

massespezifische Kraftstoffverbrauch (M/m), schon um 16% höher ist als bei $k_{2r} = 0,8$. Damit ist die praktische Auswirkung auf den massespezifischen Kraftstoffverbrauch (M/m), aber noch nicht voll umrissen. Wird wieder angenommen, daß der Maschinist auch im Fall $k_{2r} = 1,0$ versucht, mit größtmöglichem Erntegutdurchsatz \dot{m}_r zu fahren, er aber ein $\Delta\dot{m}_r = 0,3$ nicht vermeiden kann, so betreibt er hier den Feldhäcksler zwischen $\dot{m}_r = 0,86$ und $\dot{m}_r = 0,56$, im Mittel bei $\dot{m}_r = 0,71$. Damit erzielt er im Durchschnitt etwa $(M/m)_r = 1,24$ (das ist der sich aus Bild 6 bei $k_{2r} = 1,0$ für $\dot{m}_r = 0,71$ ergebende Wert). Somit ist für den praktischen Einsatz vergleichend festzustellen, daß im Beispiel unter sonst unveränderten Bedingungen bei guter Handhabung des Feldhäckslers der massespezifische Kraftstoffverbrauch von (M/m)_r = 1,05 bei $k_{2r} = 0,8$ bereits auf (M/m)_r = 1,24 bei $k_{2r} = 1,0$ anwächst.

3. Zusammenfassung

Der massespezifische Kraftstoffverbrauch M/m wurde als Funktion von 5 Variablen dargestellt und die gefundene Beziehung am Feldhäcksler E281 im Maiseinsatz erläutert. Dabei ergab sich im dargestellten Beispiel für die Variablen, beginnend mit der größten Einflußstärke, nachstehende Reihenfolge:

- \dot{m}_r : Erntegutdurchsatz
- k_1 : Güte der Kraftstoffverbrennung im Motor
- k_2 : Transport des Ernteguts innerhalb des Feldhäckslers und Häckseln des Ernteguts (je nach Häcksellänge und Messerschärfe kann der Einfluß des

Faktors k_2 aber auch größer sein als der des Faktors k_1)

- B_0 : Verluste innerhalb des Motors
- P_0 : Leistungsaufnahme des Feldhäckslers zu seiner Fortbewegung (auf trockenem, festem Boden) bei Leerlauf aller Arbeitselemente.

Wird diese Wertung beachtet, können für Feldhäcksler sowohl beim Betrieb als auch bei der Entwicklung die geeignetsten Maßnahmen zur Erzielung höchster Kraftstoffökonomie angewendet werden.

Literatur

- [1] Kramer, D.: Kraftstoffökonomie selbstfahrender Erntemaschinen am Beispiel des Feldhäckslers E281. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 12, S. 558-559. A 4095

Zuverlässigkeit und Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel am Beispiel von ALV-Anlagen für Speisekartoffeln

Dr. oec. K. Kühnast, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung
Ing. M. Wüstenhagen, ZBE Speisekartoffeln Wittbrietzen, Bezirk Potsdam

1. Problem und Zielstellung

An die Zuverlässigkeit von Anlagen zur Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung von Speisekartoffeln (ALV-Anlagen) werden hohe Anforderungen gestellt: Infolge von außerplanmäßigen Stillständen der Elemente der maschinentechnischen Ausrüstung können hier erhebliche Lager- und Produktionsverluste auftreten. Eine wichtige Aufgabe der Zuverlässigkeitsarbeit in der Nutzungsphase ist deshalb die systematische Schadensverhütung und -bekämpfung [1]. Die Zielstellung der an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg aufgenommenen Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Instandhaltung von ALV-Anlagen besteht deshalb darin, durch die Ermittlung und Einführung eines zweckmäßigen Instandhaltungsregimes zur weitgehenden Vermeidung plötzlicher Maschinenausfälle beizutragen. Arbeitsmethodik und erste Ergebnisse am Beispiel des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung der Speisekartoffeln sollen in diesem Beitrag vorgestellt werden.

2. Arbeits- und Untersuchungsmethodik

2.1. Ermittlung und Bewertung des zweckmäßigen Instandhaltungsregimes

Unter dem zweckmäßigen Instandhaltungsregime soll das System notwendiger Instandhaltungsmaßnahmen einschließlich der Terminisierung und der Bestimmung der Inhalte der Maßnahmen verstanden sein, das zu einer möglichst hohen Dauerverfügbarkeit führt.

Vorausgesetzt wird bei der Lösungsfindung, daß infolge der Maschinenspezifika sowie der technologischen Prozeßcharakteristika der Aufbereitung und Einlagerung auf jeden Fall Maßnahmen der Pflege und Wartung sowie auch der Instandsetzung erforderlich sind. Demzufolge ist zu klären bzw. festzulegen,

- wie und wann die Pflege und Wartung durchzuführen ist
- welche Maßnahmen der Instandsetzung erforderlich sind
- nach welcher Methodik (Instandsetzung nach Ausfall, Instandsetzung nach starrem Zyklus usw.) diese Maßnahmen zu realisieren sind.

Infolge der großen Anzahl der Elemente der Maschinen des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung der Schwierigkeiten beim Bestimmen der Ausfallverluste und anderer Probleme kommen für die Ermittlung des zweckmäßigen Instandhaltungsregimes nur Näherungsverfahren in Betracht. In Tafel 1 sind Entscheidungshilfen für die Vorauswahl der zweckmäßigen Instandhaltungsmethode zusammengestellt.

Erreicht werden soll eine hohe Dauerverfügbarkeit der weitgehend kampagneweise eingesetzten Maschinen des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung. Die Dauerverfügbarkeit wird bei vorausgesetzter Exponentialverteilung der ausfallfreien Nutzungsdauer t_A und instandhaltungsbedingten Störungszeit t_s nach Gl. (1) oder über die summierten Betriebs- und Störungszeiten nach Gl. (2) ermittelt (Tafel 2).

Will man das zweckmäßige Instandhaltungsregime unter Nutzung der Entscheidungshilfen und auch ausgehend von den in Tafel 3 zusammengestellten möglichen Maßnahmen der Instandhaltung zur Beeinflussung der Verfügbarkeit näherungsweise ermitteln, benötigt man Kenntnisse über den Charakter und die Auswirkungen der Ausfälle sowie Verfügbarkeitsangaben. Da erste Untersuchungen in den ALV-Anlagen zeigten, daß bei Aufnahme der Forschungsarbeiten derartige Angaben kaum vorlagen, mußte diese Lücke durch experimentelle Untersuchungen zumindest teilweise geschlossen werden. In 3 ALV-Anlagen (Betriebe A, B und C) erfolgte deshalb in der Einlagerungskampagne 1982 eine Schädigungs- und Verfügbarkeitsanalyse. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse wurden dann näherungsweise das zweckmäßige Instandhaltungsregime ermittelt, technologisch bearbeitet und in der Einlagerungskampagne 1983 im Betrieb C erprobt.

Tafel 1. Entscheidungshilfen für die Vorauswahl der zweckmäßigen Instandhaltungsmethode [2]

Entscheidungsmerkmal	Instandhaltungsmethode
Zufallsausfall	Instandsetzung nach Ausfall
Normalausfall ¹⁾ ; Ausfallverluste > 0; keine Diagnostizierbarkeit gegeben	Instandsetzung nach starrem Zyklus
Normalausfall ¹⁾ ; Ausfallverluste = 0; keine Diagnostizierbarkeit gegeben	Instandsetzung nach Ausfall
Normalausfall ¹⁾ ; Schädigungsverhalten streut in weiten Grenzen; Schädigung hat großen Einfluß auf Funktion; Diagnostizierbarkeit gegeben; Ausfallverluste > 0	Instandsetzung nach Überprüfung

1) Ausfall infolge Abnutzung

Tafel 2. Berechnungsgleichungen für die Verfügbarkeit

Berechnungsbasis/Bezeichnung	Gleichung
Datenerfassungsgerät/ Dauerverfügbarkeit – volle Kapazität	$A_{Dv}^* = \frac{\bar{t}_A}{\bar{t}_A + \bar{t}_i}$ (1)
Schadenserfassungsbeleg/ Dauerverfügbarkeit – volle Kapazität	$A_{Dv} = \frac{t_{02v}}{t_{02v} + t_{42v}}$ (2)
– teilweise Kapazität	$A_{Dt} = \frac{t_{02t}}{t_{02t} + t_{42v}}$ (3)
– Verfügbarkeitszuwachs durch Redundanzwirkung	$\Delta A_D = A_{Dt} - A_{Dv}$ (4)
Gesamtverfügbarkeit – volle Kapazität	$A_{Gv} = \frac{t_{02v}}{t_{02v} + t_{42v} + t_{81}}$ (5)

- \bar{t}_A mittlere ausfallfreie Nutzungsdauer
- \bar{t}_i mittlere instandhaltungsbedingte Störungszeit
- t_{02} reine Arbeitszeit (Grundzeit + Hilfszeit) nach Standard TGL 22289
- t_{42} Zeit für die Beseitigung technischer Störungen
- t_{81} Standzeit aus organisatorischen Gründen (hier nur wegen fehlender Kartoffeln)

- Indizes
- v volle Kapazität
 - t teilweise Kapazität (bei Ausfall redundanter Elemente)

Tafel 4. Schadensanalyse des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung im Jahr 1982 (Basis Störzeit, Anteile in %)

Bezeichnung	Betrieb			
	A	B	C	
Schäden an der	Elektrik	15	15	5
	Mechanik	85	85	95
Schadensursache	Abnutzung	48	65	66
	Zufall	20	2	17
	Folgeschaden	17	21	16
technologisch bedingt		15	12	1
	Schadensbeseitigung durch			
	Instandhalter	68	89	99
	Nutzer	32	11	1
Schadensbeseitigung	mit Ersatzteilen	37	67	79
	ohne Ersatzteile	63	33	21

Tafel 3. Zusammenstellung möglicher Maßnahmen der Instandhaltung zur Verbesserung der Verfügbarkeit kampagneweise eingesetzter Maschinen

Maßnahmen zur Erhöhung der mittleren ausfallfreien Nutzungsdauer \bar{t}_A	Maßnahmen zur Senkung der mittleren instandhaltungsbedingten Störungszeit \bar{t}_i
<ul style="list-style-type: none"> – ordnungsgemäße Durchführung der Pflege, Wartung, Abstellung und Konservierung – Durchführung vorbeugender Instandsetzungsmaßnahmen (Kampagnefestüberholung) – Durchführung von Überprüfungen und der vorbeugenden Beseitigung sich andeutender Schäden jeweils nach oder vor der Schicht – Gewährleistung einer hohen Qualität der Instandhaltung – Durchführung der Schwachstellenanalyse und Schwachstellenbeseitigung 	<ul style="list-style-type: none"> – Einsatzbetreuung zur Vermeidung von Wartezeiten auf Instandsetzung – Fertigungsmittelinsatz – materielle Stimulierung des Instandhaltungspersonals durch Realisierung der verfügbarkeitsabhängigen Entlohnung – Gewährleistung der materiell-technischen Versorgung

2.2. Methodik der Schädigungsanalyse

Für die differenzierte Ermittlung der Schadensursachen, der Schwachstellen und der Art der Schadensbeseitigung wurde in Zusammenarbeit mit den technischen Leitern der 3 Betriebe ein Schadenserfassungsbeleg entwickelt und genutzt. Die Zuordnung der Schadens- bzw. Störungsart erfolgte nach folgenden Kriterien:

- Abnutzungsschäden, Schäden infolge von Verschleiß, Korrosion, Ermüdung und Alterung
- Zufallsschäden, Schäden infolge zeitlich unvorhersehbarer Einflüsse, wie Bedienungsfehler, Steineinwirkung u. a.
- Folgeschäden, Schäden die auf andere Schäden, falsche Einstellungen u. ä. zurückzuführen sind (z. B. Förderbandbeschädigung durch defekte Tragrollen)
- technologisch bedingte Störungen bzw. Stillstandszeiten (außer wegen fehlender Kartoffeln), Störungen aus einlagerungstechnologischen Gründen.

2.3. Methodik der Verfügbarkeitsanalyse

Zur Ermittlung der für die Verfügbarkeitsberechnung erforderlichen Werte der ausfallfreien Nutzungsdauer und der instandhaltungsbedingten Störungszeit wurde in jedem Betrieb ein Datenerfassungsgerät eingesetzt. Diese Geräte bestehen im wesentlichen aus einem Registriergerät ZiRg 160 und einem Schaltteil, das so gestaltet ist, daß in 10 diskreten Schaltpositionen die Zeiten t_A und t_S aufgezeichnet werden können. Die Bedienung erfolgte manuell (halbautomatische Datenerfassung). Da der Teil des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung vom Annah-

meförderer bis zur automatischen Stein-trennanlage in den Betrieben A und B redundant gestaltet ist, mußten hier beim gleichzeitigen Ausfall gleicher Aggregate zur konkreten Zuordnung der Ausfälle zusätzliche Notizen vermerkt werden. Die Ausfalldatenerfassungsstruktur ist im Bild 1 dargestellt. Bis auf die Schaltposition 1 bis 3 ist sie identisch mit dem Zuverlässigkeitersatzschaltbild. Da Ausfälle in der Druckluftversorgung zum Anlagenstillstand führen (E691), wurde der Kompressor in das Zuverlässigkeitersatzschaltbild aufgenommen. Neben der Ermittlung der Dauerverfügbarkeit, ausgehend von den Aufzeichnungen der Datenerfassungsgeräte, wurde eine tägliche Verfügbarkeitsanalyse mit Hilfe der Schadenserfassungsbelege (einschließlich der Berechnung der Erwartungswerte und Standardabweichungen) durchgeführt. Darüber hinaus wurde unter Berücksichtigung von Anlagenstillständen wegen fehlender Kartoffeln eine Gesamtverfügbarkeit (zeitlicher Ausnutzungskennwert) ermittelt.

Die entsprechenden Berechnungsgleichungen sind in Tafel 2 zusammengestellt.

3. Auswertung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

3.1. Ergebnisse der Schadens- und Verfügbarkeitsanalyse

In den Tafeln 4 und 5 sind ausgewählte Ergebnisse der Schadens- und Verfügbarkeitsanalyse dargestellt. Unterschiede (bis 4%) zwischen A_{Dv} und A_{Dv}^* sind einerseits auf Erfassungsfehler und andererseits auf die theoretische Angleichung der Verteilungsfunktionen von t_A und t_S zurückzuführen. Die Redundanzwirkung beträgt im Durchschnitt rd. 10 %, die Ausnutzungsminderung wegen fehlender Kartoffeln rd. 9 %.

nen von t_A und t_S zurückzuführen. Die Redundanzwirkung beträgt im Durchschnitt rd. 10 %, die Ausnutzungsminderung wegen fehlender Kartoffeln rd. 9 %.

3.2. Schlußfolgerungen zum Instandhaltungsregime und Erprobungsergebnisse

Ausgehend von den in den Tafeln 1 und 3 zusammengestellten Entscheidungshilfen bzw. Beeinflussungsmöglichkeiten sowie von den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen – relativ geringe Dauerverfügbarkeit, Anteil von Abnutzungsschäden rd. 60 %, weitgehende Diagnostizierbarkeit der Abnutzungsschäden mit Hilfe subjektiver Diagnoseverfahren – und den Ergebnissen der Schadensaufnahme nach der Kampagne wird für den Bereich der Aufbereitung und Einlagerung folgendes Instandhaltungsregime als zweckmäßig angesehen:

- Durchführung der operativen Instandsetzung (Einsatzbetreuung) während der Schichtzeit nach der Ausfallmethode
- Durchführung von Pflegemaßnahmen und Überprüfungen einschließlich der Behebung sich andeutender Schäden täglich nach Schichtschluß bzw. vor Schichtbeginn
- Durchführung der schädigungszustandsbezogenen Kampagnefestüberholung in der einlagerungsfreien Zeit nach der Instandhaltungsmethode nach starrem Zyklus (einschließlich Abstellung und Konservierung).

Für die beiden letztgenannten Maßnahmen wurden für die Maschinen des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung technologi-

Tafel 5. Verfügbarkeitsanalyse des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung im Jahr 1982

Bezeichnung	Betrieb		
	A	B	C
A_{Dv}	78	78	82
A_{Dl}	86	89	—
ΔA_D	8	11	—
A_{Gv}	62	73	76
A_{Dv}^*	81	79	86

Tafel 6. Gegenüberstellung von Kennwerten des Ausfallverhaltens des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung im Betrieb C in den Jahren 1982 und 1983

Bezeichnung		Kampagne	
		1982	1983
A_{Dv}	%	82	94
A_{Dv}^*	%	86	95
\bar{t}_A	min	271	736
\bar{t}_C	min	43	38
Schadensanteile (Basis Störungszeit)	Abnutzung	66	44
	Zufall	17	52
	sonstige	17	4

sche Unterlagen erarbeitet [3]. Das Instandhaltungsregime wurde dann in der Einlagerungskampagne 1983 im Betrieb C erprobt. In Tafel 6 werden ausgewählte Ergebnisse aus den Jahren 1982 und 1983 gegenübergestellt.

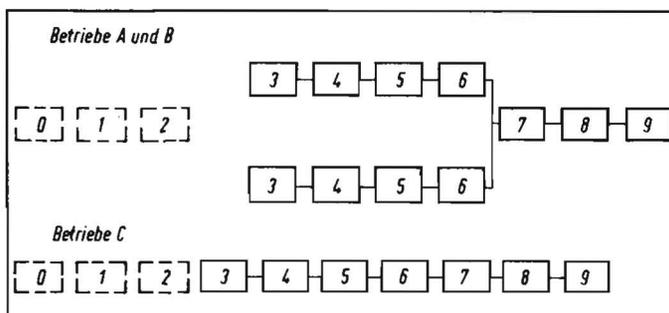
4. Zusammenfassung

Auf der Grundlage einer planmäßigen Zuverlässigkeitsarbeit konnte näherungsweise das zweckmäßige Instandhaltungsregime für die maschinentechnische Ausrüstung des Be-

Bild 1. Ausfalldatenerfassungsstruktur des Bereichs der Aufbereitung und Einlagerung;

Schaltpositionen:

0 Anlage außer Betrieb, 1 Anlage in Betrieb, 2 Anlagenstillstand wegen fehlender Kartoffeln, 3 Ausfall Annahmeförderer, 4 Ausfall Steilförderer, 5 Ausfall Untergrößen-, Erd- und Feinkrautabscheider, 6 Ausfall automatische Steintrennanlage E691, 7 Ausfall Kompressor, 8 Ausfall zentrale Bandstraße, 9 Ausfall Einlagerungsgerät



reichs der Aufbereitung und Einlagerung von ALV-Anlagen für Speisekartoffeln ermittelt und technologisch bearbeitet werden. Im Ergebnis der Anwendung am Beispiel einer ALV-Anlage konnte eine Verfügbarkeitserhöhung gegenüber der Basisvariante von rd. 10% nachgewiesen werden. Diese Verfügbarkeitserhöhung hatte im wesentlichen ihre Ursache in der Verringerung der Anzahl von Abnutzungs- und Folgeschäden durch eine ordnungsgemäße tägliche Pflege und Überprüfung einschließlich der Behebung sich andeutender Schäden jeweils vor Schichtbeginn. Mehraufwendungen traten dabei im wesentlichen nur durch die Arbeitszeitverlängerung auf. Die genannten Arbeiten wurden jeweils durch 2 Schlosser in der Zeit von 4.00 Uhr bis 6.00 Uhr (Schichtbeginn 6.00 Uhr) durchgeführt. Dabei zeigte sich aber auch, daß es sinnvoll ist, eine ordnungsgemäße Durchführung dieser Arbeiten materiell zu stimulieren. So sollte, wie es bei-

spielsweise in einigen Industriebetrieben seit Jahren realisiert wird, auf der Grundlage einer permanenten Verfügbarkeitsanalyse eine verfügbarkeitsabhängige Entlohnung des Instandhaltungspersonals durchgesetzt werden. Der entwickelte Schadenserfassungsbeleg bildet dafür eine gute Grundlage.

Literatur

- [1] Werner, G.-W.: Systematische Schadensverhütung und -bekämpfung (SSVB). Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1979.
- [2] Eichler, C.: Instandhaltungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
- [3] Müller, G.; Müller, R.: Organisatorische und technologische Vorbereitung der planmäßig vorbeugenden Instandhaltung der Einlagerungstechnik der ALV-Anlage in Weidensdorf. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg. Diplomarbeit 1983. A 4386



Fachtagung in Neubrandenburg

Die Wissenschaftliche Sektion Technologie und Mechanisierung in Tierproduktionsanlagen im Fachverband Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik der KDT, die Zentrale Fachsektion Landwirtschaftsbau im Fachverband Bauwesen der KDT, der KDT-Bezirksverband Neubrandenburg und der Bezirksverband Rostock der AWIG veranstalten am 25. und 26. November 1986 die 5. Wissenschaftlich-technische Tagung

„Rationalisierung von Anlagen und Ausrüstungen der Rinder- und Schweineproduktion“.

Schwerpunkte der Veranstaltung sind: Rekonstruktion, Rationalisierung, Moderni-

sierung und Bewirtschaftung von Tierproduktionsanlagen
Modernisierung und Rationalisierung in der Milchgewinnung
Substitution von Ausrüstungselementen durch Lösungen des bautechnischen Ausbaus
Wirtschaftlicher Energieeinsatz in der Tierproduktion.

Interessenten wenden sich bitte an: Bezirksverband Neubrandenburg der KDT, Sekretariatsbereich Wissenschaft und Technik, Sponholzer Str. 9, Neubrandenburg 2000, Tel. 22 46.

Prof. Dr. sc. techn. U. Mittag, KDT