Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 73 (1982)

Heft: 19

Rubrik: Im Blickpunkt = Points de mire

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Im Blickpunkt - Points de mire

Energie

Energietechnik für Entwicklungsländer

[Nach *D. A. Jones:* Power Engineering for the developing countries. Electronics & Power (28)1, 1982, S. 35...38]

Einige der vielfältigen Probleme, denen sich Consulting-Firmen und Lieferanten für energietechnische Projekte in der «Dritten Welt» gegenübergestellt sehen, werden am Beispiel zweier Entwicklungsländer mit völlig entgegengesetztem Status, Bangladesh und Quatar, aufgezeigt.

Immer wiederkehrend sind gewisse grundsätzliche Anforderungen, welche die Basis für eine erfolgreiche Arbeit in diesen Ländern darstellen: vor allem Vorstellungsvermögen, Flexibilität, Geduld sowie Sympathie für fremde Kulturen und andersartige Geschäftsentwicklungen. Von Fall zu Fall variierende Probleme sind dagegen: interner Transport, Verständnis und Fähigkeit der einheimischen Partner für die Bewältigung der anfallenden Arbeiten, Bereitstellung von Schulungsräumlichkeiten, das Gelände, das Klima usw. Bei entlegenen Anlagen sind auch Personalunterkünfte zu errichten und Vorkehrungen für die Nahrungsmittelversorgung und medizinische Betreuung zu treffen.

Im armen und dichtbevölkerten Bangladesh, im Nordosten des indischen Subkontinents, bilden Ganges und Brahmaputra-Jamuna das grösste Flussdelta der Welt, das in der Regenzeit April bis September weite Gebiete überschwemmt und in Schlammlandschaften verwandelt, wodurch sich besondere Fundament- und Erdungsprobleme ergeben. In der 15-Millionen-Hauptstadt Dacca führten veraltete und unzureichende Leistungskapazitäten zu Netzüberlastungen und ernsten Spannungsregelungsproblemen. Ein 5-Jahresplan 1980–1985 sieht nun eine starke Ausweitung auf dem Elektrizitätssektor vor, um diese vielseitige Energieform auch als Werkzeug für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung einzusetzen. Im Planungszeitraum soll die Zahl der Konsumenten elektrischer Energie verfünffacht werden; der derzeitige Jahresverbrauch pro Einwohner soll von 17 kWh auf 35 kWh erhöht werden. (Zum Vergleich: In Grossbritannien beträgt der Jahresverbrauch pro Einwohner 4200 kWh.)

Akuter Energiebedarf herrscht auch im reichen arabischen Golfstaat Quatar, der bei 220000 Einwohnern auf 10000 km² trotz eines Bruttonationalprodukts von 12800 $ je Einwohner zu den Entwicklungsländern gezählt wird. Es dominiert hier der Mangel an natürlichen Wasserquellen, so dass die Elektrizitätserzeugung mit der Bereitstellung von Trinkwasser und der Meerwasserentsalzung gekoppelt ist. Der durch die riesigen Öl- und Gasvorräte des Landes erst kürzlich erworbene Reichtum wird für neue Industrien und die Entwicklung der Landwirtschaft eingesetzt. Bemerkenswert ist der Einsatz neuester Technologien auf dem Gebiete der Energietechnik; das vollautomatische und zentral ferngesteuerte Elektrizitätsversorgungsnetz des Landes ist dafür ein Beispiel.

In allen Ländern, ob arm oder reich, muss Energie gespart werden. Entsprechend werden zukünftige Kraftwerke mit einer kombinierten Kreislauf-Technologie (Wärmerückgewinnung) arbeiten, damit die Wirtschaftlichkeit des Systems verbessert wird. In jedem Falle stellt sich den Energieingenieuren und projektierenden Firmen in den Entwicklungsländern eine grosse Herausforderung, da das wirtschaftliche Wachstum dieser Länder wesentlich von der Energietechnik mitbestimmt wird. *H. Hauck*

Bewertung von Kleinwasserkraftwerken

[Nach *H. P. Nachtnebel:* Bewertung der Kleinwasserkraftwerke. Österr. Wasserwirtschaft 33(1981)11/12, S. 254...259]

Über Kleinwasserkraftwerke (KWKW) mit einer Leistung von max. 5...10 MW wird in der Literatur sowohl positiv als auch negativ berichtet. Bei der Beurteilung spielt jedoch der Betrachtungsstandpunkt eine wesentliche Rolle. Je nachdem, ob lokale, regionale oder gar nationale Interessen vorliegen, gewinnen verschiedene Kriterien an Bedeutung. Vor allem bei der Bewertung von einzelnen Anlagen beeinflussen neben den wirtschaftlichen auch Umweltfaktoren das Urteil.

Prinzipiell sprechen gegen die KWKW die hohen Ausbaukosten, die schlechte Nutzung der Wasserkraft und die schlechte Koordination zwischen Bedarf und Stromerzeugung. Positiv dagegen fällt ins Gewicht, dass mit KWKW eine sich stets erneuernde Energiequelle genutzt wird, dass Erzeugung und Abnahme dezentralisiert erfolgen und dass die Auswirkungen auf die Umwelt nicht allzu gross sind.

Bei der Bewertung einer Einzelanlage spielen die Wertung der Energieerzeugung und der Wirtschaftlichkeit sowie die Umweltbeeinflussung eine wichtige Rolle.

Die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes hängt in grossem Masse mit der Bewertung der Energie zusammen, wogegen die Investitionskosten nicht so stark ins Gewicht fallen. Anwesen, die isoliert liegen, ertragen z. B. höhere Anschlusskosten von KWKW als solche, bei denen gute Anschlussmöglichkeiten an das Netz bestehen.

Bei den Umweltbeeinflussungen können, je nach Lage, noch mehrere lokale Aspekte berücksichtigt werden, z. B. die Einbringung von Schadstoffen, Rodungen, umfangreiche Erdarbeiten usw.

In Österreich haben die KWKW im Jahr ca. 9 % der gesamten Energie aus Wasserkraftwerken erzeugt, womit diesen Anlagen national eine gewisse Bedeutung zukommt. Die Tatsache, dass ca. 70 % der Eigenversorgung dienen, zeigt jedoch, dass das Schwergewicht auf der lokalen Ebene liegt. *E. Schiessl*

Energietechnik - Technique de l'énergie

Fünf Millionen Mikrowellenherde

Im April 1961 hatte Sharp das erste Mikrowellengerät Japans vorgestellt. Erst 13 Jahre später, im November 1974, wurde die Millionengrenze passiert. Im Januar 1977 konnten die Sharp-Manager 2 Mio Geräte feiern. Nach Aufnahme der USA-Produktion war im Januar 1980 die vierte und im Oktober 1981 die fünfte Million geschafft. Von sämtlichen in den Sharp-Werken produzierten Mikrowellenherden wurden 1,94 Mio Stück (38,8%) im eigenen Land verkauft. 3,06 Mio Geräte (61,2%) nahmen ihren Weg in andere Teile der Welt, vornehmlich in die USA. Während der allgemeine Haushaltgerätemarkt in Europa praktisch stagniert, erwarten die Hersteller von Mikrowellenherden einen durchschnittlichen Zuwachs von 10 bis 15%; Sharp hat das Jahr 1981 sogar mit einem Umsatzplus von 35 bis 40% abgeschlossen. Einen wesentlichen Anteil haben daran die Mikrowellenherde der 3. Generation: Kombinationsgeräte, z. B. Mikrowelle/Grill, Mikrowelle/Heissluft oder computergesteuerte Herde, die einen erweiterten Anwendungsbereich und eine wesentlich einfachere Bedienung bieten.

Insgesamt wurden 1980 in Japan rund 1,88 Mio Mikrowellenherde hergestellt, davon wurden etwa 1,05 Mio Stück exportiert. Wichtigster Kunde der japanischen Produzenten sind die USA, die 1980 etwa 600 000 Geräte abnahmen. Die EG-Länder zusammen führten 1980 etwa 150 000 japanische Mikrowellenherde ein. Dennoch wird der endgültige Durchbruch in der Schweiz - in Japan z. B. besitzen über 30% aller Haushalte einen Mikrowellenherd - noch einige Jahre auf sich warten lassen. (*Dewald AG*, 8038 Zürich)

Informationstechnik - Informatique

Grossrechner im heutigen China

[Nach *H. D. Huskey:* Computing in China, 1980, Computer 14(1981)10, S. 38...47]

Eine dreizehnköpfige Studiengruppe der IEEE Computer-Society besuchte 1980 die Volksrepublik; zwei Mitglieder beherrschten eine chinesische Sprache.

Seit 1979 ist Pinyin die offizielle Sprache, die auch in lateinischen Schriftzeichen wiedergegeben werden kann; damit wurde aus Peking «Beijing» und aus Kanton «Guangzhou». Obwohl schon 1958 vorgeschlagen, ist diese Sprache aber noch wenig verbreitet; sie macht den Programmierern, die sich alle vorerst einmal mühselig Englischgrundlagen zugelegt haben (nicht zuletzt um die fremden Fachartikel zu verstehen), das Arbeiten sehr mühsam.

Es wurden 9 staatliche und hochschuleigene Forschungszentren besucht. Seit einigen Jahren existieren chinesische Grossrechner DJS verschiedener Generationen, die sich z.T. auf die Software und Prozeduren der IBM 360 abstützen. Als Festspeicher dienen meist Magnetringmatrizen. Plattenspeicher und Magnetbandlaufwerke sind selten; der Unterhalt und die Beschaffung machen Probleme. Oft dienen altgediente Fernschreiber und Lochstreifenaggregate als Peripheriegeräte. Die wenigen Plotter haben demgemäss auch wenig spektakuläre Aufgaben zu erledigen, da hohe Programmiersprachen nicht zum Einsatz gelangen.

Die bisher üblichen Geschwindigkeiten liegen weit unterhalb von 10 MIPS (Mega-Instruktionen/s). Vereinzelt findet man moderne amerikanische und japanische Geräte wie z.B. PDP 11/60 und Hitachi M 150. In einem Labor wurden Spracherkennungsversuche mit einem Apple II vorgeführt (bekanntlich hört der Ostasiate weit höhere Töne (bis 30 kHz) als wir, und der Modulationsgehalt der fernöstlichen Sprache ist sehr gross).

Interessanterweise steht die Halbleiterfabrikation auf einem hohen Niveau. NMOS-Systeme können hergestellt werden, und man ist daran, µP nach Modellen wie Z80 oder 8080 zu realisieren. Dabei besitzt fast jede besuchte Institution eigene Prototypenwerkstätten, wo auch Kleinserien gefertigt werden. Nach der Entwicklung wird ein Rechnertyp jedoch nicht in Serie gebaut und verteilt, jede Stelle baut ihn nach genauen Unterlagen selber nach (Dezentralisierung)!

Verschiedene interaktive Bildschirme spielen eine grosse Rolle, denn die Piktogramme können nur so in vernünftiger Weise verarbeitet werden. Man ist daran, 32×32-Punkt-Matrizen zu entwerfen, in die die rund 6000 wichtigsten Zeichen hineinpassen sollen.

In den letzten Monaten wurden verschiedentlich von den heute weltweit erhältlichen Kleincomputern eingekauft. Sie dienen als Programmierhilfen und zur Ausbildung. Grundsätzlich wird dagegen kein grosses Gerät eingekauft (das aus politischen Gründen ohnehin kaum erhältlich wäre), sondern man versucht möglichst viel Technologie und Know-how zu beschaffen. Der grundsätzliche Wissensstand ist vorhanden, ja man ist fast stolz darauf, lange Jahre isoliert gewesen zu sein, da dies zwang, vieles selber zu erarbeiten. Es ist demgemäss nicht auszuschliessen, dass der etwa 15jährige Rückstand rasch aufgeholt werden kann!

Eigentliche Informatiker sind noch keine ausgebildet worden, aber an den meisten Hochschulen existieren seit zwei Jahren entsprechende Ausbildungsprogramme. Die Anwärter werden streng nach fachlichem Können und Vorkenntnissen ausgewählt und sehen gut honorierten Stellen entgegen, die allerdings nur nach den Bedürfnissen des Staates dotiert werden. *O. Stürzinger*

VIDEOTEX: vom Pilot- zum Betriebsversuch

Seit November 1979 führen die PTT-Betriebe mit dem Telefon-Bildschirmtext (Videotex) einen Pilotversuch durch. Über 150 Abonnenten haben derzeit Gelegenheit, mit einem angepassten und ergänzten Fernsehempfänger über das Telefonnetz Texte und einfache Grafiken in eine Datenbank einzugeben, dort zu speichern und beliebig wieder abzurufen. Als Betriebssystem dient ein Rechner der General Electric Corporation (GEC) mit Programmen des ebenfalls britischen Systems «PRESTEL». Die Zentrale in Bern umfasst ein Betriebsprogramm und eine Datenbank mit einer Speicherkapazität von 60 000 Informationsseiten. Die Anlage gestattet gleichzeitig 32 Teilnehmern Zugang.

Im Februar 1982 hat der Bundesrat aufgrund eines Berichtes der PTT und des EVED den PTT-Betrieben die Bewilligung für einen Betriebsversuch erteilt, der als Vorphase eines allfälligen öffentlichen Dienstes zu betrachten ist. Er soll 1983 anlaufen, rund 2000 Teilnehmer miteinbeziehen und etwa zwei Jahre dauern.

Das System für den Betriebsversuch wird von Standard Telephon & Radio AG (STR) geliefert: Es handelt sich um das kanadische System «ITSS Infomart», das von der STR an die Schweizerischen Bedürfnisse angepasst wird. Zu dieser Grundsoftware werden Rechner aus der VAX-Serie von Digital Equipment Corporation (DEC) eingesetzt.

Eine erste Videotex-Zentrale für den Betriebsversuch wird im Sommer 1983 in Bern installiert, eine zweite im Frühling 1984 in Zürich. Die beiden Zentralen bestehen aus einem Doppelrechnersystem mit einem Zentralprozessor (CPU) VAX-11/780, dem Systemdisk und der Anschlusseinheit X.25 Telepac 48 kbit/s, dazu Datendisk, Drucker, Magnetbandstation, Konsole und Datensichtgerät. Das Kommunikations-Subsystem zum Telefonnetz umfasst 72 Eingangsleitungen 1200/75 bit/s und 24 Eingangsleitungen 1200/1200 bit/s. Die Zentralen enthalten also auch Speichermöglichkeiten, die vorab zur Optimierung der Informations-Speicherung/Übertragung dienen.

Videotex-Zentralen sind die Bindeglieder zwischen den Informationsbezügern und den externen Datenbanken, die über Rechner (mit CCITT-Schnittstellen) am Telepac-Netz angeschlossen sind. Die externen Rechner dürften grösstenteils in privater Hand sein; ihre Zahl ist für den Betriebsversuch beschränkt.

Der Betriebsversuch wird jedoch erst in vollem Umfang aufgenommen werden können, wenn genügend Endgeräte, also TV-Empfänger mit (CEPT-Standard-)Decoder, zur Verfügung stehen. Dies dürfte erst gegen Ende 1983 der Fall sein. Deswegen können die Versuche in grösserem Umfang voraussichtlich erst Anfang 1984 aufgenommen werden. Die Endgeräte werden von den Teilnehmern direkt beschafft, während die ebenfalls benötigten besonderen Videotex-Modems, die zurzeit entwickelt werden, von den PTT im Abonnement abgegeben werden sollen.

Der Betriebsversuch soll eine Vielzahl von technischen und betrieblichen Fragen beantworten. Eine wissenschaftliche Begleituntersuchung soll überdies die marktseitigen Beurteilungs- und Entscheidungsgrundlagen für die Einführung eines öffentlichen Videotex-Dienstes liefern. Ein spezialisiertes Institut ist bereits mit dieser Aufgabe betraut worden; es wird auch die Auslese der Versuchsteilnehmer vornehmen. *(Mitteilung PTT)*

Grenzen der Strukturverkleinerung in der Halbleitertechnik

[Nach *H. Friedrich:* Technische und wirtschaftliche Grenzen der Strukturverkleinerung. NTZ 34(1981)11, S. 748...753]

Die Entwicklung der integrierten Schaltungen seit 1960 ist durch eine exponentielle Zunahme der Integrationsdichte gekennzeichnet, wobei die Zahl der Komponenten pro Chip bis 1975 etwa jährlich verdoppelt wurde. Der dem heutigen Stand der Technik entsprechende 64-K-MOS-Speicher weist auf einer Chipfläche von 25 mm² etwa 150000 Einzelkomponenten auf. Bis Ende der achtziger Jahre sind Bausteine mit mehr als einer Million Transistorfunktionen zu erwarten. Angesichts dieses rasanten Fortschritts stellt sich die Frage: «Was ist technisch noch möglich, was ist sinnvoll und was wirtschaftlich lohnend?» Dabei interessieren den Anwender insbesondere die relevanten Eigenschaften wie Preis pro Funktion, Rechenleistung, Leistungsverbrauch einer Schaltung und Zuverlässigkeit. Der Autor zeigt, dass diese Grössen eng miteinander verknüpft sind und in der Gesamtproblematik der Strukturverkleinerung eine Rolle spielen.

Während die physikalischen Grenzen, soweit sie durch Gesetze der Physik gegeben sind, absolute Gültigkeit haben, können die technologischen Grenzen, die Grenzen der Komplexität und die wirtschaftlichen Grenzen meist durch neuartige Lösungen umgangen werden. Gemäss Schätzungen ist man heute etwas mehr als eine Grössenordnung von den endgültigen physikalischen Grenzen entfernt. Die technologischen Grenzen werden durch die Herstellverfahren und die durch die elektrischen Eigenschaften bestimmten Grenzen beeinflusst. Die Herstellverfahren selbst begrenzen die Strukturverkleinerung zunächst nicht; die Anforderungen an sie kommen weniger von der Strukturfeinheit selbst als vielmehr von der Toleranz und der Zuverlässigkeit. Die Feinstruktureffekte nehmen für Strukturen unter 3 µm die zentrale Problemstellung ein und bestimmen die Optimierung von Prozess und Bauelement wesentlich. Diese Optimierung ist deshalb sehr kompliziert, weil gewöhnlich die Lösung eines Problems Wege erfordert, die das nächste Problem erschweren. Auf der Basis heutiger Prozesse sind 1-µm-Strukturen möglich; im Sub-µm-Bereich sind grundsätzliche Änderungen am Prozess und an den Einrichtungen notwendig.

Was die Komplexität anbelangt, ist zu erwarten, dass Logikbausteine sich zukünftig der Komponentendichte von Speichern nähern werden. Der Trend geht zur Systemintegration, das heisst, komplizierte Systeme werden auf einem einzigen Chip untergebracht. Mit

konventionellen Entwicklungsmethoden steigt der Entwicklungsaufwand solcher Schaltungen mit der Integrationsdichte bzw. der Strukturverkleinerung sehr stark an. Man gelangt zu einer Grenze, die nur mit neuen Methoden und Techniken überwunden werden kann. Mit zunehmender Integrationsdichte wird aber auch die Testbarkeit wegen des exponentiellen Anstiegs der Testkomplexität zu einem zentralen Problem, was selbsttestende Schaltungen, die auf dem Logikchip mitintegriert sind, erfordert. Die Grenzen der Komplexität sind heute weniger absehbar als die technologischen Grenzen.

Eine wirtschaftliche Grenze ist aus der Sicht heutiger Techniken und Lösungsmöglichkeiten insofern sichtbar, als die Frage nach der Wirtschaftlichkeit die zukünftige Entwicklung viel stärker beeinflusst als das technisch Machbare. *R. Wächter*

Testfreundlicher Entwurf von Digitalschaltungen

[Nach *T.W. Williams* und *K.P. Parker:* Design für Testability—A Survey. IEEE Trans. C-31(1982)1, S. 2...15]

Mit zunehmender Komplexität der elektronischen Bauelemente (LSI, VLSI) und Baugruppen (Hybrid-Module, Leiterplatten) wird das Testen immer schwieriger. Heute kann das Problem des Testens nur noch gelöst werden, wenn bereits bei der Entwicklung des Testobjekts entsprechende Massnahmen vorgesehen werden. Man spricht dann vom «testfreundlichen Entwerfen» und treibt einen zusätzlichen Aufwand in der Entwicklungsdauer und in der Hardware-Komplexität. Dieser zahlt sich später jedoch wieder aus bzw. ermöglicht überhaupt erst aussagekräftige Tests.

Man unterscheidet zwei Kategorien von Methoden: Ad-hoc-Methoden und strukturelle Methoden. Bei den Ad-hoc-Methoden werden keine wesentlichen Eingriffe in die Struktur der Schaltung vorgenommen, sondern nur kleine Ergänzungen und Anpassungen zur Verbesserung der Testbarkeit. Diese sind abhängig von der vorliegenden Struktur. Die wichtigsten Ad-hoc-Methoden sind:

- Partitionierung, das heisst Aufteilung des Testobjekts in kleinere Blöcke, die leichter testbar sind. Die Aufteilung kann mechanisch (Kurzverbindung) oder elektronisch (spezielle Gatter zum Aufbrechen von Logikpfaden) erfolgen.
- Einfügen von zusätzlichen Testpunkten, beispielsweise durch Teststecker auf Leiterplatten.
- Verwendung von Bussystemen. Dies ist eine spezielle Art der Partitionierung, die in Rechnern allgemein verwendet wird.
- Signaturanalyse: Der serielle Bitstrom der an einem Schaltungsknoten als Funktion der Zeit entsteht, wird mit Hilfe eines rückgekoppelten Schieberegisters in eine binäre Zahl transformiert, die sog. Signatur. Wenn das logische Netzwerk einen Fehler enthält, wird mit grosser Wahrscheinlichkeit auch die Signatur verfälscht.

Die strukturellen Methoden für den testfreundlichen Entwurf schreiben eine bestimmte Struktur des Testobjekts vor und wurden in den letzten fünf Jahren hauptsächlich von Grossrechner-Herstellern entwickelt und publiziert. Alle diese Methoden haben zum Ziel, die Zustände aller Speicherelemente (Flipflops) mit möglichst wenig Aufwand beobachten bzw. einstellen zu können. Die bekanntesten Methoden sind:

- Level Sensitive Scan Design (LSSD, von IBM)
- Scan Path (Nippon Electric Co)
- Scan/Set Logic (Sperry-Univac)
- Random Access Scan (Fujitsu)

Die ersten drei Methoden ordnen die Flipflops so an, dass sie im Testbetrieb ein Schieberegister bilden. Damit kann mit einigen wenigen Leitungen der Zustand eines jeden Flipflops beobachtet oder eingestellt werden. Das Testproblem wird dadurch auf das Testen von kombinatorischen Schaltungen reduziert, was wesentlich einfacher ist als das Testen von sequentiellen Schaltungen. Die vierte Methode fasst die Flipflops so zusammen, dass sie wie in einem Random Access Memory (RAM) einzeln adressiert und geschrieben bzw. gelesen werden können. Man erhält damit die gleichen Möglichkeiten wie bei den anderen Methoden.

Eine attraktive Lösung des Testproblems würde darin bestehen, dass kein aufwendiger Testautomat mehr notwendig ist, sondern das Testobjekt selbst feststellt, ob es gut ist oder nicht. Selbsttests und eingebaute Tests zielen in diese Richtung. 1979 wurde das Konzept Built-In Logic Block Observation (BILBO) vorgestellt. Es kombiniert LSSD und die Signaturanalyse, wobei der Datenfluss zwischen Testobjekt und Testautomat wesentlich geringer ist als bei LSSD. *E. Stein*

Magnetische Monopole

[Nach *R.A. Carrigan Jr.* und *W.P. Trower:* Die Suche nach magnetischen Monopolen. Spektrum der Wissenschaft, Juni 6/1982, S. 78...87]

Das magnetische Feld eines geschlossenen Stromes ist gleichwertig dem Felde einer Doppelschicht, die von der Strombahn begrenzt wird, wenn man das magnetische Moment m gleich dem Strom J macht. Das ist die Erstfassung des Ampèreschen Gesetzes. Sie führt auf den Gedanken, nach magnetisch isolierten Polen zu fragen, z.B. nach einem Nordpol, der nicht zugleich mit einem Südpol verbunden ist, wie ja auch elektrisch positive und negative Ladungen getrennt vorkommen. Magnetisch «isolierte» Pole nennt man «Monopole».

P.A.M. Dirac hat rechnerisch bewiesen, dass, wenn es irgendwo im Weltall einen Monopol gibt, die elektrische Ladung notwendigerweise gequantelt sein muss. Die Quantisierung der elektrischen Ladung und des Drehimpulses eines um einen Atomkern kreisenden Elektrons hat ferner zur Folge, dass magnetische Elementarladungen mindestens 70mal grösser als elektrische sein müssen. Führt man magnetische Ladungen und Ströme in die Maxwellschen Gleichungen ein, so erhält man einige bemerkenswerte Ergebnisse: Nahe der Lichtgeschwindigkeit nähern sich die Eigenschaften einer elektrischen Ladung jenen einer magnetischen an und vice versa. Magnetische Monopole verletzen die Zeitumkehr-Invarianz. Auch ein magnetischer Monopol könnte – mit 10000facher Wirkung gegenüber seinem elektrischen Gegenstück – Atome ionisieren. Doch konnte bisher die Existenz von magnetischen Monopolen nicht experimentell nachgewiesen werden. Magnetische Monopole spielen eine grosse Rolle beim Versuch, die elektromagnetische, die schwache Wechselwirkung, die starke Kernkraft und die Gravitation als verschiedene Erscheinungsformen ein- und derselben Ursache zu erklären und damit die Theorie zu vereinheitlichen.

Die Entstehung magnetischer Monopole liesse sich beim Zusammenprall kosmischer Strahlen mit Atomen erwarten. Möglicherweise enthalten auch die Eisenerze alter Gebirge Monopole. *Alvarez* schickte eine monopolverdächtige Probe vielfach durch eine supraleitende Spule und glaubte, die Monopole müssten sich durch einen kleinen Strom verraten. Der Erfolg war negativ: Auf 10^{28} Protonen – das sind rund 20 kg Materie – kommt höchstens ein Monopol. Monopole und Antimonopole entstehen – wenn überhaupt – nur bei Energien, welche viel höher als das sind, was die heutigen Teilchenbeschleuniger zulassen.

Einen neuen Hoffnungsschimmer für die «Monopol-Jäger» ergab der Nachweis, dass Monopole viel massereicher als alle zuvor gefundenen oder vorausgesagten Teilchen sein müssten. Sie müssten von der Grösse eines Pantoffeltierchens oder einer Amöbe sein. Für den Nachweis durch Messung sind sie trotzdem zu klein. Die Anzahl der Monopole in der Galaxie muss so klein sein, dass sie deren Magnetfeld nicht zerstören können. Gemäss geologischen Untersuchungen wechselte das Erdmagnetfeld seine Richtung mehrfach. Befand sich gegen den Nord- bzw. Südpol je ein «Monopolhaufen», so wanderten diese Haufen jeweils bei einem Polaritätswechsel gegeneinander, wobei sich im Treffpunkt etliche Monopole vereinigen und unter Freisetzung von sehr viel Energie zerstören (zerstrahlen) konnten. Derart ermittelte Ergebnisse passen gut zu anderen experimentell gefundenen. Die grössten existierenden Szintillatoren, z.B. die riesigen Fermilab Neutrino-Detektoren des CERN, sind für den Nachweis um zwei Grössenordnungen zu klein. Ein anderer Nachweis, der die Verwendung von Photomultiplier-Röhren voraussetzt, könnte davon ausgehen, dass ein Elementarteilchenkoloss beim «Durchpflügen» der Erde viele Atome ionisiert, selber aber unversehrt bleibt. Die Stosspartner der kosmischen Strahlung geben Sekundärteilchen ab, die zur Erde abregnen, aber 10^4mal zu schwach sind, um sich gegen die Hintergrundstrahlung abzuheben. Alle Nachweisversuche könnten scheitern, wenn – was man ja nicht wissen kann – die Atome gar nicht ionisieren. *R. Zwahlen*