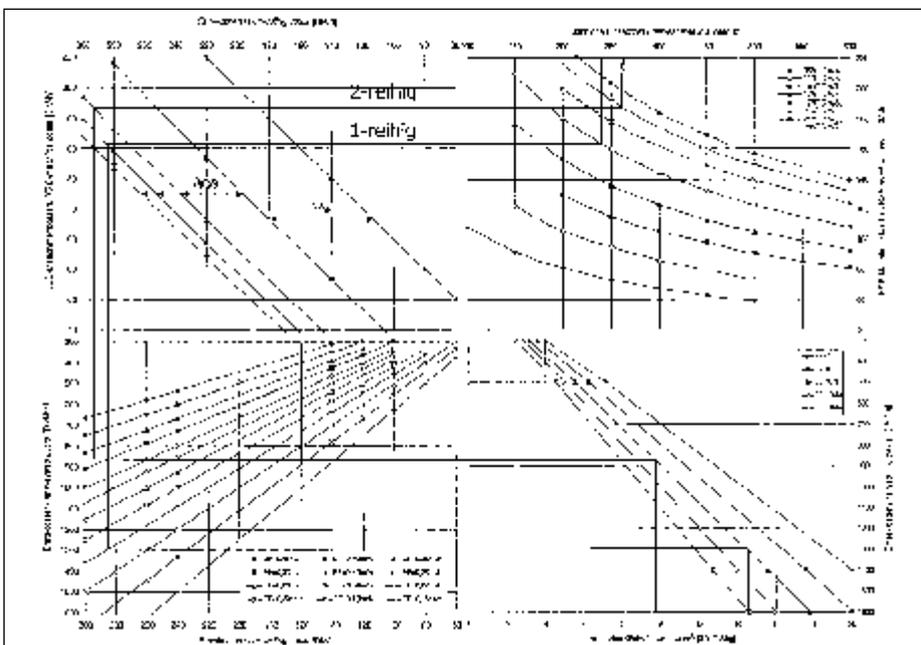


Bild 1: Nomogramm der Erntekosten

Fig. 1: Nomogramm for assessing harvesting costs

### Abschätzung des Maschinenpreises

Aus vergleichenden Analysen werden für die wichtigsten Funktionsgruppen, einschließlich der notwendigen Antriebs Elemente, die in der folgenden Tabelle 1 angegebenen Preise (Kostenwerte) ermittelt, die in der Summe als Preis der Maschine ausgewiesen werden.

Von Nutzen ist die Schätzung innerhalb von zwei Grenzwerten. Als „optimistische“ Variante ist der technische Entwicklungsstand der Baugruppen, wenn sie für diesen Einsatzzweck zielgerichtet dimensioniert und konstruiert wurden, zugrunde gelegt worden. Der Preis derartiger Maschinen wird also entscheidend vom technischen Entwicklungsstand bestimmt.

### Maschinenkosten

Mit diesem so ermittelten Preis der Substrat-Erntemaschine werden die Kosten, die bei Einsatz der Maschine je Stunde entstehen, nach einem Kalkulationsschema des KTBL berechnet [2].

Berücksichtigung finden insbesondere die Nutzungsdauer und der jährliche Einsatzumfang sowie ein Restwert mit seinem Einfluss auf die Abschreibungskosten. Es wird auch eine Kapitalverzinsung von 8% als fiktiver Verlust eingerechnet. Auch die verschiedenen Kosten-Positionen für Unterbringung, allgemeine Geschäftskosten, Steuern und Versicherung finden Berücksichtigung in der Summe der jährlichen Festkosten. Hinzu kommen die sogenannten veränderlichen Kosten, insbesondere Reparaturkosten und Schmieröl. Die Kraftstoffkosten werden den Traktorkosten zugerechnet. Die so kalkulierbaren Maschinenkosten, bezogen auf eine Arbeitsstunde, als Funktion der jährlichen Einsatzzeit sind im Bild 1, im Nomogramm rechts oben, dargestellt.

Als zusätzlicher Parameter wurde der Maschinenpreis variiert, um dem potenziellen

Maschinenhersteller oder zukünftigen Nutzer die Wirkung dieses Preises auf die Kosten des Produktes in Form der nutzbaren Kartoffelstärke zu verdeutlichen.

Als sehr zweckmäßig und übersichtlich hat sich die Zusammenfassung der Einflussfaktoren in einem Nomogramm erwiesen.

### Lohnkosten

Für die dem Unternehmen entstehenden Kosten zur Entlohnung der Mitarbeiter wurden 35,00 DM/h für den Traktorfahrer und 30,00 DM/h für den Maschinenbediener auf dem Substraternter berücksichtigt (Bild 1, links oben).

Da auch der Vergleich mit der traditionellen Kartoffelernte angestrebt wird, sind auf der Erntemaschine zwei oder drei Personen zum Verlesen, insbesondere Aussondern von Steinen und Kluten aus dem Kartoffelstrom, kostenseitig einzubeziehen.

### Kosten des Traktors

Nach dem oben erwähnten Kalkulationsschema lassen sich die Kosten für den Traktor zum Antrieb der Stärke-Substrat-Erntemaschine ermitteln. Für den Einsatz einer 1-reihigen Substraterntemaschine wird ein Traktor mit 110 kW Motorleistung benötigt, der einen mittleren Anschaffungspreis von 125 000 DM hat. Der Traktor als universelle Energiequelle und Arbeitsmaschine wird

wesentlich intensiver eingesetzt als spezielle Landmaschinen und hat demzufolge noch einen günstigen Kostensatz von 55,00 DM je Arbeitsstunde (Bild 1, links oben). Für die Traktoren gibt es natürlich auch bestätigte Erfahrungswerte zu den Kosten in verfahrenstechnischen Datensammlungen.

### Flächenbezogene Erntekosten

Aus der Summe der Maschinen-, Traktoren- und Lohnkosten lassen sich mit den technologischen Leistungsdaten der Erntemaschine die Kosten auf 1 ha Erntefläche beziehen. Wie eingangs erwähnt, soll auf dem Grundkonzept einer üblichen Kartoffelerntemaschine aufgebaut werden, so dass dann auch vergleichbare Leistungsdaten zugrunde gelegt werden, links unten im Nomogramm. Diese Leistungswerte in ha/h sind unter Berücksichtigung von sogenannten Hilfszeiten und Verlustzeiten angegeben und betragen 55% bis 65% der Leistung, die sich aus Arbeitsgeschwindigkeit und Arbeitsbreite (Reihenzahl) errechnen lässt [3].

### Erntekosten des Substrates

Diese Kosten sind auf die geerntete Menge Stärke, also als reine Stärke gedacht, bezogen. Im feuchten Stärke-Faser-Substrat sind das etwa 35% der Masse, bei einem Feuchtegehalt von 60%. Für normal geerntete Kartoffeln entspricht das dem jeweiligen Stärkegehalt der Sorten, beispielsweise weniger als 14% bei Speisekartoffeln oder bis zu 23% (im Jahr 1999) bei Industriekartoffeln.

Auf der Abszisse des Diagramms, unten rechts im Nomogramm, lässt sich der Kostenbetrag je 1 kg Stärke ablesen. Aus den markierten Beispielen für eine einreihige Substraterntemaschine, die etwa 210 TDM kostet, und für eine zweireihige Variante, die etwa 245 TDM kostet, ergeben sich bei Einsatzzeiten von 350 Stunden je Jahr sowie 77 und 126 ha geernteter Kartoffelacker:

- 0,14 DM/kg Stärke für den Einreihiger, und
  - 0,09 DM/kg Stärke für den Zweireihiger.
- Setzt man für die jetzt übliche Ernte der Stärkekartoffeln Kosten von 700 DM/ha an, wird die in diesen Kartoffeln vorhandene Stärke (20%, also 9 t/ha) mit 0,08 DM/kg Erntekosten belastet.

Tab. 2: Kostenrahmen einer Substrat-Ernte und -Aufbereitung

Table 2: Cost of potato substrate harvest and postharvest processing

|                               | DM/t<br>Kartoffeln | DM/t<br>Stärke-Substrat |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Anbau (390/550 dt/ha)         | 72,20 / 51,20      | 267,40 / 189,60         |
| Ernte                         | 24,70 / 17,30      | 91,50 / 64,00           |
| Transport                     | 6,00               | 11,00                   |
| Aufbereitung                  |                    |                         |
| - Trocknung                   |                    | 345,00...185,00         |
| - Mahlung/Klassierung         |                    | 20,00...15,00           |
| <b>Zwischensumme</b>          |                    | <b>734,90...464,50</b>  |
| Deckungsbeitrag (2000, DM/ha) |                    | 51,30 / 36,40           |
| <b>Erforderlicher Preis</b>   |                    | <b>786,00...501,00</b>  |

Dann wird deutlich, dass der zusätzliche Aufwand für die Rohstärke-Gewinnung auf dem Feld weniger kostet – maximal 0,06 DM/kg – als der übliche Ernteprozess, der mindestens 0,08 DM/kg verursacht. Auch der Vergleich mit den Transportkosten, die zur Lieferung an die Stärkefabrik entstehen und bei mehr als 80 km Entfernung 15 DM/t Kartoffeln ausmachen, wird die Stärke mit 0,075 DM/kg belastet!

## **Kostenelemente des Gesamtverfahrens**

Nach den so ermittelten Grenzen für die zu erwartenden Kosten der Gewinnung des Kartoffelstärke-Substrates ist deren Relation zu den anderen Kostenelementen des Gesamtverfahrens von Interesse.

Diese Hauptabschnitte des Verfahrens sind:

- der Anbau und damit alle Arbeiten zur Produktion auf dem Feld
- die oben betrachtete Ernte
- der Transport des Erntegutes vom Feld zur weiteren
- Aufbereitung und Lagerung

Die Tabelle 2 zeigt den Kostenrahmen einer Substrat-Ernte und -Aufbereitung. Die auf das Produkt bezogenen Kosten hängen auch vom Ertrag (390 oder 550 dt/ha) ab, also alle Kosten vom Pflügen des Ackers bis zur letzten Pflegemaßnahme in der Kultur sind zunächst als Vorleistung angefallen. Diese Kosten erfordern dann gegenwärtig einen Mindestertrag von 390 dt/ha, um die Rentabilitätsschwelle zu überschreiten.

Dieser Kostenaufwand lässt sich somit auf den Feststoffgehalt der Kartoffel beziehen, also auf das eigentliche Stärke-Substrat (27% des Feststoffes bei Stärkekartoffeln). Bei einer Gleichgewichtsfeuchte von 17% sind das 31% der gewachsenen Kartoffelmasse.

Bezogen auf diese Anbaukosten betragen die Kosten der Substrat-Ernte nur ein Drittel. Die Kosten für die anschließenden Abschnitte Transport, einschließlich Umschlag und Trocknung stammen aus einer größeren Schätzung. Es wird davon ausgegangen, dass diese Rohstärke vorwiegend im trockenen Zustand in den Verarbeitungsprozessen genutzt werden kann.

Dieser thermische Wasserentzug kann bis zu 40% der Gesamtkosten verursachen. Es sind deshalb rationellere Verfahren der Trocknung zu entwickeln oder spezielle Verwertungslinien für das feuchte Substrat zu erschließen.

## **Fazit**

Die Autoren sind überzeugt, dass aus den hier dargestellten Kostenbetrachtungen sichere Angaben für eine ökonomische Bewertung eines neuen Verfahrens zur Kartoffelstärke-Gewinnung entnommen werden können und sich folgende Schlussfolgerungen ergeben:

1. Der eingeschlagene Weg für diese Forschungsarbeiten an einem Gewinnungsverfahren ist durchaus gerechtfertigt.
2. Die kalkulierbaren finanziellen Aufwendungen für die notwendigen Verfahrensschritte zeigen die Stellen, für die noch spezielle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig sind.
3. Ebenso sind damit alle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gerechtfertigt, die eine Verwertung dieser Rohstärke in Werkstoffen und Produkten verfolgen.
4. Auch dem Konstrukteur und Maschinenhersteller wird gezeigt, in welchem Kostenrahmen sich die technischen Lösungen bewegen müssen, um ein wirtschaftliches Verfahren zu gestalten.

Das hier geschilderte Vorgehen sollte auch zum Nachdenken anregen und bietet darüber hinaus selbst noch Ansätze zu Verbesserungen im methodischen Vorgehen. Die parallele technische und verfahrenstechnische Forschung, wie sie hier am Beispiel der Kartoffelstärke als nachwachsendem Rohstoff gezeigt wurde, führt zu besseren Ergebnissen und zu zielgerichteter Nutzung von Forschungsergebnissen.