

Software zur Fehlerdiagnose im Elektronischen Kontrollsystem des Mähreschers E524 Komfort

Dr.-Ing. M. Pallmer, KDT/Ing. G. Windisch, Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Erntemaschinen Neustadt

1. Bedeutung moderner Diagnosesysteme

Der Einsatz der Mikroelektronik im Maschinen- und Fahrzeugbau ermöglicht beträchtliche Steigerungen von Arbeitsproduktivität, Effektivität und Qualität sowie Verbesserungen der Arbeitsbedingungen für den Menschen. Immer kompliziertere und komplexere Prozesse werden durch mikroelektronisch gesteuerte Überwachungseinrichtungen und Regelungssysteme beherrschbar. Mit der Erhöhung der Kompliziertheit wird die Instandhaltung dieser Einrichtungen zunehmend schwieriger. Trotz umfangreicher Maßnahmen zur instandhaltungsgerechten Konstruktion, zum Einsatz wartungsarmer und -freier Einrichtungen (z. B. kontaktlose Sensortechnik), stör- und funktions sicherer Geräte, die großen Wartungsintervallen entgegenkommen, können Verschleiß und Ausfälle nicht völlig ausgeschlossen werden. Um eine große Verfügbarkeit dieser meist hochproduktiven Technik zu sichern, wurden mit Hilfe von Mikrorechnern neue Möglichkeiten für eine schnelle Störungsdiagnose erschlossen. Das betrifft die Lokalisierung von Fehlern in dem zu regelnden bzw. zu überwachenden System sowie in der Kontroll- bzw. Regeleinheit selbst. Die Überprüfung ist durch transportable bzw. stationäre Diagnosegeräte, die mit Hilfe von Adaptoren an die Maschine angeschlossen werden, oder durch integrierte Diagnose-Software unmittelbar in der Maschine möglich. Bei externen Diagnosegeräten besteht die Möglichkeit, auf stationären Rechnern auch größere Datenmengen statistisch zu verarbeiten. Bei mobilen Landmaschinen im Feldeinsatz, z. B. bei Mähreschern, ist eine integrierte Diagnose-Software als Werkzeug zur Suche von Störungsursachen als günstigste Lösung anzusehen. Infolge der kampagnebedingten kurzen Einsatzperiode werden vor allem geringste Stillstandzeiten bei der Instandsetzung angestrebt. Der Feldeinsatz erfordert ein schnelles Auffinden der Störungen außerhalb von Werkstätten und ohne zusätzliche Gerätetechnik.

2. Bordcomputer – Kern des maschinenspezifischen Kontrollsystems

Das Elektronische Kontrollsystem (EKS) des Mähreschers E524 besteht aus einem kraftfahrzeugspezifischen und einem maschinenspezifischen Teil. In der Komfortausrüstung setzt sich das maschinenspezifische Kontrollsystem aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- Bordcomputer als Teil der Anzeigeeinheit in der Kabine
- Initiatoren
- Erntegutschalter
- Kornverlustgeber
- Korntank-Füllstandgeber
- Strohraumschalter
- Kabelbaum.

Der Bordcomputer erfüllt folgende Meß- und Überwachungsfunktionen im E524:

- Verlustkontrolle
- Ernteflächen- und Erntezeitmessung

- Fahrgeschwindigkeits- und Drehzahlmessung
- Schlupf- und Drehzahlüberwachung
- Ansteuerung der Variatorenverstellung
- Diagnose.

Aufbau, Funktion und Bedienung des EKS wurden bereits in [1, 2] ausführlich vorgestellt. Der vorliegende Beitrag befaßt sich speziell mit der im Bordcomputer verfügbaren Diagnose-Software, da der Anteil der Testprogramme am Gesamtumfang der Bordcomputer-Software erheblich ist.

3. Diagnose-Software

3.1. Eigentest

Der Bordcomputer kann nur ordnungsgemäß arbeiten, wenn alle Mikrorechner-Schaltkreise, die Peripherie-Bauelemente und die ihnen vorgeschalteten Eingangsstufen mit allen erforderlichen elektrischen Verbindungen voll funktionsfähig sind. Um bei Funktionsstörungen im maschinenspezifischen Teil des EKS computerinterne Fehler ausschließen zu können, läuft selbstständig nach jedem Einschalten der Bordspannung – für den Fahrer unsichtbar (außer dem „Lampentest“) – ein Eigentest-Programm in folgender Reihenfolge ab:

- ROM-Test
Aus allen Bytes des auf EPROM residenten Mikrorechner-Programms wird eine Prüfsumme errechnet. Dieses Ergebnis wird mit der auf den letzten Speicherplätzen des EPROM stehenden Prüfsumme verglichen.
- RAM-Test
Jeder Speicherplatz des Operativ-Speichers wird mit definierten Bitmustern beschrieben und wieder gelesen. Gleichzeitig werden alle Speicheradrefleitungen getestet.
- Test der Eingangskanäle und der Anzeigersicherung
Der Bordcomputer gibt einen Impuls aus, der an alle Drehzahl-, Verlust- und Schalteingänge gelangt. Dabei wird kontrolliert, ob dieser Impuls die Eingangsstufen ordnungsgemäß passiert und vom Computer an den Eingängen der Peripherie-Schaltkreise registriert werden kann. Das Ende dieses Testimpulses bestimmt die Anzeigersicherung, die verhindern soll, daß die multiplex angesteuerten Anzeigebaulemente bei Ausfall des Taktes durchbrennen. Das Arbeiten dieser Sicherungsschaltung wird überprüft.

Tafel 1. Eigentest-Fehlerkennungen

Kennung	Bedeutung	Funktionsausfälle
0000	ROM	Programmspeicher defekt, Totalausfall
AAAA	RAM	Datenspeicher defekt, Totalausfall
E 0	Kennbyte	Mähreschertyp nicht erkannt, Ausfall des Bordcomputers
E 1	Eigentest	keine Überprüfung des Bordcomputers, ausgefallene Baugruppen werden nicht mehr angezeigt
E 2	Kanal Wegmessung	Fahrgeschwindigkeits-, Erntezeit-, Ernteflächen- und Verlustmessung defekt
E 3	Eingangskanal Erntegutschalter oder Erntegutschalter ständig eingeschaltet	Ernteflächen-, Erntezeit- und Verlustmessung, Schlupfüberwachung obere Schachtwelle und Verlustgeber defekt
E 4	E 6 Verlustkanal Schüttler Verlustkanal Reinigung	Verlustmessung und Verlustgeber defekt
E 5		
E 7	Anzeigersicherung	keine, jedoch sind bei Ausfall des Rechners die Anzeigebaulemente gefährdet
E 8	Eingangskanal Gebläse	Drehzahlmessung und -überwachung für Reinigungsgebläse defekt
E 9	Eingangskanal Dreschtrammel	Drehzahlmessung für Dreschtrammel, alle Drehzahl- und Schlupfüberwachungsfunktionen außer Zwischenwelle defekt
E 10	Eingangskanal Motor	Drehzahlmessung und -überwachung für Motor, Schlupfüberwachungsfunktionen für Leittrammel- und Zwischenwelle defekt
E 11 + LED	Eingangskanal zur Schlupfüberwachung, durch LED gekennzeichnet	Schlupfüberwachung für den betreffenden Kanal defekt

- Überprüfung des Erntegutschalters
Der Bordcomputer kontrolliert, ob der Erntegutschalter ausgeschaltet ist. Dadurch kann z. B. ein mechanisches Verklemmen erkannt werden.
- Eigentest-Überprüfung
Der Bordcomputer erkennt, wenn kein Eigentest-Impuls erzeugt wird und somit der Selbsttest des Bordcomputers nicht erfolgen kann.
- Kennbyte-Überprüfung
Das Kennbyte wird im Bordcomputer mit 6 Schaltern eingestellt. Anhand der Schalterstellung erkennt er, für welchen Mähdreschertyp er eingestellt wurde. Das Kennbyte wird auf Gültigkeit überprüft.
- Datenerhalt
Ist die Bordspannung ausgeschaltet, wird der Operativspeicher (RAM) aus zwei Monozellen R14C versorgt. Dadurch ist der Datenerhalt bis zum nächsten Einschalten gesichert. Der Bordcomputer erkennt anhand von rd. 80 Speicherplätzen, ob sich der RAM-Inhalt infolge der abgeschalteten Betriebsspannung verändert hat. Bei Fehlern wird ein Neustart (mit Kampagne-Start) ausgeführt, der alle Speicherplätze wieder in einen definierten Anfangszustand bringt.

- Lampentest
Alle Anzeigeelemente werden für 2,1 s eingeschaltet. Die Zwei-Farb-LED schalten kurzzeitig von grün auf rot um. Die Kontrolle, ob alle Anzeigeelemente intakt sind, wird vom Fahrer vorgenommen.

Die Auswertung des Eigentests erfolgt durch die Ausgabe von Fehlerkennungen. Ein erkannter Funktionsfehler im Bordcomputer führt nicht in jedem Fall zum vollständigen Ausfall. Über die „ERROR“-Anzeigen und die eingeschränkte Funktionsfähigkeit gibt Tafel 1 Auskunft.

3.2. Verlustgebertest

Die Ernteverlustkontrolle durch den Bordcomputer ist nur mit intakten Kornverlustgebern für Schüttler- und Reinigungsverluste, einschließlich der Verbindungsleitungen (Anschlußseile, Kabelbaum), möglich. Mit Hilfe der Betriebsart „Verlustgebertest“ kann das ordnungsgemäße Reagieren des Bordcomputers auf mechanische Impulse an jedem beliebigen Verlustgeber, getrennt nach Schüttler und Reinigung, überprüft werden.

Bleibt bei der „Verlustkontrolle“ der Erntegutschalter unbetätigt, befindet sich der Bordcomputer automatisch in der Betriebsart „Verlustgebertest“. Die obere Ziffernanzeige ist zunächst dunkel. Wenn ein beliebiger Geber mit einem leichten, aber harten Gegenstand (z. B. Bleistift) angeschlagen wird, erscheint in der eingestellten Betriebsart „Gesamtverluste“ bei jedem Impuls für rd. 1 s auf der linken Seite die Anzeige „0“. In der Betriebsart „Reinigungsverluste“ sind nur die Reinigungsverlustgeber wirksam. Die Überprüfung der Geber darf nur bei stehendem Mähdreschermotor erfolgen.

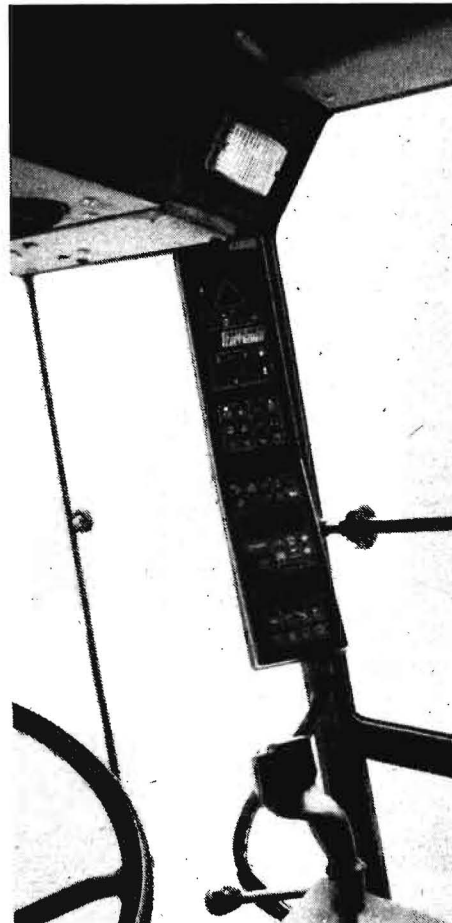
3.3. Statischer Check

Alle bisher erläuterten Testfunktionen laufen innerhalb der „normalen“ Betriebsart des Bordcomputers ab. Um die Check-Programme zu starten, d. h. diesen „Normalbetrieb“ zu verlassen, ist die Taste „Alarmton-Unterbrechung“ solange zu drücken (Anzeige für rd. 3 s dunkel), bis auf dem oberen



Bild 1. Bordcomputer im statischen Check (Erntegutschalter ist betätigt; vor den Initiatoren an Körnerrelevator, Schüttlerantrieb, oberer Schachtwelle, Strohreißer und Motor befindet sich Eisen)

Bild 2. Bordcomputer im Sicht- und Bedienfeld der Fahrerkabine (dynamischer Check mit Anzeige der Ährenrelevatordrehzahl)



Display die Anzeige C1 (Check 1) erscheint (Bild 1). Diese ungewöhnlich lange Tastenbetätigung weicht von allen anderen Funktionen des Bordcomputers ab und zeigt damit die besondere Stellung des „Check-Modus“ an.

- Der statische Check (C1) ermöglicht die Überprüfung der statischen Signalzustände (ein/aus) an den Bordcomputereingängen für
 - Initiatoren zur Drehzahlmessung
 - Initiator zur Fahrgeschwindigkeitsmessung
 - Initiatoren zur Schlupfüberwachung
 - Erntegutschalter.

Die Anzeige erfolgt durch die den Initiatoren zugeordnete LED (7 Schlupfalarmanzeigen sowie grüne LED im unteren Tastenfeld). Sind alle Verbindungsleitungen zwischen Bordcomputer und einem zu überprüfenden Initiator sowie der Initiator selbst in Ordnung, so leuchtet die zugehörige LED, solange sich Metall vor dem Initiator befindet (Luft → LED aus).

Wird kein Erntegut im Schacht gefördert, ist der Erntegutschalter in der Stellung „aus“. Dann ist das untere Display dunkel. Betätigt man beim Stillstand des Motors den Erntegutschalter (Herunterdrücken von Hand), so wird dort eine „wandernde“ 1 sichtbar, die die Förderbewegung der Einzugschette darstellt.

3.4. Dynamischer Check

Der dynamische Check erweitert die Software um ein Programm zur direkten Messung der Drehzahlen aller mit Initiator ausgerüsteten Antriebswellen im Mähdrescher.

Die Umschaltung zwischen dem statischen Check (C1) und dem dynamischen Check (C2) erfolgt wiederum mit der Taste „Alarmton-Unterbrechung“. Dieses Programm dient der Überprüfung der Initiatoren im dynamischen Betrieb bezüglich ihres Abstands von den Geberscheiben, ihres Verhaltens bei Betriebswärme und ihrer Impulserzeugung bei Nenndrehzahl.

Im unteren Display wird eine Drehzahl in U/min angezeigt (Bild 2). Die dazu leuchtende LED zeigt an, welchem Antrieb der Anzeigewert zuzuordnen ist. Mit Hilfe der Tasten „Wert verkleinern“ oder „Wert vergrößern“ kann auf die nächste (bzw. vorhergehende) Meßstelle weitergeschaltet werden.

Die Drehzahlmessung wird für folgende Wellen vorgenommen: Ährenrelevator, Körnerrelevator, Schüttlerantrieb, Leitrommelwelle, Zwischenwelle, obere Schachtwelle, Strohreißer, Motor, Dreschtrommel, Reinigungsgebläse und Hinterrad (km/h-Anzeige). Für den Strohreißer gilt die Besonderheit, daß die Drehzahlanzeige blinkt, solange der Schalter für die Magnetkupplung noch geöffnet ist (Erkennung der Einschaltbedingung für die Strohreißerüberwachung). Zusätzlich ist die Verstellung der Variatoren von Dreschtrommel und Reinigungsgebläse unabhängig von der Drehzahl möglich, wenn diese Meßstellen zur Anzeige ausgewählt worden sind. Wird im Check-Modus die Taste „Verluste“ betätigt, kehrt der Bordcomputer in den „Normalbetrieb“ zurück. Alle vorher eingestellten Parameter der Verlustmessung sowie die Meßwerte von Erntezeit und Erntefläche sind erhalten geblieben. Wie nach dem Einschalten der Bordspannung beginnen wieder die Verlustkontrolle und die Anzeige der Fahrgeschwindigkeit.

4. Praktischer Einsatz

4.1. Unterschiede zwischen Normal- und Test-Betriebsarten des Bordcomputers

Der Bordcomputer erhält von seinen Sensoren (Initiatoren, Schalter, Verlustgeber) eine Vielzahl von Signalen. Um diese zu verarbeiten, zu Informationen für den Fahrer aufzubereiten und auf dem Display anzuzeigen, sind zahlreiche und dadurch komplizierte logische Verknüpfungen von Schaltbedingungen erforderlich. Erreicht werden dadurch

- Vermeidung von Über- und Fehlinformationen des Fahrers
- Erhöhung der Meßgenauigkeit
- Verbesserung von Bediensicherheit und -komfort.

Erst im Bordcomputer implementierte Diagnose-Software, die im Fall einer Funktionsstörung sofort im Mähdrescher verfüg-

bar und einfach handhabbar ist, macht die neue Technik beherrschbar. Die Gegenüberstellung in Tafel 2 soll derartige Zusammenhänge zwischen Normal- und Testbetrieb anhand einiger Beispiele verdeutlichen.

4.2. Fehlersuche bei Schlupfalarm

Bei Überschreitung des zulässigen Riemen-schlupfes eines Antriebs gibt der Bordcomputer die Schlupfalarmanzeige (LED und akustisches Signal) aus. Liegt die Ursache nicht nur in einer kurzzeitigen Überlastung, wird der Fahrer in einem solchen Fall den Zustand des betreffenden Antriebs kontrollieren. Ist der Schaden nicht offensichtlich (Riemenriß, Verklemmung oder Verstopfung), kann eine geringe Überschreitung des zulässigen Schlupfes (3, 4 bzw. 7%), die visuell nicht erkennbar ist, die Ursache des Alarms sein. Mit dem „dynamischen Check“ kann die

Drehzahl des betreffenden Antriebs gemessen und mit Tafel 3 verglichen werden. Wird eine Unterschreitung der Nenn-drehzahl erkannt, kann durch entsprechende Maßnahmen (z. B. Riemen spannen oder erneuern) Abhilfe geschaffen werden. Eine mögliche Ursache für den Alarm ist eine Funktionsstörung im Elektronischen Kontrollsystem. Dessen ordnungsgemäßes Arbeiten kann durch Check 1 (statisches Schalten des Initiators – Blinken der LED) und Check 2 (stabile Drehzahlanzeige bei Nenn-drehzahl) überprüft werden.

5. Zusammenfassung

Die Einführung moderner Diagnosesysteme für immer komplizierter werdende mikro-rechnergesteuerte Überwachungs- und Regelungseinrichtungen im Maschinen- und Fahrzeugbau ist eine ökonomische Notwen-

Tafel 2. Zusammenhänge zwischen Normal- und Testbetrieb des Bordcomputers

	Normalbetrieb	Testbetrieb
1	Wird durch den Eigentest ein Drehzahleingang als defekt erkannt, wird statt eines falschen Drehzahl-Meßergebnisses ein „ERROR“ (E 2, E 8 bis E 10) angezeigt.	Im dynamischen Check kann das Meßergebnis jedes Drehzahlkanals (auch Fahrgeschwindigkeit) angezeigt werden, unabhängig davon, ob der Eigentest eine Funktionsstörung ermittelt hat.
2	Wird die Dreschtrommel- oder Reinigungsgebläsedrehzahl durch Tastendruck angewählt, läßt sich mit Hilfe des Wippenschalters der zugehörige Variator verstellen. Die Variatorverstellung ist nur möglich, wenn die jeweilige Welle schneller als mit einer Mindest-drehzahl läuft.	Im dynamischen Check ist bei Anzeige der Dreschtrommel- oder Reinigungsgebläsedrehzahl der zugehörige Variator unabhängig von der Drehzahl verstellbar. Auch ein kurzzeitiges Ansteuern der Stellmotoren bei Stillstand des Variators zu Testzwecken ist möglich; der Stellmotor ist jedoch vor Überlastung nicht geschützt.
3	Die Riemenantriebe von Zwischenwelle, Leit-trommelwelle, Ähren- und Körner-elevator, Schüttler, oberer Schachtwelle und Stroh-reißer werden auf Überschreitung eines Maximal-Schlupfes überwacht. Dabei gelten folgende Einschränkungen bzw. Prioritäten: Die Arbeitsorgane werden nur überwacht, wenn das Dreschwerk eingekuppelt ist. Bei der Fruchtart Mais ist die Überwachung des Ähren-elevators ausgeschaltet. Die Überwachung der oberen Schachtwelle erfolgt nur bei betätigtem Erntegutschal-ter. Die Zwischenwelle wird nur bei der mechanischen Antriebsvariante und der Stroh-reißer nur im eingekuppelten Zustand überwacht.	Zur Suche der Ursache eines Schlupfalarms kann im statischen Check das Schalten der Initiatoren und im dynamischen Check die Nenn-drehzahl überprüft werden. Dabei gelten keine Abhängigkeiten oder Prioritäten.
4	Eine Betätigung des Erntegutschalters ist für den Fahrer auf dem Bordcomputer nur indirekt erkennbar. Beim Einschalten beginnt sofort die Verlustmessung (Dezimalpunkt leuchtet). Sie wird erst 10 s nach Ausschalten des Erntegutschalters abgebrochen. Für die Erntezeit- und Ernteflächenmessung werden Betätigungspausen des Erntegutschalters bis zu 2 s überbrückt.	Im statischen Check wird der Schaltzustand des Erntegutschalters ohne Schaltverzögerungen direkt angezeigt.
5	Nach Beginn der Verlustmessung leuchtet durch die Verzögerung der Wegimpulse vom Hinterradinitiator um die Durchlaufzeit des Erntegutes durch das Dreschwerk für 14,4 s nur der Dezimalpunkt. Dann erfolgt alle 3,6 s die Anzeige der Ernteverluste in % vom Ertrag, der durch eine gleitende Mittelwertbildung von Körner- und Wegimpulsen über eine Gesamtzeit von 28,8 s errechnet wird. Einzelne Verlustgeberimpulse können nicht unterschieden werden. Bleibt der Mähdrescher mit vollem Schacht (Erntegutschal-ter betätigt) stehen, erfolgt wegen der ausbleibenden Wegimpulse nach rd. 40 s keine Verlustanzeige mehr. Wird der Erntegutschal-ter nicht mehr betätigt, bricht der Bordcomputer 10 s später die Verlustmes-sung ab.	In der Betriebsart „Verlustgebertest“ erzeugt ein einzelner Impuls von einem beliebigen Ver-lustgeber für die Dauer von 1 s die Anzeige „0“.

Tafel 3. Drehzahlen bei einer Motornenn-drehzahl n = 2060 U/min

Welle	Drehzahl U/min
Ähren-elevator	450
Körner-elevator	450
Schüttlerantrieb	200
Leit-trommelwelle	981
Zwischenwelle	1 434
obere Schachtwelle	456
Stroh-reißer	3 000
Motor	2 060
Dreschtrommel	640...1 240
Reinigungsgebläse	270... 835

digkeit. Der Bordcomputer als Bestandteil des Elektronischen Kontrollsystems im Mäh-drescher E524 Komfort enthält eine große Anzahl von Testfunktionen zur Störungssu-che. Der Funktionsumfang und die Bedie-nung von Eigentest, Verlustgebertest, stati-schem und dynamischem Check wurden dargelegt. Durch die Diagnose-Software wird eine einfache Fehlersuche an den Mäh-drescherantrieben und im Elektronischen Kon-trollsystem selbst möglich, indem kompli-zierte logische Zusammenhänge in der Sig-nalverarbeitung aufgehoben werden und nur elementare Grundfunktionen zu überprü-fen sind. Beispiele der praktischen Anwen-dung wurden erläutert.

Literatur

- [1] Förster, F.; Schaller, R.; Windisch, G.: Standardvariante der neuen Elektronischen Kontroll-einrichtung für Mähdrescher E524. agrartechnik, Berlin 38 (1988) 7, S. 296–297.
- [2] Förster, F.; Tillig, V.; Palmer, M.; Windisch, G.; Schaller, R.: Erweiterung des Elektroni-schen Kontrollsystems für Mähdrescher E524 Komfort. agrartechnik, Berlin 39 (1989) 6, S. 243–245. A 5628