

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :  
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen  
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer  
Elektrizitätswerke (VSE)

**Band:** 56 (1965)

**Heft:** 14

**Rubrik:** Mitteilungen SEV

### **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:** 09.11.2024

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

# EDOUARD BRANLY

1844—1940

Das erste drahtlose Telegramm, das Marconi im Jahre 1899 über den Kanal ausstrahlte, enthielt die Wendung «... ce beau résultat étant dû en partie aux remarquables travaux de Mr. Branly...». Daraus ist ersichtlich, welche hohe Wertschätzung Branly seinerzeit genoss. Seither sind seine Verdienste etwas in Vergessenheit geraten, weil sie durch die stürmische Entwicklung auf dem Hochfrequenzgebiet längst überholt sind. Viele Elektrotechniker kennen nicht einmal seinen Namen.

Edouard Branly, der am 23. Oktober 1844 in Amiens geborene, französische Physiker, starb vor 25 Jahren im hohen Alter von 96 Jahren in Paris. An der Ecole Normale supérieure legte er 1868 das Schlussexamen als Physiker ab und wurde nach dem Krieg von 1870/71 für kurze Zeit Professor am Lyceum in Bourges. Seine erste Doktorarbeit über «Untersuchungen der elektrostatischen Phänomene in Elementen mit offenem und geschlossenem Stromkreis» reichte er der Faculté des Sciences ein. Nachher wirkte er am Institut Catholique de Paris als Physikprofessor, wandte sich darauf der Medizin zu und erwarb 1882 seinen zweiten Doktorhut. Schon drei Jahre später kehrte er wieder zur Physik zurück. Seine Arbeiten betrafen unter anderen die Elektrizitätsverluste geladener Körper, elektrische Leitfähigkeit der Körper und photoelektrische Ströme. Bei seinen Versuchen verwendete er meist Elektrisiermaschinen sowie Funkeninduktoren als Stromquellen und Leidnerflaschen zur Speicherung der Energie.

Am 24. November 1890 beobachtete nun Branly zufällig, dass bei jedem Funken an der Maschine ein in einem 20 m davon entfernten Raum aufgestelltes Galvanometer einen Ausschlag zeigte. Diese Erscheinung wurde durch Veränderungen der Leitfähigkeit von in einem Glasröhrchen eingeschlossenen Metallspänen bewirkt. Branly gab dieser Anordnung den Namen «Kohärer» und hatte damit das erste brauchbare Empfangsgerät für drahtlose Telegraphie geschaffen. Kurz darauf, nämlich am 12. Januar 1891, beschrieb er die Funktion von Metallstäben als Sende- und Empfangsantennen. Diese Entdeckungen trugen ihm Ehrungen der Académie des Sciences und 1921 den Nobelpreis ein.



Larousse, Paris

H. W.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Ionisation im Kondensatordielektrikum

537.572 : 621.315.61

[Nach Yu. S. Pintal: Ionisationscharakteristiken und Alterung des Papier-Öl-Dielektrikums von Kondensatoren, Elektrotechnika 36(1965)1, S. 58...60]

Die Bestimmung der Lebensdauer  $L$  des Dielektrikums von Leistungskondensatoren in Abhängigkeit des Spannungsgradienten  $E$  mit Hilfe direkter Versuche im Lebensdauerbereich von  $10^4$  h und darüber ist praktisch undurchführbar. Infolgedessen ist die Möglichkeit einer Lebensdauer-Bestimmung auf Grund von Ionisations-Charakteristiken von besonderem Interesse.

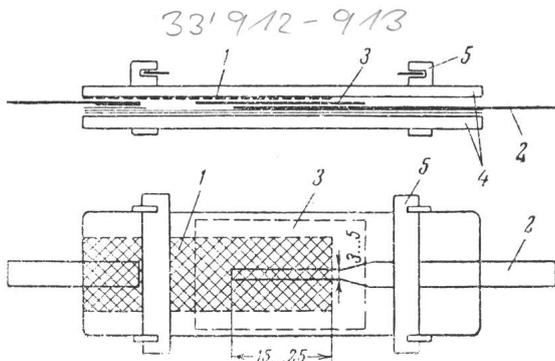


Fig. 1

Der Aufbau des Versuchsmusters mit durchsichtiger Elektrode  
1 durchsichtige Elektrode; 2 Elektrode aus Al-Folie; 3 Papier-Öl-Dielektrikum; 4 Glasplatten; 5 Feder-Klammern

Die Untersuchung der Anfangs-Ionisation erfolgte an Mustern von Flachkondensatoren kleiner Abmessungen (Fig. 1), bei denen die eine Elektrode aus Aluminiumfolie bestand und eine auf Glas aufgetragene durchsichtige leitende Schicht die andere Elektrode bildete. Die Verwendung durchsichtiger Elektroden in den Versuchsmustern erlaubte die Beobachtung der Vorgänge im Dielektrikum mit Hilfe eines Mikroskops und eine Intensitätsmessung der Anfangs-Ionisation an Hand der Leuchterscheinungen im Öl. Das Leuchten des Öles bei Ionisation wurde mit Hilfe eines photoelektronischen Verstärkers gemessen.

Bei Spannungen von Industriefrequenz entstehen die Ionisationsvorgänge zuerst an einzelnen Punkten des Elektrodenrandes und erfassen ein Ölvolumen mit linearen Abmessungen von nur einigen  $\mu\text{m}$ .

Der Gradient der Anfangs-Ionisation  $E_a$  hängt im Mittel von der Dicke des Dielektrikums nach folgenden empirischen Beziehungen ab:

$$\left. \begin{array}{l} \text{für Papier von } 1,0 \text{ g/cm}^3: E_a = 3,8 d^{-0,58} \text{ [kV/mm]} \\ \text{für Papier von } 1,2 \text{ g/cm}^3: E_a = 3,3 d^{-0,58} \text{ [kV/mm]} \end{array} \right\} (1)$$

( $d$  in mm)

Beobachtungen zeigten, dass unter diesen Verhältnissen am Elektrodenrand namentlich Stossionisations-Vorgänge im Öl entstehen, wobei die Primärelektronen aus der Elektrode kalt emittieren.

Aus dem Charakter der Abhängigkeit  $E_a$  von der Dielektrikumdicke gemäss Gl. (1) kann entnommen werden, dass dieser Vorgang sich nicht in der Trennschicht Elektrode-Dielektrikum entwickelt, sondern innerhalb des Dielektrikum-Volumens, jedoch auch nicht in Gaseinschlüssen, da bei Änderung des Überdruckes im Bereich

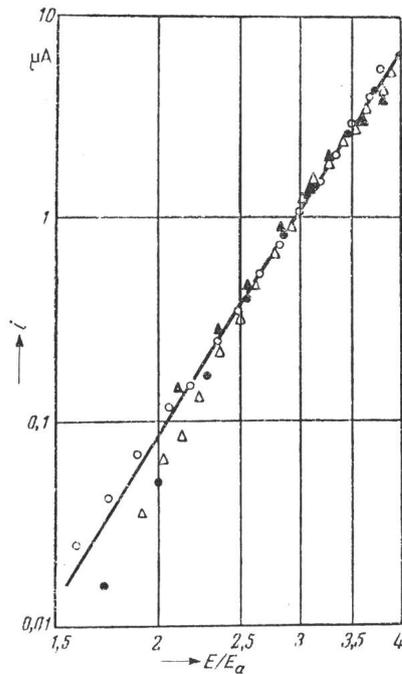


Fig. 2

Intensität der Anfangs-Ionisation  $i$  in Abhängigkeit vom Gradienten  $E$  bei verschiedener Dielektrikumsdicke  $d$

Papierdichte 1,2 g/cm<sup>3</sup>; 50 Hz

○ 40 μm, ● 50 μm, △ 60 μm, ▲ 80 μm

von 0 bis 4 atü die Leuchtintensität unverändert blieb. Ein solcher Vorgang kann nur Stossionisation im Öl sein. Das anfängliche Leuchten steht möglicherweise nur mit der Bildung von Elektronenlawinen in Zusammenhang, weil es bis etwa (2,0...2,5)  $E_a$  nicht möglich war, mit Hilfe einer Meßschaltung Stromimpulse festzustellen.

Die ersten Impulse mit einer Intensität von etwa  $10^{-13}$  C zeigten sich erst bei Feldstärken  $E > (2,0...2,5) E_a$ , als vermutlich bereits Durchschläge in der Ölzwichenschicht zwischen der Elektrode und der anschließenden Papierlage aufzutreten begannen.

Die Energie, die in Form des Leuchtens frei wird, ist der gesamten Energie proportional, die im Dielektrikum bei den Ionisationsvorgängen umgesetzt wird. Deshalb kann nach der Intensität des Leuchtens auch die Intensität der Ionisation bewertet werden: der Strom  $i$  im Kreis des photoelektronischen Verstärkers ist der Leistung der Ionisationsverluste proportional.

Fig. 2 enthält Messergebnisse der Ionisations-Intensität ( $i$ ) bei verschiedenen Werten der Feldstärke im Dielektrikum ( $E/E_a$ ). Danach kann die Abhängigkeit der Intensität des Ionisationsvorganges von der Feldstärke bei  $E > 1,5 E_a$  mit genügender Genauigkeit wie folgt dargestellt werden:

$$i = a_1 \left( \frac{E}{E_a} \right)^m = A E^m \quad (2)$$

wobei  $m$  im Bereich von 5 bis 8 schwankt und im Mittel 6,5 beträgt.

Bei Feldstärken im Bereich von  $E_a$  bis  $1,5 E_a$  fällt die Intensität mit abnehmender Feldstärke noch steiler ab als bei  $E > 1,5 E_a$ . Bei Erhöhung der Frequenz der angelegten Spannung bleibt der Charakter der Abhängigkeit  $i = f(E)$  erhalten. Dabei erhöht sich nur die Intensität des Vorganges, jedoch schwächer als proportional. Messungen bei verschiedenen Frequenzen ergaben, dass bei  $E = \text{konst}$ :

$$i = a_2 f^{0,62} \quad (3)$$

Der Gradient der Anfangs-Ionisation hängt mit der Frequenz nach folgender empirischen Beziehung zusammen:

$$E_{af} = 0,68 f^{-k} E_{a50}$$

wobei  $E_{af}$  und  $E_{a50}$  die Gradienten der Anfangs-Ionisation bei der Frequenz  $f$  bzw. 50 Hz sind;

$$k = \frac{0,62}{m} = 0,08...0,12$$

Bekanntlich kann die Lebensdauer einer Isolation in Funktion des Gradienten annähernd in der Form:

$$L = B E^{-n}$$

dargestellt werden. Für die Papier-Öl-Isolation bei Industriefrequenz beträgt  $n = 4...8$ .

Der Energie  $W_i$ , die durch Ionisation im Dielektrikum während der Lebensdauer  $L$  umgesetzt wird, ist die Grösse  $iL$  proportional. Diese Grösse kann also unter Berücksichtigung von Gl. (2) wie folgt geschrieben werden

$$iL = ABE^{m-n} \approx AB$$

weil  $m \approx n$  ist. Folglich kann die Energie  $W_i$ , die für die Zerstörung des Dielektrikums durch Ionisation verbraucht wird, in erster Annäherung als eine konstante Grösse betrachtet werden, d. h. als unabhängig von der Intensität des Ionisations-Vorganges, also auch von der Form der aufgedrückten Spannung.

Die Anfangs-Ionisation, die auf mikroskopische Volumina beschränkt bleibt, verursacht von sich aus keinen Durchschlag. Sie wirkt nur auf das Öl ein, zersetzt es, erhöht den Gasgehalt und bereitet dadurch langsam die Bedingungen für den Übergang zu einer intensiveren kritischen Ionisation vor. Der eigentliche Durchschlag entwickelt sich unter der Einwirkung der kritischen Ionisation, die das Dielektrikum im Verlaufe von einigen Minuten zerstört. Die Lebensdauer wird bei  $E < E_{kritisch}$  praktisch durch die Zeit bestimmt, während der die Anfangs-Ionisation den Übergang zum kritischen Stadium des Vorganges vorbereitet.

Auf diese Weise kann unter Berücksichtigung der Formeln (1), (2) und (3) für die Lebensdauer des Dielektrikums bei Gradienten im Bereich von  $1,5 E_a$  bis  $E_{kritisch}$  folgende Beziehung aufgestellt werden:

$$L = \frac{W_i}{i} = \frac{b}{(E/E_a)^m} = \frac{B}{f^{0,62} d^{0,58m} E^m} \quad (4)$$

Bei  $E < 1,5 E_a$  wird die Lebensdauer  $L$  mit fallender Feldstärke noch schneller ansteigen, bis sie bei  $E = E_a$  einem unendlichen Wert nahekommt. Der Koeffizient  $B$  kann auf Grund von Erfahrungswerten über die Lebensdauer bei höheren Gradienten relativ einfach gefunden werden. Es ist zu beachten, dass der Koeffizient von dem Ölvolume im Kondensator, von der Gasfestigkeit des Öles und von dem Überdruck, aber auch von der Papiersorte abhängt. Wesentlich beeinflusst wird  $B$  ausserdem von dem Trocknungs- und Imprägniervorgang, weil davon die Restfeuchtigkeit des Dielektrikums und damit auch der Gradient der Anfangs-Ionisation stark abhängt.

Es zeigt sich also, dass mit Hilfe von Ionisationscharakteristiken die Lebensdauer von Kondensatoren bewertet werden kann und auch der Einfluss verschiedener Faktoren darauf sich abschätzen lässt.

Die Feststellung der Anfangs-Ionisation nach der beschriebenen Methode ist vorläufig nur bei einem Dielektrikum möglich, das mit fluorezierenden Mineralölen imprägniert ist. Es bleibt der weiteren Entwicklung vorbehalten, durch gewisse Zusätze auch in anderen Flüssigkeiten künstlich ein Leuchten bei Ionisation hervorzurufen, um dann ihre Ionisationseigenschaften untersuchen zu können.

G. v. Boletzky

### Überdruck-Operationsraum eines Krankenhauses in Amsterdam

725.519.2 : 621.5

[Nach: Überdruck-Operationsraum im städtischen Krankenhaus Amsterdam. Techn. Rdsch. Sulzer 47(1965)1, S. 58...59]

Bei einer Herzoperation ist es unter atmosphärischen Bedingungen unmöglich, die Blutzirkulation während mehr als drei Minuten zu unterbrechen, da sonst die sauerstoffverbrauchenden Gewebe unvermeidlich geschädigt werden. Bei einem Umgebungsdruck von z. B. 3 kg/cm<sup>2</sup> dagegen, kann das Blut 15mal soviel Sauerstoff aufnehmen wie unter normalen Druckverhältnissen. Damit kann auch die Unterbrechung der Blutzirkulation von 3 auf 45 min verlängert werden.

34'074-075

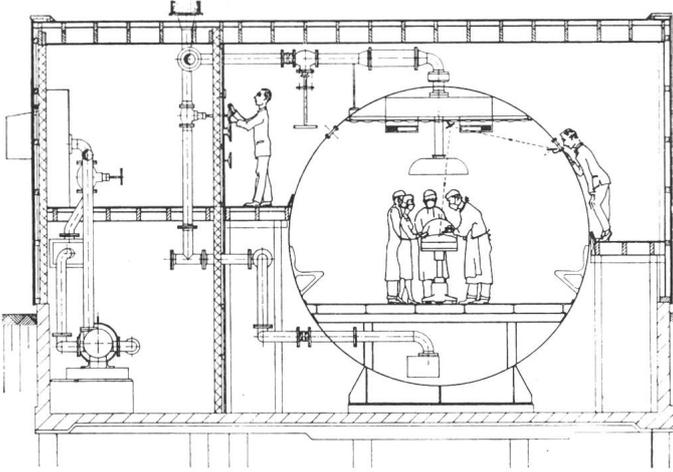


Fig. 1

Disposition des Überdruck-Operationsraumes

Diese Erkenntnis machte man sich in einem Krankenhaus von Amsterdam, hauptsächlich für Herzoperationen zu Nutzen, indem man die Operation in einem Druckbehälter ausführt.

Der Behälter hat eine zylinderartige Form von 4630 mm Durchmesser und kann nur durch eine Schleuse von 2200 mm betreten werden. Der Überdruck wird durch Kompressoren hergestellt. Für eine ständige Ventilation sorgen ebenfalls die Kompressoren. Die in den Behälter eingeführte Luft wird nach entsprechender Filtrierung konditioniert.

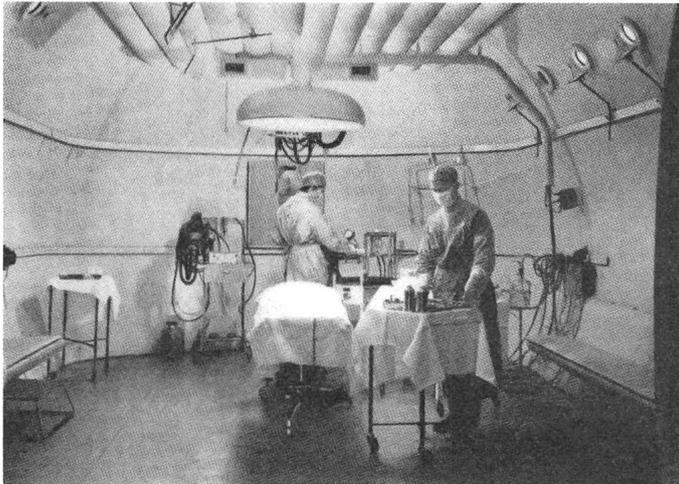


Fig. 2

Inneres des Überdruck-Operationsraumes

Fig. 1 zeigt einen schematischen Schnitt durch die Amsterdamer Anlage, Fig. 2 das Innere des Behälters, das als Operationsraum ausgebaut wurde.

Schi.

### Fahrkartenautomaten im Hauptbahnhof von Hannover

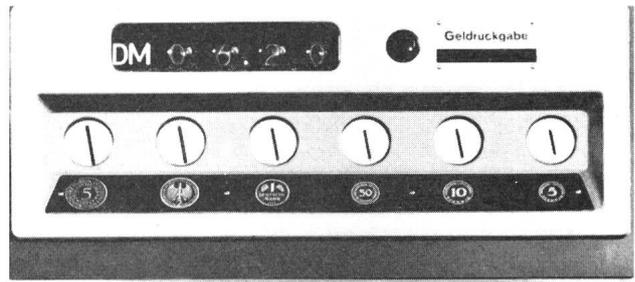
681.173.2

Am 10. Mai 1965 wurden im Hauptbahnhof von Hannover zwei Fahrkarten-Automaten in Betrieb genommen, die Fahrweise 2. Klasse Personenzug für einfache Fahrt, Tagesrückfahrkarten und Rückfahrkarten im Umkreis bis zu 50 km ausgeben.

Die Bedienung des Automaten ist denkbar einfach. Der Fahrgast sucht auf der Übersichtstafel am Automaten (Fig. 1) den gewünschten Zielbahnhof der betreffenden Kartensorte auf und drückt die zugeordnete Wahl Taste. Der Automat «denkt» und zeigt in aufleuchtenden Ziffern den Fahrpreis an. Nun können Münzen für den angezeigten Betrag oder für den nächst-

höheren vollen Markbetrag in beliebiger Reihenfolge eingeworfen werden. Der Automat «rechnet», indem er die eingeworfenen Münzen einzeln vom Fahrpreis abzieht. Dabei zeigt er an, wieviel Geld jeweils noch einzuwerfen ist. Ist der Fahrpreis erreicht

34'029-030



Zielbahnhof	Tagesrückfahrkarte	Tagesrückfahrkarte	Tagesrückfahrkarte	Zielbahnhof	Tagesrückfahrkarte	Tagesrückfahrkarte	Tagesrückfahrkarte	Zielbahnhof	Tagesrückfahrkarte	Tagesrückfahrkarte	Tagesrückfahrkarte
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50
9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

Fig. 1

Der Automat von vorne

oder überzahlt, fällt die Fahrkarte (Fig. 2) — gegebenenfalls mit dem vom Automaten ermittelten Rückgeld — in die Ausgabeschale.

Aber auch an die Möglichkeit einer «Panne» ist gedacht. Wenn man den Rückgabeknopf drückt, wird das eingeworfene Geld zurückgegeben, selbstverständlich nur, wenn noch keine Karte gedruckt worden ist. Mit falschen Münzen ist übrigens kein Geschäft zu machen. Der Automat prüft die Echtheit, bevor er tätig wird.

Han  
Personenzug  
Hannover Hbf

Langenhagen/Ha  
od Seelze

2. Kl. 1,00 DM  
12 Km.

MRZ 1966

11

Fig. 2

Fahrkarte für einfache Fahrt

### Kurznachrichten über die Atomenergie

621.039

Ein Entwurf für Empfehlungen betreffend internationale Sicherheitsnormen bei Verwendung radioluminöser Farben für Leuchtzifferblätter auf Armband- und Wanduhren wurde von einem Sachverständigen-Ausschuss fertiggestellt. Die Empfehlungen geben die maximalen Aktivitätsgrenzen für die drei Radioisotope Tritium, Promethium-127 und Radium-266 an, die bei Armband und Wanduhren verwendet werden.

Die Empfehlungen werden nun den Mitgliedstaaten beider Organisationen zur Stellungnahme vorgelegt werden.

Die Bauarbeiten am Versuchsatomkraftwerk Lucens litten weiterhin unter dem Mangel an Arbeitskräften, so dass die Nationale Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik (NGA) eine Revision des Bauprogrammes vornehmen musste, die eine neunmonatige Verzögerung gegenüber dem ursprünglichen vorsieht, weshalb der Reaktor frühestens im Herbst 1966 kritisch werden wird. Im Januar 1964 wurde der NGA eine dritte Teilbaubewilligung für die Erstellung der Strahlenabschirmung in der Reaktorkaverne erteilt. Die Kaverne war im Frühling 1965 so weit vollendet, dass mit der Montage des Reaktors begonnen werden kann. Das Betriebsgebäude wurde fertiggestellt und bereits bezogen; die Pumpstation für das Wasser und der Hauptkühlturm befinden sich im Bau. Die Fabrikation der Anlageteile ist im Gang oder bereits abgeschlossen. Die Fabrikation der Brennelemente wurde in Angriff genommen.

Das Budget der NGA musste wegen der Verzögerung am Bau des Kraftwerkes Lucens revidiert werden. Demnach werden neu 77 Mill. Franken für den Bau des Kraftwerkes bestimmt (gegenüber bisher 68 Mill. Fr.). 7,6 Mill. Fr. (bisher 2,6 Mill. Fr.) sind für Betriebsvorbereitungen und Erprobung und 24 Mill. Fr. (2 Mill. Fr.) für Studien im Hinblick auf die Weiterentwicklung

des Siedewasser-Reaktors vorgesehen. Von den zusätzlichen Aufwendungen trägt der Bund 50 %.

Im Berichtsjahr 1964 wurden vom Bund für Kernforschung und Atomenergie folgende Aufwendungen ausgewiesen:

Für Forschungszwecke	10,8 Mill. Fr.
Für das Eidg. Institut für Reaktorforschung	22,2 Mill. Fr.
Für das Versuchsatom-Kraftwerk Lucens	6,0 Mill. Fr.
Für Beteiligung an internationalen Organisationen	8,1 Mill. Fr.
<b>Total</b>	<b>47,1 Mill. Fr.</b>

Wegen der starken Korrosionswirkung des flüssigen Brennstoffes eines neugebauten Reaktors in Los Alamos (USA) wurden alle Reaktorteile, die mit dem Brennstoff in Berührung kommen, mit Gold verkleidet. Dabei wurden ein Zoll dicke Goldplatten zu 0,015 mm dicken Goldblättern ausgewalzt. Der Walzvorgang musste öfters wiederholt werden, wobei nicht verhindert werden konnte, dass Verunreinigungen in das Endprodukt eingehen. Mit einem Prüfgerät jedoch lässt sich feststellen, ob durch den darauf folgenden chemischen Säuberungsprozess die Verunreinigungen entfernt werden konnten. *Schi.*

## Briefe an die Redaktion — Lettres à la rédaction

### Konstruktion des Kreises mit Hilfe des pythagoreischen Lehrsatzes

Seit es im Jahre 1882 F. Lindemann in München gelungen war, die Transzendenz von  $\pi$  und damit die Nichtkonstruierbarkeit von Umfang und Fläche eines Kreises mit Zirkel und Lineal exakt zu beweisen, hat eines der berühmtesten Probleme der Mathematik seine endgültige Lösung gefunden. Es ist uns nun von einem Leser eine Näherungskonstruktion zugestellt worden, die mit einem Fehler von 0,001 1042... gegenüber  $\pi$  die Konstruktion der pythagoreischen Figur in einen Kreis ermöglichen soll. Der Einsender zieht daraus den Schluss, dass Kreisumfang und einbeschriebene pythagoreische Figur über eine gemeinsame mathematische Basis und somit auch eine gemeinsame Berechnungsmethode verfügen müssen. Wir bringen die Einsendung zum Abdruck, um unseren an Näherungskonstruktionen interessierten Lesern Gelegenheit zu geben, einen allfälligen Fehler dieser Methode nachzuweisen. Einen Teil der Zuschriften werden wir veröffentlichen.

Die Redaktion

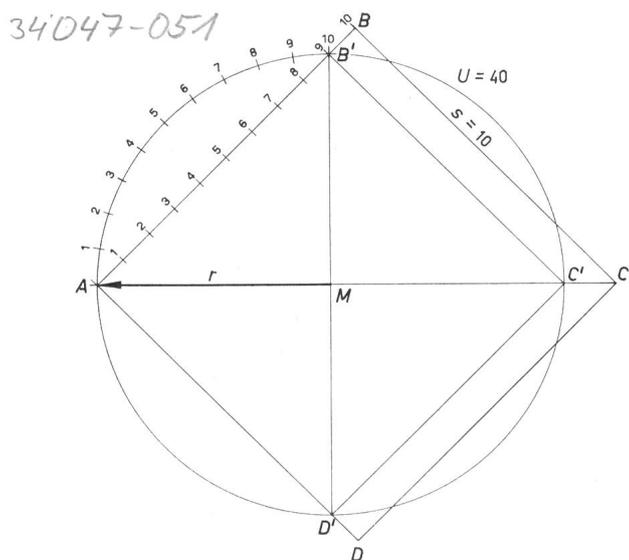


Fig. 1

Annahme eines Kreisumfangs von  $U = 40$

$r$  Radius;  $M$  Mittelpunkt des Kreises;  $U$  Kreisumfang;  $s$  Seitenlänge des Quadrates, dessen Umfang = Kreisumfang ist  
Weitere Bezeichnungen siehe im Text

Trägt man auf der Seite eines im Kreis einbeschriebenen Quadrates 9 gleiche Teilstrecken ab, dann lassen sich in der Zeichnung die gleichen Teilstrecken 10 mal am Viertelkreis über der Quadratseite abtragen (Fig. 1). Es taucht die Frage auf, ob hier wirklich ein 10/9-Verhältnis vom Viertelkreis zur Quadratseite besteht, oder ob die ungenaue Zeichnung nur eine Annäherung an das vermutete 10/9-Verhältnis darstellt, welches mathematisch gar nicht existiert. Die Untersuchung dieser Frage setzt folgende Überlegungen voraus:

Angenommen, der Umfang eines Kreises sei  $U = 40$ , dann wäre  $(1/4) U = 10$ . Der Umfang eines Quadrates mit den Seitenlängen  $s = 10$  wäre dann mit  $4 \cdot 10 = 40$  dem angenommenen Kreisumfang identisch (Fig. 1). Teilt man die Seite  $AB'$  des einbeschriebenen Quadrates durch 9 und trägt auf der Verlängerung  $AB$  bei  $B$  noch eine weitere Teilstrecke ab, so dass  $AB' = 10/9$  ist, dann konstruiert sich ein zweites an  $AB'$  und  $AD'$  anliegendes Quadrat  $ABCD$  mit der Seitenlänge  $s = 10$ . Gemäss der Annahme müsste nun der Umfang dieses Quadrates mit  $4s = 40$  dem Kreisumfang entsprechen. Denkt man sich für die Rekonstruktion des Kreises die 10 Teilstrecken auf  $AB$  durch Scharniere untereinander verbunden und verschiebt  $B$  nach  $B'$ , dann müsste sich  $AB$  über  $AB'$  im Sinne der Differenz 10:9 verlagern, d. h. jede Teilstrecke muss, da sie ja gegenüber 9 um 0,111111... zu gross ist, eine scheinbare Verkürzung durch äquivalente Änderung der Lage erreichen. Die so mit 10 über 9 Teilstrecken verlagerte Strecke  $AB$  würde dann die Länge eines Viertelkreises um  $M$  (Fig. 1) angeben, wenn die Länge des die Strecken durchlaufenden Radius ebenfalls äquivalent zur Verschiebung liegt, und wenn ferner bewiesen werden kann, dass das 10/9-Verhältnis keine willkürliche Annahme darstellt, sondern dem Kreis selbst immanent ist.

Für eine beweisführende Betrachtung der Zusammenhänge ist die Beziehung Kreis—pythagoreische Figur grundlegend und wegweisend.

Betrachtet man die in einem Kreis einbeschriebene pythagoreische Figur (Fig. 2), so fällt die geometrische Integration der euklidischen Geraden mit der Kreislinie auf. Kreis und pythagoreische Figur liegen im geometrischen neutralen Gleichgewicht, das sowohl der Kreis selbst als auch die in den Kreis konstruierte pythagoreische Figur als Spezialfall darstellt. Das logische Bedürfnis fordert, dass die mathematische Ordnung der einbeschriebenen pythagoreischen Figur auch der Ordnung des Kreises immanent sein müsste.

Gegeben sei ein Hypotenusenquadrat mit der Seitenlänge  $s = 9$  (Fig. 3) Unbekannt ist Kreisdurchmesser und Kreisumfang, deren Grössen bestimmt werden sollen. Das Hypotenusenquadrat liegt mit seinen gleich grossen Kathetenquadraten in einem Netz von Quadraten mit den Seitenlängen  $s = 4,5$ . Legt man in das Rechteck

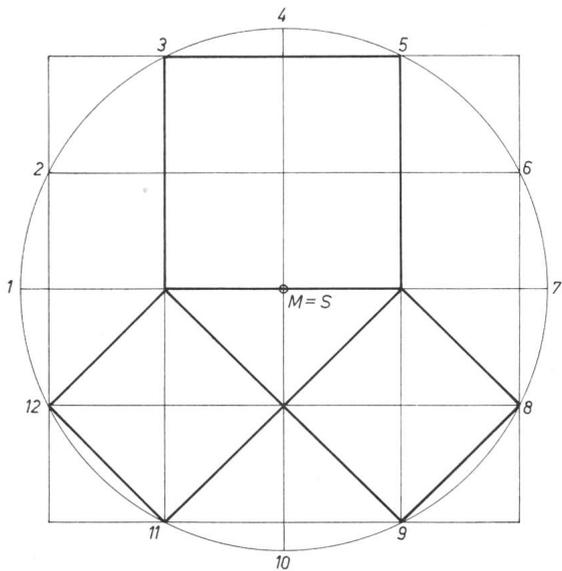


Fig. 2

**Die in einem Kreis eingeschriebene pythagoreische Figur**

Die geometrische Integration der euklidischen Geraden mit der Kreislinie fordert für die Bestimmung des Kreisumfangs eine Konstante, die die Rekonstruktion des Kreises durch die Punkte 1...12 führt

M Mittelpunkt des Kreises; S Schwerpunkt

zwei aneinander liegender Quadrate bei M die Diagonale von M nach m, dann ist Mmn ein rechtwinkliges Dreieck, das mit der größeren Kathetenseite auf dem Durchmesser liegt und mit der Hypotenuse bei m die Peripherie berührt. Mm ist Radius, zugleich auch Hypotenuse. Das Verhältnis der kleinen Kathete zur Hypotenuse ist  $\sqrt{5}$ .

Es ist  $r = 4,5 \cdot \sqrt{5} = 10,062306$   
und  $2r = 9\sqrt{5} = 20,124612 = d$

Multipliziert man also die Seitenlänge des im Kreis eingeschriebenen Hypotenusenquadrates mit  $\sqrt{5}$ , dann ist der Kreisdurchmesser bekannt.

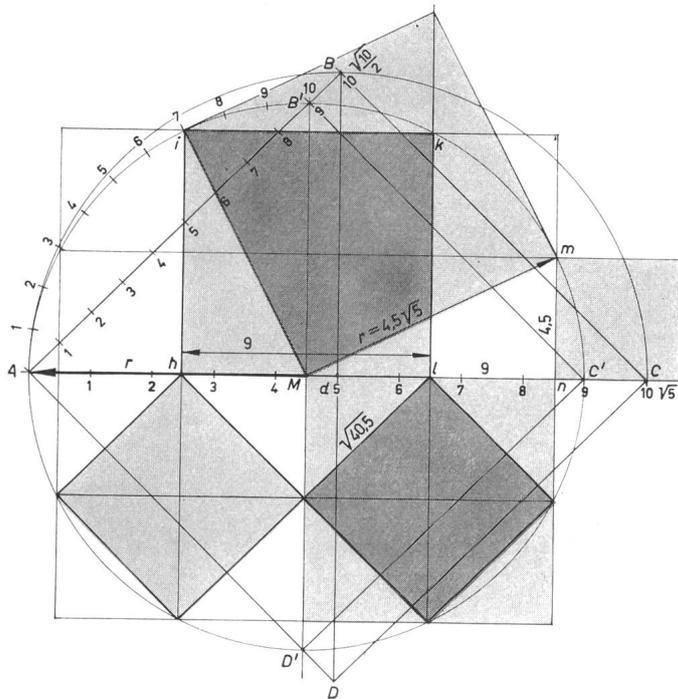


Fig. 3

**Darstellung der Beziehung Kreis zu pythagoreische Figur**  
Erklärungen siehe im Text

Drei wichtige logische Indizien sind für die weitere Bestimmung der Beziehungen Kreis—pythagoreische Figur wegleitend:



Fig. 4

**Darstellung der die Teilstrecken durchlaufenden Kreislinie**

Der Kreis durchläuft die dem Kreisumfang identischen Strecken im statistischen Mittel, so dass Teilkreisbogen und Teilstrecke gleich gross sind Übertrieben gezeichnet

- a) Die eingeschriebene und mit der Hypotenuse auf dem Durchmesser liegende pythagoreische Figur ist ein  $\sqrt{2}$ -Verhältnis.
- b) Die mit der Hypotenuse auf  $r$  liegende pythagoreische Figur ist ein  $\sqrt{5}$ -Verhältnis.
- c) Der Durchmesser liegt proportional zu beiden Hypotenusen und ist ein  $9/10$ -Verhältnis zu  $\sqrt{5}$ .

Die Zahl 1,11111111... aus der Division  $10 : 9$  ist der Konstruktion Kreis—pythagoreische Figur immanent.

$$10 \sqrt{5} : 1,11111111... = 20,124612 = d \text{ oder}$$

$$5 \sqrt{5} : 1,11111111... = 10,062306 = r$$

Die  $10 \sqrt{5}$ -Teilung des um  $\sqrt{5}$  verlängerten Durchmessers  $\overline{AC'}$  wird nun auf die verlängerte Seite  $\overline{AB'}$  des im Kreis eingeschriebenen Quadrates  $AB'C'D'$  projiziert.

$$\overline{AC'} : \sqrt{2} = \overline{AB} = 10 \sqrt{5} : \sqrt{2} = 15,811388 = \sqrt{250}$$

$$\sqrt{5} : \sqrt{2} = \frac{\sqrt{10}}{2}$$

$$\overline{AB} = 10 \frac{\sqrt{10}}{2}$$

Die bei  $5 \sqrt{5}$  auf dem Durchmesser errichtete Senkrechte schneidet Punkt  $B_{10}$  auf  $\overline{AB}$ , da sie die Diagonale des Quadrates  $ABCD$  ist. Ausserdem ist sie die 5. Projektionslinie der vertikalen Projektion 1...5 des Durchmessers  $\overline{AC'}$  auf  $\overline{AB} = 5 \sqrt{10}$ .

Die dem Durchmesser proportionale Teilung auf  $\overline{AB}$  liegt also in Funktion zur Radius bzw. zur Durchmesser bestimmenden eingeschriebenen pythagoreischen Figur, welche die Wurzeln der Zahlen 2, 5 und 10 aus der Beziehung Kreis—pythagoreische Figur—Netz lieferte, sowie die unendliche rationale Zahl 1,11111111...

aus der Reziprozität  $\frac{9}{10} \sqrt{5}$  als direkte Beziehung zum Kreis Schlag um M.

Um die Länge des Viertelkreises über  $\overline{AB'}$  zu bestimmen, wird der Halbkreis  $ABC$  um  $d_5$  geschlagen. Sein Durchmesser  $d = 10 \sqrt{5}$  ist um  $\sqrt{5}$  grösser als der Durchmesser  $\overline{AC'}$ , ebenso liegt auch das Verhältnis der beiden eingeschriebenen Quadrate. Die Punkte  $C'C$ ,  $B'B$  und  $Md_5$  sind durch Parallelprojektion fest miteinander verkoppelt, so dass eine Verschiebung von C nach C' durch die Rechnung  $10 \sqrt{5} : 1,11111111... = 9 \sqrt{5}$  die proportionale Verlegung von B nach B' und von  $d_5$  nach M bewirkt wird, wobei sich auch der Halbkreis  $ABC$  zum Halbkreis  $AB'C'$  reduziert.

Es liegt demnach der resultierende, durch den variablen Radius r kontrollierte Viertelkreis über  $\overline{AB'}$  äquivalent zur Rechnung:

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{AB'}} = \frac{10 \sqrt{10}}{2} = \frac{9 \sqrt{10}}{2} = 1,11111111...$$

und proportional zur Verschiebung von B nach B' und damit auch in Funktion zur Beziehung Kreis—pythagoreische Figur. Der resultierende Viertelkreis über  $\overline{AB'}$  ist demnach auch als Krümmung der Strecke  $\overline{AB}$  über  $\overline{AB'}$  aufzufassen, die durch die Verlagerung von B nach B' als Äquivalent der Verschiebung entsteht. Der vom Radius r beschriebene Kreisbogen und der durch Krümmung der Strecke  $\overline{AB}$  über  $\overline{AB'}$  resultierende Kreisbogen sind miteinander identisch, da in beiden Fällen der resultierende Kreisbogen das gleiche Äquivalent der gleichen Verschiebung bei gleicher Rechnung darstellt. Der Viertelkreis  $AB'$  figuriert als Zähler des Bruches  $10/9$ , die Seite  $\overline{AB'}$  des eingeschriebenen Quadrates als Nenner.

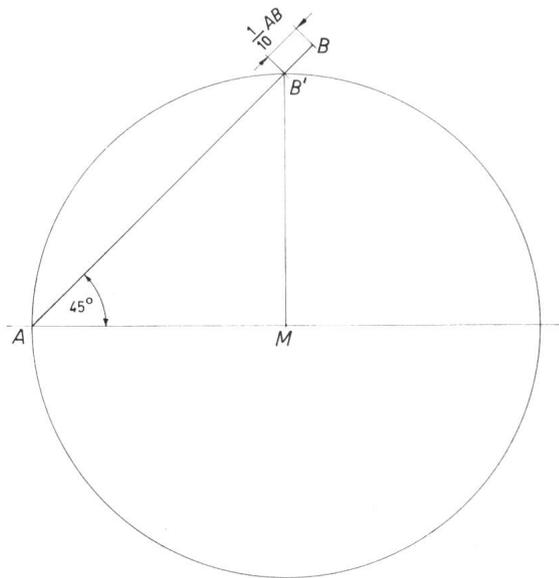


Fig. 5

Konstruktion des einer Strecke  $AB$  zugeordneten Kreises mit Zirkel und Lineal

$$AB = \frac{\text{Kreisumfang}}{4}$$

$$\frac{AB}{AB'} = \frac{15,811388}{14,230249} = 1,111111111\dots$$

Der Viertelkreis bildet ein stehendes 10/9-Verhältnis über der Seite des einbeschriebenen Quadrates und ist der Rechnung am Durchmesser

$$10\sqrt{5} : 1,111111111\dots = 9\sqrt{5} \text{ umgekehrt proportional.}$$

Die einzelnen Strecken 1...10 am Viertelkreis dürfen nicht als 10 aneinanderliegende Sehnen aufgefasst werden, sondern sie sind der 4. Teil eines 40-Eckes, dessen Seiten von der Kreislinie derart durchlaufen werden, dass Teilstrecke und Teilkreisbogen gleich gross sind (Fig. 4).

$\overline{AB}$  ist daher die mit dem Viertelkreis identische Strecke, und die Seiten des Quadrates  $ABCD$  mit der Diagonalen  $AC = 10\sqrt{5}$  entsprechen dem Umfang des Kreises um  $M$ .

$$U = 4AB = 4 \cdot 15,811388 = 63,24555 = \sqrt{40} \cdot 10$$

Die Kreisconstante  $k_{kreis}$  ist:

$$\frac{U}{d} = 3,1426968\dots$$

Mit dieser Zahl liegt der Kreis im logischen Verhältnis zum rationalen Zahlensystem und seinen Wurzeln, die mit Hilfe der pythagoreischen Figur konstruierbar sind. Ferner befriedigt sie auch das Bedürfnis, in der logischen Beziehung Kreis—pythagoreische Figur eine gemeinsame Basis zu erkennen.

Die Differenz zwischen der Ludolphschen Zahl  $\pi = 3,1415926\dots$  und  $k_{kreis} = 3,1426968\dots$  ist  $0,0011042\dots$ . Der durch die pythagoreische Figur bestimmte Durchmesser  $\overline{AC'} = 9\sqrt{5}$  ergibt mit  $\pi$  berechnet einen Kreisumfang von nur  $63,223332$ , der also um  $0,02222$  kleiner ist als der mit  $k_{kreis}$  berechnete. Dann aber wird auch  $\overline{AB}$  als  $U/4$  kleiner, ebenso die Teilung  $AB : 10$ , so dass diese nun ausserhalb der von der pythagoreischen Figur am Durchmesser bestimmten Projektion liegt und dadurch ein  $\sqrt{2}$ -Verhältnis zu  $\sqrt{5}$  nicht mehr bestehen kann. Folglich deckt sich auch das einbeschriebene Quadrat des mit  $\pi$  berechneten Kreises nicht mit dem auf  $\sqrt{5}$ -Verhältnis basierenden Quadratnetz. Die Diagonale des ein-

beschriebenen Quadrates als Kreisdurchmesser ist gegenüber dem Durchmesser  $d = 9\sqrt{5}$  um  $0,007072$  zu klein und entspricht mit dieser Differenz nicht mehr dem Ausgang der Rechnung. Mit  $\pi$  ist also die Konstruktion der pythagoreischen Figur in einen Kreis nicht möglich, da die Differenz von  $\pi$  zu  $k_{kreis}$  die Rechnung mit  $\sqrt{5}$  nicht aufgehen lässt.

$k_{kreis} = 3,1426968\dots$  entwickelt sich scheinbar unabhängig von der Kreisfunktion, denn:

$$1,111111111\dots \cdot \sqrt{8} = 3,1426968\dots$$

Die Zahl  $1111111111\dots$  ist aber als gleichförmige und unendliche Grösse dem Kreis als Zahlenbasis immanent. Denkt man sich die Kreislinie aus einer unendlichen Anzahl von mathematischen Punkten bestehend und setzt für jede Punkteinheit die Zahl 1, dann ergibt sich, da ja der Kreisbogen ohne Anfang und Ende in sich selbst zurückläuft, auch eine entsprechende unendliche Reihe von Einsen ohne Anfang und Ende. Legt man in diesen Kreis von Einsen das Achsenkreuz, dann wird die unendliche Zahl  $111111111\dots$  in vier Viertel geteilt, die einerseits den Unendlichkeitscharakter behalten, andererseits doch logischerweise mit  $1/4$  nur den 4. Teil der Unendlichkeit darstellen, diese also abgrenzen:

$$111111111\dots : 4 = 277777777$$

Ein Komma kann es im transzendenten Kreis nicht geben, da die Reihe von Einsen die unendlich grosse Anzahl unteilbarer mathematischer Punkte als eine unendliche Kette von Einheiten darstellt. Diese unendliche, gleichförmige und unverändert bleibende Reihe von Summanden ist eine Zahl und Ausdruck der Kreisunendlichkeit. Die Frage nach der Grösse des Kreisumfanges projiziert aber Endlichkeit als Strecke in den Kreis, so dass ein Verhältnis endlich/unendlich entsteht und somit die Zahl 9 dem Kreis immanent wird.

$$1 : 111111111\dots = 9$$

Mit dem Achsenkreuz im Kreis wird die Beziehung endlich/unendlich hergestellt, so dass mit dem Bruch  $1/9$  ein spezifisches Verhältnis zur Kreisteilung gefunden ist. Hat das dem unendlichen Umfang von  $1111111111\dots$  des transzendenten Kreises entsprechende Quadrat eine Seitenlänge von  $2777777777\dots$ , dann ist die Seitenlänge des einbeschriebenen Quadrates

$$2777777777\dots \times 9 = 24999999999\dots \approx 25$$

Die Zahl 25 und ihr Reziprokwert 4 führt den transzendenten Einheitskreis in die endlichen Zahlen mit ihren konstruierbaren Wurzeln über. Der irrationale und zur pythagoreischen Figur beziehungslose Charakter des Kreises wäre mit diesen Überlegungen verschwunden. Denn die gedachte unendliche Reihe mathematischer Punkte als eine gleichförmige in sich zurückkehrende Kette von Einsen bringt durch identische Zahlen nur das zum Ausdruck, was der Kreis als geometrische Figur bereits an sich darstellt: das neutrale Gleichgewicht. Dieses aber ist der Angelpunkt aller Logik als Bezugssystem der Erkenntnis.

Zu jeder beliebigen und um  $45^\circ$  zur Horizontalen geneigten Strecke kann mit Zirkel und Lineal der dieser Strecke zugeordnete Kreis konstruiert werden (Fig. 5), ebenso die einbeschriebene pythagoreische Figur. Das Quadrat des Kreises konstruiert sich aus dem Rechteck  $\overline{AB} \cdot d$  oder  $\overline{AC} \cdot \overline{AB'}$ , das leicht in ein Quadrat umgewandelt werden kann.

$$k_{kreis} = 3,1426968\dots$$

Es ist die Fläche des Kreises mit  $d = 9\sqrt{5}$ :

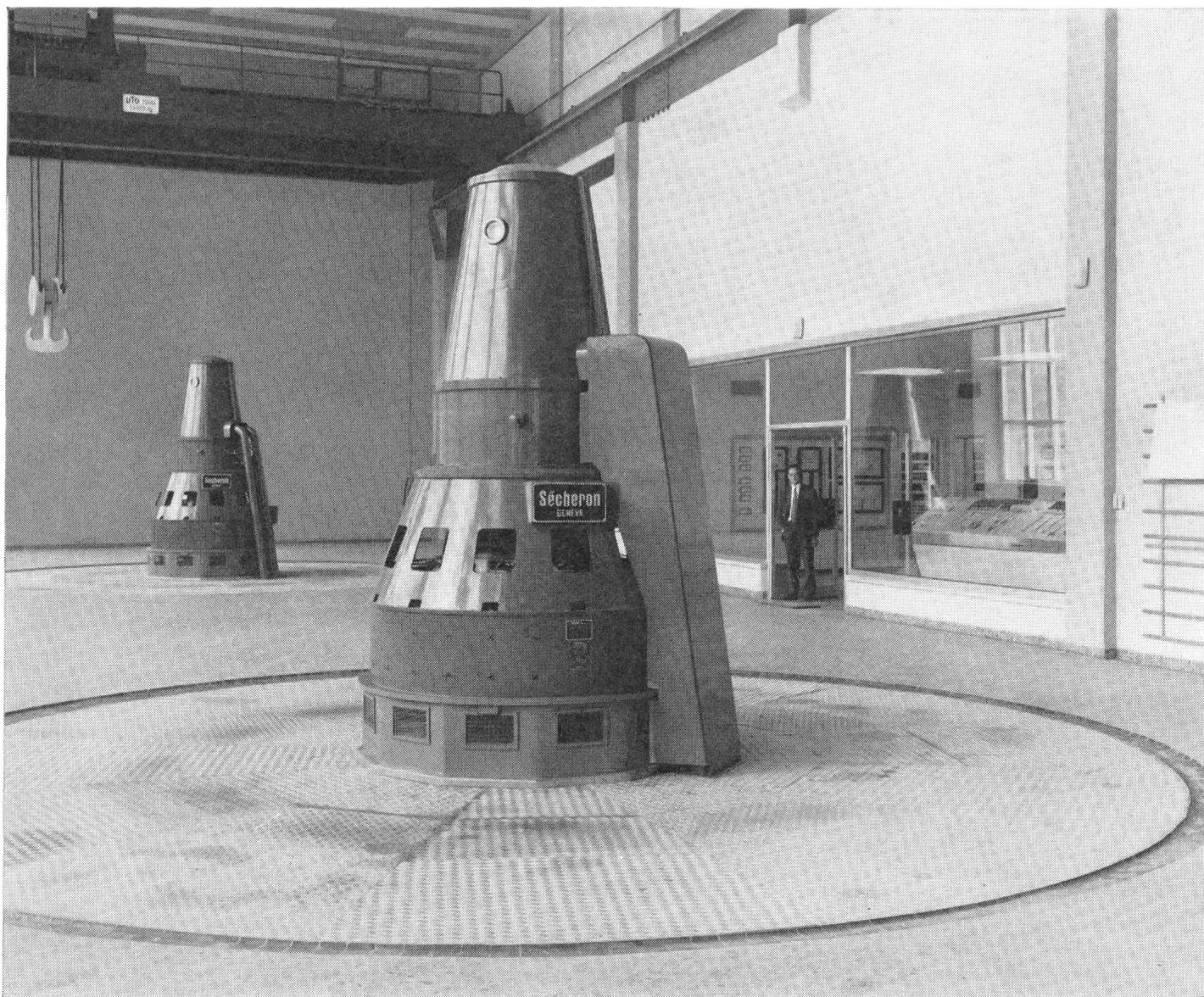
$$F = r^2 \cdot k_{kreis} = 318,19805\dots$$

und die Reziprozität  $10 : k_{kreis} = 3,1819805\dots$

Es folgt daraus, dass die Reziprozität von  $k_{kreis} \cdot 100$  gleich der Fläche eines Kreises ist, dessen einbeschriebene pythagoreische Figur mit  $s = 9$  am Hypotenusenquadrat und  $9\sqrt{5} = d$  das Verhältnis von Durchmesser und Umfang bestimmt. G. Baur, Zürich

**Présence de sécheron**

**à Schiffenen - EEF**



**2 alternateurs synchrones triphasés  
à axe vertical  
42 MVA, 214 t/min , 10 kV  
avec leur équipement complet  
d'excitation et de réglage.**

**S.A. des Ateliers de Sécheron, 1211 Genève 21**

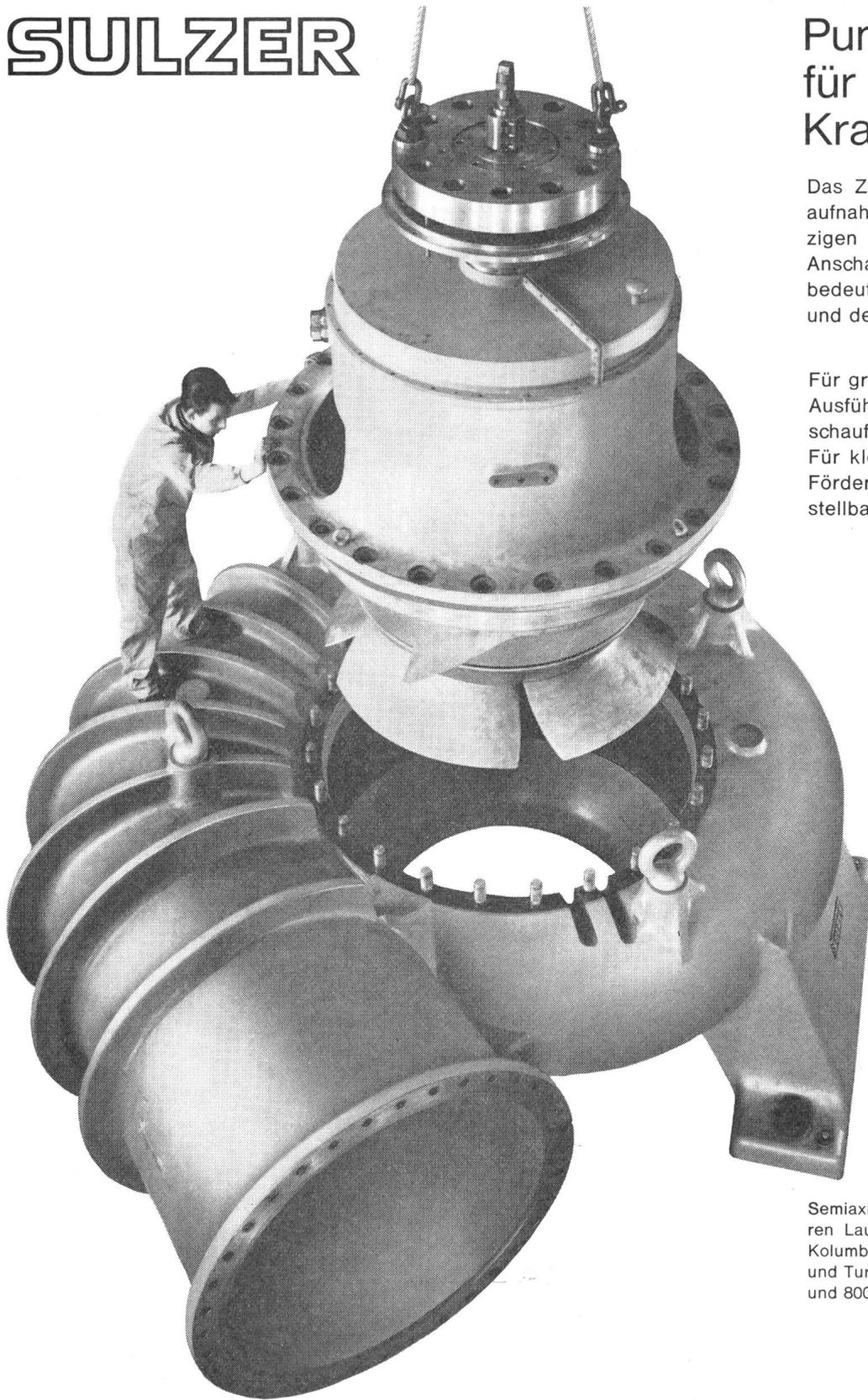
# SULZER

## Pumpen-Turbinen für hydraulische Kraftwerke

Das Zusammenfassen von Energieaufnahme und -abgabe in einer einzigen Maschine ermöglicht niedrige Anschaffungs- und Baukosten sowie bedeutende Vereinfachung der Anlage und des Betriebes.

Für große Gefälle bzw. Förderhöhen: Ausführungen mit beweglichen Leit-schaufeln.

Für kleine und mittlere Gefälle bzw. Förderhöhen: Ausführungen mit verstellbaren Laufschaufeln.



Semiaxiale Pumpen-Turbine mit regulierbaren Laufschaufeln für ein Speicherwerk in Kolumbien. Leistungsgrenzen im Pumpen- und Turbinenbetrieb zwischen 32 und 39 m und 8000 und 12000 l/s.

Einige neuere Aufträge:

Loch Awe, Schottland (Bestellung erteilt an English Electric Co.)

2 Pumpen-Turbinen von je 100 000 kW

Robiei, Maggia-Kraftwerke, Schweiz

4 Pumpen-Turbinen von je 40 000 kW

Rönkhausen, Deutschland

1 Pumpen-Turbine von 70 000 kW

Pumpen-Turbinen bauen wir in Zusammenarbeit mit der English Electric Co.

Gebrüder Sulzer, Aktiengesellschaft Winterthur, Schweiz

1130