

**W. Kammerer**

Siemens, München

Das Integrierte Prüfsystem 70  
(Systemphilosophie, Prüfautomaten, Anwendung)

## Das Integrierte Prüfsystem 70 (Systemphilosophie, Prüfautomaten, Anwendung)

*Referat für die Tagung des SIEMENS-Prozeßrechner-Anwenderkreises I, Institute und Ausbildungsstätten, im Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung Berlin GmbH am 24. – 27. Mai 1971*

### 1. Einleitung

Das Integrierte Prüfsystem 70 entstand in den letzten 6 Jahren für die Prüfung von vorwiegend elektrischen Geräten in der industriellen Fertigung. Der Einsatz von Prozeßrechnern im Prüfgeschehen der Serienfertigung war damals neu.

Das unbekannte Gebiet bedurfte einer systematischen Analyse und neuer Lösungswege. Das Integrierte Prüfsystem 70 entstand in der fertigungstechnischen Entwicklung des Hauses Siemens, es wurde durch wertvolle Mithilfe diverser Prüf- und Entwicklungsstellen unseres Hauses sehr bereichert. Seit ungefähr 2 Jahren wurde es in das Programm der Meß- und Prozeßtechnik, Siemens Karlsruhe, aufgenommen.

Das System wird laufend ergänzt und ausgebaut. In den letzten beiden Jahren sind insgesamt 26 solcher Automaten bzw. Prüfplätze in unserem Hause zum Einsatz gekommen.

Das System basiert auf einem großen Erfahrungsschatz und hat die Phase der Einführung bzw. praktischen Bewährung bereits überstanden. Es befindet sich z. Z. in der Phase der breiten Anwendung.

Das Prüfsystem berücksichtigt nicht nur die Prüfautomaten selbst, sondern auch die möglichst maschinelle Erzeugung der Prüfdaten, die Adaptierung der Prüflinge und nicht zuletzt zeigt es auch die Grundsätze für einen prüfgerechten Aufbau bzw. prüffreundliche Konstruktion des zu prüfenden Gerätes auf.

### 2. Die praktische Anwendung des Prüfsystems und die Anforderungen an dieses

Stellen wir uns das Innere eines Rechners vor, so erkennen wir, daß in den ersten Phasen des Fertigungsprozesses folgendes geprüft werden muß:

- die Schaltungsträger der Flachbaugruppen und die Rückwandverdrahtungen,
- die komplett bestückte Flachbaugruppe.

Mit diesem praktischen Hintergrund möchte ich Ihnen das Prüfsystem, seine Philosophie, seinen Aufbau und seine Leistungen vorstellen.

#### 2. 1 Die Verdrahtungsprüfung

Abb. 1 ZFA 35 293

zeigt eine Multilayerplatte ca. 50 x 50 cm, sie besitzt 15 800 zu prüfende Anschlußpunkte. Die Platte muß von der Vorderseite und von der Rückseite überlappend geprüft werden, das sind insgesamt 40 000 Anschlußpunkte.

In der Minute werden 3000 Anschlußpunkte geprüft, die Prüfzeit beträgt 13 Minuten. Pro Anschlußpunkt muß der Rechner ein 24-bit-Wort ausgeben. Das Prüfdatum für eine Messung beträgt 24 bit in der Grundsprache des Rechners, in der einzugebenden Automaten-sprache, die besser zu lesen und zu schreiben ist, 8 Zeichen. Die gesamte Informationsmenge für diese Platte beträgt 320 000 Zeichen oder 800 m Lochstreifen. Die partielle Adaptierung für diese Leiterplatte zeigt Abb. 2.

Die Platte besitzt eine orthogonale Leitungsführung. Die waagrechten und senkrechten Leiterzüge werden hier in Teilschritten getrennt geprüft. Der Nadelträger ist geschwenkt, er besitzt  $10 \times 132 = 1320$  Nadeln.

Anders ist der Fall, wenn keine orthogonale Leitungsführung vorhanden ist. So z. B. bei den Schaltungsträgern für Flachbaugruppen. Hier muß der Schaltungsträger komplett adaptiert werden.

Abb. 3 zeigt den Nadelträger mit ca. 1000 Kontaktnadeln für eine einfache Flachbaugruppe in Europaformat.

Den kompletten Automaten zeigt Abb. 4

Links die Blattschreibernausgabe. Der linke Schrank enthält die Zentraleinheit des Prüfautomaten mit DVA 101, die Lochstreifeneingabe, das Bedienungsfeld und einige periphere Prüfbausteine. Daran schließt sich der Relaismatrixschrank an. Er ist bis 4096 Anschlußpunkte ausbaufähig. Max. 16 solcher Schränke können je Automat angeschlossen und damit max. 64 000 Anschlußpunkte geprüft werden.

Verdrahtungsprüfung heißt:

Durchgangsprüfung mit bis 3 A Meßstrom, Messung des Durchgangswiderstandes; einstellbare Meßschwelle 1...9 Ohm.

Isolationsmessung mit max. 500 V Meßspannung, Messung des Isolationswiderstandes einer Verbindung gegen alle anderen.

Einstellbare Meßschwelle zwischen 1 und 100 MOhm.

Die Zeit für eine Messung dauert 20 ms, es genügt, daß der Rechner innerhalb 1 ms ein Prüfdatum = 24 bit an die Prüfperipherie ausgibt. Sie erkennen daran, daß die Anforderungen an den Prozeßrechner klein sind, dagegen wird ein preislich billiger Rechner verlangt, weshalb die DVA 101 eingesetzt ist. Neuerdings werden die Prüfdaten maschinell auf der größeren Anlage 4004 aus den Schaltungsunterlagen generiert. Ausgegeben werden die Prüfdaten in Lochstreifen bzw. auf Magnetband. Deshalb muß der Verdrahtungsprüfautomat diese Datenträger, z. B. die der 4004, lesen können.

## 2. 2 Logikprüfung

Die Funktionsprüfungen bestückter Flachbaugruppen können verständlicherweise nicht über einen Kamm geschoren werden, daher werden

- sog. Logikflachbaugruppen mit nur digitalen Schaltkreisen, meist in integrierter Technik
- Flachbaugruppen vorwiegend mit analogem Inhalt und Sinustechnik für Nachrichten- und Übertragungstechnik
- gemischte Flachbaugruppen, für die noch nicht eine übergeordnete technische Ordnung gefunden werden konnte

unterschieden.

Abb. 5 zeigt die Ansicht einer Logikflachbaugruppe. Sie enthält beispielsweise 25 IC.

Die Prüfung dieser Baugruppe besteht aus Aneinanderreihen dynamischer Parallelmessungen. An alle programmierbaren Eingangsstifte des Prüflings wird (über Pegelumsätze) ein digitales Bitmuster angelegt und das jeweilige Bitmuster an Ausgangsstiften automatisch mittels Komparatoren überprüft. Die Informationsmenge der einzugebenden Prüfdaten beträgt im Durchschnitt 3000 Worte je 24 bit.

Abb. 6 zeigt den Logikprüfautomat LOG 10/IP 70

Der linke Schrank enthält den Rechner 301, daran schließen sich die Schränke und das Pult mit den peripheren Prüfbausteinen an. Das Pult enthält die pro Anschlußpunkt vorgesehenen Pegelumsetzer und Komparatoren sowie das Bedienungsfeld. Die Ein- und Ausgabe fehlt auf diesem Bild.

Es wird gefordert, daß ein fehlerfreier Prüfling in 1...2 Sekunden geprüft wird. Dies bedeutet, daß der Rechner spätestens alle 100  $\mu$ s ein Prüfwort ausgeben muß.

Auch hier würde zunächst ein Kleinrechner genügen, doch die umfangreichere Standardperipherie (z. B. Platte) verlangt den Einsatz eines mittleren Rechners wie in diesem Fall die DVA 301, es sind aber auch schon Rechner 304 und 305 für solche Logikprüfungen eingesetzt. Der Grund liegt daran, weil man z. Z. versucht, im Fehlerfall eine sog. automatische Fehlersuche per Software zu realisieren, die den Fehler einigermaßen auf der Flachbaugruppe lokalisieren soll.

### *2.3 Pegelmeßautomaten für Weitverkehrs- und Richtfunktechnik*

Zur Übertragung von z. B. Ferngespräche über größere Entfernungen wird die Tonfrequenz höheren Frequenzen überlagert. Ich meine hier das Gebiet der Weitverkehrs- und der Richtfunktechnik. Für die Bausteine dieser Überlagerungstechnik fallen in der Hauptsache Pegelmessungen an.

Abb. 7 zeigt den entsprechenden Prüfplatz. Dieser ist als Teil eines schon vorhandenen Automatenetzes in den Siemens-Prüffeldern für Weitverkehrstechnik hier in Berlin entstanden. Als Kleinrechner wurde die 101 verwendet, die 3 unabhängige solcher Prüfplätze steuert. Das Bild zeigt den bausteinmäßigen Aufbau. Die einzelnen Bausteine sind

- steuerbare Generatoren (Pegelsender)
- steuerbare Abstecker- bzw. Eichleitungen
- steuerbare Schalter
- steuerbare Pegelmesser
- steuerbare Frequenzzähler

und nicht zuletzt das Bedienungsfeld.

Gemessen wird bis zu einer Genauigkeit von 1  $\text{‰}$  bei einem Dynamikbereich von ca. 100 dB. Oberer Frequenzbereich ca. 100 MHz. Die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt ca. 1,3 Sek. je Meß- bzw. Prüfschritt. Wegen der Einschwingvorgänge in den Meßkreisen muß im Schnitt ca. 1 Sek. gewartet werden, bevor nach den Einstellanweisungen gemessen wird.

Das Prüfen solcher Geräte erfordert oft mehr als 100 Meßvorgänge je Prüfling. Zu messen sind vorwiegend:

Gleich- und Wechselspannung, Frequenz, Spannungs- und Leistungspegel, Betriebsumfang, Reflektions-, Nebensprech-, Symmetrie- und Klirrdämpfung, Dämpfungs- und Zeichenverzerrung.

### *3. Grundgedanken für den Einsatz des Prozeßrechners als Prüfrechner*

3.1 Da die Prüfvorschrift bzw. die Prüfdaten sequentiell vom Datenträger bzw. aus dem Arbeitsspeicher gelesen werden, müssen diese Anweisungen pro Prüfbaustein gespeichert werden (Abb. 8).

Die Anschaltung dieser Flipflopspeicher an den Rechner erfolgt über einen Datenbus. Wir nennen diese Nahtstelle „Nahtstelle für periphere Prüfbausteine“ (abgekürzt PBS-Nahtstelle). Sie enthält einen Eingabe-, Ausgabe- und Adreßkanal. Der Rechner wird unabhängig von der Zahl der angeschlossenen peripheren Prüfbausteine, die Adernzahl ist konstant und ein bausteinmäßiger Aufbau daher leichter möglich.

Es ist unbedingt notwendig, daß die Adresse für den Prüfbaustein zusammen mit der dazugehörigen Information (z. B. Einstellwert für den Spannungsgeber) in einem 24-Bit-Wort untergebracht werden müssen. Nur so ist ein blockweiser Verkehr mit dem Prozeßrechner möglich; nur so können die Meßanweisungen in der maximal möglichen Geschwindigkeit bei direktem Verkehr mit dem Arbeitsspeicher ausgegeben werden. Langsamere Messungen erlauben einen wortweisen Betrieb, d. h. bei der Ausgabe bzw. Eingabe jedes Wortes ist das Rechenprogramm eingeschaltet. Der letztere Fall ist aus Kostengründen interessant, weil nun das Anpaßelement zwischen Peripherie des Prüfplatzes und Zentraleinheit des Rechners

nun nicht mehr die Adreßarithmetik übernehmen muß. Dadurch wird das Anpaßelement, d. h. das Interface, wir sprechen hier vom Prozeßelement für numerische Steuerung, abgekürzt NC..K, billiger. Start-Stopp-Signale der PBS-Nahtstelle erlauben eine Zeitentkopplung zwischen Rechner und Peripherie.

Die PBS-Nahtstelle grenzt den Prüfrechner mit seinem Anpaßelement auf der einen Seite ab. Damit die gesamte Zentraleinheit des Prüfautomaten als „Black Box“ erscheint und das Prüfgeschehen unabhängig vom verwendeten Rechner wird, wird der Rechner mit einer 2. Nahtstelle, der Ein- und Ausgabenahtstelle, abgeschlossen.

Das Integrierte Prüfsystem 70 ist so aufgebaut, daß zwischen diesen beiden Nahtstellen der Rechner mit seinem Anpaßelement und seiner Standardperipherie je nach den Anforderungen an das Prüfgeschehen ausgewählt und unabhängig von der Prüfperipherie eingesetzt werden kann.

Die normierte Ein- und Ausgabe der Prüfdaten bzw. Prüfergebnisse bringt die Unabhängigkeit von individuellen Standardein- und -ausgabeelementen des verwendeten Rechners. Für jeden einzustellenden Prüfbaustein werden eine Adresse und eine Information benötigt. Verschiedene Erhebungen zeigten, daß durchschnittlich 3–4 Ziffern, also 12–16 bit als Information bei tetradischer Darstellung genügen.

Dies führte zur Teilung des im Rechner der Serie 300 vorhandenen Maschinenwortes von 24 bit in 6-bit-Adresse und 18-bit-Information. Wir definieren hier eine Eingabenahtstelle in Grundsprache bzw. Automaten-sprache, letztere ist besser schreib- und lesbar.

Diese Normierung deckt sich mit der PBS-Nahtstelle, d. h. im einfachsten Fall können die Prüfdaten sequentiell im Arbeitsspeicher gespeichert werden und von diesem wieder sequentiell ohne Umformungsroutinen ausgegeben werden. Für viele Prüfungen im fertigungstechnischen Prozeß muß dies gefordert werden. Aus allen diesen Gründen waren wir gezwungen, besondere, rechnernahe Prozeßelemente zur Anpassung der Rechnernahtstelle an die PBS-Nahtstelle zu erstellen. Einige solcher NC-Elemente sind bereits lieferbar, andere noch in Entwicklung.

Abb. 9 zeigt das Element NC1K für wortweisen Verkehr. Es setzt die AKZ-Nahtstelle der DVA 301 in die PBS-Nahtstelle um.

Abb. 10 zeigt die Übersicht der NC-Elemente, geordnet nach wort- und blockweisen Verkehr. Kennzeichnende Daten sind die Datenrate über die PBS-Nahtstelle, die Reaktionszeit und der Kostenfaktor.

Diese Elemente für blockweisen Betrieb haben einen höheren Kostenfaktor, sie leisten dafür auch mehr.

Damit die Hardwarebausteine als Prüfautomaten zusammenwirken, muß der Rechner programmiert werden. Wir unterscheiden

- Programme, die rein prüflingsorientiert sind, also das Prüfprogramm bzw. die Prüf Sprachendarstellung und
- „Prozeßführungsprogramme“, die weitgehend unabhängig vom Prüfling sind, also z. B. Störungsaufgaben sowie Ein- und Ausgabefunktionen übernehmen.

Letztgenannte Programme werden in Systemen mit der Bezeichnung BIPROF (Betriebssystem für Prüfautomaten im Off-Line-Betrieb) und BIPRON (Betriebssystem für Prüfautomaten im On-Line-Betrieb) zusammengefaßt. Sie sind aus Teilprogrammen bausteinartig aufgebaut, bestimmte Teilprogramme enthalten prüflingsgebundene Passagen, z. B. für die Meßwertverarbeitung. Es würde zu weit gehen, auf den Programmaufbau weiter einzugehen. Den Prüfrechner mit seiner Standardperipherie, seinem NC-Element und dem BIPROF bezeichnen wir als Zentraleinheit des Prüfautomaten. Diese Zentraleinheiten sind normiert und geben dem Prüfautomatenentwickler, soweit er speziellere Automaten selber entwickeln und keine Standardprüfautomaten verwenden kann, eine beachtliche Vorleistung an Entwicklungskosten. Man bekommt damit auch für speziellere Automaten dieselbe technische

und programmierte Struktur, wie bei den Standardprüfverfahren. Das erleichtert sehr das Arbeiten mit den Prüfautomaten, die Wartung und schließlich auch den organisatorischen Einbau des Automaten in das Betriebs- bzw. Prüfgeschehen.

Solche Faktoren sind oft viel wichtiger als eine ständige Verbesserung und damit Änderung der technischen und programmierten Strukturen.

#### *4. Einbeziehung des Prüfprogramms in das Datenverarbeitungssystem des Betriebes*

Abb. 11 zeigt das in einer Rechnerhierarchie eingegliederte Integrierte Prüfsystem 70 mit folgenden Automatisierungsstufen:

##### *Automatisierungsstufe 1*

bedeutet Prüffeldbetrieb mit automatischer, rechnergestützter Prüfabwicklung wie vordem aufgezeigt.

##### *Automatisierungsstufe 2*

bedeutet die Eingliederung des Prüfprozesses in den Fertigungsprozeß. Die im allgemeinen größere Leistungsfähigkeit des FLR kommt dem Prüfprozeß z. B. bei der automatischen Fehlersuche, bei Abgleichvorgängen, bei der integrierten Qualitätsregelung, zugute.

##### *Automatisierungsstufe 3*

bedeutet das Einbeziehen des Fertigungsprozesses einschließlich Prüfprozeß in den Betriebsprozeß, der vom Betriebsrechner geführt wird.

#### *5. Schlußbemerkungen*

Wenn auch bis jetzt das Integrierte Prüfsystem 70 vorwiegend für die Prüfung moderner elektronischer Geräte eingesetzt ist, so gilt es auch für die übrige Elektrotechnik.

Neben der Wirtschaftlichkeit ist es im wesentlichen eine Frage der analog-digitalen bzw. digital-analogen Umwandlungsprozesse. Bei der Messung bzw. Prüfung nichtelektrischer Größen bedarf es der Umwandlung dieser in elektrische. Schließlich zeichnen sich auch Einsatzmöglichkeiten in Entwicklungs- bzw. Erprobungsstellen ab, in welchen die Prinzipien und Geräte des IP 70 zu Dauerversuchseinrichtungen und ähnlichen benutzt werden können.

In Zukunft wird daher der Prozeßrechnereinsatz auch im Prüfgeschehen sehr zunehmen, und die Prüfanforderungen steigen, weil das Leistungs-/Preisverhältnis dieser immer günstiger wird. Entsprechend ausgebildetes Personal muß hierzu bereitstehen. Bei heute noch etwas fraglichen Objekten sollte an dieses gedacht werden.

Die Abbildungen zu diesem Artikel können auf den folgenden Seiten eingeklebt werden.