Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 72 (1954)
Heft: 40

Artikel: Cybernetic
Autor: Weber, Hans
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-61263

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: 02.10.2025

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

Cybernetic

Von Prof. **H. Weber**, Institut für Fernmeldetechnik an der ETH, Zürich

DK 621—52

1. Einleitung

Der Titel, eine Wortschöpfung von Norbert Wiener[1]), bedeutet auf Deutsch etwa Steuermannskunst. Sie leitet sich von dem selben griechischen Wortstamm ab wie das englische Wort Governor. Governor dient als Bezeichnung der Steuerrudermaschine auf Dampfschiffen und wurde von Maxwell im vorigen Jahrhundert erfunden. Cybernetic ist ein Sammelbegriff für alle Vorgänge in Natur und Technik, bei denen ein geschlossener Kreis von Ursache und Wirkung besteht und ein bestimmter Endzustand angestrebt wird. Beinahe alle Lebensvorgänge gehören dazu. Am besten lassen sich solche Systeme bei Bewegungsabläufen an höher entwickelten Organismen aufzeigen. So setzt z. B. das Ergreifen eines Gegenstandes mit der Hand zunächst eine Willensbildung voraus, die den Endzustand befiehlt. Der Ablauf selbst geschieht in der Weise, dass die motorischen Organe sich in Bewegung setzen, aber ihrerseits kontrolliert werden durch Fühler (Nerven) und für die genaue Kontrolle durch den Sehapparat. Im Hirn werden die Effekte mit dem Willen verglichen und die notwendigen Korrekturen vollzogen, bis der Endzustand erreicht ist. Probleme gleicher Art treten auf, wenn Raketen zu einem bestimmten Ziel hingelenkt werden sollen. Das Hirn leistet aber noch mehr. So kann ein geworfener Ball, dessen Flugbahn geschätzt wird, im Flug durch den Tennisschläger oder auch durch das Holzbrett beim Hornussen erreicht werden. Das selbe Problem stellt sich für die Kommandogeräte der Flab, welche ebenfalls aus dem Kurs eines Flugzeuges und der Kenntnis von Flugbahnen und Flugzeiten der eigenen Artillerie die Position des Zusammenstosses voraussagen müssen.

2. Historisches

Die eben erwähnten Beispiele zeigen, wie sehr es während des letzten Weltkrieges wünschbar war, die Erkenntnisse der Mediziner für die Wehraufgaben nutzbar zu machen. Besonders Amerika, England und später Frankreich unternahmen grosse Anstrengungen in dieser Richtung. So fanden sich Wissenschafter aus allen möglichen Gebieten zu Aussprachen zusammen. Es gab darunter Physiologen, Psychologen, Neurologen, Psychiater, Antropologen, Pharmakologen, Anatomen, Biologen, Zoologen, Naturgeschichtsforscher, Mathematiker (speziell solche der Statistik und für Rechengeräte), Physiker, Elektro-Ingenieure (speziell aus dem Gebiete der Elektronik und der Fernmeldetechnik) und Soziologen.

In allen vorkommenden geschlossenen Systemen von Ursache und Wirkung sind es hauptsächlich zwei Problemstellungen, die sich als ganz grundsätzlich herausgeschält haben. Die eine ist die Frage nach der Stabilität von solchen geschlossenen Systemen. Diese Problemstellung kennt die Technik bereits seit langem und die Erkenntnisse müssen nun in geeigneter Weise auf die geschlossenen Kreise, wie sie in der Natur vorkommen, angewendet werden. Die zweite Problemstellung betrifft die Uebertragung von Ursache auf Wirkung. Mit dieser Frage beschäftigt sich die Informationstheorie, eine Theorie, deren Anfänge etwa 25 Jahre zurückliegen und die erst nach dem Kriege vervollständigt wurde. In der Technik liegt das Hauptanwendungsgebiet der Informationstheorie in der Fernmeldetechnik, die sich mit der Uebertragung von Sprache, Musik, Messwerten, Steuerbefehlen usw. befasst.

Im Mai 1942 trafen sich in Amerika Wissenschafter der verschiedensten Richtungen, um Aussprachen über diese beiden Hauptprobleme zu halten. 1943 veröffentlichten Norbert Wiener, Mathematiker, Bigelow, Spezialist für elektronische Rechengeräte und Rosenblueth, Physiologe und Pharmakologe, eine gemeinsame Arbeit[2]) über «Behaviour, purpose and teleology», in der sie einige Probleme namhaft machten, welche dann 1946 zur ersten Konferenz über gegengekoppelte Mechanismen und geschlossene Kreise in biologischen und sozialen Systemen führte. Diese seither regelmässig stattfindenden Konferenzen wurden von der Macy Foundation durchgeführt und erst nach der erfolgten Wortschöpfung wurden sie mit dem Namen Cybernetic-Konferenzen bezeichnet. 1951 fand bereits die 8. Konferenz statt. Die Diskussion und Vorträge wurden weitgehend im Wortlaut gedruckt und herausgegeben als Transactions der Macy Foundation. Auch in Europa fanden seit 1947 verschiedene Konferenzen über Fragen statt, die aber mehr in das Gebiet der Informationstheorie gehören.

3. Beispiele von geschlossenen Systemen

a) *Heizungsanlagen*

Das Ziel einer Heizanlage ist das Aufrechterhalten einer bestimmten Temperatur in den zu heizenden Räumen. Der Heizer informiert sich über die herrschende Heisswassertemperatur, die gegenwärtige Temperatur in den Räumen, die Aussentemperatur, den Windanfall und ob die Sonne scheint oder nicht. Nach diesen Informationen stellt er an seiner Heizanlage die Luftzufuhr und den Brennstoffnachschub ein, damit er eine bestimmte, den Verhältnissen entsprechende Heisswassertemperatur erreicht. Wenn die Heizanlage automatisiert werden soll, so müssen im Prinzip die selben Informationselemente vorliegen, welche mit einem Geber, der die Solltemperatur in den Räumen angibt, zusammen die richtigen Manipulationen auslöst, so dass im Endzustand die Solltemperatur in den Räumen erreicht wird.

b) *Ueberwachung des Allgemeinzustandes eines Patienten in der Narkose während einer schweren Operation*

Das Ziel der Narkose ist das Unempfindlichmachen des Nervensystems beim auszuführenden Eingriff. Dabei muss die Tiefe der Narkose dauernd überwacht und dementsprechend eine bestimmte Menge des Narkotikums zugeführt werden. Ausserdem soll auch während der Operation der Patient dauernd in einem stabilen Zustand erhalten werden, das heisst man muss Schocke irgendwelcher Art vermeiden. Der Narkotiseur sollte deshalb dauernd über folgende Punkte Aufschluss haben: Sauerstoffgehalt des Blutes, Blutdruck, Pulszahl, Temperatur an verschiedenen Körperstellen, Herztätigkeit, Nerventätigkeit, Atemtätigkeit, usw. Zur Beeinflussung des Zustandes stehen ihm zur Verfügung: die Atemwege des Patienten, der Magen- und Darmkanal und Einspritzungen in Blutgefässe, Muskulatur oder unter die Haut. Aus den erhaltenen Informationen muss der Narkotiseur die Lage beurteilen und darnach die geeigneten Beeinflussungen einleiten. Bild 1 zeigt das Prinzipschema eines solchen Kreises.

Aus den beiden Beispielen ersieht man, dass drei Dinge notwendig sind, nämlich 1. Erhältlichmachen der verschiedenen Informationen, 2. aus den Informationen die notwendigen Schlussfolgerungen ableiten, 3. die Beeinflussungen ausführen. Ferner schälen sich bei allen diesen Problemen folgende wesentliche Punkte heraus: 1. Das Ziel ist die Aufrechterhaltung eines bestimmten Zustandes (in den genannten Beispielen konstante Raumtemperatur bzw. guter Allgemeinzustand des Patienten). 2. Es wird angenommen, dass man diesen Normalzustand absolut definieren kann. Er dient als Basis, an der alles Abweichende gemessen wird. 3. Bei einer Abweichung werden Massnahmen getroffen, die im Endeffekt ein Zurückgehen der Abweichung zur Folge haben. Bild 2 zeigt ein generelles Schema eines geschlossenen Kreises.

[1]) *N. Wiener:* Cybernetics, New York 1948, John Wiley & Sons.

[2]) *Rosenblueth, Wiener & Bigelow:* Behaviour, Purpose & Teleology, Philosophy of Science, Vol. 10, pp. 18—24 (1943).

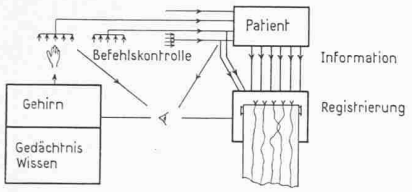

Bild 1. Bewahrung des Allgemeinzustandes eines Patienten

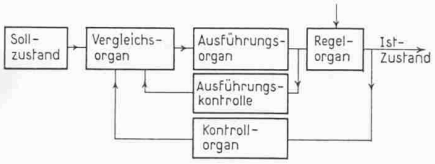

Bild 2. Generelles Schema einer Regulierung

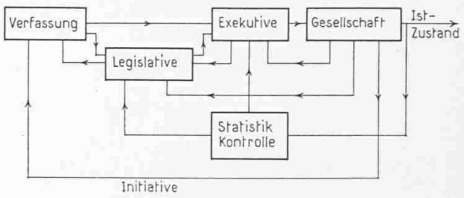

Bild 3. Beziehungen in einer Gesellschaft

c) *Anwendung auf die menschliche Gesellschaft*

Im Prinzip stellt die gesamte menschliche Gesellschaft in gewisser Hinsicht eine Kombination von ausserordentlich vielen geschlossenen Systemen dar. Man könnte ein sehr generelles Schema etwa nach Bild 3 aufstellen. Das Ziel, das heisst der wünschbare Zustand der Gesellschaft muss sich im Wesentlichen mit den Vorstellungen decken, die sich die einzelnen Individuen in dieser Gemeinschaft über diesen Zustand machen. Ist diese Deckung vorhanden, dann ist ein guter Gleichgewichtszustand leicht zu halten. Wenn aber über den wünschbaren Zustand grosse Uneinigkeit herrscht, wird jede Gruppe jene Massnahmen zu ergreifen suchen, die geeignet sind, den von ihr als Ziel erstrebten Zustand zu erreichen.

Im Grunde genommen weiss man noch recht wenig über die geeigneten Beeinflussungsmethoden und die Beschaffung eines richtigen Bildes des Gesellschaftszustandes, um daraus die richtigen Massnahmen in der gesetzgebenden Versammlung ergreifen zu können. Jedoch müssen auch hier die folgenden allgemeingültigen Führungsprinzipien gelten:

1. Ein definiertes Ziel muss angestrebt werden.

2. Es müssen die dem tatsächlichen Zustand entsprechenden Informationen beschafft werden.

3. Es müssen die geeigneten Mittel zur Beeinflussung des Zustandes bekannt sein.

Dann erst können bei auftretenden Zustandänderungen die richtigen Entschlüsse gefasst werden.

Eine interessante Illustration zu diesem Problem befindet sich im Buch von Stewart Chase[3]) «The proper study of mankind». Er bespricht darin die Tat des Sozialwissenschafters Dr. Leighton, der durch die Anwendung seiner soziologischen Kenntnisse über das Verhalten des Menschen in Gruppen eine drohende Revolte in einem Internierungslager von Japan-Amerikanern auflösen konnte.

4. Gruppenexperiment zur Lösung von Aufgaben

Ein sehr wichtiger Teil der Probleme liegt offenbar in den Verbindungen, das heisst im Austausch der Informationen zwischen einzelnen Menschen in einer Gruppe. Alexander Bavelas, Soziologe am Massachusetts Institute of Technology (M. I. T.), hat an sehr einfachen Versuchsanordnungen begonnen zu experimentieren. An der 8. Konferenz der Macy Foundation berichtete er darüber und es wurde über seinen Bericht eingehend diskutiert[4]). Auf Bild 4 sind fünf Personen zu einer Gruppe zusammengefasst, welche nur nach einem bestimmten Schema miteinander korrespondieren können.

Experiment I: Jeder Teilnehmer erhält eine Karte mit vier von insgesamt fünf Symbolen (z. B. Kreis, Quadrat, Stern, Kreuz und Ring). Eines dieser Symbole ist auf allen fünf Karten verzeichnet. Die Aufgabe besteht nun darin, dass jeder das allen Karten gemeinsame Symbol in möglichst kurzer Zeit herausfindet und meldet. Das Verbindungsschema C in Bild 4 erweist sich in bezug auf Fehlervermeidung und Zeiteinsparung den andern überlegen. Die am Experiment teilnehmenden Leute finden aber die Aufgabe nach Schema A viel interessanter und möchten sie wiederholen, um bessere Resultate zu erreichen.

Experiment II. Die selben Verbindungsanordnungen wie bei Experiment I werden geprüft, wobei anstelle von Karten mit geometrischen Figuren Würfel mit fünf verschiedenen Farben treten. Das Resultat ist das selbe wie bei Experiment I.

[3]) Deutsche Ausgabe «Die Wissenschaft vom Menschen».

[4]) *A. Bavelas,* Communication Patterns in Problem-Solving Groups Transactions of the Macy Foundation, 1951.

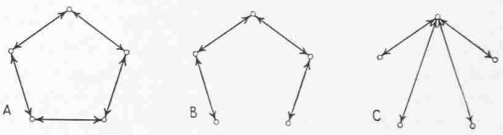

Bild 4. Drei verschiedene Verbindungsschemata zur Erprobung von gemeinschaftlichen Aufgaben (Aus «Cybernetics», Transactions of the 8th Conf. 1951 N.Y., Copyright 1952; J. Macy Jr. Foundation)

Die Bilder 6, 7 und 8 sind der in Fussnote 5 genannten Veröffentlichung entnommen

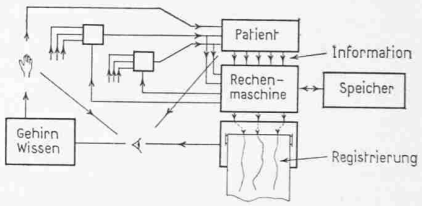

Bild 5. Teilweise automatische Regelung des Zustandes eines Patienten

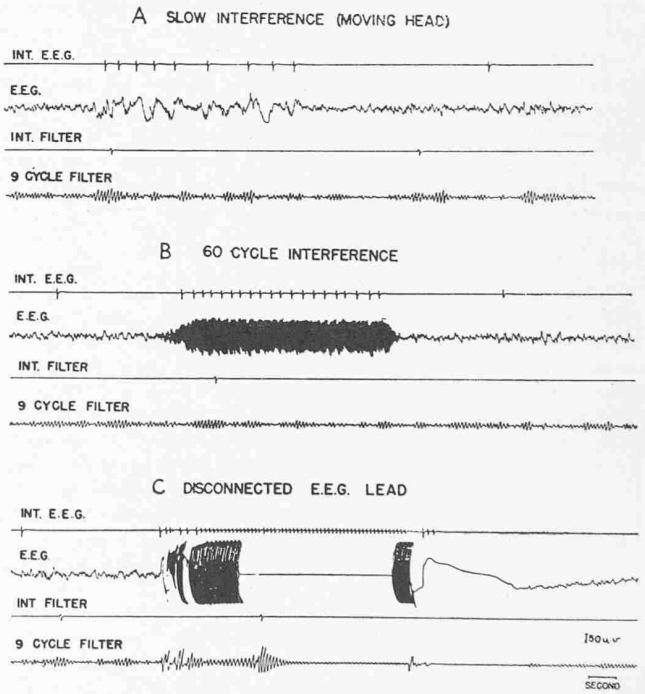

Bild 6. Vergleich von breiten und engen Filtern in bezug auf die Unterdrückung von Störungen. E. E. G. = Elektro-Encephalogramm. INT E.E.G. = Impulse, herrührend von der Leistungsintegration des Encephalogramms. 9 Cycle Filter = Encephalogramm nach dem Filter. INT FILTER = Impulse, herrührend von der Leistungsintegration des Encephalogramms nach dem Filter. A: Langsame Störungen (Kopfbewegungen), B: 60 Hz-Störungen (Beeinflussung durch das Starkstromnetz). C: Störung infolge Elektrodenablösung

Experiment III: Anstelle von Würfeln mit satten Farben werden solche mit milchigen, gesprenkelten Farben verwendet, die sich nur wenig voneinander unterscheiden. Unter diesen Umständen erweist sich das Verbindungsschema A in Bild 4, also der Ring, den andern Verbindungsschemata als wesentlich überlegen. Nach Schema C gelangte keine Gruppe zu einem Resultat. Schon dieses einfache Experiment ist sehr schwierig zu deuten. Auch in der nachfolgenden Diskussion, die ausserordentlich interessant ist, wurde eine erschöpfende Erklärung des Experimentes III nicht gefunden.

5. Medizinisches Problem der Anästhesie

In Bild 5 wird dargestellt, wie die Narkose auch heute noch meist vollzogen wird. Es liesse sich nun denken, dass sich wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse über Zusammenhänge von Informationen über den Allgemeinzustand und dessen Beeinflussung sich in Rechenmaschinen verwerten liessen, die einen Teil der Narkoseaufgabe automatisch übernehmen können, wie dies in Bild 5 anzudeuten versucht wurde. So hat R. G. Bickford [5]) in USA die Dosierung des Narkotikums in direkte Abhängigkeit gebracht von Potentialströmen des Gehirns. Diese werden mit zwei Tastelektroden an der Kopfhaut abgenommen und verstärkt. Der zeitliche Verlauf, Encephalogramm benannt, hängt stark von der Tiefe der Narkose ab. Die Eingangsspannung am Verstärker ist aber sehr klein ($< 0{,}5$ mV). Bewegungen des Patienten, Beeinflussung durch Starkstrom, Lösen der Elektroden können Ausschläge auf dem Oscillogramm verursachen, welche diejenigen der normalen Nervenaktionen mehrfach übertreffen. Diese Schwierigkeit muss folgendermassen überwunden werden. Man analysiert die Encephalogramme für jede Narkosetiefe nach versteckten Periodizitäten vermittelst Methoden der Fourieranalyse oder noch besser mit statistischen Methoden unter Verwendung der Auto-Korrelations-Methoden. R. G. Bickford fand eine Frequenz zwischen 6 und 10 Hz, die sich als günstig erwies. Ein weiteres Problem ist die Wahl des besten Filters bei den vorkommenden Störungen. Wieder ist es ein mathematisches Problem, dessen prinzipielle Lösung zuerst A. Kolmogoroff und dann N. Wiener [6]) zu verdanken ist.

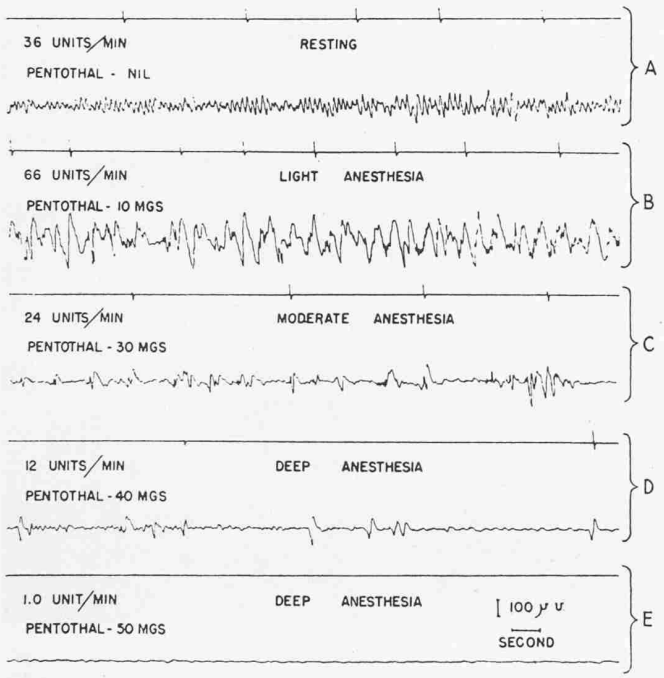

Bild 7. Veränderungen des Encephalogramms am Gehirn eines Meerschweinchens in Abhängigkeit der Narkosemengen von Pentothal. Die entsprechenden Impulse des Integrationsgerätes sind jeweilen über den Encephalogrammen angegeben. A Ruhezustand, B leichte, C mittlere, D tiefe, E sehr tiefe Narkose

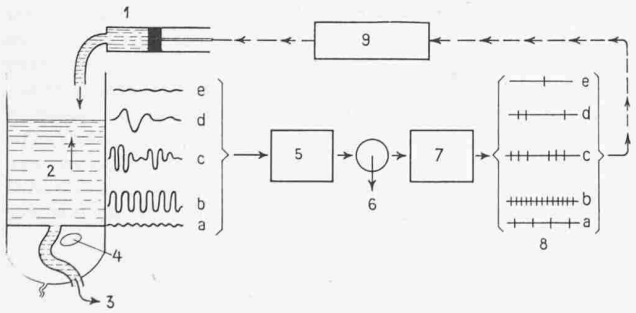

Bild 8. Prinzipielle Schaltung der selbsttätigen Narkoseeinrichtung. 1 Narkotikum, 2 Grad der Narkose im Gehirn (a keine, b leichte, c mittlere, d bei Operation, e tiefe), 3 Abbau und Ausscheidung des Narkotikums, 4 Hirnrindenneurone, 5 E. E. G.-Verstärker, 6 Verstärkungsregler (Narkosetiefe), 7 Integrator, 8 Impulse (entsprechend a bis e), 9 Elektromechanischer Geber

Wie aus dem Oszillogramm in Bild 6 ersichtlich ist, unterdrückt das Filter alle unerwünschten Störungen, so dass einzig die von der Narkosetiefe abhängigen Aktionspotentiale wirksam werden. Je kleiner diese Potentiale sind, um so tiefer ist die Narkose, Bild 7. Die Amplitude des Aktionspotentials kann man vergleichen mit einem gewünschten Sollwert. Die Apparatur ist nun so aufgebaut, dass die Menge des Narkosemittels direkt kontrolliert wird durch die Leistungsintegration der Amplituden der Aktionspotentiale. Für eine gewünschte Narkosetiefe wird dauernd nur eine solche Menge des Narkosemittels zugeführt, dass diese Tiefe erreicht und in der Folge dauernd aufrechterhalten wird. Die prinzipielle Schaltung zeigt Bild 8. Sie stellt einen geschlossenen Kreis dar, in welchem die Narkoseapparatur, der Patient und die Messeinrichtung der Aktionspotentiale mit dem nachfolgenden Verstärker, Integrator und Dosierungsgerät enthalten sind. Bickford ist sehr optimistisch über die Zukunftsaussichten seines Vorschlages, der an Tieren bereits praktisch angewandt wurde.

6. Automatische Dauerinfusion

Die Beeinflussung des Normalzustandes eines Patienten während der Operation wird hauptsächlich über die Blutbahn vorgenommen, da Injektionen die notwendige rasche Wirkung erzielen. Um solche Injektionen jederzeit machen zu können und auch etwaige Blutverluste auszugleichen, wird bei schweren Operationen in eine Vene des Arms oder eines Beines eine Dauerinfusion appliziert. Die bisherige Infusionstechnik begnügte sich mit der Ueberwachung der Infusionsmenge durch Abzählung der Tropfenzahlen in der Minute mit der Stoppuhr. Bild 9 zeigt eine der heute üblichen Infusionsanlagen. In einer Arbeitsgemeinschaft der chirurgischen Klinik des Kantonsspitals Zürich (Leitung: Prof. Dr. A. Brunner) und des Institutes für Fernmeldetechnik der ETH (Leitung: der Autor) konnte dank der finanziellen Unterstützung durch die F. Hoffmann-La Roche-Stiftung eine automatisch funktionierende Infusionseinrichtung entwickelt werden. Es wurde dafür von Dr. med. *Georg Hossli,* Narkosearzt der chirurgischen Klinik, ein Pflichtenheft aufgestellt, das etwa folgende Punkte umfasst:

a) Die Tropfgeschwindigkeit soll innerhalb bestimmten Grenzen konstant bleiben, wenn sich die Druckhöhe, der Venendruck und die Viskosität der Infusionsflüssigkeit ändern.

[5]) *R. G. Bickford:* The Use of Feedback Systems for the Control of Anesthesia, «Electrical Engineering», Okt. 1951, S. 852.

[6]) *Norbert Wiener:* The Extrapolation, Interpolation and Smoothing of Stationary Time Series, «The Technology Press of the MIT», USA (1949).

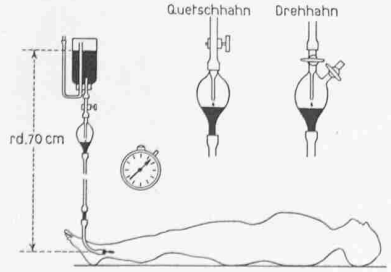

Bild 9. Schema der bisherigen Infusionseinrichtung

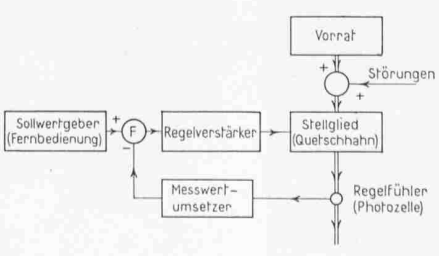

Bild 10. Blockschema eines automatischen Infusionsreglers

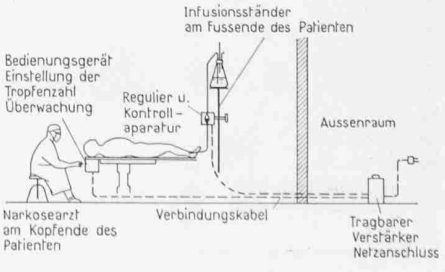

Bild 11. Anordnung der automatischen Infusionsanlage

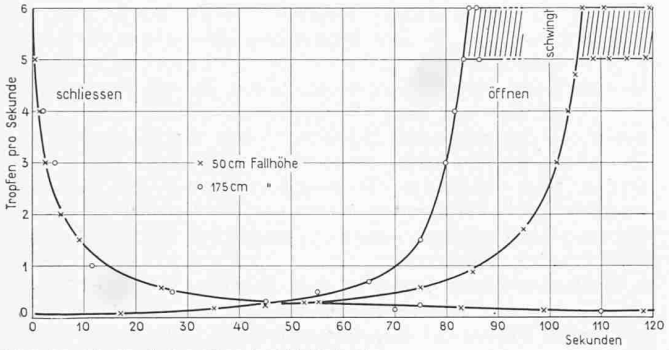

Bild 12. Verlauf der Tropfenhäufigkeit

Die Tropfenzahl soll zwischen 6 und 300 Tropfen pro Minute eingestellt werden können und zwar von einem kleinen Kommandokästchen aus, das in der Nähe des Narkotiseurs am Kopfende des Operationstisches befestigt wird. Ein akustisches und ein optisches Signal sollen jeden fallenden Tropfen anzeigen. Da das ganze Infusions-System steril sein soll, muss es sich auf einfache Weise reinigen lassen.

b) Als Sicherheitseinrichtung werden verlangt: Ein Warnsignal für das unrichtige Funktionieren der Apparatur, wie das Nichteinhalten der Tropfenzahl aus irgend einem Grunde, das Absacken des Flüssigkeitsspiegels im Tropfglas oder das Aufhören des Zuflusses der Infusionsflüssigkeit. Die Warnvorrichtung muss auch an die Schwesternrufanlage in den Patientenzimmern angeschlossen werden können.

c) Ferner soll die Tropfenzahl pro Zeiteinheit in einem Schreibgerät registriert werden können.

Dipl. Ing. *M. Müller,* Mitarbeiter im Institut für Fernmeldetechnik, hat auf Grund dieses Pflichtenheftes ein Gerät entwickelt, das wie folgt arbeitet: Die ganze Apparatur (Abbildung 15) kann wieder als geschlossener Kreis dargestellt werden, Bilder 10 und 11. Im Sollwertgeber steht die zu verlangende Tropfenzahl. Im Tropfgefäss wird das Fallen der Tropfen durch die Unterbrechung eines Lichtstrahles über eine Photozelle angezeigt, die Zeit zwischen zwei Tropfen wird gemessen und mit der Sollzeit verglichen. Die Differenz zwischen der Sollzeit und der Messzeit wird in einen elektrischen Impuls umgewandelt, der einen Motor derart antreibt, dass je nach Notwendigkeit ein Oeffnen oder ein Schliessen des Quetschhahns eintritt. Bild 12 zeigt, wie sich die Apparatur verhält, wenn sich von einer extremalen Ausgangslage bei verschiedenen Fallhöhen die verlangte Tropfgeschwindigkeit einstellt. Man sieht hier die interessante Erscheinung, dass bei vielen Tropfen pro Sekunde nach jedem Tropffall eine positive oder negative Bewegung, ein Oeffnen oder Schliessen des Motors erfolgt. Die mittlere Tropfenzahl entspricht dabei dem eingestellten Sollwert. Die Bilder 13 bis 19 zeigen die ganze Anlage und ihre verschiedenen Teile. Die Anlage hat sich bisher im Gebrauch gut bewährt.

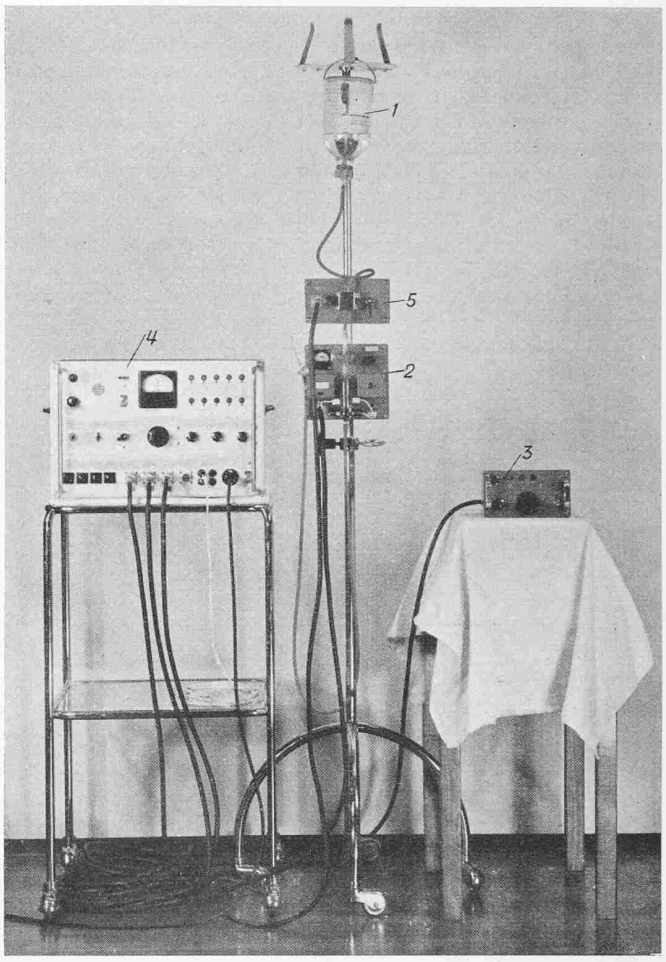

Bild 13. Gesamte ausgeführte Infusionsanlage. 1 Vorratsgefäss, 2 Tropfgefäss mit lichtelektrischer Abtastung, 3 Kommandokästchen (Sollwertgeber), 4 Vergleichseinrichtung und Verstärker, 5 Quetschhahn mit Motor

7. Anwendung in der Messtechnik

Diese Art der Selbstkontrolle von Ausführungsvorgängen ist heute schon sehr weit verbreitet in der Technik. In der Natur ist sie die Regel. Auch die Messtechnik macht sich heute dieses Prinzip zu Nutze, speziell dort, wo ein Vorgang mit kleiner verfügbarer Energie registriert werden muss. Hierzu gehören alle Kompensations-Verfahren, bei welchen die Kompensation motorisch vollzogen wird. Die Grösse, die gemessen werden soll, stellt zweckmässig umgeformt den Sollzustand des geschlossenen Kreises dar (Bild 20). Die aufzuzeichnende Grösse soll in Beziehung gebracht werden zur

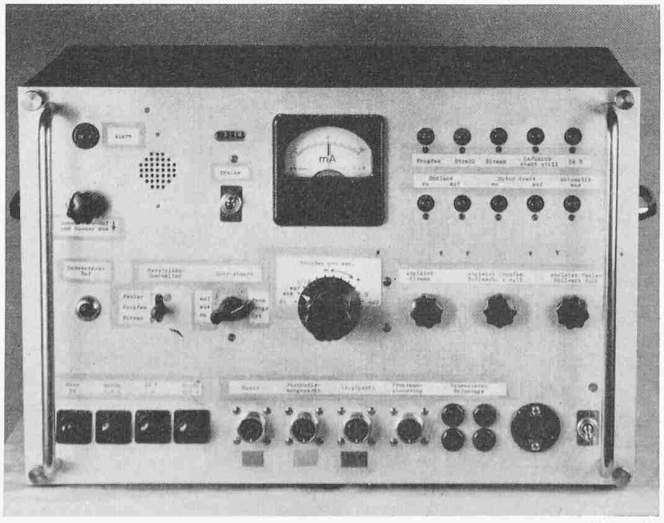

Bild 17. Verstärker, Vergleichseinrichtung und Alarmeinrichtung

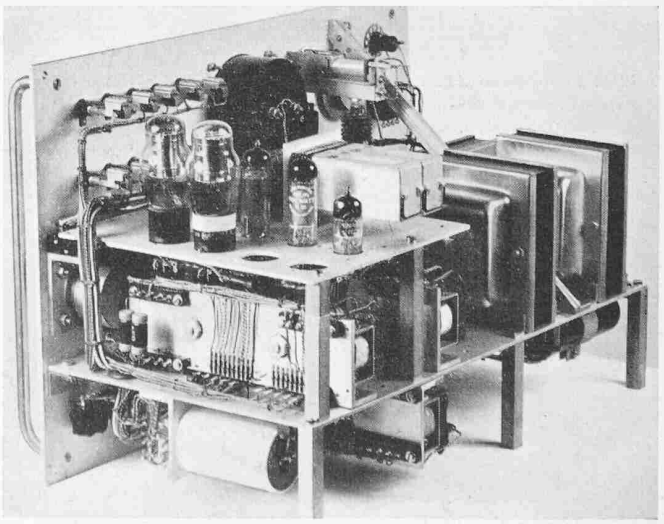

Bild 18. Wie 17, von der Rückseite, geöffnet

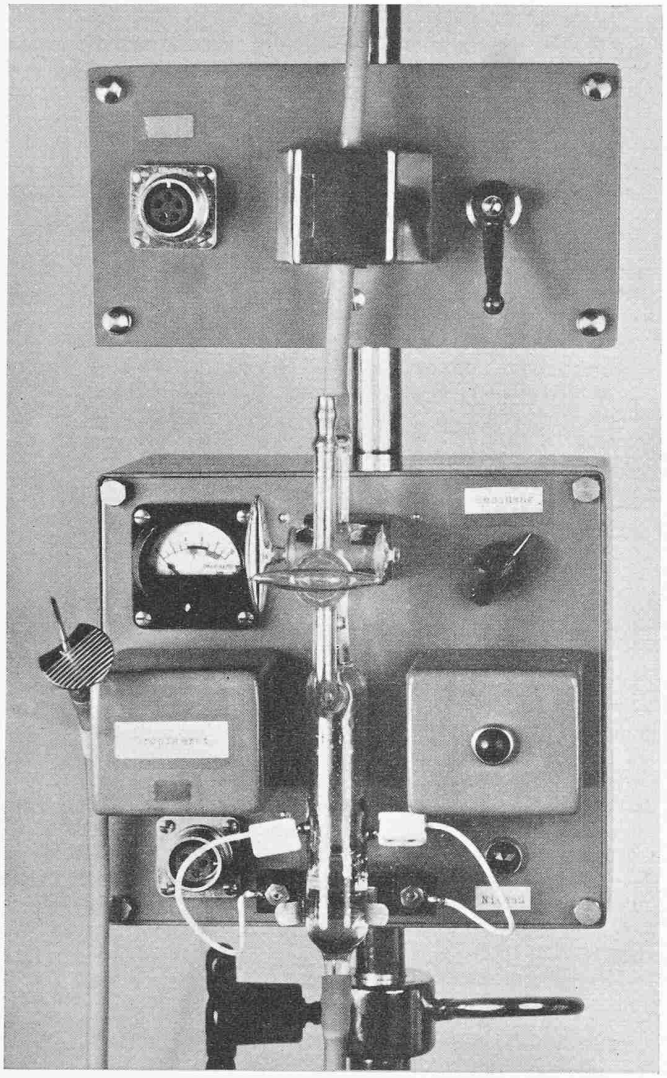

Bild 14. Tropfgefäss mit lichtelektrischer Abtastung, darüber Quetschhahn, motorisch betätigt

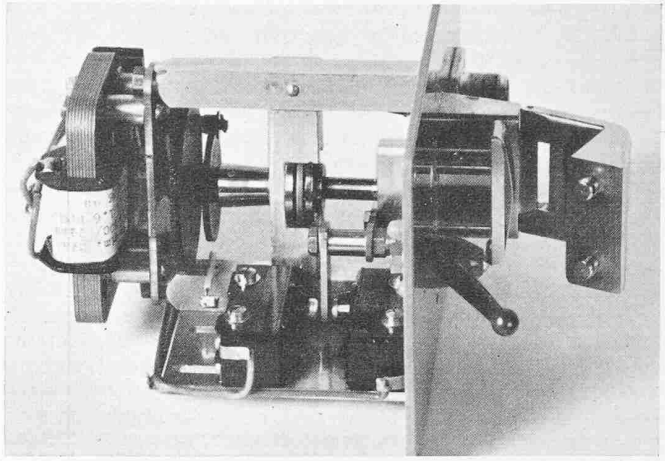

Bild 16. Quetschhahn ganz rechts, geöffnet, mit motorischer Betätigung

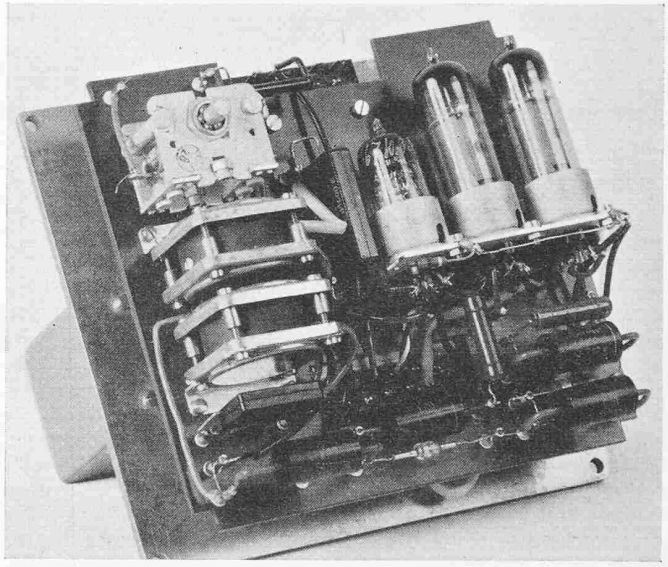

Bild 15. Kästchen zur lichtelektrischen Abtastung, von hinten, geöffnet

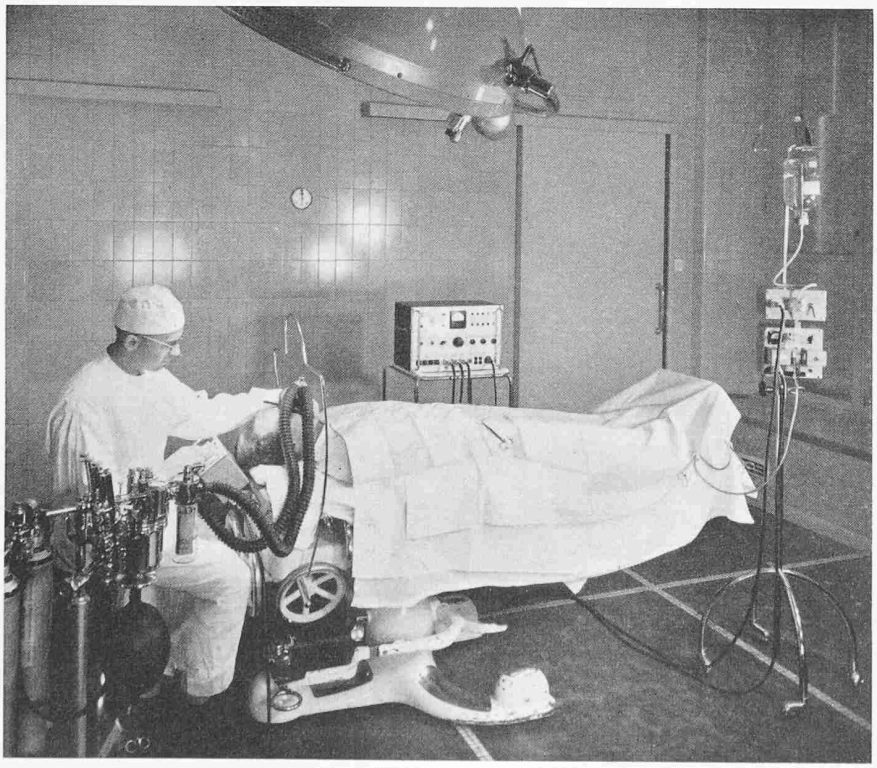

Bild 19. Automatische Infusionseinrichtung an einem Patienten angewandt

Messgrösse. Ein proportionaler Teil der aufzuzeichnenden Grösse wird verglichen mit der zu messenden Grösse, die Abweichung zwischen den beiden benutzt man zur Steuerung eines Motors, der so funktioniert, dass die Abweichung zwischen den beiden Werten möglichst verschwindet. Für die Registrierung steht dann eine beinahe beliebig grosse Energie zur Verfügung.

8. Maschinen mit Gedächtnis

An der 8. Macy Foundation Konferenz über Cybernetic legte Claude Shannon [7], einer der Schöpfer der Informations-

[7] C.Shannon: Presentation of a Maze-Solving Machine, «Transactions of the Macy Foundation» 1951, 8th Conference on Cybernetics.

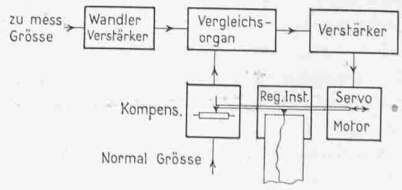

Bild 20. Prinzipielles Schema einer automatischen Kompensationseinrichtung zu Messzwecken

theorie, eine Maschine vor, welche sich selbst einen Weg durch ein Labyrinth sucht bis zum Ziel. Wenn der Mechanismus sein Ziel einmal erreicht hat, wird er, von neuem in irgend ein Feld gesetzt, das Ziel auf direktestem Weg erreichen, sofern er früher beim Suchen das gleiche Feld einmal betreten hat. Die Maschine lernt das Labyrinth kennen. Wenn nun die Wände versetzt werden, so können Bedingungen geschaffen werden, dass die Maschine dauernd einen geschlossenen Weg läuft und das Ziel nie mehr erreicht, mit andern Worten, die Maschine gerät in eine Neurose. Um dem vorzubeugen, hat Shannon eine Vorrichtung eingebaut, die einen solchen Zyklus unterbricht und wieder auf den ersten Suchprozess zurückführt, so dass die Maschine wieder zum Ziel gelangen kann und dabei den neuen Weg lernt. Obwohl eine solche Maschine bei flüchtiger Betrachtung zunächst als eine Spielerei anmuten muss, steckt bei unvoreingenommener Betrachtung viel mehr dahinter und es ist zweifellos fruchtbar, wenn sich Gelehrte auch mit diesen Dingen beschäftigen im Hinblick auf Vorgänge im Nervensystem des Menschen.

9. Schlusswort

Obwohl die Technik über Stabilitätsbedingungen von geschlossenen Kreisen bei linearen Systemen recht gut Bescheid weiss, bleiben noch viele Fragen, insbesondere der Stabilität von nichtlinearen Systemen, offen. Leider kommen gerade die nichtlinearen und die diskontinuierlichen Systeme in der Natur viel häufiger vor als die linearen und kontinuierlichen. Ferner liegen noch bedeutende Schwierigkeiten in der Gewinnung, Uebermittlung und Speicherung der notwendigen Informationen. Dabei muss man bedenken, dass die Informationen stets durch andere Einflüsse gestört sind und dass es deshalb oft schwierig ist, die gewünschte Information rein zu erhalten. Alles in allem treten bei geschlossenen Systemen so viele ähnliche Probleme auf in allen Gebieten des Wissens, dass aus diesem Grunde eine gründliche Aussprache von Vertretern der verschiedenen Wissenschaften sich als ausserordentlich fruchtbar erweist. Es wäre zu hoffen, dass dies auch in der Schweiz in baldiger Zukunft möglich wäre. Von Seiten der Ingenieure ist jedenfalls die Bereitschaft dazu vorhanden.

Adresse des Verfassers: Prof. H. Weber, Institut für Fernmeldetechnik an der ETH, Sternwartstrasse 7, Zürich.

Das Innkraftwerk Simbach-Braunau

Mitgeteilt von der **Innwerk Aktiengesellschaft**, Töging am Inn, Bayern

Hierzu Tafeln 47/50

DK 621.29

Schluss von Seite 564

3. *Baugrubenumschliessung und Wasserhaltung*

Für die Umschliessungen der Baugruben der Wehranlage und des Krafthauses wurden an einem Flächenmodell der hydraulischen Versuchsanstalt der Innwerk AG in Töging die Strömungs- und Kolkvorgänge während der Bauzeit sowie die günstigsten Grundrissformen für die Spundwandumschliessungen selbst ermittelt, mit dem Ziel, übermässig hohen Aufstau im Oberwasser und gefährliche Kolke entlang der Umschliessung zu vermeiden. Schliesslich wurde jeweils noch der zweckmässigste Vorgang für die Schliessung der Baugrube an der Oberwasserseite untersucht. Bei den verhältnismässig günstigen Untergrundverhältnissen sind bei den Innkraftwerken bisher fast ausschliesslich die Baugrubenumschliessungen mit Fangedämmen und einfachen Spundwänden mit entsprechender Hinterfüllung ausgeführt worden. So wurde auch beim Kraftwerk Simbach-Braunau für die Umschliessungen parallel zur Flussrichtung ein Fangedamm mit 6 m Breite erstellt, wobei die äussere und innere Spundwand durch Rundeisen gegenseitig verankert und der Innenraum mit Kiesmaterial aufgefüllt wurde. Wegen der notwendigen Standsicherheit war auf eine restlose Entwässerung des Fangedammes zu achten.

Im Anschluss an den Kastenfangedamm wurden oberstrom und unterstrom nur einfache Spundwände gerammt und baugrubenseitig mit Kies hinterfüllt; der Querschnitt der Hinterfüllung war für den höchsten Hochwasserstand bemessen. Die Rammung der Umschliessungsspundwand für die erste Baugrube, die während der Hochwassermonate Juli und August durchgeführt wurde, brachte bei der starken Strömung beträchtliche Schwierigkeiten mit sich. Für die Umschliessungen wurde das Spundwandprofil Larssen «III neu» verwendet. Der Verschleiss bei den Umschliessungs - Spundwänden ist ziemlich gross, da die Spundwände wegen der Kolkgefahr mindestens 2 m in den festen Schlier gerammt werden müssen und dabei am unteren Ende fast immer beschädigt werden. Die Wasserhaltung in den beiden grossen Baugruben wurde jeweils über vier grosse Pumpensümpfe besorgt, von denen zwei oberstrom und zwei unterstrom des Bauwerkes angeordnet waren. Die beiden landseitigen Pumpensümpfe wurden so angelegt, dass sie die erheblichen Wassermengen des über dem Schlier austretenden Grundwassers unmittelbar aufnehmen konnten. Für die Wasserhaltungen waren von der Arbeitsgemeinschaft in der Hauptsache automatisch gesteuerte Vertikalpumpen eingesetzt, die betriebstechnisch grosse Vorteile aufwiesen und eine nur geringe Wartung verlangten.

4. *Aushub in den Baugruben*

Für den Aushub in den Baugruben waren jeweils zwei Mc- und zwei Mb-Bagger, letztere mit Tieflöffeleinrichtung für den Schlierabtrag eingesetzt. Das Aushubmaterial wurde mit GMC-Lastwagen und einigen Dumptors abtransportiert. Die Aushubarbeiten sind in jeder Baugrube gleichlaufend von

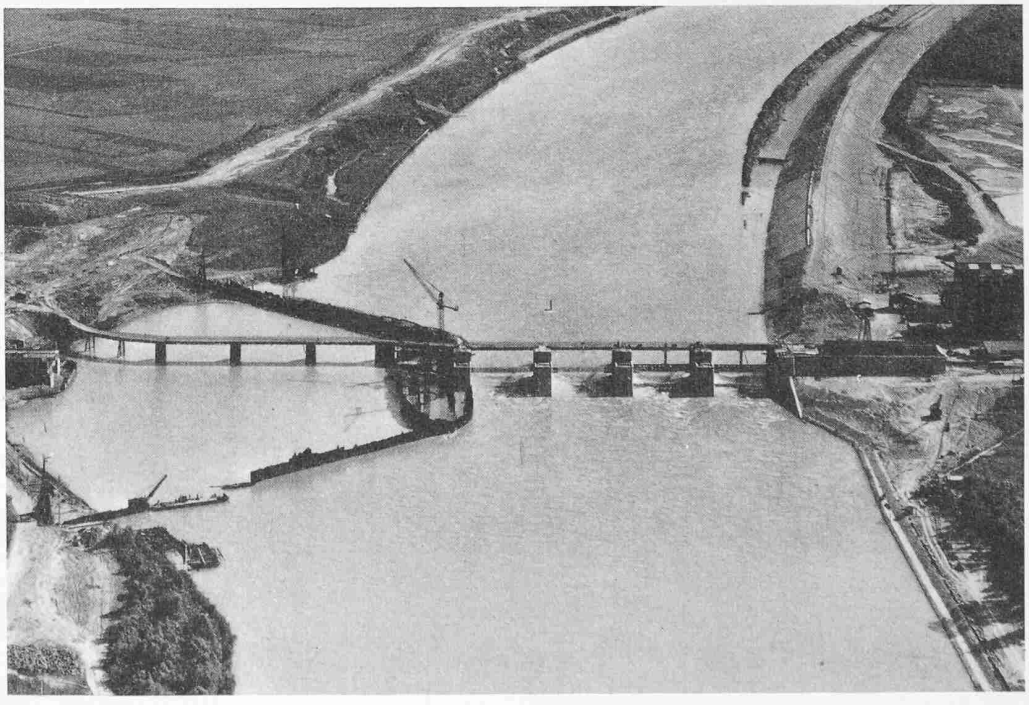

Bild 71. Umschliessung der Krafthausbaugrube, Durchfluss durch die vier Wehröffnungen am 31. Mai 1952