

## Vergleichsuntersuchung Kartoffelvollernter

E. Spiess und E. Näf

### 1. Einleitung

Der Bestand an Kartoffel-Sammelrodern dürfte heute eine Zahl von rund 8000 Stück erreicht haben. Mit einem weiteren Zuwachs ist während der nächsten Jahre kaum zu rechnen; dagegen dürfte der Anteil an Kartoffelvollerntern (zur Zeit zirka 3000 Stück) noch weiter zunehmen. Im Vergleich zu den einfachen Siebtrommel-Sammelrodern verfügen diese Maschinen über spezielle Aggregate zur Kraut-, Stein- und Erdschollentrennung und können sowohl für den Sack- wie auch Lose- und Grossgebindeumschlag ausgerüstet werden.

Mit der Einführung des Vollernteverfahrens konnte wohl eine wesentliche Produktivitätssteigerung erzielt werden, doch trat mit zunehmendem Mechanisierungsgrad auch das Problem der Qualitätserhaltung vermehrt in den Vordergrund. Je mehr Aggregate das Erntegut passieren muss und je länger die Verweildauer auf den Sieb-, Trenn- und Förderorganen ist, desto grösser wird im allgemeinen die Knollenbeschädigungsgefahr. Für die Wirtschaftlichkeit der Kartoffelernte sind aber nebst der Qualitätsfrage auch der Arbeitszeitaufwand und die Flächenleistung von entscheidender Bedeutung. Trotz grosser Anstrengungen ist es bisher nicht gelungen, eine vollständig selbsttätige Abscheidung der Beimengungen zu erreichen. So muss in fast allen Fällen mit Verlesepersonal gearbeitet werden. Dabei können die Handarbeitskosten bis zur Hälfte und mehr der gesamten Erntekosten in Anspruch nehmen.

In der Praxis ist es äusserst schwierig, verschiedene Vollerntersysteme und -typen hinsichtlich der Arbeitsqualität, Leistung und Funktionssicherheit vergleichen zu können, denn wohl bei keiner anderen Ernte-

maschine werden diese Kriterien in einem so hohen Mass durch die Einstellung, Handhabung und Einsatzbedingungen beeinflusst. So hat beispielsweise eine um 1 cm tiefere Lage der Knollennester zur Folge, dass pro Hektare bis zu 80 m<sup>3</sup> mehr Erde, Steine und Erdschollen verarbeitet werden müssen. Zahlreich sind die Einflussfaktoren, die auf die Sieb- und Trennleistung und vor allem auch auf die Knollenbeschädigung einwirken. Ein Vergleich wird auch erschwert, weil die Sieb- und Trennleistung ohne exakte Auszählungen nur schwerlich und die Arbeitsqualität (Knollenbeschädigung) während dem Einsatz kaum beurteilt werden können.

Mit dem Ziel, den interessierten Kreisen Unterlagen über Eignung, Arbeitsqualität und Leistung von sich konkurrierenden Kartoffelvollerntemaschinen zur Verfügung zu stellen, führte die schweizerische Kartoffelkommission (SKK) in Zusammenarbeit mit dem damaligen Institut für Landmaschinenwesen und Arbeitstechnik (IMA) im Jahre 1969 erstmals einen entsprechenden Vergleichstest durch. Inzwischen wurden die einzelnen Systeme nicht nur weiterentwickelt, sondern die Typenvielfalt stark erweitert und in den Leistungsklassen nach oben und unten ergänzt. Mit der vorliegenden Arbeit wird versucht, die Möglichkeiten der vollmechanisierten Ernte unter Berücksichtigung einzelner Roderfabrikate beim letzten Stand der Technik aufzuzeigen.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist stets zu bedenken, dass die Arbeitsqualität und -leistung der einzelnen Maschinen wesentlich durch die während der Untersuchung herrschenden Einsatzbedingungen und nicht zuletzt auch durch die Einstellung und Handhabung beeinflusst wurden. Mittels einer geeigneten Auswahl der Versuchsflächen konnten zwar

**Tabelle 1: Eingesetzte Kartoffelvollernter**

| Verkauf durch                                                                               | Marke Typ     | Sieborgane Krautrennorgane | Wirkläche in m <sup>2</sup> der |               |      | Siebstababstand / -lichtweite | Sonderausrüstung | Gewicht | Preis 1976 (ohne Sonderausrüstung) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------|---------------------------------|---------------|------|-------------------------------|------------------|---------|------------------------------------|
|                                                                                             |               |                            | a)                              | b)            | c)   |                               |                  |         |                                    |
| R. Grunder & fils SA<br>Machines agricoles<br>1522 Lucens                                   | <b>Grimme</b> | Standette (KB)             | 1,37                            | 1,17          | 0,23 | 40/32                         | D, A, Kr         | 1450    | 20 900.-                           |
|                                                                                             |               | Standard (KB)              | 1,37                            | 1,39          | 0,16 | 40/32                         | D, A, Kr         | 2320    | 26 650.-                           |
|                                                                                             |               | Super SG (RB)              | 1,66                            | 1,71          | 0,43 | 40/32                         | D, A, Kr         | 2920    | 34 110.-                           |
| Bystronic Masch. AG<br>(früher<br>Kunz Maschinen AG)<br>Abt. Landmaschinen<br>3400 Burgdorf | <b>Samro</b>  | Siebband,                  | 1,45                            | <sup>3)</sup> | 0,22 | 40/28                         | K                | 2230    | 27 050.-                           |
|                                                                                             |               | SCRB <sup>1)</sup>         | 1,45                            | <sup>3)</sup> | 0,22 | 40/28                         | K                | 2470    | 32 350.-                           |
|                                                                                             |               | Krautzuf-<br>walze         | 1,45                            | <sup>3)</sup> | 0,57 | 40/28                         | K                | 2490    | 34 500.-                           |
| Müller Maschinen AG<br>4112 Bättwil b/Basel                                                 | <b>Wisent</b> | SRB                        | 1,35                            | 1,46          | 0,35 | 40/31                         | D, Sk, G, S      | 1500    | 19 700.- <sup>4)</sup>             |
|                                                                                             |               | RM-R                       | 1,83                            | 1,61          | 0,39 | 40/30                         | D, A, Kr, S      | 2750    | 32 000.-                           |
| VOLG<br>Abt. Landmaschinen<br>8401 Winterthur                                               | <b>Hassia</b> | Siebrost,                  | 1,19                            | <sup>6)</sup> | 0,36 | 34/25                         | D                | 1950    | 28 200.-                           |
|                                                                                             |               | weitm. Krautkette          | 1,19                            | <sup>6)</sup> | 0,36 | 39/30                         | D                | 2100    | 30 800.-                           |

D = hydraulische Deichselsteuerung  
A = hydraulische Achsschenkelenkung  
Kr = Erdschollenreißer  
K = Krauteinzugsrollen

G = Gummifingerband  
Sk = Siebbandklopfer  
S = Antrieb für die Begrenzungsscheiben

- 1) Diese Vollernter unterscheiden sich nur durch das Bunkersystem. Im ersten Versuch wurde der Typ SCB, in den folgenden der Typ SCRb eingesetzt.
  - 2) Beim Typ Super B handelt es sich noch um eine Ausführung mit 60 cm Siebbandbreite (gleich wie SC). Die Auslieferung erfolgt heute ausschliesslich mit 70 cm Siebbandbreite.
  - 3) Wirkbreite der Zufuhrwalze = 60 cm.
  - 4) Preis inkl. Gummifingerband.
  - 5) Diese beiden Maschinen gehören der gleichen Typenreihe an, unterscheiden sich aber durch die Siebstababstände.
  - 6) Die den Siebrost umlaufende Förderkette hat zum Teil die Funktion einer weitmaschigen Krautkette. Deren Wirkfläche kann nicht genau bestimmt werden.
- Beschrieb der einzelnen Systeme und techn. Detailangaben finden sich in den FAT-Blättern für Landtechnik Nr. 110 «Typentabelle Kartoffel-Sammelroder».

verschiedene Verhältnisse berücksichtigt und durch die Art der Durchführung für alle Maschinen weitgehend gleiche Einsatzbedingungen geschaffen werden. Dagegen zeigte es sich, dass es selbst den Fachleuten der entsprechenden Firmen nicht immer möglich war, eine Einstellung zu finden, die den Kriterien Arbeitsqualität und Leistung gleichermaßen Rechnung trug.

## 2. Eingesetzte Maschinen

Für die Versuche meldeten uns vier Firmen zehn Vollernter der in der Schweiz bekanntesten Marken an (Abb. 1). Aus organisatorischen und versuchstechnischen Gründen mussten alle Maschinen mit Sammelbunker ausgerüstet sein. Mit diesen zehn Maschinen verschiedener Baugrößen konnten zwar nicht alle Typen erfasst werden, doch handelte es sich durch-

wegs um die meistverkauften Roder mit üblicher Ausrüstung (Tab. 1).

## 3. Versuchsdurchführung

Im Vordergrund standen folgende Versuchsschwerpunkte:

- Krautrennung und -ausscheidung bei der Frühkartoffelernte in leichtem siebfähigem Moorboden (Witzwil BE)
- Steintrennung in mittelschwerem Mineralboden (Tänikon TG)
- Stein- und Erdschollentrennung in mittelschwerem bindigem Mineralboden (St. Katharinental TG)

Die Firmen hatten die Einstellung der Maschinen vorzunehmen und für deren richtige Funktion zu sorgen. Die angemeldeten Maschinen mussten in allen drei Versuchen eingesetzt werden, wobei aber

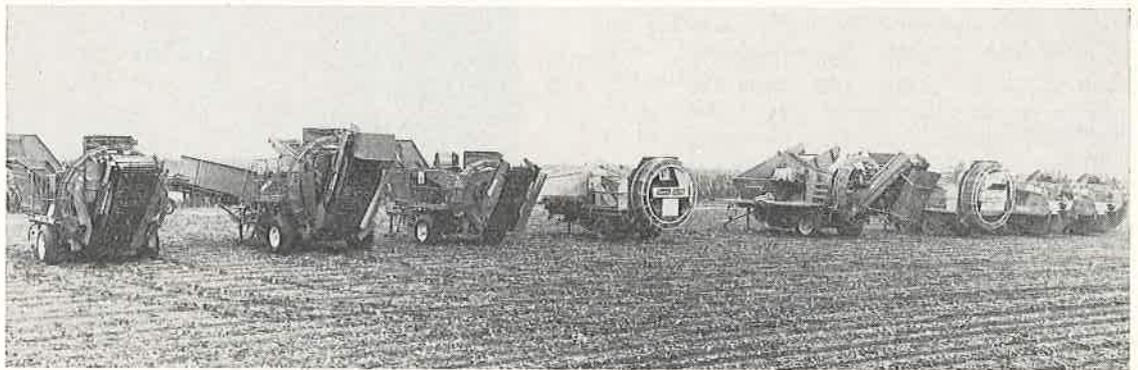
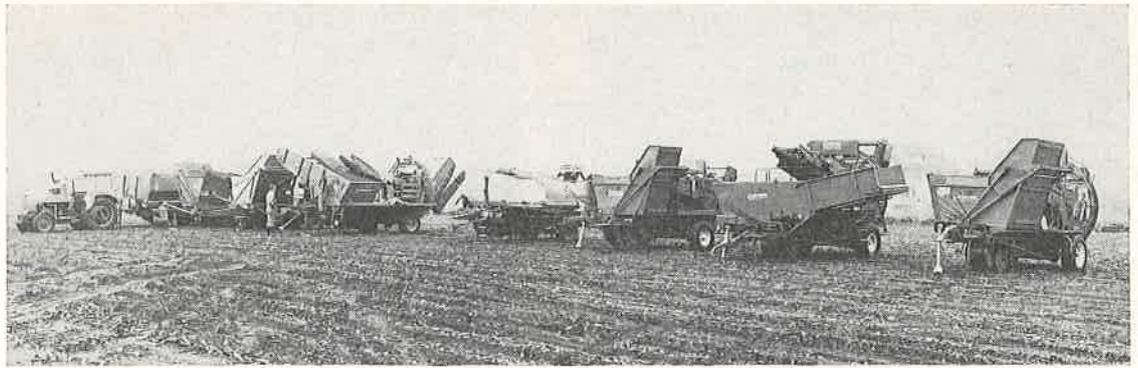


Abb. 1: Die eingesetzten Kartoffelvollernter unterscheiden sich vor allem im System und in der Grössenklasse.

Von links nach rechts bzw. von rechts nach links: Hassia KRM-BR und KRM-B, Samro Super, Wisent RM-R, Samro SCRB, Grimme Standette, – Super SG und –Standard (Wisent SRB ist nicht in der Abbildung enthalten).

**Tabelle 2: Bodenbeschaffenheit und Erträge**

| Versuchsort       | Bodenkörnung |     |      |      | Wassergehalt<br>gew. % | Reihen-<br>abstand<br>cm | Sorte  | Ernte-<br>datum | Kraut- und<br>Unkrautmasse<br>dt/ha | dt/ha | Knollenertrag |              |                  |
|-------------------|--------------|-----|------|------|------------------------|--------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------|-------|---------------|--------------|------------------|
|                   | Humus        | Ton | Silt | Sand |                        |                          |        |                 |                                     |       | Sortierung    |              |                  |
|                   | %            | %   | %    | %    |                        |                          |        |                 |                                     |       | 28–35<br>%    | 35–42,5<br>% | > 42,5 (mm)<br>% |
| Witzwil           | 45           | 28  | 27   | 0,3  | 54                     | 75                       | Ostara | 28.7.           | 78 *                                | 284   | 5             | 17           | 78               |
| Tänikon           | 4            | 26  | 35   | 35   | 21                     | 75                       | Binthe | 21.9.           | 10 **                               | 315   | 23            | 35           | 42               |
| St. Katharinental | 3            | 19  | 33   | 45   | 16                     | 70                       | Binthe | 23.9.           | 12 **                               | 210   | 35            | 37           | 28               |

\* grünes Kraut.

\*\* Kraut chemisch abgetötet.

**Tabelle 3: Rodebedingungen**

| Versuchsort          | Rode-<br>geschwindigkeit<br>km/h | Mittlerer<br>Knollenbesatz<br>Stk./1 m | Mittlere Stückzahlverhältnisse im Rodegut |        |             |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|--------|-------------|
|                      |                                  |                                        | Kartoffeln                                | Steine | Erdschollen |
| Witzwil              | 2,0                              | 26                                     | 100                                       | 0,6    | 29          |
|                      | 3,0                              | 27,6                                   | 100                                       | 1,0    | 37          |
|                      | Ø 3,78 *                         | 22,9                                   | 100                                       | 0,9    | 77          |
| Tänikon              | 0,7                              | 62,7                                   | 100                                       | 23     | 39          |
|                      | 0,9                              | 55,8                                   | 100                                       | 33     | 69          |
|                      | Ø 0,99 *                         | 57,1                                   | 100                                       | 45     | 81          |
| St. Katharinental ** | 0,8                              | 44,2                                   | 100                                       | 56     | 144         |
|                      | 1,0                              | 52,9                                   | 100                                       | 98     | 58          |
|                      | Ø 1,11 *                         | 46,2                                   | 100                                       | 104    | 106         |

\* Von den Firmen gewählte Rodegeschwindigkeiten.

\*\* Bodenunterschiede zwischen den Parzellen für die drei Rodegeschwindigkeitsvarianten; tiefe Lage der Knollennester.

Tabelle 4: Umlaufgeschwindigkeiten der Sieborgane (Siebbänder bzw. Förderketten) in m/s

| Marke<br>Typ  | Witzwil |      |            | Tänikon |      |            | St. Katharinental |      |            |
|---------------|---------|------|------------|---------|------|------------|-------------------|------|------------|
|               | 2,0     | 3,0  | ( )        | 0,7     | 0,9  | ( )        | 0,8               | 1,0  | ( )        |
| <b>Grimme</b> |         |      |            |         |      |            |                   |      |            |
| Standette     | 1,08    | 1,11 | (2,5) 1,18 | 0,79    | 0,80 | (0,8) 0,72 | 0,79              | 0,95 | (0,9) 0,90 |
| Standard      | 1,24    | 1,32 | (3,5) 1,20 | 0,93    | 0,97 | (0,8) 0,89 | 0,93              | 1,12 | (1,2) 1,05 |
| Super SG      | 1,15    | 1,19 | (3,5) 1,12 | 0,86    | 0,90 | (1,0) 1,01 | 0,86              | 1,08 | (1,2) 0,86 |
| <b>Samro</b>  |         |      |            |         |      |            |                   |      |            |
| SCB od. SCRB  | 1,65    | 1,76 | (4,0) 1,81 | 1,22    | 1,33 | (0,8) 1,22 | 1,33              | 1,57 | (1,2) 1,28 |
| Super B       | 1,24    | 1,32 | (4,0) 1,36 | 1,20    | 1,22 | (0,8) 1,44 | 1,48              | 1,44 | (1,2) 1,36 |
| <b>Wisent</b> |         |      |            |         |      |            |                   |      |            |
| SRB           | 2,15    | 2,36 | (3,5) 2,79 | 1,24    | 1,24 | (1,1) 1,55 | 1,24              | 1,39 | (0,7) 1,47 |
| RM-R          | 1,50    | 1,65 | (6,0) 2,00 | 1,20    | 1,23 | (1,2) 1,20 | 1,20              | 1,28 | (1,2) 1,20 |
| <b>Hassia</b> |         |      |            |         |      |            |                   |      |            |
| KRM-B         |         |      |            |         |      |            |                   |      |            |
| KRM-BR        | 1,29    | 1,38 | (3,5) 1,73 | 1,73    | 1,75 | (1,2) 1,90 | 2,07              | 2,01 | (1,2) 1,90 |

( ) = von den Firmen gewählte Rodegeschwindigkeiten.

den verschiedenen Rodebedingungen entsprechend, immer die optimale Ausrüstungsvariante gewählt werden konnte. Letzteres sollte vor allem jene Einsätze betreffen, in welchen hohe Steinanteile ausgeschieden werden mussten. Da aber spezielle Steintrennaggregate unter den meist wechselnden Bodenverhältnissen infolge schlechter Eignung und Ausnutzung nur selten verlangt werden, wurde auch richtigerweise von allen Firmen auf eine Umrüstung verzichtet. Alle Maschinen waren demzufolge mit Gummifingerbändern, die sich sowohl für die Stein- als auch für die Erdschollen- und Feinkrautteilrennung eignen, bestückt.

In jedem Versuch standen je Maschine einige Kartoffelreihen für Einstellarbeiten zur Verfügung. Die eigentlichen Messungen und Erhebungen erfolgten dagegen je Maschine nur an einer Reihe, aber für alle Maschinen immer in gleicher Fahrtrichtung und am gleichen Tag (Abb. 2). Mit dem Ziel, möglichst vergleichbare Werte bei verschiedenen Knollendurchsätzen zu erhalten, wurden jeweils zwei Rodegeschwindigkeiten gewählt und für alle Maschinen gleich gehalten. Eine dritte Geschwindigkeit war den



Abb. 2: Messtraktor (Zugkraft- und Drehmomentmessung) mit Vollernter im Versuchseinsatz.

Firmen freigestellt und konnte auf die verschiedenen Rodergrößen optimal abgestimmt werden.

Die Einsätze in Witzwil und Tänikon liessen sich auf weitgehend ausgeglichenen Schlägen durchführen. Dagegen zeigten sich in St. Katharinental gewisse **Unterschiede im Stein- und Erdschollenbesatz** zwischen den Parzellen für die drei Rodegeschwindigkeitsvarianten (Tab. 3), was auch in den Ergebnissen entsprechend zum Ausdruck kommt.

Wie alle übrigen Einstellungen konnten auch die **Umlaufgeschwindigkeiten der Sieborgane** durch die Firmen bestimmt werden. Die Siebbandgeschwindigkeit als wichtigstes Einstellkriterium steht vor allem mit der Siebleistung und Knollenbeschädigung in direktem Zusammenhang und sollte daher zur Beurteilung der Ergebnisse miteinbezogen werden (Tab. 4).

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Siebverhältnis, Trenngüte

Die Leistungsfähigkeit einer Kartoffelvollerntemaschine wird wesentlich durch die Arbeitsweise der Sieb- und Trennaggregate beeinflusst. Zur Beurteilung dieser Kriterien wurden durch Filmaufnahmen mit späteren Analysen die mittleren Zahlenverhältnisse aller Rodegutteile (Kartoffeln, Steine, Erdschollen und Krautteile) am Einlauf der Verlesebänder bestimmt (Abb. 3 und 4).

Das **Siebverhältnis** (Tab. 5) ergibt sich durch das Zahlenverhältnis der im Rodegut ausgesonderten Erdschollen zu den ausgesonderten Kartoffeln.

$$\text{Siebverhältniszahl} = \frac{\text{richtig und falsch geleitete Erdschollen} * \cdot 100}{\text{richtig und falsch geleitete Kartoffelknollen} *}$$

Eine Siebverhältniszahl von 50 bedeutet beispielsweise, dass die Trennaggregate (Gummifingerbän-



Abb. 3: Aufgrund von Filmaufnahmen am Einlauf der Verlesebänder konnten die Stück-Verhältnisse der richtig und falsch geleiteten Rodegutteile bestimmt werden. Am Ende des Hauptverlesebandes wurden mittels ausgepolsterter Harassen Knollenproben entnommen und später einem Schältest unterzogen.

der) je 100 Kartoffelknollen mit 50 nicht verreibbaren Erdschollen beaufschlagt wurden. Je tiefer dieser Wert ausfällt, desto günstiger ist die Siebleistung eines Roders zu beurteilen.

Die **Trenngüte** (Tab. 6) oder die Kennzahl der Trenngenauigkeit gibt Aufschluss über die Arbeitsqualität

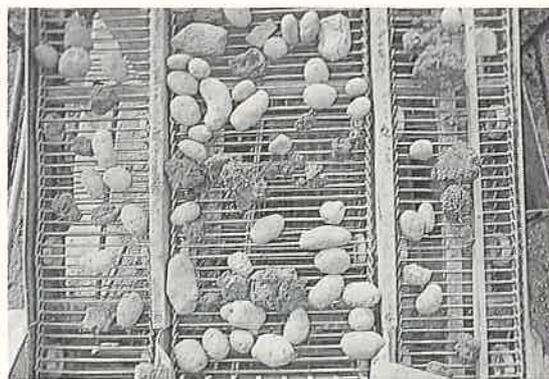


Abb. 4: Bildausschnitt der Filmkamera. Die Filmaufnahmen ermöglichten ein späteres Auszählen der Rodegutteile.

bzw. Leistung der Stein- und Erdschollentrenneinrichtungen. Sie drückt das Zahlenverhältnis der richtig geleiteten Kartoffeln, Steine und Erdschollen zum Gesamtgehalt dieser Bestandteile im ausgesonderten Rodegut aus.

$$\text{Gesamtkennzahl } \eta \text{ [\%]} = \frac{\text{richtig geleitete Kartoffeln, Steine und Erdschollen} * \cdot 100}{\text{Summe aller ausgesonderten Erntegutteile} *}$$

Mit der Trenngüte kommt zum Ausdruck, welcher Prozentanteil der ausgesonderten Rodegutteile (ohne Krautteile) zum Erreichen eines sauberen Erntegutes von Hand ausgelesen werden mussten (Abb. 5). Für die spezifische Beurteilung eines Trennaggregates können nebst der Gesamtkennzahl auch die Teil-kennzahlen für Kartoffeln, Steine und Erdschollen interessant werden. Uebersichtshalber musste aber

\* in Stk. je Zeiteinheit

**Tabelle 5: Siebverhältniszahlen**

Anzahl nicht abgeseibter Erdschollen je 100 Kartoffelknollen, Mittelwerte aus vier Wiederholungen.

| Marke<br>Typ   | Witzwil                  |      |        |      | Tänikon |      |        |     | St. Katharinental |      |        |      |
|----------------|--------------------------|------|--------|------|---------|------|--------|-----|-------------------|------|--------|------|
|                | Rodegeschwindigkeit km/h |      |        |      |         |      |        |     |                   |      |        |      |
|                | 2,0                      | 3,0  | ()     |      | 0,7     | 0,9  | ()     |     | 0,8               | 1,0  | ()     |      |
| <b>Grimme</b>  |                          |      |        |      |         |      |        |     |                   |      |        |      |
| Standette      | 40                       | 74   | (2,5)  | 57   | 19      | 47*  | (0,8)  | 53* | 166*              | 54   | (0,9)  | 53   |
| Standard       | 18                       | 28   | (3,5)  | 64   | 84      | 203  | (0,8)  | 332 | 125               | 42   | (1,2)  | 64   |
| Super SG       | 16                       | 21   | (3,5)  | 23   | 19      | 28   | (1,0)  | 14  | 255               | 56   | (1,2)  | 105* |
| <b>Samro</b>   |                          |      |        |      |         |      |        |     |                   |      |        |      |
| SCB od. SCRB   | 20                       | 23   | (4,0)  | 58   | 38      | 53   | (0,8)  | 42  | 164               | 45   | (1,2)  | 133* |
| Super B        | 18                       | 23   | (4,0)  | 22*  | 35      | 72   | (0,8)  | 104 | 91                | 66   | (1,2)  | 104* |
| <b>Wisent</b>  |                          |      |        |      |         |      |        |     |                   |      |        |      |
| SRB            | 50                       | 57   | (3,5)  | 195* | 28      | 31   | (1,1)  | 27  | 211               | 166  | (0,7)  | 230  |
| RM-R           | 45                       | 39   | (6,0)  | 68   | 63      | 53   | (1,2)  | 36* | 157               | 52   | (1,2)  | 117  |
| <b>Hassia</b>  |                          |      |        |      |         |      |        |     |                   |      |        |      |
| KRM-B          | 33                       | 43   | (3,5)  | 54   | 56      | 123  | (1,2)  | 105 | 57                | 30   | (1,2)  | 89   |
| KRM-BR         | 22                       | 28   | (3,5)  | 32   | 10      | 14   | (1,2)  | 18  | 70                | 10   | (1,2)  | 56   |
| Versuchsmittel | 29                       | 37   | (3,78) | 77   | 39      | 69   | (0,99) | 81  | 144               | 58   | (1,11) | 106  |
| GD, p 0,05     | 12,8                     | 10,8 |        |      | 22,8    | 42,8 |        |     | 60,2              | 37,2 |        |      |

\* Zusätzlich lose Erde auf dem (den) Beimengungsband (-bändern).

() = von den Firmen gewählte Rodegeschwindigkeiten.

Fettdruck = günstigste Werte innerhalb der gleichen Rodegeschwindigkeit.

**Tabelle 6: Trenngüte in %**

Gesamtkennzahl aller Rodegutteile, Mittelwerte aus vier Wiederholungen.

| Marke<br>Typ   | Witzwil                  |           |        |    | Tänikon   |           |        |    | St. Katharinental |           |        |    |
|----------------|--------------------------|-----------|--------|----|-----------|-----------|--------|----|-------------------|-----------|--------|----|
|                | Rodegeschwindigkeit km/h |           |        |    |           |           |        |    |                   |           |        |    |
|                | 2,3                      | 3,0       | ()     |    | 0,7       | 0,9       | ()     |    | 0,8               | 1,0       | ()     |    |
| <b>Grimme</b>  |                          |           |        |    |           |           |        |    |                   |           |        |    |
| Standette      | 86                       | 79        | (2,5)  | 77 | 66        | 65        | (0,8)  | 68 | 66                | 65        | (0,9)  | 72 |
| Standard       | 86                       | 80        | (3,5)  | 66 | 67        | 66        | (0,8)  | 64 | 69                | 71        | (1,2)  | 68 |
| Super SG       | 95                       | 88        | (3,5)  | 84 | 76        | 71        | (1,0)  | 69 | 76                | 59        | (1,2)  | 69 |
| <b>Samro</b>   |                          |           |        |    |           |           |        |    |                   |           |        |    |
| SCB od. SCRB   | <b>97</b>                | <b>92</b> | (4,0)  | 87 | 75        | 68        | (0,8)  | 71 | 75                | 70        | (1,2)  | 82 |
| Super B        | 92                       | 87        | (4,0)  | 84 | 80        | <b>79</b> | (0,8)  | 80 | <b>85</b>         | <b>79</b> | (1,2)  | 76 |
| <b>Wisent</b>  |                          |           |        |    |           |           |        |    |                   |           |        |    |
| SRB            | 83                       | 81        | (3,5)  | 80 | 78        | 75        | (1,1)  | 75 | 76                | 72        | (0,7)  | 76 |
| RM-R           | 82                       | 83        | (6,0)  | 81 | 75        | 69        | (1,2)  | 69 | 72                | 61        | (1,2)  | 75 |
| <b>Hassia</b>  |                          |           |        |    |           |           |        |    |                   |           |        |    |
| KRM-B          | 85                       | 84        | (3,5)  | 81 | 77        | 68        | (1,2)  | 67 | 80                | 68        | (1,2)  | 73 |
| KRM-BR         | 87                       | 87        | (3,5)  | 78 | <b>82</b> | <b>79</b> | (1,2)  | 73 | 77                | 70        | (1,2)  | 78 |
| Versuchsmittel | 88                       | 85        | (3,78) | 80 | 75        | 71        | (0,99) | 70 | 75                | 68        | (1,11) | 74 |
| GD, p 0,05     | 5,5                      | 3,1       |        |    | 6,1       | 5,6       |        |    | 5,2               | 6         |        |    |

Fettdruck = günstigste Werte innerhalb der gleichen Rodegeschwindigkeit.

() = von den Firmen gewählte Rodegeschwindigkeiten.

**Tabelle 7: Falsch geleitete Rodegutteile in Stk./s**

Mittelwerte aus vier Wiederholungen.

| Marke<br>Typ   | Witzwil                  |            |        |      | Tänikon    |            |        |      | St. Katharinental |            |        |      |
|----------------|--------------------------|------------|--------|------|------------|------------|--------|------|-------------------|------------|--------|------|
|                | Rodegeschwindigkeit km/h |            |        |      |            |            |        |      |                   |            |        |      |
|                | 2,0                      | 3,0        | ()     |      | 0,7        | 0,9        | ()     |      | 0,8               | 1,0        | ()     |      |
| <b>Grimme</b>  |                          |            |        |      |            |            |        |      |                   |            |        |      |
| Standette      | 2,8                      | 8,0        | (2,5)  | 11,6 | 5,7        | 8,9        | (0,8)  | 7,8  | 9,8               | 8,6        | (0,9)  | 7,6  |
| Standard       | 3,1                      | 6,8        | (3,5)  | 13,6 | 8,1        | 12,2       | (0,8)  | 8,8  | 8,1               | 9,5        | (1,2)  | 13,7 |
| Super SG       | 1,0                      | 3,6        | (3,5)  | 5,5  | 3,6        | 6,4        | (1,0)  | 6,0  | 8,2               | 13,7       | (1,2)  | 13,5 |
| <b>Samro</b>   |                          |            |        |      |            |            |        |      |                   |            |        |      |
| SCB od. SCRB   | <b>0,6</b>               | <b>2,4</b> | (4,0)  | 5,2  | 4,9        | 9,7        | (0,8)  | 8,0  | 7,5               | 10,9       | (1,2)  | 11,0 |
| Super B        | 1,4                      | 4,2        | (4,0)  | 5,6  | 4,4        | 7,1        | (0,8)  | 6,6  | <b>4,8</b>        | <b>8,4</b> | (1,2)  | 12,5 |
| <b>Wisent</b>  |                          |            |        |      |            |            |        |      |                   |            |        |      |
| SRB            | 4,0                      | 6,3        | (3,5)  | 11,6 | 3,5        | 4,8        | (1,1)  | 6,7  | 8,1               | 12,8       | (0,7)  | 7,2  |
| RM-R           | 4,3                      | 6,0        | (6,0)  | 11,8 | 5,2        | 7,5        | (1,2)  | 9,1  | 5,1               | 13,2       | (1,2)  | 12,1 |
| <b>Hassia</b>  |                          |            |        |      |            |            |        |      |                   |            |        |      |
| KRM-B          | 2,8                      | 4,7        | (3,5)  | 6,3  | 5,8        | 10,5       | (1,2)  | 22,4 | 6,2               | 14,2       | (1,2)  | 10,8 |
| KRM-BR         | 1,6                      | 3,5        | (3,5)  | 5,3  | <b>3,4</b> | <b>4,7</b> | (1,2)  | 9,7  | 5,0               | 10,4       | (1,2)  | 7,6  |
| Versuchsmittel | 2,4                      | 5,1        | (3,78) | 8,1  | 5,0        | 8,0        | (0,99) | 9,5  | 7,0               | 11,3       | (1,11) | 10,7 |
| GD, p 0,05     | 1,5                      | 1,3        | -      |      | 1,9        | 1,6        | -      |      | 1,8               | 2,5        | -      |      |

Fettdruck = günstigste Werte innerhalb der gleichen Rodegeschwindigkeit.

() = von den Firmen gewählte Rodegeschwindigkeiten.

auf die Anführung dieser Werte verzichtet werden. Im allgemeinen treten jedoch nur dann wesentliche Unterschiede zwischen den Teilkennzahlen auf, wenn bei relativ kleinen Beimengungsanteilen gerodet werden kann. So wurden im Versuch Witzwil Kartoffeln mit einer bedeutend besseren Trenngüte ausgeschieden als Steine und Kluten.

Die **falsch geleiteten Rodegutteile** (Stk./s, Kartoffeln, Steine, Erdschollen, Kraut- und Unkrautteile) (Tab. 7)

müssen von Hand ausgelesen werden und bilden die Grundlage zur Errechnung des notwendigen Arbeitskräftebedarfs.

#### 4.2 Knollenbeschädigung (Tab. 8)

Die Bewertung der Knollenbeschädigung erfolgte einige Wochen nach der Ernte, da erst dann alle Schäden durch Verpilzung und Verfärbung sichtbar werden. Um eine systembedingte Beeinflussung



Abb. 5: Gute Trennergebnisse verlangen eine optimale Einstellung der Gummifingerbänder.

durch das Kartoffelsammelverfahren (Absackung, Kipp- oder Rollbodenbunker) zu vermeiden, entnahm man die entsprechenden Knollenproben schon an den Ausläufen der Verlesebänder. Nach einer Lagerungszeit von 4–5 Wochen wurden aus diesem Material Muster im gleichen Knollengrößenbereich aussortiert und einem Schältest mit folgender Bewertung unterzogen:

**Tiefe der Knollenbeschädigung:**

0–1,7 mm  
1,7–5,1 mm  
tiefer als 5,1 mm

**Bezeichnung:**

unbeschädigt  
leicht beschädigt (L)  
schwer beschädigt (S)



Abb. 6: Zur Beurteilung der Knollenbeschädigung gehört eine laufende Überwachung der Knollentemperatur.

**Tabelle 8: Knollenbeschädigungs-Indexwerte 1)**

Mittelwerte aus vier Wiederholungen.

$$I = \frac{L}{2} + S$$

I = Indexwert, L = leichte und S = schwere Beschädigungen auf 100 Knollen.

| Marke<br>Typ   | Witzwil, KT 17,4 °C ²)   |             |        |      | Tänikon, KT 11,3 °C ²) |            |        |      | St. Katharinental, KT 13,1° C ²) |             |        |      |
|----------------|--------------------------|-------------|--------|------|------------------------|------------|--------|------|----------------------------------|-------------|--------|------|
|                | Rodegeschwindigkeit km/h |             |        |      |                        |            |        |      |                                  |             |        |      |
|                | 2,0                      | 3,0         | ( )    |      | 0,7                    | 0,9        | ( )    |      | 0,8                              | 1,0         | ( )    |      |
| <b>Grimme</b>  |                          |             |        |      |                        |            |        |      |                                  |             |        |      |
| Standette      | 12,2                     | 12,1        | (2,5)  | 17,1 | <b>6,1</b>             | <b>6,3</b> | (0,8)  | 6,1  | 13,1                             | 21,0        | (0,9)  | 15,6 |
| Standard       | <b>9,0</b>               | <b>10,8</b> | (3,5)  | 13,1 | 6,4                    | 5,1        | (0,8)  | 12,1 | 11,3                             | 22,0        | (1,2)  | 12,2 |
| Super SG       | 14,6                     | 15,7        | (3,5)  | 13,7 | 10,5                   | 13,5       | (1,0)  | 9,8  | 20,6                             | 28,5        | (1,2)  | 19,8 |
| <b>Samro</b>   |                          |             |        |      |                        |            |        |      |                                  |             |        |      |
| SCB od. SCRB   | 11,8                     | 16,4        | (4,0)  | 15,5 | 9,5                    | 6,5        | (0,8)  | 1,4  | 13,6                             | <b>15,1</b> | (1,2)  | 11,5 |
| Super B        | 13,1                     | 18,8        | (4,0)  | 17,2 | 8,3                    | 11,5       | (0,8)  | 8,0  | 21,9                             | 17,5        | (1,2)  | 12,3 |
| <b>Wisent</b>  |                          |             |        |      |                        |            |        |      |                                  |             |        |      |
| SRB ³)         | 19,2                     | 37,1        | (3,5)  | 34,7 | 6,2                    | 11,7       | (1,1)  | 9,3  | <b>2,6</b>                       | 18,4        | (0,7)  | 7,4  |
| RM-R ³)        | 27,1                     | 48,6        | (6,0)  | 30,2 | 8,9                    | 10,1       | (1,2)  | 9,9  | 25,4                             | 20,3        | (1,2)  | 11,8 |
| <b>Hassia</b>  |                          |             |        |      |                        |            |        |      |                                  |             |        |      |
| KRM-B          | 23,4                     | 14,8        | (3,5)  | 21,7 | 26,0                   | 19,0       | (1,2)  | 18,8 | 25,5                             | 26,4        | (1,2)  | 18,2 |
| KRM-BR         | <b>9,0</b>               | 11,7        | (3,5)  | 15,7 | 43,4                   | 36,9       | (1,2)  | 27,9 | 49,0                             | 39,7        | (1,2)  | 30,3 |
| Versuchsmittel | 15,5                     | 20,7        | (3,78) | 19,9 | 13,9                   | 13,4       | (0,99) | 11,5 | 20,2                             | 23,2        | (1,11) | 15,4 |
| GD, p 0,05     | 9,7                      | 12,0        | —      | —    | 6,5                    | 10,9       | —      | —    | 15,4                             | 13,0        | —      | —    |

Knollenmaterial mit Indexwerten unter 20 gilt als wenig beschädigt!

Fettdruck = günstigste Werte innerhalb der gleichen Rodegeschwindigkeit.

( ) = von den Firmen gewählte Rodegeschwindigkeiten.

1) umgerechnet auf die mittlere Knollentemperatur je Versuch.

2) mittlere Knollentemperatur.

3) Witzwil: Offensichtlich zu hohe Siebbandgeschwindigkeiten und zu intensiv arbeitende Siebhilfen, RM-R = Stauungen auf dem Gummifingerband.

Eine Indexierung dieser Unterteilung ermöglicht eine bessere Gesamtbeurteilung des Beschädigungs-niveaus. Die Einheit des Indexwertes (I) bezogen auf 100 Knollen entspricht dabei einer schweren bzw. zwei leichten Beschädigungen:

$$I = \frac{L}{2} + S$$

$$I \triangleq 1 \text{ S } \triangleq 2 \text{ L}$$

Um die Beschädigungswerte von zeitlich verschiedenen Einsätzen vergleichen zu können, wurden die Indexwerte mittels des Regressionskoeffizienten R - 1,29 nach [1] auf die mittlere Knollentemperatur aller Einsätze je Versuch umgerechnet (Abb. 6).

Dieses Bewertungsverfahren wird an verschiedenen Stellen im In- und Ausland bei Maschinenvergleichen und pflanzenbaulichen Versuchen angewendet; es darf aber nicht mit einer handelsüblichen Beurteilung der Ware verglichen werden. - Erntegut mit Indexwerten von 10-20 kann als sehr beschädigungsarm bezeichnet werden.

#### 4.3 Rodeverluste (Tab. 9)

Als Rodeverluste werden alle nach dem Passieren des Roders zurückgelassenen Kartoffelknollen bezeichnet, deren Grösse ein Quadratmass mit 28 mm Seitenlänge überschreiten. Die Rodeverluste setzen sich zusammen aus oberflächlich aufliegenden und im Erdreich verbliebenen Knollen und werden in Prozent des Knollenertrages ausgedrückt. Diese Unterteilung sowie eine Kalibrierung auf handelsübliche

Grössenklassen (28-35 mm, 35-42,5 mm und grösser als 42,5 mm) geben Aufschluss über mögliche Verlustursachen und über den wertmässigen Ernteverlust. Oberflächlich aufliegende Knollen werden vorwiegend durch die Krauttrennorgane und in der Erde verbliebene Knollen, vor allem durch die Rodeorgane, verursacht.

#### 4.4 Leistungsbedarf

Der Leistungsbedarf für den Vollerntebetrieb setzt sich aus der Antriebs- und Zugleistung zusammen (Abb. 2). In Tabelle 10 sind die Drehmomentwerte an der Gelenkwelle, der Zugkraft- und Leistungsbedarf (Antriebs- und Zugleistung) bei günstigen Rodebedingungen aufgeführt.

#### 4.5 Arbeitswirtschaftlicher Teil

##### Die Ausleseleistung je Person

Die Anzahl falsch geleiteter Rodegutteile (Kartoffeln auf den Nebenbändern, Steine, Erdschollen und Krautteile auf dem Hauptband), die je Personen in der Sekunde ausgelesen werden können, wird von der Gestaltung des Auslesetisches bestimmt. Um die unterschiedliche Leistungsfähigkeit der Personen ausschalten zu können, wurde die pro Auslesebewegung notwendige Zeit mit MTM (Methods Time Measurement) bestimmt, wobei bei dieser Methode immer von der Normalleistung der AK ausgegangen wird. Die ideale Arbeitshöhe für das Auslesen der Erntegutteile beträgt 80-110 cm. Maschinen mit

**Tabelle 9: Gesamte Rodeverluste in Prozent vom Knollenertrag**  
Mittelwerte aus vier Wiederholungen.

| Marke<br>Typ   | Witzwil                  |                     |        | Tänikon           |                         |                         |        | St. Katharinental |                     |                     |        |                   |
|----------------|--------------------------|---------------------|--------|-------------------|-------------------------|-------------------------|--------|-------------------|---------------------|---------------------|--------|-------------------|
|                | Rodegeschwindigkeit km/h |                     |        |                   |                         |                         |        |                   |                     |                     |        |                   |
|                | 2,0                      | 3,0                 | ( )    | 0,7               | 0,9                     | ( )                     | 0,8    | 1,0               | ( )                 |                     |        |                   |
| <b>Grimme</b>  |                          |                     |        |                   |                         |                         |        |                   |                     |                     |        |                   |
| Standette      | 1,1                      | 1,2 <sup>2)</sup>   | (2,5)  | 0,6               | 1,3 <sup>2)</sup>       | <b>0,7<sup>2)</sup></b> | (0,8)  | 0,5 <sup>2)</sup> | *                   | *                   | (0,9)  | 3,4 <sup>1)</sup> |
| Standard       | 0,5                      | <b>0,5</b>          | (3,5)  | 1,7 <sup>1)</sup> | 1,2 <sup>2)</sup>       | 2,0 <sup>2)</sup>       | (0,8)  | 0,9 <sup>2)</sup> | 3,0                 | 1,6 <sup>2)</sup>   | (1,2)  | 2,3               |
| Super SG       | 1,5                      | 1,3                 | (3,5)  | 3,6 <sup>1)</sup> | 2,0                     | 2,6                     | (1,0)  | 3,0               | 2,4 <sup>2)</sup>   | 2,1 <sup>2)</sup>   | (1,2)  | 1,9 <sup>1)</sup> |
| <b>Samro</b>   |                          |                     |        |                   |                         |                         |        |                   |                     |                     |        |                   |
| SCB od. SCRB   | 1,4 <sup>1)3)</sup>      | 3,4 <sup>1)3)</sup> | (4,0)  | 2,3 <sup>3)</sup> | <b>0,5<sup>2)</sup></b> | 0,8 <sup>2)</sup>       | (0,8)  | 1,0 <sup>2)</sup> | <b>1,0</b>          | 1,5                 | (1,2)  | 0,1               |
| Super B        | <b>0,4</b>               | 0,8                 | (4,0)  | 1,3               | 1,0 <sup>2)</sup>       | 0,5 <sup>2)</sup>       | (0,8)  | 0,2 <sup>2)</sup> | 3,5 <sup>1)3)</sup> | 3,7 <sup>1)3)</sup> | (1,2)  | 0,3 <sup>1)</sup> |
| <b>Wisent</b>  |                          |                     |        |                   |                         |                         |        |                   |                     |                     |        |                   |
| SRB            | 0,7                      | 0,7                 | (3,5)  | 1,4               | 0,8                     | 2,3                     | (1,1)  | 1,6               | 1,7 <sup>2)</sup>   | 1,7                 | (0,7)  | 2,4 <sup>2)</sup> |
| RM-R           | 1,3 <sup>1)</sup>        | 0,9                 | (6,0)  | 0,9               | 0,8 <sup>2)</sup>       | <b>0,7<sup>2)</sup></b> | (1,2)  | 0,7 <sup>2)</sup> | 3,0                 | <b>1,4</b>          | (1,2)  | 4,5 <sup>3)</sup> |
| <b>Hassia</b>  |                          |                     |        |                   |                         |                         |        |                   |                     |                     |        |                   |
| KRM-B          | 0,5                      | 1,5 <sup>2)</sup>   | (3,5)  | 2,7 <sup>2)</sup> | 1,1 <sup>2)</sup>       | 2,2 <sup>2)</sup>       | (1,2)  | 1,0 <sup>2)</sup> | 1,4 <sup>2)</sup>   | 0,8 <sup>2)</sup>   | (1,2)  | 0                 |
| KRM-BR         | 1,2 <sup>2)</sup>        | 1,1 <sup>2)</sup>   | (3,5)  | 0,8 <sup>2)</sup> | 0,7 <sup>2)</sup>       | 1,6 <sup>2)</sup>       | (1,2)  | 1,0 <sup>2)</sup> | 2,8 <sup>2)</sup>   | 2,4 <sup>2)</sup>   | (1,2)  | 3,0 <sup>2)</sup> |
| Versuchsmittel | 0,9                      | 1,3                 | (3,78) | 1,7               | 1,0                     | 1,5                     | (0,99) | 1,1               | 2,3                 | 1,9                 | (1,11) | 2,0               |
| GD, p 0,05     | n.g.                     | n.g.                |        |                   | n.g.                    | n.g.                    |        |                   | n.g.                | n.g.                |        |                   |

Fettdruck = günstigste Werte innerhalb der gleichen Rodegeschwindigkeit.

( ) = von den Firmen gewählte Rodegeschwindigkeiten.

1) = vorwiegend unterirdisch aufgefunden.

2) = vorwiegend oberflächlich aufliegend.

3) = vorwiegend über 42,5 mm Knollendurchmesser.

\* = Messung infolge falscher Einstellung der Rodeorgane nicht möglich.

**Tabelle 10: Leistungsbedarf in Witzwil** (leichter Moorboden, nur geringe Tiefe erforderlich)  
Rodegeschwindigkeit: 2,7 km/h

| Marke<br>Typ  | Gelenkwelle<br>U/min | Drehmoment<br>Nm * | Zugkraftbedarf<br>am Zughaken |             | Leistungsbedarf   |              |
|---------------|----------------------|--------------------|-------------------------------|-------------|-------------------|--------------|
|               |                      |                    | leer<br>N *                   | voll<br>N * | voll<br>kw * (PS) |              |
| <b>Grimme</b> |                      |                    |                               |             |                   |              |
| Standette     | 300                  | 80                 | 4768                          | 5082        | <b>6,3</b>        | <b>(8,6)</b> |
| Standard      | 300                  | 117                | 4395                          | 5082        | 7,5               | (10,2)       |
| Super SG      | 300                  | 95                 | 4748                          | 5690        | 7,3               | (9,9)        |
| <b>Samro</b>  |                      |                    |                               |             |                   |              |
| SCB           | 360                  | 78                 | 5768                          | 6170        | 7,6               | (10,3)       |
| Super B       | 360                  | 168                | 5140                          | 6300        | 11,1              | (15,0)       |
| <b>Wisent</b> |                      |                    |                               |             |                   |              |
| SRB           | 280                  | 233                | <b>3473</b>                   | <b>4002</b> | 9,8               | (13,4)       |
| RM-R          | 280                  | 87                 | 6161                          | 8123        | 8,6               | (11,8)       |
| <b>Hassia</b> |                      |                    |                               |             |                   |              |
| KRM-B         | 280                  | **                 | 5003                          | 5131        |                   |              |
| KRM-BR        | 280                  | <b>65</b>          | 5396                          | 6004        | <b>6,4</b>        | <b>(8,7)</b> |

Fettdruck = günstigste Werte

\* SI-Einheiten: 1 Newtonmeter [Nm]  $\triangleq$  0,102 kpm  
1 Newton [N]  $\triangleq$  0,102 kp  
1 Kilowatt [kW]  $\triangleq$  1,36 PS

\*\* nicht gemessen

Ausleseplätzen, die nur eine Arbeitshöhe von 60 cm aufweisen, sind nicht geeignet.

Die durchschnittliche Entfernung vom Aufnahme- zum Ablegeort der Erntegutteile bestimmt die Zeit für das Auslesen einer Beimengung und damit die Ausleseleistung. Der Normalleistung ist Beidhandarbeit zugrundegelegt.

Je breiter die Bänder sind, umso grösser wird die Entfernung für den Transport der Rodegutteile. Kann je Band nur auf eine Seite ausgelesen werden, so beträgt die Entfernung die halbe Breite des Bandes. Kann aber auf beide Seiten (beim Hauptband möglich, wenn zwei Nebenbänder oder ein Nebenband und ein Abwurfloch vorhanden sind) ausgelesen werden, so beträgt die durchschnittliche Entfernung nur noch ein Viertel der Bandbreite.

Andererseits dürfen die Bänder nicht zu schmal sein, da sie sonst bei grossem Durchsatz überladen würden. Die dadurch bedingte mehrschichtige Lagerung von Erntegutteilen auf den Bändern erschwert das Auslesen; auch die Bandgeschwindigkeit kann nicht stark erhöht werden, da dadurch die Ausleseleistung verkleinert wird.

**Tabelle 11:**  
**Beispiel zur Bestimmung der Ausleseleistung**

| Merkmale                              |       | Variante |      |
|---------------------------------------|-------|----------|------|
|                                       |       | a        | b    |
| Hauptbandbreite                       | cm    | 60       | 60   |
| Abwurfmöglichkeiten                   |       | 1        | 2    |
| Durchschnittliche Bewegungslänge      | cm    | 30       | 15   |
| Zeit um zwei Erntegutteile auszulesen | s     | 1,52     | 1,21 |
| Ausleseleistung je Person             | Stk/s | 1,32     | 1,65 |

**Tabelle 12: Ausleseleistung je Person**

| Marke,                       | Typ           | Ausleseleistung am  |                     |
|------------------------------|---------------|---------------------|---------------------|
|                              |               | Hauptband<br>Stk./s | Nebenband<br>Stk./s |
| Grimme,                      | Standette     | 1,32                | 1,65                |
|                              | Standard      | 1,65                | 1,65                |
|                              | Super SG      | 1,60                | 1,65                |
| Samro,                       | SCB oder SCRB | 1,72                | 1,65                |
|                              | Super B       | 1,72                | 1,65                |
| Wisent,                      | SRB           | 1,52                | 1,65                |
|                              | RM-R          | 1,72                | 1,65                |
| Hassia,                      | KRM-B         | 1,47                | 1,65                |
|                              | KRM-BR        | 1,47                | 1,65                |
| Durchschnitt aller Maschinen |               | 1,57                | 1,65                |

In sehr gut siebbaren Böden ohne Steinbesatz sollte den Maschinen mit breiten Hauptbändern der Vorzug gegeben werden. Dagegen ist in schlecht siebbaren Böden der Durchsatz nie so gross, dass das Hauptband überfüllt werden könnte.

#### Anzahl notwendiger Auslesepersonen

Die Anzahl Rodegutteile, die je Sekunde dem Sammelroder zugeführt werden, wird durch die Bodenverhältnisse und durch die Rodegeschwindigkeit bestimmt. Die Leistungsfähigkeit der Sieb- und Trennorgane der unterschiedlichen Maschinen ist für die Zahl der falsch geleiteten Rodegutteile verantwortlich, die auf dem Verlesetisch von Hand ausgelesen werden müssen. Wird die Anzahl falsch geleiteter Rodegutteile je Sekunde durch die Ausleseleistung je Person und Sekunde geteilt, so lässt sich daraus die notwendige Anzahl Auslesepersonen ableiten.

Die Anzahl notwendiger Auslesepersonen kann also durch die Aenderung der Rodegeschwindigkeit bestimmt werden.

Da während der Vergleichsprüfung je zwei konstante Rodegeschwindigkeiten vorgegeben wurden, konnten wir daraus die jeweils notwendigen Arbeitskräfte für das Auslesen berechnen (Tab. 13).

#### Fahrgeschwindigkeit beim Roden

Die Fahrgeschwindigkeit muss sich den verfügbaren Auslesepersonen und der Anzahl der falsch geleite-

ten Rodegutteile anpassen. Durch schnelleres Fahren nimmt die Arbeitsgüte der Sieb- und Trennorgane ab, was den Zeitbedarf für das Auslesen erhöht. Diese Mehrzeit wird durch die Zeiteinsparung für das Traktorführen zum Teil wieder ausgeglichen.

#### Arbeitszeit für das Roden

Für einen echten Vergleich der Leistungsfähigkeit der untersuchten Sammelroder ist der Arbeitszeitbedarf je Hektare heranzuziehen. Darin ist nur die Zeit für die Auslesearbeit und das Führen des Trak-

**Tabelle 13: Notwendige Auslesepersonen bei verschiedenen Rodegeschwindigkeiten an den drei Versuchs-orten**

| Marke<br>Typ                 | Witzwil         |            | Tänikon         |            | St. Katharinental |            |
|------------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-------------------|------------|
|                              | Geschwindigkeit |            | Geschwindigkeit |            | Geschwindigkeit   |            |
|                              | 2,0             | 3,0        | 0,7             | 0,9        | 0,8               | 1,0 km/h   |
| <b>Grimme</b>                |                 |            |                 |            |                   |            |
| Standette                    | 2,0             | 5,8        | 3,6             | 6,0        | 7,0               | 6,1        |
| Standard                     | 1,9             | 4,1        | 4,9             | 7,4        | 4,9               | 5,8        |
| Super SG                     | 0,6             | 2,2        | 2,2             | 4,0        | 5,1               | 8,5        |
| <b>Samro</b>                 |                 |            |                 |            |                   |            |
| SCB oder SCRB                | <b>0,5</b>      | <b>1,5</b> | 3,0             | 5,8        | 4,4               | 6,4        |
| Super B                      | 0,9             | 2,7        | 2,7             | 4,3        | <b>2,9</b>        | <b>5,0</b> |
| <b>Wisent</b>                |                 |            |                 |            |                   |            |
| SRB                          | 2,7             | 4,1        | 2,2             | <b>3,0</b> | 5,2               | 8,2        |
| RM-R                         | 2,6             | 3,7        | 3,1             | 4,5        | 3,1               | 7,8        |
| <b>Hassia</b>                |                 |            |                 |            |                   |            |
| KRM-B                        | 2,0             | 3,2        | 3,7             | 7,0        | 4,1               | 9,5        |
| KRM-BR                       | 1,2             | 2,4        | <b>2,2</b>      | 3,0        | 3,3               | 6,9        |
| Durchschnitt aller Maschinen | 1,6             | 3,3        | 3,1             | 5,0        | 4,4               | 7,1        |

Fettdruck = günstigste Werte innerhalb der gleichen Rodegeschwindigkeit

**Tabelle 14: Arbeitszeit für das Roden je Hektare (AKH/ha); Auslesen der falsch geleiteten Erntegutteile und Führen des Traktors bei unterschiedlicher Rodegeschwindigkeit.**

| Marke<br>Typ                 | Witzwil <sup>1)</sup>    |           |                 | Tänikon <sup>1)</sup> |           |                 | St. Katharinental <sup>2)</sup> |           |                 |
|------------------------------|--------------------------|-----------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------------|---------------------------------|-----------|-----------------|
|                              | Rodegeschwindigkeit km/h |           |                 |                       |           |                 |                                 |           |                 |
|                              | 2,0                      | 3,0       | ( )             | 0,7                   | 0,9       | ( )             | 0,8                             | 1,0       | ( )             |
| <b>Grimme</b>                |                          |           |                 |                       |           |                 |                                 |           |                 |
| Standette                    | 20                       | 30        | (2,5) 48        | 88                    | 103       | (0,8) 107       | 144                             | 101       | (0,9) 147       |
| Standard                     | 19                       | 23        | (3,5) 35        | 112                   | 124       | (0,8) 89        | 106                             | 96        | (1,2) 112       |
| Super SG                     | 11                       | 14        | (3,5) 17        | 61                    | 73        | (1,0) <b>63</b> | 109                             | 135       | (1,2) 111       |
| <b>Samro</b>                 |                          |           |                 |                       |           |                 |                                 |           |                 |
| SCB oder SCRB                | <b>10</b>                | <b>11</b> | (4,0) <b>14</b> | 75                    | 101       | (0,8) 97        | 96                              | 106       | (1,2) 90        |
| Super B                      | 13                       | 16        | (4,0) 15        | 70                    | 78        | (0,8) 82        | <b>70</b>                       | <b>86</b> | (1,2) 100       |
| <b>Wisent</b>                |                          |           |                 |                       |           |                 |                                 |           |                 |
| SRB                          | 25                       | 23        | (3,5) 34        | 61                    | <b>60</b> | (1,1) <b>63</b> | 111                             | 132       | (0,7) 115       |
| RM-R                         | 24                       | 21        | (6,0) 18        | 68                    | 81        | (1,2) 82        | 73                              | 125       | (1,2) 96        |
| <b>Hassia</b>                |                          |           |                 |                       |           |                 |                                 |           |                 |
| KRM-B                        | 20                       | 18        | (3,5) 20        | 89                    | 119       | (1,2) 178       | 90                              | 149       | (1,2) 99        |
| KRM-BR                       | 15                       | 15        | (3,5) 17        | <b>60</b>             | <b>60</b> | (1,2) 81        | 77                              | 112       | (1,2) <b>72</b> |
| Durchschnitt aller Maschinen | 17                       | 19        | (3,8) 24        | 77                    | 89        | (1,0) 94        | 97                              | 116       | (1,1) 104       |

( ) = von den Firmen gewählte Rodegeschwindigkeiten.

Fettdruck = günstigste Werte innerhalb der gleichen Rodegeschwindigkeit.

1) = 75 cm Reihenweite.

2) = 70 cm Reihenweite.

tors enthalten. Die Zeit für das Wenden, das Entleeren des Bunkers und die Störungszeit sind nicht enthalten, da diese durch andere Faktoren wie Feldlänge, Kartoffelertrag, Verunkrautung usw. massgeblich beeinflusst werden (Tab. 14).

#### Störungszeiten

Je nach Bodenzustand, Krautanfall usw. kann sich die Arbeitszeit für das Roden infolge Störungen bis zu 10% erhöhen. Ein Einfluss der verschiedenen Maschinen konnte nicht festgestellt werden. Die Störungszeiten sind in der Arbeitszeit für das Roden nicht berücksichtigt.

#### Zeit für das Wenden und das Entleeren des Bunkers

Zur Arbeitszeit für das Roden kommt noch die Zeit für das Wenden und das Entleeren des Bunkers hinzu. Je kürzer die Parzellen, desto öfters muss gewendet werden. Kartoffelertrag und möglicher Bunkerinhalt bestimmen die Anzahl Bunkerleerungen je Hektare. Der Zeitbedarf für das Wenden und Entleeren beträgt je nach den Bedingungen 1–5 h/ha. Da das Auslesepersonal während des Wendens und Entleerens nicht weiter arbeiten kann, entstehen Wartezeiten, die der Arbeitszeit zugerechnet werden müssen. Die Zeit für das Wenden und Entleeren vervielfältigt sich deshalb mit der Anzahl der eingesetzten Personen. Der Arbeitszeitbedarf für das Wenden und Bunkerleeren beträgt demnach 4–30 h/ha.

#### Flächenleistung

Die Flächenleistung richtet sich nach der Fahrgeschwindigkeit beim Roden, der Reihenbreite, der Anzahl Wendungen und Entleerungen. An einigen Beispielen sei der Zusammenhang aufgezeigt (Tab. 15). Um den Einfluss der Fahrgeschwindigkeit darzustellen, wurde die Zeit für Wenden und Entleeren konstant gehalten.

**Tabelle 15: Beispiele für den Zusammenhang Fahrgeschwindigkeit beim Roden — Flächenleistung (bei 75 cm Reihenweite)**

| Fahrgeschwindigkeit beim Roden | Zeit für das Roden | Zeit für Wenden und Bunkerleeren | Zeit für Roden, Wenden und Bunkerleeren | Flächenleistung |
|--------------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| km/h                           | h/ha               | h/ha                             | h/ha                                    | ha/h            |
| 0,7                            | 19,0               | 2,0                              | 21,0                                    | 0,05            |
| 0,9                            | 14,8               | 2,0                              | 16,8                                    | 0,06            |
| 1,2                            | 11,1               | 2,0                              | 13,1                                    | 0,08            |
| 2,0                            | 6,7                | 2,0                              | 8,7                                     | 0,11            |
| 3,0                            | 4,4                | 2,0                              | 6,4                                     | 0,17            |
| 4,0                            | 3,3                | 2,0                              | 5,3                                     | 0,19            |

## 5. Interpretation der Ergebnisse (Abb. 8)

#### Siebleistung

Erwartungsgemäss wurden im allgemeinen mit den grösseren Vollerntern die günstigsten Siebverhältniszahlen erzielt. Mit einer Erhöhung der Rodegeschwindigkeit war meistens eine Abnahme des Siebeffektes

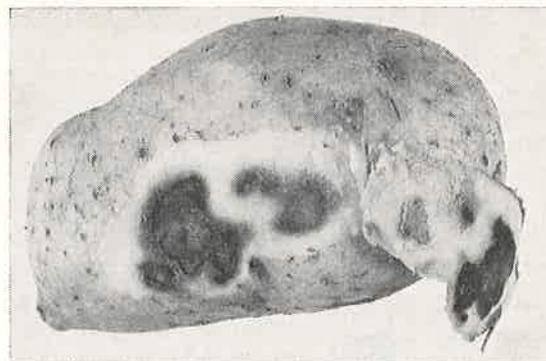


Abb. 7: Durch die Erntemaschine beschädigte Kartoffelknolle. Schwere Beschädigungen dieser Art waren nur selten festzustellen. Meist liess sich das schadhafte Knollenfleisch mit ein bis zwei Schälmesserstrichen entfernen.

verbunden (betrifft auch die Absiebung der Steine), wenn den grösseren Durchsätzen nicht mit einer Steigerung der Drehzahlen und veränderten Einstellung der Aggregate entgegengewirkt werden konnte. Nebst den eigentlichen Sieborganen zeigten besonders die Gummifingerbänder mit Abstreifer einen guten Erdschollenzerkleinerungseffekt. In Tänikon und St. Katharinental, wo mehr Schollen von fester Beschaffenheit verarbeitet werden mussten, erwies sich das Siebrostsystem mit weitem Siebtabstand (Hassia KRM-BR) den Siebbandmaschinen als überlegen.

#### Trenngüte

Relativ hohe Fahrgeschwindigkeiten und Trenngüten konnten mit allen Maschinen bei den kleinen Beimengungsanteilen in Witzwil erreicht werden. Günstig erwies sich dabei die beim Vollernter Samro SC in der Grundausrüstung enthaltene Kalibriereinrichtung. Dieses Aggregat ermöglichte infolge des grossfallenden Erntegutes eine zusätzliche Ausscheidung kleinerer Erdschollen. Der markengleiche, mit zwei Gummifingerbändern ausgerüstete Typ Super B zeigte in Tänikon und St. Katharinental eine gute Trennwirkung. In Witzwil fiel hingegen das Resultat im Vergleich zum Typ SC geringfügig schlechter aus, da vom zweiten Gummifingerband Erdschollen im etwa gleichen Verhältnis wie kleinere Kartoffeln auf das rechtsseitige Verleseband geleitet wurden. Der mit je einem grossflächigen Sieb- und Krauttrennband ausgestattete Vollernter Wisent RM-R hätte zwar eine bessere Trenngüte erwarten lassen, ermöglichte aber in Witzwil auch bei sehr hohen Durchsätzen (Arbeitsgeschwindigkeit 6 km/h) eine gute Förderung des Rodegutes und eine gründliche Ausscheidung des noch grünen Kartoffelkrautes. Bei hohen Beimengungsanteilen im Rodegut (Tänikon und St. Katharinental) kam zum Ausdruck, dass weniger die Rodergrösse als vielmehr ein wirkungsvoll arbeitendes Stein- und Erdschollentrennaggregat leistungsbestimmend wird. (Beispiel: Grimme Standette und Wisent SRB). Von den Krauttrennorganen nicht ausgeschiedene Kraut- und Unkrautteile wurden gröss-

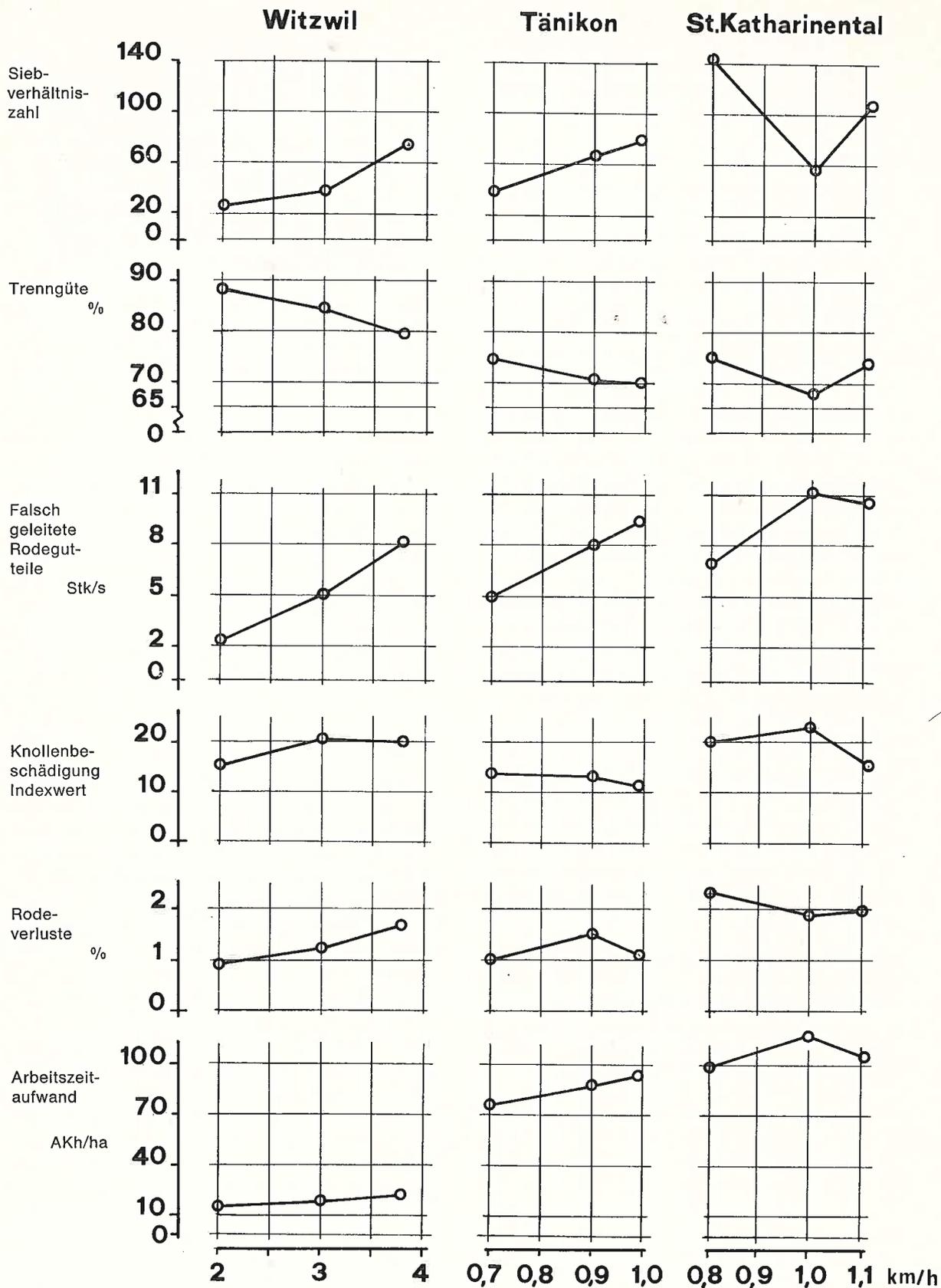


Abb. 8: Ergebnismittelwerte aller Vollernter in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen und der Rodegeschwindigkeit.

Ein erhöhter Durchsatz führte zu einer Verschlechterung der Sieb- und Trennergebnisse. Als Folge zeigte sich ein grösserer Arbeitsaufwand. An der Veränderung der Knollenbeschädigung und der

Rodeverluste ist hingegen kein sicherer Zusammenhang erkennbar. Im Versuch St. Katharimental kommen die unterschiedlichen Rodeverhältnisse (Tab. 3) zwischen der ersten, zweiten und dritten Rodegeschwindigkeitsvariante durch den gebrochenen Kurvenverlauf deutlich zum Ausdruck.

tenteils durch die Gummifingerbänder vom Kartoffelstrom abgetrennt. Vereinzelt von Hand noch auszu-lesende Krautteile beeinflussten selbst in Witzwil (grünes Kraut) den Arbeitsaufwand nur sehr gering. Diesbezügliche Unterschiede zwischen den einzelnen Maschinen waren nicht festzustellen.

#### **Knollenbeschädigung**

Sowohl die Siebband- wie auch Siebrostvollernter ermöglichten mit Ausnahme der Wisent-Maschinen im leichten Moorboden von Witzwil eine sehr knollenschonende Sammelernte. Die relativ hohen Beschädigungsraten der Typen Wisent SRB und RM-R wurden offensichtlich durch zu hohe Umlaufgeschwindigkeiten der Siebbänder (Tab. 4) und zu hart arbeitende Siebhilfen (Siebband- und Krautbandklopfer, Klutenreiber) verursacht. Die Problematik einer optimalen Einstellung kommt an diesem Beispiel deutlich zum Ausdruck. Aufgrund einer Zwischenauswertung konnten die Einstellungen in den Folgeversuchen gezielter vorgenommen werden. So wurden trotz der beträchtlichen Stein- und Erdschollenanteile in Tänikon und St. Katharinental die Beschädigungswerte von Witzwil mit den Siebbandmaschinen meistens noch wesentlich unterschritten (Abb. 7). In diesen Böden beschädigten die beiden Siebrostvollernter (Hassia) das Erntegut bedeutend stärker als die übrigen Maschinen, wobei im Gegensatz zu Witzwil der Roder mit dem engeren Siebstababstand (KRM-B) günstiger zu beurteilen ist.

#### **Rodeverluste**

Die Rodeverluste konnten mit allen Maschinen auch unter schwierigen Erntevoraussetzungen und bei kleinfallendem Knollenmaterial in gut vertretbaren Grenzen gehalten werden. Die relativ grosse Streuung nach oben ist vorwiegend auf vereinzelt tieferwachsende Stolonen zurückzuführen und kann den betreffenden Maschinen nicht angelastet werden. Bei den verlorenen Knollen handelt es sich meistens um minderwertige Grössen unter 35 mm, die den Rohertrag praktisch nicht beeinflussen. Sowohl zwischen den einzelnen Systemen wie auch Rodertypen konnten keine gesicherten Unterschiede nachgewiesen werden. Allerdings bleibt zu bemerken, dass infolge des extremen Witterungsverlaufes von 1976 weniger Krautmasse und ein geringerer Knollenertrag anfielen als im Mittel der Jahre.

#### **Leistungs- und Energiebedarf**

Der Leistungsbedarf aller Maschinen kann als klein bezeichnet werden. Entsprechend den verschiedenen Sieb- und Trennsystemen sowie Rodergewichtsklassen zeigten sich gewisse Unterschiede im Drehmoment- und Zugkraftbedarf. Noch erhöhen dürften sich diese Werte, wenn in schweren oder steinigen Böden, bei sehr grossen Rodetiefen oder am Hang gerodet wird. Bei genügender Leistungsreserve dürften für die leichteren Vollernter Traktoren von 25–30 kW (35–40 PS) und für die schweren solche von 30–35 kW (40–50 PS) ausreichen. Von Bedeu-

tung ist in erster Linie ein ausreichendes Traktorgewicht.

#### **Arbeitswirtschaftliche Ergebnisse**

Den grössten Einfluss auf die Arbeitszeit für das Roden haben die Bodenverhältnisse. In Witzwil wurde eine durchschnittliche Arbeitszeit von 20 h, in Tänikon von 87 h und in St. Katharinental von 106 h je Hektare festgestellt. Die Ausleseleistung von falsch geleiteten Rodegutteilen je Person auf dem Hauptband liegt bei Maschinen mit den besteingerichteten Verlesetischen 30% über denjenigen Maschinen mit schlechter Anordnung der Nebenbänder zum Hauptband. Die Ausleseleistung auf den Nebenbändern ist bei allen Maschinen gleich. Eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit hat meistens eine Vergrösserung des Zeitbedarfes für das Auslesen der falsch geleiteten Rodegutteile zur Folge, da die Siebverhältniszahl und die Trenngüte infolge Mehrbeschickung mit Rodegutteilen abnimmt. Die Typen Standette und Standard von Grimme erforderten durchschnittlich ungefähr den gleichen Zeitbedarf. Die beiden Samro- und Wisentmaschinen, die Grimme Super SG und die Hassia-BR arbeiteten an den drei Versuchsorten im Durchschnitt am besten. Erstaunlich ist das wesentlich bessere Ergebnis der Hassia KRM-BR verglichen mit der Hassia KRM-B. Diese Verbesserung wurde durch den grösseren Siebstababstand erreicht.

#### **6. Schluss**

Alle in den Versuchen eingesetzten Kartoffellernernten konnten bezüglich Funktionssicherheit und Handhabung in verschiedenen Einsätzen gut befriedigen. Hinsichtlich der Arbeitsqualität und Leistung zeigten sich zum Teil je nach den Einsatzbedingungen gewisse system- und typenbedingte Unterschiede. Immer noch mehr oder weniger hoch fiel unter schwierigen Rodevoraussetzungen der Arbeitszeitbedarf für das Auslesen der falsch geleiteten Rodegutteile aus. Dem Maschinenhersteller stellt sich damit in erster Linie die Forderung nach einer Weiterentwicklung der Trennorgane. Dem Kartoffelpflanzer obliegt es, durch gezielte Anbaumassnahmen möglichst günstige Bedingungen für den Vollernter zu schaffen.

#### **Vermerk:**

Die FAT veröffentlicht zur Zeit ein «Arbeitswirtschaftliches Blatt» zur Kartoffelernte mit Sammelrodern. Darin sind vor allem die Einflüsse von Parzellengrössen, Kartoffelerträgen und Kartoffelumschlagverfahren (Bunker, Absackstand) berücksichtigt.

#### **Literatur:**

[1] Spiess E.: Bedeutende Knollenbeschädigungsursachen beim Kartoffellernernteverfahren — Versuchsergebnisse. Schweiz. Landw. Forschung, Heft 1/2 1976

Nachdruck der ungekürzten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.