

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	72 (1981)
<b>Heft:</b>	13
<b>Artikel:</b>	Methodische Konzeptentwicklung in der Elektrotechnik : Teil 1 : Methode der minimal notwendigen Teilstufenfunktionen
<b>Autor:</b>	Tayefeh-Emamverdi, M.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-905130">https://doi.org/10.5169/seals-905130</a>

### 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:** 28.01.2026

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

# Methodische Konzeptentwicklung in der Elektrotechnik

## Teil 1: Methode der minimal notwendigen Teifunktionen

Von M. Tayefeh-Emamverdi

621.3:001.8;

*Über die Hälfte aller derzeit verkauften elektrotechnischen Produkte ist in den letzten zehn Jahren entwickelt worden. Der Entwicklungsingenieur ist auf diesem Gebiet ständig mit neuen Problemen konfrontiert, deren Lösung durch Einbezug methodischer Vorgehensweisen effizient unterstützt werden kann. Im ersten Teil dieser Arbeit wird eine Methode der Lösungssuche und Lösungswahl gezeigt, deren wesentliches Merkmal ein Syntheseverfahren ist, das das Ziel hat, die einfachsten Lösungskonzepte einer Aufgabe zu finden.*

*Plus de la moitié des produits électrotechniques vendus actuellement ont été conçus durant les dix dernières années. L'ingénieur concepteur est constamment confronté avec de nouveaux problèmes, dont la solution peut être efficacement facilitée en procédant méthodiquement. Dans la première partie, on décrit une méthode de recherche et de sélection d'une solution, dont la particularité essentielle est un procédé de synthèse servant à trouver les conceptions les plus simples pour résoudre un problème.*

### 1. Einführung

Die Produktionsinnovation ist heute mehr denn je die wesentliche Grundlage der Existenzfähigkeit der Industriebetriebe. Diese Tatsache hat insbesondere ihre Gültigkeit für das Gebiet der Elektrotechnik, das sehr raschen Änderungen der Strukturen unterworfen ist. Der Ingenieur in der Entwicklung und Konstruktion elektrotechnischer Produkte ist daher stets auf der Suche nach neuen Lösungen. Dieser Umstand erfordert einerseits Kreativität und andererseits eine Arbeitsweise, die die Unwägbarkeit und die Unsicherheit der reinen Intuition verringert. Dementsprechend ist es notwendig, eine *disziplinierte Kreativität* auszuüben. Dazu ist neben gut fundierten Sachkenntnissen im jeweiligen Arbeitsgebiet noch die Kenntnis von wesentlichen Methoden zur Problemlösung notwendig. Solche Methoden erhöhen die Effektivität der Arbeit des Ingenieurs, ohne dabei eine Einschränkung seiner Intuition anzustreben. Sie lassen sich beim Veralten des Fachwissens als ein bleibendes Rüstzeug des Ingenieurs neuen Problemsituationen anpassen.

### 2. Methodisches Vorgehen in der Elektrotechnik

Die vielfältigen Aufgaben der Elektrotechnik können methodisch auf mannigfaltige Art bearbeitet werden [1; 2; 3; 4]. Ein wesentlicher Schritt zum methodischen Arbeiten ist das stete Erkennen und Beseitigen dessen, was am disziplinierten Denken hindert [5]; dazu kann die Morphologie [6; 7] als essentielle Grundlage dienen. Die häufigste sowohl in der Systemtechnik [8] als auch im Maschinenbau [9; 10; 11] angewandte morphologische Methode ist die Methode des morphologischen Kastens. Auf Anregung eines elektrotechnischen Unternehmens wurde diese Methode vom Verfasser zum Konzipieren elektrotechnischer Apparate herangezogen. Die Untersuchung zeigte die Notwendigkeit der Einführung abweichender Gesichtspunkte gegenüber der Methode des morphologischen Kastens und dem Vorgehensplan nach [9]. Die sich aus dieser Untersuchung ergebende Methode wird als *Methode der minimal notwendigen Teifunktionen* bezeichnet. Ihre Arbeitsschritte sind in Fig. 1 dargestellt.

### 3. Methode der minimal notwendigen Teifunktionen

Diese Methode basiert auf dem Grundgedanken, dass zwar durch ein diskursives Vorgehen der Einfluss des Zufalls während der Lösungssuche zu verringern ist, dass aber in der Praxis aus Termin- und Kostengründen die Totalität der Lösungen einer Aufgabe nicht primär von Interesse sein kann. Man muss daher genau definieren, welches Ziel das methodische Vorgehen hat. Lösungssuche und Lösungswahl sind streng voneinander zu trennen, wenn man die Totalität der

Menge der Lösungen kennenlernen will, z.B. zwecks Katalogisierens oder aus Lehr- und Forschungszwecken. Sie sind nicht voneinander zu trennen, wenn man eine Aufgabe in der Praxis zu lösen hat. Daher wird ein Syntheseverfahren vorgeschlagen, das das Ziel hat, die einfachsten Lösungskonzepte einer Aufgabe zu finden. Auf diese Weise selektiert die Methode schon während der Lösungssuche. Trotzdem geht hiervon nichts verloren, denn wenn notwendig, kann schrittweise in Richtung komplizierterer Lösungen vorgegangen werden.

Im ersten Teil dieses Aufsatzes werden die in Fig. 1 dargestellten Schritte allgemein und im zweiten Teil am Beispiel der Auslöser elektrischer Schaltgeräte erläutert.

#### 3.1 Analyse und Abstraktion der Aufgabe

Zweck dieses Schrittes ist es, eine Ausgangsbasis für die Lösungssuche zu schaffen, die im Rahmen gestellter Anforderungen jede Lösung erfasst.

*Abstrahieren* bedeutet: Weglassen alles in dem betreffenden Zusammenhang und für einen bestimmten Zweck Unwesentlichen. Dazu ist es notwendig, den Wesenskern einer Aufgabe zu erkennen und die scheinbaren Einschränkungen [12] zu eliminieren. *Scheinbare Einschränkungen* sind:

– solche, die aus herkömmlichen Gründen vorgeschrieben werden, weil man durch die Kenntnis von Vorhandenem vorfixiert ist, bzw.

– solche, die zwar in der Aufgabenstellung nicht bestehen, aber aus Gewohnheit vom Aufgabenbearbeiter unbewusst eingeführt werden.

Das Ergebnis der Analyse und Abstraktion führt zur Formulierung der Gesamtfunktion des zu konzipierenden Systems, die in allgemeiner Form wie in Fig. 2 dargestellt werden kann.

#### 3.2 Einteilung der bestimmenden Flüsse der Gesamtfunktion

Zweck dieses Schrittes ist die Unterscheidung zweier Gruppen von Teifunktionen, um für die Synthese der Gesamtfunktion aus Teifunktionen eine sinnvolle Ordnung zu schaffen.

Aus der abstrakten Formulierung der Gesamtfunktion können im allgemeinen Energie-, Stoff- und Signalflüsse erkennbar sein. In ihnen vorkommende Teifunktionen können z.B. nach Fig. 3 zusammenhängen. Für die spätere Synthese ist es sinnvoll, entsprechend der geforderten Gesamtfunktion zwischen einem *Hauptfluss* und *Nebenflüssen* zu unterscheiden. Die Teifunktionen im Hauptfluss werden als Primär-, diejenigen in Nebenflüssen als Sekundärfunktionen bezeichnet. Wie die Fig. 3 zeigt, hängen die Sekundärfunktionen nur mit

derjenigen Primärfunktion zusammen, welche an der Verknüpfungsstelle beider Flüsse liegt. Die Lösungsprinzipien der Sekundärfunktionen werden durch die Lösungsprinzipien der entsprechenden Primärfunktion festgelegt und sollen daher nicht getrennt mit den Lösungsprinzipien anderer Primärfunktionen kombiniert werden.

### 3.3 Erkennen der minimal notwendigen Teilfunktionen

Zweck dieses Schrittes ist das Zurückführen der Gesamtfunktion auf minimal notwendige Teilfunktionen, um zuerst die einfachsten Lösungskonzepte zu erarbeiten.

Es gibt drei wesentliche Wege zur Gliederung einer Gesamtfunktion in Teilfunktionen:

- Analyse bekannter Lösungen und Erkennen deren Teilfunktionen

- Ableiten der Teilfunktionen mit Hilfe der Analogiebetrachtungen

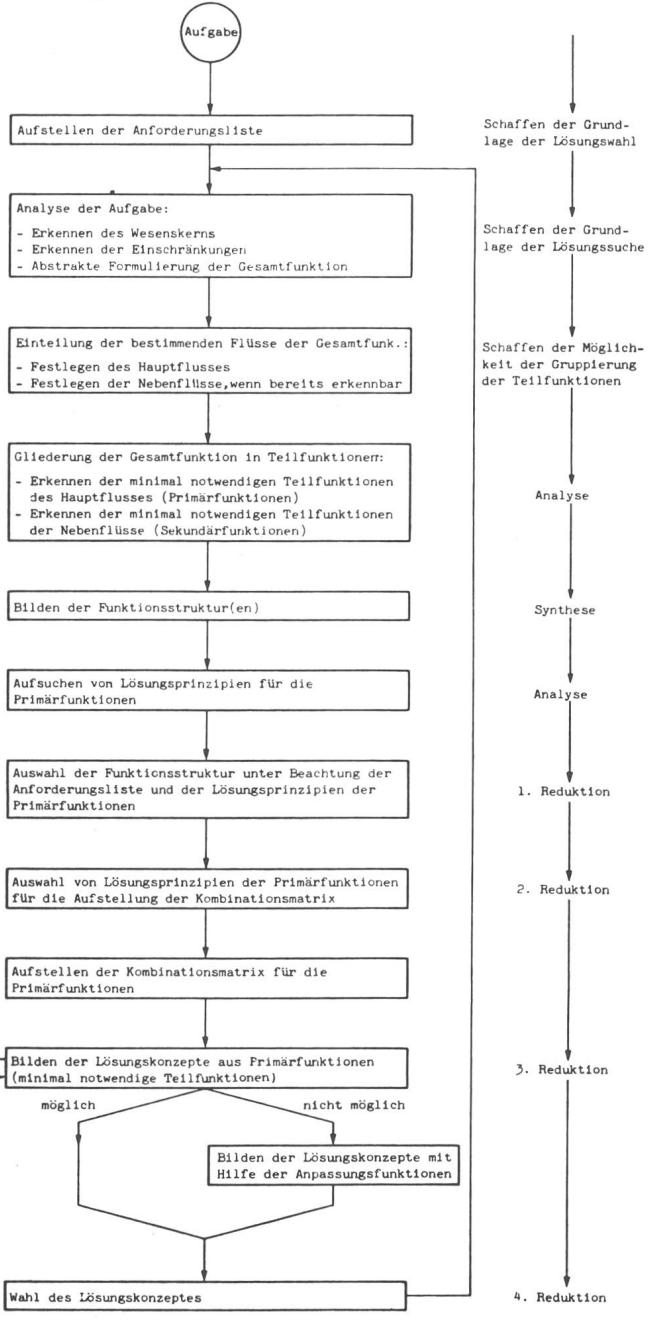


Fig. 1 Arbeitsschritte der «Methode der Lösungssuche und Lösungswahl aufgrund der minimal notwendigen Teilfunktionen»

\* Aufsuchen von Lösungsprinzipien der Sekundärfunktionen

– Erkennen der Teilfunktionen aufgrund der Analyse der abstrakten Formulierung der Gesamtfunktion.

Werden Teilfunktionen aufgrund einer der beiden erstgenannten Möglichkeiten erkannt, so können zwei Kategorien von Funktionen vermengt werden, nämlich solche, die in jeder Lösung der Aufgabe vorhanden sind, und solche, die nur in bestimmten Lösungen vorkommen. Es kann daher unterschieden werden zwischen notwendigen Teilfunktionen, die stattfinden müssen, und nicht notwendigen Teilfunktionen, die entfallen können.

Um *notwendige Teilfunktionen* zu erhalten, muss man sich nur an die abstrakte Formulierung der Gesamtfunktion halten. Das heisst, man sollte in Funktionen und nicht in Lösungen denken. Da aber die technischen Funktionen in Worten durch ein Verb und ein Substantiv ausgedrückt werden (z.B. Energie speichern), ist es nicht möglich aus der rein verbalen Formulierung festzustellen, ob die Zusammensetzung der erkannten Teilfunktionen die Gesamtfunktion ergibt. Dies ist erst dann möglich, wenn nachgeprüft werden kann, ob die Lösungsprinzipien der erkannten Teilfunktionen sich lückenlos zusammensetzen lassen. Ist die unmittelbare Verknüpfung der Lösungsprinzipien nicht möglich, dann werden Anpassungsfunktionen benötigt, die ebenfalls als notwendige Teilfunktionen zu erachten sind. Daher werden hier die aus der Funktionsanalyse erkennbaren notwendigen Teilfunktionen gegenüber den durch die Anpassungsprobleme notwendig gewordenen Teilfunktionen abgegrenzt:

*Minimal notwendige Teilfunktionen* gehen nur aus der Analyse der abstrakten Formulierung einer Gesamtfunktion, ohne

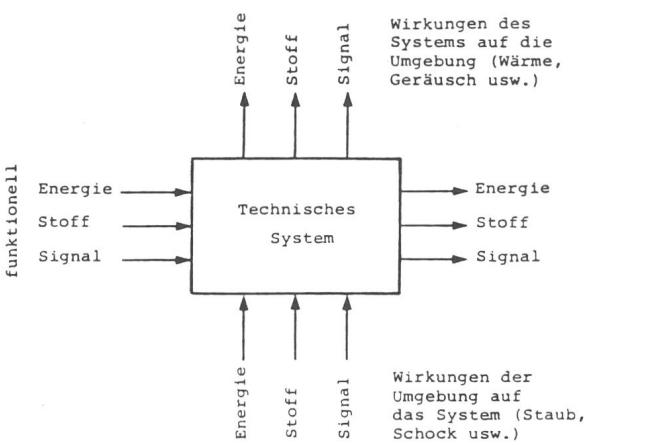


Fig. 2 Abstrakte Darstellung eines technischen Systems

Energie: Mechanisch, elektrisch usw.

Stoff: Gase, Flüssigkeiten, feste Körper

Signal: Messgrößen, Steuergrößen u.ä.

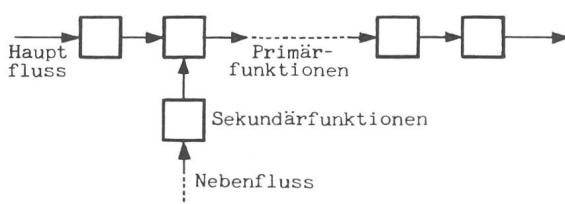


Fig. 3 Begriff von Haupt- und Nebenfluss

Teilfunktion	a	b	c	.....	n
Lösungsprinzipien	$E_{a_1} \rightarrow a_1$	$E_{b_1} \rightarrow b_1$	$E_{c_1} \rightarrow c_1$		
	$E_{a_2} \rightarrow a_2$	$E_{b_2} \rightarrow b_2$	$E_{c_2} \rightarrow c_2$		
	...	...	...		
	...	...	...		
	$E_{a_\alpha} \rightarrow a_\alpha$	$E_{b_\beta} \rightarrow b_\beta$	$E_{c_\gamma} \rightarrow c_\gamma$		

Fig. 4 Kombinationsmatrix zur Synthese der Gesamtfunktion eines technischen Gebildes aus minimal notwendigen Teilfunktionen und zur schrittweisen Entwicklung der Lösungen mit Hilfe der Anpassungsfunktionen

Im allgemeinen  $\alpha + \beta + \gamma =$

Orientierung an den Realisationsmöglichkeiten, hervor. Sie sind notwendig und hinreichend, wenn ihre Lösungsprinzipien eine lückenlose Synthese der Gesamtfunktion ermöglichen.

### 3.4 Aufsuchen der Funktionsstruktur

Zweck dieses Schrittes ist es, die aus der Funktionsanalyse hervorgegangenen Teilfunktionen auf verschiedene Arten miteinander zu verknüpfen, um neue Lösungen zu erhalten.

*Funktionsstruktur* ist die Gesamtheit der Teilfunktionen eines technischen Systems und die Art ihrer Verknüpfung, woraus die zeitliche Reihenfolge des Ablaufes der Teilfunktionen ersichtlich ist. Im allgemeinen wird bereits bei der Gliederung der Gesamtfunktion in Teilfunktionen eine Funktionsstruktur sichtbar. In der Praxis der Lösungssuche begnügt man sich vielfach mit einer Funktionsstruktur. Manche Aufgaben können aber bereits in diesem abstrakten Stadium der Arbeit durch Variation der Funktionsstruktur neue Lösungen erhalten.

### 3.5 Auswahl der Funktionsstruktur

Zweck dieses Schrittes ist eine 1. Reduktion der Lösungsmöglichkeiten.

Auf dieser Entwicklungsstufe ist im allgemeinen eine Bewertung der Funktionsstruktur nicht möglich, da die Teilfunktionen nur begrifflich und noch nicht durch ihre Lösungsprinzipien festgesetzt sind. Es ist trotzdem angebracht, die aufgesuchten Funktionsstrukturen mit den Angaben der Anforderungsliste zu vergleichen, um eindeutig unbrauchbare Strukturen auszuscheiden. Bei manchen Aufgaben ist es zweckmäßig, erst für die Teilfunktionen Lösungen zu suchen, womit die Wahl der weiterzuverfolgenden Struktur erleichtert wird.

### 3.6 Aufsuchen von Lösungsprinzipien

Zweck dieses Schrittes ist es, für die verbal ausgedrückten, minimal notwendigen Teilfunktionen durch systematisches Vorgehen ein möglichst vollständiges Lösungsfeld zu finden.

Zu Beginn wird für jede Teilfunktion ein Oberbegriff [13] gesucht, der die Menge der Lösungsmöglichkeiten kennzeichnet. Zum Festlegen dieses Oberbegriffs sind Erfahrung und Fähigkeit zum abstrakten Denken nützlich. Kennt man eine

Lösung zur betrachteten Teilfunktion, dann kann der gesuchte Oberbegriff durch Abstrahieren von dieser Lösung gefunden werden. Begonnen wird mit der Suche nach Lösungsprinzipien für die Primärfunktionen. Ein Lösungsprinzip ist die grundsätzliche Erfüllungsmöglichkeit einer technischen Funktion und lässt mindestens die Ein- und Ausgangsgröße ( $n$ ) und die Relationen zwischen ihnen erkennen. Beim Konzipieren sucht man zuerst die physikalischen Lösungsprinzipien, um sie dann geometrisch und stofflich zu konkretisieren. Es ist auch möglich, die aus der Erfahrung bekannten *technischen Bausteine* (z.B. Elektromotor, Transformator, Relais) heranzuziehen. Beide Möglichkeiten werden vielfach gemeinsam zur Erarbeitung von Lösungen benutzt. Bei Verwendung eines technischen Bausteins muss man sich stets darüber Klarheit verschaffen, ob sich evtl. versteckte Eigenschaften störend auswirken könnten.

Wesentlich zur systematischen Lösungssuche tragen die Systematika und Kataloge bei [14; 15]. Einige Beispiele sind im Anhang angegeben.

### 3.7 Auswahl von Lösungsprinzipien

Zweck dieses Schrittes ist die 2. Reduktion der Lösungsmöglichkeiten, bevor die Lösungsprinzipien der minimal notwendigen Teilfunktionen miteinander kombiniert werden.

Die Anzahl der zu betrachtenden Lösungskonzepte steigt um so stärker, je mehr Lösungsprinzipien für eine Teilfunktion in die Kombination mit den Lösungsprinzipien anderer Teilfunktionen eingehen. Daher sollten an dieser Stelle durch Vergleich mit der Anforderungsliste die nicht entsprechenden Lösungsprinzipien ausgeschieden werden. Zu beachten ist aber, dass nichttaugliche Lösungsprinzipien einer Teilfunktion manchmal in Kombination mit den Lösungsprinzipien anderer Teilfunktionen akzeptable Ergebnisse liefern können, so dass sie nicht immer einzeln, sondern im Systemzusammenhang beurteilt werden sollten.

### 3.8 Bilden der Lösungskonzepte

Zweck dieses Schrittes ist es, Lösungskonzepte der Gesamtfunktion zu erarbeiten, die aus den minimal notwendigen Teilfunktionen bestehen. Somit liegt in diesem Schritt die 3. Reduktion der Zahl der möglichen Lösungen.

Lösungskonzepte entstehen durch die Verknüpfung von jeweils einem Lösungsprinzip einer Teilfunktion mit einem Lösungsprinzip jeder anderen Teilfunktion, wobei die Gesamtfunktion lückenlos erfüllt werden muss. Zur Synthese der Gesamtfunktion kann man grundsätzlich ein Schema wie den morphologischen Kasten verwenden, in das man nur die minimal notwendigen Teilfunktionen und deren Lösungsprinzipien einträgt. Für technische Aufgaben ist es manchmal zweckmässiger, die Lösungsprinzipien nicht verbal, sondern durch Skizzen darzustellen, aus denen auch die Ein- und Ausgangsgrößen ersichtlich sind. In Fig. 4 wird eine *Kombinationsmatrix* vorgeschlagen, die sich für solche Fälle gut eignet, da sich die Überprüfung der Verträglichkeit der Ausgangsgrößen einer Spalte mit den Eingangsgrößen der nachfolgenden Spalte übersichtlich durchführen lässt.

Die in Fig. 4 dargestellte Matrix ist im allgemeinen unsymmetrisch, weil die Teilfunktionen nicht die gleiche Anzahl von Lösungen besitzen müssen. Bezeichnet man mit  $\alpha, \beta, \gamma$  usw. jeweils die Anzahl der Lösungsprinzipien der Teilfunktionen  $a, b, c$  usw., so müssen

$$\Pi = \alpha \times \beta \times \gamma \times \dots \quad (1)$$

Lösungskonzepte existieren. Die Zahl  $\Pi$  gibt weder theoretisch noch praktisch über die tatsächliche Anzahl der Lösungskonzepte Auskunft. Dafür sind folgende Gründe massgebend:

- Damit die Ausgangsgrössen jedes Lösungsprinzips jeder Teilfunktion mit den Eingangsgrössen der Lösungsprinzipien der nachfolgenden Teilfunktion verbunden werden kann, müssen folgende Verträglichkeitsbedingungen herrschen:

$$A_{ai} = E_{bi} \quad A_{bi} = E_{ci} \text{ usw.} \quad (2)$$

Diese Bedingungen müssen im allgemeinen nicht vollständig erfüllt sein, so dass die Anzahl der möglichen Lösungskonzepte kleiner als  $\Pi$  sein kann.

- Für alle Ausgangsgrössen der Lösungsprinzipien einer Teilfunktion, die mit den Eingangsgrössen der Lösungsprinzipien der nächstfolgenden Teilfunktion unverträglich sind ( $A_{ai} \neq E_{bi}$ ), kann man die Möglichkeiten der Schaffung der Verträglichkeit untersuchen, in dem neue Teilfunktionen eingeführt werden. Diese Anpassungsfunktionen können unter Umständen durch so viele Lösungsprinzipien erfüllbar sein, dass die Zahl der möglichen Lösungskonzepte grösser als  $\Pi$  wird.

Zur Synthese der Gesamtfunktion werden solche Lösungsprinzipien der Spalten miteinander kombiniert, die verträglich sind. Die Lösungsprinzipien der Sekundärfunktionen werden, soweit sie nicht bereits als ein Teil der Lösungsprinzipien der betreffenden Primärfunktion ersichtlich sind, aufgesucht und in die Synthese hinein integriert.

### 3.9 Bilden der Lösungskonzepte mit Hilfe der Anpassungsfunktionen

Zweck dieses Schrittes ist die Schaffung der Verträglichkeit zwischen den Lösungskonzepten und den Grenzen des Systems sowie zwischen den Lösungsprinzipien der minimal notwendigen Teile.

Man kann zwischen zwei Arten von funktionellen Unverträglichkeiten unterscheiden: solche, die zwischen den ausgearbeiteten Konzepten mit den Grenzen des zu konzipierenden Systems bestehen und solche, die zwischen den Lösungsprinzipien einer Teilfunktion und denen der vorhergehenden und der nachfolgenden Teilfunktion bestehen. Während die Schaffung der Verträglichkeit mit den Grenzen des zu konzipierenden Systems zwecks Funktionsfähigkeit vorgenommen werden muss, kann die Beseitigung der Unverträglichkeit zwischen den Lösungsprinzipien der Teile unterschiedene Gründe haben:

- Es kann der Fall eintreten, dass kein Lösungsprinzip einer betrachteten Teilfunktion mit jenen der vorhergehenden und jenen der nachfolgenden Teilfunktion verträglich ist. Das hiesse, es gäbe keine Lösung für die Gesamtfunktion, würde man nicht Verträglichkeiten herbeiführen. Das zeigt deutlich den fragwürdigen Wert der Zahl  $\Pi$  (Gl. 1) eines morphologischen Kastens.

- Besteht der unbedingte Wunsch, vorhandene Patente zu umgehen, so kann man Lösungsvarianten mit Hilfe von Anpassungsfunktionen suchen.

- Werden mehrere Teile durch dasselbe Lösungsprinzip (einfaches Konzept) erfüllt, so ist es möglich, dass bei der Gestaltung (z.B. der mechanischen Teile) Probleme auftreten, welche die Realisation der Lösung in Frage stellen.

Man ist in solchen Fällen gezwungen, die Funktion auf mehrere Elemente aufzuteilen.

- Einfache Konzepte können technologische Probleme aufwerfen, deren Lösung einen grossen zeitlichen und finanziellen Aufwand benötigt. Sind wirtschaftlich günstige Elemente auf dem Markt vorhanden, dann werden die komplizierteren Konzepte akzeptabel.

- Passen die einfachen Konzepte nicht in das Fabrikationsprogramm eines Betriebes, so können Umstellungen (z.B. Vorrichtungsbau) notwendig werden, die nicht immer ohne weiteres tragbar sind.

- Es kann zwar Übereinstimmung in der Grössenart der zu verbindenden Lösungsprinzipien bestehen, aber durch die quantitativen Forderungen eine Anpassung nötig werden, weil man von vorhandenen Elementen nicht abgehen will oder kann.

- Es kann der Wunsch bestehen, das Lösungsfeld zu vergrössern, um die Randbereiche zu untersuchen.

Aus welchem Grund auch immer die Verträglichkeit zwischen zwei Lösungsprinzipien erst geschaffen werden muss, handelt es sich um eine Anpassung, die durch bestimmte Lösungsprinzipien vorgenommen wird. Die Funktion dieser Lösungsprinzipien, die je nach der Art der Anpassung verschieden sein wird, ist die *Anpassungsfunktion*. Da in der Entwicklung elektrotechnischer Produkte stets Signal- und Energieflüsse auftreten, sind im Anhang die Anpassungsfunktionen für diese Flüsse angegeben. Das Vorgehen beim Bilden der Konzepte kann in folgenden Schritten zusammengefasst werden:

- Man überprüft, welche Lösungsprinzipien der minimal notwendigen Teile untereinander unverträglich sind und stellt die Art der Unverträglichkeit fest. Wenn z.B. die Ausgangsgröße  $A_{a1}$  mit der Eingangsgröße  $E_{b2}$  (Fig. 4) in der Grössenart unverträglich ist, dann muss zwischen den Teilefunktionen a und b eine Teilfunktion «Grössenart wandeln» eingefügt werden.

- Die Anpassungsfunktion wird nicht zwischen a und b in die Kombinationsmatrix eingetragen, da diese Funktion nur zwischen  $A_{a1}$  und  $E_{b2}$  Gültigkeit hat. Die Lösungsprinzipien dafür werden auf einem Zusatzblatt zusammengestellt und zur Konzeptbildung herangezogen.

Grundsätzlich werden zuerst Konzepte gesucht, die zwischen den minimal notwendigen Teilefunktionen nur einmal eine Anpassungsfunktion benötigen. Bei  $k$  Teilefunktionen werden maximal ( $k - 1$ ) Stellen für die Anpassungsfunktionen in Frage kommen. Über die Anzahl der Lösungskonzepte kann nur im konkreten Fall ausgesagt werden. Sie hängt theoretisch von den Merkmalen der Ausgangsgrössen  $A_{ai}$  ( $i = 1 \dots \alpha$ ) und der Eingangsgrössen  $E_{bj}$  ( $j = 1 \dots \beta$ ) und praktisch davon ab, welchen Aufwand man zur Anpassung zulässt.

## 4. Lösungswahl

Vom Einfachen zum Komplizierten fortzuschreiten [16] ist ein Weg, um die Anzahl der zu betrachtenden Lösungen zu reduzieren. Die in dieser Arbeit angegebene Methode selektiert während der Lösungssuche, indem sie nicht nach Totalität der möglichen Lösungen fragt. Werden nun die minimal notwendigen Teile durch das Kriterium des geringsten Aufwandes realisiert, so erhält der Grundgedanke dieser Methode einen wertanalytischen Charakter, wobei die Wertanalyse nicht als Verbesserungs-, sondern als Konstruktionsmethode zum

Tragen kommt. Da bis zu 75 % der Kosten eines Produktes in der Entwicklung und Konstruktion festgelegt werden, lohnt es sich in der Produktentwicklung, dem Finden einfacher Konzepte eine angemessene Zeit einzuräumen. Die Bewertung der Varianten kann mit bekannten Methoden, beispielsweise nach Kesselring [1] vorgenommen werden.

### Anhang: Beispiele von Anpassungsfunktionen und Hilfsmitteln dazu

#### Anpassungsfunktionen für den Signalfluss

*Signal* ist eine von einer physikalischen Grösse getragene Zeitfunktion oder Konfiguration, die durch einen ihrer Parameter Informationen überträgt. Im Bereich der Apparatekonstruktion können einem Signal folgende Merkmale zugeordnet werden:

- Signalträgerart: die physikalische Grösse, die das Signal trägt
- Signalbetrag: Zahlenwert des Signalträgers
- Signalleistung: Zahlenwert der das Signal begleitenden Leistung
- Signalform: Zeitfunktion des Signals
- Signalinformationsparameter: eine Kenngrösse der Signalform

Zwei im Signalfluss miteinander zu verknüpfende Grössen können sich in den angegebenen Merkmalen voneinander unterscheiden, so dass  $2^5 = 32$  verschiedene Anpassungsfunktionen denkbar sind. Für den Fall, dass diese Grössen sich nur in einem Merkmal unterscheiden, können folgende Anpassungsfunktionen definiert werden:

- Signalträgerart wandeln
- Signalbetrag ändern
- Signalleistung ändern
- Signalform ändern
- Signalinformationsparameter ändern

#### Anpassungsfunktionen für den Energiefluss

Die Merkmale eines Energieflusses sind in jenen des Signalflusses enthalten, da jeder Signalfluss von einem Energiefluss getragen wird. Somit können folgende Anpassungsfunktionen definiert werden:

- Energie wandeln
- Energiekomponentenbetrag ändern
- Energiekomponentenform ändern

#### Hilfsmittel

Im folgenden werden Tabellen für die physikalischen Lösungsprinzipien einiger Anpassungsfunktionen angegeben. Solche Zusammenstellungen auf verschiedenen Konkretisierungsebenen für

**Energiearten:** In dieser Tabelle sind die meisten für den Apparatebau in Frage kommenden Energiearten zusammengestellt

Tabelle I

Nr.	Energieart	Bemerkungen
1	Gravitationsenergie	Massenanziehung, Schwerkraft, im besonderen: Lageenergie $W_G = mgh$
2	Kinetische Energie	Energie der Bewegung (translatorisch, rotatorisch): $W_k = \frac{1}{2} mv^2$
3	Elastische Energie	Energie der Lage infolge elastischer Verformung, bei linearer Kraft-Weg-Kennlinie: $W_{elast} = \frac{1}{2} cs^2$
4	Druckenergie (pV)	Von den Gasmolekülen ausgeübter Druck auf die Wand eines Gefäßes: $W_D = pV$
5	Magnetische Energie	Energie der Lage infolge des magnetischen Feldes: $W_m = \frac{1}{2} BH$
6	Elektrostatische Energie	Energie der Lage infolge des elektrostatischen Feldes: $W_{el. st} = \frac{1}{2} ED$
7	Elektrische Strömungsgesetze, elektrodyn. Energie	Im elektrischen Strömungsfeld transportierte Energie: $W_{el} = UIt$
8	Thermische Energie	Energieinhalt eines abgeschlossenen Systems, der ihm als Folge der Wärmebewegung seiner Bestandteile zukommt: $W_{th} = cm\Delta T$
9	Chemische Energie	Energie der chemischen Bindungen (Bindungsenergie)
10	Licht-/Strahlungsenergie	die in Form von Strahlung ausgesandte, übertragene oder aufgefangene Energie

#### Signalträgerartwandlung ohne Wandlung der Energieart

##### a) Verknüpfende Effekte einiger mechanischer Größenarten:

Tabelle II

Eingang	Ausgang	1 Kraft, Druck	2 Weg	3 Geschwindigkeit	4 Beschleunigung
1 Kraft, Druck			- Hooke-Gesetz - Coulomb-Gesetz - magnetische Anziehung usw.	- Bernoulli-Gleichung - Impulssatz	- Newton-Gesetz
2 Weg		- Hooke-Gesetz - Coulomb-Gesetz - magnetische Anziehung usw.		- Bewegungsgesetz	- Bewegungsgesetz
3 Geschwindigkeit		- Bernoulli-Gleichung - Impulssatz			- Ladung im magnetischen Feld - Coriolis-Beschleunigung
4 Beschleunigung		- Newton-Gesetz			

##### b) Verknüpfende Effekte einiger elektrischer Größen

Eingang	Ausgang	1 Spannung	2 Strom	3 Ohmscher Widerstand	4 Kapazität
1 Spannung			- Ohmsches Gesetz	- Varistor - Feldeffekttransistor usw.	- Kapazitätsdiode - Ferroelektrika usw.
2 Strom		- Ohmsches Gesetz		- Tunneleffekt	

*Signalträgerartwandlung durch direkte Energieumwandlung, Energieartwandlung*

Tabelle III

Ausgang Eingang	1 Gravitationsenergie	2 Kinetische Energie	3 Elastische Energie	4 Druckenergie ( $pV$ )	5 Magnetische Energie	6 Elektrostat. Energie	7 Elektr. Strömungs- energie (elektro- dynamisch)	8 Thermische Energie	9 Chemische Energie	10 Licht-/Strah- lungsenergie
1 Gravita- tions- energie	– Fall	– Elastische Ver- formung durch Gewicht	– Kompression durch Gewicht	– Ankerver- bewegung im ma- gnetischen Feld durch Gewicht	– Ladungsbewe- gung im el'st. Feld durch Gewicht	– Piezoelektr. Effekt durch Gewicht	– Piezokalori- scher Effekt durch Gewicht	– Reibungs- bremse	– Tribochemische Reaktionen	– Tribolumi- nescenz
2 Kinetische Energie	– Wurf	– Elastische Ver- formung durch Bremsen einer beschleunigten Masse	– Kompression	– Bremsen eines beschleunigten Ankers durch magnet. Kraft	– Bremsen einer beschleunigten Ladung durch el'st. Kraft	– Effekt der Bewegungs- induktion	– Reibungs- bremse	– Tribochemische Reaktionen	– Tribolumi- nescenz	– Elektrokinetischer Effekt
3 Elastische Energie	– Massebewe- gung im Gravi- tationsfeld durch elasti- sche Entspan- nung (quasi statisch)	– Massebeschleu- nung durch elastische Entspannung	– Kompression durch elastische Entspannung	– Ankerver- bewegung im ma- gnet. Feld durch elast. Entspannung	– Ladungsbewe- gung im el'st. Feld durch elast. Ent- spannung	– Piezoelektr. Effekt durch elastische Ent- spannung	– Reibungs- wärme bei elast. Ent- spannung	– Reibungs- wärme bei elast. Ent- spannung	– Reibungs- wärme bei elast. Ent- spannung	– Piezokalori- scher Effekt durch elasti- sche Entspan- nung
4 Druckenergie ( $pV$ )	– Massebewe- gung im Gravi- tationsfeld durch Aus- dehnung eines Gases (quasi statisch)	– Massebeschleu- nung durch Ausdehnung eines Gases	– Elastische Ver- formung durch Ausdehnung eines Gases	– Ankerver- bewegung im ma- gnet. Feld durch Aus- dehnung eines Gases	– Ladungsbewe- gung im el'st. Feld durch Ausdehnung eines Gases	– Piezoelektr. Effekt durch Ausdehnung eines Gases	– Kompressions- wärme	– Kompressions- wärme	– Kompressions- wärme	– Piezokalori- scher Effekt durch Ausdeh- nung eines Gases
5 Magnetische Energie	– Massebewe- gung im Gravi- tationsfeld durch magn. Feld	– Massebeschleu- nung durch magnetische Kraft	– Elastische Ver- formung durch magnetische Kraft	– Kompression durch magne- tische Kraft	– Ladungsbewe- gung im el'st. Feld durch magnet. Kraft	– Effekt der transformato- rischen Induk- tion	– magnetokalo- rischer Effekt	– magnetokalo- rischer Effekt	– Mattheucci- Effekt	– Mattheucci- Effekt

6 Elektro- statische Energie	- Massebewe- gung durch el'st. Kraft	- Massebeschleu- nung durch el'st. Kraft	- Elastische Ver- formung durch el'st. Kraft - Elektrostrik- tionseffekt - inverser piezo- elektr. Effekt	- Kompression durch el'st. Kraft - Ankerbewe- gung im ma- gneten. Feld durch el'st. Kraft - direkter ma- gnoelektr. Effekt	- Entladen eines Kondensators	- elektro- kalorischer Effekt	- Elektro- lumines- zenz	
	7 Elektrische Strömungs- energie (elektro- dynamisch)	- Massebewe- gung durch Lorentzkraft ( $F = II B$ )	- Massebeschleu- nung durch Lorentzkraft ( $F = II B$ ) - Wirbelstrom- Effekt	- Elastische Ver- formung durch Lorentzkraft ( $F = II B$ )	- Durchflutungs- satz	- Peltiereffekt - Joulesche Wärme - Thomson- Effekt	- Laser	
8 Thermische Energie		- Massebewe- gung durch osmotischen Druck	- Massebeschl. durch osmo- tischen Druck	- Elastische Ver- formung durch die Wärme (Wärmedeh- nung)	- Durchflutung durch Lorentz- kraft ( $F = II B$ )	- pyromagnet. - pyroelektri- scher Effekt	- Faraday- Gesetze (Elektrolyse, Akku)	
				- Elastische Ver- formung durch die Wärme (Wärmedeh- nung)	- Druckerhö- hung durch Wärmezuführ	- Seebeck-Effekt - Benedick- Effekt	- endotherme chemische Reaktionen	
9 Chemische Energie	- Massebewe- gung durch osmotischen Druck	- Massebeschl. durch osmo- tischen Druck	- Elast. Verfor- mung durch osmot. Druck	- Kompression durch osmo- tischen Druck	- galvanische Elemente - Akku	- exotherme chemische Reaktionen	- Tempera- turstrahler	
10 Lichtenergie	- Massebewe- gung durch Strahlungs- druck	- Massebeschl. durch Strah- lingsdruck	- Elast. Verfor- mung durch Strahlungs- druck	- Kompression durch Strah- lingsdruck	- innerer Photo- effekt (Photoelement)	- Strahlungs- wärme	- Photosynthe- se - Photodissocia- tion	

die häufig im eigenen Arbeitsgebiet vorkommenden Teilfunktionen sind für die systematische Lösungssuche von grundlegender Bedeutung. Ihre ständige Ergänzung und Verbesserung machen sie zu unentbehrlichen Informationsquellen in der Produktentwicklung.

Zu Tabelle I: Alle Komponenten einer Energieart können grundsätzlich als Signalträger in Frage kommen. Es wird daher von einer Zusammenstellung der Energiearten ausgegangen. Zu den Tabellen II, III, IV: Für die Signalträgerartwandlung in Frage kommende Möglichkeiten sind in Fig. 5 angegeben.

#### Signalträgerartwandlung durch Energiesteuerung

Wenn bei der Steuerung auch die Hilfsenergieart gewandelt wird, dann ist die ursprüngliche Art der Hilfsenergie (HE) in einer Klammer neben dem physikalischen Effekt angegeben. Sonst ist die Hilfsenergieart dieselbe wie die Ausgangsenergieart.

Tabelle IV

Ausgang Eingang	1 Mechanische Energie	2 Magnetische Energie	3 Elektrische Energie	4 Thermische Energie	5 Licht/Strahlungsenergie
1 Mechanische Energie	– Mechanische Leistungsverstärker (Reibungskupplungen)		– Beeinflussung der Geometrie von $R$ (Potentiometer) – Beeinflussung von Halbleiterwiderstand durch Kraft – Beeinflussung der Geometrie von $C$ und $L$ – piezoresistiver Effekt		
2 Magnetische Energie	– Lorentzkraft (elektrische HE)		– Halleffekt – Beeinflussung von $R$ durch Magnetfeld (Feldplatte, Magnistor, Magnetdiode) – Transduktoreffekt – $\vec{E} = \vec{v} \times \vec{B}$ (mech. HE) – Nernsteffekt (therm. HE)	– Ettinghausen-Effekt (elektr. HE) – Righi-Leduc-Effekt	– Faraday-Effekt – Zeemann-Effekt – Cotten-Mouton-Effekt – Magnetooptischer Kerreffekt
3 Elektrische Energie			– elektronische Verstärker (Steuerung in Gasen und Halbleitern)		– Elektrooptischer Kerreffekt – Starkeffekt
4 Thermische Energie			– Thermistoren		
5 Licht/Strahlungsenergie			– innerer Fotoeffekt (Foto-widerstand, Fototransistor, Fotodiode, Foto-elektronenvervielfacher)		

#### Signalbetragssänderung

##### a) Mechanische Energie

Tabelle V

Ausgang Eingang	Kraft	Ausgang Eingang	Weg
Kraft	Hebeleffekt Reibung	Weg	Hebeleffekt Keileffekt Querkontraktion Schubverformung

##### b) Alle anderen Energiearten

Für alle anderen Energiearten ist kein direkter Effekt bekannt, der wie der Hebeleffekt eine Betragssänderung ermöglicht. Durch indirekte Effekte ist es aber möglich, solche Betragssänderungen vorzunehmen:

z.B. Transformatoreffekt (elektrisch  $\rightarrow$  magnetisch  $\rightarrow$  elektrisch)  
Thermokreuzeffekt (elektrisch  $\rightarrow$  thermisch  $\rightarrow$  elektrisch)

#### Energiespeicherung

Tabelle VI

Nr.	Energieart	Energiespeicher	Art der Speicherung
1	Gravitationsenergie	Gewicht $\times$ Höhe	Statisch
2	Kinetische Energie	Bewegte Masse (Schwungmasse, Kreisel)	Dynamisch-monoenergetisch
3	Elastische Energie	Feder	Statisch
4	Druckenergie ( $pV$ )	Kessel	Statisch
5	Magnetische Energie	Luftspalt (Induktivität)	Statisch oder dynamisch-monoenergetisch
6	Elektrostatische Energie	Kondensator (Kapazität)	Statisch
7	Thermische Energie	Wärmekapazität	Statisch
8	Chemische Energie	Batterie, Akkumulator	Statisch

Einige dynamisch-oscillierende Speicher:

Gravitation-kinetisch: Pendel

Magnetisch-elastisch: Schwingende Feder im magnetischen Wechselfeld

Elektrisch-magnetisch: Elektrischer Schwingkreis

Elektrisch-elastisch: Drahtspeicher

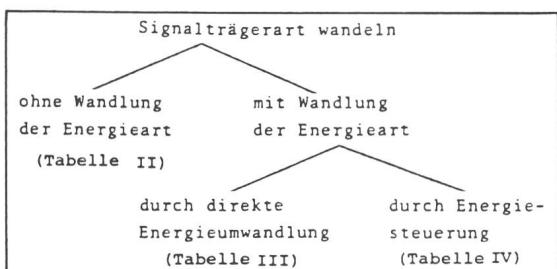


Fig. 5 Möglichkeiten der Signalträgerartwandlung

## Literatur

- [1] F. Kesseling: Technische Kompositionslehre. Anleitung zu technisch-wirtschaftlichem und verantwortungsbewusstem Schaffen. Berlin/Göttingen/Heidelberg, Springer-Verlag, 1954.
- [2] W. Rieder: Verfahren der Leistungsunterbrechung in Hochspannungsnetzen. *Scient. Electr.* 14(1968)1, S. 1...19.
- [3] W. Schaufelberger: Das Problemlöseverhalten bei technischen Problemen. *Electronic Contact* -(1978)4, S. 4...7, Nr. 5/6, S. 13...14, -(1979)7, S. 10, und Nr. 8/9, S. 13...14.
- [4] G.S. Moschitz: Die morphologische Methode in der Elektrotechnik mit Beispielen aus der Theorie der aktiven Netzwerke. *Bull. SEV* 68(1977)6, S. 275 bis 280, und Nr. 8, S. 401...406.
- [5] H. Kern: Zur Methodik in der Gestaltung technischer Erzeugnisse. *Neue Zürcher Zeitung* -(1968)623 vom 9. Oktober, S. 15...16.
- [6] F. Zwicky: Morphologische Forschung. Wesen und Wandlung materieller und geistiger struktureller Zusammenhänge. Winterthur, Kommissionsverlag Buchdruckerei Winterthur, 1959.
- [7] H. Holliger: Handbuch der Morphologie. Elementare Prinzipien und Methoden zur Lösung kreativer Probleme. 2. Auflage. Zürich, Morphologisches Institut (MIZ), 1974.
- [8] W.F. Daenzer: System engineering. Leitfaden zur methodischen Durchführung umfangreicher Planungsvorhaben. Aus dem Betriebswissenschaftlichen Institut der ETH Zürich. Köln, Peter-Hanstein-Verlag/Zürich, Verlag Industrielle Organisation, 1977.
- [9] Konstruktionsmethodik. Konzipieren technischer Produkte. VDI-Richtlinie 2222, Blatt 1. Düsseldorf, VDI-Verlag, 1977.
- [10] G. Pahl und W. Beitz: Konstruktionslehre. Handbuch für Studium und Praxis. Berlin u.a., Springer-Verlag, 1977.
- [11] V. Hubka: Allgemeines Vorgehensmodell des Konstruierens. Konstruktionsmethodik. Schriftenreihe WDK 1. Goldach, Fachpresse, 1980.
- [12] E.V. Krick: An introduction to engineering and engineering design. Second edition. New York, John Wiley, 1969.
- [13] F. Hansen: Konstruktionssystematik. Grundlagen für eine allgemeine Konstruktionslehre, 2. Auflage. Berlin, VEB Verlag Technik, 1966.
- [14] K. Roth, H.-J. Franke und R. Simonek: Aufbau und Verwendung von Katalogen für das methodische Konstruieren. Konstruktion 24(1972)11, S. 449 bis 458.
- [15] R. Koller: Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau. Berlin u.a., Springer-Verlag, 1976.
- [16] W.G. Rodenacher: Methodisches Konstruieren. 2. Auflage. Berlin u.a., Springer-Verlag, 1976.

## Adresse des Autors

Dr. M. Tayefeh-Emamverdi, Apparatebau der Elektrotechnik, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

## Herrn H. Wüger zum 80. Geburtstag

In Kilchberg (ZH) konnte am 24. Juni 1981 H. Wüger, ehemals technischer Direktor der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, seinen 80. Geburtstag feiern. Der Jubilar ist dem SEV 1924 beigetreten und hat seither während vieler Jahre aktiv am Vereinsgeschehen teilgenommen. Von 1937 bis 1972 war er Mitglied verschiedener Normenkommissionen, daneben lange Zeit Mitglied des Nationalkomitees der CIGRE sowie der Kommission für die Denzler-Stiftung. Er ist aber auch Autor verschiedener im Bulletin SEV erschienener Aufsätze. Den jüngeren Mitgliedern des SEV dürfte er jedoch vor allem durch seine zahlreichen, regelmässigen Beiträge über «Pioniere der Elektrotechnik» bekannt sein. Viele Leser schätzen diese in unverkennbarem Stil träft formulierten Kurzbiografien sehr. H. Wüger berichtet darin nicht nur von nüchternen Jahreszahlen und fachlichen Erfolgen und Misserfolgen der Wissenschaftler, er sucht und stellt auch immer den Menschen, seine Familie und seinen Lebensraum dar, nicht ohne da und dort ein amüsantes Detail einzustreuen.

Die Redaktion wünscht Ihnen, lieber Herr Wüger, alles Gute zum 80. Geburtstag. Mögen Sie Ihrer Liebhabe, den Pionieren, in guter Gesundheit noch manche angenehme Stunde widmen können. Wir hoffen, Ihnen mit der nachfolgenden Zusammenstellung aller bisher erschienenen «Pioniere» eine Freude zu bereiten und gleichzeitig manchem Leser einen Wunsch zu erfüllen.

Di, Eb

- Abbe, Ernst, 56(1965)4, S. 138  
 Aichele, Albert, 64(1973)14, S. 859  
 Alexanderson, Ernst Frederik Werner, 69(1978)18, S. 994  
 Alioth, Rudolf, 58(1967)11, S. 497  
 Ampère, André Marie, 52(1961)13, S. 489  
 Angström, Anders-Jonas, 66(1975)8, S. 422  
 Anschütz-Kämpfe, Hermann Hubert Josef, 63(1972)17, S. 989  
 Arago, Dominique François Jean, 69(1978)15, S. 841  
 Archimedes, 54(1963)4, S. 145  
 von Arco, Wilhelm Alexander, 56(1965)24, S. 1088  
 Arnold, Engelbert, 72(1981)5, S. 218  
 Aron, Hermann, 61(1970)22, S. 1053  
 d'Arsonval, Jacques Arsène, 56(1965)16, S. 669  
 Auer, Freiherr Carl von Welsbach, 70(1979)6, S. 290
- Baird, John Logie, 62(1971)24, S. 1173  
 Baudot, Jean Maurice Emile, 62(1971)11, S. 546  
 Becquerel, Antoine Henri, 68(1977)23, S. 1264  
 Behn-Eschenburg, Hans, 54(1963)26, S. 1120  
 Bell, Alexander Graham, 63(1972)13, S. 694  
 Bergmann, Sigmund, 67(1976)23, S. 1292  
 Bernoulli, Daniel, 67(1976)6, S. 295  
 Bernoulli, Jacob (I), 70(1979)3, S. 141  
 Bernoulli, Johannes I, 65(1974)1, S. 24  
 Bernoulli, Johannes II und Jakob II, 56(1965)13, S. 519  
 von Berzelius, Freiherr Jöns Jakob, 70(1979)12, S. 621  
 Bessemer, Henry, 54(1963)16, S. 632  
 Biot, Jean Baptiste, 54(1963)1, S. 20  
 Blumer, Samuel, 72(1981)7, S. 350  
 Booth, Hubert Cecil, 63(1972)18, S. 1032  
 Borel, François, 66(1975)12, S. 631  
 von Borries, Bodo Julius Heinrich, 71(1980)9, S. 471  
 Boveri, Walter, 56(1965)7, S. 245  
 Boyle, Robert, 58(1967)6, 263

- Boys, Sir Charles Vernon, 71(1980)18, S. 1014  
 Branly, Edouard, 56(1965)14, S. 567  
 Braun, Carl Ferdinand, 66(1975)20, S. 1122  
 Brown, Charles Eugen Lancelot, 54(1963)9, S. 339  
 Bunsen, Wilhelm Robert, 65(1974)20, S. 1477  
 Burdin, Claude, 67(1976)2, S. 64  
 Bürgi, Jost 68(1977)14, S. 695  
 Bürgin, Emil, 64(1973)8, S. 481  
 Celsius, Anders, 67(1976)24, S. 1322  
 Chappe, Abbé Claude, 55(1964)5, S. 222  
 Clausius, Rudolf Emanuel, 54(1963)11, S. 415  
 de Coulomb, Ch.A., 52(1961)26, S. 1055  
 Crompton, Rookes Evelyn Bell, 64(1973)20, S. 1247  
 Curie-Sklodowska, Marie, 62(1971)26, S. 1258  
 Curie, Pierre, 72(1981)4, S. 198  
 Davenport, Thomas, 68(1977)2, S. 84  
 Davy, Sir Humphrey, 69(1978)24, S. 1325  
 De la Rive, Arthur Auguste, 71(1980)24, S. 1363  
 Deprez, Marcel, 63(1972)10, S. 517  
 Déri, Max, 55(1964)3, S. 112  
 Descartes, René, 63(1972)9, S. 467  
 Dewar, James, 65(1974)3, S. 157  
 Dick, Karl Emil, 57(1966)16, S. 709  
 Diesel, Rudolf, 54(1963)20, S. 838  
 von Dolivo-Dobrowolsky, Michael, 53(1962)5, S. 205  
 Doppler, Christian Johann, 69(1978)9, S. 464  
 Du Bois-Reymond, Emil Heinrich, 62(1971)12, S. 588  
 Duchenne (Duchenne de Boulogne), Guillaume Benjamin Armand, 68(1977)13, S. 664  
 Du Fay de Cisternay, Charles François, 55(1964)22, S. 1133  
 Dulong, Pierre Louis, 55(1964)8, S. 368  
 Edison, Thomas Alva, 63(1972)12, S. 661  
 Elster, Julius Joh. Ph. L., 71(1980)11, S. 562  
 Einstein, Albert, 70(1979)4, S. 196  
 Einthoven, Willem, 69(1978)2, S. 56

- Faraday, Michael, 57(1966)20, S. 930  
 Fechner, Gustav Theodor, 68(1977)22, S. 1166  
 Feller, Adolf, 70(1979)23, S. 1255  
 Fermi, Enrico, 68(1977)3, S. 151  
 de Ferranti, Sebastian Ziani, 71(1980)3, S. 121  
 Ferraris, Galileo, 64(1973)11, S. 707  
 Fessenden, Reginald Aubrey, 63(1972)8, S. 391  
 Fink, Carl Ludwig, 68(1977)1, S. 31  
 Finsen, Niels Ryberg, 70(1979)18, S. 1023  
 Fischer-Hinnen, Jacques, 64(1973)3, S. 136  
 Fleming, John Ambrose, 61(1970)21, S. 1026  
 Forbes, George, 66(1975)22, S. 1241  
 de Forest, Lee, 64(1973)21, S. 1383  
 Foucault, Jean Bernard Léon, 69(1978)20, S. 1102  
 de Fourcroy, Graf Antoine François, 71(1980)2, S. 92  
 de Fourier, Baron Jean Baptiste Joseph, 72(1981)10, S. 521  
 Fourneyron, Benoît, 68(1977)19, S. 1015  
 Francis, James Bicheno, 57(1966)9, S. 421  
 Franklin, Benjamin, 57(1966)1, S. 28  
 Fraunhofer, Joseph, 68(1977)5, S. 245  
 Fresnel, Augustin Jean, 54(1963)24, S. 1022  
 Froment, Paul Gustave, 57(1966)4, S. 156  
 Galilei, Galileo, 55(1964)15, S. 766  
 Galvani, Luigi Aloysius, 52(1961)12, S. 452  
 Gaulard, Lucien, 55(1964)2, S. 61  
 Gauss, Carl Friedrich, 68(1977)16, S. 862  
 Geissler, Heinrich, 63(1972)4, S. 197  
 Geiger, Hans Wilhelm, 61(1970)25, S. 1190  
 Geitel, Hans Friedrich, 71(1980)11, S. 562  
 Gilbert, William, 69(1978)16, S. 866  
 Giorgi, Giovanni, 63(1972)7, S. 348  
 Goebel, Johann Heinrich Christoph Conrad, 70(1979)24, S. 1318  
 Gramme, Zénobe Théophile, 68(1977)12, S. 584  
 Gray, Stephan, 61(1970)18, S. 833  
 Greinacher, Heinrich, 71(1980)10, S. 537  
 von Guericke, Otto, 52(1961)11, S. 419