

Einige Aspekte der Nutzung des Diagnosesystems DS 1000 für Fehlersuchdiagnosen

Dr.-Ing. H.-G. Grieb, KDT, VEB Kombinat Forsttechnik Waren, Stammbetrieb¹⁾

1. Einleitung

Ein Schwerpunkt bei der Einführung der Instandhaltung nach Überprüfungen mit Hilfe der technischen Diagnostik ist die Durchführung planmäßiger Überprüfungen in starren Betriebsdauerintervallen. Trotz der regelmäßigen Überprüfungen lassen sich plötzliche Ausfälle aufgrund der Stochastik des Schädigungs-

ungsverhaltens nicht vollständig ausschließen. Die langjährige Arbeit der Erprobungsdiagnosestationen in den Bezirken Rostock und Dresden hat gezeigt, daß durch die kontinuierliche Durchführung der planmäßigen Überprüfungen unter Einsatz des Diagnosesystems DS 1000 der Anfall operativer Überprüfungen (plötzliche Ausfälle diagnostizier-

barer Baugruppen) minimiert werden kann.

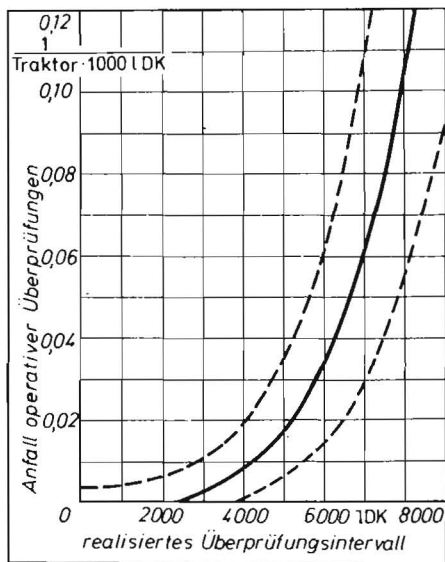
2. Einfluß der Diagnoseorganisation auf den Anfall operativer Überprüfungen

Für Traktoren liegen zu dieser Problematik bereits Ergebnisse [1, 2, 3, 4] vor. Ein Ziel der Durchführung planmäßiger Überprüfungen besteht darin, unplanmäßigen Ausfällen vorzubeugen. Für die diagnostizierbaren Baugruppen ist der Anfall operativer Überprüfungen ein Maß der Vorbeugung. Tafel 1 enthält die empfohlenen und durch Untersuchungen bestätigten Überprüfungsintervalle [4], die so festgelegt wurden, daß eine Abstimmung mit der Pflegeorganisation gegeben ist. Folgende Vorteile ergeben sich damit:

- Einordnung und Durchführung der planmäßigen Überprüfungen
- Garantieren der fehlerfreien Erarbeitung

1) Diese Arbeit entstand während der Tätigkeit des Autors an der Sektion Landtechnik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock

Bild 1. Zusammenhang zwischen dem realisierten Überprüfungsintervall und dem Anfall operativer Überprüfungen am Beispiel des Traktors ZT 300/303 (nichtlineare Regression)



Tafel 1. Überprüfungsintervalle von verschiedenen Maschinen

Maschinentyp	Überprüfungsintervall . IDK
ZT 300/303	6 000
MTS-50/52	3 200
MTS-80/82	4 200
W50	6 000
K-700	9 900
T-150K	6 000

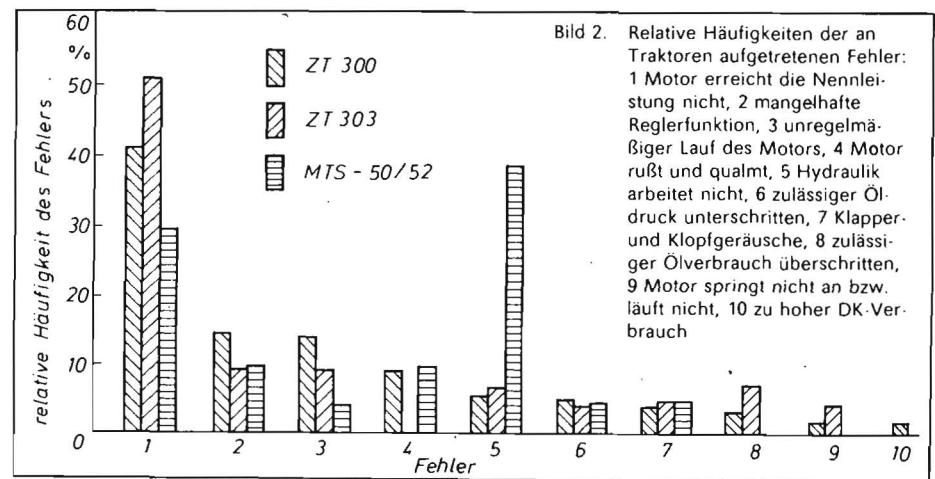


Bild 2. Relative Häufigkeiten der an Traktoren aufgetretenen Fehler: 1 Motor erreicht die Nennleistung nicht, 2 mangelhafte Reglerfunktion, 3 unregelmäßiger Lauf des Motors, 4 Motor rußt und qualmt, 5 Hydraulik arbeitet nicht, 6 zulässiger Öl-druck unterschritten, 7 Klapper- und Klopfergeräusche, 8 zulässiger Ölverbrauch überschritten, 9 Motor springt nicht an bzw. läuft nicht, 10 zu hoher DK-Verbrauch

Tafel 2. Quantifizierung der Wirkung bestimmter Einflußgrößen auf den Anfall operativer Überprüfungen

Einflußgröße		Anfall operativer Überprüfungen in		Präzisie-rungs-faktor
		Traktor · 1 000 IDK		
Einhaltung der Überprüfungsintervalle	Qualität gut ¹⁾	0,03	1,0	2,6...3,3
	Qualität schlecht	0,08...0,10		
Überschreitung der Überprüfungsintervalle um (Qualität gut)	10 %	0,04	1,3	4,6
	20 %	0,06	2,0	
	30 %	0,10	3,3	
	40 %	0,14		
Pflegezustand der Maschine sowie Bedienung ²⁾ (bei Einhaltung der Intervalle und Qualität gut)	gut	0,03	1,0	1,1...1,3
	schlecht	0,03...0,04		

1) Hierbei werden u. a. folgende Kriterien betrachtet:

- Einhalten der Diagnosetechnologie
- Durchführung ökonomisch sinnvoller und technisch richtiger Regulierungen bzw. Teilinstandsetzungen

2) Hierunter werden operative Überprüfungen verstanden, die durch schlechte Pflege bzw. eigenmächtige Verstellung verursacht werden

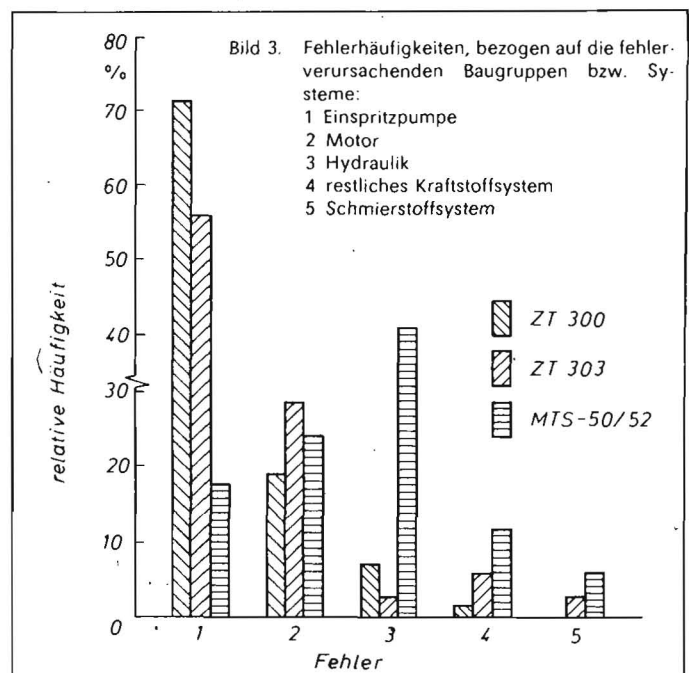


Bild 3. Fehlerhäufigkeiten, bezogen auf die fehlerverursachenden Baugruppen bzw. Systeme: 1 Einspritzpumpe 2 Motor 3 Hydraulik 4 restliches Kraftstoffsystem 5 Schmierstoffsystem

des Diagnosebefunds durch Gewährleisten gleicher Meßbedingungen

– Möglichkeit der kontinuierlichen Durchführung der Diagnosen.

Die als günstig ermittelten Überprüfungsintervalle müssen aber bei der Überarbeitung der Instandhaltungsvorschriften ein Bestandteil der Überprüfungsanweisung werden. Bild 1 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen dem Anfall operativer Überprüfungen und dem realisierten mittleren Überprüfungsintervall am Beispiel des Traktors ZT300/303. Wird das empfohlene Überprüfungsintervall um 1000 bis 2000 l DK überschritten, so ist mit einer Verdopplung des Anfalls operativer Überprüfungen zu rechnen. Daraus ist erkennbar, daß den planmäßigen Überprüfungen eine große Beachtung beizumessen ist. Folgende Forderungen sind vor allem zu realisieren:

- Die Überprüfungsintervalle sind einzuhalten (Bild 1). Neben der absoluten Höhe des Mittelwerts der realisierten Intervalle hat auch noch die Abweichung vom empfohlenen Überprüfungsintervall innerhalb einer Maschinengruppe großen Einfluß. Die Bindung der planmäßigen Überprüfungen an einen Motorölwechsel sichert auch die Einhaltung der Intervalle und der zulässigen Abweichung vom Überprüfungsintervall [5].
- Die Qualität der Diagnose sowie der abgeleiteten Regulierungen und Teilinstandsetzungen ist zu sichern. Schwerpunkte sind hierbei u. a. die Einhaltung der Meßbedingungen [6, 7], die Ölstrommessung nur in Verbindung mit einem Motorölwechsel [7] sowie konstruktionsgerechte und qualitätsgerechte Teilinstandsetzungen.

Tafel 2 enthält die Zusammenstellung wesentlicher Einflußgrößen aus der Sicht der Überprüfungsintervalle und des Anfalls operativer Überprüfungen. Die aufgeführten Präzisierungsfaktoren können zur Planung herangezogen werden. Die Bedeutung der Einhaltung der Überprüfungsintervalle bei Sicherung der Qualität der Diagnosen, Regulierungen und Teilinstandsetzungen sowie der Maschinenbedienung (Pflegezustand) wird ersichtlich. Ein Beispiel soll den Einfluß der Qualität der Durchführung der Diagnosen sowie der Regulierungen bzw. Teilinstandsetzungen verdeutlichen. Bei gutem Niveau der Durchführung der Diagnose und der Regulierungen bzw. Teilinstandsetzungen wurden 0,1 bis 0,25 und bei schlechtem Niveau 0,5 bis 0,6 operative Überprüfungen je Traktor und Überprüfungsintervall (6000 l DK beim Traktor ZT 300/303) ermittelt [2]. Das bedeutet z. B. für einen Maschinenbestand von 30 Traktoren ZT 300/303, daß bei gutem Niveau 3 bis 8 plötzliche Ausfälle durch diagnostizierbare Baugruppen und bei schlechtem Niveau 15 bis 18 plötzliche Ausfälle, bezogen auf ein realisiertes Überprüfungsintervall von 6000 l DK, auftreten.

3. Anwendungsmöglichkeiten des Diagnosesystems DS 1000 für die Durchführung operativer Überprüfungen

Die im Diagnosesystem DS 1000 installierten Diagnosegeräte sind sowohl für Schädigungs- als auch für Fehlersuchdiagnosen einsetzbar [1]. Die zur Fehlersuche einsetzbaren Diagnoseverfahren für die diagnostizierbaren Baugruppen sind in [1, 6] zusammengestellt.

3.1. Ableitung von Schwerpunkten beim Anfall operativer Überprüfungen

Die Auswertung der durchgeführten operativen Überprüfungen in den Erprobungsdiagnosestationen des Bezirks Rostock ergab die in den Bildern 2 und 3 dargestellten Schwerpunkte. Vorrangige Fehlerquelle ist die Einspritzpumpe. Der relativ hohe Anteil der Fehler an der Hydraulik beim Traktor MTS-50/52 ist wahrscheinlich auf einsatzseitige Probleme zurückzuführen. Eine Trendverschiebung zwischen den einzelnen Fehlerhäufigkeiten bzw. den fehlerverursachenden Baugruppen konnte nach mehrjähriger Auswertung nicht festgestellt werden.

3.2. Zusammenstellung der Fehler und Fehlerursachen

Da die Beschreibung des Fehlers nach seinen äußeren Erscheinungsmerkmalen (Bild 2) oftmals einem großen subjektiven Einfluß unterliegt und sich bestimmte Fehlerursachen durch verschiedene Fehler äußern können bzw. erfaßt werden, ist es notwen-

dig, die Fehlerursachen zu systematisieren, um daraus zielgerichtet den Ablauf der Fehlersuchdiagnosen festlegen zu können. Aus Tafel 3, die eine Übersicht über die Häufigkeit der Fehlerursachen durch einzelne Baugruppen und Systeme enthält, ist z. B. ersichtlich, daß beim Fehler „Motor erreicht die Nennleistung nicht“ zu 82 % die Einspritzpumpe die fehlerverursachende Baugruppe ist. Somit leitet sich für die Fehlersuche bei diesem Fehler ab, daß zuerst die Einspritzpumpe zu überprüfen ist.

Zur Untersuchung der Fehlerursachen an der Einspritzpumpe kann Tafel 4 herangezogen werden. Mit 20,8 % und 12,6 % sind der Regler bzw. die Einstellung des Voreinspritzwinkels die häufigsten Ursachen.

3.3. Festlegung des Betreuungsbereichs einer Diagnosestation aus der Sicht der operativen Überprüfungen

Aus der Sicht der Anwendungsmöglichkeiten des DS 1000 zur Fehlersuche und der erreichbaren Effekte (Einsparung grundüber-

Tafel 3. Prozentuale Anteile der Baugruppen und Systeme an den einzelnen Fehlern

Fehler	Häufigkeit der Fehlerursachen an Baugruppen bzw. Systemen in %				
	Einspritzpumpe	Einspritzpumpenantrieb ¹⁾	Motor	sonstiges Kraftstoffsystem	Steuerblock und Pumpe der Hydraulik
Motor erreicht die Nennleistung nicht	66	16	13	5	–
mangelhafte Reglerfunktion	88	3	0	9	–
unregelmäßiger Lauf des Motors	63	19	9	9	–
Motor rußt und qualmt	84	11	5	0	–
Hydraulik arbeitet nicht	–	–	–	–	50
zulässiger Öldruck unterschritten	–	–	43 ²⁾	–	–
Klapper- und Klopfgeräusche	0	11	89 ³⁾	0	–
zulässiger Ölverbrauch überschritten	–	–	100	–	–
Motor springt nicht an bzw. läuft nicht	54	31	7	8	–
zu hoher Kraftstoffverbrauch	100	0	0	0	–

- 1) Die Einstellung des Voreinspritzwinkels ist auch enthalten
 2) Die restlichen 57 % sind Fehler am Schmierstoffsystem (Filter usw.)
 3) Davon sind 62 % Schäden am Kurbeltrieb

Tafel 4. Relative Häufigkeit der Fehlerursachen und Zeitaufwand zur Fehlersuche am Beispiel des Fehlers „Motor erreicht die Nennleistung nicht“ [3]

Fehlerursachengruppe/Fehlerursache	relative Häufigkeit %	mittlerer Zeitaufwand zur Fehlersuche min
Einspritzpumpe defekt – Zusammenfassung	54	72 ¹⁾
– Einspritzpumpe defekt – ohne nähere Angaben	6,7	65
– Elementenfeder gebrochen, ermüdet	9,7	35
– Einspritzpumpenelement gelöst	3,7	43
– Regelstangenklemmstück und Regelhülse verschlissen	3,0	18
– Rollenstoßel schadhaf	0,7	–
– Regelhülse verdreht	0,7	–
– Rillen- bzw. Kegelrollenlager verschlissen	1,5	10
– Einspritzpumpenantrieb ausgeschlagen	3,0	47 ³⁾
– Riß im Reglergehäuse	0,7	15
– Reglergehäuse gelöst	0,7	60
– Drucklager verschlissen	0,7	122 ³⁾
– Regler ausgeschlagen	20,8	64 ³⁾
– Regelstange klemmt	2,2	–
Einspritzpumpe verstellt – Zusammenfassung	28	65 ¹⁾
– Einspritzpumpe verstellt – ohne nähere Angaben	2,2	30
– Fördermenge verstellt	6,7	90
– Fördermenge ungleich	3,0	90
– Regler verstellt (Regelbeginn, Abregelbereich)	3,0	30
– Voreinspritzwinkel verstellt	12,6	60 ³⁾
sonstige Mängel am Kraftstoffsystem	5	45 ¹⁾
– Einspritzdüsen nicht in Ordnung (Abspritzbild)	3,0	63 ³⁾
– Förderpumpe defekt	1,5	10
Fehler am Motor	13	86 ¹⁾
– Zylinderkopfdichtung durchgeschlagen	1,5	26
– Ventilspiel verstellt	3,0	46 ³⁾
– Kipphebelwelle gebrochen, Kipphebelbock gelöst	1,5	180 ³⁾
– Kolben/Buchsen verschlissen, Laufbuchse gerissen	7,4	95
		53 ²⁾

- 1) gewogener Mittelwert für die jeweilige Fehlerursachengruppe
 2) gewogener Mittelwert für den Fehler
 3) Zeiteile für die Einstellung bzw. Instandsetzung sind bereits enthalten

holter Baugruppen, Senkung der Instandsetzungsbedingten Stillstandszeiten) erscheint das Aufsuchen der Diagnosestation bei Auftreten der aufgeführten Fehler (Bild 2) sinnvoll. Die Möglichkeiten des Ausschließens von Fehlentscheidungen über Instandhaltungsmaßnahmen und des ordnungsgemäßen Einstellens bzw. Regulierens sprechen ebenfalls für das Aufsuchen der Diagnosestation. Der Umfang der Diagnosemöglichkeiten ist begrenzt. Weiterhin interessiert, bis zu welcher Entfernung von der Diagnosestation es sinnvoll ist, die Diagnosestation zur Fehlersuche aufzusuchen. Für diesen Zweck wurden mehrere Varianten der Beseitigung der Fehler mathematisch modelliert [1]. Die Aufwendungen für die Realisierung der ein-

zelnen Varianten, dargestellt als Funktion der jeweiligen Transportentfernung, ergaben, daß es bei der in der DDR existierenden Betriebsgröße eines Pflanzenproduktionsbetriebs zweckmäßig ist, die im Territorium befindliche Diagnosestation beim Auftreten der genannten Fehler aufzusuchen. Diese Aussage gilt pauschal nur für Traktoren und Lastkraftwagen. Für selbstfahrende Landmaschinen läßt sich auf der Grundlage der angewendeten Modellierung kein so eindeutiges Ergebnis ableiten.

4. Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wurden auf der Basis von Forschungsergebnissen und Erfahrungen der Erprobungsdiagnosestationen

des Bezirks Rostock Probleme der Nutzung der Diagnoseausrüstung zur Durchführung von Fehlersuchdiagnosen behandelt und die daraus abgeleiteten Hinweise und Empfehlungen dargelegt. Die Zweckmäßigkeit der Anwendung der Diagnose zur Erweiterung der Möglichkeiten der Einsatzbetreuung landtechnischer Arbeitsmittel wurde nachgewiesen. Den Schwerpunkt bei der Arbeit der Diagnosestation müssen die planmäßigen Überprüfungen bilden. Die einzuhaltenden Bedingungen wurden dargestellt. Nur die planmäßige Gestaltung und Durchführung dieses Prozesses bei hoher Qualität der Diagnose und Teilinstandsetzungen sichern die Minimierung des Anfalls operativer Überprüfungen. *Fortsetzung auf Seite 405*

Bestimmung der Restbetriebsdauer mit einer Prognoseuhr

Dipl.-Ing. Rebekka Festersen, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

1. Problematik

Die Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfung in der Landwirtschaft der DDR ist ein Weg zur Sicherung hoher Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der landtechnischen Arbeitsmittel. Die technische Diagnostik ist ein Bestandteil dieser Instandhaltungsmethode und ermöglicht die Sicherung der Instandsetzungsqualität, die Senkung des Instandhaltungsaufwands, die Schaffung optimaler funktioneller und energetischer Parameter und die Verringerung des Materialverbrauchs. Besondere Bedeutung hat dabei die vollständige Nutzung der Möglichkeiten des Diagnosesystems DS 1000. Eine dieser Möglichkeiten ist die Restbetriebsdauerprognose.

Mit der Restbetriebsdauerprognose soll auf der Grundlage der mit dem DS 1000 gewonnenen Daten eine auf dem Abnutzungsprozeß aufbauende Vorhersage über die noch zu erwartende Betriebsdauer bis zum Schadenseintritt getroffen werden. Damit können der Instandsetzungstermin, der Instandsetzungsumfang oder der weitere Einsatz der

untersuchten Baugruppe exakt entschieden werden. Das bedeutet eine Erhöhung der Zuverlässigkeit, eine Senkung des Instandsetzungsumfangs durch Ausnutzung der Abnutzungsreserve und eine Vereinfachung der Einsatz- und Instandsetzungsplanung.

2. Grundlagen der Restbetriebsdauerprognose

Der Abnutzungsprozeß hat durch die auf ihn wirkenden unterschiedlichen Einflüsse stochastischen Charakter. Die Stochastik dieses Prozesses wird noch vergrößert, wenn die Abnutzung wie bei der Anwendung des DS 1000 über Diagnoseparameter bestimmt wird. Die Modellierung des Abnutzungsprozesses durch einen stochastischen Prozeß entspricht dem Charakter dieses Prozesses. Als Grundlage der Modellierung wurde der Wiener-Prozeß gewählt, der eine zentrale Stellung in der Theorie der stochastischen Prozesse einnimmt. Die Vorteile des Wiener-Prozesses liegen in der Berücksichtigung der zufälligen Einflüsse auf den Prozeß und dem Zulassen negativen Schädigungszuwachses.

Dieser kann in den untersuchten Prozessen theoretisch nicht auftreten, ist aber durch Fehler bei der Bestimmung des Abnutzungs Zustands in den Praxisdaten enthalten. Aus dem Wiener-Prozeß läßt sich als Ausfall-dichte die inverse Gaußverteilung herleiten [1]. Sie hat folgendes Aussehen:

$$f(t) = \frac{h_{VG} - h_V}{\sigma\sqrt{t}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{h_{VG} - h_V - v \cdot t}{\sigma\sqrt{t}} \right)^2} \quad (1)$$

Über die Normierung der Eingangsgrößen und die Ermittlung des $(1-\gamma)$ -Quantils der standardisierten inversen Gaußverteilung erfolgt die Berechnung der normierten γ -prozentualen Restbetriebsdauer. Durch Modellierungsarbeiten wurde ein linearer Zusammenhang zwischen normierter Restbetriebsdauer und normiertem Abnutzungs Zustand festgestellt [2].

Da die numerische Bestimmung der Restbetriebsdauer aufwendig ist und Rechen-technik voraussetzt, muß sie zur Anwendung in den Diagnosestationen der Landwirtschaftsbetriebe vereinfacht werden.

3. Aufbau und Anwendung der Prognoseuhr

Die Prognoseuhr ist die handhabbare, vereinfachte Darstellung der Ergebnisse der Berechnungen zur Restbetriebsdauerprognose auf der Grundlage des eindimensionalen Wiener-Prozesses. Sie stellt einen Ausschnitt aus umfangreichen Untersuchungen dar [2]. Der lineare Zusammenhang zwischen Abnutzungs Zustand und Restbetriebsdauer ermöglicht die Darstellung in Form mehrerer Skalen auf einer Kreisfläche (Bild 1).

Auf der äußeren Skale ist der normierte Abnutzungs Zustand aufgetragen, der mit einem Zeiger eingestellt werden kann. Von den beiden inneren Skalen wird die Restbetriebsdauer mit einer Prognosewahrscheinlichkeit von 0,90 abgelesen.

Auf der mittleren Skale (Streuung klein) ist die Restbetriebsdauer für einen Variationskoeffizienten von 1,0 und auf der inneren Skale (Streuung groß) für einen Variationskoeffizienten von 1,4 angegeben. Diese Koeffizienten sind Mittelwerte aus bisherigen Untersuchungen von Diagnosedaten.

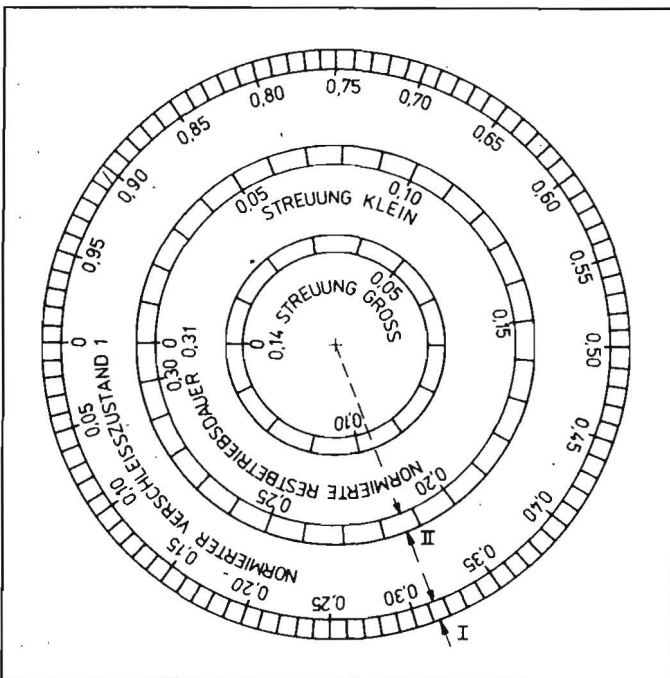


Bild 1
Vorderseite der Prognoseuhr