

zusätzliche Anforderungen vor allem an die Meßwertverarbeitung. Während für die Qualitätssortierung ungeschälter Kartoffeln oder Äpfel der Durchmesser des Abtastflecks häufig nicht kleiner als 3 mm gewählt wird, ist für die Größenbestimmung wahrscheinlich ein Rastermaß von 1 mm erforderlich. Damit erhöht sich die zu verarbeitende Pixelzahl etwa um den Faktor 10. Weiterhin erfordert die Bestimmung der Hauptachsen aus den einzelnen Kamerabildern auch einen erwähnenswerten rechentechnischen Aufwand, der sich letztlich in einer Durchsatzverminderung niederschlägt. Lösungsansätze für diese Problematik dürften sowohl in der Auswahl rechentechnisch günstiger Grundkennwerte für die Algorithmenauswahl, z. B. Berechnung aus Flächen statt Achsen (Tafel 2), als auch in einer zweckmäßigen Aufgabenteilung im Verarbeitungsteil, z. B. Mehrprozessor-Verarbeitung, zu suchen sein.

Mit der Bestimmung der Masse jedes Einzelstückes und damit der Möglichkeit einer Zuordnung zu ausreichend vielen Masseklassen sind auch Folgerungen für anschließende Abpackvorgänge denkbar. Zumindest für Produkte mit höherem Handelswert, wie z. B. Äpfel, wäre die Verminderung des vom Produzenten nicht gewünschten Übergewichtes in Kleinpackungen durch Einzählen von Stücken aus unterschiedlichen Masseklassen möglich, wobei jeweils eine Zuordnungsoptimierung aufgrund der in den Klassen vorliegenden Stücke durchgeführt werden könnte (Bild 3).

Mit der in der Auswerteeinheit vorliegenden Stück- und Masseninformation stehen ferner Meßgrößen über den momentanen Stück- und Massendurchsatz des Produktionszwei-

ges zur Verfügung, in dem ein solcher Automat eingeordnet ist. Damit ist es möglich, Durchsatzregelungen an Zwischenbunkern mit Rohmaterial vorzunehmen und so eine volle Auslastung der Leistung der Aufbereitungsstrecke zu sichern.

#### 4. Schlußfolgerungen

Die Auswertung des nationalen und internationalen Wissensstandes zur Fraktionierung nach Qualitätsmerkmalen und die Analyse angrenzender Verfahrensgebiete läßt die Schlußfolgerung zu, daß sich ein Qualitätssortierautomat in der weiteren Entwicklung zu einer zentralen elektronischen Einrichtung in der Aufbereitung entwickeln kann, mit der eine Zusammenfassung bisher getrennter Arbeitsgänge und damit die Realisierung neuer technologischer Schemata möglich wird.

Sowohl gezeigte offene Fragen zur landtechnischen Auslegung als auch mit dem weiteren Entwicklungstrend der Mikroelektronik zusammenhängende Fragen kennzeichnen die Langfristigkeit eines solchen Konzeptes. Die Möglichkeiten, die durch eine konsequente Nutzung des Spektrums moderner Mittel der Automatisierungstechnik in der Pflanzenproduktion bestehen, sollten Veranlassung sein, diesen Aufgabenkreis bei technischen und technologischen Überlegungen und nicht zuletzt bei der Formulierung von Standards für die Gütesicherung landwirtschaftlicher Produkte vorausschauend zu berücksichtigen.

#### Literatur

[1] Nahir, D., u. a.: Tomato grading by impact forces response (Tomatensortierung durch Messung des Stoßkraftverlaufs). American Society

Agricultural Engineers, Paper 86-3028, St. Joseph, Mich., 1986.

- [2] Chamberlin, D. W.: Electro-optic field tomato color sorter (Elektro-optischer Farbsortierer für die Feldtomatenernte). American Society Agricultural Engineers, Paper 76-1533, St. Joseph, Mich., 1976.
- [3] Herold, B.; Baganz, K.: Entwicklungstendenzen der Mechanisierungsmittel zum Verlesen von Kartoffeln. *agrartechnik*, Berlin 34 (1984) 7, S. 316–318.
- [4] Anderzanov, A. L., u. a.: Po vaprosa za struktura na funkcionalnite schemi na ustrojstvata za sortirane na plodove v tehnologičen potok (Über das Problem der Struktur der funktionellen Schemata von Einrichtungen zur Sortierung von Früchten im technologischen Fluß). *Selskstopanska tehnika*, Sofia 18 (1981) 8, S. 31–35.
- [5] Borodin, I. F., u. a.: Avtomatizacija sortirovanija jablok (Automatisierung der Apfelsortierung). *Mechanizacija i elektrifikacija sel'skogo chozajstva*, Moskva (1986) 4, S. 50–52.
- [6] Porteous, R. L., u. a.: The identification of diseases and defects in potato tubers from measurement of optical spectral reflectance (Mängelerkennung an Kartoffelknollen durch Messung des spektraloischen Reflexionsverhaltens). *Journal of Agricultural Engineers Research*, London 26 (1981) S. 151–160.
- [7] Samotajew, A.; Starowojtow, W.: Automatisierung der Kartoffelsortierung. *Internationale Zeitschrift für Landwirtschaft*, Moskau/Berlin (1986) 3, S. 234–236.
- [8] Standke, R.: Anwendung der Remissionsmessung zur Mängelerkennung an Kartoffelknollen. *agrartechnik*, Berlin 37 (1987) 11, S. 507–509.
- [9] Porteous, R. L.; Muir, A. Y.: An experimental instrument for identifying damage, disease and other surface defects in potato tubers (Eine Versuchseinrichtung zur Erkennung von Beschädigungen, Krankheiten und anderen Oberflächenmängeln an Kartoffeln). *EAPR Abstracts of Conference Papers*. 8. Dreijahrestagung der Europäischen Gesellschaft für Kartoffelforschung in München 1981. A 5065

## Anwendung der Remissionsmessung zur Mängelerkennung an Kartoffelknollen

Dr. rer. nat. R. Standke, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### 1. Einführung

Optische Untersuchungen an biologischen Materialien gewinnen mit verbesserter Meß- und Analysetechnik zunehmend an Bedeutung. Technisch realisiert werden hauptsächlich Einrichtungen, die transmittierte (durchgelassene) oder remittierte (diffus reflektierte) Strahlung registrieren, um Rückschlüsse auf bestimmte Materialparameter oder -eigenschaften zu ermöglichen. Nachfolgend sollen Ergebnisse vorgestellt werden, die sich aus dem Remissionsverhalten von Kartoffelknollen im Bereich von 550 bis 2500 nm (sichtbare bis nahe infrarote Strahlung) ergeben.

Hierbei standen sowohl die direkte Mängelerkennung als auch der Einfluß von Verschmutzungen auf die Erkennung im Vordergrund.

### 2. Remissionsmessungen an mangelbehafteten Kartoffelknollen

Die untersuchten Kartoffeln wurden in Lagerhäusern der Bezirke Potsdam, Halle und Karl-Marx-Stadt von Gutachtern aus der Lagerware ausgewählt und in mangelfreie sowie mangelbehaftete Knollen (Naß-, Trok-

ken-, Mischfäule, Schorf, Rhizoctonia, verkorkte und frische mechanische Beschädigung und Ergrünung) eingeteilt. Dafür wurden Remissionskurven bestimmt (Bild 1).

Die dargestellten Kurven sind aus mehreren Versuchsreihen zusammengefaßt worden. Zwischen den Versuchsreihen waren statistische Unterschiede hinsichtlich der Lagerdauer, der Sorte und des Oberflächenzustandes der Kartoffelknollen nachweisbar. Weit aus stärker waren jedoch die im Bild 1 dargestellten Unterschiede hinsichtlich Mangelart und Mangelausprägung. Dazu wurden die Remissionswerte je Mangelart zu einer Normalverteilung zusammengefaßt, und für jede Wellenlänge bzw. Wellenlängenkombination konnte jetzt die Überlappung der so gebildeten Verteilungen als theoretische Fehlsortierung verrechnet werden. So konnte nachgewiesen werden, daß die Remissionswerte von 3 Wellenlängen ausreichen, um bei mehreren unterschiedlichen Mängeln vertretbare Fehlsortierungen zu gewährleisten (Tafel 1). Diese Resultate lassen sich deutlich verbessern, wenn man kartoffelparteibezogene Trennkriterien anstelle der hier benutzten Verteilungskriterien verwendet, die sich

aus einer Vielzahl unterschiedlicher Partien ergaben. Als Ergebnis einer derartigen Messung entstehen drei Klassen von Kartoffeln:

- mangelfreie Knollen
- ergrünte und frisch beschädigte Knollen
- anderweitig mangelbehaftete Knollen.

Tafel 1. Theoretische Fehlsortierungen in % (Stückanteil) für unterschiedliche Mängel bei der Messung von 3 Remissionswerten (Ergebnisse aus Simulationsrechnungen)

Mangel	theoretische Fehlsortierung	
mangelfrei	0,1	2,3
Fäule	≙ 1	≙ 0,1
verkorkte mechanische Beschädigung	≙ 10	≙ 3
Schorf	≙ 35	≙ 20
Rhizoctonia	≙ 3	≙ 2
Ergrünung	≙ 30	≙ 1
frische mechanische Beschädigung	≙ 0,1	≙ 0,0

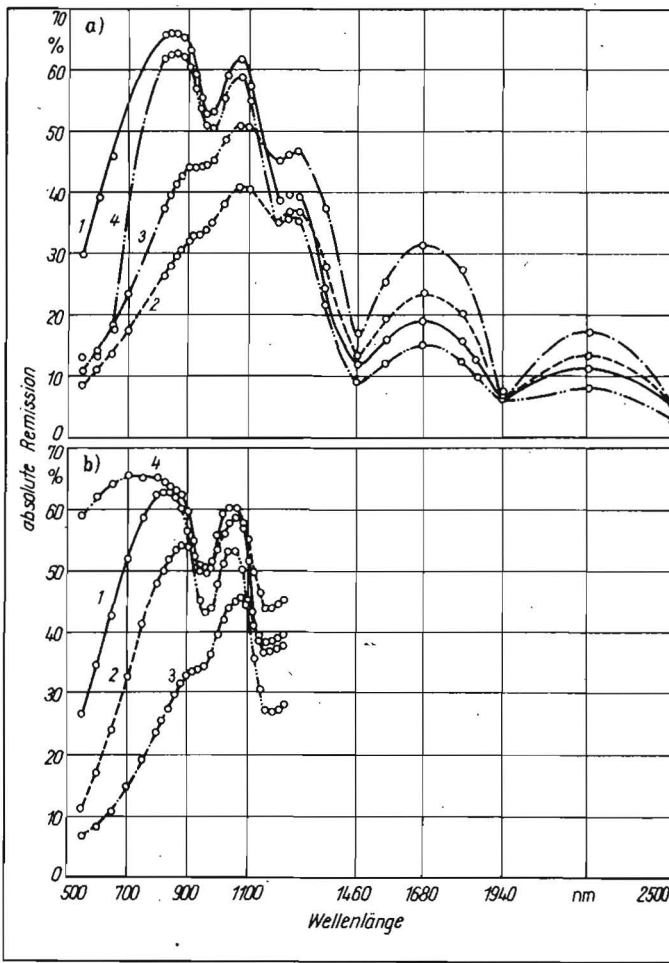


Bild 1. Remissionskurven für mangelfreie und mangelbehaftete Kartoffelknollen;  
 a) Herkunft: verschiedene Lagerhäuser 1979/80; Zustand: naßgereinigt, feucht, Mangel: 1 mangelfrei (n = 483), 2 Fäule (n = 546), 3 verkorkte Beschädigung (n = 406), 4 Ergrünung (n = 98)  
 b) Herkunft: verschiedene Lagerhäuser 1980/81; Zustand: naßgereinigt, feucht, Mangel: 1 mangelfrei (n = 200), 2 Schorf (n = 200), 3 Rhizoctonia (n = 151), 4 frische Schnittstelle (n = 200)

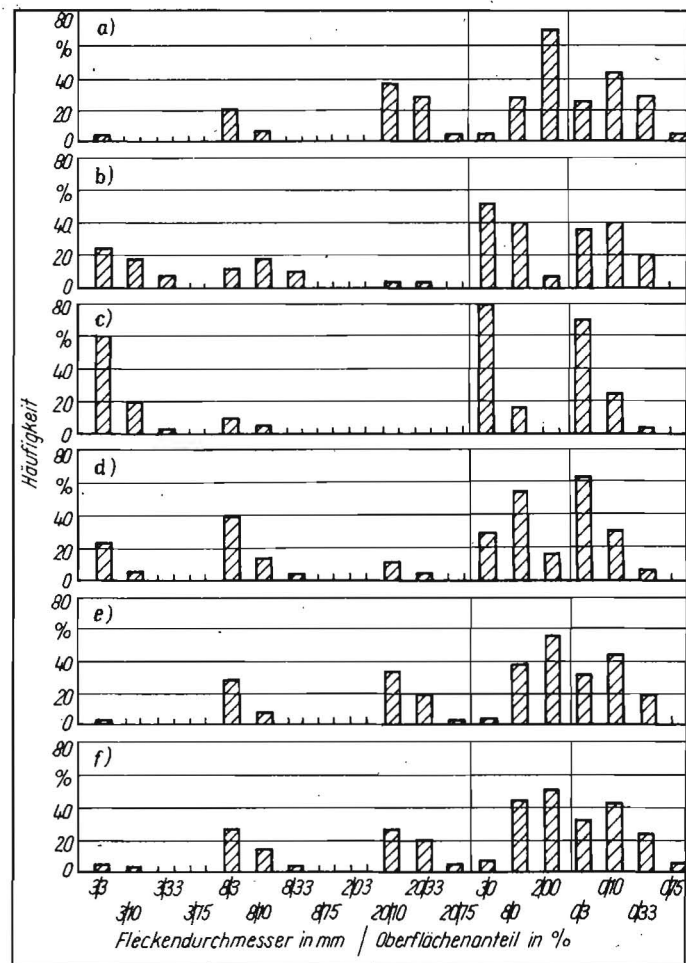
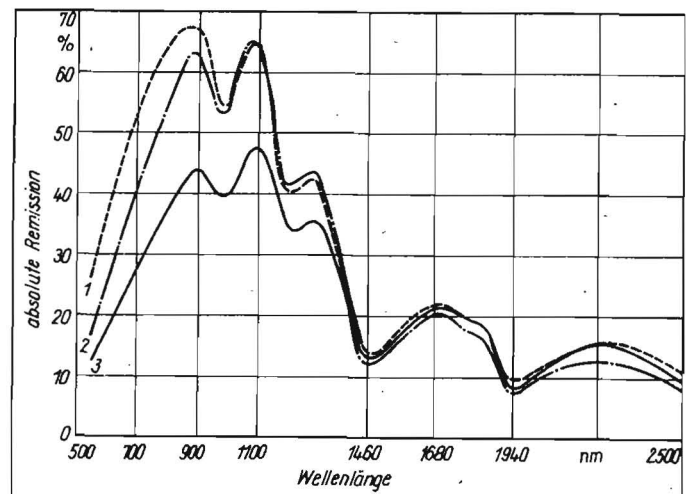


Bild 2. Auftretshäufigkeit verschiedener Mangelarten in den Boniturklassen bzw. Zusammenfassungen;  
 a) Fäule (n = 2984), b) Schorf (n = 8700), c) Rhizoctonia (n = 8513), d) verkorkte mechanische Beschädigung (n = 20027), e) Ergrünung (n = 3062), f) frische mechanische Beschädigung (n = 1856)

Will man zwischen den einzelnen Mangelarten unterscheiden, so müssen mehr Informationen ausgewertet werden. Das bringt einen erhöhten technischen Aufwand mit sich. Deshalb wurden umfangreiche Bonituren zum Mangelaufkommen (Tafel 2) und zur Mangelausprägung (Bild 2) an gelagerten Kartoffelknollen durchgeführt. Mit den in Tafel 1 aufgeführten Fehlsortierungen und dem Mangelaufkommen (Tafel 2) lassen sich Leitgütern für eine entsprechende Rohwarezusammensetzung simulieren. Die Mangelausprägung (Bild 2) zeigt, daß zwischen einzelnen Mangelarten auch über einen unterschiedlichen Mangelbleckdurchmesser unterschieden werden kann. Während die Mängel Fäule, Ergrünung und frische Beschädigung großfleckig auftreten, sind Schorf und Rhizoctonia hauptsächlich kleinfleckig.

Verleseeinrichtung unterschiedlich genau zu erfassen. Entsprechende, natürlich stark vereinfachende Berechnungen zeigen, daß sich mit einem relativ großen Meßbleck mit einem Durchmesser von 4 bis 5 mm eine dem Standard besser gerecht werdende Arbeitsqualität durch Höherbewertung der Schwerpunktmängel (Fäule, mechanische Beschädigung) erreichen läßt.

Bild 3. Remissionskurven für verschmutzte Kartoffelknollen in einem Lagerhaus;  
 Zustand: natürlich verschmutzt, feucht, Mangel: mangelfrei  
 1 Kampagne 1983/84, Messung Frühjahr 1984,  $S_{H,rel} = 0,073\%$ , n = 72  
 2 Kampagne 1982/83, Messung Herbst 1982,  $S_{H,rel} = 0,275\%$ , n = 80  
 3 Kampagne 1983/84, Messung Frühjahr 1984,  $S_{H,rel} = 0,598\%$ , n = 72



Da in den geltenden Standards (TGL 7776, TGL 7777) die einzelnen Mängel erst ab einer bestimmten Größe als Mangel gewertet werden (z. B. Standard TGL 7776: > 0% der Oberfläche bzw. Schnittfläche für faule Knollen, > 10% bzw. > 25% der Oberfläche für schorfartige Knollen), so ergibt sich aus den o. g. Ergebnissen die Möglichkeit, die einzelnen Mängel über einen entsprechend groß gewählten Meßbleck einer automatischen

### 3. Remissionsmessungen an schmutzbehafteten Kartoffelknollen

Anhaftender Schmutz beeinflusst das Remissionsverhalten von Kartoffelknollen in der gleichen Art und Weise wie eine mangelbehaftete Oberfläche (z. B. Fäule im Bild 1). Diese Aussage ist auch für Steine gültig. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, ein Höchstmaß an zulässigem Haftschatz festzulegen. Als Maß für den Haftschatz

Tafel 2. Absolute und relative Anzahl von Kartoffelknollen für unterschiedliche Mangelfreigrenzen je Knolle (Gesamtanzahl der bonitierten Knollen: 88738)

Mangel	Mangelfreigrenze (Oberflächenanteil in %)							
	0		5		15		50	
	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
mangelfrei	17 107	19,28	57 501	64,80	79 467	89,55	86 302	97,25
Fäule	4 285	4,83	3 336	3,76	1 807	2,04	564	0,64
verkornte Beschädigung	28 171	31,75	9 622	10,84	1 498	1,69	102	0,11
Schorf	15 822	17,83	8 597	9,69	2 212	2,49	224	0,25
Rhizoctonia	14 969	16,87	3 300	3,72	420	0,47	1	0,00
Ergrünung	4 394	4,95	3 102	3,50	1 121	1,26	141	0,16
frische Beschädigung	2 834	3,19	2 124	2,39	1 057	1,19	248	0,28

wurde der relative Haftschnutzrockenanteil  $S_{H,rel}$  in % entsprechend Gl. (1) benutzt, wobei diese Größe durch das Waschen einer größeren Kartoffelprobe ermittelt wird:

$$S_{H,rel} = \frac{100 m_t(S)}{0,99 m_f(K)} \quad (1)$$

$m_t(S)$  Trockenmasse des abgewaschenen Schmutzes

$m_f(K)$  Frischmasse der so gereinigten Knollen.

Die im Bild 3 dargestellten Ergebnisse entsprechender Remissionsuntersuchungen ergaben einen maximal zulässigen Haftschnutzrockenanteil von 0,3%. Dieser Wert wird i. allg. nur bei relativ trockenen Erntebedingungen ohne Nachbehandlung erreicht.

#### 4. Schlußfolgerungen für die technische Ausführung und technologische Einordnung einer automatischen Verleseeinrichtung

Aus den in den o. g. Abschnitten ermittelten Ergebnissen und tendenziellen Aussagen ergeben sich für eine automatische Verleseeinrichtung auf der Grundlage des gegenwärtigen Erkenntnisstandes nachstehende Schlußfolgerungen:

- Beschränkt man sich in der Signalgewinnung auf die Remissionswerte von 2 oder 3 unterschiedlichen Wellenlängen, was schon einen relativ hohen technischen Aufwand erfordert, so müssen die ausgesonderten Knollen (von der automatischen Verleseeinrichtung als mangelbehaftet er-

kannt) erneut manuell verlesen werden. Der vorgeschlagene Kompromiß (Meßfleckdurchmesser von 4 bis 5 mm) ordnet den ausgesonderten Knollen, rd. 20% (Stückanteil) der Rohware, rd. 50% (Stückanteil) im Sinne der Standards als mangelfrei anzusehende Knollen zu. Dies ergibt sich aus dem gleichen Remissionsverhalten von im Sinne der Standards unterschiedlich mangelbehafteten Knollen.

- Die Knollen müssen in den meisten Fällen vor der automatischen Verleseeinrichtung gereinigt werden.
- Soll die automatische Verleseeinrichtung neben dem Verlesen noch Beimengungen (Erdkluten, Steine) abscheiden, so entstehen erhöhte Anforderungen an den Schutz vor Verschmutzung und vor Verschleiß der optischen Kammer.

Aus der Einbeziehung praktischer Gesichtspunkte ergibt sich, daß besonders die Verlesegenauigkeit einer dem gegenwärtigen Stand entsprechenden automatischen Verleseeinrichtung prinzipielle Grenzen hat. Sie wird aber mit Sicherheit Verleseergebnisse erzielen, die über den gegenwärtig manuell erreichten liegen. Für alle Bedingungen wird die automatische Verleseeinrichtung aber noch nicht die Anforderung der gegenwärtig für visuelle Inspektion geltenden Standardfestlegungen erfüllen können.

A 5063

## Technische Lösungen zum Vermarkten von Kartoffeln und Gemüse in Säcken

Dr. agr. G. Wormanns, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Von der Verlestrecke fließt dem Absackbereich innerhalb der täglichen Arbeitszeit ein annähernd zeitkonstanter Massestrom zu. Demgegenüber treten beim Verladen gefüllter Säcke im Tagesverlauf wiederholte Pausen ein, wenn zeitweilig kein beladbares Nutzfahrzeug bereitsteht. Während des Verladeprozesses sind größere Masseströme notwendig, als sie die Verlestrecke realisieren kann. Deshalb ist zwischen Verlesen und Verladen eine Zwischenspeicherung als technologischer Puffer notwendig (Bild 1). Die Art dieser Zwischenspeicherung übt unmittelbaren Einfluß auf die Verfahrenssicherheit und Ökonomie des Verfahrens aus. Der Auftrag an das Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim, die auf 20 bis 30 Arbeitstage begrenzte Arbeitsspitze „Herbsteinkellerung“ durch Automatisierung der Absacktechnik mit brechen zu helfen, steht darum in engem Zusammenhang mit der Gestaltung der Zwischenspeicherung.

#### Varianten der Zwischenspeicherung beim Vermarkten von Kartoffeln in Säcken

Mögliche Grundvarianten der Zwischenspeicherung im Absackbereich sind im Bild 2 dargestellt:

- Zwischenspeichern der Einzelsäcke (Variante 1)
- Zwischenspeichern der Säcke auf Paletten (Variante 2)
- Zwischenspeichern des losen Gutes (Variante 3).

Beim Zwischenspeichern der Einzelsäcke (Variante 1), der gegenwärtig üblichen Form, werden die gefüllten Säcke nebeneinander auf eine Lagerfläche gestellt. Der Transport zum Lager und von dort zum Verladen erfolgt mit der Sackkarre. Mechanisierungs- und vor allem Automatisierungslösungen würden, zumal das vorwiegend eingesetzte Verpackungsmaterial in Form und Abmessung durch die Mehrfachverwendung nicht einheitlich ist, sehr großen technischen Aufwand erfordern. Ausreichende Zuverlässigkeit könnte kaum garantiert werden.

Das Zwischenspeichern der Säcke auf Paletten (Variante 2) erfordert Säcke, die gefüllt eine quaderähnliche Form annehmen (Klappensack [1], zugenähter Flachsack). Sie sollen über eine Packungsmasse von  $\leq 30$  kg anstelle der üblichen 50-kg-Säcke verfügen. Anderenfalls kann die erforderliche Stapelsicherheit auf der Flachpalette, trotz vorheriger Egalisierungsmaßnahmen am gefüllten Sack, nicht erreicht werden.

Die in den letzten Jahren vom Forschungszentrum für Mechanisierung vorgelegten Ergebnisse [2] zeigen eindeutig, daß die zum

Bild 1 Wechselwirkung zwischen Verlesemassestrom, Verlademassestrom und Zwischenspeichermenge; M notwendige Zwischenspeichermenge,  $m_v$  Verlesemassestrom,  $m_L$  Verlesemassestrom,  $t_L$  Ladezeit für ein Nutzfahrzeug,  $t_v$  notwendige Verlesedauer

