

Die im Jahr 1989 veränderten Knaggen und Kurvenscheiben führten zur Erhöhung der Nutzungsdauer des Knaggenantriebs auf das 4- bis 5fache. Weitere Veränderungen erfordern eine genaue Kenntnis des Kräfte- und Momentenverlaufs.

Das Bild 6 zeigt den Drehmomentenverlauf am Stegkettantrieb in Abhängigkeit von der Futterart, von der Gutbeladung und vom kontinuierlichen bzw. diskontinuierlichen Antrieb. Beim kontinuierlichen Antrieb ist eine nahezu lineare Abhängigkeit des Drehmomentenbedarfs von der Lademasse erkennbar. Ausgehend von einem Leerlaufmoment von 70 Nm kann darauf geschlossen werden, daß bei einer Lademasse von 4,6 t ein maximales Drehmoment von rd. 1500 Nm erforderlich ist.

Infolge zusätzlicher Beschleunigungskräfte und Haftreibungswiderstände beim diskontinuierlichen Antrieb sind die erforderlichen Drehmomente wesentlich höher. Der Drehmomentenverlauf zeigt keine Linearität. Durch Haftreibungs- und Beschleunigungswiderstand des Gutstapels steigt das erforderliche Drehmoment zunächst auf ein Maximum an und fällt danach auf die zur Überwindung der Gleitreibung notwendige Größe ab. Nach Beendigung der Vorschubbewegung geht das Drehmoment auf eine Vorspannung zurück, die der während des Stillstands des Futterstocks verbleibenden Vorspannung entspricht und durch die Rückhalteknagge erhalten wird.

In der weiteren Forschung soll deshalb u. a. der mechanische Antrieb so weiter entwickelt werden, daß ein ständiger Vorschub des Futterstapels realisiert wird. Obwohl sich international hydraulische Antriebe bewährt haben, weisen mechanische Schrittschalteintriebe eine Reihe von Vorteilen auf, die bei der weiteren Entwicklung noch besser ausgeschöpft werden sollten [6, 7]. Die aus den Momentenmessungen rechnerisch ermittelten Kettenzugkräfte wurden durch Zugkraftmessungen an den Ketten des Stegkettentransporters bestätigt. Die Untersuchungen weisen nach, daß die Kettensicherheit bei diskontinuierlichem Antrieb 1,7 und bei kontinuierlichem Antrieb 2,27 beträgt. Es wird aber eine Kettensicherheit von 4 gefordert.

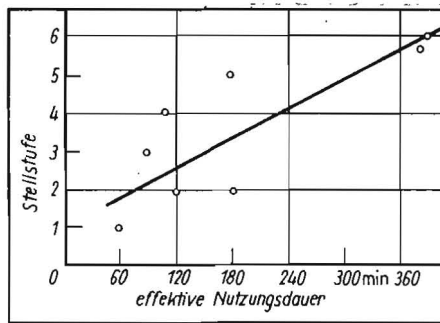


Bild 5. Effektive Nutzungsdauer der Arbeitskette in Abhängigkeit von der Stellstufe der Steuerscheibe [5];  
 $y = 0,013x + 1$ ,  $R = 0,79$

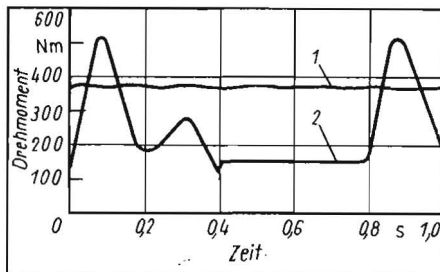


Bild 6. Drehmomentenverlauf an der Antriebswelle des Stegkettentransporters für Maissilage (Masse 1000 kg, Dichte 300 kg/m<sup>3</sup>);  
 1 kontinuierlicher Antrieb ( $M_{d-k} \approx 88,7 \text{ Nm} + 0,286 m_r$ , drehzahlunabhängig),  
 2 diskontinuierlicher Antrieb bei Schaltstufe 5 ( $M_{d-dk-5-max} \approx 212,8 \text{ Nm} + 0,294 m_r$ )

Bei langsamlaufenden Förderketten, wie z. B. im Futterverteilwagen, ist diese Unterschreitung jedoch zulässig.

Eine enge Zusammenarbeit der Beteiligten bei Schadensanalyse, Weiterentwicklung, Konstruktion und Produktion führt dazu, den Forschungsprozeß zu verkürzen, neue Erkenntnisse in Produkte zu überführen und diese der landwirtschaftlichen Praxis zur Verfügung zu stellen.

#### Zusammenfassung

Mit dem Aufbau eines Versuchsstands, an dem von einer Vielzahl von Meßstellen Da-

ten rechnergestützt erfaßt und ausgewertet werden können, wurden wichtige Voraussetzungen geschaffen, um in Zusammenarbeit mit den Forschungspartnern theoretisch begründete, experimentell erprobte Weiterentwicklungen an den Hauptbaugruppen mobiler Futterverteiltechnik vorzunehmen. Das rechnergestützte Simulationsmodell für das Antriebssystem eines Futterverteilwagens ist auch auf andere Systeme übertragbar, die eine Vielzahl von Meßstellen aufweisen. Insgesamt kann eingeschätzt werden, daß sich ein enges Zusammenwirken von Schadensanalyse in der Praxis und im Labor einschließlich der Ermittlung der Schadensursachen und Weiterentwicklung bewährt hat. Die dazu entwickelte Forschungskooperation hat wesentlichen Anteil daran, daß erreichte Forschungsergebnisse schnell in die Produktion überführt werden konnten.

#### Literatur

- [1] Katzmarek, G.; Huschke, W.: Futterverteilwagen L433. agrartechnik, Berlin 36(1986)8, S. 339-342.
- [2] Huschke, G.: Futterverteilwagen L433, L433.1. Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim, Prüfbericht 1985.
- [3] Prinz, M.; Graichen, J.: Quantifizierung der statischen und dynamischen Belastungen an mobiler Futterverteiltechnik. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Pflichtenheft (G1) 1986 (unveröffentlicht).
- [4] Schieck, A.: Untersuchungen zum Antriebssystem. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Teilabschlußbericht zum Forschungsthema „Weiterentwicklung mobiler Futterverteiltechnik“ 1989 (unveröffentlicht).
- [5] Werner, R.; Gröning, H.; Strömer, U.: Landwirtschaftlich-technologische Untersuchungen zur Präzisierung der Anforderungen an die technische Weiterentwicklung mobiler Futterverteiltechnik Rind. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Studie 1989 (unveröffentlicht).
- [6] Daniel, U.; Prinz, M.: Technisch-ökonomische Aspekte bei der Entwicklung des Kratzerkettentransporters am Futterverteilwagen. agrartechnik, Berlin 38(1988)8, S. 359-360.
- [7] Daniel, U.: Entwicklung eines kontinuierlich arbeitenden mechanischen Kratzerkettentransporters. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsabschlußbericht (A4) 1987 (unveröffentlicht). A 5716

## Grundlagenuntersuchungen zur automatischen Qualitätssortierung von Hühnereiern

Dipl.-Ing. T. Lorf, KDT/cand. ing. F. Kauschke/cand. ing. H. Messing

### Problemstellung

In der DDR werden jährlich rd. 5 Mrd. Eier produziert. Davon entfallen etwa 2,5 Mrd. Eier auf 16 Kombinatbetriebe des VE Kombinat Industrielle Tierproduktion. Die tägliche Eierproduktion je Kombinatbetrieb liegt zwischen 200000 und 800000 Stück [1]. Voraussetzung für die Vermarktung dieser Eier ist eine Sortierung nach Masse (A-, B-, C-Eier) und Qualität. Bei der Qualitätssortierung müssen Abweichungen vom genutztauglichen Ei, wie Schmutzei, Lichtsprungei, Knick- und Blutei, Blutfleck- und Faulei, erkannt werden [2]. In den Kombinatbetrie-

ben werden durchschnittlich 13,3% aller produzierten Eier aussortiert. Zu diesen aussortierten Eiern gehören 4,5% Knick- und Lichtsprungeier, 4,2% Schmutzeier, 0,13% Bluteier und sonstige Aussonderungen, wie Über- oder Untergrößen.

Bei allen in Produktion befindlichen Eiersortieranlagen muß die Fehlererkennung und Fehlerzuweisung vom Menschen ausgeführt werden. Diese Tätigkeiten sind sehr monoton und führen zu frühzeitigem Ermüdungserscheinungen. Die erreichte Sortierqualität ist im hohen Maß von der Verfügbarkeit, vom Ermüdungszustand und von Mono-

tonieerscheinungen der Arbeitskraft abhängig.

Zur maschinellen Erkennbarkeit der o. g. Mängel werden an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg Grundlagenuntersuchungen durchgeführt.

### Sensorkonzept und Abtastung

Zur Eierspektion wird die gesamte Eioberfläche während der Rotation des Eies um seine Längsachse mit einem eindimensionalen, optoelektronischen Halbleitersensor (CCD-Zeilenkamera ZFK-1021) abgetastet (Bild 1). Die Abbildung des Eies wird als die rasterförmig

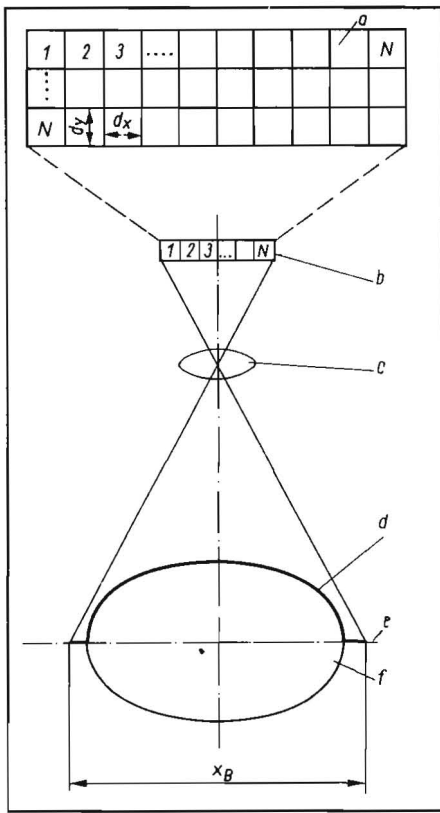


Bild 1. Bildabtastung durch Zeilensensor; a Bildspeicher, b Wandlerspannung  $U_w(t)$ , c Objektiv, d Beobachtungslinie, e Rotationsachse, f Ei  $x_B$  Breite des Inspektionsfeldes

abgetastete Mantelfläche einer rotierenden Ellipse beschrieben. Die Beleuchtung des Eies erfolgt im Durchlichtverfahren.

Das analoge Videosignal wird in Abhängigkeit des verwendeten Bildverarbeitungssystems in 256 oder in 16 Grauwerte quantisiert. Zur Bildaufnahme wurden das Bildanalysesystem BAS 4000 und das Binärbildererkennungssystem BES 1000 genutzt.

Das BAS 4000 dient zur optischen Abtastung, Speicherung, bildlichen Darstellung, Verarbeitung und Auswertung von 4-bit-Grauwertbildern auf der Basis der 8-bit-Mikrorechner-technik. In seiner Grundversion besteht das BAS 4000 aus einem modular aufgebauten VS-Rechner (vision-system) mit einer extern angeschlossenen CCD-Zeilenskamera (Bild 2).

Mit dem BES 1000 und einem speziellen Assemblerprogramm wurde die Intensitätsverteilung einer Zeile in 256 Grauwerte quantisiert. Die Erzeugung eines Quasianalogbilds des Videosignals entsteht durch kontinuierliches Verschieben einer unteren Schwelle von 254 bis 0, durch Auswertung und durch Zusammenfassung der dabei entstehenden Binärbilder [4].

#### Voruntersuchungen

Eine optimale Gestaltung der Objektaufnahme erfordert theoretische und praktische Voruntersuchungen zur Beleuchtung, zur Rasterung, zur Quantisierung des Videosignals und zur Vorführung der Eier. Bei den Untersuchungen zur Beleuchtung wurden Durchlicht- und Auflichtbeleuchtung gegenübergestellt. Mit dem Durchlichtverfahren können alle zu erfassenden Mängel erkannt werden. Im Auflicht sind lediglich Schmutzeier und Brucheier mit offenen Brüchen festzustellen.

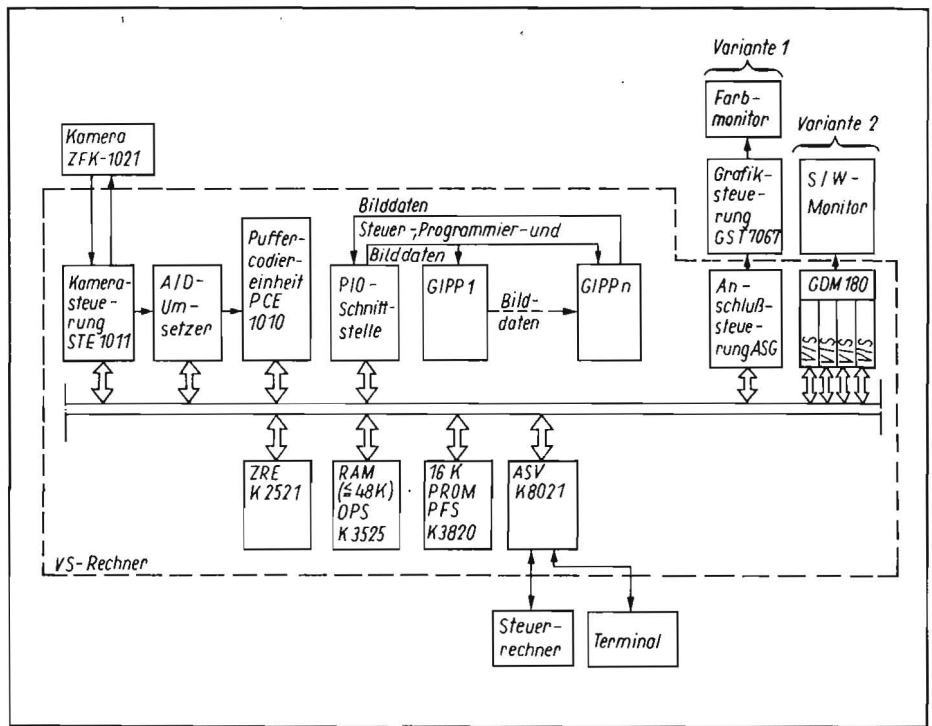


Bild 2. Hardwarekonfiguration des Bildanalyse-Systems BAS 4000 [3]

Die Intensitätsverläufe einer Zeile sind für Schmutzeier bei verschiedenen Beleuchtungsverfahren nicht signifikant unterschiedlich [5]. Als Lichtquelle wurde in Abhängigkeit der spektralen Empfindlichkeit des Sensors und des spektralabhängigen Transmissionsgrades eines Eies eine Halogenglühlampe mit einer Leistung von rd. 250 W eingesetzt. Grundlage der Wahl der Rasterung sind die zu erkennenden Objektgrößen. Die theoretische Grundlage bildet das Shannonsche Abtasttheorem. Als günstiger Kompromiß zwischen der Auflösung hoher Ortsfrequenzen und einer möglichst geringen Anzahl von zu bearbeitenden Bildpunkten hat sich eine Anzahl von 128 Bildpunkten ergeben. Aus Symmetriegründen beträgt die Anzahl der Abtastungen ebenfalls 128. Zur Bestimmung der notwendigen Quantisierung des Videosignals (Anzahl der Grauwerte) wurden in Bildzeilen mit 256 Grauwerten die Anstiege von Gradienten bestimmt und darüber die minimal notwendige Grauwertzahl zur Erfassung einer Objektkante (Mangelkante) ermittelt.

Für die Realisierung der Drehbewegung wurden mehrere Vorrichtungen (Eieröllchen, Gummigreifer und Seilvorrichtung) untersucht.

#### Mängelanalyse

Zur Bestimmung von Klassifikationsmerkmalen wurde eine Mängelanalyse zu physikalischen Eigenschaften aller Mängel und der mangelfreien Eier durchgeführt. Als Ausgangspunkt dienten hierbei die Objektmerkmale, die durch optische Sensoren erfassbar sind und als folgende Bildinformationen vorliegen:

- Grauwert
- Farbe
- multispektrale Signatur.

Aus den Bildinformationen der 4-bit-Grauwertbilder des BAS 4000 wurden Objektmerkmale abgeleitet, die aufgrund ihrer Aussagefähigkeit zur Klassifikation verwendet werden können (Bild 3). Zur Mängelklassifi-

kation von Schalenschäden wurden nachgenannte Merkmale genutzt:

- Gradient zwischen Mangel und Umgebung
- geometrische Eigenschaften der Schalenschäden.

Für die Erkennung von Schmutzeiern konnten als Klassifizierungsmerkmale ermittelt werden:

- Gradient zwischen Mangel und Umgebung
- geometrische Eigenschaften der Schmutzverteilung.

Um Blut innerhalb eines Eies nachzuweisen, wurde sein Absorptionsverhalten im sichtbaren Spektralbereich dem von Eiweiß und Eigelb gegenübergestellt. Der Meßwert war dabei die Extinktion. Für Bluteier ergab sich ein charakteristischer Extinktionsverlauf, der sich signifikant vom Extinktionsverlauf der mangelfreien Eier unterscheidet.

Als Klassifikationsmerkmal zur Unterscheidung von mangelfreien und faulen Eiern wurde der Transmissionsgrad oder sein Repräsentant in der digitalen Bildverarbeitung, der mittlere Grauwert eines Bildes, bestimmt.

#### Algorithmen der Bildverarbeitung zur Mängelextraktion

Die hier vorgestellten Klassifikationsmerkmale wurden in Verbindung mit dem Wissen über die innere Struktur der Bilder in Algorithmen der Bildverarbeitung umgesetzt. Die Strategie der Klassifikation besteht in der

- Extraktion von Merkmalen durch Nivellieren nichtrelevanter Bildpunkte
- Erzeugung eines Bildes mit definierten Grauwerten, die bestimmte Mängelklassen repräsentieren
- Auswertung der geometrischen Eigenschaften des Mängelbilds
- Zuweisung zu Mängelklassen.

Nach dieser Strategie entstand ein Programmsystem in TURBO-PASCAL zur Verarbeitung der mit dem BAS 4000 aufgenommenen Bilder. Dieses Programmsystem ermög-

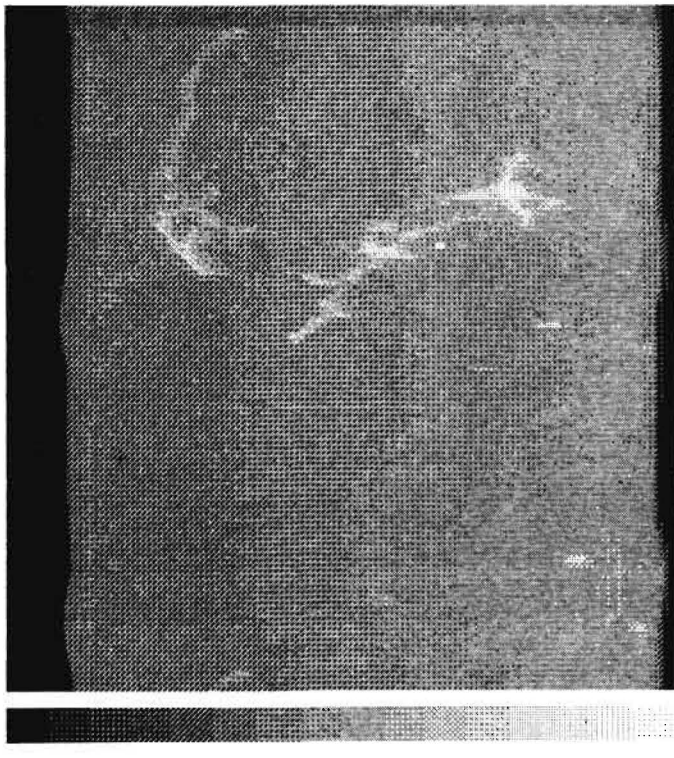


Bild 3. Grauwertbild eines Lichtsprungeies

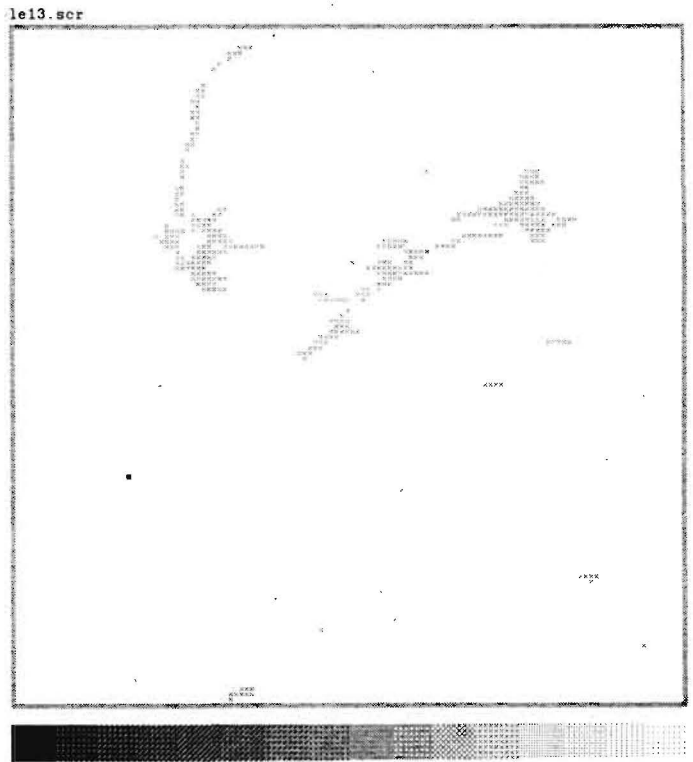


Bild 4 ▲  
3-Pegelbild  
eines Lichtsprungeies  
zur Mängelextraktion

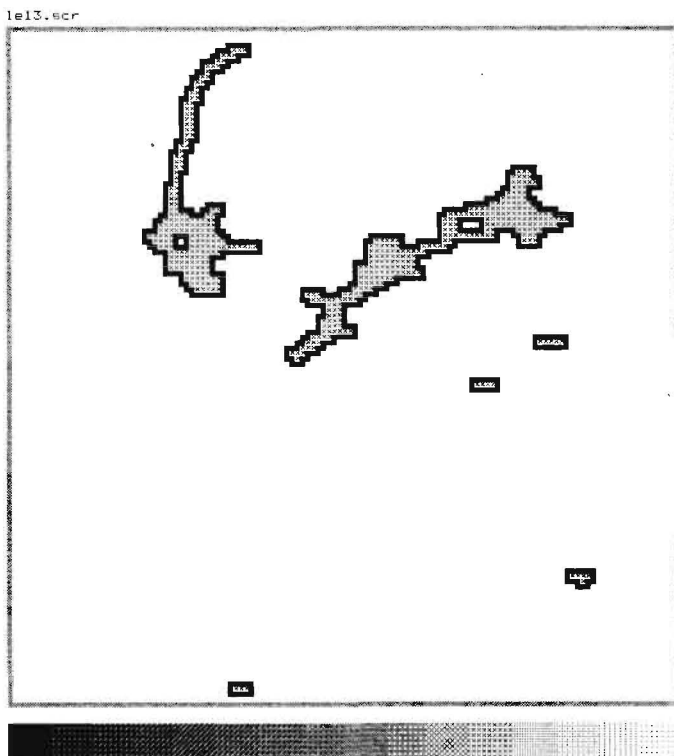


Bild 5  
3-Pegelbild  
eines Lichtsprungeies  
mit Restaurations-  
operator (bearbeitet)

licht folgende Arbeitsschritte:

- Visualisierung von Bildern in Form von Zahlen und Grauwerten
- Ausgabe von Bildern auf Datenspeicher oder Drucker
- Histogrammermittlung (eindimensional und zweidimensional)
- Mittelwertbestimmung
- Anwendung von Operatoren, z. B. Rangordnungsoperatoren, Operatoren zur Erstellung eines 3-Pegelbildes und Operatoren zur geometrischen Auswertung von Objektmerkmalen.

Mit diesem Programmsystem ist eine Erkennung der Schmutzeier, der Lichtsprungeier, der Eier mit offenen Brüchen und der faulen

Eier möglichen. Das Grauwertbild eines Lichtsprungeies ohne Bearbeitung ist im Bild 3 dargestellt. Während die hellen Grauwerte Schalenschäden oder Schalenauffellungen verkörpern, weisen dunkle Grauwerte auf Verschmutzungen der Eioberfläche hin. Das Bild 4 gibt das mit einem 3-Pegeloperator bearbeitete Grauwertbild wieder. Es sind deutlich die Nivellierung aller nichtrelevanten Bildpunkte und die Extraktion der Mängelstrukturen zu erkennen. Eine Möglichkeit zur besseren Darstellung von Mängelstrukturen bieten Restaurationsoperatoren. Im Bild 5 wird die Wirkung eines solchen Operators auf ein 3-Pegelbild dargestellt.

Die Erkennungsrate liegt nach ersten Untersuchungen bei rd. 95%. Für die Erkennung von Bluteiern wird gegenwärtig ein Sensor aufgebaut, der auf der Grundlage der ermittelten Extinktionen eine Unterscheidung zwischen mängelfreiem Ei und Blutei treffen soll.

Die durchgeführten Untersuchungen ergaben, daß mit der verfolgten Strategie eine maschinelle Erkennung von Fehlermerkmalen an Eiern für die Qualitätssortierung prinzipiell möglich ist. Die durchgeführte Erkennung entspricht nicht Echtzeitbedingungen.

#### Zusammenfassung

Die Qualitätssortierung von Eiern ist aufgrund des Arbeitsinhalts, der Effektivität und fehlender objektiver Qualitätsparameter ein automatisierungswürdiger Prozeß. Mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung können Lichtsprungeier, Schmutzeier und faule Eier erkannt werden. Für die Erkennung von Bluteiern werden Extinktionsunterschiede zwischen mängelfreien Eiern und Bluteiern ermittelt. Damit ist ein prinzipieller Lösungsweg zur maschinellen Erkennung von Qualitätsmerkmalen gegeben.

#### Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Produktionsbericht des Geflügelwirtschaftsverbandes der DDR. Berlin: VE Kombinat Industrielle Tierproduktion 1987 (unveröffentlicht).
- [2] TGL 3066 Hühnereier. Ausgabe Oktober 1986.
- [3] Rösler, U.; Schwarze, G.; Kutschke, G.; Westendorf, C.-M.: Das Bildanalysesystem BAS 4000 und seine Anwendung für die visuelle Inspektion. Bild und Ton, Leipzig 41(1988)12, S. 369-372.
- [4] CCD-Test MC 80. VEB WTZ der Holzverarbeitenden Industrie Dresden, Programmdokumentation 1986.
- [5] Lorf, T.; Reiß, I.: Automatisierte Qualitätssortierung von Hühnereiern. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Tierproduktion, Forschungsbericht G1 1988. A 5717