

Zu Entwicklungstendenzen der Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel¹⁾

Prof. Dr. sc. techn. C. Eichler, Universität Rostock, Sektion Landtechnik

1. Ausgangsposition

Die Entwicklung der Instandhaltung als Teil der Zuverlässigkeitssicherung landtechnischer Arbeitsmittel wird im wesentlichen von folgenden drei Hauptfaktoren beeinflusst:

- Entwicklung der gesellschaftlichen und ökonomischen Bedingungen im Land
- Entwicklung der Struktur und des Produktionsprofils der Agrarproduktion
- Entwicklung der Funktion und Konstruktion sowie der Grundzuverlässigkeit landtechnischer Arbeitsmittel.

Weitere Aspekte resultieren aus dem Stand und der erkennbaren Entwicklung der theoretischen Erkenntnisse, der Mittel und Methoden sowie des internationalen Entwicklungsniveaus.

1.1. Entwicklung der Landwirtschaft und ihres Maschinenparkes aus Instandhaltungstechnischer Sicht

Die Entwicklung der Landwirtschaft auf dem Territorium der DDR wird von einer Entwicklung zu hoher, produktiver und effizienter Produktion gekennzeichnet. Anzunehmen ist, daß Landwirtschaftsbetriebe aller Eigentumsformen mit spezialisiertem und komplexem Produktionsprofil entstehen werden. Für die Betrachtung Instandhaltungstechnischer Fragestellungen erscheinen folgende Merkmale der aus dieser Sicht in zwei Gruppen gliederbaren Landwirtschaftsbetriebe wichtig:

- Betriebe der Größenordnung kleiner als rd. 1500 ha LN werden wahrscheinlich keine oder nur sehr kleine eigene Instandhaltungseinrichtungen betreiben wollen oder können. Instandhaltungsarbeiten werden von einem oder wenigen universell einsetzbaren Instandhaltungshandwerkern, von den Maschinenbedienern in den Wintermonaten, realisiert und/oder Serviceeinrichtungen übergeben.
- Betriebe über rd. 1500 ha LN können und werden wahrscheinlich betriebseigene In-

standhaltungseinrichtungen effizient betreiben, die evtl. von einem Technischen Leiter geleitet werden. Andererseits werden aber Instandhaltungsarbeiten auch an spezielle Servicebetriebe übergeben.

Die Landwirtschaft auf dem Territorium der DDR wird für eine Übergangsperiode mit einem Maschinenpark arbeiten müssen, der sich aus vier Anteilen zusammensetzt:

- gegenwärtig vorhandene landtechnische Arbeitsmittel traditioneller Konstruktion in einem differenzierten Erhaltungszustand und hohem Durchschnittsalter
- gegenwärtig zugeführte neue landtechnische Arbeitsmittel traditioneller Konstruktion von Landmaschinenherstellern auf dem Territorium der DDR bzw. aus traditionellen Importquellen
- neue, wesentlich zuverlässigere landtechnische Arbeitsmittel von Landmaschinenherstellern auf dem Territorium der DDR
- neue oder gebrauchte, wesentlich zuverlässigere landtechnische Arbeitsmittel aus der BRD und anderen Ländern, vor allem aus der EG.

Die Höhe dieser einzelnen Anteile und die Geschwindigkeit der notwendigen generellen Erneuerung des Parkes landtechnischer Arbeitsmittel auf dem Territorium der DDR sind gegenwärtig schwer abschätzbar. Eine grundsätzliche Veränderung wird um das Jahr 1995 erwartet.

Das Tempo, mit dem sich ein moderner, hochzuverlässiger Maschinenpark entwickeln wird, hängt unmittelbar davon ab, wie rasch die Betriebe der Landwirtschaft den steigenden ökonomischen Anforderungen gerecht werden. Hohe Primärproduktion, hohe Produktivität, hohe Effizienz der Agrarproduktion und Leistungsfähigkeit des Maschinenparks hängen unmittelbar zusammen.

1.2. Vergleichende Betrachtungen zur Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel in der BRD und in der DDR

Es liegt nahe, den gegenwärtig in der Bundesrepublik vorfindbaren Zustand auch für die Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel als Vergleich und anzustrebendes Ziel zu betrachten. Bei allem Verständnis für dieses Bestreben sollte für sachliche Betrachtungen nur Vergleichbares verglichen werden.

Die gegenwärtig in der BRD vorzufindenden Erscheinungen auf dem Gebiet der Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel sind nur bedingt auf die gegenwärtig und in unmittelbarer Zukunft auf dem Territorium der DDR vorhandenen bzw. zu erwartenden Bedingungen übertragbar. In Tafel 1 sind einige charakteristische Zahlenangaben als weis dafür aufgeführt.

Bei der Betrachtung dieser Zahlen müssen sicher einige differenziert gestaltete und wirkende Bedingungen Beachtung finden. Dazu gehören:

- Wirken anderer ökonomischer Stimuli für Instandhaltungsarbeiten
- anderes Zusammenwirken zwischen Hersteller und Instandhalter.

Hinsichtlich der möglichen Entwicklung des Instandhaltungsbedarfs wird eingeschätzt:

Bei schrittweiser Anpassung des Instandhaltungsbedarfs unter marktwirtschaftlichen Aspekten an neue, sehr stark von den gegenwärtigen Bedingungen der BRD geprägte Strukturen wird mit einem Absinken des Gesamtinstandhaltungsbedarfs auf 30 bis 40% des derzeitigen Instandhaltungsverbrauchs gerechnet. Über den zeitlichen Verlauf dieser Reduzierung sowie über den Reduzierungsgrad bei einzelnen Maschinenarten und -typen kann gegenwärtig keine Aussage getroffen werden.

Mit Nachdruck muß darauf hingewiesen werden, daß folgende Fragen perspektivisch eine wachsende Bedeutung erlangen:

- steigende ingenieurtechnische Anforderungen an den Instandhaltungsprozeß
- ökonomische Sicherung hoher technischer Verfügbarkeit durch Instandhaltung.

Sehr problematisch wäre, wenn der Abbau von Instandhaltungskapazitäten rascher verlaufen würde als die Veränderung des Maschinenparks in Richtung besserer Grundzuverlässigkeit und besserer Zuverlässigkeitssicherung durch Instandhaltung. Eine derartige Entwicklung könnte sehr nachteilig für die Existenzfähigkeit der Landwirtschaft auf dem Territorium der DDR sein.

Für die Instandhalter steht die Aufgabe, - die Instandhaltung der vorhandenen

Tafel 1. Gegenüberstellung statistischer Angaben zur Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel in der DDR und in der BRD

	DDR	BRD
Traktorenbestand in St./100 ha LN	2...3	3...6
Betriebsdauer in Bh/Traktor · a	1 000...1 500	100...600
Durchschnittsalter der Traktoren in a	12...14	15...17
Traktoreneupreis in M bzw. DM/kW	800...1 100	800...1 200
Ersatzteilpreis in % zum Neumaschinenpreis	100...130	200...400
mittlere effektive Betriebsdauer bis zur Grundüberholung in Bh/Motor fabrikneu	4 500...5 500	7 000...9 000
Grundüberholung spezifischer Instandhaltungsaufwand ¹⁾ in M bzw. DM/1 000 M Grundfonds Technik · a	2 200...2 700 150...170	6 500...8 000 60...80 (Vollerwerbsbetrieb) 160...230 (Lohnunternehmen)
Instandhaltungskosten für Traktoren in M bzw. DM/Bh	2,50 ...3,50	0,80...1,00
jährlicher Gesamtaufwand für die Instandhaltung in Mrd. M bzw. Mrd. DM	4,5	4,0

1) beachtet werden müssen Ersatzteilpreis und Lohnsatz

1) Überarbeitete Fassung eines Vortrags auf dem Forum der Wissenschaftlichen Sektion „Landtechnische Instandhaltung“ der KDT zu Fragen der Entwicklung der Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel auf dem Territorium der DDR am 3. Mai 1990 an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

- Maschinen mit den vorhandenen Mitteln und Ressourcen zu sichern
- den sinkenden Instandhaltungsbedarf für die qualitativ hochwertigen neuen landtechnischen Arbeitsmittel durch hohe Instandhaltungsqualität zu gewährleisten
- die Verwendung freigesetzter Instandsetzungskapazitäten vorzubereiten und zu sichern.

2. Gestaltungsgrundsätze für die Sicherung der Zuverlässigkeit durch Instandhaltung

2.1. Verantwortungsbereiche für die Vorbereitung und für die Realisierung der Instandhaltung

Für die künftige Vorbereitung und Realisierung der Instandhaltung werden zwei Verantwortungsebenen angestrebt:

- Der Hersteller ist für die technisch-ökonomische Gesamtentwicklung der Reproduktion der von ihm hergestellten Maschinenart voll verantwortlich. Dazu sichert er im Komplex
 - die zuverlässigkeitsorientierte und instandhaltungsgerechte Konstruktion und Projektierung
 - die Lieferung umfassender instandhaltungstechnischer Soft- und Hardware (z. B. Instandhaltungsvorschriften, Instandsetzungstechnologien, Vorrichtungen)
 - die Ersatzteilversorgung
 - die Schaffung eines flächendeckenden Netzes leistungsfähiger Service- und Instandsetzungseinrichtungen
 - die Schulung von Bedienungs- und Instandhaltungspersonal.
- Der Besitzer bzw. Nutzer von landtechnischen Arbeitsmitteln ist voll für die Reproduktion seiner landtechnischen Arbeitsmittel verantwortlich. Er entscheidet selbst, welche Instandhaltungsleistungen er wann, wie und wo realisiert bzw. realisieren läßt.

Wenn auch beide Verantwortungsebenen nacheinander wirksam werden und letztlich die Effizienz des Landwirtschaftsbetriebs bestimmt, was, wie und mit welchem Effekt instand gehalten wird, ergibt sich die Lösung des Problems aus dem Zusammenwirken der Teile.

Übereinstimmend bestätigen Bauern und Landmaschinenhersteller aus der BRD, daß sowohl der ingenieurtechnische als auch der materielle Service eines Herstellers für sein Produkt oft das entscheidende Auswahlargument bei Maschineninvestitionen ist.

Das landtechnische Instandhaltungswesen wird folgende Struktur haben:

- instandhaltungstechnisch orientierte Kapazitäten von Landmaschinenherstellern
- landtechnische Servicebetriebe aller Eigentumsformen, die sich vorwiegend aus den bisherigen KfL, aber auch aus betrieblichen Instandhaltungseinrichtungen der Landwirtschaftsbetriebe entwickeln können; diese Servicebetriebe werden u. a. Maschinenberatung, Neu- und Gebrauchtmaschinenhandel, Instandhaltungsleistungen, Ersatzteilversorgung und Qualifizierung anbieten. Sie werden als Betriebsteile der Hersteller, als Vertragspartner der Hersteller und als Vertragspartner von Vertriebsorganisationen arbeiten. Auch kommerziell betriebene Pflege-Diagnose-Stationen u. ä. werden als Instandhaltungseinrichtungen auftreten.

- spezialisierte Instandsetzungsbetriebe, vor allem für die Grundüberholung von Austauschbaugruppen
- Instandhaltungseinrichtungen der Landwirtschaftsbetriebe (bei größeren Betrieben).

2.2. Instandhaltungsstrategische Konzeptionen

Die Analyse von Instandhaltungsprozessen bei landtechnischen Arbeitsmitteln in der BRD zeigt, daß vorwiegend die Ausfallmethode angewendet wird. Bei überwachungspflichtigen Maschinen gibt es gesetzliche Bedingungen an nach starren Terminen orientierte Überprüfungen (TÜV), die zu vorbeugenden Effekten führen. Für landwirtschaftliche Großmaschinen bei Lohnunternehmern (Mähdrescherkampagneleistungen um 170 ha) und in größeren landwirtschaftlichen Betrieben Schleswig-Holsteins (um 700 ha LN mit Mähdrescherkampagneleistungen um 250 bis 300 ha) wird von Zwischenkampagnedurchsichten mit dem Charakter hiesiger Kampagnefestinstandsetzungen berichtet.

Für die 5 Länder auf dem Territorium der DDR werden folgende instandhaltungsstrategische Organisationsformen empfohlen:

- Instandsetzung nach Ausfall mit Realisierung der wiederherstellenden Instandsetzungen in der eigenen Betriebswerkstatt oder in einem Servicebetrieb in den ersten Nutzungsjahren gering ausgenutzter Maschinen
- Anwenden der periodischen und/oder der zustandsabhängigen Instandhaltungsmethode mit Realisierung der anfallenden wiederherstellenden und vorbeugenden Instandsetzungen in der eigenen Betriebswerkstatt und/oder in einem geeigneten Servicebetrieb bei älteren und bei stark ausgenutzten Maschinen
- Inanspruchnahme weitgehend vollständiger instandhaltungstechnischer Betreuung der betriebseigenen landtechnischen Arbeitsmittel durch geeignete Servicebetriebe, beispielsweise durch den „Kauf“ ausfallfreier Betriebsdauer.

Die Hersteller sollten die Anwendungsbereiche dieser und anderer Strategien optimieren und die daraus abgeleiteten instandhaltungstechnischen Elemente den Kunden auf ökonomischem Weg anbieten.

2.3. Detailfragen

2.3.1. Technische Diagnostik

Die technische Diagnostik behält extern funktions- und/oder restbetriebsdauerorientiert mit rechnergestützter instandhaltungstechnischer Bewertung für herkömmliche landtechnische Arbeitsmittel Bedeutung.

Für perspektivische landtechnische Arbeitsmittel werden in Verbindung mit deren Automatisierung und der bordseitig rechnergestützten Erfassung und Verarbeitung von Informationen über deren Betrieb in wachsendem Maß Kombinationen von internen und externen Diagnosesystemen für Funktionsdiagnosen und Restbetriebsdauerdiagnosen mit instandhaltungstechnischer Be- und Auswertung als Teilsysteme der Serviceeinrichtungen der Instandhaltung zum Bestimmen des Inhalts und Umfangs von Instandhaltungsmaßnahmen bis zu deren technologischer Vorbereitung angewendet werden. Führende Landmaschinenhersteller der BRD legen Diagnosekonzepte von der Vorbereitung von Sensorenanschlußstellen bis zur in-

ternen Diagnostik vor. Davon abgeleitet kann, bei entsprechender Weiterentwicklung, ein komplexes Diagnosesystem, wie das DS2000, auf die Instandhaltungsbedürfnisse kommender Maschinengenerationen ausgerichtet, perspektivisch Bedeutung haben.

2.3.2. Lebenslaufakte

Wenn in der BRD die Instandhaltungskosten 10 bis 15% der Produktionskosten im Landwirtschaftsbetrieb betragen, so wird ihre systematische Beeinflussung zum Bedürfnis werden. Instandhaltungskosten von 0,8 bis 1 Mill. M in einem Landwirtschaftsbetrieb mit rd. 1500 ha LN werden auch in Zukunft ein beachtenswerter Faktor sein. Damit wird die instandhaltungstechnisch orientierte, rechnergestützte Lebenslaufakte an Bedeutung gewinnen. Für viele Servicebetriebe wird es nützlich sein, Lebenslaufakten aller oder ausgewählter Maschinen ihrer Kunden zu führen. Das kann kommerziell oder als Kundendienst erfolgen.

2.3.3. Eingangsprüfung im Servicebetrieb

Eine wichtige zentrale Position ist die Eingangsprüfung von Instandhaltungsobjekten in Servicebetrieben. Folgende Gründe sind für die Servicebetriebe entscheidend:

- Erstellen eines Kostenvoranschlags bei größeren Instandsetzungen
- Abschätzen und Mitteilen der instandsetzungsbedingten Stillstandszeiten an den Kunden, verbunden mit der eventuellen Bereitstellung einer Leihmaschine (für kleine Betriebe)
- technologisches Vorbereiten der Instandhaltungsmaßnahmen, vor allem hinsichtlich
 - Auslastung der Arbeitskräfte
 - Beschaffen nicht am Lager befindlicher Ersatzteile über Schnelldienste
 - Qualität der Instandsetzungsleistungen.

2.3.4. Materialwirtschaft

Vielorts kursiert die Meinung, daß künftig der Hersteller alle benötigten Ersatzteile liefern wird und so der Instandsetzungsbetrieb von der Ersatzteilplanung befreit sei. Bei der Betrachtung dieses Problems sollte aber u. a. beachtet werden:

- Für langfristig geplante und langfristig gelieferte Ersatzteile gewähren Hersteller in der BRD hohen Rabatt gegenüber den Einzelteilen mit Sofortlieferung.
- Die Kundenberatung, vor allem hinsichtlich Kostenvoranschlägen, erfordert Wissen über den Ersatzteilbedarf.

Zur Materialwirtschaft gehört auch die Einzelteilinstandsetzung (ETI). Sicher war die ETI mit 50% des Ersatzteilverbrauchs in der Vergangenheit überzogen, und auch die Qualität dieser Teile war in der Vergangenheit nicht überall optimal.

Bei nur rd. 20% Energieeinsatz in der ETI gegenüber dem Neuersatzteil und vergleichbarer Qualität wird die globale Bedeutung der ETI in der volkswirtschaftlichen Materialwirtschaft sichtbar.

Der Effektivitätsfaktor $E = A_n \bar{T}_i / \bar{T}_n A_i$ wird sich infolge der veränderten Lohn- und Materialkosten in Abhängigkeit von der Seriengröße instand gesetzter Einzelteile bei anzustrebender gleicher Qualität von Neuteil und Instandsetzungsteil um 20 bis 40% verrin-

Fortsetzung auf Seite 418

Einzelzylinderbeschleunigung als Diagnoseparameter für den Dieselmotor

Prof. Dr. sc. techn. W. Schiroslawski, Universität Rostock, Sektion Landtechnik

Verwendete Formelzeichen

φ	Drehwinkel der Kurbelwelle
ω	Winkelgeschwindigkeit
ε	Beschleunigung
A_k, B_k	Fourierkoeffizienten
n	Anzahl der Harmonischen
δ	Drehungsgleichförmigkeitsgrad
$\bar{\omega}$	mittlere Winkelgeschwindigkeit im Winkelfenster $\Delta\varphi$
ZS,	Anzahl der Zeitzählimpulse im Winkelfenster $\Delta\varphi$
TP	Fakt für die Zeitmessung
J	Trägheitsmoment (reduziert)
c	Federsteifigkeit

1. Problematik

Zur Diagnose von Verbrennungsmotoren hat sich das Beschleunigungsverfahren international durchgesetzt. Mit Hilfe von digitalen Meßverfahren sind durch Erfassung der Kurbelwellenbewegung folgende Kenngrößen von Interesse [1 bis 13]:

- Winkelbeschleunigung der Einzelzylinder bei stationärer Drehzahl zur Kennzeichnung der Laufruhe und des Einlaufzustands des Motors
- Winkelbeschleunigung der Einzelzylinder in der freien Beschleunigung zur Kennzeichnung des Anteils jedes Zylinders am effektiven Drehmoment bzw. an der effektiven Leistung
- Winkelverzögerung der Einzelzylinder beim Abtoun ohne Füllung zur Kennzeichnung des Anteils jedes Zylinders am mechanischen Verlustmoment
- indiziertes Drehmoment bzw. indizierte Leistung für jeden einzelnen Zylinder
- Kompressionsenddruck, ermittelt durch Auswertung der Drehungleichförmigkeit und Druckmessung an einem Zylinder.

Fortsetzung von Seite 417

gern. Das führt zu einer Verkleinerung des technisch-ökonomisch instand setzbaren Sortiments.

2.3.5. Ingenieurtechnische Vorbereitung der Instandhaltung

Auch instandhaltungstechnische Prozesse setzen wie alle anderen produktionstechnischen Prozesse eine hinreichende ingenieurtechnische Vorbereitung voraus. Die Instandhaltung landtechnischer Arbeitsmittel, die in prinzipiell gleicher Art an territorial verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeitpunkten auftritt, bietet die Möglichkeit der einmaligen ingenieurtechnischen Vorbereitung mit örtlicher und zeitlicher Anpassung. Das betrifft sowohl die Grundlagenforschung wie auch die ingenieurtechnische Entwicklung und Fertigung von Hard- und Software. Ingenieurbetriebe bei den Herstellern, bei den Verbänden der Servicebetriebe oder „freie Betriebe“ sollten diese Aufgaben kommerziell übernehmen.

A 5993

Verfahrenstechnische Lösungen zur Messung der Einzelzylinderbeschleunigung werden von vielen Autoren [1 bis 6, 11, 13] vorgelegt, ohne daß Klarheit darüber herrscht, welche Informationen dieser Diagnoseparameter überhaupt liefern kann. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse zum Informationsgehalt des Diagnoseparameters Einzelzylinderbeschleunigung vorgestellt.

2. Kurbelwellenbewegung im Dieselmotor

2.1. Allgemeines

Das dreheschwingungsfähige Triebwerkssystem eines Kolbenmotors besteht aus Kurbelwelle, Gegengewichten, Pleuelstange, Kolben, Schwungrad und einigen weiteren rotierenden Elementen und kann durch ein lineares Drehschwingungssystem dargestellt werden. Die sich mit dem Kurbelwinkel ändernden Gas- und Massekräfte führen zu erzwungenen Drehschwingungen und folglich zu einer ungleichförmigen Bewegung des Systems, die aus einem mit konstanter Geschwindigkeit verlaufenden Anteil und diesen sich überlagernden Drehschwingungen besteht. Dieser Sachverhalt wird durch den Drehungsgleichförmigkeitsgrad δ

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\bar{\omega}}$$

charakterisiert, der für Fahrzeugmotoren in

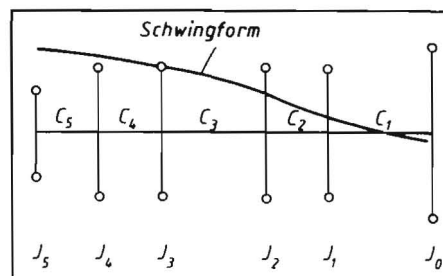
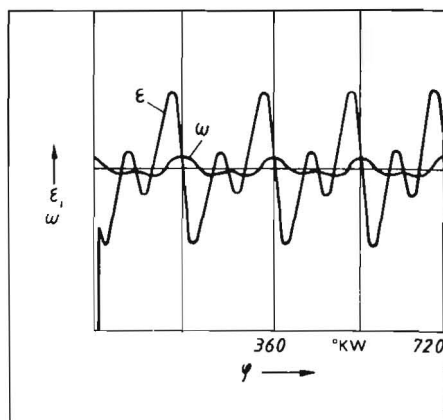


Bild 1. Ersatzsystem aller Triebwerksteile und Schwingform für den Motor 4 V D 14,5/12 SRW

Bild 2. Ergebnisse der harmonischen Synthese (Motor abgeglichen)



der Größenordnung von $\delta = 0,003$ bis $0,005$ angegeben wird [14, 15].

Für Diagnosezwecke wird von einem konstanten Massenkraftverlauf ausgegangen, um über die o. g. Diagnoseparameter Rückschlüsse auf die Gaskraft ziehen zu können. Der Massekraftverlauf wird durch die sich infolge Instandsetzung ändernde Kurbelwellen- und Kolbenmasse beeinflusst, so daß für Diagnosezwecke Kenntnis über die Reparaturstufe herrschen sollte. Quantitative Untersuchungen zum Einfluß der Masseveränderungen fehlen bisher. Der Gaskraftverlauf wird im wesentlichen durch folgende Parameter und Einflußfaktoren bestimmt:

- Einspritzmenge und Einspritzgleichheit
- Luftfüllung und Füllungsgleichheit
- Einspritzwinkel der einzelnen Zylinder (Voreinspritzwinkel und Förderersatzwinkel)
- Ventilsteuerzeiten
- Brennraumtemperatur
- Dichtigkeit der Verbrennungsräume.

Somit sind im Drehschwingungsverlauf wesentliche Informationen über interessierende Funktions- und Diagnoseparameter enthalten. Das diagnostische Ziel besteht darin, aus der Analyse des Drehschwingungsverlaufs auf die o. g. Parameter und Einflußfaktoren zu schließen.

2.2. Ermittlung des Drehschwingungsverlaufs

Zur Ermittlung des Drehschwingungsverlaufs an einem Dieselmotor im instationären Betriebsregime wird erfolgreich das Programmsystem TUDMOT [16] eingesetzt. Mit dem Programm wird eine harmonische Analyse des Schwingungssystems (Bild 1) durchgeführt, wobei die Erregung über das Indikatordiagramm eingeht und Störungen in einzelnen Zylindern durch den Füllungsfort simuliert werden können.

Mit den Fourierkoeffizienten A und B der einzelnen harmonischen Ordnungen ergeben sich

- zeitlicher Drehwinkelverlauf für ein gewähltes Teilsystem (z. B. Schwungmasse als Ort der Sensoranbringung)

Bild 3. Ergebnisse der harmonischen Synthese (Simulation eines Zylinderausfalls)

