

Einordnung der technischen Diagnostik in Automatisierungskonzeptionen der Landtechnik

Prof. Dr. sc. techn. G. Ihle, KDT/Dr.-Ing. B. Leitholdt, KDT
Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik
Dipl.-Ing. K.-P. Plötner, KDT, Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ Dresden

1. Problemstellung

Durch die zielgerichtete Anwendung der Mikroelektronik und die schrittweise Automatisierung von Teilprozessen bis hin zur vollständigen Automatisierung der Gesamtprozesse sind spürbare Steigerungen der Effektivität landtechnischer Prozesse unter Praxisbedingungen zu realisieren. Die Auswertung der Fachliteratur zeigt, daß international auf diesem Gebiet intensiv gearbeitet wird und bereits vielfältige Teillösungen vorliegen. Die in der DDR bei der automatischen Produktionskontrolle und -steuerung der Milchproduktion und der Automatisierung der Arbeitsprozesse beim Mähdrescher vorliegenden Ergebnisse und Entwicklungsrichtungen entsprechen diesen Tendenzen [1, 2]. Wirtschaftliche Lösungen sind in den nächsten Jahren dort zu erwarten, wo die Kenntnisse über die Eigenschaften des Arbeitsgegenstands und die realisierbaren Toleranzen in den Produktionsbedingungen ausreichend sind. Für die Feldwirtschaft – z. B. für die Getreideernte – kann schon vorausgesehen werden, daß nur eine komplexe Lösung unter Einbeziehung der Pflanzzüchtung, der Feldgestaltung, der Technologie und der Maschinenkonstruktion eine wirtschaftliche Vollautomatisierung ermöglichen wird.

In eine solche komplexe Betrachtung der Automatisierung landtechnischer Prozesse muß auch die Instandhaltung eingeordnet werden. Sie gehört ebenso dazu wie neue steuerbare Wirkprinzipie und ist dringend erforderlich, da mit dem Ausgliedern des Menschen aus dem Produktionsprozeß auch dessen Fähigkeit zur logischen Reaktion auf unvorhergesehene Ereignisse, z. B. auf Ausfälle, wegfällt. Die Effektivität automatisch ablaufender Prozesse hängt aber wesentlich von einer hohen Zuverlässigkeit der automatisch gesteuerten Maschinen als Voraussetzung für eine hohe Prozeßkontinuität ab. Eine ökonomische Lösung dieser Aufgabe basiert auf einer umfassenden Anwendung der technischen Diagnostik.

In den gegenwärtigen landwirtschaftlichen Produktionsprozessen kann durch die optimale Kombination einer hohen konstruktiven Haltbarkeit mit einer periodisch externen Diagnose ein ausreichend hohes Niveau der Ausfallfreiheit der Landmaschinen erreicht werden. Borddiagnoserechner sind aus dieser Sicht ökonomisch nicht begründbar.

Die bedeutend höheren Anforderungen an die Zuverlässigkeit automatisch gesteuerter Prozesse und die vorhandene Steuerungshardware bedingen neue Forderungen, aber auch neue Möglichkeiten für die technische Diagnose. In den Steuersignalen sind redundante Informationen enthalten, die für die Überwachung der Regel- und Meßgenauigkeit der technischen Einrichtungen und für die Signalisierung sich anbahnender Schäden genutzt werden können. Wenn täglich zweimal für mehrere hundert Kühe die Milchmenge gemessen wird, läßt sich z. B. auf der Basis dieser Information auch eine

Überwachung der Milchmengenmeßeinrichtung verwirklichen. Auch im Verhalten einer Hydraulik- oder Elektroanlage als Stelleinrichtung in einem automatisch gesteuerten Mähdrescher spiegelt sich die Qualität des gesamten Steuerungsprozesses wider. Beide Aufgaben sind programmtechnisch mit dem vorhandenen Steuerrechner lösbar.

Aus den Signalen ständig installierter Diagnosesensoren, die für die Überwachung der Funktion und der Regelgenauigkeit automatisch gesteuerter Prozesse notwendig sind, lassen sich Aussagen zum technischen Zustand wichtiger Baugruppen ableiten.

In den Steuer-, Fahrerinformations- und Diagnosesignalen sind umfangreiche Informationen über die herrschenden Produktionsbedingungen enthalten. Diese widerspiegeln ihrerseits in einem bestimmten Maß auch die Abnutzungsbedingungen. Eine Speicherung dieser Informationen mit späterem Übertragen auf einen externen Diagnoserechner erweitert die Aussage der Diagnose, besonders bezüglich einer Restbetriebsdauerprognose. Folglich kann davon ausgegangen werden, daß die interne Diagnose (auch als Borddiagnose bezeichnet) mit dem Einsatz von Automatisierungsmitteln wesentlich an Bedeutung gewinnt. Nachfolgend wird dieser Zusammenhang am Beispiel der Mähdrescherautomatisierung weiter präzisiert.

2. Aufgaben der technischen Diagnostik in den Etappen der Mähdrescherautomatisierung

Die gegenwärtige Mähdrescherentwicklung ist durch die zielgerichtete Anwendung der Mikroelektronik und die schrittweise Automatisierung von Teilprozessen zur Unterstützung und Erleichterung der Arbeit des Mähdrescherfahrers sowie zur Erhöhung der Effektivität des Mähdreschereinsatzes gekennzeichnet. Die dazu vorhandenen technischen Lösungen konzentrieren sich im wesentlichen auf die Prozeßüberwachung und -sicherung, vor allem aber auf die Prozeßführung. Sie sind eine wesentliche Voraussetzung für den Übergang zum vollautomatisch arbeitenden Mähdrescher, wobei einige Prototypen fahrerloser Mähdrescher aus der Literatur bereits bekannt sind [3].

Dieser Entwicklung Rechnung tragend, können von der jetzigen Mähdrescherkonzeption bis zum vollautomatisch arbeitenden Mähdrescher (in der Mehrmaschinenbedienung eingesetzt) 3 Entwicklungsetappen der Anwendung der technischen Diagnostik unterschieden werden. Eine Charakterisierung des Niveaus dieser Etappen sowie eine Zusammenstellung derjenigen Aufgaben, die der technischen Diagnostik in der jeweiligen Etappe zugeordnet werden können, sind in Tafel 1 enthalten. Dominierendes Merkmal

Tafel 1. Aufgaben der technischen Diagnostik in den Etappen der Mähdrescherautomatisierung

Niveaustufe/Etappe (Kennzeichen)	Aufgaben der technischen Diagnostik
1. Etappe – Niveau derzeitiger in der DDR produzierter Mähdrescher – Teillösungen für Fahrerinformation, Steuerung und Regelung	1. Sicherung einer hohen Zuverlässigkeit durch die externe Diagnose 2. Kontroll- und Überwachungssystem für ausgewählte Betriebsparameter und Zustände
2. Etappe – Einsatz von Automatisierungseinrichtungen zur Steuerung und Regelung von Teilprozessen – Erhöhung des Fahrkomforts (z. B. schalldichte Kabine) – Bedienperson	1. Sicherung einer hohen Zuverlässigkeit durch externe Diagnose 2. Erweiterung des Kontroll- und Überwachungssystems der 1. Etappe um notwendige zusätzliche Funktionen 3. Überwachung und Steuerung von Betriebsparametern 4. Überwachung der Regelgenauigkeit (Regelabweichung, -differenz) 5. Überwachung der Funktion und des Zustands der Steuer- und Regeleinrichtungen 6. Überwachung der Funktion und des Zustands funktionswichtiger Baugruppen 7. Datenerfassung und -speicherung während des Einsatzes
3. Etappe – Einsatz in der Mehrmaschinenbedienung ohne Bedienperson – vollständige Automatisierung aller Arbeits- und Führungsprozesse	1. Sicherung einer hohen Zuverlässigkeit durch die externe Diagnose 2. Schaffung eines umfassenden Überwachungs- und Diagnosesystems zur Zustands- und Prozeßüberwachung mit den Einzelkomponenten – Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Steuerung von Betriebsparametern – Überwachung und Beeinflussung der Regelgenauigkeit – Überwachung der Funktion und des Zustands des Mähdreschers einschließlich der Reaktion bei Störungen – Speicherung kritischer Zustände, extremer Belastungen aufgetretener Störungen nach Art (Parameter) und/oder Dauer

Tafel 2. Grundmodelle der Einordnung der technischen Diagnostik in automatisch gesteuerte Produktionsprozesse

Bezeichnung	Inhalt	Aufgaben
<i>Interne Diagnose</i>		
Integrierte Diagnose	Der Diagnoseprozeß erfolgt mit Hilfe einer programmierten Bearbeitung von Informationen aus der automatischen Funktionssteuerung des Arbeitsmittels.	<ul style="list-style-type: none"> - Überwachung der Regelgenauigkeit - Signalisierung sich anbahnender Ausfälle - Bestimmen und Speichern von Schädigungsgrenzen - Speichern von Informationen über Produktionsbedingungen
Installierte Diagnose	Der Diagnoseprozeß erfolgt mit Hilfe ständig am Arbeitsmittel installierter Diagnosemittel. Die Anwendung spezieller Diagnoseelemente und -regimes ist möglich.	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrerinformation zum Betriebszustand - Überwachung des Zustands ausgewählter Abnutzungsstellen - Speichern von Informationen zur Unterstützung der externen Diagnose
<i>Externe Diagnose</i>		
	Der Diagnoseprozeß erfolgt mit externen Diagnosemitteln. Die Nutzung von Elementen der installierten Diagnose ist möglich.	<ul style="list-style-type: none"> - periodische Kontrolle des Schädigungszustands des Arbeitsmittels - Restbetriebsdauerprognose - Speichern des Instandhaltungsverhaltens

der 3. Etappe ist die vollständige Automatisierung aller Arbeits- und Führungsprozesse und die damit vollzogene Ausgliederung des Menschen aus dem Produktionsprozeß. Daraus ergibt sich für die Gestaltung der technischen Diagnostik eine Vielzahl neuer Aufgaben und Anwendungsgebiete, vor allem deshalb, weil mit dem Ausgliedern des Menschen aus dem unmittelbaren Produktionsprozeß auch hier dessen Fähigkeit zur logischen Reaktion auf unvorhergesehene Ereignisse wegfällt. Des weiteren hängt die Effektivität automatisiert ablaufender Produktionsprozesse wesentlich von einer hohen Zuverlässigkeit der automatisch gesteuerten Maschine ab, die außer auf konstruktivem Wege mit den Mitteln der technischen Diagnostik zu gewährleisten ist. Infolge der vollständigen Automatisierung aller Führungs- und Arbeitsprozesse und der damit verbundenen Hardwarekomponenten und Softwarestruktur ergeben sich für die Entwicklung der technischen Diagnostik aber auch neue günstige Bedingungen. In den Meß- und Steuersignalen, die in den Automatisierungseinrichtungen verarbeitet werden, sind zu meist auch redundante Informationen enthalten, die den technischen Zustand der Einrichtungen oder Baugruppen widerspiegeln. Damit reduziert sich der Aufwand für die Realisierung der genannten Aufgaben in einzelnen Fällen auf die Bereitstellung der erforderlichen Software.

Aus einer Funktions- und Zustandsüberwachung einzelner Baugruppen im teilautomatisierten Mährescher ist ein Überwachungs- und Diagnosesystem für die gesamte Maschine zu entwickeln, um beim bedienerlosen Einsatz des Mähreschers alle Abweichungen von der projektierten Funktion zu erkennen und in geeigneter Weise zu reagieren.

3. Grundmodelle der technischen Diagnostik in automatisch gesteuerten Produktionsprozessen

Als Grundlage für eine bewußte Gestaltung der technischen Diagnostik in den Automatisierungskonzeptionen der Landtechnik wurde von den Autoren in Zusammenarbeit mit sowjetischen Wissenschaftlern eine Richtlinie [4] erarbeitet, in der u. a. die nachfolgend erläuterten Grundmodelle der tech-

nischen Diagnostik in automatisch gesteuerten Produktionsprozessen definiert werden. Diese Grundmodelle tragen vor allem der raschen Entwicklung der Mikroelektronik in den letzten Jahren sowie dem zunehmenden Einsatz auch auf dem Gebiet der technischen Diagnostik Rechnung und ermöglichen eine Bewertung von Maschinenkonstruktionen bezüglich der im konstruktiven Entwicklungsprozeß erreichten Diagnoseeignung (Tafel 2).

Für jeden Maschinentyp ist eine optimale Kombination dieser drei Diagnosemodelle zu finden. In Abhängigkeit vom Niveau der Automatisierung, von der Strategie der Instandhaltung sowie von der Verfügbarkeit geeigneter Sensoren sind Kopplungen von installierten und externen Sensoren, von Bordrechner und externem Diagnoserechner zu erwarten. Die Gestaltung der Schnittstellen erlangt dabei eine wesentliche Bedeutung. Zu gewährleisten ist, daß Bordrechner und externer Diagnoserechner oder auch andere Datenerfassungsberechnungen sich gegenseitig Informationen übergeben können. Im Forschungskollektiv der Autoren wird an der mathematischen Modellierung sowie an der praktischen Untersuchung dieser Probleme gearbeitet. Anwendungsbeispiele sind die Überwachung der Hydraulikanlage des automatisch gesteuerten Mähreschers und die rechnergestützte leistungsgerechte Fütterung von Milchkühen. Erste Überlegungen zur erstgenannten Aufgabe werden nachfolgend dargestellt.

4. Ansätze zur Gestaltung der Diagnose der Hydraulikanlage eines automatisch gesteuerten Mähreschers

Auf der Basis der umfangreichen Hydraulikanlage des Mähreschers E516B werden im Rahmen der Wissenschaftskooperation mit dem Kombinat Fortschritt Landmaschinen Untersuchungen zur Gestaltung eines optimalen Diagnoseregimes für die Hydraulikanlage eines automatisch gesteuerten Mähreschers unter Berücksichtigung der in Tafel 1 charakterisierten Niveaustufen der Automatisierung durchgeführt. In Anlehnung an die vorgestellten Grundmodelle der technischen Diagnostik ergeben sich für die Hydraulikanlage im wesentlichen folgende 4 mögliche Einsatzformen:

- Überprüfung der Hydraulikanlage im Rahmen der Kampagnevorbereitung bzw. -abschlußüberprüfung (vorwiegend kombinierte Diagnose)
- Überprüfung bestimmter Funktionen, Parameter oder Zustände täglich vor oder nach dem Einsatz des Mähreschers (integrierte und/oder installierte Diagnose)
- permanente Überwachung festgelegter Funktionen, Parameter oder Zustände während der gesamten Einsatzzeit (integrierte und/oder installierte Diagnose); in Verbindung damit erfolgen die zustandsbezogene Korrektur von Regelkreisen, die Steuerung von Betriebsparametern sowie die Auslösung von Reaktionen auf erkannte Störungen im System
- Fehlersuchprogramme und Algorithmen zur zielgerichteten Fehlerlokalisierung auf der Basis der installierten Hard- und Software, die u. U. durch zusätzliche Sensoren erweitert wird (installierte und kombinierte Diagnose).

Der Umfang der internen Diagnose (integrierte und installierte Diagnose) muß unter Berücksichtigung des Schädigungsverhaltens, des Niveaus der Automatisierung sowie der verfügbaren Sensoren ermittelt werden.

5. Zusammenfassung

Automatisch gesteuerte Prozesse stellen höhere Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Einzelteile, Baugruppen und Systeme als die gegenwärtigen landwirtschaftlichen Prozesse. Das erfordert u. a. eine umfassende Anwendung der technischen Diagnostik. Durch die vorhandene Steuerungshardware und die in den Steuersignalen enthaltenen Informationen ergaben sich neue Möglichkeiten für die interne Diagnose. Bezüglich der Einordnung der technischen Diagnostik in automatisch gesteuerte Prozesse wurden 3 Grundmodelle entwickelt. Mit der mathematischen Modellierung und praktischen Gestaltung der Diagnose automatisierter landwirtschaftlicher Prozesse wurde im Forschungskollektiv der Autoren begonnen. Anwendungsbeispiele sind die Hydraulikanlage eines Mähreschers sowie die rechnergestützte leistungsgerechte Fütterung von Milchkühen.

Literatur

- [1] Muchow, P.; Preuß, H.; Freigang, R.: Die modulare Struktur des mikrorechnergestützten Produktions-Kontroll- und Steuerungssystems für die Milchproduktion - Grundlage und Voraussetzung für die Breitenanwendung in der Praxis. *agrartechnik*, Berlin 37 (1987) 5, S. 204-207.
- [2] Voß, L.; Schaller, R.; Uhlig, T.: Möglichkeiten und Grenzen der Automatisierung von Arbeitsprozessen beim Mährescher. *agrartechnik*, Berlin 37 (1987) 3, S. 113-115.
- [3] Zukünftige landtechnische Entwicklungen. *Landmaschinenwelt*, München (1980) 2, S. 8-10.
- [4] Autorenkollektiv: Methodische Empfehlungen. Methodik zur Bewertung der Diagnoseeignung von Maschinenkonstruktionen. Gemeinsamer Entwurf von ASMW und GOSSTANDARD, Dresden und Gorkij, 1986 (unveröffentlicht).