

# Computerintegrierter Maschinen- und Traktoreneinsatz in der Pflanzenproduktion – Grundlagen und konzeptionelle Überlegungen

Prof. Dr. sc. techn. K. Queitsch, KDT/Prof. Dr. sc. agr. H. Mainz, KDT

## 1. Problemstellung

Am Beispiel der Pflanzenproduktion soll ein mögliches Konzept für eine computerintegrierte landwirtschaftliche Produktion skizziert werden. Hauptsächlich wird dabei auf die Gestaltung von Teilprozessen zum Einsatz landtechnischer Arbeitsmittel eingegangen. Weiterhin soll die Diskussion zur interdisziplinären Entwicklung eines effektiven Systems der computerintegrierten landwirtschaftlichen Produktion angeregt und Zielrichtungen, Verflechtungen sowie Schnittstellen deutlich gemacht werden, um ein stufenweise ausbaufähiges, kompatibles und einheitliches System zu schaffen und schrittweise in die Nutzung zu überführen.

Gegenwärtig werden Teilsysteme rechnergestützter Arbeit entwickelt und erprobt, andere befinden sich im Einsatz. Deshalb besteht die Aufgabe, über eine zweckmäßige Einbindung und Nutzbarkeit im System nachzudenken und Vorstellungen über die Ausbaufähigkeit zu entwickeln.

In der Industrie werden Lösungen zur computerintegrierten automatischen Fertigung – sog. CIM-Technologien (computer integrated manufacturing) – erarbeitet und erprobt.

In der Landwirtschaft ist aufgrund folgender Besonderheiten in absehbarer Zeit keine automatische Produktion zu erwarten:

- Produktion unter freiem Himmel
- biologisch aktiver Produktionsgegenstand
- Klima- und Wettereinfluß, unregelmäßige Schlaggestaltung
- stochastisch veränderliche Einflußgrößen.

## 2. Teilsysteme des computerintegrierten Produktionsprozesses in der Pflanzenproduktion

Nach Bild 1 ordnet sich ein System der computerintegrierten landwirtschaftlichen Produktion in folgende Ebenen:

- arbeitsgang- oder verfahrensbezogene Prozeßebene
- betriebsbezogene Leitungsebene
- betriebsbezogene Planungsebene.

Darüber hinaus sind überbetriebliche Strukturen der Information, der Leitung, Planung und Kommunikation erforderlich, die hier nicht näher betrachtet werden sollen.

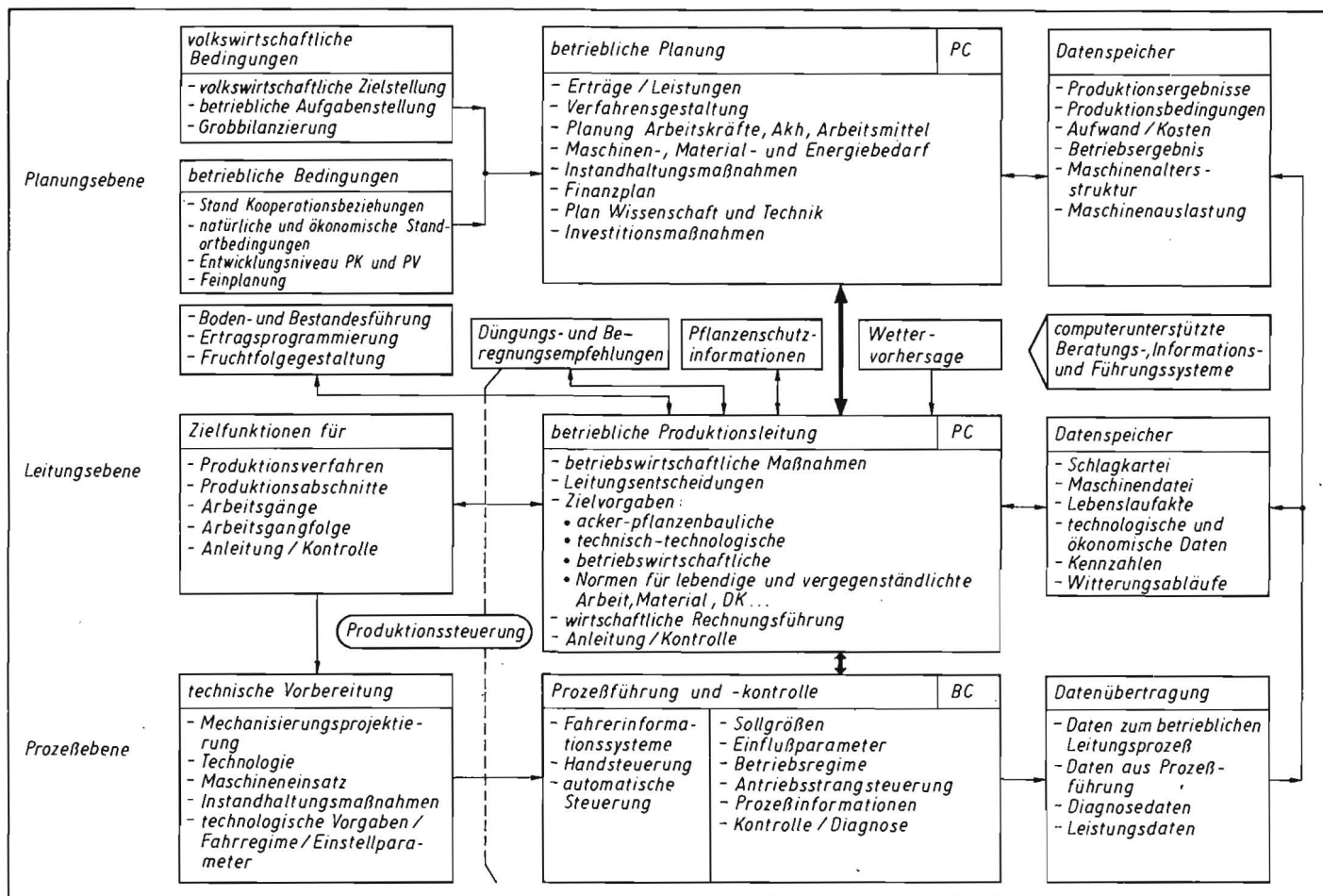
### 2.1. Prozeßebene

Die Produktion pflanzlicher Erzeugnisse wird in Folgen oder Komplexen von Arbeitsgän-

gen mit Hilfe von landtechnischen Arbeitsmitteln realisiert. Im Bild 2 wird am Beispiel eines Arbeitsgangs der Bodenbearbeitung schematisch dargestellt, wie die Traktor- und Landmaschinenfunktionseinheiten zusammenwirken sowie gesteuert und wechselseitig beeinflusst werden.

Betriebs- und Prozeßparameter der Landmaschine bestimmen unter dem Einfluß von Boden- und Fahrbahnbedingungen bei gegebener Arbeitsgeschwindigkeit die Kräfte, die auf den Traktor maschinenseitig wirken. Wesentlichen Einfluß auf das Betriebsverhalten des Traktors hat die Kopplungseinrichtung durch Positionen der Anlenkpunkte, durch Lenkerstellungen und durch Leistungsabnahme (Zapfwelle, Hydraulik). Die Steuerung des Antriebsstrangs (Motor, Getriebe, Achsgetriebe usw.) mit Auswirkungen auf Motorbetrieb, Gangwahl, Leistungsaufteilung, Rei-

Bild 1. Schematische Darstellung eines betrieblichen Systems der Planung und Steuerung der landwirtschaftlichen Produktion durch computerintegrierte Informations-, Kommunikations- und Steuerungsprozesse; BC Bordcomputer, PC Personalcomputer



feninnendruck, Ein- oder Ausschalten der Differentialsperren u. a. hat entscheidenden Einfluß auf Wirkungsgrade, d. h. auf spezifische Verbrauchs- und Leistungsgrößen. Mit der Steuerung nach objektiven Kriterien durch einen Bordcomputer, der die Funktion eines Prozeßrechners für teilautomatisierte Systeme übernimmt, kann eine Reihe betriebsökonomischer Effekte erzielt werden.

Die Handlungen des Mechanisators werden zusätzlich durch ein Fahrerinformationssystem, das mit dem Bordcomputer verbunden ist, unterstützt. Die technisch-technologische Vorbereitung (Maschinenauswahl, Kombinationen, Zubehör, Einstellparameter u. a.) erfolgt durch eine vorausgehende Variantenrechnung mit Hilfe von Simulationsmodellen am Personalcomputer. Wichtige Parameter für die Einsatzprojektierung, für die Maschineneinstellung und darüber hinaus für die Technologie und die Koordination des Einsatzes von Maschinenkomplexen sowie des Transports bis zur technischen Versorgung werden durch die Vorausberechnung mit Hilfe von Personalcomputern gewonnen. Dazu sind die mathematische Durchdringung der Prozesse, ihre Verallgemeinerung und Umsetzung in Algorithmen

und Rechnerprogramme und die Gewinnung sowie Speicherung betrieblicher Daten notwendig. An der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg liegen für Arbeitsgänge der Bodenbearbeitung erste Programme vor, die die energetische Analyse des Traktors (FE-TAP) und die Ermittlung des Kraft- und Leistungsbedarf für Bodenbearbeitungsgeräte und -maschinen (TEPROBA) ermöglichen. An der Erweiterung zur universellen Nutzbarkeit wird gearbeitet.

Zur Fahrerinformation und zur automatischen Steuerung von Teilprozessen werden Meßgrößen zum Istzustand benötigt, die durch geeignete Sensoren aufgenommen und im Bordcomputer verarbeitet werden. Dabei lassen sich auch Informationen über den Prozeßverlauf (z. B. Kraftstoffverbrauch, Betriebsstunden, Leistungsgrößen u. a.) und diagnostisch verwertbare Daten gewinnen. Schwieriger gestaltet sich die Ermittlung von Informationen über erzielte Bearbeitungsergebnisse, die zu landmaschinenseitigen Steuerungen einsetzbar sind (z. B. Bodenzerkleinerung). Die Erfassung von Prozeßdaten, ihre Speicherung und ihre Übertragung zum stationären Betriebsrechner muß technisch so gelöst werden, daß eine hohe Zuverlässigkeit im System erreicht und die Abhängigkeit vom Menschen möglichst ausgeschlossen wird.

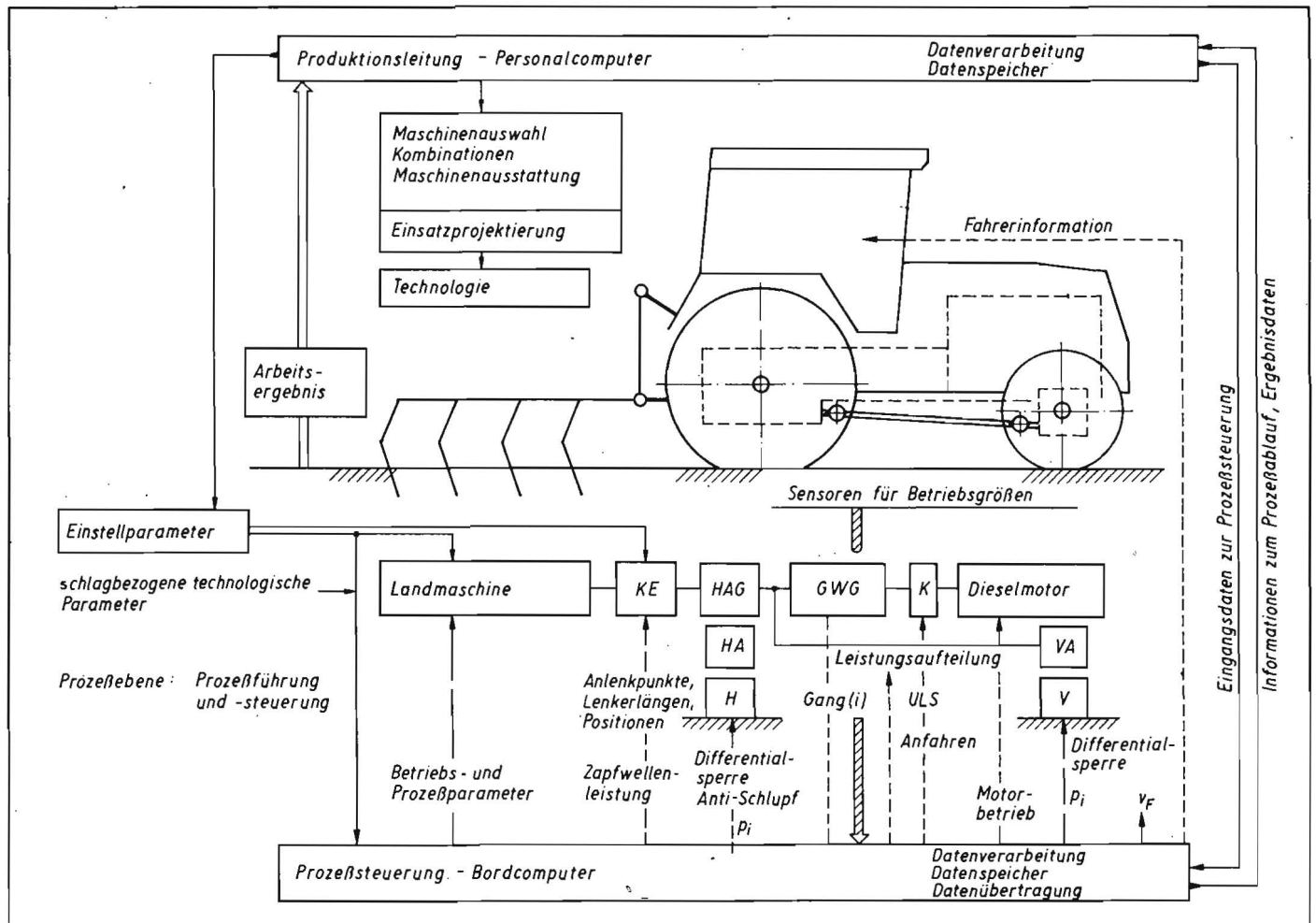
## 2.2. Planungs- und Leitungsebene

Dem täglich ablaufenden Produktionsprozeß geht eine Vielzahl von Leitungsentscheidungen und produktionsvorbereitenden Maßnahmen voraus. Sie beruhen auf begründeten Zielvorgaben unter Berücksichtigung konkreter betrieblicher Produktionsbedin-

gungen. Mit Hilfe des Computers und entsprechend entwickelter betriebswirtschaftlicher, ökonomischer, technologischer Modelle und Simulationsstrategien lassen sich Einsatzvarianten alternativ vorausberechnen, die z. B. unter Berücksichtigung von zu erwartenden Witterungseinflüssen schnelle und treffende Entscheidungen ermöglichen sowie ökonomische Risiken minimieren.

Bild 1 verdeutlicht eine Auswahl von Gesichtspunkten für die betriebliche Produktionsleitung, die Vorgabe von Zielfunktionen für ein Produktionsverfahren bis zu einzelnen Arbeitsgängen und die Ableitung von Maßnahmen der technischen Vorbereitung. Einbezogen werden die computerunterstützten Beratungs-, Informations- und Führungssysteme, die die konkreten betrieblichen und schlagbezogenen Bedingungen mit erfassen und so das Ertragspotential besser auszuschöpfen gestatten. Hier sind weitere Elemente im System zu schaffen, die geeignete Werkzeuge, Geräte, Maschinen und Komplexe für eine sachgerechte Auswahl zur Entscheidung vorbereiten. Eine effektive rechnergestützte Bearbeitung ist nur möglich, wenn ausreichend gesicherte Daten, die ständig aktualisiert und ergänzt werden, verfügbar sind. Der laufende Bezug auf betriebliche Planvorgaben aus der Planungsebene ist dabei unerlässlich. Die Nutzung von Prozeßdaten sowie von Daten der Produktionsbedingungen ermöglichen eine jährliche aber auch mittel- und langfristige Planung z. B. des Maschinenbedarfs (bei Auswertung der Maschinenauslastung, der Altersstruktur der Maschinen, der Ausfallzeiten und Kampagneleistungen in Abhängigkeit vom technischen Zustand u. a. Einflußgrö-

Bild 2. Schema der computerintegrierten Prozeßführung und -steuerung am Beispiel eines Arbeitsgangs der Bodenbearbeitung; H Hinterräder, HA Hinterachse, HAG Hinterachsgetriebe, GWG Gangwechselgetriebe, K Kupplung, KE Kopplungseinrichtung, V Vorderräder, VA Vorderachse, ULS Unterlastschaltstufe, p<sub>i</sub> Reifeninnendruck, v<sub>F</sub> Fahrgeschwindigkeit



Ben). In dieser Hinsicht ermöglicht ein funktionierendes System der computerintegrierten landwirtschaftlichen Produktion nicht nur die weitgehende Ausnutzung der Ertrags- und Leistungspotentiale, sondern auch die Minimierung der Aufwendungen nach verschiedenen Richtungen. Voraussetzung sind eine tiefgründige Erfassung der wirkenden Mechanismen der Biologie, der Technik, der Ökonomie und ihres Zusammenwirkens sowie die gründliche Modellierung der Teilprozesse und ein komplexes System der Computernutzung einschließlich Datenerfassung und -verarbeitung. Ziel der computerintegrierten Planung und Leitung sowie der Prozeßsteuerung und -kontrolle ist ein höheres komplexes Produktionsniveau, das eine Beherrschung des Produktionsprozesses im Detail voraussetzt und im Komplex ermöglicht. Dazu gehört eine weitgehende automatisierte Informationserfassung, -verarbeitung und -bereitstellung sowie ihre gezielte Nutzung zur Prozeßführung, -leitung und -planung. Von besonderer Bedeutung für weitere Arbeiten sind die Durchdringung der technischen Prozesse und ihre Verknüpfung mit bereits ausgearbeiteten Systemen. Für

Traktoren, Landmaschinen und andere technische Arbeitsmittel lassen sich durch das dargestellte System der Informations- und Kommunikationsprozesse in sehr günstiger Weise Informationen zum technischen Zustand (Diagnose während des Betriebs) gewinnen und Maßnahmen zur Gewährleistung hoher technologischer Verfügbarkeit, u. a. durch planmäßig vorbeugende sowie durch operative Instandhaltung, computerunterstützt ableiten.

### 3. Schlußfolgerungen

Der gegenwärtige Entwicklungsstand in der landwirtschaftlichen Produktion ist durch das Bemühen um wissenschaftliche Durchdringung der betrieblichen Produktionsprozesse und ihre Objektivierung durch rechnerunterstützte Teilprozesse gekennzeichnet. Die zielstrebige Nutzung rechnerunterstützter Systeme zur Erhöhung der Leistungen, der Leistungsfähigkeit und zur optimierten Gestaltung der betrieblichen Reproduktionsprozesse wird sich weiter fortsetzen. Das längerfristige Ziel muß eine computerintegrierte landwirtschaftliche Produktion sein, die

durch systematische interdisziplinäre Arbeit in Forschung und Entwicklung alle tangierenden Bereiche zusammenführt und Beiträge zum Gesamtsystem erwarten läßt. Neben der Ausgestaltung und den Problemlösungen der betrieblichen Prozesse sind Rechnerverbundnetze anzustreben, die die Planung und Leitung gesamtwirtschaftlicher und regionaler Prozesse unterstützen und rationalisieren.

Das entwickelte System der möglichen künftigen Gestaltung der landwirtschaftlichen Produktion zwingt zu Teilkonzeptionen hinsichtlich einer einheitlichen Rechnerbasis, der Programmiersprachen und der Entwicklung einheitlicher Teilsysteme, um Verluste, Mehrfachentwicklungen und mögliche nachträgliche Umstellungen einzugrenzen. Rechnerunterstützte Teilsysteme sind so zu entwickeln, daß sie sofort nutzbar sind, und daß das Gesamtsystem stufenweise ausgebaut werden kann. Zu entwickeln sind Datenspeicher, effektive Methoden der mathematisch-statistischen Verarbeitung, der Datenverwaltung und -nutzung unter der Voraussetzung, daß einmal erfaßte Daten für alle Zielfunktionen verwertbar und nutzbar sind. A 5745

## Untersuchungen zu Nachtrenneinrichtungen für Kartoffelerntemaschinen

Dr.-Ing. H. Adermann, KDT/Dr.-Ing. K.-H. Fleischmann, KDT/Prof. Dr. sc. agr. G. Kühn, KDT

### Verwendete Formelzeichen

$f_B$	Beimengungsanteil
$f_{B1}$	Beimengungsanteil im Kartoffelgutstrom der Haupttrenneinrichtung
$f_{BR}$	Restbeimengungsanteil
$\dot{m}_{AB1}$	Beimengungsgutstrom der Haupttrenneinrichtung (einschließlich fehlgetrennter Kartoffeln)
$\dot{m}_{AB2}$	Beimengungsgutstrom der Nachtrenneinrichtung (einschließlich fehlgetrennter Kartoffeln)
$\dot{m}_{AK}$	Kartoffelgutstrom nach Zusammenführung von $\dot{m}_{AK1}$ und $\dot{m}_{AK2}$
$\dot{m}_{AK1}$	Kartoffelgutstrom der Haupttrenneinrichtung (einschließlich fehlgetrennter Beimengungen)
$\dot{m}_{AK2}$	Kartoffelgutstrom der Nachtrenneinrichtung (einschließlich fehlgetrennter Beimengungen)
$\dot{m}_B$	Massestrom Beimengungen im Eingangsgutstrom
$\dot{m}_E$	Eingangsgutstrom (Durchsatz)
$\dot{m}_G$	Gesamtmasse einer zu trennenden Gemengekomponente
$\dot{m}_K$	Massestrom Kartoffeln im Eingangsgutstrom
$m_{KVzul}$	zulässiger Kartoffelverlust
$m_R$	Masse des richtig getrennten Anteils einer Beimengungskomponente
$q$	Quadratmaß
$\delta_B$	zulässiger Trennfehler für Beimengungen
$\delta_{B1}$	Trennfehler für Beimengungen der Haupttrenneinrichtung
$\delta_{K1}$	Trennfehler für Kartoffeln der Haupttrenneinrichtung
$\eta$	Trenngüte
$\eta_{B1}$	Trenngüte für Beimengungen der Haupttrenneinrichtung
$\eta_{B2}$	Trenngüte für Beimengungen der Nachtrenneinrichtung
$\eta_{BG}$	Gesamtrenngüte für Beimengungen
$\eta_{K1}, \eta_{K2}$	Trenngüte für Kartoffeln der Haupttrenneinrichtung bzw. der Nachtrenneinrichtung
$\eta_{KG}$	Gesamtrenngüte für Kartoffeln

### 1. Problemstellung

Während der Kartoffelernte verbleiben oft größere Beimengungsanteile (Steine und Kluten) im Erntegut und kommen so zur stationären Aufbereitung oder zur Lagerung [1]. Dies führt zu erhöhten Kartoffelbeschädigungen, zusätzlichem Bedarf an Transportfahrzeugen und Dieselmotorkraftstoff, erhöhter Bodenbelastung, erhöhtem Aufwand bei der Aufbereitung sowie zur ineffektiven Nutzung von Lagerkapazität.

In Verbindung mit Erfordernissen der Weiterentwicklung der Verfahren für die Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung von Pflanz- und Speisekartoffeln [2] und der Arbeitskräfteentwicklung in der Landwirtschaft ist daher zukünftig ein Erntegut mit  $\leq 10\%$  (Masseanteil) Beimengungen auf der Kartoffelerntemaschine ohne Verlesekräfte zu erzeugen. Mit den bekannten Trenneinrichtungen für Kartoffelerntemaschinen ist diese Zielstellung auch bei weiterer Vervollkommnung der Konstruktions- und Betriebsparameter der Trenneinrichtungen nicht durchgehend für alle Kartoffelstandorte zu erreichen. Neue, effektivere Wirkprinzipie zum Trennen von Kartoffeln, Steinen und Kluten für einen Eingangsgutstrom von  $\geq 30$  t/h sind im überschaubaren Zeitraum kaum zu erwarten bzw. ökonomisch nicht zu realisieren.

Die Anwendung von Nachtrenneinrichtungen im Kartoffel- und/oder Beimengungsgutstrom bekannter Trenneinrichtungen (Haupttrenneinrichtung) auf Kartoffelerntemaschinen kann als aussichtsreiche Alternative zum Erreichen der o. g. Zielstellung angesehen werden [3]. Hierzu sind theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Optimierung eines Mehrstufenprozesses notwendig, die eine Analyse von Prozeßgrößen der er-

sten Trennstufe (Haupttrenneinrichtung) einschließen.

### 2. Prozeßgrößen bei Reihenanzordnung von Trenneinrichtungen

Im Ergebnis von Voruntersuchungen war zu erkennen, daß von den möglichen Lösungen bei Reihenanzordnung von Trenneinrichtungen die Einordnung einer Nachtrenneinrichtung in den Beimengungsgutstrom der Haupttrenneinrichtung bestimmte Vorteile bietet. Dementsprechend wurden die vorliegenden Untersuchungen auf eine derartige Lösungsvariante eingegrenzt.

Bei der Einordnung einer Nachtrenneinrichtung in den Beimengungsgutstrom einer Haupttrenneinrichtung (Bild 1) interessieren die in Tafel 1 zusammengefaßten Prozeßgrößen und Berechnungsgleichungen. Mit den Berechnungsgleichungen können, ausgehend vom zulässigen Kartoffelverlust, die erforderliche Gesamtrenngüte für Kartoffeln und, in Abhängigkeit vom Beimengungsanteil im Erntegut, die erforderliche Gesamtrenngüte für Beimengungen bei einem Restbeimengungsanteil von  $10\%$  (Masseanteil) bestimmt werden (Bild 2). Mit den nach Bild 2 ermittelten Prozeßgrößen  $\eta_{KG}$  und  $\eta_{BG}$  können bei Kenntnis der Trenngüten der Haupttrenneinrichtung die erforderlichen Trenngüten der Nachtrenneinrichtung bestimmt werden (Bild 3).

An Haupt- und Nachtrenneinrichtung werden nach Bild 3 vor allem bei einem großen Beimengungsanteil im Erntegut hohe Forderungen hinsichtlich der Beimengungstrenngüten der Haupt- und Nachtrenneinrichtungen gestellt.

Als Haupttrenneinrichtung sind nur solche Trenneinrichtungen geeignet, deren Arbeitspunkt sich so einstellen läßt, daß ein Beimen-