

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 95 (1977)  
**Heft:** 1/2

**Artikel:** Effektiver forschen und entwickeln  
**Autor:** Nasko, Horst  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73315>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

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

## Effektiver forschen und entwickeln

Von Horst Nasko, Frankfurt<sup>1)</sup>

Eine der Reportagen über das vorjährige Technische Presse-Colloquium war unter Hinweis auf die Anwendung von Mikroprozessoren in der Technik der Hausgeräte überschrieben: «Das programmierte Kotelett ist keine Utopie». Wir konnten da lesen: «Wenn es mit Hilfe der Halbleiter-Bauelemente gelänge, das Kotelett so zu braten, dass es genauso gut schmeckt, wie von der Hausfrau zubereitet, würde es auch eine kleine Küchenrevolution geben, würden die geplagten Hausfrauen vom Kochzwang befreit.» Und der Autor zog die Schlussfolgerung: «Den angebrannten Braten muss dann der Mikroprozessor verantworten, mit dem man schelten kann, ohne dass daraus ein Familienkrach entsteht. Und wer gern kocht? Nun, der wird sich halt einen Hobby-Kochherd halten müssen.»

Man sieht, die *Elektronik setzt der Phantasie keine Grenzen*, auch nicht im menschlichen Bereich. Schliessen wir den Kreis: Vor wenigen Wochen haben wir auf einer alljährlich stattfindenden regionalen Herbstausstellung für den Fachhandel in allen unseren inländischen Vertriebsniederlassungen eben jenen *Küchen-Computer* startfertig zum Verkauf vorführen können. Nicht uninteressant ist in diesem Zusammenhang, dass bei der Demonstration des Prototyps auf der «domotechnica» im Februar in Köln viele Männer diese «Supertechnik» im Haushalt deswegen skeptisch beurteilt haben, weil sie meinten, die Frauen kämen damit nicht zurecht.

Demgegenüber zeigten sich die Damen unter den Besuchern interessiert und keineswegs zurückhaltend angesichts der Möglichkeiten, die ihnen die Technik zukünftig eröffnet. Was ich meine, ist, dass wir immer wieder über Forschungs- und Entwicklungsergebnisse zu berichten haben, die letztlich stets, direkt oder indirekt, *dem Menschen dienen*.

Der Gedankensprung von dem vorher Gesagten zum Thema «Effektiver forschen und entwickeln» scheint mir keineswegs zu gross zu sein, denn geforscht und entwickelt wird von Menschen und ebenso wie der Mikroprozessor in unserem Herd die Hausfrau bei ihrer Arbeit entlasten soll, sollen die Strategien, Methoden und Hilfsmittel, über die ich nun berichten möchte, die Forscher und Entwickler bei ihrer Tätigkeit entlasten.

Nun ist es eine bekannte Erscheinung, dass der Mensch sich häufig lieber um die Belange der andern kümmert als um die eigenen und bereit ist, dem anderen gute Ratschläge zu erteilen, ohne sie selber zu befolgen. Ich denke da zum Beispiel an den Arzt, der dem Patienten mit beredten Worten die Gefahren des Rauchens auseinandersetzt und dabei selbst eine Zigarette nach der anderen inhaliert.

Genauso war es zunächst bei der Entwicklung der *Automation*. Die Forscher und Entwickler haben grossartige Leistungen vollbracht, indem sie die kompliziertesten funktionellen Abläufe zum Beispiel in der Energieerzeugung, in der Verfahrenstechnik oder bei Transportsystemen analysiert,

strukturiert und sodann mit Hilfe elektronischer Steuerungen bzw. mit Prozessrechnern vollständig oder weitgehend automatisiert haben. Sie haben damit die Effizienz der Arbeit anderer wesentlich verbessert, an die Rationalisierung der eigenen Arbeit haben sie jedoch zunächst überhaupt nicht gedacht. Nur zögernd wurden Arbeiten bekannt, die sich mit diesem Thema beschäftigten. Heute allerdings hat die Automation auch in den Forschungs- und Entwicklungslabors, in den Anlagenabteilungen, den Softwarehäusern und den Konstruktionsbüros Eingang gefunden und beginnt eine zunehmend grössere Bedeutung zu erlangen. Der weltweite Wettlauf um die modernsten Technologien und technischen Verfahren zwingt jeden Konkurrenten, die Effektivität seiner Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten soweit wie möglich zu steigern.

Auf einige der Verfahren, die hierbei angewendet werden können, möchte ich im folgenden eingehen. Ohne Wertung der Reihenfolge werde ich dabei die Themen

- Computer-Aided Design
- Project Engineering
- Konstruktionssystematik
- Technische Dokumentations- und Informationssysteme
- Planungs- und Kontrollsysteme für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

anschnitten und über die bei AEG-Telefunken auf diesen Gebieten bisher erzielten Ergebnisse berichten.

### Computer-Aided Design

Ein wesentlicher Teil der Methoden und Hilfsmittel, mit denen Forschung und Entwicklung wirkungsvoll unterstützt werden können, lässt sich unter den Begriffen CAD – Computer-Aided Design – oder, mit praktisch gleicher Bedeutung, DA – Design Automation – zusammenfassen.

Wir verstehen hierunter die *Entwicklung und den systematischen Einsatz von Standard-Rechnerprogrammen zur Unterstützung des Ingenieurs* bei der Entwicklung, Fertigung, Prüfung und Wartung technischer Produkte. Dabei sind folgende *globale Ziele* anzustreben:

- Der Entwickler soll von Routinearbeiten entlastet werden und seine Tätigkeit mehr auf das Kreative richten können.
- Seine teilweise intuitive Leistung soll durch den Einsatz von Rechnern methodisch abgesichert und damit risikofreier werden.
- Die Arbeitsergebnisse des Ingenieurs sollen erhalten werden und als Ausgangsbasis für den nächsten Entwicklungsschritt anderen verfügbar gemacht werden.
- Last not least, die Entwicklungszeit soll vermindert, die Entwicklungskosten sollen gesenkt werden.

Die Palette der CAD-Anwendungsgebiete ist bei uns weit gespannt. Sie reicht von der Entwicklung *integrierter Schaltkreise* bis zur *Wartung von Prozessrechnersystemen*, von der Berechnung der *Statik für Hochspannungsmasten* bis zur Ermittlung der *Belastung von Bahn-Stromversorgungsnetzen*, oder – um eine relativ junge Technik zu erwähnen – die *Berechnung der Linearmotoren von Magnetskifahrzeugen*.

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag, gehalten am 12. Technischen Presse-Colloquium, 7./8. Oktober 1976, in Hamburg. Auszeichnungen im Text von der Redaktion.

Es soll versucht werden, am Beispiel der *Entwicklungsschritte eines integrierten Grossschaltkreises* zu zeigen, inwieweit die zur Verfügung stehenden Mittel heute in der Lage sind, die Entwicklung, Prüfung und Qualitätskontrolle wirkungsvoll zu unterstützen. Betrachten wir also die Aufgabe, einen Grossschaltkreis, z.B. einen *Mikroprozessor*, zu entwickeln, so bietet sich die Rechnerunterstützung bei folgenden Entwicklungsschritten an:

### 1. Simulation auf Systemebene

Hier wird mit einem *relativ groben Modell* des zu entwickelnden Produkts gearbeitet. Elemente des Systems sind in unserem Beispiel arithmetische Einheiten, Speicher, Datenwege und Pufferspeicher. Jedes dieser Elemente ist durch eine Reihe von Parametern wie Zeit, Kapazität, Kosten beschrieben. Durch Variierung der Elemente und ihrer Parameter in der Computersimulation lassen sich Aussagen über das Zeitverhalten des Gesamtsystems und seine Kosten erreichen.

### 2. Simulation auf Registerebene

Das Modell ist *verfeinert*; Gegenstand der Betrachtung sind Register und der vom Mikroprogramm gesteuerte reale Datenfluss. Damit lässt sich der funktionelle Entwurf eines Systems prüfen und durch Eingriffe ins Modell auch optimieren.

### 3. Simulation auf Gatterebene

Hier wird die nächste Stufe der Verfeinerung herangezogen, um genauere Angaben über den zeitlichen Verlauf konkurrierender Signale im Netzwerk zu erhalten. Den Gattern sind Durchlaufzeiten zugeordnet, wobei Technologie und statistische Streuung der realen Bausteine berücksichtigt werden.

### 4. Simulation auf Schaltungsebene

Jedes Gatter wird in eine Verknüpfung von aktiven und passiven Bauelementen zerlegt. Modelliert man bis auf diese Beschreibungsebene, erhält man Kenntnisse über den zeitlichen Verlauf von Spannungen und Strömen in einem Schaltwerk. Von besonderem Interesse ist dabei, das *Übergangsverhalten* kennenzulernen, und die Möglichkeit, ganze Schaltwerkskomplexe bezüglich Leistungsbedarf oder Geschwindigkeit zu optimieren.

### 5. Synthese

Jede der angesprochenen Simulationsebenen erfordert eine ihr *adäquate Beschreibungssprache*. Mit Hilfe von *Syntheseprogrammen* ist es möglich, diese Sprachen ineinander überzuführen. Dabei müssen *technische Randbedingungen* einfließen, wenn der Schritt in Richtung auf grössere Detaillierung und damit grösseren Informationsgehalt geht.

Die Erfahrung lehrt, dass der *Mensch den Leistungen von heutigen Syntheseprogrammen in der Regel deutlich überlegen* ist, während er aus *Simulationsprogrammen* um so mehr Nutzen zur Absicherung der einzelnen Entwurfsschritte zieht, je früher er sie einsetzt.

### 6. Verteilen von Funktionen

Auch beim heutigen Integrationsgrad spielt die Frage der *Aufteilung von Funktionen auf LSI-Chips* eine Rolle, solange nicht alle Elemente auf einem Grossbaustein wirtschaftlich untergebracht werden können. Untersucht und optimiert wird hier die Aufteilung unter verschiedenen Gesichtspunkten, wie z.B. die Anzahl der externen Verbindungen, die benötigte Halbleiterfläche und die Testmöglichkeit. Häufig sind die gestellten Forderungen nicht miteinander verträglich. Da die verwendeten Parameter darüber hinaus nicht monotonen Verhalten aufweisen, ist auch dieses Problem als besonders schwierig zu betrachten.

### 7. Plazieren von Funktionen

Im nächsten Entwicklungsschritt stellt sich die Aufgabe, die Elemente verschiedener Grössen möglichst *platzsparend* auf der vorgegebenen Halbleiterfläche anzuordnen. Auf den ersten Blick mag diese Aufgabe trivial erscheinen. Sucht man jedoch aus Kostengründen nach der optimalen Lösung, ist leicht zu zeigen, dass hier mit einfachen Methoden jeder Rechner überfordert ist, da die Plazierung von nur 15 Elementen auf 15 Plätzen bereits über  $10^{12}$  Möglichkeiten erlaubt. In Wahrheit enthalten Grossschaltkreise mehrere tausend Elemente auf entsprechend vielen Plätzen. Hier sind nun eine Reihe von Lösungswegen vorgeschlagen und auch implementiert worden, die durch Entschärfen der Anforderungen – man begnügt sich mit Nebenminima als Lösung – die Rechenzeit auf ein vernünftiges Mass zu vermindern versuchen.

### 8. Layout

Im Gegensatz zum Plazierungsproblem, wo im wesentlichen eine Kostenfunktion minimiert wird, die als Parameter u.a. die platzverbrauchende Leitungslänge enthält, befasst sich die *Leitungsfindung mit realen geometrischen Strukturen*, die tatsächlich Rasterpunkte belegen. Daneben sind Bedingungen wie die Minimierung des Übersprechverhaltens von Leitungen einzuhalten. Auch die hierfür bekannten Algorithmen sind mit Mängeln behaftet, da sie sequentiell arbeiten und daher oft in Sackgassen führen. So haben sich eine Reihe von heuristischen Verfahren durchgesetzt, die aber um so teurer in der Anwendung und im Implementierungsaufwand sind, je erfolgreicher sie zu sein versprechen.

Mehr und mehr setzt sich daher eine rechnerunterstützte Arbeitsweise durch, die dem Konstrukteur einen *graphischen Arbeitsplatz* als Hilfsmittel zur Verfügung stellt, an dem er Layout-Strukturen, die von den genannten Verfahren nur unvollständig bewältigt wurden, am Bildschirm betrachten, ändern, ergänzen oder verwerfen kann, um sie neu zu entwickeln.

### 9. Datenhaltung

Wie bereits mehrfach angedeutet, fallen im Laufe der Entwicklung eine Reihe von Daten an, die den jeweiligen Stand der Entwicklung beschreiben. Insbesondere während der Entwicklungszeit sind diese Daten nicht nur der ständigen Ergänzung, sondern auch häufigen Änderungen unterworfen. Eine Datenhaltung muss also nicht nur in der Lage sein, das bisher Entwickelte in *verschiedenen Ebenen* zu beschreiben, nach den *verschiedenen Zwecken* zu ordnen und zu *dokumentieren*, sie muss auch den *Änderungsdienst reaktionsschnell* übernehmen.

### 10. Prüfung

Nach Abschluss der Entwicklung und Fertigung eines Erzeugnisses stellt sich die Aufgabe, das fertige Produkt auf *Funktionsfähigkeit* zu prüfen. In der Digitaltechnik sind Verfahren bekannt, die aus der Logikbeschreibung auf Gatterebene einen minimalen und möglichst vollständigen Satz von Prüfmustern zu erzeugen gestatten. Diese Prüfmuster lassen sich per *Fehlersimulationsprogramm* daraufhin kontrollieren, ob sämtliche relevanten Fehler erfasst worden sind. Das Ergebnis dieses Verfahrens wird als Eingabe für Prüfmaschinen verwendet, die die guten Produkte von den schlechten trennen.

### 11. Qualitätskontrolle

Mit Hilfe von *Prüfmaschinen* lassen sich Fehler, die erst nach längerem Gebrauch auftreten, nicht erkennen. Eine *rechnerunterstützte Qualitätskontrolle* erlaubt, bestimmte Produkte während ihrer Lebenszeit zu überwachen und bei atypischen Spätausfällen Gegenmassnahmen zu ergreifen.

Dieses etwas ausführlicher, aber dennoch naturgemäss nur oberflächlich dargestellte Beispiel soll einen Eindruck über die Anwendung von CAD in unserem Hause geben. So sind heute noch nicht für alle Probleme schon optimale Lösungen vorhanden. Insbesondere dort, wo keine *geschlossenen mathematischen Lösungen* vorgegeben werden können, zeigen sich die *Grenzen selbst beim Einsatz leistungsfähigster Grossrechner*.

### Projekt-Engineering

Die heute auf dem internationalen Markt geforderten Preise und Termine zwingen uns zu einer möglichst *rationellen Planung und Realisierung von Anlagenprojekten*. Die bei den Grossunternehmen der Elektroindustrie eingehenden Anfragen und Aufträge sind von vornherein mit *Risiken* verbunden, die in der technischen Durchführung liegen oder in der Zusammenarbeit mit unseren Konsortialpartnern auftreten. Die Begrenzung des Risikos durch aussagefähige Daten und Informationen sowie die Einhaltung der geforderten Lieferzeiten und Preise erfordern neue organisatorische und technische Massnahmen bei der Planung und Ausführung von industriellen oder sonstigen Grossprojekten.

Die Verwendung der Datenverarbeitung hat sich bereits überall dort durchgesetzt, wo der Umfang der zu verarbeitenden *Informationen sehr gross* ist, die Informationsverarbeitung *schematisiert* werden kann und die zu treffenden Routineentscheidungen aufgrund von *standardisierten Datenarten und Regeln* getroffen werden können. Weitere wesentliche Voraussetzungen für einen rationellen Einsatz der Datenverarbeitung sind die *Standardisierung der Anlagentechnik* durch einheitliche Bemessungsvorschriften und der Aufbau von Erzeugnisdatenbanken, in denen alle für die Bearbeitung einer Anlage erforderlichen Daten gespeichert sind.

Um diese Voraussetzungen zu erfüllen, wurden in den letzten Jahren bei AEG-Telefunken zum Teil erhebliche Investitionen getätigt, so dass heute bereits auf vielen Gebieten des Anlagengeschäftes rechnerunterstützt gearbeitet wird. Neben vielen anderen Grossprojekten wurde zum Beispiel die gesamte *Steuerung der Gepäckförderanlage am Frankfurter Flughafen* mit Rechnerunterstützung projektiert, nach den Rechnerausdrucken gefertigt und in Betrieb genommen.

Mit Hilfe entsprechender Programme können wesentliche *Routinearbeiten von Projektierungsingenieuren* auf den Rechner übertragen werden. Die *Entscheidungsfindung* wird durch das Rechnerergebnis erheblich verbessert und damit das Risiko vermindert. Der Bearbeiter ist in der Lage, mit geringem Eingabeaufwand verschiedene Lösungen durchzurechnen, um die günstigste auswählen zu können.

Auch die *Fertigung und Montage* werden durch die Verwendung des Rechners erheblich unterstützt. Während früher komplizierte Stromlaufpläne dem Verdrahter vorgelegt wurden, können heute mit leicht verständlichen Listen Hilfskräfte für die Verdrahtung, Prüfung und Montage eingesetzt werden. Dies hat einen grossen Einfluss auf den Liefertermin und die sichere Durchführung der Arbeit.

Die heute vorliegenden Ergebnisse und Erfolge ermutigen uns trotz der grossen Investitionen, die Verwendung des Rechners im Bereich der Anlagenbearbeitung verstärkt voranzutreiben. Hierbei ist in Zukunft dem Bedarf und der Notwendigkeit des direkten Zugriffs zum Rechner durch den Ingenieur oder Konstrukteur Rechnung zu tragen. Dies kann durch den Einsatz interaktiver Arbeitsplätze oder im Time-sharing-Verbund mit Grossrechnern realisiert werden. Ausserdem müssen die Programmsysteme aus verschiedenen Teilgebieten integriert werden, damit Daten grundsätzlich nur einmal erfasst und geprüft werden müssen.

### Konstruktionssystematik

Unter der Überschrift «Konstruktionssystematik» wurden in den letzten Jahren Verfahrensweisen entwickelt, mit denen die Systematisierung eines Konstruktionsprozesses, ausgehend von der Anforderungsliste bis hin zur Produktlösung, möglich wird. Es geht dabei um

- die *Auflösung des komplexen Konstruktionsprozesses in definierte Teilschritte*, mit denen die geforderten Produktfunktionen stufenweise konkretisiert werden,
- die *Ermittlung der vollständigen Lösungsfelder* auf den unterschiedlichsten Konkretisierungsstufen und um
- die *Bewertung und Auswahl der jeweiligen Teillösungen* und der *Alternativen zum Gesamtkonzept*.

Durch Anwendung dieses Verfahrens bei der Konstruktion eines neuen Produktes lassen sich zum Teil beträchtliche Rationalisierungserfolge erzielen.

Wir sehen die Bedeutung der Konstruktionssystematik aber nicht nur unter dem Aspekt der Innovationstätigkeit bzw. bei neuen Produktlösungen. Denn selbst bei dem zurzeit schnellen Wechsel der Produktlinien und Technologien überwiegt im Entwicklungsbereich nach wie vor die *Weiter- bzw. Anpassungsentwicklung*. Wenn nun bei der Neuentwicklung eines Produktes die systematische funktionsorientierte Konstruktionstechnik angewendet und die Auslegungsschritte mit ihren Ergebnissen dokumentiert werden, dann besteht jederzeit die Möglichkeit, die einzelne Entscheidung nachzuvollziehen und zu überprüfen. Es ist der Vorteil der Konstruktionssystematik, den an sich komplexen Entscheidungsprozess transparent zu machen. Eine spätere Anpassungsentwicklung wird beispielsweise erforderlich, um das Produkt bei gleicher Aufgabenstellung auf den technisch neuesten Stand zu bringen. Entweder haben inzwischen neue Technologien die einzelnen Lösungsfelder erweitert, oder aber eine an sich bekannte Technik ist verbessert und verfeinert worden, so dass eine andere Bewertung dieser Lösung erforderlich wird. Liegt eine Konstruktionssystematik für das Produkt, als Dokumentation der Neuentwicklung, vor, dann sind sehr schnell die erforderlichen Erweiterungen der Lösungsfelder bzw. die Korrektur der Bewertung einzufügen. Insbesondere werden die Konsequenzen deutlich, die sich aus den Änderungen für die Gestaltung der einzelnen Bauteile ergeben.

Der grundsätzliche Aufbau eines *Asynchronmotors* hat sich beispielsweise in den letzten Jahren nur wenig geändert. Es wird auch in der überschaubaren Zukunft so bleiben. Der technische Fortschritt wird in der ständigen Verbesserung der konstruktiven Details erzielt. Diese ständige Anpassungsentwicklung wird wesentlich unterstützt, wenn eine Konstruktionssystematik für die Auslegung des Motors vorliegt. Sie dokumentiert den jeweils aktuellen Stand und nennt insbesondere die Bewertungskriterien für die Teilentscheidungen, die zur jeweils aktuellen Produktlösung integriert wurden.

Für viele Produkte, beispielweise im Bereich der *Nachrichtentechnik*, die sich weder durch Langlebigkeit noch durch grosse Stückzahlen auszeichnen, ist die Rentabilität für eine vollständige systematische Auslegung mit Dokumentation nur schwer gegeben. Eine Analyse der Entwicklungsvorhaben ergibt jedoch, dass die konstruktive Auslegung dieser sehr verschiedenartigen Produkte sich überwiegend auf die folgenden Funktionen konzentriert:

- Anordnung und Befestigung elektrischer Bauteile in einem entsprechenden Geräteaufbau,
- Verdrahtung der Bauteile,
- Isolation,
- Wärmehaushalt und
- Elektromagnetische Verträglichkeit (EMC)

Die Analyse ergibt weiterhin, dass bei einer systematischen Konstruktion dieser Geräte die Auslegung der Funktionen jeweils in annähernd identischer Schrittfolge abläuft, und dass die Lösungsfelder für die einzelnen Teilentscheidungen in weiten Bereichen übereinstimmen. Ebenso ist die Menge der Auswahlkriterien nicht sehr unterschiedlich. Erst bei der *Bewertung* dieser Kriterien *dominieren die Randbedingungen der speziellen Aufgabenstellungen* und führen zu den unterschiedlichsten Gerätekonzepten.

### Technische Dokumentations- und Informationssysteme

Zu jeder Forschungs- und Entwicklungsarbeit gehört als unabdingbare Basis die Information, und zwar die *Information über den jeweiligen Stand der Technik*, der insbesondere in den relevanten Fachpublikationen zum Ausdruck kommt, die *Information über das Know-how in der eigenen Firma* und schliesslich *Informationen über Materialdaten, Normen, vorhandene Bausteine* und dergleichen mehr. Um eine ausreichende Information der Forscher und Entwickler mit den notwendigen Daten und Fakten zu ermöglichen, zwingen allein schon die äusseren Randbedingungen zur *Rationalisierung*, auch hier im wesentlichen mit Hilfe der Datenverarbeitung.

Die vielbeklagte *Publikationsflut* hat dazu geführt, dass im *Bereich der Naturwissenschaften und der Technik* zur Zeit etwa *zwei Millionen Fachbeiträge* jeglicher Art *jährlich* erscheinen, wovon etwa *Zweihunderttausend, d.h. 10 Prozent, für die Elektrotechnik von Bedeutung* sind. Auch wenn der einzelne Wissenschaftler oder Techniker für seine tägliche Arbeit nur einen kleinen Ausschnitt aus dieser enormen Menge von Fachpublikationen benötigt, so ist es dem einzelnen nicht mehr möglich, in vertretbarer Zeit den für ihn interessantesten Anteil einigermassen vollständig herauszufinden. Kein Wunder also, dass nach begründeter Schätzung ein erheblicher Anteil (*bis zu etwa 50 Prozent*) aller weltweit durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten *wegen unzureichender Information doppelt oder gar mehrfach ausgeführt werden*, obwohl entsprechende Informationen an sich öffentlich zugänglich sind.

In Anbetracht dieser Entwicklung hat man auch in der Elektrotechnik bereits vor Jahren mit einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit zwischen Firmen und Institutionen begonnen, und zwar zunächst im *Dokumentationsring Elektrotechnik (DRE)* und dann durch die Gründung der *Zentralstelle Dokumentation Elektrotechnik (ZDE)*. Auch wir haben an der Verwirklichung dieser Projekte wesentlichen Anteil. Die Rationalisierung besteht nun darin, dass die ZDE gemeinschaftlich mit ihren Partnern jährlich etwa vierzigtausend Fachaufsätze aus rund siebenhundert der für uns wichtigsten Zeitschriften auswertet, ausserdem Doktorarbeiten, Reports, Studien- und Konferenzberichte einbezieht und so jährlich insgesamt etwa sechzigtausend Fachbeiträge erfasst und in einem zentralen Speicher sammelt. Mit Hilfe geeigneter Programme und der Datenfernverarbeitung kann diese Informationsquelle für Recherchen, für gezielte Informationsverteilung nach individuellen Interessenprofilen und für andere, standardisierte Informationsdienste genutzt werden.

Da ein Grossteil dieser Dienste erst 1975/76 anlief, ist es vielleicht noch etwas früh, über die Qualität der Dienstleistungen der ZDE heute schon eine statistisch fundierte Aussage zu machen. Dennoch ist das bisher Erzielte sehr eindrucksvoll: In Sekundenschnelle lassen sich für ein bestimmtes Thema Arbeiten aus einer Dokumentenmenge von zur Zeit etwa einhundertfünfzigtausend herausfinden – eine Arbeit, für die der Wissenschaftler sonst Tage und Wochen in den einschlägigen Bibliotheken zubringen müsste. Ende 1976 werden in dem ZDE-Speicher insgesamt etwa zweihun-

dertsiebzigttausend Nachweise über Fachbeiträge als Recherchen-Basis zur Verfügung stehen.

Das bisher Gesagte über das extern publizierte Schrifttum gilt im Prinzip auch für das in schriftlicher Form fixierte Know-how der Forschungs- und Entwicklungsstellen unseres Hauses. Die Zeiten, da zumindest eine zentrale Stelle jeden Forscher und Entwickler persönlich kannte, sind längst vorbei. Bei fast viertausend Natur- und Ingenieurwissenschaftlern in unseren Labors ist es unmöglich, im Einzelfalle zu wissen, wo was gemacht wird und wer für welche Fachfragen als Spezialist in Frage kommt.

In weitgehender Anlehnung an das gemeinsam erarbeitete System der ZDE haben wir auch ein firmeninternes Dokumentations- und Informationssystem aufgebaut und sind gerade dabei, die zugehörige Datenbank zu füllen. Im Dialog mit dem Rechner werden wir unseren Forschungs- und Entwicklungsstellen in Kürze ähnliche Informationsdienste bieten können, wie sie bezüglich des externen Schrifttums von einem Informationszentrum wie der ZDE geliefert werden. An dieser Stelle sei hervorgehoben, dass unsere Bemühungen zur Rationalisierung von Forschung und Entwicklung in dankenswerter Weise vom *Bundesministerium für Forschung und Technologie* unterstützt werden.

### Planungs- und Kontrollsysteme für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

Als letzten Punkt der eingangs erwähnten Massnahmen zur Erhöhung der Effektivität unserer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten möchte ich über unser Planungs- und Kontrollsystem auf dem Forschungs- und Entwicklungsgebiet berichten. Oberstes Ziel dieses Systems ist es, die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel so gezielt wie möglich und so wirkungsvoll wie möglich zu verwenden. Um dieses Ziel zu erreichen, bei dem jedes Forschungs- und Entwicklungsprojekt mit einem voraussichtlichen Gesamtaufwand von über 100000 Mark erfasst wird und das aus einer *Entwicklungsmeldung*, einem *Entwicklungseröffnungsbericht*, *Entwicklungszwischenberichten* und dem *Entwicklungsabschlussbericht* besteht. Hervorzuheben ist dabei insbesondere, dass wir erstmals auch bei Entwicklungsprojekten eine Wirtschaftlichkeitsberechnung eingeführt bzw. vorgeschrieben haben.

Sicher hat diese *Wirtschaftlichkeitsrechnung* nicht die Genauigkeit oder Zuverlässigkeit wie zum Beispiel die entsprechende Berechnung bei der Entscheidung über Investitionen. Sie ist auch um Grössenordnungen schwieriger. Schon bei der Festlegung des Aufwandes und der benötigten Zeit bezieht man sich bei den Investitionen zum Beispiel auf ein festes Angebot eines aussenstehenden Herstellers und bei dem Entwicklungsprojekt auf die Innovationsrate von Ingenieuren. Auch ist es ausserordentlich schwierig, Herstellungskosten, Absatzzahlen und Marktpreise für Produkte vorauszuschätzen, deren Entwicklung noch gar nicht begonnen wurde und deren Markterfolg nicht nur vom Erfolg der eigenen Entwicklung, sondern auch von dem der Entwickler der Konkurrenz abhängt. Trotz dieser *nicht sehr vielversprechenden Ausgangslage* sind wir davon überzeugt, auch im Entwicklungsbereich Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchführen zu können, wenngleich wir uns bezüglich der Genauigkeit keinem zu grossem Optimismus hingegen haben. Je mehr wir uns jedoch mit diesem Thema befassen und je grösser die entsprechenden Erfahrungen sind, desto genauer werden auch die Vorhersagen, wie die bisherigen Erkenntnisse zeigen.

Ein weiteres Ziel unseres zentralen Berichtwesens ist die *laufende Kontrolle* bei der Durchführung der Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

Naturgemäss wird es trotz aller vorbereitenden Überlegungen und Untersuchungen immer wieder vorkommen, dass sich die interne oder externe Situation bei einem Projekt wesentlich verändert. In einem solchen Fall sollten so früh wie möglich entsprechende Massnahmen getroffen werden, die von einer *Änderung der Aufgabenstellung bis zur Einstellung des Projektes* reichen können. Solche Änderungen der Situation müssen also rechtzeitig erkannt werden, was nur durch *laufenden Vergleich der Soll- mit den Ist-Daten* möglich ist. Ziel ist es insgesamt, die *Zahl der Fehlentwicklungen auf ein Minimum zu reduzieren*. Es ist besser, auf halber Strecke umzukehren, als am falschen Ziel anzukommen. Ausserdem sind wir bestrebt, die Zeit vom Entstehen einer neuen technischen Erkenntnis oder einer notwendigen Anpassung an äussere Gegebenheiten bis zur Fertigstellung von verkaufsfähigen Produkten möglichst abzukürzen. Mit Hilfe unseres Berichtswesens, das nicht nur Planungs-, sondern auch Informationscharakter hat, glauben wir auch in dieser Hinsicht Fortschritte erzielt zu haben, da einmal die *Querinformation* und der *Erfahrungsaustausch wesentlich verbessert* wurden und zum anderen Parallelarbeiten besser vermieden werden.

Es würde hier zu weit führen, wollte ich unser Planungssystem, das neben der Projektplanung auch noch eine *Periodenplanung* umfasst, im einzelnen erläutern. Hervorheben

möchte ich jedoch, dass wir auch auf diesem Gebiet zur Zeit eine Datenbank aufbauen, d.h. die Informationen aus dem Berichtswesen katalogisieren und mit Hilfe eines Computers speichern. Die Möglichkeiten, die sich daraus bieten, liegen auf der Hand.

\*

Effektiver forschen und entwickeln ist eine Aufgabenstellung, die wir in unserem Hause sehr ernst nehmen. Es ist eine Aufgabe, die bei den ständig steigenden Personalkosten zunehmend an Bedeutung gewinnt. Wir alle wissen, dass die Hardware, d.h. die Komponenten Baugruppen und Geräte, zumindest relativ durch den technologischen Fortschritt immer billiger werden und dass der Anteil der Software, d.h. der Ingenieurleistung, ständig zunimmt. Um dieser Tendenz so weit wie möglich entgegenzusteuern bzw. ihre Konsequenzen zu beherrschen, müssen wir alles unternehmen, um auch in diesem Bereich die Kosten unter Kontrolle zu halten. Die hier vorgetragenen Verfahren und Methoden, die nur eine Auswahl sein können, sollten geeignet sein, diese Zielsetzung zu realisieren.

Adresse des Verfassers: Dr.-Ing. Horst Nasko, Geschäftsführer der Vorsitzender des Vorstandsausschusses Forschung und Entwicklung, AEG-Telefunken, D-6 Frankfurt 70.

## Die wirtschaftlich optimale Wärmedämmung von Neubauten. — Ein Vorschlag für eine Optimierungsrechnung

Von René Weiersmüller, Schlieren

Bei jedem Neubau wird der Architekt und/oder der Bauherr mit dem Problem konfrontiert, welche *Isolationsstärke* zur Zeit die *maximale Brennstoffeinsparung bei minimalen Isolationskosten* ergibt. Durch ungeprüfte Übernahme von Empfehlungen und gefühlsmässigen Überlegungen wird normalerweise eine Isolation vorgesehen, die wohl eine kleine jährliche Rückzahlungsrate, dafür aber eine entsprechend «saftige» jährliche Heizkostenrechnung ergibt. Spätere Nachisolierungen erfordern sehr viel grössere Investitionen und stellen dann doch nur bestenfalls einen Kompromiss dar.

Wie im folgenden gezeigt wird, kann mit Hilfe einiger *vereinfachender Überlegungen und Annahmen* errechnet werden, welche Isolationsstärke aufgrund der aktuellen Randbedingungen zur Zeit die optimalste Lösung darstellt.

### Berechnungen der volkswirtschaftlich günstigsten Isolationsstärke

#### Annahmen:

Diskutiert werden hier – ausser bei einigen besonders bezeichneten Ausnahmen – *nur Neubauten*. Die Betrachtungen basieren auf einem *vorgewählten*, statisch ausreichend bemessenen Maueraufbau, der ohne Änderungen mit verschiedenen Isolierstärken ausgerüstet werden kann; in diesem Falle sind die Baukosten, abgesehen vom Isoliermaterialpreis, praktisch unabhängig von der Isolationsdicke.

Die Vergrösserung des überbauten Volumens bzw. die Verkleinerung der Innenräume durch die Isolation wird vernachlässigt.

Die Wärmeableitung von potentiellen Wärmelieferanten (Kochherd, Fernsehgerät, starken Lichtquellen usw.) bleibt unberücksichtigt.

Das Wärmespeichervermögen des Wandaufbaues (Amplitudendämpfung und phasenverschobene Auswirkung der Aussentemperatur auf die Innenräume) ist unabhängig von der Isolationsstärke.

Zur Vereinfachung der Berechnungen wird angenommen, dass der Preis für das Isolationsmaterial linear mit der Dicke zunimmt (z.B. 12 cm zweimal teurer als 6 cm), was ab einer bestimmten Minimalstärke auch in etwa zutrifft. Die Applikationen usw. sind näherungsweise unabhängig von der Isolationsstärke und deshalb für eine Optimierungsrechnung bedeutungslos.

Der *jährliche Wärmebedarf* wird mit Hilfe von *Heizgradzahlen* (HZ) berechnet. Die jährliche Anzahl von Heizgradtagen 12/20 ist die jährliche Summe aller mittleren täglichen Differenzen aus Aussentemperaturen kleiner 12 °C (Heizgrenze) und Raumtemperatur (20 °C); die Multiplikation der jährlichen Heizgradtage mit 24 ergibt die entsprechende Anzahl Heizgradstunden.

Die folgenden Berechnungen basieren auf der Betrachtung von einer Fläche von einem Quadratmeter. Es wird angenommen, der Wärmeverlust trete in Form von reiner Wärmeleitung ein; Konvektion, Strahlung oder Wärmeübergangszahlen werden bewusst vernachlässigt.

Zur Aufstellung der Gleichungen wird ein Modell verwendet (Bild 1). Die Isolation ist dabei zwecks einfacherer Darstellung auf der Aussenseite der Wand angeordnet.

Bild 1. Wandmodell

