Kultur Jechnik Zeitschrift des

Zeitschrift des Deutschen Museums 3/1986



Titelbild: Die Stahlschreibfedern des 19. Jahrhunderts aus der reichen Sammlung der Abteilung Schreib- und Drucktechnik des Deutschen Museums zeigen die Formenvielfalt, die die Stahlfederhersteller ihren Produkten gaben. Mit Phantasie und Witz nutzten sie die für die Funktion notwendigen Lochungen für eine originelle Gestaltung mit verschiedensten Motiven.

Manche Großhändler führten bis zu 400 verschiedene Federtypen, um die Launen und Bedürfnisse ihrer Kundschaft befriedigen zu können. An der hier wiedergegebenen Musterkollektion fällt der zartviolett, mit dem ersten fabrikmäßig hergestellten Teerfarbstoff »Mauvein« (1856) gefärbte Pappkarton auf. Mauvein wurde nicht nur als Textil- und Papierfarbstoff verwendet, sondern bei der Herstellung von Anilintinten auch als Tintenfarbstoff.



Kultur Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums 10. Jahrgang, Heft 3, 1986

Herausgeber: Deutsches Museum Redaktion: Dr. E. H. Berninger, Zdenka Hlava, Dr. Otto Krätz, Peter Kunze (verantwortlich), Dr. Jürgen Teichmann Museumsinsel 1 D-8000 München 22 Telefon (0 89) 21 79-2 13/2 14

Die mit Autorennamen gezeichneten Artikel geben nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers und der Redaktion wieder.

Kultur & Technik ist gleichzeitig Publikationsorgan für die Georg-Agricola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik und für den Verein zur Förderung der Industrie-Archäologie e. V. Verantwortliche Redaktion für den Teil »Industrie-Archäologie«: Dr. Dietmar Köstler, Guffertstraße 20, 8000 München 82, Telephon (089) 4317147

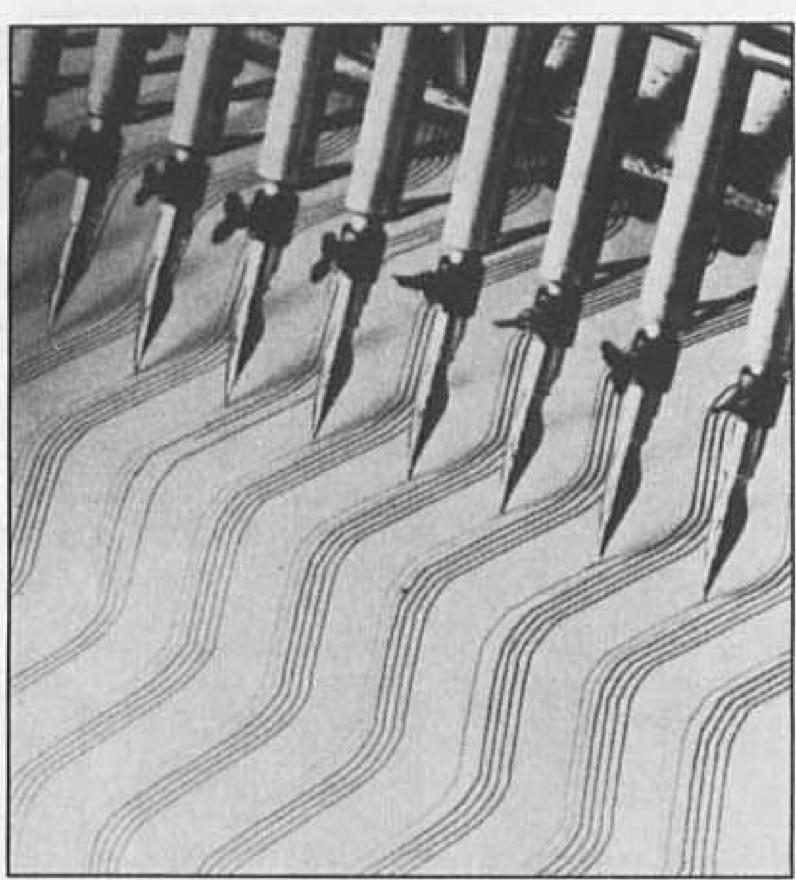
Layout: Studio Lenek, München Lithographien: Brend'amour, Simhart GmbH & Co. Satz, Druck, Bindearbeit und Versand: Bergverlag Rudolf Rother GmbH, Landshuter Allee 49, 8000 München 19. Verantwortlich für Anzeigen: Peter Schlaus, Tel. (089) 6248236. Verlegt vom Deutschen Museum, Museumsinsel 1, 8000 München 22

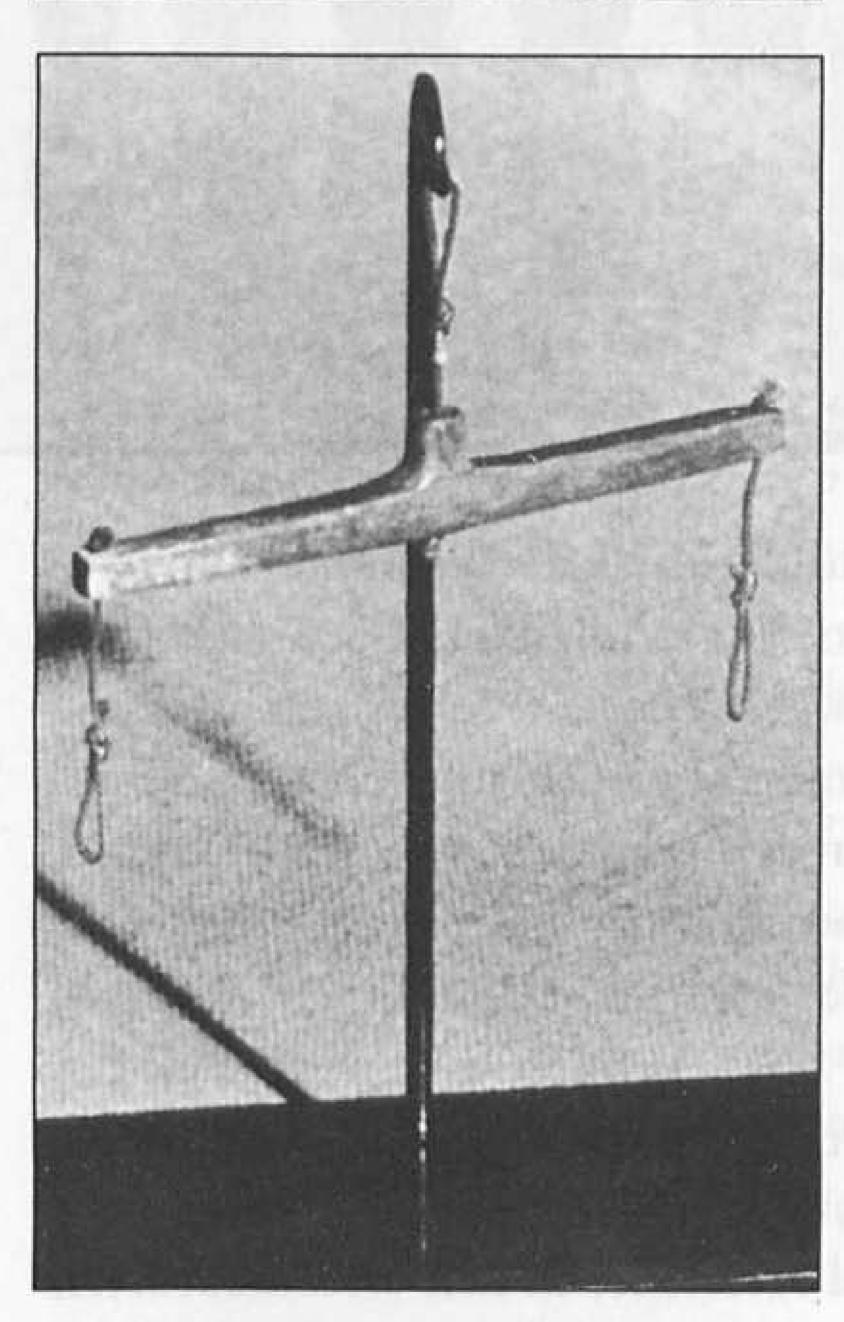


ISSN 0344-5690 Printed in Germany Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich. Bezugspreis: Einzelheft DM 8,-

Für Mitglieder des Deutschen Museums, München, und des Vereins zur Förderung der Industrie-Archäologie e. V. ist der Bezugspreis im Mitgliedsbeitrag enthalten.









IN DIESER AUSGABE:

Elisabeth Vaupel

146 Vom Gänsekiel zur Stahlfeder

ELISABETH VAUPEL

153 130 Jahre Schreibtinte

Ein Stück Chemiegeschichte

im Spiegel eines Kindergedichtes

RUDOLF WERNER SOUKUP

162 Alchemie

Bildwelt ohne Weltbild

KARIN FIGALA/OTMAR FALTHEINER

Metrosophische Spekulation/
Wissenschaftliche Methode

ERNST PERNICKA

180 Archäometrie
200 Jahre Anwendung analytischer
Methoden in der Archäologie

FRITZ FRAUNBERGER

192 Über die sogenannten Lichtmühlen

196 Erste transkontinentale
Telegrafenverbindung
Die »Indo-Europäische«-Linie
(1870 – 1931)

Helmuth Albrecht 202 60 Jahre Georg-Agricola-Gesellschaft

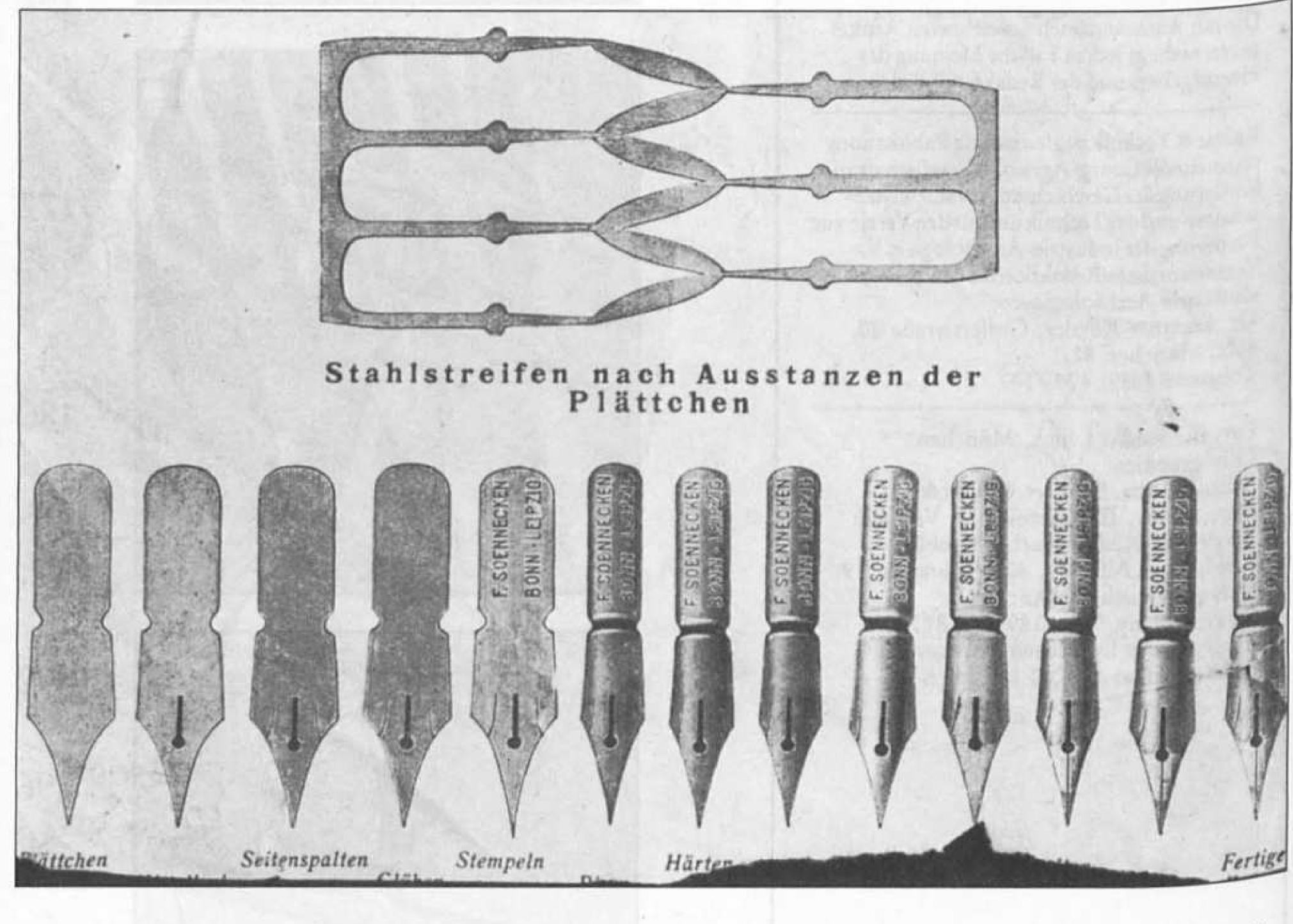
Sigfrid von Weiher 204 Gedenktage technischer Kultur

207 Unsere Autoren

209 Für Sie gelesen

Vom Gänsekiel zur Stahlfeder





Das Zuschneiden von Vogelkielfedern – ihr Gebrauch war bereits im 5. Jahrhundert aufgekommen –, war eine besondere Kunst, die man bei Schreibmeistern oder mit Hilfe von gedruckten Anleitungen erlernen konnte. Kielfedern wurden in Europa bis um die Jahrhundertwende als Schreibwerkzeug gebraucht. Verschiedene Redewendungen deuten noch heute darauf hin, welch wichtige Rolle die Feder spielte: federführendes Mitglied, eine scharfe Feder führen, ein Mann von der Feder, Federfuchser usw.

Der Weg vom Federrohling bis zur fertigen Stahlfeder (oben rechts).

Alle Abb. zu diesem Beitrag zeigen Sammelstücke aus der Abteilung Schreib- und Drucktechnik des Deutschen Museums, München.

Obwohl die Kielfeder viele Jahrhunderte lang ein sehr erfolgreiches Schreibinstrument war, wurde ihre Vorrangstellung doch immer wieder angefochten. Schon die Römer benutzten, wie Ausgrabungsfunde aus Pompeji beweisen, gelegentlich Metallfedern, die aus dünnen Kupfer-, Silber- oder Bronzeblechen geschnitten und griffelartig zusammengerollt waren. Im Laufe der Jahrhunderte haben Erfinder und Hersteller in den verschiedensten Ländern immer wieder versucht, die Kieldurch Metallfedern zu ersetzen. Keine dieser »Erfindungen« bewährte sich allerdings auf Dauer, denn alle diese Metallfedern waren noch so wenig elastisch, daß sie beim Schreiben kratzten, spritzten oder gar Löcher in das Schreibmaterial stachen. So hielt sich bis weit ins 19. Jahrhundert hinein der Gänsekiel als in Europa allgemein übliches Schreibinstrument. Es ist umstritten, auf welchen Zeitpunkt

die Erfindung der Stahlfeder genau zu datieren ist. So viel ist aber sicher: Vor ihrer fabrikmäßigen Herstellung gab es mehrere Personen, die sich mit der Einzelherstellung von Stahlfedern befaßt hatten, so daß in der Literatur verschiedene Namen von angeblichen »Ersterfindern« genannt werden. Jedenfalls fanden die handwerklichen Versuche, Metallfedern herzustellen, zuerst in England besondere Aufmerksamkeit und dort, namentlich in Birmingham, entstanden um das Jahr 1818 die ersten Stahlfederfabriken.

Anfangs mußte jede Feder mühsam von Hand gefertigt werden. Dabei erwies sich als größtes Problem die richtige Schlitzung der Feder. Sehr bald jedoch wurde deutlich, daß die Stahlfeder nur dann genügend Elastizität bekommt, wenn man auf beiden Seiten des Hauptschlitzes noch weitere, etwas kürzere Schlitze anbringt. Diese Seitenschlitze sind auf den neben-

stehenden Photos deutlich zu erkennen. Seit 1830 wurden in der englischen Stahltederfabrikation Schraubpressen benutzt, die denen ähnelten, die in der Knopfmacherei schon längere Zeit verwendet Wurden. Mit diesen Stanzmaschinen konnten aus den möglichst dünn ausge-Walzten Stahlbändern massenweise Stahltedern (von einer Schnellpresse bis zu 28000 pro Tag) ausgeschnitten werden. Jede Einzelstanze wurde so nah wie es nur ging an die Nachbarstanze herangerückt, um möglichst wenig Abfall zu produzieren. Die Federrohlinge wurden als nächstes mit den für das Festhalten der Tinte erforderlichen Löchern versehen, aus den oben schon genannten Gründen seitlich geschlitzt, der Name von Hersteller, Handelsmarke und das jeweils gewünschte Ziermotiv eingeprägt und schließlich in die nötige Rundform gebogen. Nun konnte der Stahl gehärtet und schließlich die Schreibspitze in der Mitte geschlitzt werden. Zusätzliche Flexibilität der Feder konnte erreicht werden, indem man vor allem am Schlitzende noch ein Loch ins Metall stanzte. Durch Erhitzen auf unterschiedliche Temperaturen erhielten die Federn die verschiedensten Farbtönungen und zum Schluß wurden sie noch mit einem Rostschutz gelackt. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts verbrauchten die 13 Hauptwerke in Birmingham rund 28 Tonnen des feinsten Stahls pro Woche und stellten daraus pro Jahr etwa 175 Millionen Schreibfedern her. Sie wurden in Schachteln verpackt und in alle möglichen Gegenden der Erde verschickt.

Trotz aufwendiger Veredlung, üppiger Zierprägungen und massiver Werbung wurde die Neuheit anfänglich nur zögernd aufgenommen. Ein großer Schritt war getan, als die Entwicklung neuer Tinten gelungen war, die – anders als die bis dahin üblichen, extrem säurehaltigen Tinten – die Stahlfedern nicht mehr zerfraßen und korrodierten.

Trotz guter Haltbarkeit und Elastizität hatten die Stahlfedern aber immer noch den Nachteil, daß sie schon nach ein paar Worten wieder ins Tintenfaß eingetaucht werden mußten. Dieser Mißstand fiel erst mit der Erfindung der Füllfeder weg. Einer der frühesten Hersteller von Füllfederhaltern war der Versicherungsangestellte L.E. Waterman, der 1883 einen Federhalter mit Kautschukreservoir auf den Markt brachte, in dem genügend Tinte ge-

etammt aus meines Schulerzeit, sie eustand proviseau 1870 und 1876 und euthäct 223 Stück vorschiedener damols in Reval gebränchlicher Stahlfedern, meist deutscher & englischer Hestumft. Zine Teder nuns deutscher & englischer Hestumft. Zine Teder nuns sehr alt sein, dem ich fand sie als Quintaner auf dem Khassenofen (Sind neuere Tederu angebracht, soche Rigaer Bot. trif Jafel 6 sind neuere Tederu angebracht, soche Rigaer Bot. Inf Jafel 6 sind neuere Tederu angebracht, soche Rigaer Bot. Bestin (1900 als Miffsofun Mart) erhielt, als ich die Rigaer Betellt.

Die Abteilung »Schreib- und Drucktechnik« des Deutschen Museums besitzt eine reichhaltige Sammlung von Stahlfedern des 19. Jahrhunderts. Die 223 Federn, die sich in dieser Pappschachtel befinden, hat ein Liebhaber schon als Schüler zusammengetragen und folgendes über die Geschichte seiner Sammlung festgehalten: »Diese Stahlfeder-Sammlung stammt aus meiner Schülerzeit, sie entstand zwischen 1870 und 1876 und enthält 223 Stück verschiedener damals in Reval gebräuchlicher Stahlfedern, meist deutscher & englischer Herkunft. Eine Feder muß sehr alt sein, denn ich fand sie als Quintaner auf dem Klassenofen. Auf Tafel 6 sind neuere Federn angebracht, so die Rigaer Börsenfeder in 4 Sorten und die Bremer Börsenfeder, die ich 1919 aus Berlin (1 Gross* als Muster ohne Wert) erhielt, als ich die Rigaer Börsenfeder bestellte.

12. VII 1921 Rud. Lehbert« Die erwähnte, außergewöhnlich alte Feder ist nochmals vergrößert herausphotographiert worden. Sie ist besonders originell geformt: als Gesicht! Dazu eine Feder in Form einer Hand mit der als Zeigefinger auslaufenden Schreibspitze.

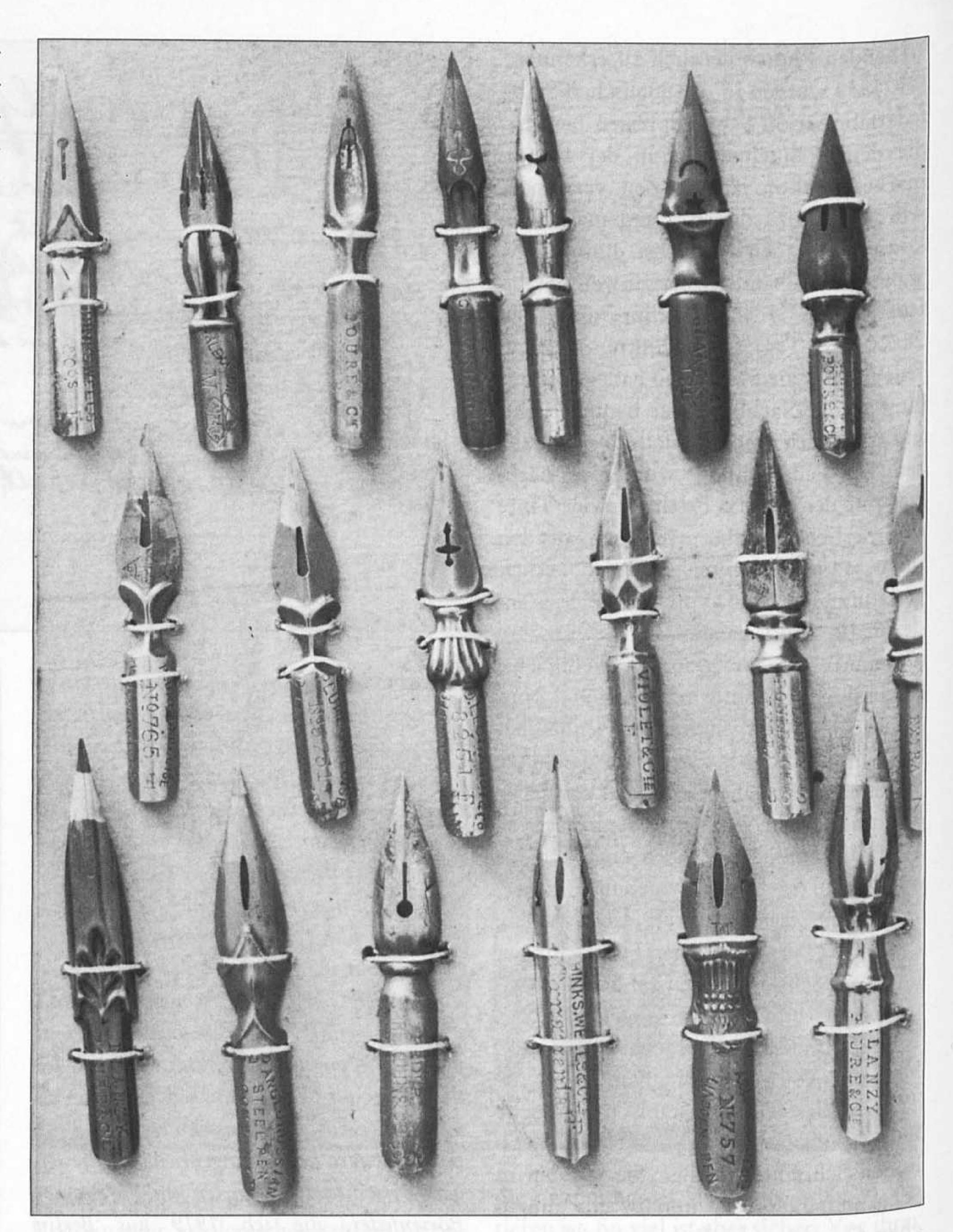
speichert werden konnte, um 1600 Wörter damit zu schreiben. Die meisten frühen Füllfedern mußten aus dem Tintenfaß mit Hilfe einer Pipette gefüllt werden. Das waren die sogenannten Standardfüller. Andere, sorgfältiger angefertigte Versionen waren die Sicherheitsfüller, besonders konstruiert, um ein unerwünschtes *) 1 Gross = 12 Dutzend

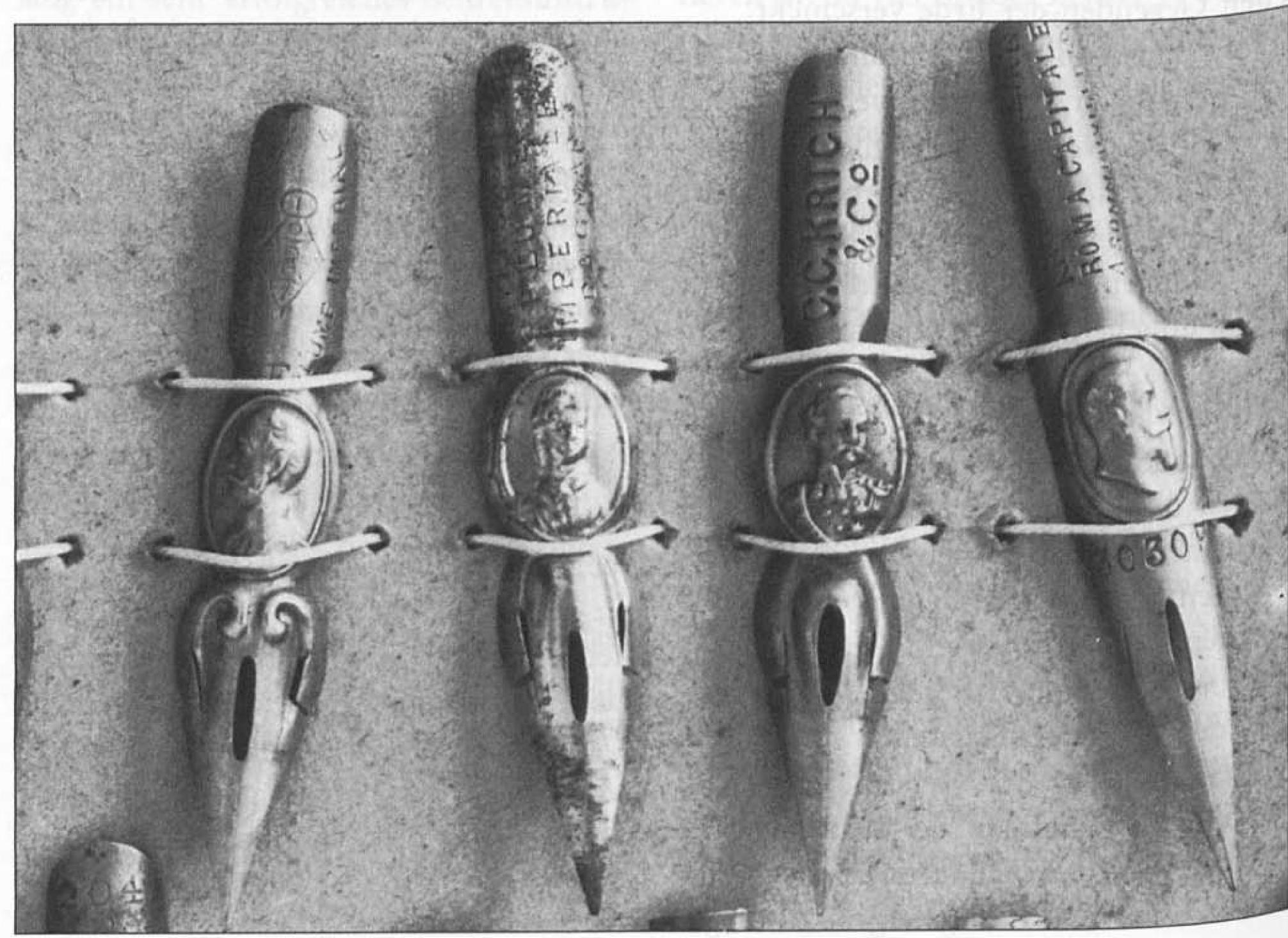


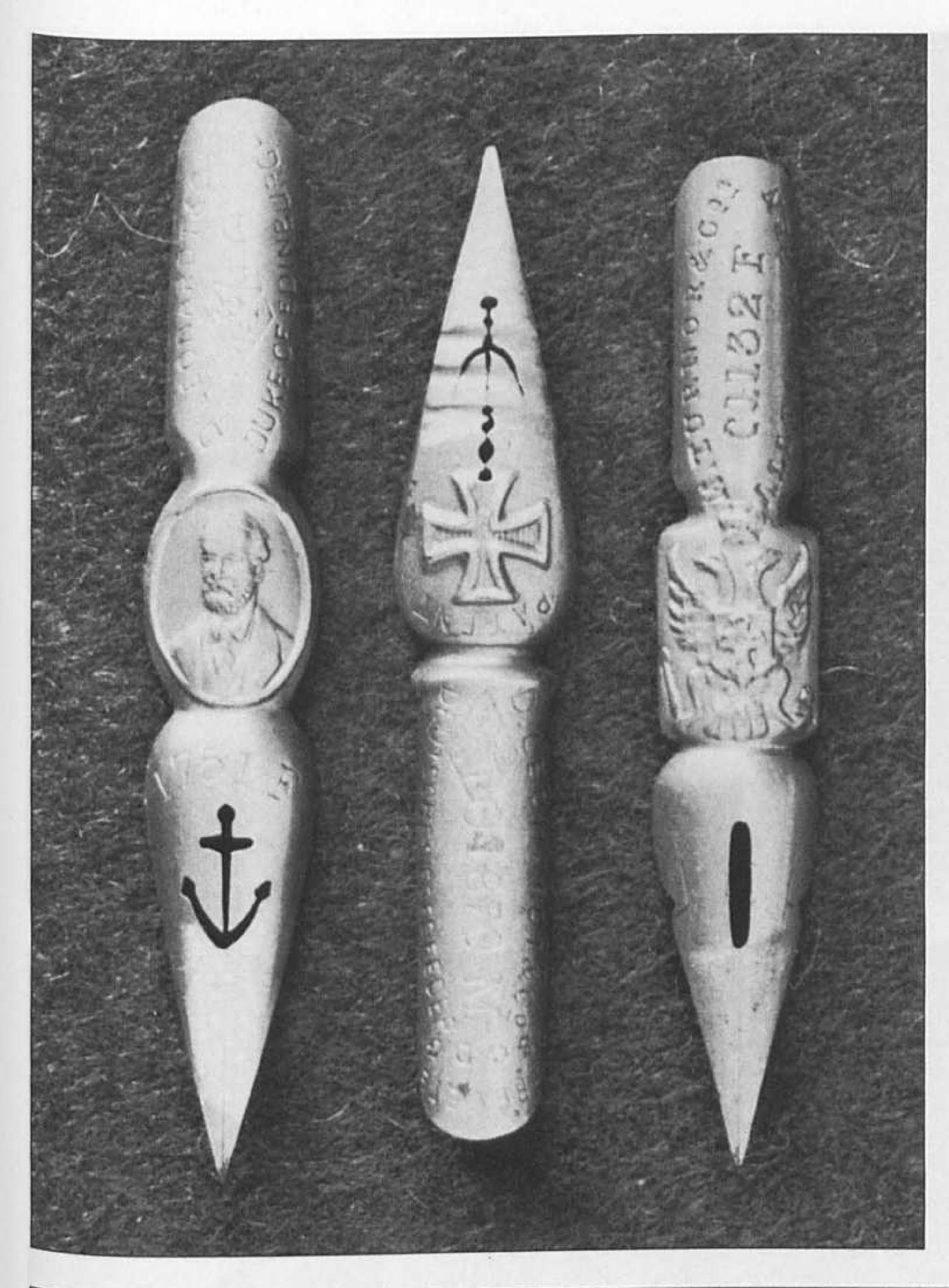
Ausfließen der Tinte zu verhindern, und Selbstfüller, die mit einem Einsatz ausgerüstet waren, um die Tinte in den Kolben zu saugen. Es muß aber betont werden, daß die erste Erwähnung einer Füllfeder durchaus nicht auf das späte 19. Jahrhundert zu datieren ist. Auch hier gab es, wie bei jeder Erfindung, beachtenswerte Vorläufermodelle.

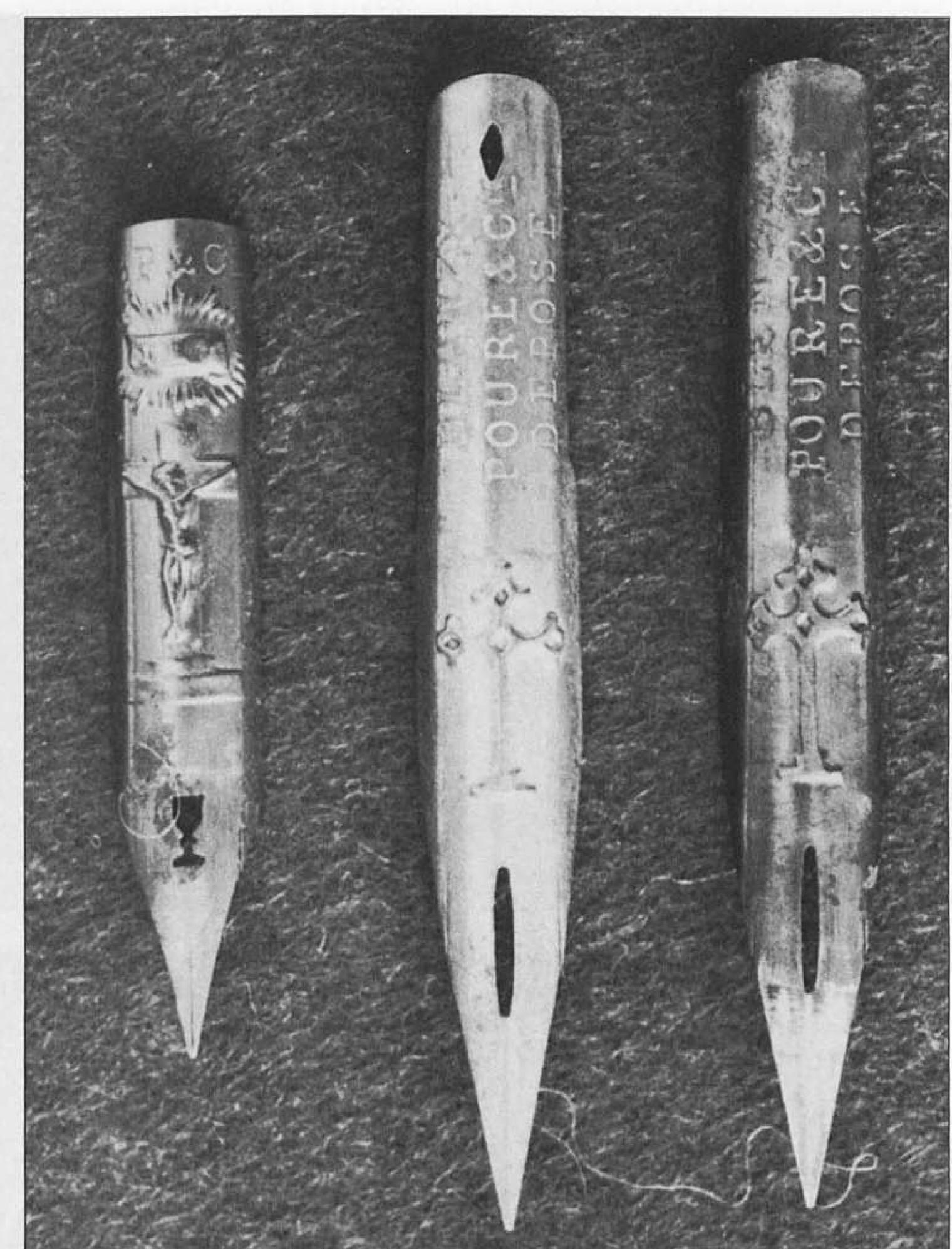
Diese Stahlschreibfedern des 19. Jahrhunderts, die aus der reichhaltigen Sammlung der Abteilung »Schreib- und Drucktechnik« des Deutschen Museums stammen und heute zu begehrten Sammelobjekten geworden sind, vermitteln einen kleinen Eindruck von der Formenvielfalt, die die Stahlfeder-Hersteller des letzten Jahrhunderts ihren Produkten zu geben pflegten. Im Zeitalter der auf Zweckmäßigkeit optimierten, dafür aber mehr oder weniger vereinheitlichten Massenprodukte ist es kaum vorstellbar, mit welcher Originalität und Phantasie die ersten Stahlfedern gestaltet waren. Das Notwendige wurde damals mit dem Künstlerischen auf angenehme Weise verbunden: So ist die für das Festhalten der Tinte erforderliche Lochung aus verschiedenen Schlitzen, Kreuzen und Dreiecken oft so angeordnet, daß eine ästhetisch ansprechende oder aber lustig aussehende Feder (z.B. ein »Gesicht«) entsteht. Bizarr muten die gekrümmten Federn an und originell ist das in Form einer Hand ausgebildete Exemplar mit der als Zeigefinger auslaufenden Schreibspitze. Da gab es Erinnerungsfedern; die an als wichtig empfundene Ereignisse (z.B. Weltausstellungen, Handelsmessen, militärische Siege) erinnerten, Porträtfedern mit den Köpfen historisch bedeutender Persönlichkeiten (z.B. Politiker, Herrscher, Schriftsteller), Federn mit christlichfrommen Ornamenten (z.B. Kruzifixen, Rosenkränzen), Federn mit Tier- und Blumenmotiven, solche, die die Begeisterung für die Wunder von Technik und Wissenschaft ausdrückten (sie waren z.B. mit Schiffen und Eisenbahnen verziert), kurz: Federn wurden damals in unendlich vielen Formen, Größen und Farben hergestellt.

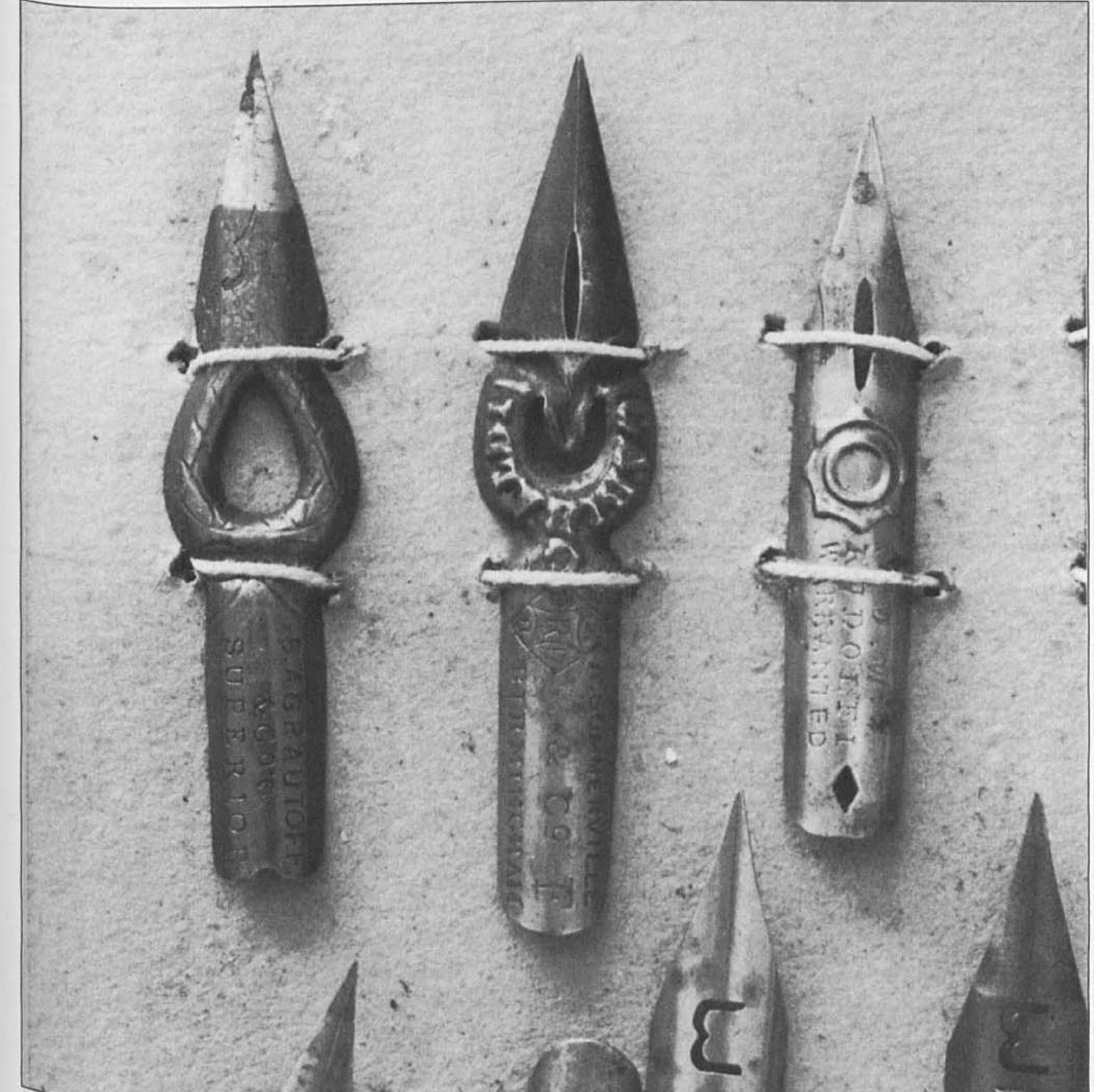
Stahlfedern, die wie mittelalterliche Lanzen und Hellebarden aussehen (oben). Federn mit Porträts (unten).

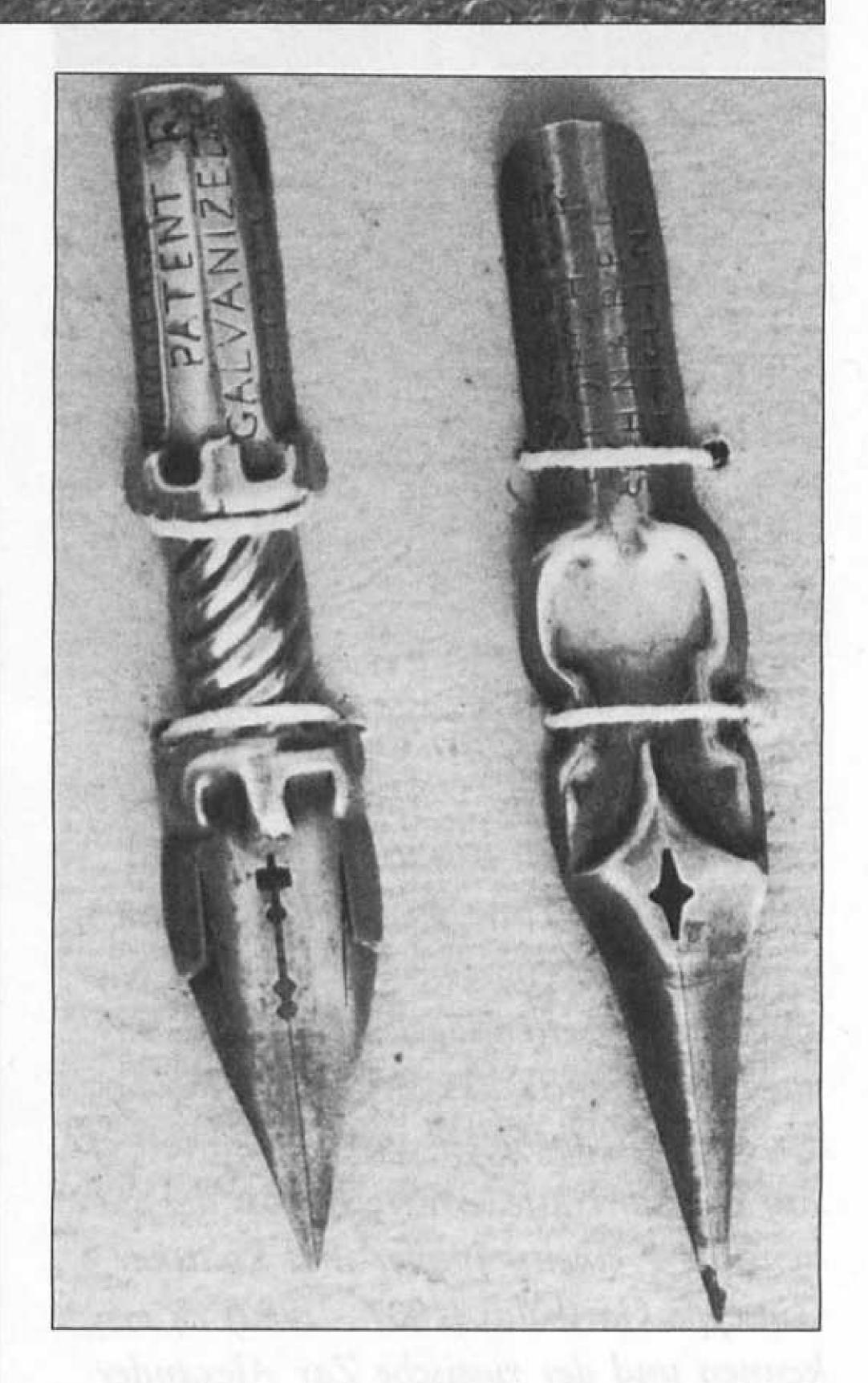




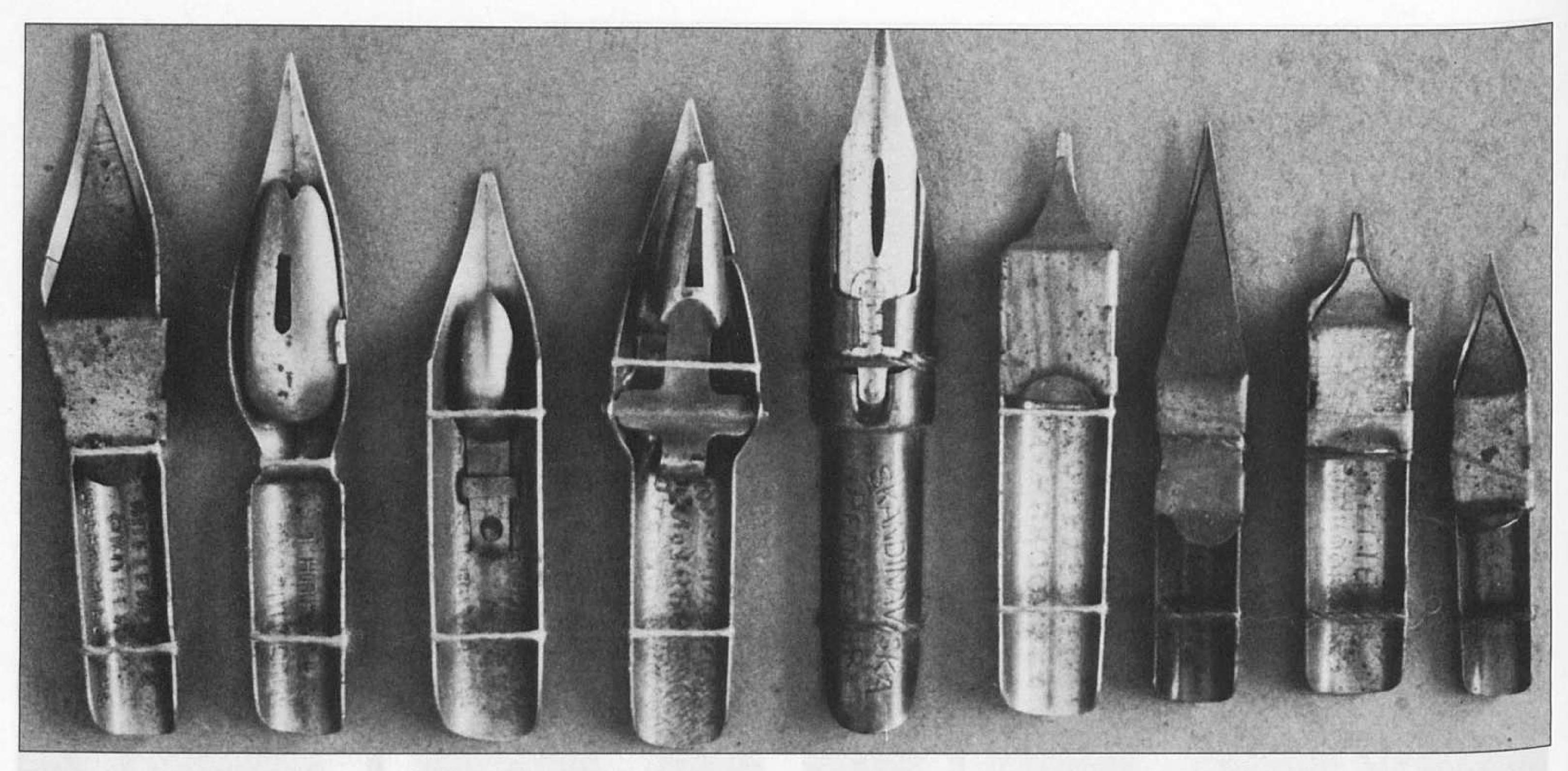


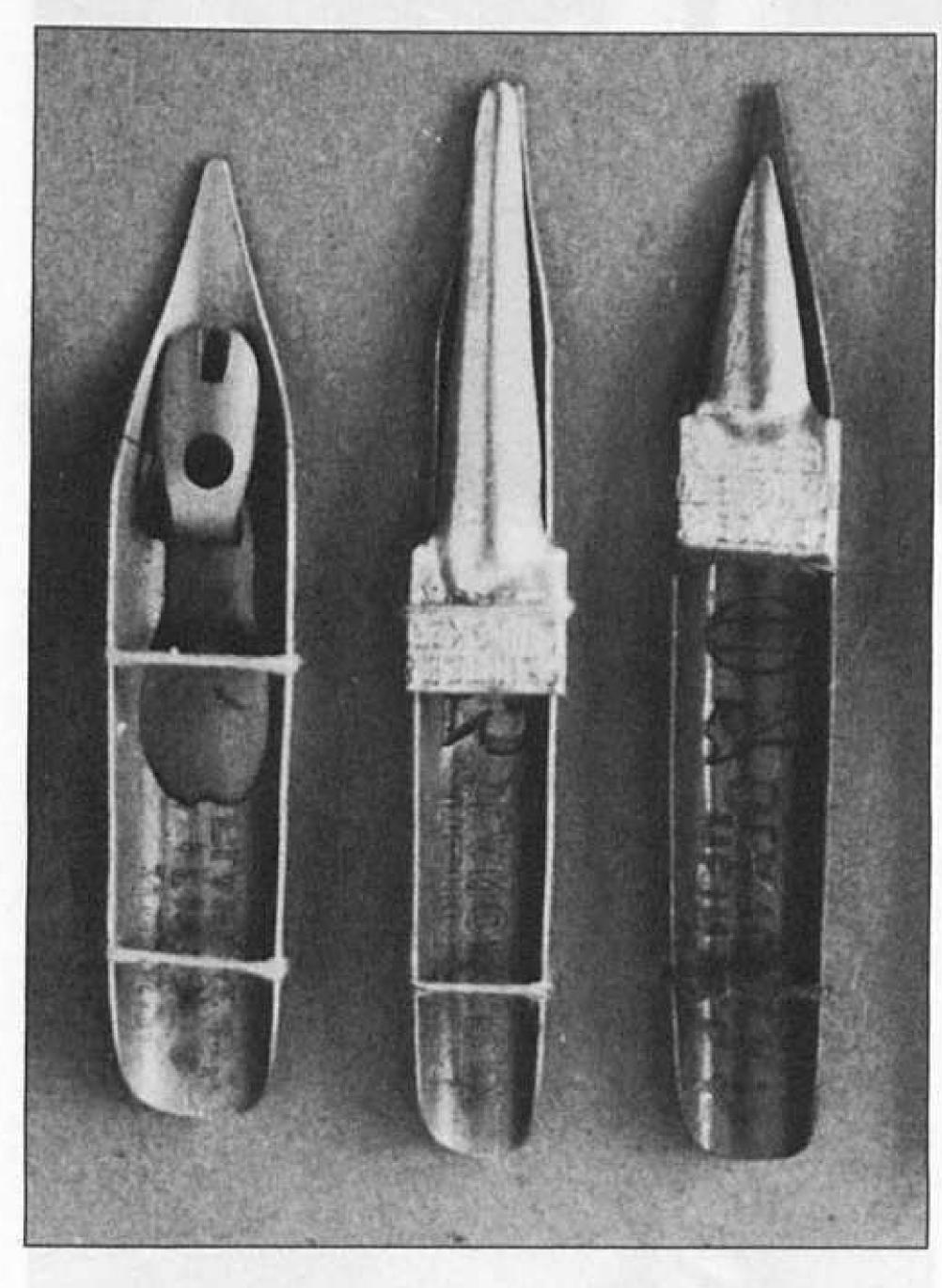




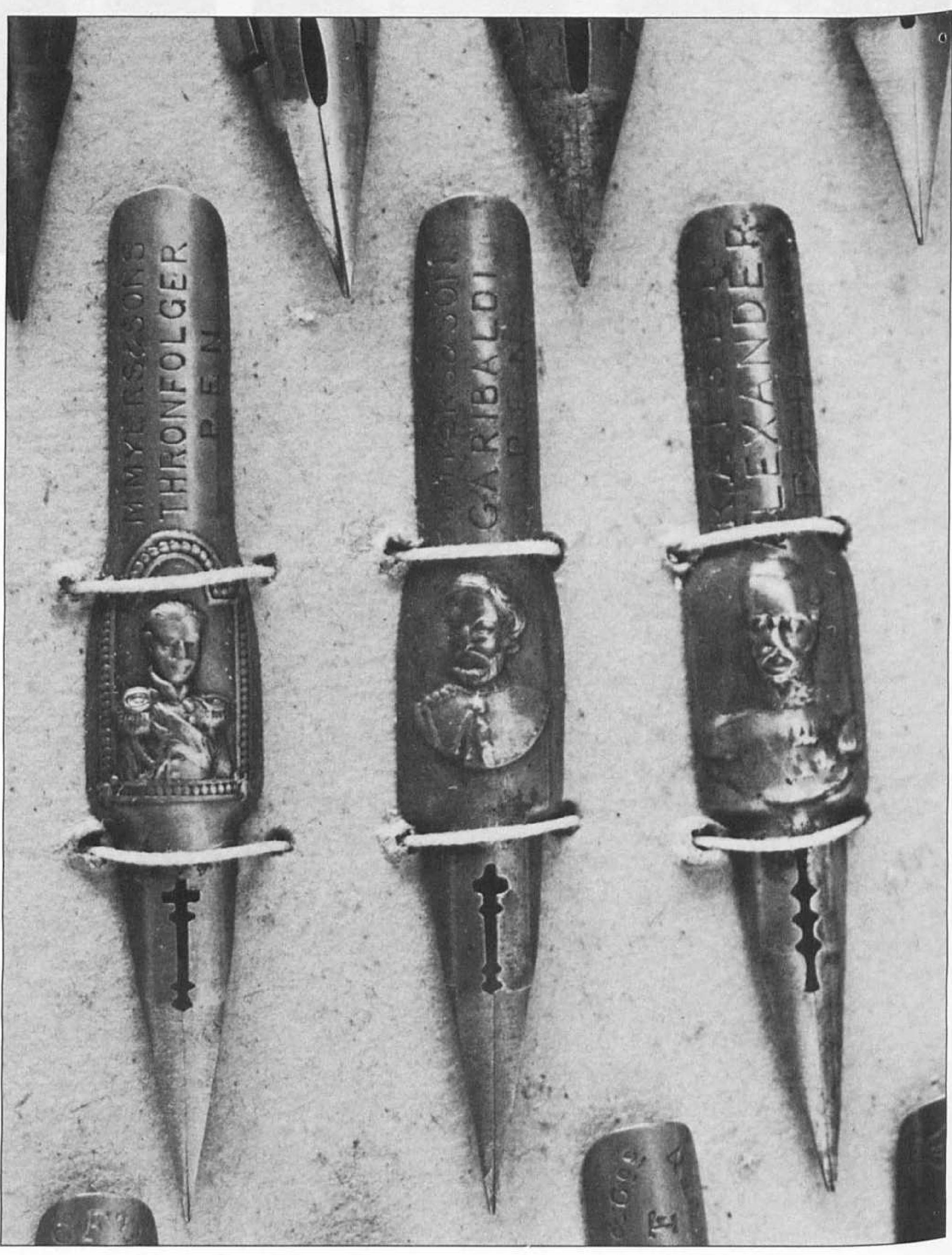


Stahlfedern mit verschiedenen Emblemen und Ornamenten: patriotische Motive (oben links) und christlich-fromme (oben rechts), sowie besonders ornamental ausgeformte Federn.

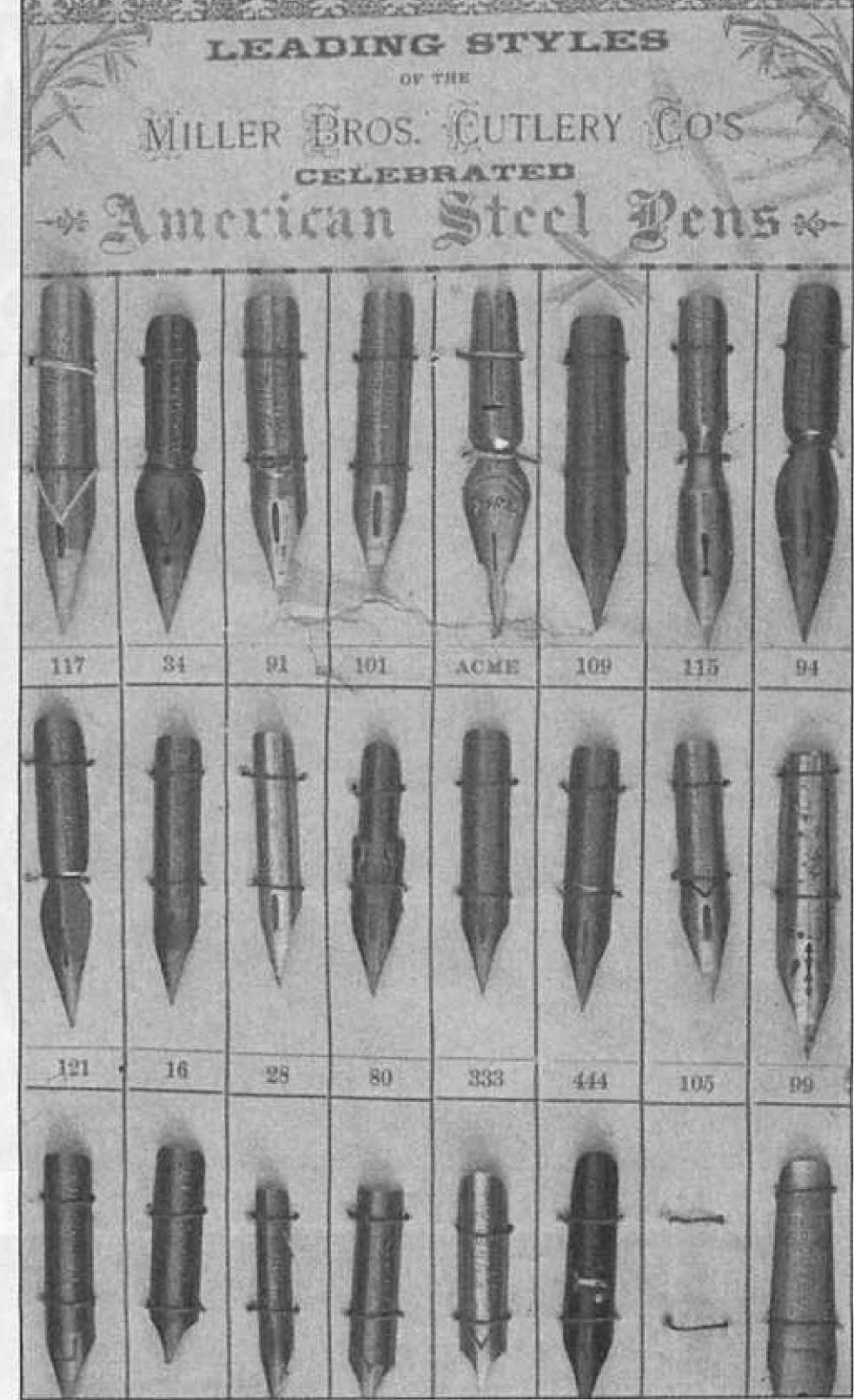


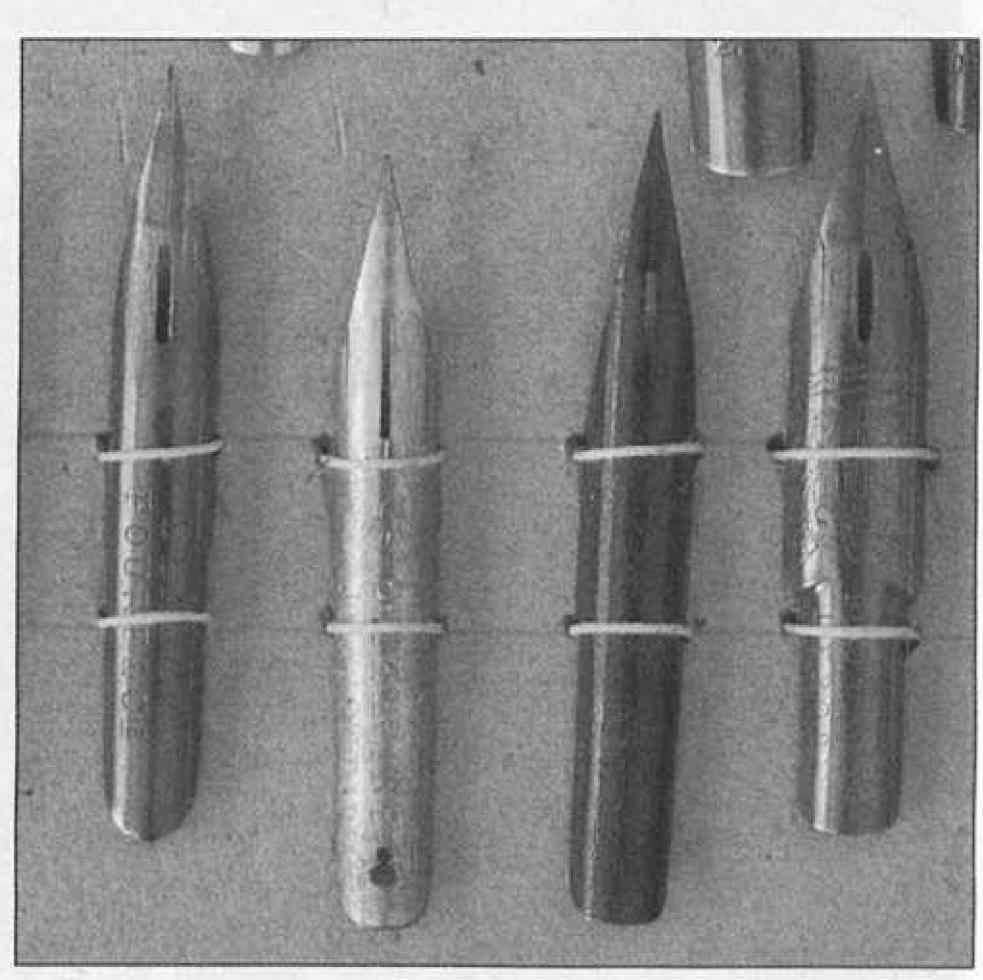


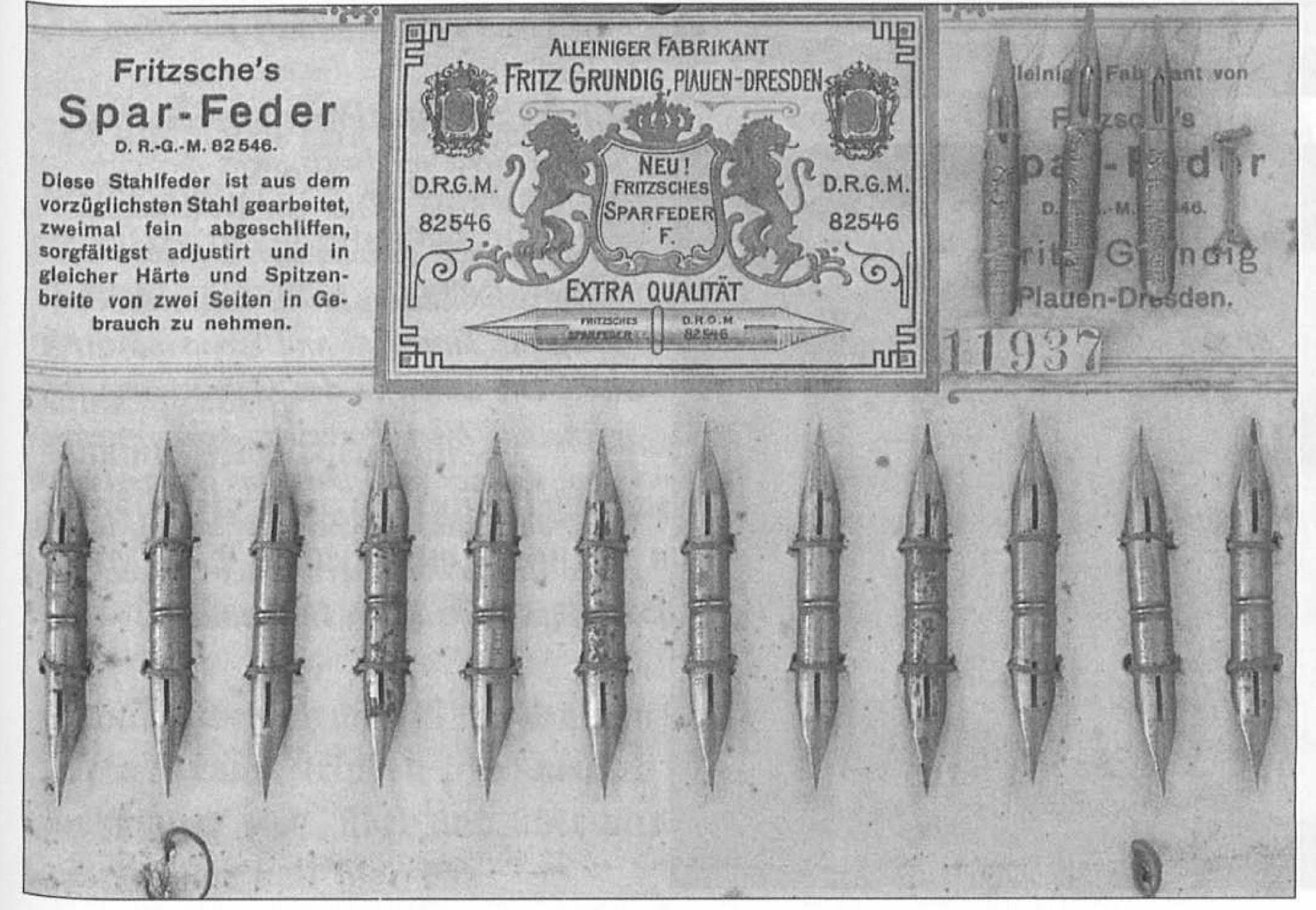
Im Jahre 1878 kamen Reservoirfedern auf, die als direkte Vorläufer der heutigen Füllfederhalter zu betrachten sind: Um möglichst viel Tinte speichern zu können, hatten sie taschenartige Vertiefungen oder umgebogene Seitenflügel. Manchmal versuchte man auch, das Mittelstück der Feder als Tintenbehälter auszubilden (oben). Auf den Porträtfedern (rechts) ist der italienische Freiheitskämpfer und Politiker Giuseppe Garibaldi (1807 – 1882) zu erkennen und der russische Zar Alexander III. (1845 – 1894).



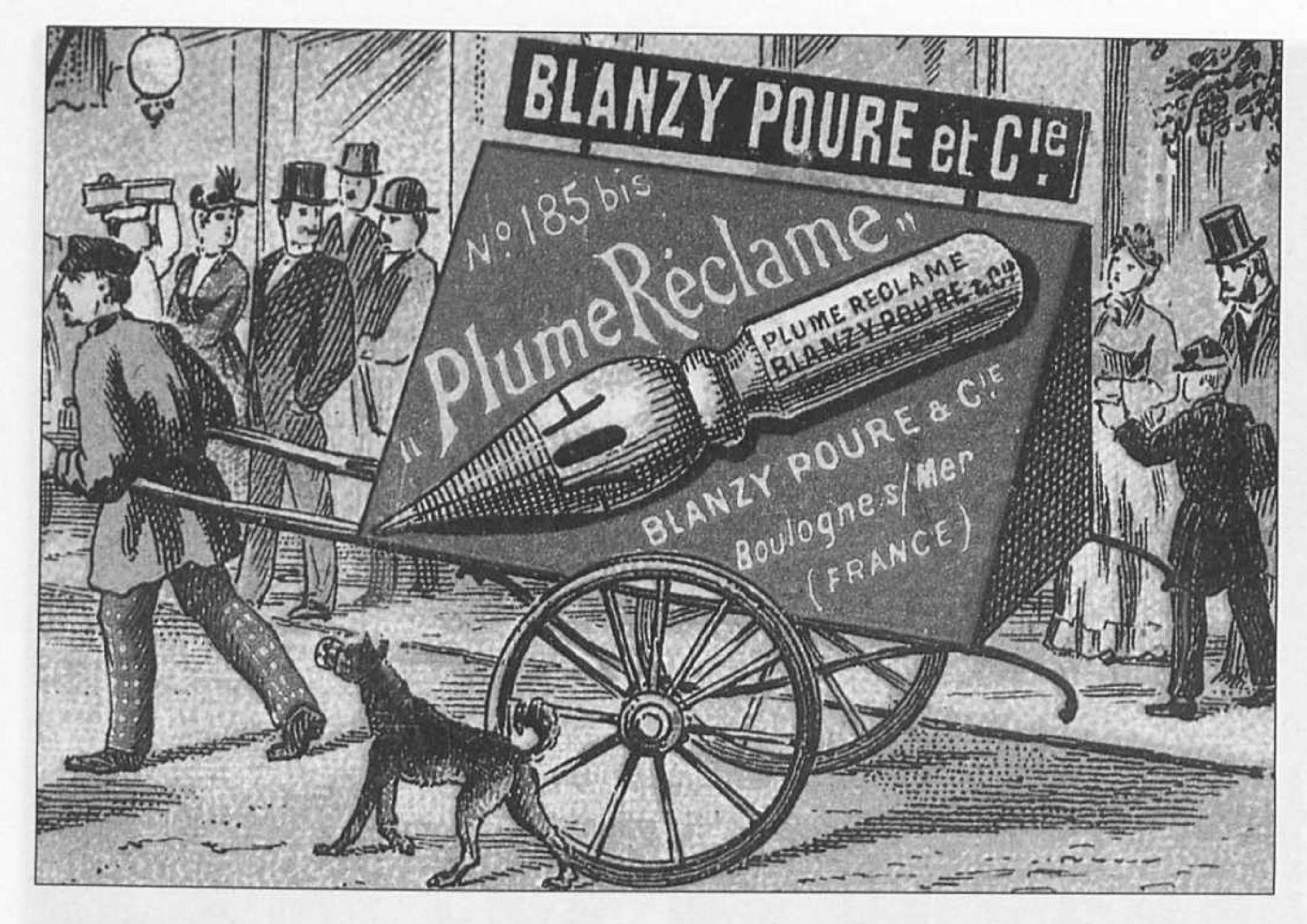








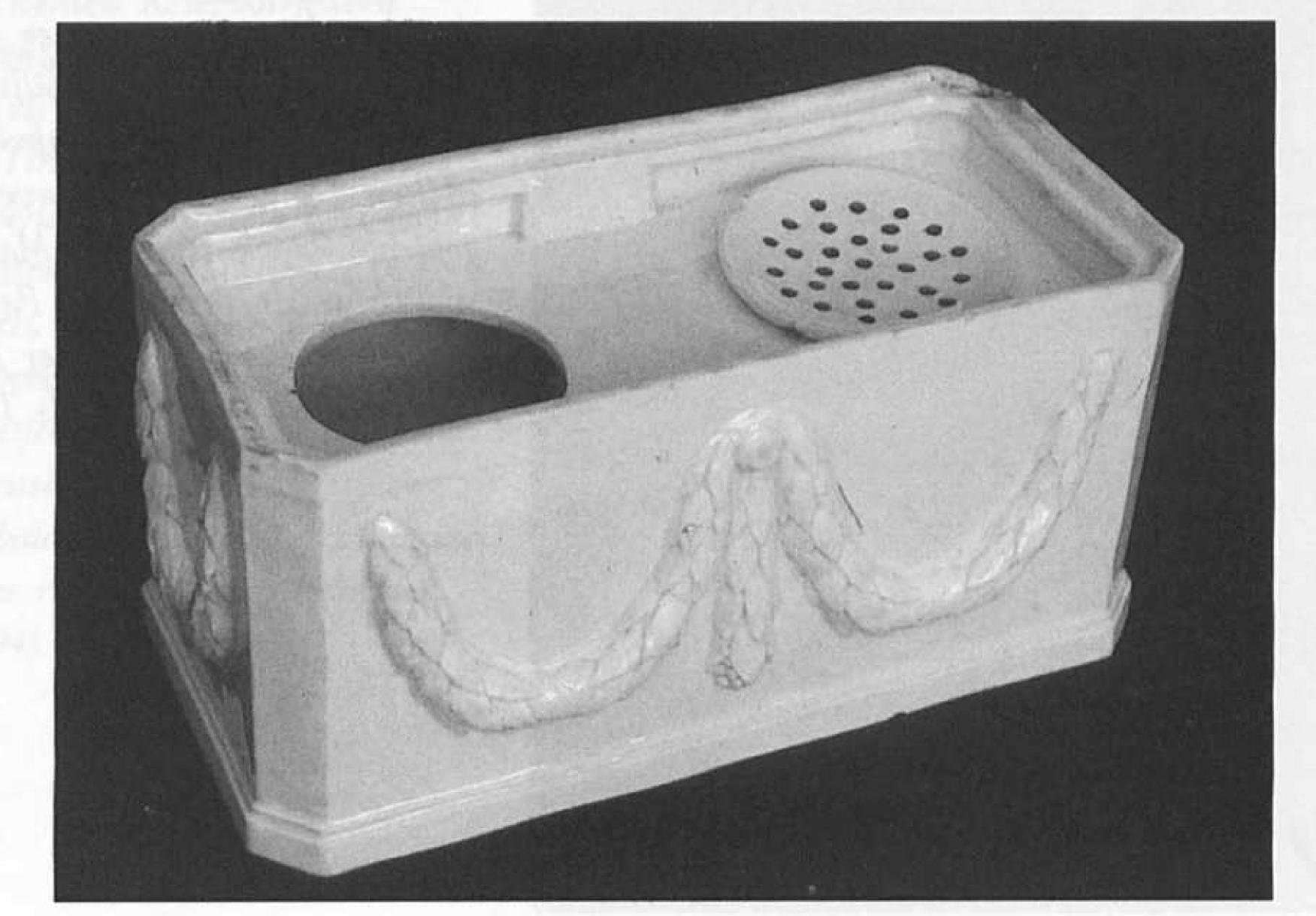
Manche Großhändler führten bis zu 400 verschiedene Federtypen, um die Launen und Bedürfnisse ihrer Kundschaft befriedigen zu können. An einer der »Musterkollektionen« (Titelbild) fällt der zartviolett, mit dem ersten fabrikmäßig hergestellten Teerfarbstoff »Mauvein« (1856) gefärbte Pappkarton auf. Mauvein wurde nicht nur als Textil- und Papierfarbstoff verwendet, sondern bei der Herstellung von Anilintinten auch als Tintenfarbstoff!







Auch die Stahlfederindustrie profitierte vom Aufschwung der Anzeigenwerbung, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zu einer eigenständigen Kunstform zu werden begann (oben links). Die Geschichte der Stahlfedern ist nicht unabhängig von der Geschichte der Tinte: Die meisten Tinten, die jahrhundertelang beim Schreiben mit Kielfedern ausgezeichnete Dienste geleistet hatten, waren für Stahlfedern nämlich völlig ungeeignet, weil sie zu säurehaltig waren und den Stahl schnell korrodierten. Der Gebrauch von Stahlfedern begann sich allgemein erst von dem Zeitpunkt an durchzusetzen, als es gelungen war, diesen das nötige Maß an Elastizität zu geben und Tinten herzustellen, die die Federspitzen weder verklebten noch den Stahl angriffen (oben).



Zur Kultur des Schreibens gehörte viele Jahrhunderte hindurch nicht nur eine Kielfeder (bzw. später ein Federhalter), sondern auch oftmals sehr kunstvoll verzierte Schreibtischgarnituren, in denen Platz für Tintenfaß und Streusandbüchse war. Oft waren in den Garnituren, die gerne aus Zinn, Porzellan, gebranntem Ton, seltener auch aus Glas gefertigt wurden, auch noch Löcher vorhanden, in die man die Schreibfedern hineinstecken konnte (links Mitte, links unten).

130 Jahre moderne Schreibtinte

Ein Stück Chemiegeschichte im Spiegel eines Kindergedichtes

Das alizarinblaue Zwergenkind Nein, was hab ich gelacht!

Da kommt doch diese Nacht Ein kleinwinziges Zwergenkind Aus dem Bücherspind Hinter Kopischs* Gedichten vor Und krebselt an meinem Schreibtisch empor.

Trippelt ans Tintenfaß:
"Was ist denn das?"
Stippt den schneckenhorndünnen Finger hinein,
Leckt, — "Ai, fein!"
Macht halslang, guckt dumm
Nochmal in der ganzen Stube rum,
Gottseidank, allein!

Zwergenvater begegnet sich selber im Mondenschein, Mutti, um was Gescheiteres anzukangen, Is e bissel spuken gegangen.

Da knöpft es sein Wämschen ab, Hemd runter, — schwapp! Spritzts ins Tintenbad hinein, Taucht, planscht, wischt die Augen rein, Pudelt Und sprudelt, Nimmts Mäulchen boll, Prustet ein Springbrunn hoch zwei Zoll, Streckts Füßchen raus, schnalzt mit den Zehn, Taucht, um mal aufn Kopf zu stehn, —

Endlich Schluß der Bade-Saison! Klettert raus, trippelt über meinen Löschkarton, Schuppert sich, über und über pitsche-patsche-naß, "Brrr, wie kalt war das!" Ist selig, wie es sich zugesaut, Und kriegt eine alizarinblaue Gänsehaut.

Aun trocknet sichs auf dem Löschpapier, Probiert dort und hier,
Was da fürn keines Muster bleibt,—
Als ob einer, der schreiben kann, schreibt!
Ein Fuß-Stapf, — wie ne Bohne beinah!
Ein Handklitsch, — alle fünf Finger da!
Aun die Nase aufgetunkt,
Lacht schrecklich: Ein richtiger Punkt,
Ein Punkt!

Wos aber gesessen hat Auf dem roten Blatt, — Wies da hinguckt, Da hats ein Dreierbrötchen gedruckt, Ein kleinwinziges zweihälftiges Dreierbrot, Blau auf rot!

Erst lachts. Dann schämt sichs. Und dann So schnell es kann Am Tischbein runter, durch den Mondenschein In Schrank hinein!

Ein Weilchen noch hinter den Büchern her Hörte ichs piepsen und heulen sehr, Hat so arg geschnieft und geschluckt, Weil es das — Dreierbrötchen da hingedruckt!

Wörries Frh. v. Münchhausen (1919)

^{*} August Kopisch (1799 – 1853) hatte Kunst studiert, um Maler zu werden. Als eine Handverletzung ihn dazu zwang, diesen Beruf aufzugeben, begann er sich der Schriftstellerei zu widmen. Während seine Dramen und Novellen heute fast vergessen sind, hat eines seiner Gedichte »Die Heinzelmännchen von Köln« die Zeiten überdauert.



1 Der »Lügenbaron« Hieronymus Frh. v. Münchhausen (1720 – 1797). Seine Wundergeschichten machten das alte niederländische Adelsgeschlecht derer von Münchhausen allgemein bekannt.

2 Börries Frh. v. Münchhausen (1874 -1945) ging vor allem als Balladendichter in die Literaturgeschichte ein. Während seiner Studienzeit war der angehende Jurist viel herumgereist und hatte sich, um das »Volk« kennenzulernen, sogar für einige Zeit Zigeunern und Zirkusleuten angeschlossen. In jungen Jahren führte er in jeder Beziehung ein bewußt bohemienhaftes Leben. Schließlich aber besann er sich auf die Werte, die ihm seine traditionsbewußten Eltern stets zu vermitteln gesucht hatten und widmete sich ganz der Balladendichtung, jener Form der Dichtung, die nach seiner Meinung einem Adeligen angemessen war. Von 1920 bis zu seinem Freitod im März 1945 lebte er auf seinem Schloß Windischleuba bei Altenburg in Thüringen.

3 Eine Auswahl der bekanntesten Lieder-, Gedicht- und Balladenbände des zu Lebzeiten mit Ehrungen überhäuften, heute allerdings weitgehend vergessenen Dichters Börries Frh. v. Münchhausen. Seine Werke erreichten eine Auflage von mehr als einer halben Million Exemplaren.





Das vorstehende Gedicht, das der heute fast vergessene Balladendichter Börries Freiherr von Münchhausen (1874–1945) (Abb. 1 u. 2) im Jahre 1919 verfaßte¹, verdient einige Aufmerksamkeit, denn in den Versen spiegelt sich auch ein Stück interessanter Chemiegeschichte.

Bereits an der Überschrift fällt auf, daß Börries, ein Sproß jenes alten niedersächsischen Adelsgeschlechtes, dem auch der bekannte »Lügenbaron« (1720 – 1797) (Abb. 3) entstammte, sein Zwergenkind nicht in irgendeine beliebige Tinte tauchen läßt. Obwohl weder Versmaß noch Satzrhythmus es verlangen, wählte er ausdrücklich eine »alizarinblaue«. Welche Gründe den Dichter auch immer dazu bewogen haben mögen, – die Begriffe »Alizarintinte« und »Alizarinblau« sind jedenfalls keineswegs, wie man vielleicht ver-

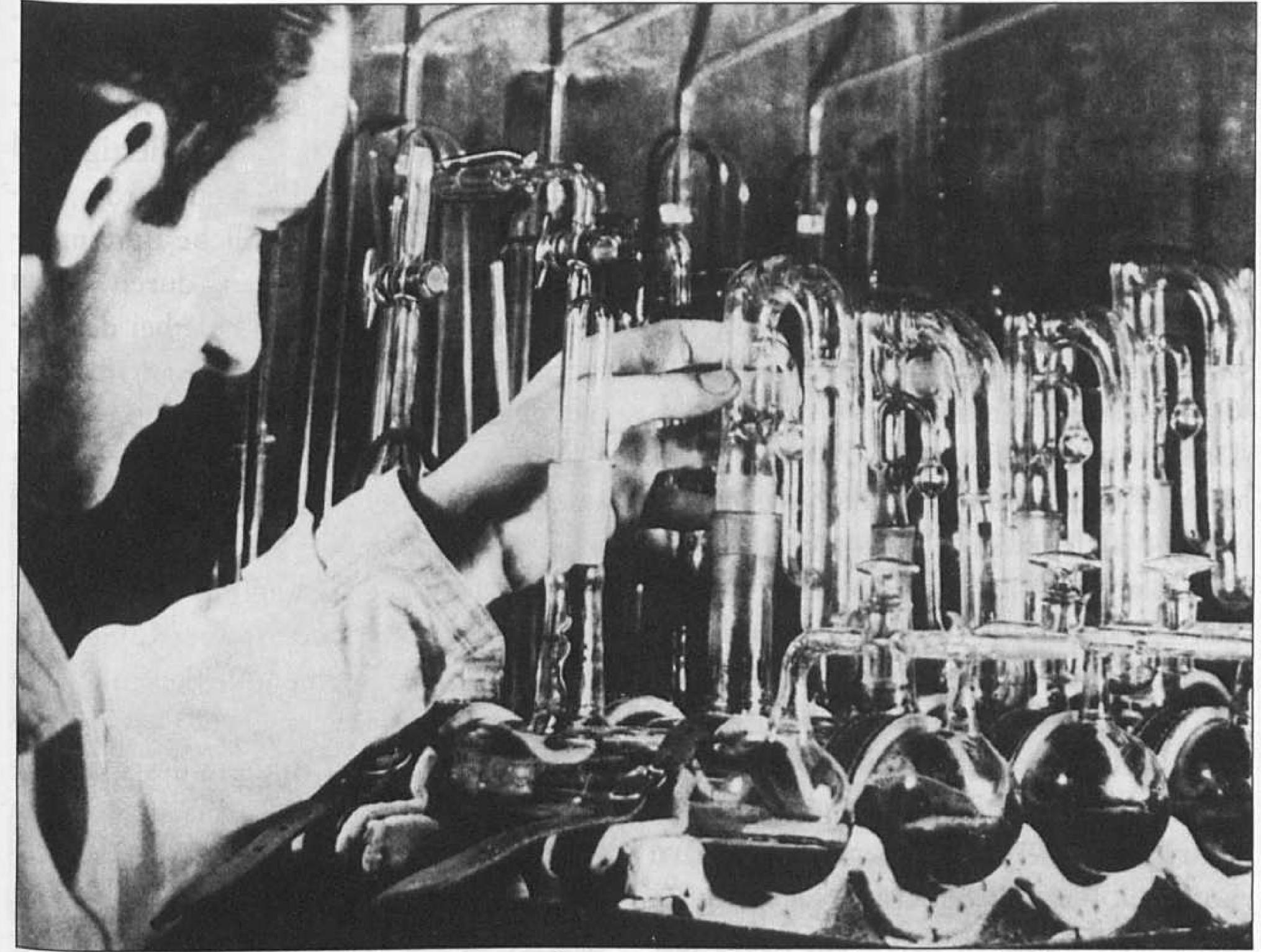
muten könnte, Schöpfungen eines phantasiebegabten Schriftstellers mit Sinn für exotisch klingende Namen. Beide Substanzen hat es gegeben, und sie markieren einen so wichtigen Punkt in der Farbstoff- und Tintenchemie des letzten Jahrhunderts, daß es wert ist, sich ihrer zu erinnern.

Am Anfang war ein Patent

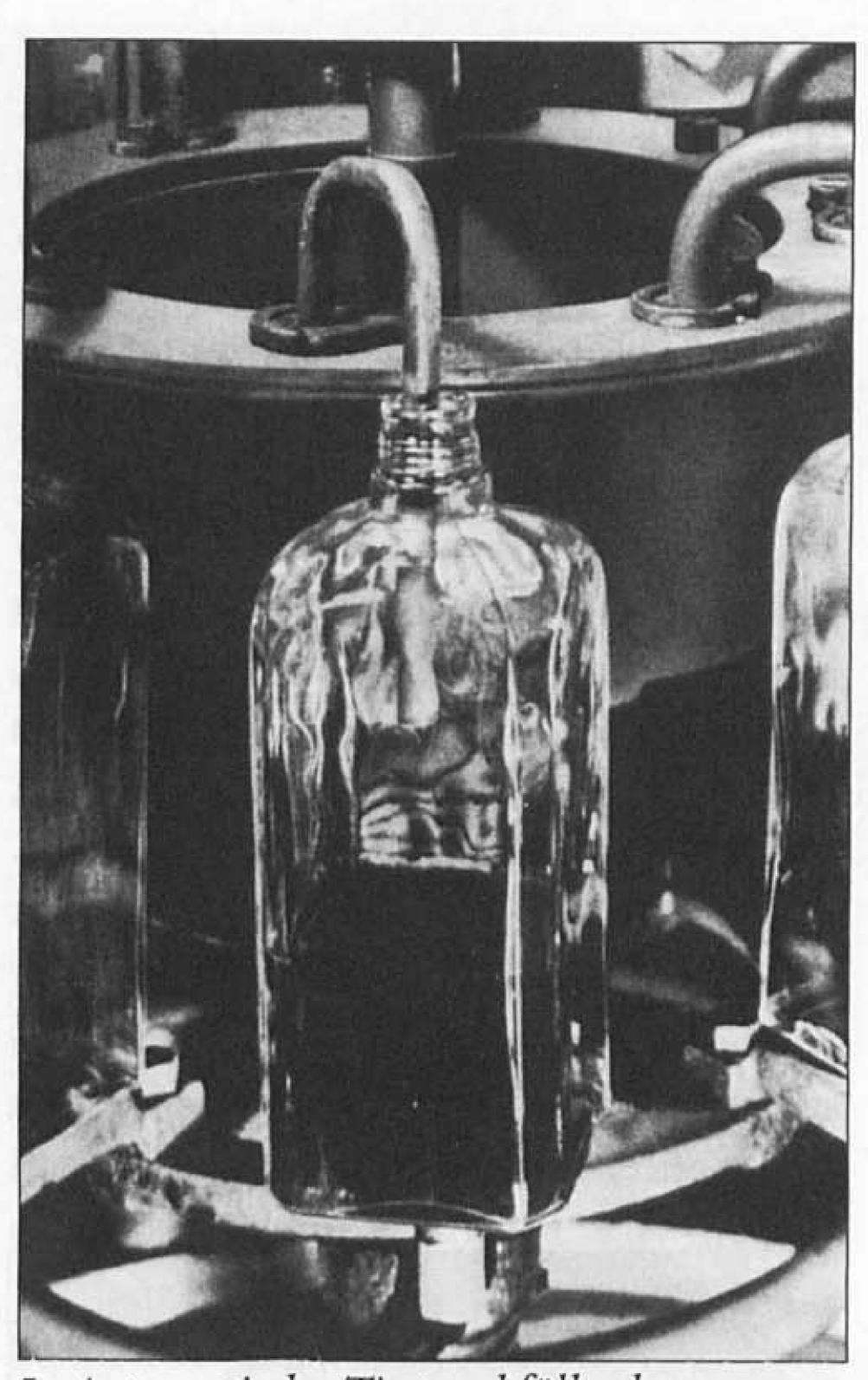
Vor 130 Jahren, genauer, am 4.1.1856, erhielt der Dresdner Kaufmann und Parfümeriefabrikant August Leonhardi (1805 – 1865) im Königreich Hannover ein Patent auf sein Verfahren zur Herstellung der sogenannten »Alizarintinte«, einer Eisengallustinte, mit der eine völlig neue Phase in der Geschichte der Tintenbereitung begann². Die Etiketten, die die Leonhardischen Alizarintinten zierten, versprachen dem Käufer ein Produkt mit folgenden Merkmalen:

»Diese neu entdeckte Composition verdient mit Recht als die bis jetzt bekannte beste und vollkommenste Tinte empfohlen zu werden. Die Hauptvorzüge derselben sind: daß sie frei von Säure sich vorzüglich für Stahlfedern eignet, die von ihr nicht angegriffen werden. Sie fließt wohlthätig für's Auge in schön blaugrüner Farbe äußerst leicht aus der Feder und verwandelt sich sehr bald in das tiefste Schwarz. Sie bildet weder eine Kruste an der Stahlfeder, noch einen Bodensatz in den Tintengefäßen. Sie ist unzerstörbar und widersteht den Einwirkungen von Säuren, Dämpfen und der Zeit und schimmelt nie. Endlich dient solche gleichzeitig als eine vorzügliche Copirtinte, die trotz ihrer Dünnflüssigkeit eine vollkommen schöne Copie liefert.« (3)

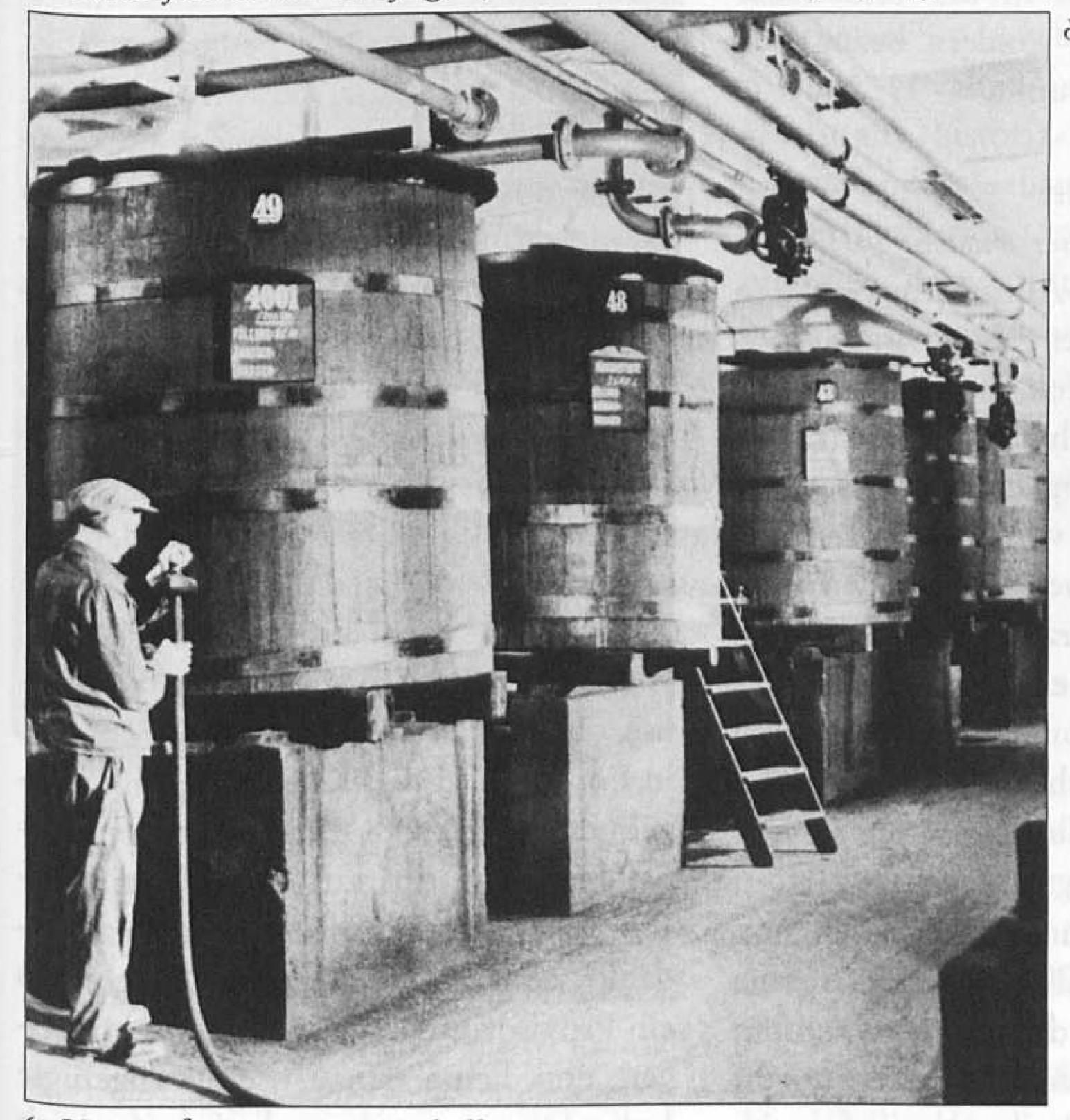
Der moderne Leser wird sich von der so gepriesenen Beschaffenheit der Alizarintinte vermutlich nicht besonders tief beeindruckt zeigen: Im Zeitalter der Photokopiergeräte ist es kein besonderes Qualitätskriterium mehr, wenn sich eine Schreibtinte zugleich auch als Kopiertinte4 eignet. Die anderen im Werbetext so lobend hervorgehobenen Eigenschaften sind heute indes eine Selbstverständlichkeit geworden. Ohne lange darüber nachzudenken, erwarten wir eben, daß eine gute Tinte die richtige Konsistenz hat, nicht zu dünnflüssig ist, keinen Bodensatz bildet, mit der Zeit nicht schleimig und schon gar nicht schimmlig wird, ferner elne intensive Farbe hat, Feder und Papier nicht angreift, und schließlich, daß die



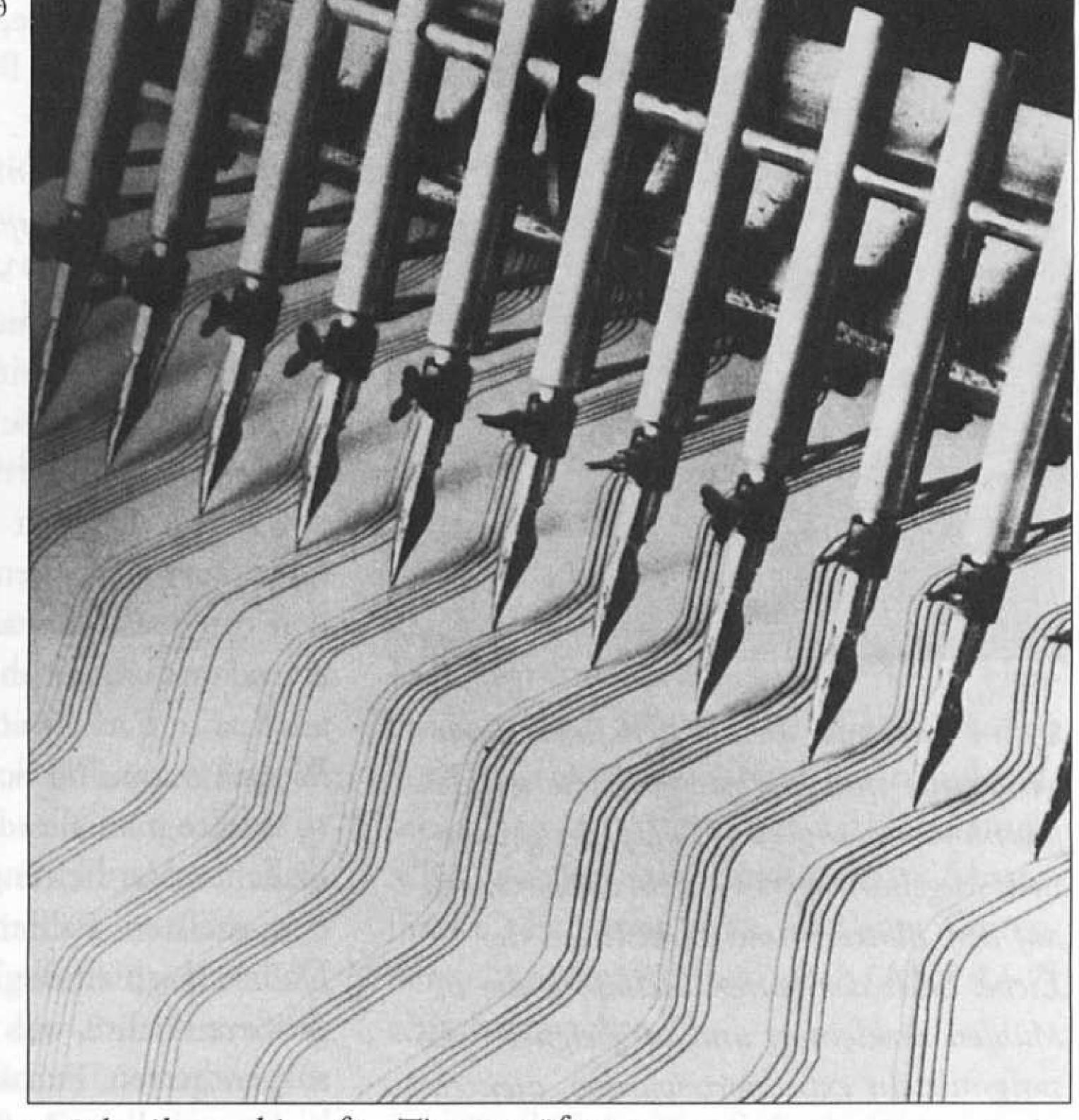
4 Tintenfabrik der dreißiger Jahre: Laboratoriumsprüfung der Tintenkochungen.



5 Automatische Tintenabfüllanlage.



6 Vorratsfässer im Tintenkeller.



7 Schreibmaschine für Tintenprüfungen.

mit ihr gezogene Schrift nicht verläuft, sondern nach kurzer Zeit wischfest und trocken auf dem Papier steht und weder durch Licht noch durch Feuchtigkeit auszulöschen ist. Das obige Zitat beweist aber sehr deutlich, daß die Kombination aller dieser Eigenschaften noch vor 130 Jahren keineswegs selbstverständlich war, denn sonst hätte man es nicht nötig gehabt, in einem Werbetext so deutlich darauf hinzuweisen. In der Tat war die von

August Leonhardi erfundene »Alizarintinte« die erste Eisengallustinte, die allen diesen Anforderungen auch wirklich genügte. Um möglichst keine Nachahmer und Konkurrenten auf den Plan zu rufen, gab er in seinem nachfolgend abgedruckten Patentrezept nur das Notwendigste preis, während er alle für die Fabrikation so wichtigen Details tunlichst verschwieg. Es lautete:

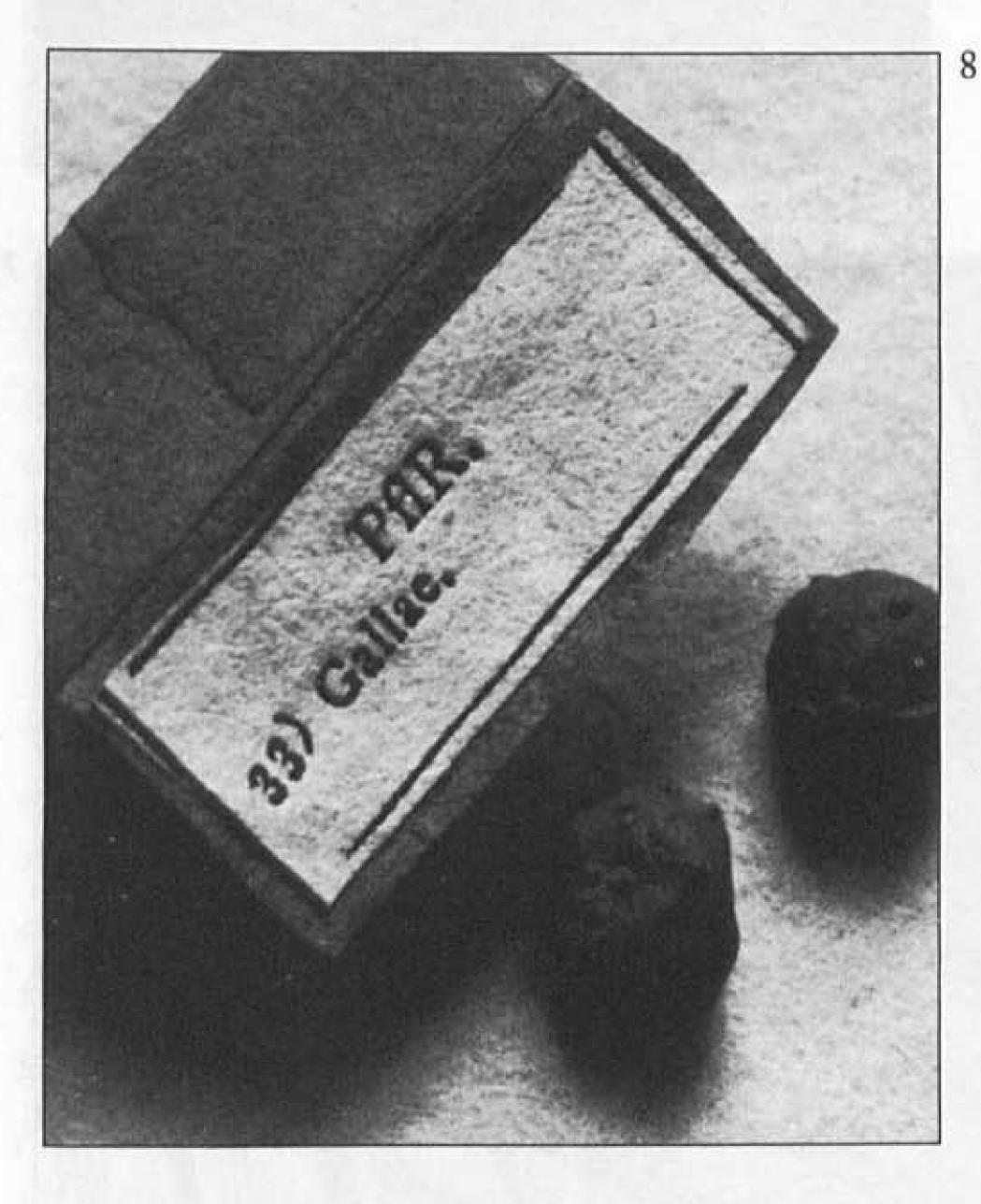
»Aleppische Galläpfel 42 Theile und hollän-

discher Krapp 3 Theile werden mit so viel Wasser warm ausgezogen, daß die Flüssigkeit 120 Theile beträgt. Nach dem Filtriren setzt man hinzu 11/5 Theile Indiglösung, 51/5 Theile Eisenvitriol und 2 Theile holzessigsaure Eisenlösung.« (5)

Was aber war denn nun das Neue, Umwälzende an diesem Rezept, mit dem erstmals eine Tintenfabrikation in industriellem Maßstab (Abb. 4-7) möglich wurde?

Die Chemie der Eisengallustinten

Eisenhaltige Tinten, die als Vorläufer der bis heute produzierten Eisengallustinten zu betrachten sind, gab es schon in der Antike. Im Mittelalter war die allgemein übliche Tinte eine Eisengallustinte. Die zahlreich erhaltenen Tintenrezepte des 15. Jahrhunderts, die hauptsächlich durch Aufzeichnungen von Mönchen überliefert sind, zeigen sehr deutlich, daß alle Varianten im Grunde immer wieder auf dem gleichen Prinzip beruhten⁶. In jedem Eisengallustintenrezept tauchen typischerweise zwei Bestandteile auf: Einmal Galläpfel (Abb. 8), durch den Stich der Gallwespe erzeugte, kugelförmige Gewebewucherungen auf den Blättern und Blattstielen der Eiche, die im wesentlichen wegen ihres hohen Gerbsäuregehaltes zu-



8 Ein integraler Bestandteil jeder Eisengallustinte sind Gerbstoffe. Diese wurden jahrhundertelang aus Galläpfeln gewonnen, kugelförmigen Gewebewucherungen auf den Blättern und Blattstielen der Eiche. Statt der teuren Galläpfel, die in Mühlen zerkleinert und in geeigneten Lösungsmitteln extrahiert wurden, dienten aber auch bestimmte Baumrinden oder Kastanien als Gerbstofflieferant.

Jers and sim appeals meale machines kw

gesetzt wurden, und zum anderen die wäßrige Lösung eines Eisensalzes, meist Eisensulfat. Im Detail vielfach verbessert und variiert, hielt sich dieses grundsätzliche Verfahren bis ins 19. Jahrhundert. In der Wahl der Hauptbestandteile ging Leonhardi also keine neuen Wege, denn auch in seiner Vorschrift werden die seit alters her gebrauchten Ingredienzien -Galläpfel und Eisensulfat - verwendet. Daß er ausdrücklich nur Pflanzengallen definierter Herkunft, nämlich solche aus Aleppo (Kleinasien), benutzte, sollte einen relativ konstanten Gehalt der wichtigen Gerbstoffe (Tannine) garantieren, denn nur bei einem bestimmten Verhältnis von Eisensalz und Gerbstoff ließ sich, wie seit Mitte des 18. Jahrhunderts bekannt war, eine Tinte herstellen, deren Schriftzüge die Jahrhunderte überdauern konnten. Nein, Leonhardis Neuerung äußerte sich weder in der Wahl neuartiger Ausgangsstoffe noch in der unüblicher Mengenverhältnisse, sondern bezog sich auf einen anderen Punkt.

Der Trick: Eine Tinte, die erst auf dem Papier entsteht

Vor Erfindung der »Alizarintinte« hatten alle Gallustinten eines gemeinsam: Sie waren trübe Flüssigkeiten, in denen der Tintenfarbstoff, ein schwarzer Eisengalluskomplex, schon fertig enthalten war. Solche durch Kochen von Eisensalzen mit Gerbsäuren erhaltenen Farbbrühen wurden von den »Schwarzfärbern« des Mittelalters und der frühen Neuzeit übrigens auch zum Färben von Textilien benutzt7. Wollte man eine Schreibtinte herstellen, so mußte man allerdings noch ein wasserlösliches Verdickungsmittel zusetzen, in den meisten Fälllen Gummi arabicum. Dadurch erhielt die Tintenflüssigkeit eine größere Dichte, was das Absetzen der fein suspendierten Farbstoffpartikelchen verhindern sollte. Außerdem bewirkte das hinzugefügte Bindemittel, daß die Tinte nach dem Trocknen besser auf dem Papier haftete. Wie die oft sehr gut erhaltenen Archivalien, Handschriften und Federzeichnungen früherer Jahrhunderte beweisen, waren derartige Tinten - vorausgesetzt sie waren richtig zusammengesetzt8 - in der Tat haltbar und dokumentenecht. Trotzdem hatten sie etliche Nachteile: Zum einen konnte trotz des Zusatzes eines Bindemittels die Bildung eines Niederschlages auf Dauer doch

nicht ganz vermieden werden, zum anderen wurden die Tinten, sobald nur ein wenig Wasser aus dem Tintenfaß verdunstete, schnell schleimig und gallertig und damit unbrauchbar. Bei Leonhardis Tintenrezept wurde die mißliche Bildung eines Bodensatzes dagegen durch einen Trick vermieden. Anders als bei den althergebrachten Tinten, in denen der färbende Eisengalluskomplex schon fertig vorlag, entstand der schwarze Tintenfarbstoff nach seiner Vorschrift erst auf dem Papier. Durch Zusatz einer Säure erreichte er, daß in der Lösung nur zweiwertige Eisen-Ionen vorhanden waren, die mit den Gerbstoffen keinen Niederschlag und auch keine Färbung ergeben. Den Einfluß von Säuren auf die Bildung des Eisengallusfarbstoffes hatte systematisch schon der englische Physiker und Chemiker Robert Boyle (1626 - 1691) studiert, der sich, wie viele andere namhafte Chemiker auch, immer wieder mit der Untersuchung von Gallustinten beschäftigte9. Er beobachtete, daß die schwarze Färbung, die sich beim Vermischen von Eisenvitriol- und Galläpfellösung bildet, bei Zusatz von Schwefelsäure sofort verschwindet, und wiederkehrt, wenn die so entfärbte Lösung mit alkalisch reagierender Pottasche versetzt wird. Nun wäre das Schriftbild beim Schreiben mit einer solchen, lediglich aus zweiwertigen Eisen-Iionen und Gerbstoffen bestehenden Lösung so gut wie unsichtbar gewesen, wenn Leonhardi nicht zu einem weiteren Trick gegriffen hätte: Er setzte seiner Tinte einen zusätzlichen, »vorläufigen« Farbstoff in Form des in den Krappwurzeln (Wurzeln der Färberröte Rubia tinctorum) enthaltenen Alizarins zu. Der Alizarinfarbstoff, dem die Tinte ihren Namen verdankt, war dabei aber nichts anderes als ein Provisorium, eine Schreibhilfe sozusagen, und diente, genau wie die zugefügte Indigolösung, nur dazu, die Schrift gleich beim Schreiben sichtbar hervortreten zu lassen. Der eigentliche, schwarze Tintenfarbstoff bildete sich erst, wenn die Tinte auf dem Papier zu trocknen begann. Dabei verdunstete das wäßrige Lösungsmittel und der Luftsauerstoff oxidierte das zweiwertige zum dreiwertigen Eisen. Dieses wiederum verband sich mit den Gerbstoffen zu dem uns mittlerweile hinlänglich bekannten Eisengalluskomplex, dessen Farbe die des »vorläufigen« Farbstoffes allmählich überdeckte (Abb. 9).



9 Auf dem Etikett dieser Tintenflasche wird ausdrücklich auf eine typische Eigenschaft aller Eisengallustinten hingewiesen: Die mit einer solchen Tinte geschriebenen Schriftzüge müssen zunächst durch Zusatz eines vorläufigen »Primärfarbstoffes« sichtbar gemacht werden: Die Tinte fließt also beim Schreiben z.B. mit blauer Farbe aus der Feder. Sobald sich allerdings unter Einwirkung des Luftsauerstoffes auf dem Papier der eigentliche Tintenfarbstoff, eine schwarz gefärbte Komplexverbindung zwischen Gerbsäuren und dreiwertigen Eisen-Iionen, hat bilden können, dunkelt die Schrift nach und wird allmählich tiefschwarz.

Eine chemische Spielerei: Geheimtinten Interessant dabei ist, daß der Clou des Leonhardischen Rezeptes, der darin besteht, die »Entwicklung« des schwarzen Tintenfarbstoffes erst auf dem Papier vor sich gehen zu lassen, eigentlich ganz alt ist. Daß man mit farblosen Gerbsäurelösungen schreiben kann, ohne eine sichtbare »Schrift« zu hinterlassen, dabei aber die Möglichkeit hat, diese »Schrift« später jederzeit wieder hervorzuzaubern, indem man die Lösung eines dreiwertigen Eisensalzes darüberpinselt bzw. das Papier kurz in eine solche Lösung taucht - an den Stellen, wo Gerbsäure und Eisensalz miteinander reagieren, entsteht dann natürlich der dunkle Eisengalluskomplex -, ist eine chemische Spielerei, die schon im 2. Jahrhundert v. Chr. zur Herstellung von Geheimtinten genutzt wurde. Ein entsprechendes Rezept ist uns z.B. durch eine Schrift des griechischen Mechanikers Philon von Byzanz (um 250 v.Chr.) überliefert¹⁰. Auch Plinius (23 – 79 n. Chr.) erwähnt in seiner berühmten »Naturalis historia« die Reaktion von Granat- oder Galläpfelextrakten mit Eisenverbindungen und beschreibt, wie man die dabei auftretende Schwarzfärbung als Nachweisreaktion nutzen kann, um beispielsweise die in der Ledergerberei oder Zeugfärberei als Beizmittel gebrauchten Alaune auf ihren Eisengehalt zu prüfen.11

Die Vorteile der Alizarintinte

Auf den Zusatz eines Bindemittels wie Gummi oder ähnliches konnte bei der Leonhardischen Tinte selbstverständlich verzichtet werden, denn solange diese möglichst luftdicht verschlossen und so vor Oxidation geschützt - im Tintenfaß aufbewahrt wurde, lag sie ja noch als klare, durch den Zusatz des »Primärfarbstoffes« nur schwach gefärbte Lösung vor, in der sich die absetzbaren Farbstoffpartikelchen, d.h. der schwarze Eisengalluskomplex, noch gar nicht gebildet hatten. Das war ein großer Vorteil, denn das Eintrocknen der gummihaltigen Tinten früherer Jahrhunderte führte immer zu Krustenbildungen auf der Feder, was deren Lebenserwartungen beträchtlich reduzierte. Und noch ein anderes Problem konnte Leonhardi lösen: das Problem der Haltbarkeit. Während die traditionellen Eisengallustinten sehr leicht schimmelten, konservierte der Dresdner Kaufmann seine

Tinte, indem er Holzessig, und damit das antibakteriell wirkende, für den Menschen in größeren Konzentrationen allerdings toxische und in heutigen Tinten deshalb durch ungefährlichere Konservierungsmittel ersetzte Phenol hinzufügte. Nach dem Leonhardischen Patentrezept konnte also erstmals eine leichtflüssige, unvergängliche und dauerhafte Tinte hergestellt werden, die sich wegen ihrer Dünnflüssigkeit auch für den Gebrauch in den seit 1883 im Handel erhältlichen Füllfederhaltern eignete.¹²

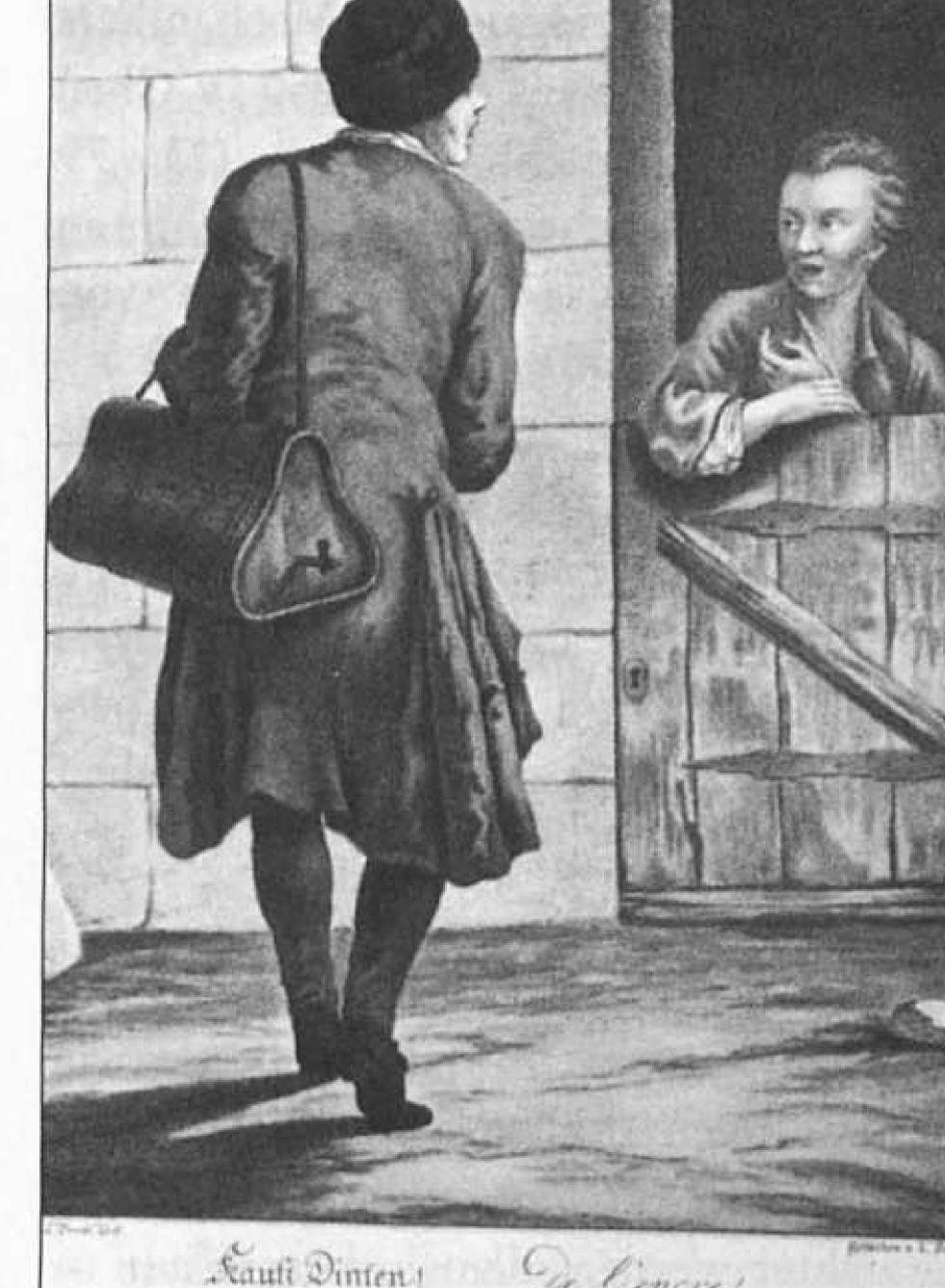
Von der Manufaktur zur Tintenfabrik Noch im 17. Jahrhundert war die Bereitung der Tinte üblicherweise Sache dessen, der sie benötigte, obwohl damals die Herstellung von Papier längst zu einem eigenen Gewerbe geworden war. Erst im 18. Jahrhundert finden sich zunehmend kleine Betriebe, in denen - häufig gekoppelt mit der Fertigung von Farben und Druckerschwärze für den Buchdruck auch Schreibtinten produziert wurden.13 Diese konnte man dann bei fliegenden Händlern (Abb. 10 – 13), in Buchhandlungen oder Druckereien käuflich erwerben, und zwar entweder als Flüssigkeit oder aber als trockenes, in Täfelchen gepreßtes Tintenpulver¹⁴, das der Benutzer vor Gebrauch erst in Wasser oder Essig auflösen mußte. Spezielle Tintenfabriken, in denen Tinten in industriellem Maßstab hergestellt wurden, entstanden erst um die Mitte des 19. Jahrhunderts (z.B. die 1838 gegründeten Pelikan-Werke in Hannover), nicht zuletzt, weil die allgemeine Schulpflicht, die während der napoleonischen Zeit in fast ganz Deutschland eingeführt worden war, einen großen Absatzmarkt geschaffen hatte, der eine Tintenherstellung in Großbetrieben (Abb. 4-7) rentabel machte.

Der Einfluß der Teerfarbenindustrie

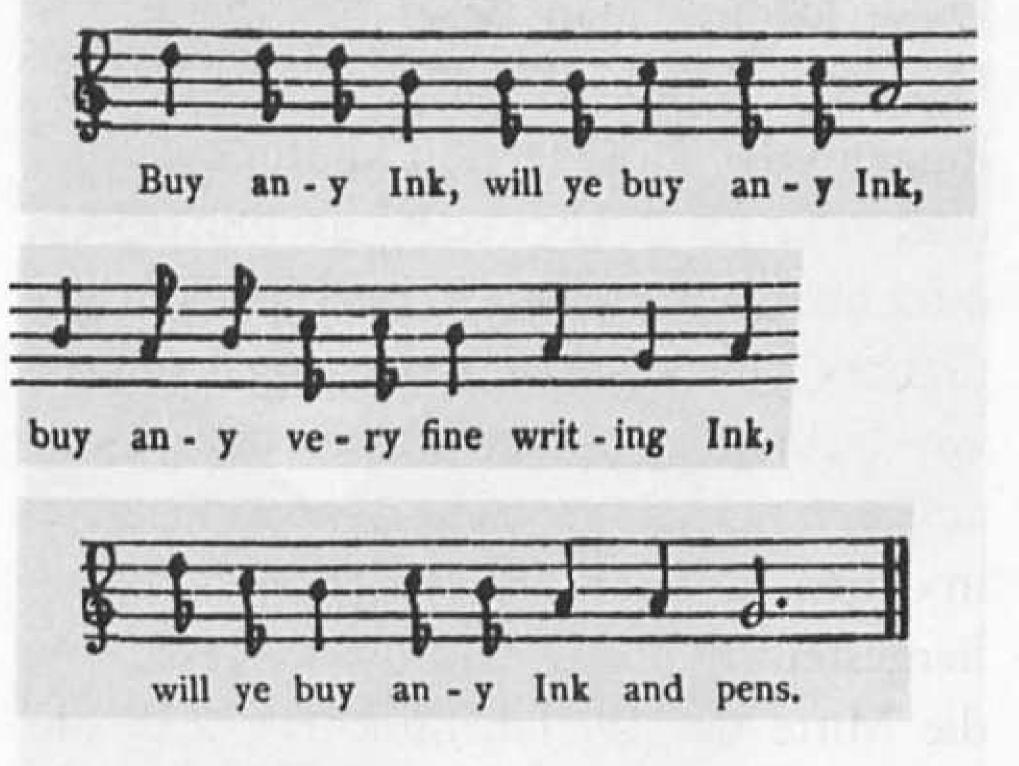
Doch wir wollen zum Ausgangspunkt unserer Erörterungen, dem eingangs zitierten Gedicht, zurückkommen. Dem einen oder anderen aufmerksamen Leser werden inzwischen vielleicht Zweifel gekommen sein, ob das kleine Zwergenkind wirklich in die Leonhardische Alizarintinte gefallen sein kann, die ja, solange sie noch im Tintenglas aufbewahrt wurde, nahezu farblos war und sich auf dem Papier auch nicht blau, sondern schwarz färbte.











- 10 Englischer Kaufruf (frühes 18. Jh.)
- 11 Tintenverkauf um 1820
- 12 Wiener Kaufruf (1775)
- 13 Römischer Kaufruf (Anfang 17. Jh.)

Die hier abgebildeten Tintenverkäufer gehören zu der großen Zahl der Straßenhändler und Kleinkrämer, die seit Mitte
des 11. Jahrhunderts durch die ständig
wachsenden Städte Europas zogen und
mit ihren typischen Kaufrufen alle nur
denkbaren Waren des täglichen Bedarfs
anboten, z.B. Bürsten, Mausefallen, Kessel,
Badeschwämme – und eben auch Tinten.
»Kauft Dinten!«, »Buy any inks!« –, das
wurde nicht nur gerufen, sondern teilweise sogar richtiggehend gesungen. Wie derartige Kaufrufe ungefähr geklungen haben,
läßt sich anhand überlieferter Melodien

unschwer rekonstruieren. Die auf den hier ausgewählten Kaufrufbildern gezeigten Tintenverkäufer transportierten die von ihnen feilgebotene dunkle Schreibflüssigkeit in kleinen, auf dem Rücken getragenen Holzfäßchen in die Städte und füllten sie dort den Käufern mit Trichter und Schöpfmaß in ein geeignetes Gefäß ab. Offensichtlich handelten die Tintenverkäufer oftmals auch mit anderen Schreibutensilien wie z.B. Gänsekielfedern, Papier oder Streusand. Möglicherweise läßt sich an den Kaufrufdarstellungen verschiedener Jahrhunderte auch der Auf- und Niedergang

eines Gewerbes ablesen: Der römische Tintenhändler des 17. Jahrhunderts (Abb. 13) scheint von seinem Gewerbe noch relativ gut gelebt zu haben: Er ist wohlgenährt und gut gekleidet, und der Schlüsselbund am Gürtel weist ihn als Hauseigentümer aus. Man beachte, daß er offen sichtbar Rosenkranz und Kruzifix trägt! Der Wiener Tintenhändler (Abb. 12) – diese Darstellung stammt aus dem frühen 19. Jahrhundert – gehörte, wie an seiner mehrfach geflickten Kleidung deutlich wird, dagegen sicherlich den ärmeren Schichten des Volkes an.

Das ist richtig beobachtet, doch gilt es zu bedenken, daß die Geschichte der Gallustinten ja nicht mit dem aus dem Jahre 1856 datierten Leonhardischen Patent abgeschlossen war. Die stürmische Entwicklung der Teerfarbenindustrie, die in Deutschland in den sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts begann, blieb auch auf die noch junge Tintenindustrie nicht ohne Einfluß. In Kürze überfluteten zahlreiche synthetische Farbstoffe den Markt und verdrängten die seit alters her vielbenutzten Naturfarbstoffe nicht nur in der Textilfärberei, sondern auch in der Tintenfabrikation. Obwohl sich der Name »Alizarintinte«, der für Qualität bürgte, weiter hielt und sogar auf andere, nicht gerbsäurehaltige Tintensorten übertragen wurde, war in den so etikettierten Tintenfässern bald keine Spur von Alizarin oder Krapp mehr enthalten. An ihrer Stelle Wurden fortan wasserlösliche saure Anilinfarbstoffe verwendet. Je nach Farbnuance des zugesetzten, synthetischen »Primärfarbstoffes« floß die Tinte beim Schreiben nun in den verschiedensten Farbtönen aus der Feder (bei Zusatz von Anilinblau, wie der Name schon sagt, auch blau!), bis der an der Luft sich bildende schwarze Eisengalluskomplex die bunte Anilinfarbe überdeckte.

Doch die neuen Anilinfarben fanden in der jungen Tintenindustrie noch eine andere Verwendung. Da wäßrige Lösungen gewisser Anilinfarbstoffe (z.B. Eosin, Methylviolett, Indulin) auch direkt zum Schreiben verwendet werden konnten, etablierte sich eine bis dahin unbekannte Tintensorte: die der Anilin- oder Farbstofftinten, die man bis in unsere Tage in die Tintenpatronen füllt. Eine Zeitlang schien es, als seien die Tage der von Leonhardi verbesserten Eisengallustinten gezählt. Sie konnten sich gegenüber der neu entstandenen Konkurrenz aber behaupten und werden sogar auch heute noch Produziert, da sie - im Gegensatz zu den bunten Anilintinten - licht- und dokumentenecht sind. Schon 1888 schrieb ein Erlaß des Deutschen Reichskanzleramtes ausdrücklich fest, daß zum Ausfüllen urkundlicher Schriftstücke nur die dokumentenechten, amtlich geprüften Eisengallustinten benutzt werden dürften¹⁵, die bei der Unterzeichnung wichtiger Dokumente und Urkunden (z.B. Staats-Verträgen) bis heute allen anderen Tinten-Sorten vorgezogen werden (Abb. 14).



14 Wenn hohe Politiker bei der Unterzeichnung wichtiger Verträge auch im Zeitalter der Kugel- und Faserschreiber noch zum (Füll)Federhalter greifen, steckt dahinter mehr als das Festhalten an einer Tradition, die solchen feierlichen Anlässen angemessen erscheint. Es geht darum, die Unterschrift mit einer dokumentenechten Urkundentinte, meist einer Eisengallustinte, so festzuhalten, daß sie auch nach Jahrhunderten noch gut lesbar auf dem Papier steht. Auf dem Photo ist Konrad Adenauer (1876 – 1967) beim Unterzeichnen der »Römischen Verträge« zu sehen, mit denen am 25.3.1957 die Gründung der EWG festgeschrieben wurde. (Photo: SZ-Archiv)

Ein Farbstoff namens »Alizarinblau« Es soll schließlich nicht unerwähnt bleiben, daß 1877 auch ein Farbstoff mit dem Namen »Alizarinblau«16 auf den Markt gekommen war, der als erster blauer und in der Wollfärberei einsetzbarer Alizarinfarbstoff¹⁷ – alle zuvor entwickelten Alizarinfarbstoffe färbten in Rot-, Orangeoder Violettönen und waren nur für den Kattundruck oder die Baumwollfärberei geeignet - seinerzeit großes Aufsehen erregte. Die chemische Konstitution des Alizarinblaus wurde 1879 von Carl Graebe (1841 – 1927) aufgeklärt¹⁸, jenem Chemiker, dem 1868 in Zusammenarbeit mit Carl Liebermann (1842 – 1914) die epochemachende Synthese des Alizarins, und damit die erste gezielte Synthese eines Naturfarbstoffes überhaupt, gelungen war (Abb. 16). Soweit ermittelt werden konnte, gehörte das Alizarinblau aber nicht zu der großen Zahl jener Teerfarbstoffe, die in der Tintenindustrie Verwendung fanden. Sein Hauptanwendungsgebiet war die Militärtuchfärberei, wo es den traditionell gebrauchten Indigo fast vollständig



15 Die Alizarinsynthese (1869). Gemälde der amerikanischen Bildnismalerin und Radiererin Anna Merritt, geb. Lea (1844 - 1930). V.l.n.r.: C. Graebe, sitzend (1841 – 1927), A. W. v. Hofmann (1818 – 1892), C. Liebermann (1842 – 1914). Graebe und Liebermann war 1868 die Synthese des rotfärbenden Alizarins, und damit die erste Synthese eines Naturfarbstoffes überhaupt, gelungen. Dieses Gemälde hält den Moment fest, wo die beiden Chemiker Proben ihres synthetischen Alizarins sowie damit gefärbte Baumwollstreifen der Öffentlichkeit vorlegen und beweisen, daß das von ihnen hergestellte, künstliche Alizarin mit dem natürlichen vollkommen identisch ist. Auf dem La-

bortisch ist deutlich ein Digestor zu erkennen, eine Art Dampfkochtopf, mit dessen Hilfe der Naturfarbstoff aus den Wurzeln der Färberröte extrahiert wurde; ferner sind einige Schaugläser und mit Alizarin gefärbte Stoffstücke zu sehen. Carl Graebe beschäftigte sich im Laufe seines Lebens noch mehrfach mit organischen Farbstoffen, so z.B. auch mit dem »Alizarinblau«, dessen Konstitution er 1879 aufklärte.

man of the Colombia of the contract of the same and or

verdrängte, bis es seinerseits nach nicht allzu langer Zeit wieder neuen Farbstoffen, den Indanthrenfarben, weichen mußte.

»Das alizarinblaue Zwergenkind«: Chemiegeschichte im Spiegel eines Gedichtes

Mit dem Gedicht »Das alizarinblaue Zwergenkind« hat Börries v. Münchhausen der Alizarintinte und dem Alizarinblau, zwei chemiehistorisch interessanten und wichtigen Substanzen, ein literarisches Denkmal gesetzt. Es ist wohl nicht eindeutig zu klären, in welchem Zusammenhang der Dichter, der sich üblicherweise eher der Schilderung einer wirklichkeitsfremden, längst vergangenen Ritterund Sagenwelt widmete, auf diese seinerzeit sehr aktuellen chemischen Begriffe aufmerksam geworden sein könnte. Börries war, wie er in seiner Autobiographie schreibt, naturwissenschaftlich interessiert19 und besuchte in den Jahren 1900/ 01, nach Abschluß seines juristischen Studiums, sogar einschlägige Vorlesungen an der Universität Göttingen. Es ist denkbar, daß er dabei einmal vom »Alizarinblau« bzw. von der »Alizarintinte« hörte; es könnte aber auch sein, daß er - und das scheint bei einem Schriftsteller fast das Näherliegende - eine solche Tinte einfach auch nur selbst gelegentlich benutzte.20

Wie dem auch sei, vom Namen »Alizarin« muß für Börries eine gewisse Faszination ausgegangen sein, vergleichbar mit der, die das Wort »Indigo« auf den »Walzerkönig« Johann Strauß (1825 – 1899) ausgeübt haben dürfte, der 1871 eine Operette mit dem Titel »Indigo und die vierzig Räuber« komponiert hatte (Abb. 16). Daß Begriffe wie »Alizarin« und »Indigo« ihren Niederschlag auch in der Literatur und Kunst des späten 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts gefunden haben, belegt jedenfalls, mit welchem Interesse die Offentlichkeit von einigen - in der zeitgenössischen Presse euphorisch gefeierten Errungenschaften der Farbstoffchemie Kenntnis nahm.

Anmerkungen

a) G.S. Neumann u.O. Schluttig: »Tinte«, in: Muspratt's theoretische, praktische und analytische Chemie in Anwen-

Das alizarinblaue Zwergenkind«, in: B. v. Münchhausen: Das Balladenbuch, Stuttgart 1924, S. 227 – 229 und S. 348.

² Umfassende Untersuchungen zur Geschichte und Kulturgeschichte der Tinte sind immer noch ein Desiderat. Ein guter historischer Überblick ist aber zu finden in:



16 Titelblatt des Klavierauszugs zu der Operette »Indigo und die vierzig Räuber« von Johann Strauß (1825 – 1899), die am 10.2.1871 im »Theater an der Wien« uraufgeführt wurde.

Ein gern bearbeitetes Thema der Chemiker des letzten Jahrhunderts war die Untersuchung traditionell viel benutzter Naturfarbstoffe. An erster Stelle rangierten Versuche, das aus Pflanzen gewonnene rote Alizarin bzw. den blauen Indigo synthetisch herzustellen, was 1868 bzw. 1878 tasächlich gelang. Welche Beachtung die auf eine Alizarin- bzw. Indigosynthese

ausgerichteten, schließlich erfolgreichen Bemühungen der Chemiker in der Öffentlichkeit fanden, spiegelt sich auch in der Kunst wider: Der Balladendichter Börries Frh. v. Münchhausen (1874 – 1945) schrieb 1919 ein Gedicht, das die Überschrift »Das alizarinblaue Zwergenkind« trägt. Die Künstlerin Anna Merritt (1844 - 1930) malte 1869 ein Bild, dem sie den Namen »Die Alizarinsynthese«, gab, und der »Walzerkönig« Johann Strauß (1825 – 1899) komponierte 1871 eine Operette mit dem Titel »Indigo und die vierzig Räuber«.

dung auf Künste und Gewerbe, 4. Aufl., Bd. 8, Braunschweig 1905, Sp. 1274 – 1406, insbes. Sp. 1276 – 1296.

b) M. de Pas u. F. Flieder: History and Prospects for Analysis of Black Manuscript Inks, in: N. Brommelle u. P. Smith (Hrsg.): Conservation and Restauration of Pictorial Art, London/Boston 1976, S. 193 - 201.

c) Zu empfehlen ist auch folgende Bibliographie: W.B. Gamble: Chemistry and Manufacture of Writing and Printing Inks, in: Bulletin of the New York Public Library 29 (1925), S. 579 – 591; S. 625 – 677; S. 706 – 741.

»Ueber die sogenannte Alizarintinte«, in: Schweizerische

Polytechn. Zeitschr. 1 (1856), S. 42 - 43.

Der berühmte Maschinenbauer James Watt (1736 – 1819) hatte 1779 eine Kopiertinte und 1780 eine Kopierpresse erfunden, mit deren Hilfe man von jedem Schriftstück, sofern es mit seiner besonders farbstoffreichen, dickflüssigen und langsam trocknenden Kopiertinte geschrieben war, bis zu drei Abzüge herstellen konnte. Das Wattsche Kopierverfahren wurde im 19. Jahrhundert in Kontoren, Amtern und auch von Privatleuten allgemein genutzt. Das zu kopierende Schriftstück wurde dazu mit einem angefeuchteten Seidenpapier bedeckt und dem Druck der Kopierpresse ausgesetzt. Dabei wurde die Schrift natürlich spiegelverkehrt auf das Seidenpapier übertragen, konnte aber ohne weitere Hilfsmittel gelesen werden, da sie durch das dünne Seidenpapier hindurchschimmerte.

⁵ A. Leonhardi: Bereitung der Alizarin-Tinte, in: Mittheilungen d. Gewerbe-Vereins f. d. Königreich Hannover (1856), S. 193 - 194. Die Alizarintinte muß anfangs zu derart hohen Preisen verkauft worden sein, daß den Lesern der »Leipziger Illustrirten Zeitung« schon im Februar 1856 ein Rezept verraten wurde, nach dem sie sich die begehrte Qualitätstinte selber herstellen konnten, vgl.: Illustrirte Zeitung

Leipzig 26 (1856), Nr. 657, S. 99.

6 H. Roselieb: Die Chemie alter und neuer Tinten, in: Archivalische Zeitschr. 70 (1974), S. 74 - 78.

⁷ E.E. Ploss: Ein Buch von alten Farben, 2. Aufl., München 1967, S. 27f. und S. 63f. R. Wizinger: Gerbstoff- und Blauholzschwarz, in: Ciba-Geigy-Rundschau (1973), No. 2, S. 4 - 9. Nach heutigem Wissen ist das Eisengerbstoffschwarz der älteste schwarze Textilfarbstoff. Von Nachteil war, daß ein damit gefärbter Stoff schnell brüchig wurde. 8 Zu den Problemen, die Tintenfraß und ausgeblutete Tinten dem Archivar und Restaurator bereiten, vgl.: G. Brannahl u. M. Gramse: Untersuchungen an Tinten, in: Archivalische Zeitschr. 70 (1974), S. 79 - 100. J. Weigl: Über Ursachen des Tintenfraßes, in: ebenda, S. 101 - 102.

9 R. Boyle: The Works of the Honourable Robert Boyle in Six Volumes, London 1772, Bd. 1, S. 709; Bd. 2, S. 118; Bd. 3, S. 417; Bd. 4, S. 751 u. 803; Bd. 5, S. 580.

10 Philonis De Telorum Constructione, lib. V, in: Veterum Mathematicorum Athenaei, Bitonis, Apollodori, Heronis, Philonis et aliorum opera, graece et latine pleraque nunc primum edita, Parisiis 1693, S. 102.

¹¹ Plinius Secundus: Naturalis Historia, Buch 35, Kap. 52. 12 W. Eule: Mit Stift und Feder. Kleine Kulturgeschichte der Schreib- und Zeichenwerkzeuge, Leipzig 1955.

13 Über die Tintenfabrikation früherer Zeiten gibt es nur wenig Sekundärliteratur. Hier sei auf folgenden Artikel verwiesen: H. B. Weiss: The Writing Masters and Ink Manufacturers of New York City (1737 - 1820), in: Bulletin of the New York Public Library 56 (1952), S. 383 - 394.

14 Seit dem 16. Jahrhundert nahm man getrocknete Eisengallustinten als Tintenpulver mit auf Reisen. Auch die Alizarintinte wurde in Tafelform angeboten, vgl.: A. Leonhardi: Bereitung einer Schreibtinte in Tafelform, in: Mittheilungen d. Gewerbe-Vereins f.d. Königreich Hannover (1856), S. 249 - 250.

15 O. Schluttig und G. S. Neumann: Die Eisengallustinten, Dresden 1890, S. 9 und S. 49ff.

16 A. Scheurer: Zur Geschichte des Alizarinblau, in: Dingler's Polytechn. Journ. 253 (1884), S. 297 - 299.

17 O.N. Witt: Die Fortschritte in der Wollfärberei, in: Verhandl. d. Vereins z. Beförderung d. Gewerbefleißes (Sitzungsber.) 71 (1892), S. 5 - 18.

18 C. Graebe: Ueber die Constitution des Alizarinblaus, in: Ber. dt. chem. Ges. 12 (1879), S. 1416 - 1418.

19 B. v. Münchhausen: Fröhliche Woche mit Freunden,

Stuttgart 1922, S. 16 - 17 und S. 26.

20 Es könnte aber auch sein, daß er in seinem Elternhaus mit dem schon in der Antike verwendeten Krappfarbstoff »Alizarin« in Berührung gekommen ist, denn seine Mutter war eine weithin bekannte Sammlerin und Nacharbeiterin von Stickereien und Webereien, die sich jahrzehntelang mit alten Stick-, Web- und Färbetechniken beschäftigt hatte. Vgl. Anm. 19, S. 14.

Alchemie Bildwelt ohne Weltbild

Seltsam verlächelnd schob der Laborant den Kolben fort, der halbberuhigt rauchte. Er wußte jetzt, was er noch brauchte, damit der sehr erlauchte Gegenstand

da drin entstände. Zeiten brauchte er, Jahrtausende für sich und diese Birne in der es brodelte; im Hirn Gestirne und im Bewußtsein mindestens das Meer...

aus: R.M. Rilke »Der Alchimist«

Die Zeiten ungebrochenen Fortschrittglaubens sind vorüber und das Credo an die positive Kraft des kalten berechnenden menschlichen Geistes wird erstaunlich oft nur mehr von denen angestimmt, die dafür bezahlt werden. Besinnung tut not. Die Beschäftigung mit den Anfängen und geistigen Wurzeln unserer Naturwissenschaften ist unumgänglich geworden. Dieses Vorhaben ist durch ein sehr ernstes Problem gefährdet: Es gibt keine rechte Verständigungsmöglichkeit mit den Menschen, die vor vielen hundert oder tausend Jahren schon am unbekannten Stoff laboriert haben. Jene haben zwar Geschriebenes hinterlassen, aber dieses Geschriebene erreicht uns nicht; Begriffe, Worte, Bilder haben im Laufe der Jahrhunderte eine andere Bedeutung erlangt. Die Grundeinstellung des Menschen zur Welt und Natur hat sich gewandelt - und zwar vollkommen! Niemals dürfen wir die einfache Tatsache übersehen, daß wir »Neuzeitigen« eine andere Natur untersuchen als die mittelalterlichen oder gar die antiken Menschen. Wir müssen uns davor hüten, von einem unreflektierten neuzeit-

lichen Standpunkt aus leichtfertig überhebliche Urteile über die alte Chemie die Alchemie - zu fällen! Was bei einem solchen Unfug herauskommt, davon zeugen die pseudohistorischen Einleitungen so mancher Chemielehrbücher, und einige Bücher zur Geschichte der Chemie sind da auch schon in die Falle getappt. Da wird dann - fälschlicherweise - die Alchemie als die Kunst des Goldmachens bezeichnet. Wenn es hoch hergeht, kann man einige Zitate etwa von Albertus Magnus oder Raymondus Lullus lesen, wo dann äußerst aufschlußreich danebensteht: »...diese Stellen sind sehr dunkel...«! So gibt es keinen Zugang, schlagen wir daher einen anderen Weg ein, vielleicht gibt es doch noch einen verborgenen Schatz zu finden.

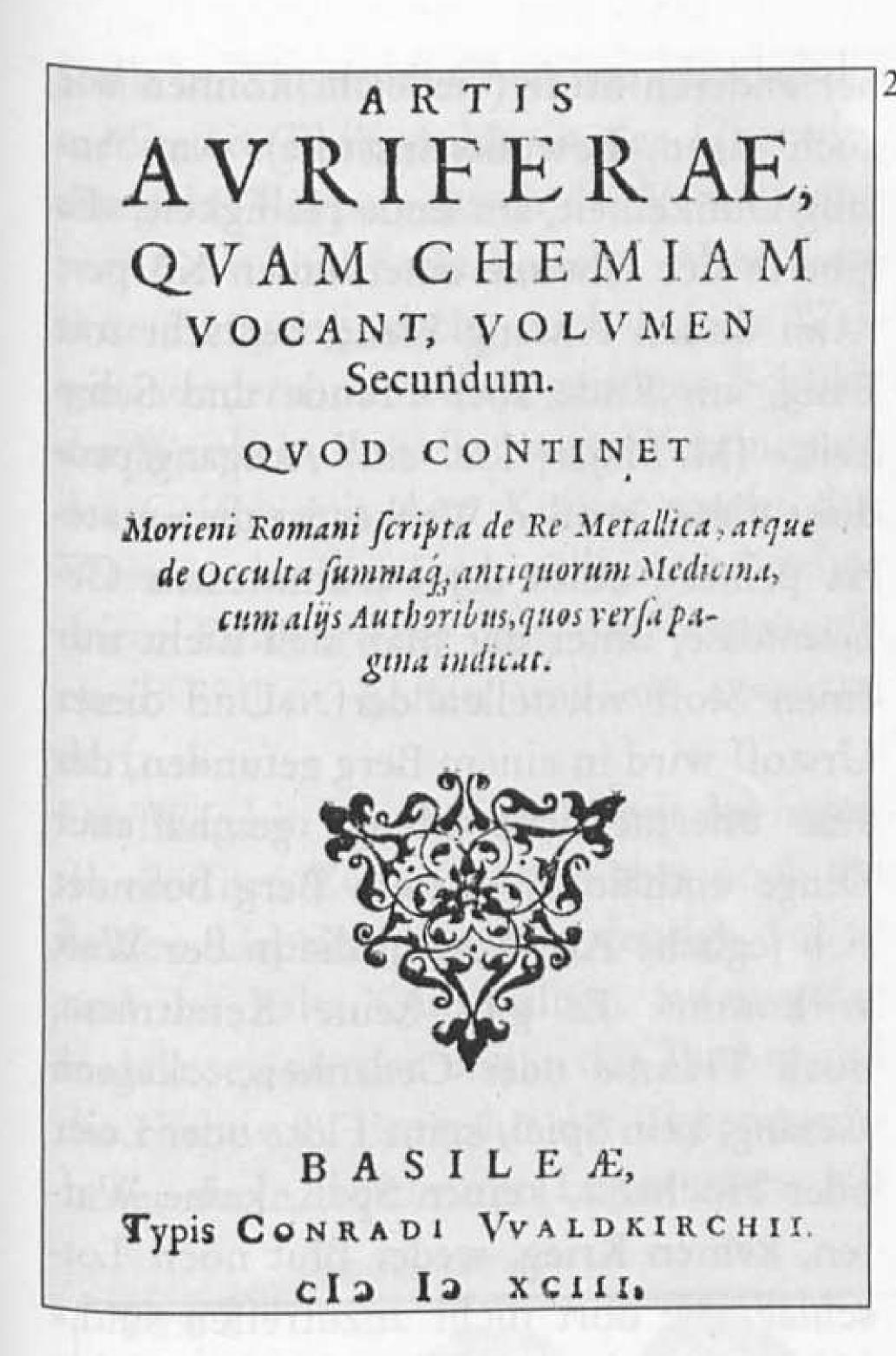
Fürs erste müssen wir die Grundeinstellungen abklären, unsere eigene und die der Alten. Das sieht ein wenig so aus, als sollten wir über unseren eigenen Schatten springen; es ist aber die einzige Möglichkeit, näher an die Dinge heranzukommen. Ein Philosoph unseres Jahrhunderts, der sich ein Leben lang mit diesen schwierigen Fragen beschäftigt hat – nämlich Martin Heidegger – könnte uns dabei die Richtung weisen. Achten wir, was er zur neuzeitlichen Grundeinstellung Mensch – Welt zu sagen hat.

»Der Grundvorgang der Neuzeit ist die Eroberung der Welt als Bild. Das Wort Bild bedeutet jetzt: das Gebild des vorstellenden Herstellens. In diesem kämpft der Mensch um die Stellung, in der er dasjenige Seiende sein kann, das allem Seienden das Maß gibt und die Richtschnur zieht... Die Redewendungen 'Weltbild der Neuzeit' und 'neuzeitliches Weltbild' sagen zweimal dasselbe und unterstellen etwas, was es nie zuvor geben konnte, nämlich ein mittelalterliches und ein antikes Weltbild. Das Weltbild wird nicht von einem vormals mittelalterlichen zu einem neuzeitlichen, sondern dies, daß überhaupt die Welt zum Bild wird zeichnet das Wesen der Neuzeit aus.« (Holzwege, p. 83)



Fr Roth-Scholie Theatr. Chem. II Theil.

1 Hermes als Helfer des Alchimisten, Deutsches Theatrum Chymicum, Nürnberg 1730. (entnommen aus: »Printing and the Progress of Man«, Interlibrum, Vaduz 1975).



2 Titelvignette der 1593 in Basel erschienenen »Artis Auriferae«. Im 16. und
17. Jht. wurden viele Werke, die bis dahin
nur handschriftlich verbreitet vorlagen,
dem Druck übergeben. Die Datierungen
täuschen daher oft ein spätes Entstehen
vor! Die Alchemie dieser Zeit selbst zeigte
schon deutliche Verfallserscheinungen, wie
der doppeldeutige Titel erahnen läßt. (Entnommen aus: »Printing and the Progress
of Man«, Interlibrum, Vaduz 1975).

Transitus

Können wir erfassen, was das bedeutet, wenn die Welt zum Bild wird? Hier Weltbild - dort Welt, hier Mensch - dort Natur, hier Objekt - dort Subjekt, hier ich - dort alles Andere. Durch die Wirklichkeit mitten hindurch läuft nun ein großer Riß. Zuvor war alles noch näher beisammen, inniger; jetzt zerfällt es. Fortwährend entstehen entlang des Hauptrisses neue Sprünge. Und die Riße laufen immer Weiter: das ist der Fortschritt, ein Fortschreiten von der Mitte weg, ein Weggang, ein Verlust der Heimat, eine Enttremdung. Die mittelalterlichen Menschen lebten in anderen Welten als wir heute und ein Vordringen in diese anderen Denkungs- und Seinsweisen scheint uns verwehrt. Aber wie sagten die Alchemisten? »Symbolum habent, transitus facilis«. (Jenen, die das Symbol haben, fällt der Übergang leicht. Mylius; Philosophia reformata 1622) Suchen wir also nach alten Symbolen, suchen wir nach den Symbolen der verlorengeganenen Einheit. Bei dieser Suche werden wir auf unsere Emotion und Phantasie nicht verzichten können. Lassen wir uns von inneren Bildern leiten, vergessen wir nicht unsere Träume.

Gelegentlich nahmen auch neuzeitliche Chemiker ihre Träume ernst, und sie sind dabei gar nicht so schlecht beraten gewesen, wie das folgende Beispiel zeigen wird. August Kekulé – von dem der selber berühmte A. W. Hofmann sagte: »Alle meine Entdeckungen gäbe ich hin gegen einen Gedanken Kelulés« – schilderte anläßlich einer Festsitzung der Deutschen Chemischen Gesellschaft wie er zur Entdeckung der Benzolstruktur kam (Chem. Ber. 23, 1305 [1890]).

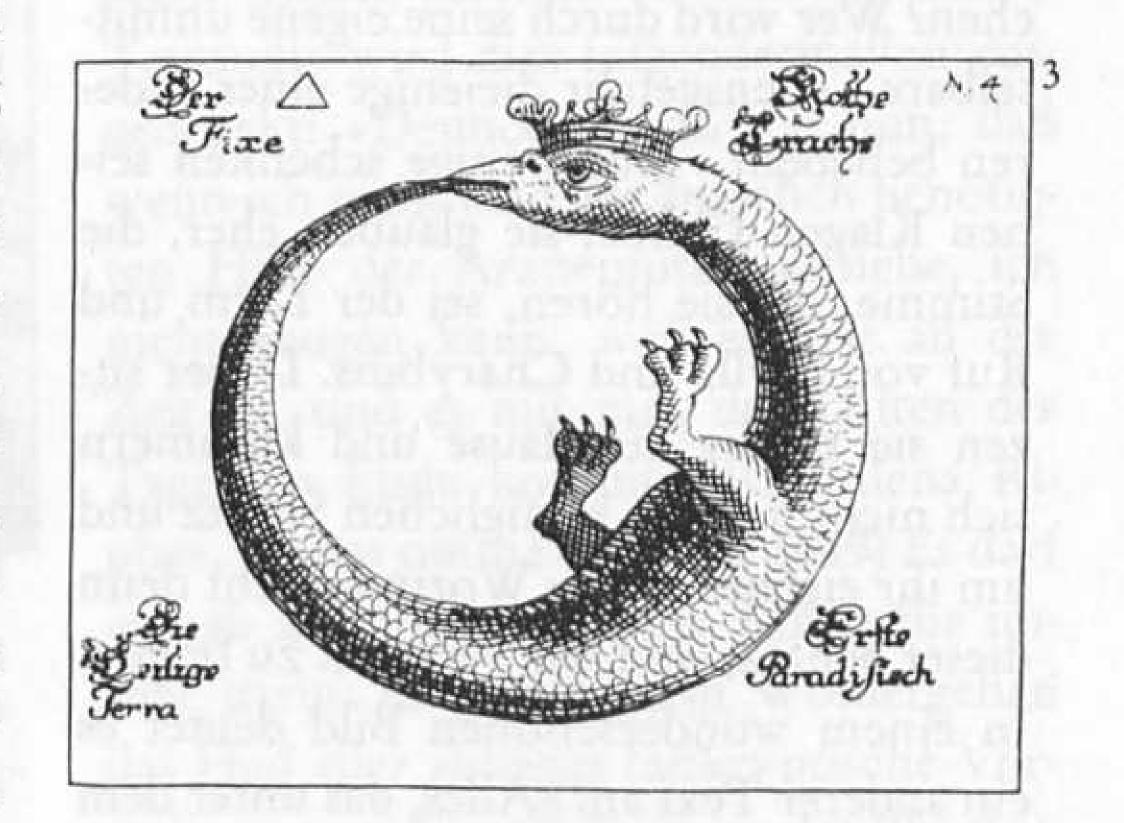
»Während meines Aufenthaltes in Gent in Belgien bewohnte ich elegante Junggesellenzimmer in der Hauptstraße. Mein Arbeitszimmer aber lag nach einer engen Seitengasse und hatte während des Tages kein Licht. Für den Chemiker, der die Tagesstunden im Laboratorium verbringt, war dies kein Nachtheil. Da sass ich und schrieb an meinem Lehrbuch; aber es ging nicht recht; mein Geist war bei anderen Dingen. Ich drehte den Stuhl nach dem Kamin und versank in Halbschlaf. Wieder gaukelten die Atome vor meinen Augen. Kleinere Gruppen hielten sich diesmal bescheiden im Hintergrund. Mein geistiges Auge, durch wiederholte Gesichte ähnlicher Art geschärft, unterschied jetzt grössere Gebilde von mannigfacher Gestaltung. Lange Reihen, vielfach dichter zusammengefügt; Alles in Bewegung, schlangenartig sich windend und drehend. Und siehe, was war das? Eine der Schlangen erfasste den eigenen Schwanz und höhnisch wirbelte das Gebilde vor meinen Augen. Wie durch einen Blitzstrahl erwachte ich; auch diesmal verbrachte ich den Rest der Nacht um die Consequenzen der Hypothese auszuarbeiten.«

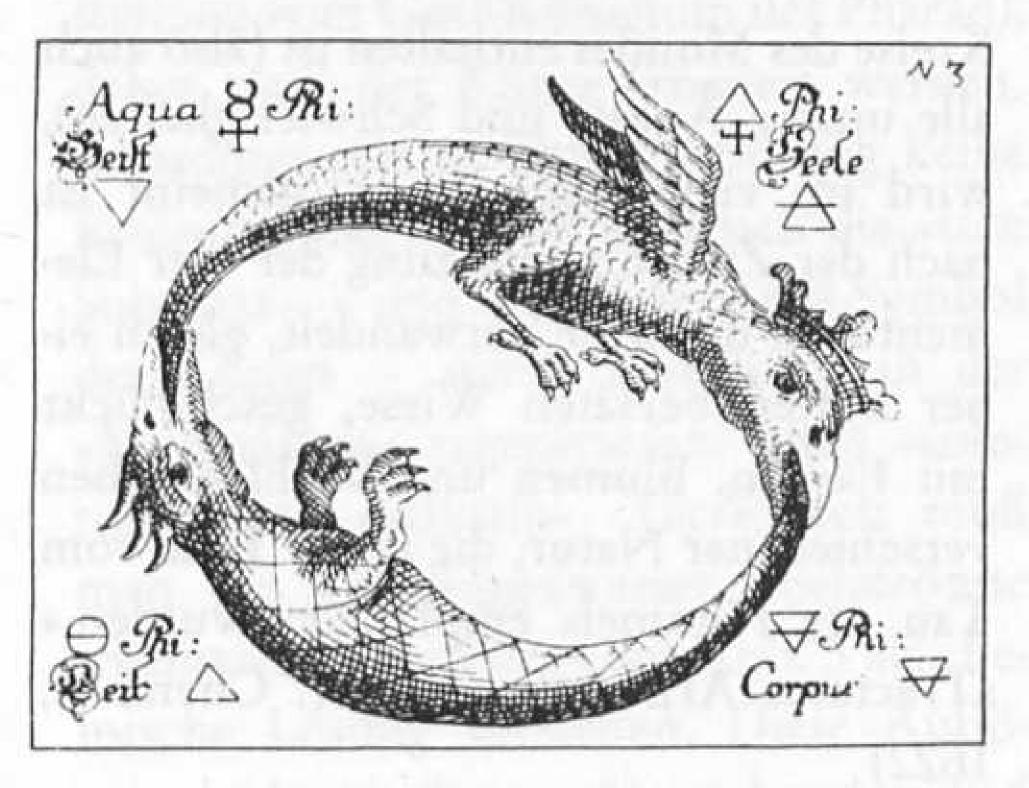
Dieser Traum war für die moderne organische Chemie von großer Bedeutung – gewiß. Wenn man aber weiß, daß die Symbole, die in diesem Traum vorkommen, aufs Haar mit uralten Alchemistensymbolen übereinstimmen, dann kommt eine ganz neue, fast ein wenig unheimliche Dimension hinzu. Die Schlange, die sich in den Schwanz beißt, das ist der Ouroboros; ein Symbol – seine Symbolgeschichte reicht weit zurück bis in die ägyptische Theologie des dritten vor-

christlichen Jahrtausends – dafür, daß das Werk des Alchimisten aus Einem hervorgeht und zum Einen wieder zurückführt. (Abb. 3)

Mit dem Ouroborosmotiv sind wir unversehens ins Herz der Alchemie vorgestoßen. Der Ouroboros ist das treffendste Symbol alchemistischer Bemühungen, er könnte geradezu als Emblem der Alchemie gelten. Die Aufgabe besteht eigentlich nur noch darin, zu zeigen, wie dieses "Eines ist Alles", das die Alchemistin Cleopatra (sie lebte um das Jahr 0) in ein Ouroborosbild hineinschrieb (Chrysopoeia of Cleopatra, Codex Marcianus, Venedig 11. Jht.), verstanden werden kann.

Soviel vorweg: Die alchemistische und die chemische Forschungsweise sind grundverschieden. Während der Alchemist die Einheit des Erlebnisses nicht zerstört, ist für den rational denkenden Kekulè das Traumgesicht Anlaß zur Entwicklung eines *Modells* der äußeren Wirklichkeit. »Lernen wir träumen, meine Herren, dann finden wir vielleicht die Wahrheit –





3 Gekrönter Drache als Schwanzfresser. Kreis, von zwei Drachen gebildet; in den vier Ecken: die Zeichen der vier Elemente. ELEAZAR, Uraltes chymisches Werk (1760). (Aus C. G. Jung »Alchemie und Psychologie« 1975.

aber hüten wir uns, unsere Träume zu veröffentlichen, ehe sie durch den wachen Verstand geprüft worden sind.« In diesen Worten, mit denen Kekulé seinen Bericht beendet, ist die ganze Problematik enthalten.

Verlassen wir die Welt der Weltbilder, Ideologien und Modelle, lassen wir die alten Meister selber zu Wort kommen, leisten wir der Aufforderung des Alchemisten Michael Majer (»Symbola aurae mensae«, Frankfurt 1617) Folge, »ins Meer zu tauchen«. Der Text ist fast so abgefaßt, als seien wir Menschen des 20. Jahrhunderts direkt angesprochen: »Und obgleich der König der Philosophen selber wie tot erscheint, so lebt er doch und ruft aus der Tiefe: > Wer wird mich aus den Wassern erretten und mich wieder ans Trockene bringen? Den werde ich auf immerdar mit Reichtümern beglücken «. Auch wenn dieser Hilferuf von vielen gehört wird, so macht sich doch niemand, von Mitleid ergriffen, auf, dem König zu helfen. > Wer <, so sagen sie, » wird denn ins Meer tauchen? Wer wird durch seine eigene unmittelbare Lebensgefahr diejenige eines anderen beheben? « Nur wenige schenken seinen Klagen Gehör; sie glauben eher, die Stimme, die sie hören, sei der Lärm und Ruf von Scylla und Charybdis. Daher sitzen sie müßig zu Hause und kümmern sich nicht um den königlichen Schatz und um ihr eigenes Heil.« Worin besteht denn dieser Schatz, sind wir versucht zu fragen. In einem wunderschönen Bild deutet es ein anderer Text an: »Alles, das unter dem Kreise des Mondes enthalten ist (also auch alle unsere Angste und Schwierigkeiten), wird im viereckigen Ende (gemeint ist nach der Zusammensetzung der vier Elemente) in das Eine verwandelt, gleich einer blütenübersäten Wiese, geschmückt mit Farben, Blumen und Wohlgerüchen verschiedener Natur, die in der Erde vom Tau des Himmels empfangen wurden.« (Tractatus Aristotelis, Theatr. Chem. V, 1622)

Ist es nicht so, daß diese Bilder eine alte Erinnerung wachrufen, unter anderem eine Erinnerung an die verlorengeglaubte Einheit von Mensch und Natur? Ein wenig sind wir also bereits in das mystische Dunkel vorgedrungen, das die Adepten zu erforschen versuchten. Wir erahnen, daß dieses Dunkel eigentlich gar nicht dunkel ist, sondern ausgefüllt mit leuchtenden Bildern. Greifen wir die eben im

Tractatus Aristotelis gelesene Idee auf, daß es den Alchemisten um das »Eine« die Einheit - gegangen ist. Wir werden sehen, all dies abstrus und widersprüchlich scheinenden alchemistischen Außerungen beginnen sich in diesem Licht ganz zwanglos zu ordnen. Und das große alchemistische Werk, das in den alten Schriften so gepriesen wird und das für Menschen, die ausschließlich von der »Vielheit«, also der materiellen Welt mit ihren vielfältigen Erscheinungen, fasziniert sind, so unverständlich ist, wird dann zu der Bemühung, durch mannigfache Wandlungen hindurch, das »Eine« was immer es sein mag - zu erreichen. Textstellen, wie etwa die folgende, sind einer breiteren Öffentlichkeit bisher kaum zugänglich gemacht worden. Die Geschichtsschreibung des 18. und 19. Jahrhunderts, die Schuld ist an dem völlig verzerrten Bild der Alchemie unter den Chemikern, hat nämlich die Alchemie als Konkurrentin der damals aufstrebenden Chemie betrachtet, hat - mit leicht erkennbarer Absicht - die Alchemie als Unsinn denunziert und scheint solche Texte immer unterschlagen zu haben. Heute sind die Voraussetzungen eines Verständnisses der Alchemie vielleicht wieder besser geworden; lernen wir zuhören; hören wir zu, welche Belehrung die Alchemistin Cleopatra von ihrem geheimnisvollen Lehrer Komarios empfangen hat: »...Und Körper und Seele und Geist werden alle vereint in Liebe und sind eines geworden, worin das Geheimnis verborgen liegt... Das Feuer hat sie vereinigt und verwandelt... Und das Feuer brachte sie weg von der Finsternis hin zum Licht, brachte sie aus der Traurigkeit in die Freude, von Krankheit zur Gesundung, vom Tod zum Leben ... « (aus einer venezianischen Handschrift des 11. Jahrhunderts, der ursprüngliche Text ist wesentlich älter; die Stelle ist durch ein Versehen des mittelalterlichen Buchkopisten an ein Werk des Alchemisten Stephanus von Alexandrien [7. Jht.] hinzugefügt worden.)

Opus

Zentrum alchemistischen Denkens ist die Verwandlung, die »transmutatio«, die gleichzeitige Verwandlung der Stoffe und des Menschen. Das ist der Prozeß, das »opus«. Dieses opus beginnt beim »Einen« und endet beim »Einen«, allerdings auf ei-

ner anderen Stufe (vielleicht können wir auch sagen: Bewußtseinsstufe). Am Anfang Dunkelheit, am Ende Helligkeit: »Es gibt in der Chemie einen edlen Körper, ...an dessen Anfang Elend herrscht mit Essig, am Ende aber Freude und Seligkeit.« (M. Majer, loc. cit.) Ausgangsprodukt dieses großen Werkes ist die »materia prima«, eines der berühmtesten Geheimnisse, unter der man sich nicht nur einen Stoff vorstellen darf. »Und dieser Urstoff wird in einem Berg gefunden, der eine unermeßliche Menge geschaffener Dinge enthält. In diesem Berg befindet sich jegliche Art Wissen, die in der Welt vorkommt. Es gibt keine Kenntnisse, noch Träume oder Gedanken,...keinen Gesang, kein Spiel, keine Flöte oder Leier oder Hochzeit, keinen Spaß, keine Watfen, keinen Krieg, weder Blut noch Totschlag, die dort nicht anzutreffen sind.« (Abúl – Qâsim al Irâqî, arabischer Alchemist des 13. Jhts. »Kitâb al-'ilm«)

Die erste Stufe des Prozesses ist die »nigredo«, also die Schwärze, das »schwärzeste
Schwarz«, wie die Meister sie nennen. Es
ist der Anfang, die »massa confusa«, das
Chaos, die Finsternis des Geistes. Jetzt
kommt, wie Heinrich Kunrath (Theatrum Sapientiae aeternae, 1609) sagt,
»...die durchtränkte, feuchte, fette und
schlammige Erde Adams, der Urstoff, aus
dem diese große Welt, wir selbst und unser kraftvoller Stein erschaffen wurde,
zum Vorschein«.

Bei dieser »nigredo« muß es um eine ganz entscheidende Sache gehen. Die Faszination, die von den alten Texten ausgeht, und ihre herbe Schönheit garantieren, daß wir Bedeutsamem auf der Spur sind. Es kann sich doch nur um den Versuch handeln, hinter alle Erscheinungen zurückzugehen, meditativ die Ab-Gründe der menschlichen Seele zu er-fahren; was soll es sonst sein? »Cum videris materiam tuam denigrari: gaude: quia principium est operis,« frohlockt ein alchemistischer Text (Art. Aurif., Basel 1593, Ubersetzung: Wenn du siehst, daß deine Materie schwarz wird, freue dich, weil dies der Beginn des Werkes ist.) Mit der Erreichung des dunklen Seelenhintergrundes ist nämlich die Nahtstelle von menschlicher Seele und toter Materie selbst erreicht, hier ist die Begegnung mit dem möglich geworden, das allem Geschaffenen gemeinsam ist, der Weg hin zur letzten Einheit ist frei! »Ich komme zum Schluß«, lautet eine

Stelle im Theatrum Chemicum I, »daß die meditative Philosophie in der Überwindung des Körpers durch die Vereinigung von Geist und Seele bestehe. Aber diese erste Einigung macht noch keinen Weisen, sondern nur einen geistigen Schüler der Weisheit. Erst die zweite Vereinigung des Geistes mit dem Körper macht den Weisen, der auf jene völlige und selige dritte Einswerdung mit der ursprünglichen Einheit hoffen und sie erwarten darf...«

Der Weg hin zur Einheit ist mit der nigredo eröffnet. Zuvor müssen aber noch die beiden Urprinzipien, der feurige Sulfur und das kalte Quecksilber, aufeinander losgelassen werden und in der Tat bestand die chemische Prozedur der nigredo mitunter darin, bestimmte Legierungen mit »aqua permanes«, wegen seiner Beweglichkeit ein Symbol des Lebens, andererseits aber auch eine dunkle Todesankündigung, löste sich doch das Beständigste, das Gold, darin auf. So war in der Alchemie tatsächlich Physisches und Psychisches aufs innigste miteinander verbunden, Methode und Ziel alchemistischen Laborierens waren aufeinander abgestimmt.

Hie und da mag vielleicht etwas von dieser alten Einheit auch beim heutigen Chemiker aufblitzen, man denke nur an den Augenblick, da ein lange gewünschtes Produkt in Form glänzender Kristalle auszufallen beginnt... Das ist ganz sicher auch die Ursache, warum für viele die Chemie irgendwie emotioneller, »wärmer« ist als die Physik.



4 Der Artifex mit seiner »soror mystica« beim Werke. Mutus liber (1702).

Schwefel »umzu-setzen« (siehe z.B. Weyer 1973). Welch ein Fest für die Sinne! Welch ein Fest für das Herz! Der Kampf ent-brennt. Die Vereinigung der Gegensätze findet statt, indem die helle Seite der Natur und der Seele mit ihrer dunklen, gefährlichen, kalten, bösen Hälfte konfrontiert wird. Das Ergebnis: die »coniunctio«.

Die coniunctio – eine Leitidee der alchemistischen Prozedur – ist zweifellos das Urbild dessen, das wir heute als chemische »Verbindung« bezeichnen. Für den Alchemisten ist aber beispielsweise eine Legierung aus Eisen und Kupfer nicht bloß ein neuer Stoff sondern gleichzeitig eine Liebesaffäre, weil er Eisen mit »Mars« (♂) gleichsetzt und Kupfer mit »Venus« (♀). Die Herstellung eines Amalgams muß man sich überhaupt als etwas gänzlich Geheimnisvolles vorstellen, ist doch das Quecksilber einerseits ein

Die zweite Stufe des Prozesses ist die albedo, die »Weiße«, sie ist zugleich das erste Hauptziel. Obgleich von manchen gepriesen, als ob das Ziel selbst schon erreicht wäre, ist sie gewissermaßen erst die Dämmerung, die »aurora consugens«, die aufsteigende Morgenröte. »Qui animam meam levaverit, eius colores videbit«. (Wer seine Seele aufsteigen läßt, der wird ihre Farben sehen. Ars Chemia 1566, Consilium Coniungi) Jetzt tauchen die Farben auf, die »omnes colores:. - Man darf einen Augenblick daran denken, daß der Schmelzfluß bestimmter Metalle die Spektralfarben dünner Plättchen zeigt. »For everie Colour, whiche maie be thought, Shall heere appeare before that White we wrought« (Thomas Norton, Ordinall of Alchemie, Theat. Chem. Brit. 1652).

Jetzt erscheinen auf der Bühne (des Seelenhintergrundes) die numinosen Gestal-

ten in ihren bunten Gewändern. Das alchemistische Drama kann beginnen, Weibliches soll sich mit Männlichem vermischen, Flüchtiges mit Nichtflüchtigem, Lösendes mit Lösendem.

Eine der schönsten Darstellungen der albedo - erkenntlich an den Attributen »Iris« und »cauda pavonis« (Pfauenschwanz) - ist eine anonyme Illustration des 15. Jht. aus der Bibliotheca Apostolica Vaticana (Cod. Pal. lat. 1066, f. 218). »Tod und Wiedergeburt« könnte dieses Blatt (Abb. 5) betitelt werden, »Königserneuerung« ist der symbolhistorische Fachterminus. Der König - dies ist im Traktat des Michael Majer bereits angeklungen – ist der, um den sich alles dreht. Er ist durch seine Stellung aus dem Gewöhnlichen herausgehoben, seine Krone stellt die Beziehung zur strahlenden Sonne her, sein Mantel ist das blaue Firmament, der Reichsapfel ein Abbild der Weltkugel. Wie es aber nun einmal auf dieser Welt zugeht, dieser König ist alt geworden, Szepter wie Reichsapfel sind recht traurig gesenkt. In einer parallelen Textstelle wird dies folgendermaßen ausgedrückt: »Dennoch weiß ich nun, daß wenn ich nicht bald der ängstlich benötigten Hilfe der Arzneimittel genieße, ich nicht zeugen kann, weil es spät an der Zeit ist, und es mit mir, dem Alten der Tage, zu Ende kommt.« (Cantilena Riplaei, Opera omnia Chemia, 1649) Es darf jedoch nicht sein, daß der König für immer stirbt, da von seinem Wohlergehen das Heil aller abhängt (altägyptische Vorstellung vom Gott-Königtum des Pharao), daher muß der König erneuert werden. Allerdings gibt es ohne Auflösung keine Erlösung und deshalb muß sich die »tote Substanz« – und für die steht das Symbol des Königs - durch Auflösung in der »Mutterlauge« regenerieren; ohne »solutio« keine »salvatio«. Tatsächlich muß man die mit Regenwasser überströmte »Schutzmantelmutter« der Abb. 5 als chemische Lösung verstehen. Diese Auflösung bedeutet den vorübergehenden Tod des »Königs« (=Substanz), der Uterus wird ihm zum Grab (= die Substanz verschwindet im Lösungsmittel). In diesem Moment gehen Lösungsmittel und Gelöstes in einen höheren Zustand über und es kann - ganz im Sinne einer Wiedergeburt - die Rekristallisation stattfinden (=Königssohn). Der neue, göttliche Sohn - links im Bild - trägt bereits das rote

Gewand, was als Ankündigung der nächsten Stufe des Werkes, der rubedo, der »Röte« gedeutet werden muß; die rubedo, also der neue König und die albedo, die Königin, werden dann ihre nuptiae chymiae, ihre chymische Hochzeit, feiern.* Wir erahnen, daß die Alchemie von der Erfahrung lebt, daß ein Stoff, durch alle Wandlungen hindurch, immer noch »derselbe« Stoff bleibt, selbst wenn er einmal fest ist, dann wieder formlos durch Auflösen und wenn er schließlich in herrlichen Kristallen wieder aufblüht. Durch diese Wandlungen hindurch meinte man den unveränderlichen Grund-Stoff des Universums erkennen zu können. Die natürlich vorkommenden Stoffe in ihren Verwandlungen mögen also nur als sein Sinnbild verstanden worden sein, die dargestellten Göttergestalten in ihren verwandtschaftlichen Beziehungen, »Ineinanderverschmelzungen« und »Auseinanderwiedergeburten« als sein Symbol und die Menschen in ihren Verstrickungen als sein Analogon. Sinnbilder soweit das Auge reicht, könnte man bei der Betrachtung der Alchemie sagen. Aber es zahlt sich gar nicht aus, die Grundgedanken der Alchemie erklären zu wollen, die großen Alchemisten haben dies selber getan und viel besser: »Die Welt der Natur besteht aus mannigfachen Formen, die in einem einzigen Spiegel widerscheinen; nein doch: sie ist eine einzige Form, die sich in vielen Spiegeln spiegelt.« (Muhi -a -Dîn Ibn'Ara-1165 – 1240, »Fusûs kam«) Dieses herrliche Paradoxon ist nicht mehr überbietbar. Spätestens hier beginnt das Scheitern der Ratio und es entsteht ein weiter lichter Raum.

All die Prozeduren, die zur Erreichung der verschiedenen Stufen des opus nötig waren, die Solutionen, Sublimationen, Destillationen, Fermentationen und Zementationen – Bezeichnungen hinter denen man unschwer die Grundoperationen unserer präparativen Chemie wiederfinden wird – vollzogen sich im »vas mirabilis«, im Gefäß. Dieses Gefäß ist für den Artifex wiederum etwas Wunderbares. »Unum est vas.«, das ganze Geheimnis

* Auf den ersten Blick erscheinen Illustration wie Deutung einer recht krausen Phantasie zu entspringen. Tatsächlich aber haben wir es hier mit der Manifestation eines Mythos wahrhaft biblischen Alters zu tun: Gotteserneuerung durch Gottsohngeburt. Der Platz reicht nicht aus, dieses Thema auch nur anzudeuten. Wer mehr darüber wissen will, der lese das Kapitel »Rex und Regina« im Bd. 14/II der Gesamtausgabe von C. G. Jung mit allen Fußnoten, es zahlt sich aus.



5 »Albedo«, Bibl. Apost. Vat. Cod. Pal. lat. 1066, f218. (Entnommen aus: S. Klossowski de Rola »Alchemie, Die geheime Kunst«, Droemer Knaur, München, Zürich 1974). Arbeiten zu diesem Thema sind referiert bei I. Weyer (1973).

returned the property of the party of the stage.

liegt im Gefäß, erklärte die Alchemistin Maria (1. Jht.?). Es muß durchaus rund sein, damit es den sphärischen Kosmos nachahme. Es ist eine Art Höhle oder Gebärmutter, aus der der herrliche »Stein« geboren wird. Ob uns noch immer mit Reagenskolben hantierenden Präparativisten wenigstens ein winziger Bruchteil der alten Bedeutung dieser Dinge bewußt ist? (Ubrigens verstand man damals unter dem durchsichtigen Glas, dem »vitrum«, soetwas wie einen »festgewordenen Geist«.) Manchem mag nunmehr dämmern, wie das alchemistische Denken eigentlich abläuft: Alles ist eines, sogar das Gefäß könnte in geheimer Identität mit seinem Inhalt Ausgangsprodukt und Ziel des chemischen opus werden; alles ist materia prima, alles ist vas, alles ist lapis – alles ist Symbol.

Lapis

Dieses eigentliche Ziel, der lapis, erscheint uns aufgeklärten Menschen des 20. Jahrhunders, die fast schon an der Schwelle zum 21. stehen und die partout nicht an Geist(er) in der Natur glauben mögen, selbstverständlich wieder recht unklar und schillernd. Wenn wir uns aber nach dem bisher gesagten vor Augen halten, daß es in der Alchemie um die letzten Grund-Lagen des Lebendigen und Toten geht, also um das, was am Toten wie lebendig und am Lebenden wie tot aussieht, werden wir die Texte verstehen können. Das Ziel wird entweder »lapis philosophorum (Stein der Weisen), Tinktur oder »elixier vitae« (Lebenselixier) genannt, seine Beinamen: »Deus terrestis«, »filius makrokosmi«, »salvator«...

Dieser Stein, »...der mehr in dir gefunden wird...« (Marienustext 8. Jh.), dieses Harte, ist wunderschönes Symbol der schwer zu erreichenden Einswerdung des Menschen mit dem Urgrund. Das Consilium Coniugii beschreibt den Stein folgendermaßen: »Lapis Philosophorum est rex de coelo descendens, cuius montes sunt aragentei et rivuli aurei et terra lapides et gemmae pretiosae (Übersetzung: Der Stein der Weisen ist der vom Himmel herabsteigende König, dessen Berge aus Silber, dessen Flüsse golden und dessen Steine auf der Erde Edelsteine sind.) Und die Epistola ad Hermannum (Theatr. Chem. V, 1622) sagt vom lapis: »Ascendit per se, nigrescit, descendit et albescit, crecit et decrescit...nascitur, moritur, resurgit, postea in aeternum vivit.« (Ubersetzung: Er steigt von sich aus auf, wird schwarz, steigt hinab, wird weiß, wächst und schwindet...wird geboren, stirbt, aufersteht und lebt nachher in Ewigkeit.

Das Hantieren und Laborieren mit flüchtigen Gasen, leuchtenden Kristallen und scheußich stinkenden Rückständen hat sein Ende gefunden, der Meditierende hat sein Ziel erreicht. Der die Verwandlung der Stoffe miterlebende Mensch ist endlich wieder in die Kreisläufe der Natur eingebunden. Mag er auch anfangs die Natur mit dem bitteren Beigeschmack der »Naturnotwendigkeit« betrachtet haben, im Augenblick des Entstehens des lapis erlebt er die Befreiung durch das Aufgehen in den kosmischen Rhythmus. Hören

wir, was Petrus Bonus von Ferrara in einer etwa um 1330 verfaßten Schrift darüber zu sagen hat: »Die Altesten unter den Philosophen sahen, daß der Stein in seinem Aufgange und seiner Sublimation allen Dingen der Welt, den konkreten und den ideellen, gleichnishaft entspreche. Deshalb kann man von allem reden und verhandeln,...von Leben und Tod, Gut und Böse, Wahrheit und Irrtum, Flüchtigem und Festem,...von Hölle und Abgrund und ihren Finsternissen und auch Schwefelfeuern und vom Paradies und seiner Erhabenheit, Helle und Schönheit und unermeßlichen Glorie. Kurz: von dem, was ist und von dem, was nicht ist, wovon man reden darf und nicht reden darf - all das kann man von diesem verehrungswürdigem Stein aussagen.« (abgedruckt im Theatr. Chem. V)

Worte erreichen das Mitzuteilende kaum noch. Man fühlt sich von den alten Meistern zumindest an dieser Stelle alleingelassen. Ich kenne nur einen alchemistischen Text – interessanterweise stammt er aus China – der diese peinliche Stille durch Evozierung eines grandios einfachen Bildes meistert: »Vier Worte kristallisieren den Geist im Raume der Kraft. Im sechsten Monat sieht man plötzlich weißen Schnee fliegen...« (Zauberspruch für die Reise ins Weite; aus dem Tai I Gin Hua Dsung Dschi [im 8. Jht. entstanden?] Übersetzung von R. Wilhelm)

Dem, der diese Erlebnisfülle kaum je erfährt – also uns – wird in diesem lapis ein Symbol vor Augen geführt, das selber nicht lebt. Lebendes bedarf des Unbelebten, des Anorganischen, es wurzelt dort. Das Gesichtsfeld soll »eingeengt« werden, der Geist soll sich auf einen Punkt »konzentrieren«, er soll »kristallisieren«. So wird der Mensch in der Betrachtung des Steines von allerlei unnötigen Zukunftswünschen weggerissen und auf Uraltes, buchstäblich »Stein-Zeitliches« verwiesen. Zukunft und Vergangenheit haben dann ihre Bedeutung verloren. Im Innewerden des Wesentlichen am Stein ist etwas von der Dauerhaftigkeit der Steinexistenz, die sich im Jahrmillionen-, Jahrmilliardenmaßstab vollzieht, auf den Adepten übergeflossen.

Die Bestätigung dafür, daß zumindest die großen klassischen Alchemisten mit dem Ziel des opus tatsächlich das Einheitserlebnis, die unio mystica, das Zurücktauchen der Seele in die ungeteilte Einheit

des Geistes meinten, finden wir in einer alten ägyptischen, »chyäischen« Schrift, im Buch »Poimandres« des »Corpus Hermeticum« (3. Jh. n. Chr.) Trad. par A.J. Festugière, Paris, »Les Belles Lettres«, veröff. 1945), wo beschrieben ist, wie sich der Allgeist offenbart: »...Bei diesen Worten sah Er mich eine lange Weile geradewegs ins Antlitz, so daß ich bei Seinem Anblick erzitterte. Dann, als Er das Haupt wieder erhob, sah ich wie in meinem eigenen Geiste das Licht, das aus einer zahllosen Zahl von Vermögen bestand, zu einem grenzenlosen All geworden war, während das Feuer, von einer allmächtigen Kraft umhüllt und so gehalten, seine unbewegte Stellung erreicht hatte: Das war es, was ich von dieser Schau gedanklich festzuhalten vermochte... Während ich so ganz außer mir war, sprach Er wieder: Du hast nun im Geiste die Urform, den Ursprung von allem nie endenden Anbeginn gesehen...«

Reductio

Uraltes Wissen der Menschheit ist in der Alchemie von Generation zu Generation weitergegeben worden. Neue autochtone Erfahrungen, die gemacht wurden, sprengten seltsamerweise althergebrachte Tradition nicht. Wo nur hatte diese Tradition ihre Ursprünge?

In der Bronzezeit hatten die Menschen unwiderruflich damit begonnen, in die verborgensten Kreisläufe der Natur einzugreifen. Bei den magisch-mythischen Gedankengängen der archaischen Schmelzer und Schmiede sind die wichtigen Quellen der Alchemie.* Darüber hinaus gibt es noch eine Vielzahl anderer, die alle irgendwie miteinander verbunden sind: die ägyptische Theologie und Einbalsamierungskunst, die jüdischen Erlösungsvorstellungen, die vorderorientalischen Mysterienkulte und nicht zuletzt die persische Philosophie. - So soll der am meisten zitierte Satz der Alchemie auf den vorgeschichtlichen persischen Philosophen Ostanes zurückgehen: »Die Natur freut sich an der Natur...« - Wichtige Verbindungslinien gibt es außerdem nach Indien, China und Tibet.

Greifen wir eine der Wurzeln heraus, an der sich schon recht früh die Tragödie mythischer Naturbetrachtung abzuzeichnen beginnt und sich daher die Tragödie der Alchemie vorausahnen läßt – gemeint sind der griechische Mythos und

das griechische Denken. Die große Bedeutung der griechischen Mythologie läßt sich leicht daran ablesen, daß der »Schutzpatron« aller Verwandlungskünste der Alchemie der griechische Gott Hermes gewesen ist, nach dem schließlich die ganze Kunst die »hermetische« genannt wird. Hermes - identisch mit dem römischen Gott Merkur und bezeichnenderweise ist auch im 20. Jht. in einem Großteil der Welt Hg »mercury« - war das ganze Mittelalter hindurch der rätselvolle Gegenstand naturphilosophischer Spekulation, bald war er hilfreicher Geist (siehe Abb. 1), bald ein neckender und täuschender Kobold. Er ist der Führer und der Verführer des Alchemisten, er ist dessen Glück und Verderben. »Hermes, Herrscher der Welt, der im Herzen wohnt...« beginnt ein Papyrustext (Papyrus XVIIb, Straßburg 1179, 1). Wer sich eigentlich hinter dem zwielichtigen Gott Hermes verbirgt, das verrät uns, unter anderem, eine Illustration des 14. Jhts. (Bibl. Mediceo-Laurentiana, Ms. Ashburn 1166 f18): Der uralte unstete Hirtengott Pan, der große Pan selbst ist es, der auf den arkadischen Gebirgen sein Unwesen treibt, »der stets Berggrotten bewohnet«. (Vergil, Metamorphosen 11, 147)

Auch diese Wurzel führt also in die vorgeschichtliche Zeit zurück und – ins Reich der Spekulation. War der Gott es, der die Menschen auf den unerhörten Reichtum der Berge aufmerksam gemacht und der ihre Schrittte hin zu den Erzlagerstätten gelenkt hat? In gewissem Sinne ja, denn die berühmten Hermen (Hermesstatuen) von Athen waren nichts anderes als kultivierte »Stein-Männner« (»Stoanmandln«, wie man in den Alpen dazu sagt), die einerseits die Orientierung im weglosen Berggelände ermöglichten, andererseits göttliche Verehrung genossen.

Nach dieser Abschweifung in eine Zeit, da in der Seele der Menschen Berg und Höhle, Stein und Feuer, Wasser und Wind, Sonne und Mond, Schlange und Vogel als Urbilder der Begegnung mit dem Unbegreiflichen noch keineswegs verschüttet waren, lenken wir die Aufmerksamkeit wieder der historischen Zeit Griechenlands zu, nämlich dem Zeitraum zwischen 600 bis 300 v.Chr. Was in diesem Zeitabschnitt gedacht wurde, ist für die Alchemie von großer Bedeutung. Die frühen Philosophen, Anaximenes, Herakleitos, Parmenides, Pytagoras, Empedo-

kles, sie alle haben Beiträge zum alchemistischen Gedankengut geliefert. Eigens hervorgehoben sei Empedokles von Agrigent (um 490 - 430 v. Chr.) mit seiner sogenannten »Vier-Elemente-Lehre« und der genial einfachen Idee der beiden in der Natur wirkenden Urkräfte »philia« und »neikos«, »Liebe« und »Haß«. Wenn man bedenkt, daß auch wir - immer dann, wenn wir von Anziehungs- und Abstoßungskräften sprechen, das ist beispielsweise der Fall wenn wir irgendwo e^{-E/RT} hinschreiben – eigentlich noch keine bessere Formulierung für manche Naturerscheinung zur Hand haben, werden wir die Leistung dieses Mannes zu würdigen wissen.

Unbedingt ist an dieser Stelle ein Wort zur Vier-Elemente-Lehre notwendig. Als die neuzeitliche Chemie lässig darauf verwies, daß die alten Elemente Erde, Wasser, Feuer und Luft aus einer Vielzahl von Atomsorten gebildet werden und daß daher - für jedermann klar ersichtlich die Alchemie als Unsinn abgetan werden kann, da hat die neue Chemie den alten Elementbegriff völlig mißverstanden. Man kann auch sagen, sie wußte nicht, was sie tat, denn: Die vier Elemente waren sicherlich niemals gedacht als chemisches Bestandteillager der Materie. Gerade dem Empedokles zu unterstellen, er sei Analytiker gewesen, ist Unfug. Empedokles ist viel zu sehr noch im mythischen Denken verwurzelt, als daß er auch nur annähernd so denkt wie die moderne Chemie. Man kommt der Sache schon näher, wenn man die alten Elemente als unveränderliche Grundbestimmungen der Stoffe - vergleichbar etwa den Aggregatszuständen fest, flüssig, gasförmig, plasmaförmig - betrachtet. Man beachte: die ersten Denker hatten die Frage nach dem Wesen der Dinge im Blickfeld. Die analytische Feststellung, daß ein bestimmter Stoff aus soundsovielen Atomen der Sorte A und soundsovielen der Sorte B besteht, sagt nichts über das Wesen aus. Das Wesen eines Dinges erkennen kann man doch nur, wenn es unzerstückelt, als ganzes vor einem liegt. Nun kommt der springende Punkt: Die Vierzahl ist praktisch zu allen Zeiten und in fast allen Kulturen das Minimum der Bestimmung eines Ganzheitsurteils gewesen. (Ethnologen und Psychologen haben zu diesem Thema schon viele Bücher geschrieben, man lese z.B. unter dem Stichwort »Mandala« bei C.G. Jung nach.)* Das bedeutet nichts anderes, als daß die vier Elemente eine bestimmte »innere Ordnung« der Materie angeben, gleichwie die vier Himmelsrichtungen, die das Koordinatenkreuz aufspannen, die äußere, räumliche Ordnung des Materiellen ausmachen.

Lassen wir Blasius Vigenerus (»De Igne et Sale«, Theatr. Chem. VI) den alten Standpunkt ein wenig erläutern. »Die Elemente nämlich sind kreisförmig (angeordnet [siehe Abb. 3]),... wobei jedes von zwei anderen umgeben ist, mit denen es in einer ihm eigentümlichen Eigenschaft derselben übereinstimmt, wie die Erde zwischen Feuer und Wasser, sie teilt mit dem Feuer die Trockenheit und mit dem Wasser die Kälte,...« Nun gut, bis daher ist alles relativ leicht verständlich, es ist die von Aristoteles verfeinerte Naturordnungslehre, die als Kronzeuge angeführt werden kann, daß die alten »Elemente: etwas mit Qualitäten zu tun haben. (Trockenheit zwischen »Erde« und »Feuer« usw.) Die Textstelle ist aber noch nicht zu Ende, und bei der nun folgenden Analogie - besser gesagt bei der folgenden geheimen Identität - der kosmischen und der menschlichen Ordnung müssen wir daran denken, daß, zumindest im abendländischen Denken aber nicht nur dort - der wahre vollständige Mensch auf ein Kreuz (mit vier Eckpunkten) geheftet worden ist. »Der Mensch also, der das Bild der großen Welt ist und daher Microcosmos...genannt wird, hat auch seinen Himmel und (seine) Erde. Seele und Intellekt nämlich sind sein Himmel; der Körper aber und seine Sinnlichkeit sind seine Erde. Den Himmel und die Erde des Menschen zu kennen ist geradezu dasselbe, als eine vollständige Kenntnis der ganzen Welt und der natürlichen Objekte zu haben.«

Nach diesem Exkurs, der versucht hat, weitere Aspekte des mythischen Natur-, Welt- und Menschenverständnisses der Alchemie zu beleuchten, zurück nach Griechenland. Das, was nach Empedokles kam, jener schärfere, aufklärerische Wind, der sich bereits mit Protagoras ankündigt (»Aller Dinge Maß ist der

^{*} Dazu folgendes Experiment: Man betrachte eine repräsentative Anzahl von modernen wissenschaftlichen Korrelationsdiagrammen mit rechtwinkligem Koordinatensystem und bestimme den Anteil jener Diagramme, die ausschließlich den 1. Quadranten verwenden. Ergebnis voraussichtlich: 99,9 %. Interpretation dieses Versuchs, angelehnt an die Denkweise der Alchemie: Die Wissenschaft untersucht bloß den vierten Teil der Wirklichkeit, der Rest – drei Viertel – bleibt unangetastet!

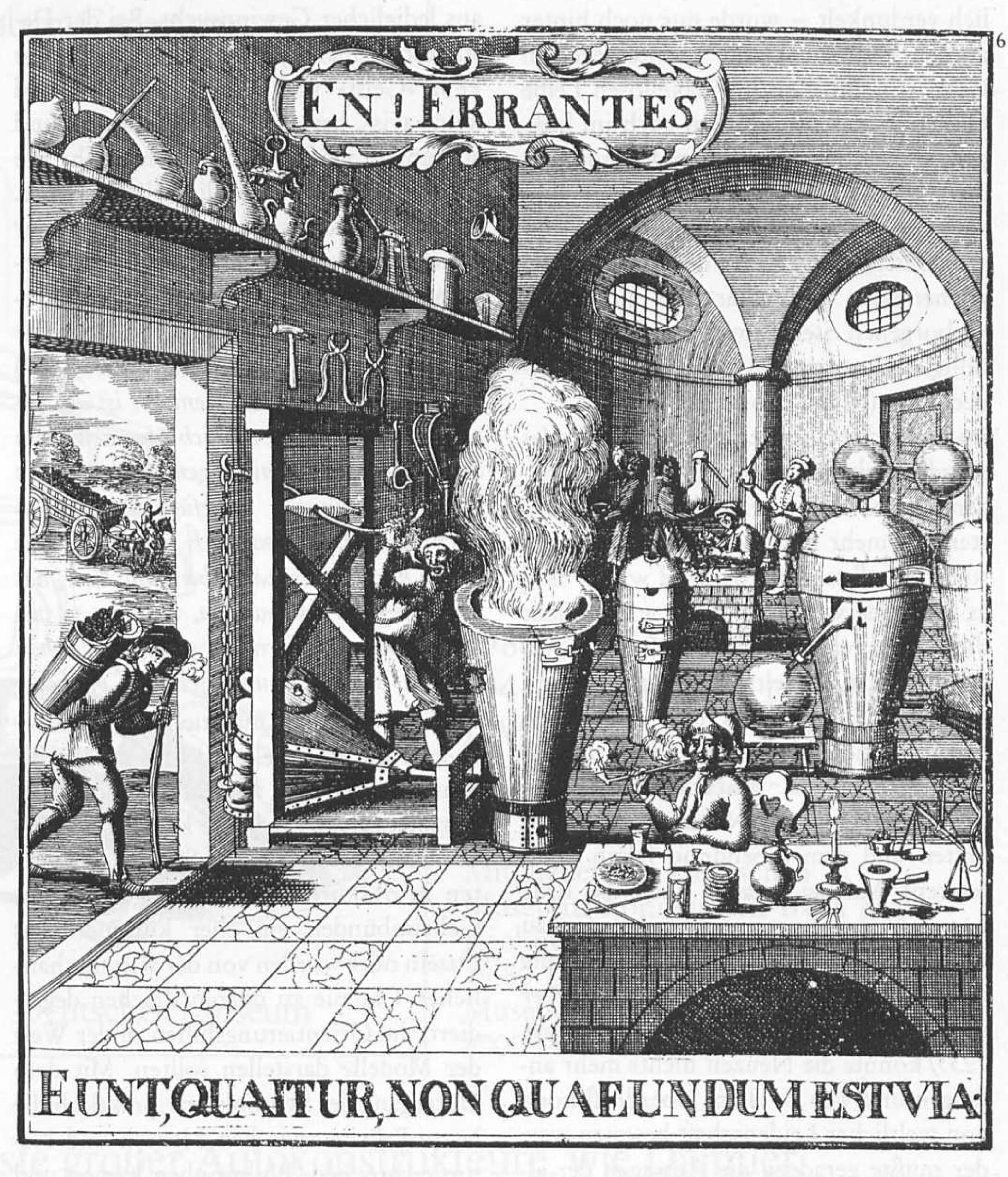
Mensch, ... « [Frgm. 1] und der systematisch den Mythos durch den Logos ersetzt, dieser schneidende Geist, der wurde von der Alchemie nicht mehr oder nur mehr in ganz geringen Dosen rezipiert. Der weise Seher Empedokles hat schon zu Lebzeiten auf die traurigen Folgen der Entwicklung eines Denkens hin zu klaren Abgrenzungen, scharfen Definitionen und somit hin zum Verlust der Einheit von Mensch und Natur aufmerksam gemacht, heißt es doch in seinem Buch der Lehre von der Reinigung (»Katharmoi« in Anspielung auf die schon damals von der Aufklärung verblendeten Zeitgenossen: »Ach, wie ich weinte und klagte im Anblick des fremden Gebiets...aus welcher Ehre, aus welcher Fülle der Seligkeit und stürz't ich hinab ins irdische Gebiet, in dem ich nun schweife.« (Frgt. 118, 119 Übersetzung W. Kranz) Diese dramatische Entwicklung, die sich damals abzuzeichnen begann, versuchte die Alchemie vergebens auf Dauer zu stoppen. Hölderlin hat diesen kritischen Augenblick der Menschheitsgeschichte in vollendeter Weise ver-dichtet, wenn er in seiner Tragödie »Der Tod des Empedokles« (II) den Empedokles die bittere Wahrheit aussprechen, ausschreien läßt: » Was eines ist, zerbricht,...«

Erstaunlich lange konnte das alte mythische Naturgefühl im alchemistischen Schrifttum bewahrt werden. Denken wir etwa an den bereits erwähnten Stephan von Alexandrien, der noch im 7. Jh. ein wahres Feuerwerk als Lobeshymne an die Allmutter Natur abbrennt: »...O eine und keineswegs fremde Natur, ...O immaterielle, die Materie festhaltende Materie, O Natur, erobernd und erfreuend von Natur aus, O himmlische Natur...!«

Putrefactio

Der Beginn der Alchemie fällt in die Zeit der untergehenden Antike. Diese unruhige Zeit sah auch noch eine andere Bewegung heraufdämmern, die gewissermaßen der große Konkurrent der Alchemie werden sollte: das Christentum. Dieses hatte eine gänzlich andere, völlig unmythische Einstellung zur Natur. Wurzelnd in der von Anfang an nicht gerade naturfreundlichen Wüstenreligion der Israeliten, hatte das Christentum alsbald das dekadente Erbe des römischen Machtanspruches des Menschen über die Natur angetreten. Man braucht nur ein bißchen Cicero zu lesen, dann weiß man schon genug: »Die Welt ist...in erster Linie der Götter und

Menschen wegen geschaffen worden, aber all ihre Einrichtungen sind nur zum Nutzen der Menschen ersonnen und ausgeführt.« (De natura deorum II, LXII) Die Dinge dieser Erde ohnedies geringachtend, jede »heidnische« Naturmystik wütend verfolgend, betrachtete das Christentum des Mittelalters die Natur durch und durch anthropozentrisch: der Mensch als Zentrum der Schöpfung, gleich hinter dem anwesend-abwesenden Gott. Man bedenke weiters, daß der christliche Opfergedanke nichts weniger als den totalen Verzicht auf die animalischen Triebe be-



6 Frontispiz des Buches »Sincerus Hydrophilus« oder »Falscher und wahrer Lapis
Philosophorum«. Übersetzung des Textes
(sinngemäß): Seht die Irrenden! Sie suchen
an der falschen Stelle. (Frankfurt u. Leipzig 1752). (Entnommen aus »Printing and
the Progress of Man« Interlibrum, Vaduz
1975.)

enutrometropical sin stant nemb duting

deutete, darüber hinaus, die Disziplinierung des Menschen auf ein überweltliches geistiges Ziel hin. Dieses Ideal konnte nur durch eine harte Schulung halbwegs erreicht werden, welche den Menschen seiner eigenen Natur und der Natur überhaupt in hohem Maße entfremdete, wie C.G. Jung einmal ganz nüchtern feststellt. Die Natur war von nun an etwas Bedrohliches, etwas Vorläufiges, etwas, das überwunden werden mußte.

Aber die Natur war noch da, war noch nicht ganz ausgerottet, forderte ihren Tribut. Im Untergrund und gleichsam als Gegengewicht blühte die Naturmystik der Alchemie im 12. Jahrhundert wieder auf, nachdem sie – nach der Machtüber-

nahme des Christentums - verdrängt worden und erst auf dem Umweg über arabische Gelehrsamkeit und Sufismus wieder ins Abendland eingedrungen war. Die alchemistische frohe Botschaft - sicherlich nicht zuletzt wegen der Gefahr, als Häresie ausradiert zu werden, absichtlich verdunkelt - wurde nur noch hinter vorgehaltender Hand weitergegeben: Gott ist nicht bloß im makellosen Leibe Christi anwesend, sondern auch im billigen, verächtlichen Stoffe, in der »immunditia huius mundi, in stercore« - also auch im Mist (!) - verborgen und ausschließlich für die Kunst des eingeweihten Alchemisten auffindbar. »Es gibt einen verborgenen Stein, im Quell versunken, billig und verworfen oder von Mist bedeckt...« (Mylius, loc. cit.)

Im Laufe der Geschichte des Abendlandes wandte sich die starrköpfige Anthropozentrik des Naturverständnisses im Christentum mehr und mehr gegen das Christentum selbst. Entscheidend war - und es erschiene wie eine Ironie, wären nicht die Folgen relativ tragisch - just der Augenblick, da die seit jeher mit allerhand Metallen, Flüssigkeiten und Pülverchen experimentierenden Alchemisten den jüdisch-christlichen Machtanspruch des Menschen über die Natur verinnerlicht hatten und dem (obendrein falsch übersetzten) Auftrag »macht Euch die Erde untertan« nachkommen konnten. Genau in diesem Moment wurde die Alchemie zur Chemie. Mit einem Gold, das »besser ist, als das Gold der Bergwerke« (Lullus, geb. 1235) konnte die Neuzeit nichts mehr anfangen und wer zu allem Überdruß noch von weltlicher Leidenschaft besessen war, der mußte geradezu die Aussagen der alten Meister mißverstehen, in die Falle tappen und versuchen Gold herzustellen, war doch in alten Manuskripten zu lesen: »Der Stein der Weisen schenkt dem, der ihn hat...mehr Gold und Silber, als all die mächtigsten Herrscher zusammen besitzen.« (Hermetischer Triumph, Bibl. des Phil. Chim., Paris 1741)

Vergeblich waren die Warnungen des Artephius: »Du aber, armer Narr, der du bist, wärest du wirklich so einfältig zu glauben, daß wir offen und klar das größte und wichtigste aller Geheimnisse lehren,...Ich versichere dir..., daß der, welcher alles, was die anderen Philosophen geschrieben haben, nach dem gewöhnlichen Sinn der Worte auslegen wollte, sich in den Gängen eines

Labyrinthes verlöre...« (um 1250, Bibl. des Phil. Chim.)

Die Verwandlung der Stoffe fand nun nicht mehr zur Erlösung einer geheimnisvollen »anima mundi«, der Weltseele, statt, sondern zur rein weltlich verstandenen, Erlösung des Menschen, mitunter aus lediglicher Gewinnsucht. Bei der Destillation flüchtiger Stoffe entwich nun kein »Geist« mehr, keine »anima« und kein »avis«, bestenfalls der Weingeist, und sublimiert wurde fortan nicht mehr die »Goldblume« sondern die Schwefelblüte. Aufschlußreich ist es, wie sich einer der ersten richtigen Chemiker, nämlich Andreas Libavius in einer kleinen Randbemerkung zu seinem riesigen Lehrbuch der Chemie (»Alchemia«, Frankfurt 1597) zum lapis äußert. »Du (gemeint ist der Leser) wirst bemerken, daß ich über den Stein der Philosophen einiges gemäß der Kunst der Scheidekünstler beigefügt habe, wenn auch vermutlich weder ich noch du diesen folgen können. Es wäre aber absurd,..., das grundweg zurückzuweisen, was von so vielen weisen Männern als gültig angesehen worden ist. Mag es unentschieden bleiben.« Zu der Zeit, als die materielle Seite der Alchemie die spirituelle zu überwiegen begann, büßten die uralten Symbole ihre Faszination ein (auch die katholische Kirche bangt heute um ihre Symbole), fristeten in obskuren, quasi übriggebliebenen Geheimbünden ein eher kümmerliches Dasein oder wurden von der wissenschaftlichen Chemie zu dürren Zeichen degradiert, die Orientierungshilfen in der Welt der Modelle darstellen sollten. Mit dem Untergang des Symbols war praktisch die letzte Brücke zwischen Mensch und Natur zerbrochen. Philosophen kamen und vollendeten das Zerstörungswerk. So konnte beispielsweise R. Descartes im berühmt-berüchtigten 5. Kapitel der »Discours de la methode« die ungeheuerliche folgenschwere Behauptung aufstellen, daß man zwischen Maschinen und Tieren eigentlich keinen Unterschied feststellen kann. Und J.G. Fichte vertrat in seiner Naturrechtslehre von 1796 gar den perversen Standpunkt, der Mensch habe gegenüber den Tieren jedes Recht. Im Anschluß daran hatte die Naturverachtung und Gefühlsverrohung christlichen Denkens dem selbstverständlichen Machtanspruch über das nicht vom Menschen Geschaffene, mit dem die Naturwissenschaft jetzt auftrat, alle Wege geebnet. (Natür-

lich drängt sich sofort der Verdacht auf, daß dieses verborgene, ungeheuerlich »erfolgreiche: Mensch-Natur-Verhältnis womöglich auch die Beziehung Mensch-Mensch vergiftet haben könnte; aber das ist schon wieder ein anderes Thema.) Seit dem Ende der Alchemie im 16. und 17. Jht. sind bis heute noch ein paar Jahrhunderte vergangen und die Entgeisterung und Entseelung der Materie hat umjubelt übrigens auch von den Marxisten - ein Maß erreicht, das unerträglich zu werden beginnt. Gut eineinhalb Jahrtausende institutionalisiertes Christentum plus drei Jahrhunderte Fortschrittsglauben präsentieren heute ihre Rechnung: Naturverwüstung, Rohstoffverknappung, Entfremdung. Die Alchemie trifft dabei keinerlei Schuld, im Gegenteil. Sie hat immer einen anderen Weg gewiesen. Sie lehrte, daß der Mensch seinen Ursprung in der Natur hat (»Homo a principia natura generatur« Tract. aureus IV), sie lehrte die Einheit der Natur, sie lehrte die Einheit von Mensch und Natur. Dieser Weg ist nicht mehr beschritten worden. Seither - um mit Vergil zu sprechen - »cadunt de montibus umbrae«, fallen Schatten von den Bergen.

Literaturhinweise

C. Amery: »Das Ende der Vorsehung«, Rowohlt, Reinbek

A. Artaud: »Das Theater und sein Double«, Fischer, 1983. C. A. Browne, Ambix 3, 15 (1948).*

G. Bugge (Hgb.): »Das Buch der großen Chemiker«, Bd. I, Verlag Chemie, Weinheim 1974.*

T. Burckhardt: »Alchemie – Sinn und Weltbild«. Walter-Verlag, Olten u. Freiburg/Breisgau 1960.*

H. Diels: »Die Fragmente der Vorsokratiker«. Rowohlt, Berlin 1964.*

E. Drewermann: »Der tödliche Fortschritt« 2. Aufl. Verlag F. Pustet, Regensburg 1981.

M.-L. v. Franz, Ambix 13, 22 (1965).*

C.G. Jung: »Psychologie und Alchemie« Studienausgabe 1. Aufl. Walter-Verlag, Olten 1975.*

C.G. Jung: »Studien über alchemistische Vorstellungen«
Ges. Werke Bd. XIII, Walter-Verlag, Olten 1982.*

C.G. Jung: »Mysterium Coniunctionis« Ges. Werke Bde. XIV/I u. II, 3. Aufl. Walter-Verlag, Olten 1978.*

C.G. Jung und R. Wilhelm: »Das Geheimnis der goldenen Blüte«. 12. Aufl. Walter-Verlag, Olten 1971.*

G.B. Kauffman, R.D. Myers, J. Koob, Chemistry 49, 12 (1976).

A. Libavius: »Alchemia«. Frankfurt 1597, in dt. Übersetzung Verlag Chemie, Weinheim 1964.*

E. K. Meislich, Chemtech. 8, 588 (1978).*

W. Schneider: »Lexikon alchemistisch-pharmazeutischer Symbole«, Verlag Chemie, Weinheim 1962.

H. J. Sheppard, Ambix 10, 83 (1962).

F.S. Taylor, Ambix 1, 116 (1937)* und 2, 177 (1946)* E. Tripp: »Reclams Lexikon der antiken Mythologie« Reclam, Stuttgart 1974.

J. Weyer, Chem. unserer Zeit 7, 177 (1973).

Literaturen, aus denen Originaltextstellen entnommen sind, wurden mit * versehen.



Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums

1986. 179 Seiten 104 Abbildungen, 12 Tabellen DM 24,-ISBN 3-486-26176-2

Mitglieder des Deutschen Museums können den Band gegen Rechnung zum Sonderpreis von 19,80 DM (einschl. Versand) im Museumsladen, Museumsinsel 1, 8000 München 22, bestellen.

Lebensdaten und Verdienste großer Autokonstrukteure, wie Daimler, Diesel, Benz, Maybach, sind bekannt, andere, nicht minder tüchtige Ingenieure wurden bisher eher vernachlässigt. Zu Ihnen gehört Georg Imbert, der eigentliche Kopf der Generator-Entwicklung.

Das vorliegende Buch soll die Leistungen von Imbert und seinem deutschen Lizenznehmer Johannes Linneborn herausstellen. Es zeigt darüber hinaus Anwendungsgebiete der Feststoff-Vergasung, die morgen für uns von Bedeutung sein können.



Jetzt bei Ihrem Buchhändler

R. Oldenbourg Verlag

Rosenheimer Straße 145, 8000 München 80

Metrosophische Spekulation – wissenschaftliche Methode

Auch wenn dieses Thema¹ auf den ersten Blick weltfremd und mystisch anmutet und nur für einen kleinen Kreis von Fachgelehrten in ihrem sprichwörtlichen »Elfenbeinturm« interessant zu sein scheint, entbehrt es doch nicht einer durchaus praktischen Realität. Die Metrologie, also die Wissenschaft vom Messen und In-Proportion-Setzen, trägt nämlich einen magisch-rationalen Januskopf. Sein Doppelgesicht ist dabei einerseits den Zahlenspekulationen kosmologischer Philosopheme, andererseits aber auch der nüchternen Rechentechnik mit Zahleneinheiten im Wirtschaftsleben der Völker zugewandt. Eine geradezu alltägliche, jedoch international höchst wichtige Währungseinheit soll als verblüffendes Beispiel und zugleich als schlagkräftiger Beweis dafür dienen, wie eng mystische Symbolik und ökonomisch-metrologischer Gebrauch auch heute noch miteinander verbunden sind.

Die gewöhnliche Ein-Dollar-Note ist vordergründig zunächst lediglich ein Zahlungsmittel, entpuppt sich jedoch bei näherer Betrachtung als ein Dokument zweifellos freimaurerisch beeinflußter Zahlenmystik (Abb. 1). Sie trägt auf der Rückseite das »Große Siegel der Vereinigten Staaten«, welches einerseits als Wappentier den Adler zeigt, andererseits aber auch einen 13-stufigen Pyramidenstumpf - entsprechend den 13 Gründerstaaten - und darüber das Dreifaltigkeits-Auge Gottes. Eine neue Gesellschaftsordnung (»Novus ordo seclorum«, 1776), beruhend auf der in der traditionellen Zahlensymbolik des christlichen Abendlandes stets streng gemiedenen Unglückszahl 132 erfährt ihre göttliche Bestätigung (»Annuit coeptis«) und 13 Sterne leuchten

über dem Adler, der wiederum 13 Pfeile und einen Zweig mit 13 Blättern und 13 Beeren in den Klauen trägt³. Ein waches Auge wird die 13 auch noch an anderen (Text-!)Stellen des Staatswappens aufspüren.

Doch sollte man sich angesichts der in der christlichen Tradition Unglück verheißenden 13 nicht abschrecken lassen, denn für die alttestamentarisch-jüdische Symbolik trifft diese negative Deutung keineswegs zu. Vielmehr steht dort die 13 etwa für die 13 Eigenschaften Gottes und gilt als Symbol der Wiederauferstehung und des Glück verheißenden Neubeginns⁴. Dieses Denken in Zahlenmystik und Zahlensymbolik wird erst verständlich vor dem Hintergrund eines Weltbildes, das, uns mittlerweile längst fremd geworden, für die Menschen von der Antike bis weit über das Mittelalter hinaus selbstverständlich gewesen ist. Schon die alten Griechen kannten für »Welt« nur das Wort »Ordnung«, Kosmos, da diese ihren Vorstellungen gemäß von der äußersten Himmelskugel bis zum Innersten der Erde eine ge-





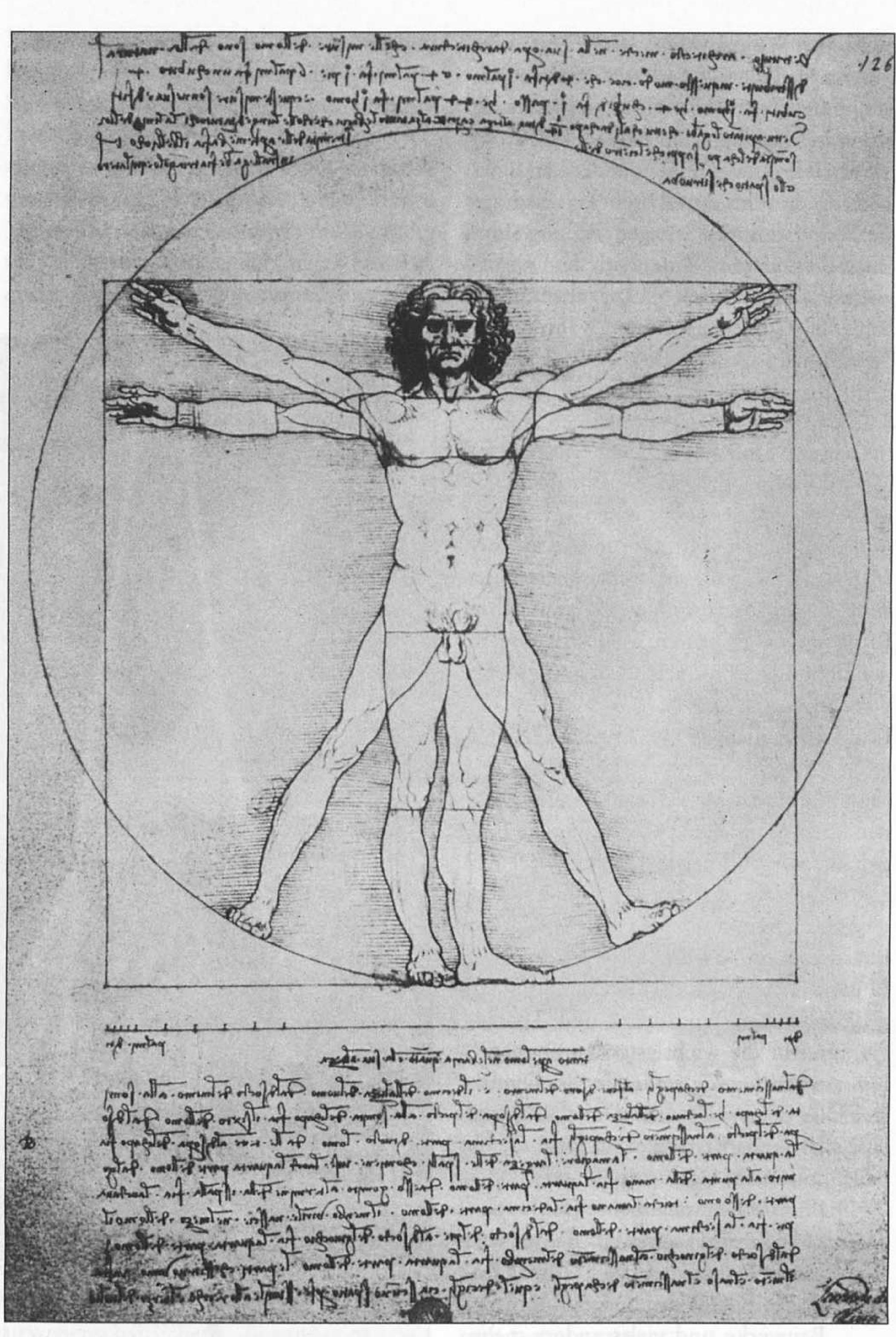
1 a) Ein-Dollar-Banknote der USA, b) Vorder- und Rückseite (vereinfacht) des Großen Siegels der Vereinigten Staaten von Amerika (vgl. Anm. 3)

172 K&T 3-86

2

schlossene, nach dem Schöpfungsplan »schön geordnete« Einheit bildete. So lehrte Pythagoras (ca. 560 - ca. 480 v. Chr.) und seine Schule, daß Aufbau und Zusammenwirken des gesamten Universums durch natürliche Zahlen und ihre gegenseitigen Relationen mathematisch bestimmt werden können⁵. Dies führte dann in der Folgezeit zu einer ständig wachsenden und häufig magisch gefärbten Zahlensymbolik. Den pythagoreischen Vorstellungen entsprechend kommt auch bei Platon (ca. 427 - 347 v. Chr.) - sowohl in seiner Ontologie und Metaphysik, als auch in der »Naturwissenschaft« bestimmten Zahlen eine besondere, ausgezeichnete Stellung und Qualität und damit auch ein ganz eigener spezifischer Symbolgehalt zu. In seinem berühmten Dialog »Timaios«6 entwickelt er ein Konzept des Universums, in dem sogar die himmlischen Sphären durch abstrakte mathematische Zahlenbeziehungen festgelegt und bewegt werden. In diesem Zusammenhang begegnen uns als primäre Elemente oder Bausteine des Kosmos auch die sogenannten »fünf platonischen Körper«7, die freilich keine Eigenschöpfung Platons sind, sondern bereits den Pythagoreern bekannt waren8.

Berücksichtigt man nun diese pythagoreische Denkweise, die im christlichen Abendland mehr oder weniger offensichtlich bis in die jüngste Zeit fortwirkt, bei der Interpretation metrologischer Probleme, dann muß nochmals betont werden, daß hierbei nicht die Phänomene der Realität den Erkenntnisverlauf bestimmen, sondern stets die mathematischen Prämissen, und daß es bei diesen eben keinesfalls auf die beziehungslosen Absolutwerte der Zahlen ankommt, sondern lediglich auf ihre gegenseitigen Verhältnisse bzw. die dadurch bestimmten Zahlenwerte. Der Primat der Proportion über die Zahlen wird besonders deutlich im Beispiel des »Goldenen Schnittes«9, wonach eine Größe - etwa eine Strecke - so geteilt werden soll, daß sich das Kleinere zum Größeren verhält wie das Größere zum Ganzen; mit anderen Worten: daß, auf die Streckenteilung bezogen, der größere Abschnitt das geometrische Mittel aus der ganzen Strecke und der Reststrecke ist10. Dies bezeichnet man auch als »stetige Teilung«, die lange Zeit als Ausdruck eines die ganze Natur durchwaltenden göttlichen Ordnungsprinzips galt, demzufolge



2 Leonardo da Vinci – Kanon der Proportionen (vgl. Anm. 11)

sich zwei Teile gerade in diesem Verhältnis zu einem harmonischen Ganzen zusammenfügen. Insbesondere glaubte man bereits im antiken Griechenland und später dann vor allem in der abendländischen Renaissance, daß der menschliche Körper als die edelste aller geschaffenen Formen so gestaltet sei, daß die Gürtellinie die ganze Körperhöhe stetig teile. Entsprechende Proportionen wurden für einzelne Körperpartien angenommen. In diesem Zusammenhang sei nur an die Konstruktionszeichnung von Leonardo da Vinci (1452 – 1519) erinnert, der ebenfalls durch diese harmonischen, im gesamten

Kosmos gültigen Proportionen die Maße des Idealmenschen bestimmt sah: der menschliche Nabel als Mittelpunkt eines Kreises (=Umkreis), der den menschlichen Körper bei schräg ausgestreckter Arm- und Beinhaltung umschließt (Abb. 2)¹¹. Zweifellos wird dieser Idealtyp des vollkommenen Menschen nicht ohne Grund noch in unserer Zeit als werbewirksames Signet einer weltweit tätigen Teilzeitbeschäftigungsagentur [Manpower] verwendet. Denn in der Tat kann trotz der zugrundeliegenden und zunächst recht magisch-mystisch und durchaus nicht allzu exakt-wissenschaftlich an-

mutenden Spekulationen kaum bestritten werden, daß die Gliederung eines Bauwerkes, einer Plastik oder eines Gemäldes als besonders geglückt und harmonisch empfunden wird, wenn sie auf der »stetigen Teilung« beruht. Aus diesem Grund trägt die Proportion der Stetigen Teilung auch einen besonderen Namen: seit dem positivistisch orientierten 19. Jahrhundert heißt sie »Goldener Schnitt«, während bei den Humanisten des 14. bis 16. Jahrhunderts der Ausdruck »Divina proportio« oder »Sectio divina« gebräuchlich war¹². In diesem Sinne besitzt die historische Metrologie neben ihrem praktisch-technischen Aspekt auch einen mystischphilosophischen Hintergrund. Die Beschäftigung mit diesen archaischen Wurzeln wird »Metrosophie« genannt. Ihre Probleme und Quellen sollen im folgenden an einigen Beispielen kurz aufgezeigt werden.

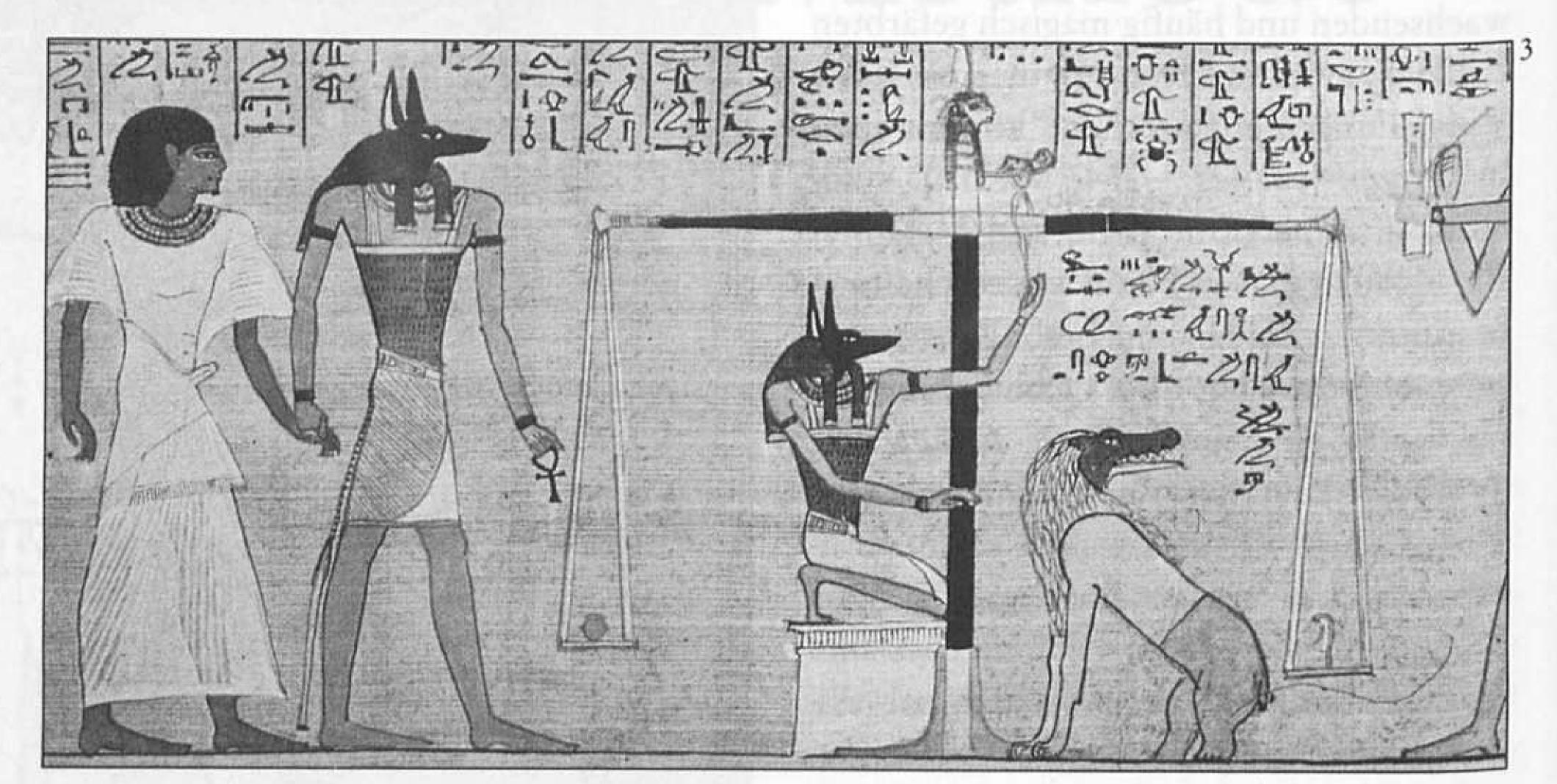
Da wohl in allen Lebensbereichen gezählt und gemessen wird, treten praktisch auch in sämtlichen wissenschaftlichen Disziplinen Zahlen und damit metrologische Fragestellungen auf, beispielsweise in der Archäologie, der Astronomie, den Naturwissenschaften und der Technik, der Pharmazie und Medizin, der Kunst- und Musikwissenschaft, der Rechts- und Sozialkunde, der Philosophie und Theologie, um nur die wichtigsten zu nennen¹³. Das zur Verfügung stehende Quellenmaterial ist dementsprechend vielfältig und läßt sich grobschematisch in zwei Gruppen unterteilen:

- I. Praktisch-anschauliche Gebrauchsobjekte im weitesten Sinne, wie Münzen, Längen-, Hohl- und Festmaße, Gemälde und Skulpturen, Bauwerke und vieles andere mehr, sowie
- II. abstrakt-theoretische Ideen, Hypothesen und Naturgesetze, die meist in schriftlicher Form überliefert sind.

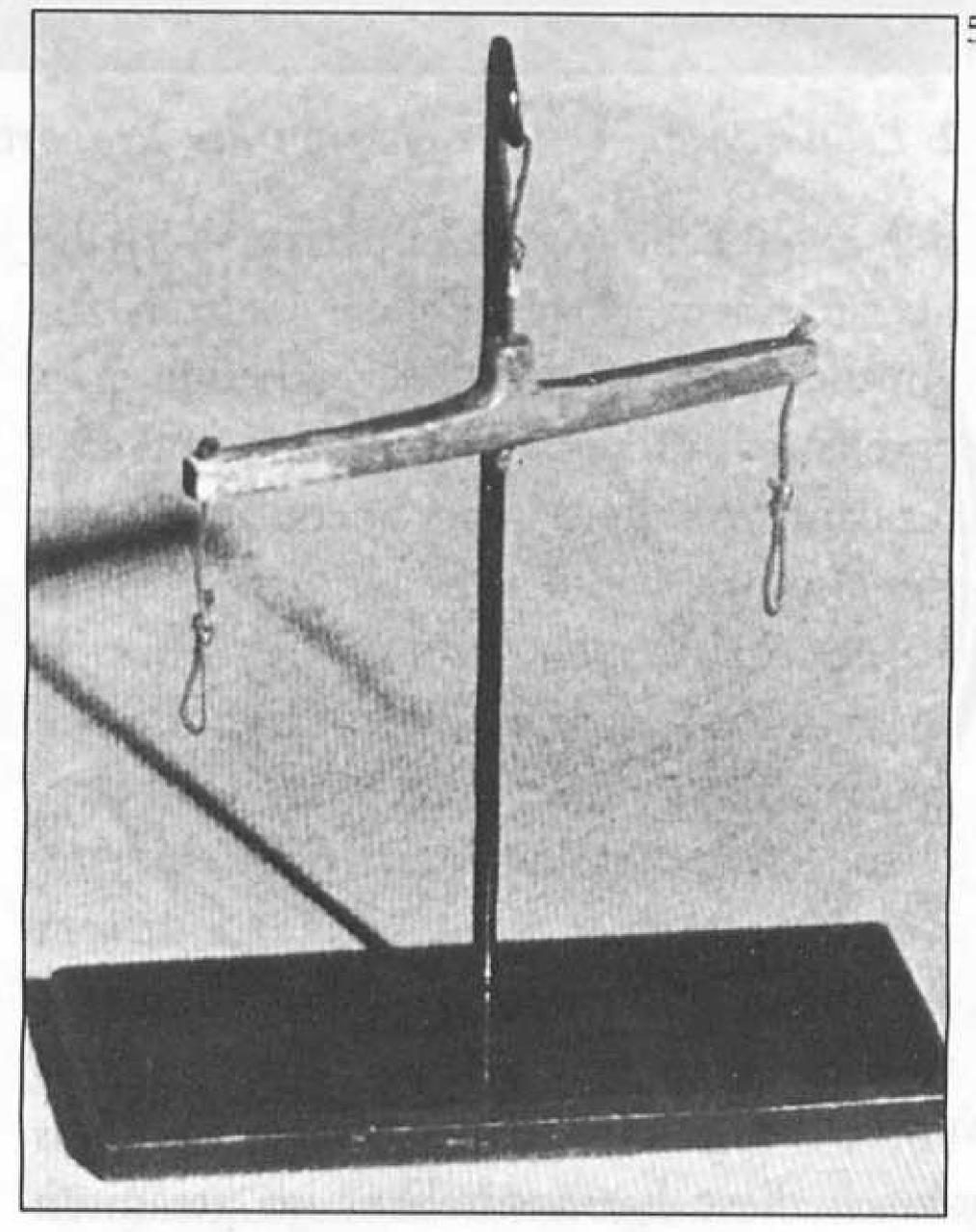
Am Beispiel der Waage, gleichsam dem Inbegriff eines metrologischen Gerätes, sei gezeigt, wie wichtig es ist, neben dem vordergründigen meßtechnischen Aspekt auch den philosophisch-mystischen Hintergrund in das Gesamtverständnis einzubeziehen¹⁴. In den von den Babyloniern über die Griechen auf uns gekommenen 12 Sternbildern, die die jährliche Bahn der Sonne umgeben und die wegen der Häufung von Namen aus dem Tier-

und Fabelreich als »Tierkreis« – griechisch: zodiakos kyklos – bezeichnet werden, ist die Waage als totes Instrument das einzige Zeichen, das nicht in diese »lebendige« Reihe paßt. Obwohl es keine unmittelbare schriftliche Überlieferung gibt, warum die einzelnen Sternbilder gerade mit jenen Namen belegt wurden, unter denen sie seit alters her bekannt sind,

lassen sich dennoch gewisse Rückschlüsse ziehen: So wird etwa das hier besonders interessierende Sternbild der Waage zuweilen als Symbol der Tag- und Nacht-Gleiche gedeutet, da die Sonne bei den Beobachtungen der antiken Astronomen zur Zeit des Herbstanfanges im Zeichen der Waage stand, während sich bei den übrigen Zodiakalbildern in ihrer Namens-







- 3 Auf diesem Ausschnitt eines Totenpapyrus wird das Herz eines von dem Gott Anubis geführten Verstorbenen gegen die Feder der Göttin Maat (Symbol der Wahrheit) aufgewogen (vgl. Anm. 16)
 4 Miniatur aus dem berühmten Wolfenbütteler Evangeliar von 1194 (älteste deutsche Darstellung);
- St. Michael im Engelsgewand ist der »advocatus animae« und gießt zu Gunsten der Seele des Verstorbenen das Blut des Erlösers in eine Waagschale, die nun schwerer wird, obwohl ein Teufel von unten her das Blut wieder abzuzapfen versucht (vgl. Anm. 14).
- 5 Ältester erhaltener Waagebalken (Kalkstein, Ägypten, ca. 5000 v. Chr.), heute im Science Museum, London.

gebung keine Beziehung zum Lauf der lebensspendenden und als göttlich verehrten Sonne angeben läßt15. Dies könnte schon darauf hinweisen, daß die Waage im sternkundigen Mesopotamien besonders bedeutsam, ja geradezu »heilig« gewesen sein mag. Als ein noch eindeutigeres Indiz für eine solche religiöse Einstufung könnten die Totenpapyri und Tempelfriese der Ägypter dienen, die ja in Vielem die alte Mystik des Zweistromlandes übernommen und weitergeführt haben. Auf diesen Darstellungen finden wir nämlich die Waage wieder als Instrument der Seelenwägung (Abb. 3)16. Diese Symbolik setzt sich später im alten Griechenland fort in der »Kerostasie«17 und dann in der christlichen Religion in der Gestalt des wägenden und seelengeleitenden Erzengels Michael18 (Abb. 4).

Die Sonderrolle der Waage im alten Pharaonenreich wird schließlich ganz klar, wenn man sich vor Augen hält, daß die konservative Priesterhierarchie – in deren Händen bekanntlich die gesamte damalige Wissenschaft lag – an einer höchst umständlichen dyadischen Wäge- und Rechenpraxis festhielt, zweifellos nicht aus Unvermögen, sondern weil die Verdopplung – die ja mit der Waage leicht durchführbar ist – als heiliges Verfahren im alten Ägypten galt¹⁹ (Abb. 5).

Nicht nur sinnlich wahrnehmbare Objekte, wie etwa die Waage, sondern insbesondere auch abstrakte Zahlen bzw. deren Relationen können, wie bereits angedeutet, einen tiefen Symbolgehalt besitzen. Eine der ältesten der symbolträchtigen Zahlen ist die Sieben²⁰, die heilige Zahl Babylons und - neben der Fünf - auch die wichtigste Schlüsselzahl der Pythagoreer. Bei der siebensaitigen Zither des Pythagoras waren die Stimmabstände so konstruiert, daß sie den Regeln der Harmonielehre und zugleich den Planetenabständen entsprachen. Der Zusammenklang ihrer Töne war ein Modell für die Harmonie des Kosmos. Sieben Planeten, sieben nach ihnen benannte Wochentage und Metalle, sieben Weltwunder, sieben freie Künste, sieben Todsünden, sieben Spektralfarben - ein Buch mit sieben Siegeln? - Diese Reihe ließe sich fast beliebig lange fortführen und nach solchen Überlegungen erscheint es geradezu überraschend banal, daß »down to earth« die Sieben auch bei einem trivialen Rechenoder Meßvorgang auftreten kann.

Das »pythagoreische Erlebnis« war die Erkenntnis der Möglichkeit, kosmische Strukturen durch mathematische Symbole darzustellen. Dieses Gedankengut trat allerdings später – insbesondere während der Hochblüte der Scholastik im 12. bis 13. Jahrhundert – hinter dem aristotelischen Denken weit zurück und rückte erst zu Beginn der Renaissance²¹ im 14. die sieben Gaben des Heiligen Geistes versinnbildlichen (man mag auch die sieben blauen Bodenplatten dazuzählen). Die sechs Engel, die den Damastvorhang mit der Rechteckzahl dreißig, der »Hl. Mutterschaft« tragen, vertreten die »perfekte« Zahl sechs (sie ist die Summe aller ihrer Teiler), die sechs Cherubim, die sechs Schöpfungstage, die sechs Weltalter oder



6 »Die Verkündigung« (Meister des Marienlebens, 2. Hälfte des XV. Jh.), Bayer. Staatsgemäldesammlung München

bis 16. Jahrhundert zusammmen mit den wiederentdeckten Ideen *Platons* in den Vordergrund des philosophischen und naturwissenschaftlichen Bewußtseins – jetzt jedoch weitgehend verschmolzen mit der christlichen Tradition.

In der darstellenden Kunst findet es sich als zahlenmystische Symbolsprache insbesondere bei dem vorranig in Basel schaffenden Maler Konrad Witz (ca. 1400 – 1445/46) und bei vielen zeitgenössischen Meistern. Am Beispiel der »Verkündigung« (Abb. 6) des sog. Meisters des Marienlebens (XV. Jh.) soll dies in einigen Einzelheiten gezeigt werden: Am auffälligsten sind wohl die sieben grünen, in ihrer Farbe das Neue Testament symbolisierenden Kissen, die auf einer roten Bankdecke liegen, in ebendieser Symbolfarbe des Alten Testaments hinterlegt sind und

auch die sechs Namen Christi. Auch die vier frei schwebenden oberen Engel besitzen für den mittelalterlichen Theologen mancherlei Bedeutung, etwa die vier Weltrichungen, die vier Kardinaltugenden, die vier Teile des Hohen Liedes oder die vier Evangelien. Alle zehn Engel zusammen sollen schließlich noch an die zehn Gebote erinnern.

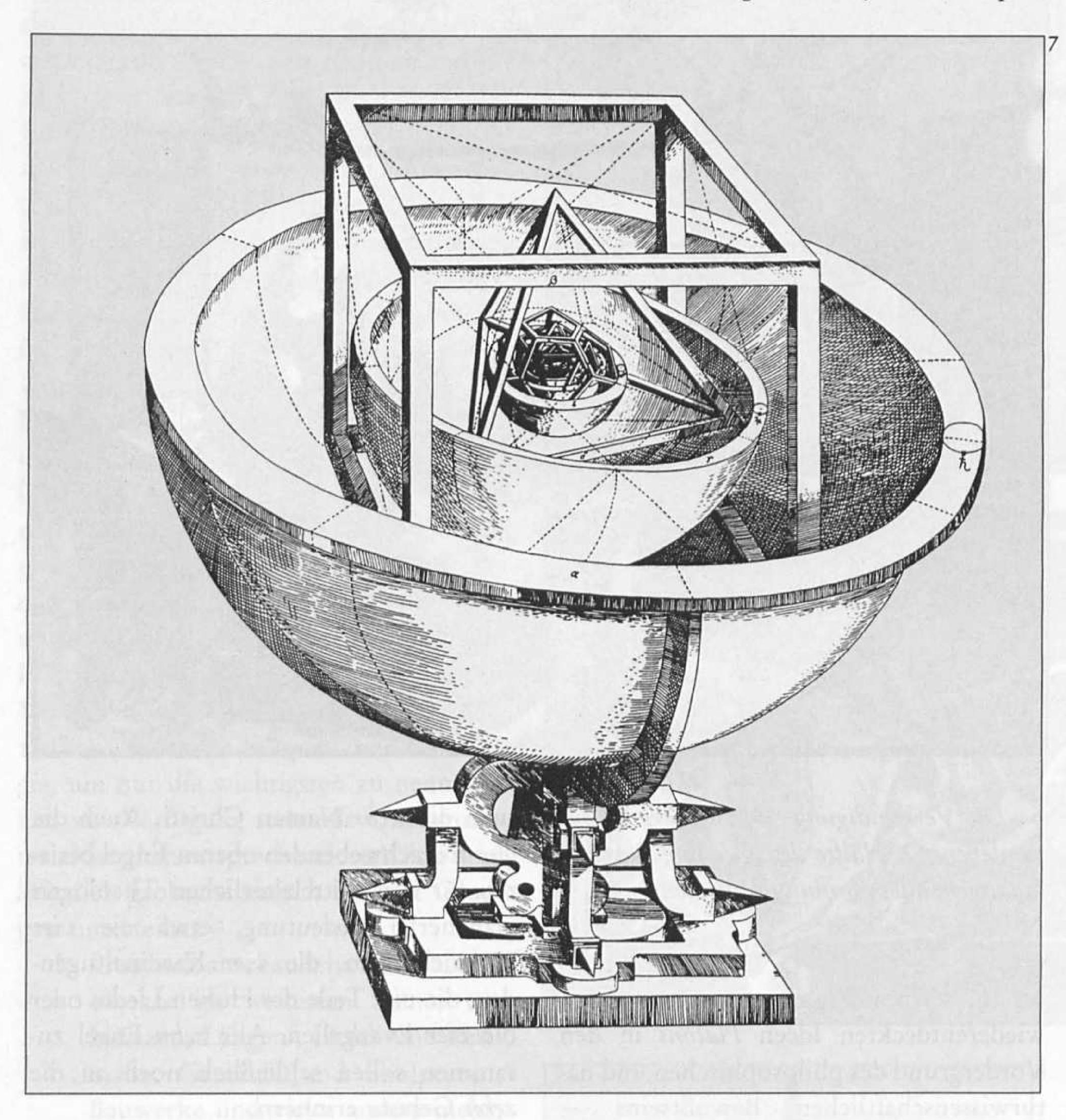
Mehrfach, wie bei den meisten Verkündigungsszenen, erscheint die Zahl zwei: an jedem der beiden Lilienstiele, auf den Wangen des Chorgestühls sowie als Schuhpaar der Maria. Aber auch das Zählbare im Ungezählten läßt sich deutlich erkennen: Inmitten hingestreuter Blätter und Blüten steht vor der Madonna eine »trinitarische« Vase; der Lilienzweig in ihr repräsentiert mit seinen zwei offenen und drei noch geschlossenen Blüten die fünf Buchstaben des Mariennamens und die Anzahl aller Lilienblüten erinnert »doppelt-deutlich« an die Trinität $(3 \times 3 = 9)$.

Neben der arithmetischen Heilssymbolik

ist aber auch noch eine geometrische Beziehung angedeutet: Die beiden weißen Lilien-Blütenstände bilden zusammen mit der weißen Taube des Heiligen Geistes ein »reines« gleichschenklig-rechtwinkliges Dreieck und damit die einfachste Figur, für die der pythagoreische Lehrsatz gilt.

Zum Bekanntenkreis von Konrad Witz dürfte während der Zeit des 1431 einberufenen und mehrere Jahre dauernden Basdischen Erscheinungen, ja das gesamte kosmische Geschehen nach Gewicht, Zahl und Maß (Sap. Sal. 11, 20 [21]), indem er beispielsweise den Begriff des spezifischen Gewichtes für das christliche Abendland wiederentdeckte und die infinitesimale Betrachtungsweise von Isaac Newton (1643 – 1727) und Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716) vorwegnahm²².

Bei dem »Sakralgeometer« Johannes Kepler



7 Keplers Modell der Einordnung der fünf regulären Körper in die Planetensphären (vgl. Anm. 24)

ler Konzils auch der Advokat »Magister Nicolaus de Cusa« gehört haben. Dieser später zum ranghöchsten Kardinal der Kurie und zum päpstlichen Legaten aufgestiegene Nicolaus Cusanus (1401 – 1464) begründete als exakt naturwissenschaftlich argumentierender Philosoph sein theologisches Konzept mit dem für die Zeit des 15. Jahrhunderts völlig neuartigen mathematischen Denken in Relationen. Er ordnete dementsprechend die ir-

(1571 - 1630) - wie ihn Adolf Adam zutreffend nennt23 - wird die Suche des Renaissance-Gelehrten, in der reinen Lehre der Antike die Wahrheit zu finden, besonders deutlich. In seinem Jugendwerk, dem »Mysterium Cosmographicum« von 1596, versucht Kepler, die Ursachen für die Anzahl, die Größe und die Bewegung der Planetenbahnen zu ergründen. Das »Weltgeheimnis«, den Bauplan Gottes für das Planetensystem, glaubt er in geometrischen Beziehungen zwischen den Sphären der (damals bekannten) sechs Planeten und den fünf platonischen Körpern gefunden zu haben, die - ineinandergestellt - deren Abstände bestimmen (Abb. 7)24.

Damit greift Kepler eine der größten mathematischen Entdeckungen der Pythagoreer wieder auf, nämlich die Existenz von genau fünf regulären Polyedern im Raum im Gegensatz zu unendlich vielen regelmäßigen Polygonen in der Ebene.

In der Nachfolge der Renaissance, schon ganz in dem der wissenschaftlich-exakten Aufklärung zugewandten 17. Jahrhundert steht Isaac Newton, dessen Alchemie gerade in jüngster Zeit näher untersucht wurde25. Dabei zeigt sich, daß der allgemein als einer der Begründer der modernen exakten Naturwissenschaften anerkannte Newton zeitlebens versucht hat, die alchemisch-mystische, pythagoreisch gefärbte Zahlensymbolik - die sich in der Alchemie wohl am längsten und reinsten bewahrt hat - zu »entziffern« und als mathematisch-physikalische Gesetze und Hypothesen in seinen naturwissenschaftlichen Schriften zu formulieren. So stellt er beispielsweise in der Ausgabe der »Opticks« von 1717 eine »Kompositionstheorie der Materie« vor, deren hierarchisch gegliedertes Aufbauprinzip deutlich genug auf die pythagoreisch-platonische Beeinflussung hinweist. Als zweites, vielleicht bekannteres Beispiel seien die von Newton bei der Aufspaltung des Sonnenspektrums entdeckten 7 Hauptfarben (bzw. -bereiche) genannt, deren Zahlenwerte er scheinbar willkürlich, der musikalischen Teilung des Monochords entsprechend, aufeinander folgen läßt; mit anderen Worten: Die Zahlenwerte der 7 Farben entsprechen den Saitenlängen einer (abgewandelten) dorischen Tonleiter, die ja bekanntlich auch die pythagoreische Planetensphärenmusik bestimmt hat.

Für den Metrologie-Historiker ist es ein besonderer Glücksfall, daß so viele alchemistische Manuskripte Newtons erhalten geblieben sind, läßt sich doch durch deren Vergleich mit seinen »exakten« Schriften nachvollziehen, vor welchem okkulthermetischen Hintergrund die fundamentalen Werke einer neuzeitlichen Physik entstanden sind. Zu fragen bleibt, wie viel Magisch-Geheimnisvolles wohl bei anderen »modernen«, den geistigen Fortschritt der Menschheit prägenden Wissenschaftlern, deren private Aufzeichnungen verschollen sind, mehr oder weniger bewußt in ihre Werke eingeflossen ist.

So führte z.B. ein Jahrhundert später das

durch die romantische Naturphilosophie beeinflußte Bemühen, alles nach Zahl, Maß und Gewicht zu ordnen und zueinander in Beziehung zu setzen, zur »Triadenregel« von Johann Wolfang Döbereiner (1780 – 1849), die schließlich in der Konstruktion des »Periodischen Systems der chemischen Elemente« ihre Vollendung fand²⁶.

In bezug auf die Naturwissenschaft des 20. Jahrhunderts sei hier lediglich die Frage aufgeworfen, in welcher Weise magische Denkvorstellungen – von Carl Gustav Jung – (1875 – 1961) »Archetypen« genannt² – in den stets Ganzzahligkeit postulierenden Theorien etwa von Niels Bohr (1885 – 1962)² und Arnold Sommerfeld (1868 – 1951)², dessen »Atomystik«³ jedoch manche seiner Fachkollegen nicht ohne Skepsis zu folgen vermochten, verborgen liegen.

Das antike Denken, das der Eins als Un-

teilbarem und als Ursprung allen Seins eine Sonderstellung zuweist, scheint durch die mittlerweile in zahlreichen Experimenten abgesicherte Hypothese der Nicht-Ganzzahligkeit der Quark³¹-Ladungen erstmals durchbrochen – als welche »metrosophische Revolution« mag sich diese Theorie, die sich in ihren Anfängen 1961 den »achtfachen Weg« des Buddhismus³² zum Modell genommen hatte, einer späteren Zeit wohl darstellen?

Anmerkungen

¹ J. O. Fleckenstein war einer der ersten modernen Historiker aus dem Lager der Naturwissenschaftler, der nachdrücklich, insbesondere auf dem I. Internationalen Kongreß für Historische Metrologie in Zagreb, 1975, auf die magischrationalen Komponenten der Metrologie hinwies.

² Z. B. in den Baumaßen der gotischen Kathedralen; vgl. K. E. Haeberle, Ein gelöstes Bauhütten-Geheimnis – Metrologische Studie über die Höhen-Enwicklung gotischer Kathedralenschiffe, in: Travaux du I. Congrès International de la Métrologie Historique, Zagreb 28. – 30. oct. 1975, Zagreb 1975, S. 378ff.

³ Erstaunlicherweise wird dieser Aspekt in der numismatischen Fachliteratur nirgendwo behandelt, er findet sich jedoch in *M.P. Hall*, An encyclopedic outline of Masonic, Hermetic, Qabbalistic und Rosicrucian symbolical philosophy; being an interpretation of the secret teachings concealed within the rituals, allegories and mysteries of all ages, Los Angeles 1977, S. XCf.

⁴ Vgl. z. B. *Bischoff*, Mystik und Magie der Zahlen, Berlin 1920, S. 221

⁵ Vgl. z. B. K. von Fritz, Pythagoras of Samos, in: Dictionary of Scientific Biography, Vol. 11, New York 1980, S. 219 ff. – Hier findet sich neben einer guten biographischen und philosophiegeschichtlichen Einführung ein ausführliches Literaturverzeichnis.

⁶ Platon, Timaios, in: Platon, Sämtliche Werke 5, nach der Übersetzung von F. Schleiermacher und H. Müller, herausgegeben von W. F. Otto, E. Grassi, G. Plamböck, Rowohlts Klassiker der Literatur und der Wissenschaft, Griechische Philosophie, Bd. 6, Hamburg 1959

Platon, Timaios, loc. cit. Kap. 20ff., 53c - 56c.

Hierbei wird dem Tetraeder (=Pyramide) das Element des Feuers zugeordnet, dem Hexaeder (=Würfel) die Erde, dem Oktaeder (=Doppelpyramide) die Luft und dem Ikosaeder (=20-Flächner) das Wasser. Während sich diese vier regulären Körper aus den beiden »Urdreiecken« (30° – 60° – 90° sowie 45° – 90° – 45°) zusammensetzen, läßt sich das von 12 gleichseitigen Fünfecken begrenzte Dodekaeder nicht auf diese »Urdreiecke« zurückführen. Diese ausgezeichnete fünfte Zusammensetzung benutzte Gott für das All, um es mit den Figuren der Sternbilder auszumalen.

⁸ Vgl. dazu u. a.: *E. Sachs*, Die fünf Platonischen Körper, Berlin 1917; *B. L. van der Waerden*, Die Pythagoreer. Religiöse Bruderschaft und Schule der Wissenschaft, ZürichMünchen 1979, S. 362f.; *F. Krafft*, Geschichte der Naturwissenschaft, Bd. 1, Die Begründung einer Wissenschaft von der Natur durch die Griechen, Freiburg 1971, S. 336ff.

⁹ Das Problem des »Goldenen Schnittes« wird von Euklid (um 300 v. Chr.) auf dreierlei Art in den Büchern II, 11; VI, 30 und XIII, 1 und 2 der »Elemente« behandelt (vgl. Euklid, Die Elemente, übersetzt von C. Thaer, in: Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Leipzig 1933 – 1937; Neudruck Darmstadt 1962).

van der Waerden, Pythagoreer, loc. cit. [vgl. Anm. 8], S. 346ff., weist überzeugend nach, daß die Aufgabenstellung und deren Lösung bereits auf die Pythagoreer zurückgeht.

Z.B.

$$\frac{a}{b}$$
 $\frac{b}{a} = \frac{a}{s} = > a^2 = s \cdot b = > a = \sqrt{s \cdot b}$

We now der Proportioner Akademie Venedig Die Ab

11 Kanon der Proportionen – Akademie-Venedig. Die Abbildung findet sich z. B. in: Leonardo da Vinci. Das Lebensbild eines Genies, Wiesbaden – Berlin 1964⁵, S. 446; ausführlich *H. Ziegler*, Der Mensch als rechte Proportion, in: Humanismus und Technik, Jahrbuch 1985, Bd. 28, Berlin 1985, S. 94 – 132.

12 So widmete z. B. der italienische Mathematiker Luca Pacioli (1445 – 1514) – ein Freund und Mitarbeiter Leonardo da Vincis – der stetigen Teilung ein 1509 in Venedig publiziertes Buch mit dem Titel »De divina proportione«. Vgl. dazu u. a.: E. Bindel, Die geistigen Grundlagen der Zahlen. Die Zahl im Spiegel der Kulturen, Elemente einer spirituellen Geometrie und Arithmetik, Frankfurt / M. 1983, S. 87.

13 H. Witthöft, Zur Entwicklung von Gegenstand und Methode der Historischen Metrologie und zum Stand der Forschung in der Bundesrepublik Deutschland, in: Acta Metrologiae Historicae, Travaux du III. Congrès International de la Métrologie Historique organisé par Comité International pour la Métrologie Historique, Linz, 7. – 9. Oct. 1983, Linz 1985, S. 5ff.

Diese ausgezeichnete Übersicht über den derzeitigen Forschungsstand in den vielfältigsten Disziplinen der historischen Metrologie wird durch gründlich recherchierte Anmerkungen ergänzt.

¹⁴ L. Kretzenbacher, Die Seelenwaage. Zur religiösen Idee von Jenseitsgericht auf der Schicksalswaage in Hochreligion, Bildkunst und Volksglaube, Buchreihe des Landesmuseums für Kärnten, Bd. 4, Klagenfurt 1958 (besonders empfehlenswerte, gründlich-umfassende Untersuchung); *Th. Ibel*, Die Waage im Altertum und Mittelalter, Erlangen 1908; *R. Vieweg*, Aus der Kulturgeschichte der Waage (100 Jahre Bizerba Werke 1), Balingen 1966;

O. Spiegler, Meßverfahren an Römischen Waagen, in: Travaux du I. Congrès International de la Métrologie Historique, Zagreb 28. – 30. octobre 1975, Zagreb 1975, S. 216ff.

¹⁵ F. Schmeidler, Planeten und Sternbilder im Wandel der Geschichte, Deutsches Museum, München 1980, S. 9ff.; H. Werner, Wissenschaftliche Instrumente am Sternbilderhimmel, in: Sterne und Weltraum, Bd. 4, 1965, S. 268 – 272; D. J. Warner, Celestial Technology, in: The Smithsonian Journal of History, Vol. 2, 1967, S. 35 – 48.

Anubis geführten Verstorbenen auf einer Waage gegen die Feder (= Wahrheitssymbol) der Göttin Maat aufgewogen. Der ibisköpfige Gott Thot protokolliert das Urteil. Abbildung und Erklärung wurde entnommen aus: Ancient Egypt, Discovering its Splendor, National Geographic Society, Washington D. C. 1978, S. 196ff. Vgl. dazu auch: Kretzenbacher, Seelenwaage loc. cit. [vgl. Anm. 14], S. 24ff.

Die Todes- und Schadensdämonen des altgriechischen Glaubens wurden »Keren« genannt; als »Kerostasie« bezeichnete man das Abwägen der *Todeslose*. (Vgl. z. B. *Homer*, Ilias VIII, 69 – 75; XVI, 658; XIX, 223).

¹⁸ Die Funktion des Seelengeleiters (der ältesten Vorstellung des ägyptischen *Thot* und des *Hermes* entsprechend) kommt noch in der heutigen Anrufung des Heiligen *Michael* im Totenoffizium deutlich zum Ausdruck: »Sed signifer sanctus Michael repraesentet eas in lucem sanctam«. Vgl. dazu: *H. L. Keller*, Reclams Lexikon der Heiligen und der biblischen Gestalten, Stuttgart 1979², S. 379ff.; *Kretzenbacher*, Die Seelenwaage, loc. cit. [vgl. Anm. 14], insbes. S. 82ff.

¹⁹ J. O. Fleckenstein, Das Auge des Horus der altägyptischen Metrologie in der hermetischen Tradition, in: Travaux du II. Congrès International de la Métrologie Historique, Edimbourg, 16. Août 1977, München 1979, S. 70.

Vgl. z. B. W. H. Roscher, Die Enneadischen und Hebdomadischen Fristen und Wochen der ältesten Griechen, in: Abhandlungen der philologisch-historischen Klasse der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Bd. XXI, 4, Leipzig 1903, S. 1 – 92; Die Sieben- und Neunzahl im Kultus und Mythos der Griechen, in: ibid., Bd. XXIV, 1,

Leipzig 1094, S. 1 – 126; Die Hebdomadenlehre der griechischen Philosophen und Ärzte, in: ibid., Bd. XXIV, 6, Leipzig 1906, S. 1 – 239; Über Alter, Ursprung und Bedeutung der Hippokratischen Schrift von der Siebenzahl, in: ibid., Bd. XXVIII, 5, Leipzig 1911, S. 1 – 154.

²¹ Eckdaten der Renaissance: Petrarcas Geburt (1304) und Tassos Tod (1595); nach A. Buck, Einleitung, in: Zu Begriff und Problem der Renaissance (hrsg. v. A. Buck), Darmstadt 1969, S. 29 [zit. nach: R. Toellner, Zum Begriff der Autorität in der Medizin der Renaissance, in: Humanismus und Medizin (hrsg. v. R. Schmitz & G. Keil), Weinheim 1984, S. 159]. ²² F. Nagel, Nicolaus Cusanus und die Entstehung der exakten Wissenschaften, Buchreihe der Cusanus-Gesellschaft, Bd. 9, Münster 1984.

²³ A. Adam, Die Meßkunst des Johannes Kepler, in: Acta Metrologiae Historicae, Travaux du III. Congrès Intérnational de la Métrologie Historique, Linz 7. – 9. Oct. 1983, Linz 1985, S. 57.

²⁴ Modell der Einordnung der fünf regulären Körper in die Planetensphären. Kupferstich aus: *Kepler*, Prodromus Dissertationum cosmographicarum, continens Mysterium Cosmographicum, Tübingen 1596. (Bezüglich der einschlägigen Sekundärliteratur vgl. insb.: *M. Caspar*, Bibliographia Kepleriana, München 1968; hier sei nur erwähnt: *W. Pauli*, The Influence of Archetypal Ideas on the Scientific Theories of Kepler, in: *C. G. Jung* und *W. Pauli*, The Interpretation of Nature and the Psyche, London-New York 1955, S. 151 – 240).

²⁵ Bezüglich ausführlicher Angaben über die wichtigsten einschlägigen Untersuchungen vgl. z. B. K. Figala, Die exakte Alchemie von Isaac Newton. Seine »gesetzmäßige« Interpretation der Alchemie – dargestellt am Beispiel einiger ihn beeinflussender Autoren, in: Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel, Bd. 94, Basel 1984, S. 157 – 227, insbes. S. 206 f., Anm. 4.

Vgl. z. B. E. Farber, Döbereiner, Johann Wolfgang, in: Dictionary of Scientific Biography, Vol. 4, New York 1980, S. 133ff.

²⁷ Vgl. z. B. *F. Fordham*, Introduction to Jung's Psychology, Harmondsworth 1953.

²⁸ N. Bohr, On the constitution of atoms and molecules, in: Philosophical Magazine, Vol. 26, 1913, S. 1 – 25, 476 – 502, 857 – 875; ders., Der Bau der Atome und die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente, in: Zeitschrift für Physik, Bd. 9, 1922, S. 1 – 67.

²⁹ A. Sommerfeld, Atombau und Spektrallinien, Braunschweig 1919. Sommerfeld galt geradezu als »Papst der Ganzzahligkeit« und »Sind's ganze Zahlen, geh' zu Sommerfeld« wurde zum geflügelten Wort der jungen Physikergeneration der Zwanzigerjahre.

³⁰ W. Heisenberg, Der Teil und das Ganze, München 1969, S. 104.

Die Bezeichnung »Quark« wurde von Murray Gell-Mann (1929 –) dem Roman »Finnegans Wake« von James Joyce (1882 – 1941) entnommen. (»Three quarks for Muster Mark!«). Dieses literarische Meisterwerk beschreibt die Lebensgeschichte von Herrn Finn, der auch als Herr Mark auftritt. Mit den »three quarks« sind seine drei Kinder gemeint, durch die er teilweise dargestellt wird. (Vgl. dazu u. a. J. Drews, Finnegans Wake, in: Kindlers Literatur-Lexikon, Bd. 3, Zürich 1982, S. 3530ff.; E. Lüscher, Pipers Buch der modernen Physik, München 1980², S. 213ff.).

³² Im Buddhismus führt der achtfache Weg durch Selbstwerdung und durch völlige Loslösung von der realen Welt des Scheins zur wahren Erkenntnis. (Vgl. dazu u. a. *F. Capra*, The Tao of Physics, Berkeley 1975, insbes. S. 35, 96, 113).

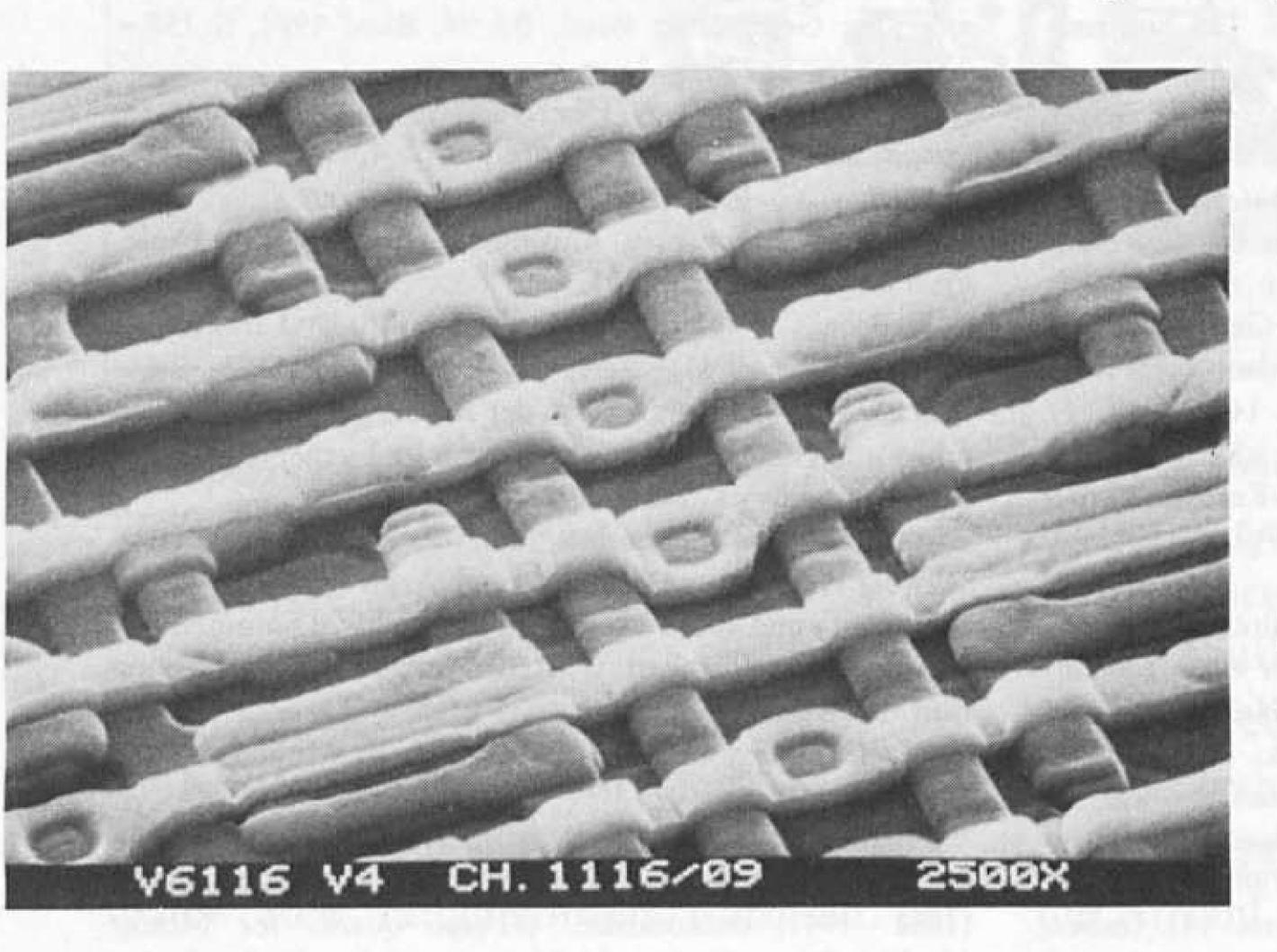


Philips High Tech:

Warum Europa die Subm

"Wer die Submikron-Technologien nicht beherrscht, die zum Bau moderner Halbleiter-Massenspeicher erforderlich sind, der hat in der Mikroelektronik der Zukunft keine Chancen."

Mit dieser Aussage kommentiert der Valvo Unternehmensbereich Bauelemente der Philips GmbH, Hamburg, die Entscheidung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie und der niederländischen Regierung, das gemein-



Mit Hilfe eines Rasterelektronenmikroskops wurde die Aluminium-Struktur der Oberfläche eines statischen Schreib-Lesespeichers (SRAM) in 2500facher Vergrößerung aufgenommen. Bei der angewendeten Halbleiter-Technologie handelt es sich um einen CMOS-Prozeß mit 2 µm-Strukturen. In der Submikron-Technologie reduzieren sich die Strukturbreiten auf ein

Drittel.

same Submikron-Entwicklungsprojekt von Philips und Siemens zu fördern.

Dieses bilaterale Programm der Bundesrepublik und der Niederlande

zielt darauf ab, die Leistungsfähigkeit der beiden bedeutendsten europäischen Unternehmen auf dem Gebiet der Mikroelektronik zu erhalten und den Erfordernissen der Zukunft anzupassen.

The term of the transfer of the second of th

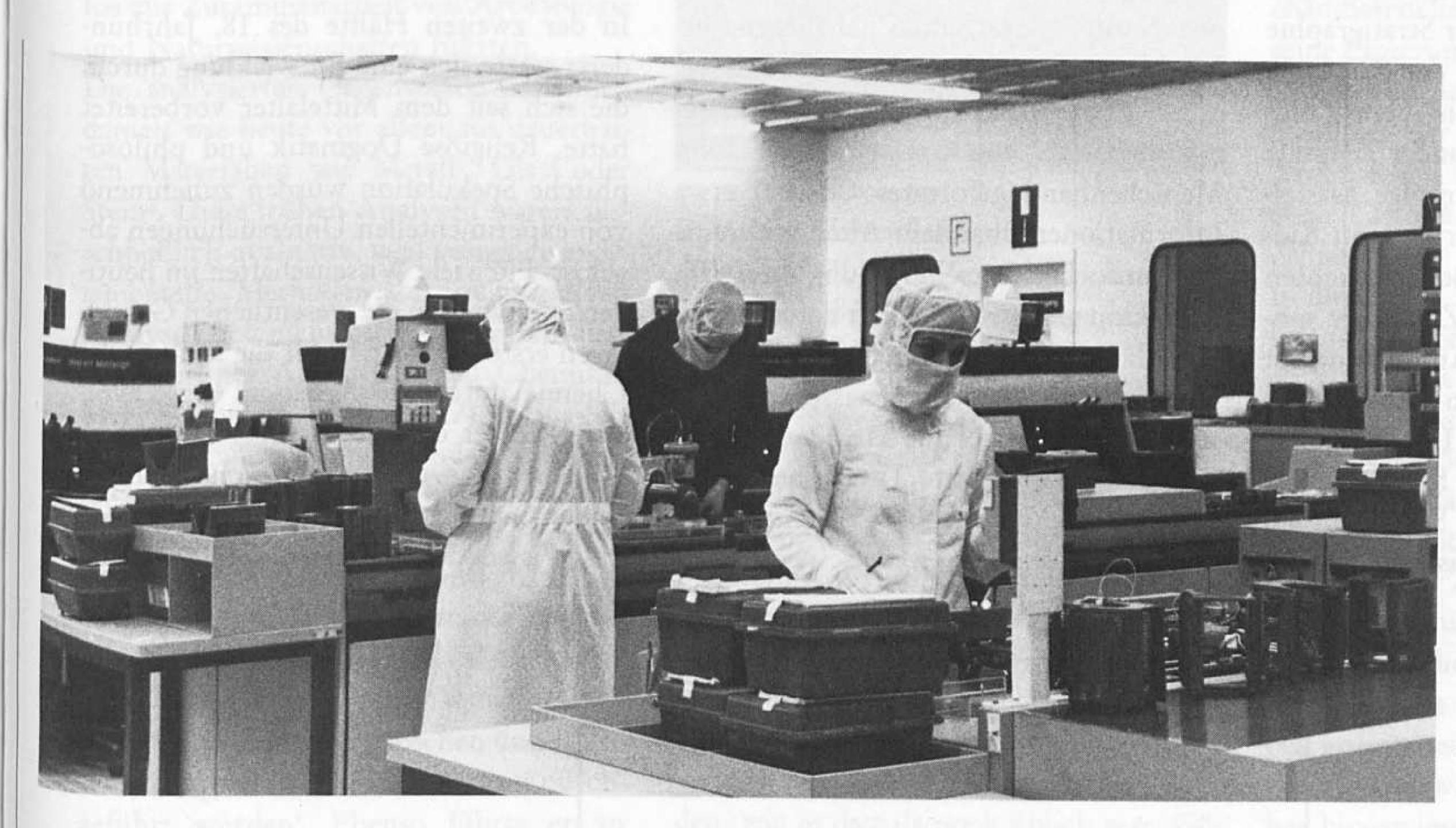
In den USA und in Japan wird die Mikroelektronik-Entwicklung auf sehr intensive, direkte und indirekte Weise gefördert. Das europäische Gemeinschaftsprojekt soll die Wettbewerbsnachteile ausgleichen helfen, die sich dadurch zwangsläufig ergeben hätten.

Denn bei diesem Projekt handelt es sich nicht einfach um die Entwicklung irgendeines Chips, sondern um den Einstieg in die Submikron-Technologie – eine Schlüsseltechnologie der Zukunft.

Die Strukturen, die dabei erzeugt und kontrolliert werden müssen, sind kleiner als ein tausendstel Millimeter. Diese Technologie ermöglicht es, eine Million Speicherstellen auf 80 Quadratmillimetern Silizium zu komprimieren. Darüber hinaus wird die Submikron-Technologie die gesamte Mikroelektronik weitreichend beeinflussen. Hier entsteht nicht nur ein einzelner Speicherbaustein, sondern

PHILIPS

Fron-Technologie braucht.



In der Mikroelektronik-Fertigung ist die "Fabrik der Zukunft" schon heute Realität. Die Reinsträume müssen für das neue Projekt die Klasse 1 (1 Partikel kleiner als 1 µm je Kubikfuß) erfüllen. Für die Produktion im Submikron-Bereich steigen die Reinheitsanforderungen damit um den Faktor 100 gegenüber den Fertigungsbedingungen der Gegenwart.

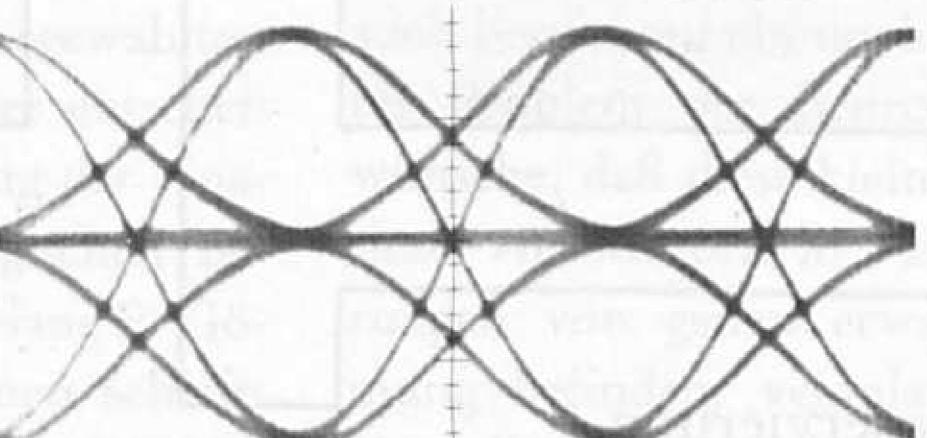
eine ganze Generation höchstintegrierter Schaltungen. Dieses Projekt Wird mit positiven Impulsen für vielfältige neue Anwendungen in die gesamte Wirtschaft hineinwirken.

Miles reliberation was related a great per Perulina beautiful and the

Expression the content throughtness for

In Hamburg-Hausbruch entsteht ein neues Valvo-Werk für Submikron-Technologie mit etwa 400 Arbeitsplätzen für hochqualifizierte Mitarbeiter. Philips investiert in der ersten Phase 500 Millionen DM.

Die Weichen sind gestellt, damit Europa auf diesem wichtigen Gebiet den Anschluß nicht verpaßt.



FORSCHUNG. INNOVATION. KOMPETENZ.

Archäometrie

200 Jahre Anwendung analytischer Methoden in der Archäologie

1. Einleitung

Die Archäologie im weitesten Sinne versucht, die ungeschriebene Geschichte der Menschheit aufgrund von Bodenfunden zu rekonstruieren. Sie bedient sich dabei vor allem der Methoden der Stratigraphie und Typologie. Die von der Geologie übernommene Stratigraphie beruht auf der Tatsache, daß übereinander lagernde Bodenschichten eine Zeitenfolge darstellen, die eine relative Datierung von Kulturerzeugnissen in diesen Bodenschichten erlaubt. Ein wesentliches Ziel einer modernen archäologischen Ausgrabung ist die Erstellung einer solchen Schichtabfolge und ihre Interpretation. Die Typologie dient der Eingrenzung von Kulturerscheinungen in Raum und Zeit. Sie beruht auf der Beobachtung, daß gewisse Objektfor-

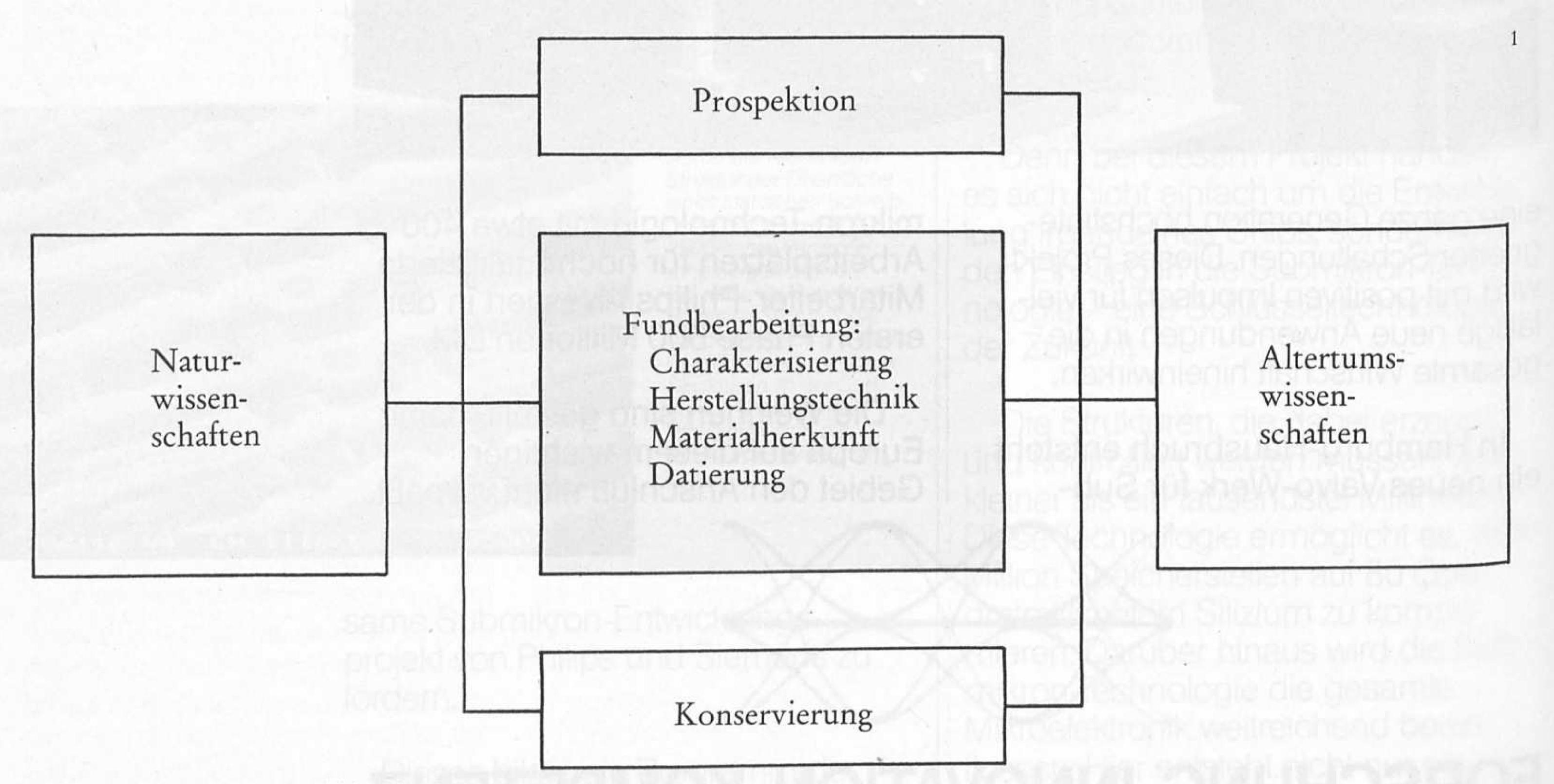
men und -verzierungen typisch für bestimmte geographische Gebiete und Kulturepochen sind.

Dieser materialorientierte Aspekt der Archäologie läßt eine Zusammenarbeit mit den Naturwissenschaften naheliegend erscheinen, denn neben der äußerlich erkennbaren Form enthält ja auch das Material eines archäologischen Artefaktes (von Menschenhand geformtes Objekt) etwa Informationen über sein Alter und seine Herkunft. Die Entschlüsselung dieser Information gelingt nur durch naturwissenschaftliche Untersuchungen. Für diese Form angewandter Naturwissenschaft ist seit kurzem der Name Archäometrie in Gebrauch, nach dem Titel einer englischen Zeitschrift (Abb. 1). Dennoch ist die Archäometrie weder neu noch stammt sie vorwiegend aus dem englischen Sprachraum.

2. Archäometrie im 18. und 19. Jahrhundert

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts setzte sich eine Entwicklung durch, die sich seit dem Mittelalter vorbereitet hatte. Religiöse Dogmatik und philosophische Spekulation wurden zunehmend von experimentellen Untersuchungen abgelöst. Für viele Wissenschaften im heutigen Sinn wurden die wesentlichen Grundlagen erstellt, wie z.B. für die analytische Chemie durch die Arbeiten von Lavoisier, Richter und Proust.

In dieser Zeit entwickelte sich aus einer reinen Sammeltätigkeit alter Gegenstände die Wissenschaft der Archäologie, deren



1 Die wichtigsten Arbeitsfelder der Archäometrie

Fundament Winckelmann's 1764 veröffentlichte »Geschichte der Kunst des Altertums« darstellt und deren Ziel die Beschreibung vergangener Kulturen war. Es begannen die ersten Ausgrabungen in Herculaneum und Pompeji, und man betrachtete es als vorrangige Aufgabe, das Material der dort gemachten Funde genau zu identifizieren.

Die menschliche Vergangenheit, ihre biologische und kulturelle Entwicklung rückte immer mehr in den Mittelpunkt der gesamten wissenschaftlichen Forschung, die ja bei weitem noch nicht so stark in Fachrichtungen aufgespalten war. Hinzu kam die Gründung von Akademien und die meist umfassende Bildung der damaligen Gelehrten, die ganz zwanglos zur Zusammenarbeit von Archäologie und Naturwissenschaften führten.

Die analysierten Gegenstände bestanden damals wie heute vor allem aus dauerhaften Materialien wie Metall¹, Glas² oder Stein3. Diese frühen Analysen waren ausschließlich qualitativ, weil geeignete experimentelle Methoden zur quantitativen Analyse noch nicht verfügbar waren. Erst dem Berliner Apotheker und Chemiker M.H. Klaproth (1743 - 1817) gelang es, durch Entwicklung neuer oder verbesserter Methoden quantitative Analysen durchzuführen (Abb. 2). Dies ist weithin bekannt und deswegen wird Klaproth auch gelegentlich als »Vater der analytischen Chemie« betrachtet. Weniger bekannt ist, daß seine ersten quantitativen Metallanalysen an griechischen und römischen Kupfer- und Bronzemünzen durchgeführt wurden4. Ebenso führte er an Proben eines römischen Glasmosaiks auf Capri die ersten quantitativen Glasanalysen überhaupt durch⁵. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden noch etwa zwei Dutzend Berichte über die Analyse archäologischer Objekte6 veröffentlicht, darunter von so bekannten Chemikern wie Sir H. Davy und J. J. Berzelius8. Alle diese Untersuchungen wurden aber an mehr oder weniger zufällig ausgewählten Artefakten vorgenommen. Der entscheidende Schritt der Verknüpfung der Analysenergebnisse mit archäologischen Befunden und Fragestellungen gelang F. Göbel mit seiner 1842 erschienenen Schrift: Ȇber den Einfluß der Chemie auf die Ermittlung der Völker der Vorzeit oder Resultate der chemischen Untersuchung metallischer Alterthümer insbesondere der



2 Martin Heinrich Klaproth (1743 – 1817), der »Vater der analytischen Chemie«, führte auch einige der frühesten archäometrischen Untersuchungen durch.

in den Ostseegouvernements vorkommenden, behufs der Ermittlung der Völker, von welchen sie abstammen«. Das Programm dieser klassischen archäometrischen Studie ist mit ihrem Titel ganz klar umrissen: Die Analysen sollten zur Herkunftsbestimmung von Metallartefakten dienen, die aufgrund der Typologie verschiedenen Völkern zugeordnet wurden, wie es damals noch üblich war. Göbel konnte bereits auf etwa 120 Analysen zurückgreifen, von denen fast die Hälfte von ihm selbst stammte. Er untersuchte die geographische Verbreitung bestimmter Legierungstypen und kam zu dem Schluß, daß die »nordischen« Kupferlegierungen nur Zinn und die »römischen« außerdem noch Blei und Zink in verschiedenen Verhältnissen enthielten. Er wies auch bereits auf ein noch heute verbreitetes Problem der Beprobung hin: »Ich wünsche, daß diese kleine Arbeit die Besitzer von Museen, in welchen sich Legierungen von genau erwiesener Abstammung befinden, veranlassen möge, zur Vervollständigung der aufgestellten Skalen Chemiker zu fortgesetzten Analysen zu gewinnen«.

Parallel zu Göbels Arbeiten erfolgte die

grundsätzliche zeitliche Gliederung der Vorgeschichte nach der von dem dänischen Kaufmann und Museumskurator Chr. J. Thomsen 1836 vorgeschlagenen Dreiperiodensystem in eine Stein-, Bronze- und Eisenzeit. Nachdem sich diese zunächst heftig umstrittene Gliederung durchgesetzt hatte, wurde sogar versucht, die Legierungszusammensetzung, und zwar besonders den Zinngehalt von Bronzen, für eine relative Altersbestimmung heranzuziehen⁹.

Obwohl in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zunehmend auch andere Materialien, wie etwa Gold, Silber, Eisen, Edelsteine, Bernstein 10, Schlacken 11, Glas 12, Stein 13 und Knochen 14 analysiert wurden, konzentrierten sich die meisten archäometrischen Arbeiten auf Kupfer und seine Legierungen. Es entbrannte eine heftige Diskussion über die Herkunft der Kenntnis der Metallurgie, in die neben Archäologen und Sprachwissenschaftlern auch Chemiker und Metallurgen eingegriffen.

In dieser Zeit wurden bereits viele grundlegende Fragen der Archäometallurgie, ein Teilgebiet der Archäometrie, formuliert und Lösungswege skizziert. So erkannte etwa Mallet¹⁰ aufgrund des Schwefelgehaltes mancher Bronzen, daß neben oxidischen auch sulfidische Erze in vorgeschichtlicher Zeit zur Kupferherstellung verwendet wurden und daß dies Auswirkungen auf die Reinheit des Schmelzproduktes haben mußte. Auf die Bedeutung des gediegenen Kupfers für den Anfang der Metallgewinnung war schon viel früher hingewiesen worden 15. Es wurde erkannt, daß aufgrund von Nebenbestandteilen in Metallartefakten eine Zuordnung zu Ausgangserzen möglich wäre und daß Blei den Bronzen häufig absichtlich zugesetzt wurde¹⁶. Die noch heute offenen Fragen nach der Herstellung der Zinnbronze¹⁷, durch Zusammenschmelzen der Metalle oder durch Zinnsteinzusatz zum Erz, und die Herkunft des Zinns überhaupt¹⁸ wurden diskutiert. Mit M. Much19 beginnt die Bergbauarchäologie, auch Montanarchäologie genannt, die eine wichtige Komponente der Archäometallurgie darstellt. Der bedeutendste analytische Beitrag in dieser Zeit stammt von E. von Bibra²⁰, der die in der Literatur verstreuten Analysen von Kupfer- und Bronzeartefakten zusammenstellte und mit etwa 600 eigenen insgesamt 1250 Ana-

möglichst genaue Analysenergebnisse zu erzielen und die Betonung des Vergleiches mit Erzen. Otto und Witter wiesen selbst darauf hin, daß die eingangs gestellten Fragen »nicht ohne ein Zusammenwirken von Geologie, Lagerstättenkunde und Metallurgie und nur unter Heranziehung chemischer und physikalischer Methoden« beantwortet werden könnten²². Es war ihnen auch klar, daß »nicht nur sehr viele Fundgegenstände auf ihre chemische Zusammensetzung hin geprüft, sondern ebenso auch die Erze aus den verschiedenen Lagerstätten und ferner vorgeschichtliche Schlackenfunde einer chemischen Untersuchung unterzogen werden mußten«²².

Leider wurde dieses Konzept nicht konsequent befolgt, denn in ihrer zusammenfassenden Veröffentlichung²² verglichen die Autoren ihre Artefaktanalysen mit wenigen Daten von Erzen aus der Literatur. Hinzu kommen acht Analysen von Schlacken, deren Altersstellung zumindest unsicher ist. Immerhin wird aber der Feldbeobachtung eine wichtige Rolle zuerkannt23 und der Gedanke geäußert, daß in Ermangelung alter Bergbauspuren, z.B. wegen der Zerstörungen durch den modernen Bergbau, die Analyse von datierbaren Metallartefakten einen indirekten Hinweis auf die Ausbeutung einer Lagerstätte in früheren Perioden erlaubt.

3.2. Wien

Praktisch gleichzeitig mit den Arbeiten in Halle begann in Wien eine Gruppe um E. Preuschen und R. Pittioni²⁴ ähnliche Untersuchungen durchzuführen mit dem Ziel, zu klären, »aus welchem Produktionsgebiet ein Fertigobjekt stammt«. Das Schwergewicht lag dabei zunächst entsprechend der Wiener Tradition¹⁹ auf der Montanarchäologie. Dies hatte auch zur Folge, daß die lagerstättenkundlichen und geochemischen Aspekte wesentlich realistischer als in Halle beurteilt wurden und Serienanalysen von Erzen tatsächlich durchgeführt wurden. Mehr als 2000 Erzanalysen aus dem Ostalpenraum²⁵ bildeten die Grundlage für ihre Versuche, eine »Relation Lagerstätte-Fertigobjekt« herzustellen.

Der Wiener Arbeitsgruppe war auch bewußt, daß die Elementkonzentrationen in einer Lagerstätte stark schwanken können und daß sich diese Konzentrationen überdies bei der Kupfergewinnung im

ben, die die weitere Entwicklung stark beeinflußt haben.

3.1. Halle

Die Pionierarbeit bei der Einführung der Spektralanalyse in die prähistorische Forschung leistete eine Arbeitsgruppe in Halle um W. Witter und H. Otto²². Sie begannen 1931 Metallartefakte des späten Neolithikums und der frühen Bronzezeit vor allem aus Deutschland systematisch zu analysieren. Sie gingen dabei im wesentlichen von zwei Fragen aus: 1. Bestand in der Vorzeit eine Möglichkeit zur Kupfergewinnung in Mitteldeutschland? 2. Kann man durch Untersuchung der Fertigobjekte die benutzten Erze ermitteln?

Für die Analyse wurden etwa 100 mg Bohrspäne mit einem Stahlbohrer entnommen, geschmolzen und die homogenisierte Schmelze zu zwei Blättchenelektroden ausgehämmert. Die Anregung erfolgte mittels eines Hochspannungsfunkens.

Mehr als 1300 Analysenergebnisse wurden in sechs erzkundlich begründete Gruppen eingeteilt, die »Leitlegierungen« genannt wurden (Reinkupfer, Rohkupfer, Arsen-Kupfer-Legierungen, Fahlerzmetalle, sonstige Metalle mit Ni, As oder Ag und und Zinn-Kupfer-Legierungen). Diese Gruppen wurden mit wenigen Literaturdaten über die Zusammensetzung von Erzen aus mitteldeutschen Vorkommen verglichen unter der Annahme, daß die Gesamtzusammensetzung eines Artefaktes, also auch der Zinngehalt vom Ausgangserz bestimmt wird. Außerdem wurden die Lagerstätten für homogen und unterscheidbar gehalten.

Auf diese Weise kamen sie zu dem für sie offenkundig a priori feststehenden Befund, daß 97% aller deutschen Metallfunde der frühen Metallzeit aus mitteldeutschen Erzen hergestellt seien. Die Interpretationsweise dieser Arbeitsgruppe ist aus geochemischer und metallurgischer Sicht sicherlich zu undifferenziert und die Ergebnisse vom archäologischen Standpunkt aus unhaltbar. Das große und bleibende Verdienst liegt aber in dem erstmaligen Versuch, mit geeigneten analytischen Methoden und einer Vielzahl gut dokumentierter Proben aus einem klar definierten Kulturhorizont explizit die Herkunft von Metallen zu bestimmen. Besonders ins Gewicht fällt das Bemühen,

lysen veröffentlichte. In der Folge nahmen Analysen prähistorischer Objekte einen außerordentlichen Aufschwung, vor allem durch den Einfluß R. Virchows und der Anthropologischen Gesellschaft in Berlin. Seiner Mitwirkung an den Ausgrabungen von Troja ist es vermutlich zu verdanken, daß von vielen Metallobjekten, die heute verloren sind, wenigstens deren chemische Zusammensetzung bekannt ist. So verdienstvoll die Artefaktanalysen des 19. Jahrhunderts für unsere Kenntnis der Zusammensetzung prähistorischer Kupferlegierungen sind, so wenig sind sie für die Herkunftsdiskussion zu gebrauchen. Die Gründe dafür sind offensichtlich: Die naßchemische Analyse war zu wenig empfindlich und zu materialund zeitaufwendig, so daß nur relativ wenige Proben und wenige Elemente analysiert werden konnten. Außerdem waren viele Untersuchungen vom archäologischen Standpunkt unsystematisch oder wurden an Museumsobjekten mit ungenauer Herkunft und Zeitstellung durchgeführt, denn die moderne Ausgrabungstechnik wurde erst Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt. Zusammenfassend kann man feststellen, daß das theoretische Fundament besonders auf dem Gebiet der Archäometallurgie im vergangenen Jahrhundert recht fortgeschritten war, daß aber die methodische Entwicklung sowohl in der Archäologie als auch in der Analytik noch nicht so weit gediehen war, daß eine Überprüfung vieler Theorien möglich gewesen wäre. Dies änderte sich erst mit der Einführung instrumenteller Analysemethoden.

3. Die klassischen Studien

Es war klar geworden, daß die Herkunftsbestimmung von Metallartefakten nur über die Analyse möglichst vieler Spurenelemente in einer großen Probenserie gelingen konnte. Aufgrund der langen Vorgeschichte ist es kaum erstaunlich, daß nur kurze Zeit nach Einführung des ersten instrumentellen Analyseverfahrens, der Spektralanalyse²¹, diese Fragestellung wieder aufgegriffen wurde. Obwohl zunehmend auch nichtmetallische Werkstoffe, wie Obsidian und Keramik, in die Herkunftsuntersuchungen einbezogen wurden, blieben die Metalle doch im Mittelpunkt der archäometrischen Forschung. In der Folge werden drei herausragende Projekte etwas näher beschrie-

Schmelzofen weiter verändern. Sie zog daraus den Schluß, daß es mehr auf die Empfindlichkeit des Analyseverfahrens ankäme als auf seine Reproduzierbarkeit, weil nur die An- oder Abwesenheit eines Elementes und das Elementmuster insgesamt zuverlässige Aussagen erlaube. Es wurde deshalb die Spektralanalyse mit dem Wechselstromabreißbogen als Anregung benutzt. Das bedeutete wegen der geringen Reproduzierbarkeit den bewußten Verzicht auf eine quantitative Analyse zugunsten einer höheren Empfindlichkeit. Außerdem wurden die Proben direkt als Elektrode geschaltet, um Veränderungen durch die Probenvorbereitung auszuschließen. Allerdings nahm man dadurch auch, bewußt oder unbewußt, in Kauf, nur die Oberfläche, die nicht immer repräsentativ für das Gesamtobjekt ist, zu analysieren.

Als vorläufiges Ergebnis wurden mehr als 6000 Analysen von Artefakten der mitteleuropäischen Bronzezeit hauptsächlich fünf Kupfersorten zugewiesen, deren Herkunft zum Teil als erwiesen angesehen wurde. Diese Aussage ist mehrfach vor allem aufgrund der halbquantitativen Analysemethode, mit der nicht einmal die Legierungsart sicher erkannt werden kann, angezweifelt worden. Trotzdem ist der Ansatz im Prinzip richtig, Artefakte mit Erzen aus alten Bergbaurevieren zu vergleichen, und die montanarchäologischen Ergebnisse dieser Gruppe stehen in Mitteleuropa ohne Vergleich da.

3.3. Stuttgart

Die Einsicht in die Problematik der Zuordnung von Artefakten zu Erzlagerstätten hat eine dritte Gruppe um S. Junghans
und E. Sangmeister^{26, 27} in Stuttgart veranlaßt, nicht mehr nach der Herkunft der
Rohstoffe zu fragen, sondern eine Charakterisierung von Werkstätten zu versuchen. Man ging dabei von der Annahme
aus, daß prähistorische Metallurgen, ähnlich den Töpfern, ihren Rohstoff immer
aus den gleichen Quellen bezogen, ihre
verschiedenen Rohstoffe im gleichen Verhältnis mischten und den gleichen
Schmelz- und Weiterverarbeitungsprozeß
anwendeten.

Das Ziel war, die Anfänge und die Ausbreitung der frühen Kupfermetallurgie in Europa zu klären. Zu diesem Zweck wurden mehr als 22000 Objekte aus ganz Europa beprobt und analysiert. Die Analy-

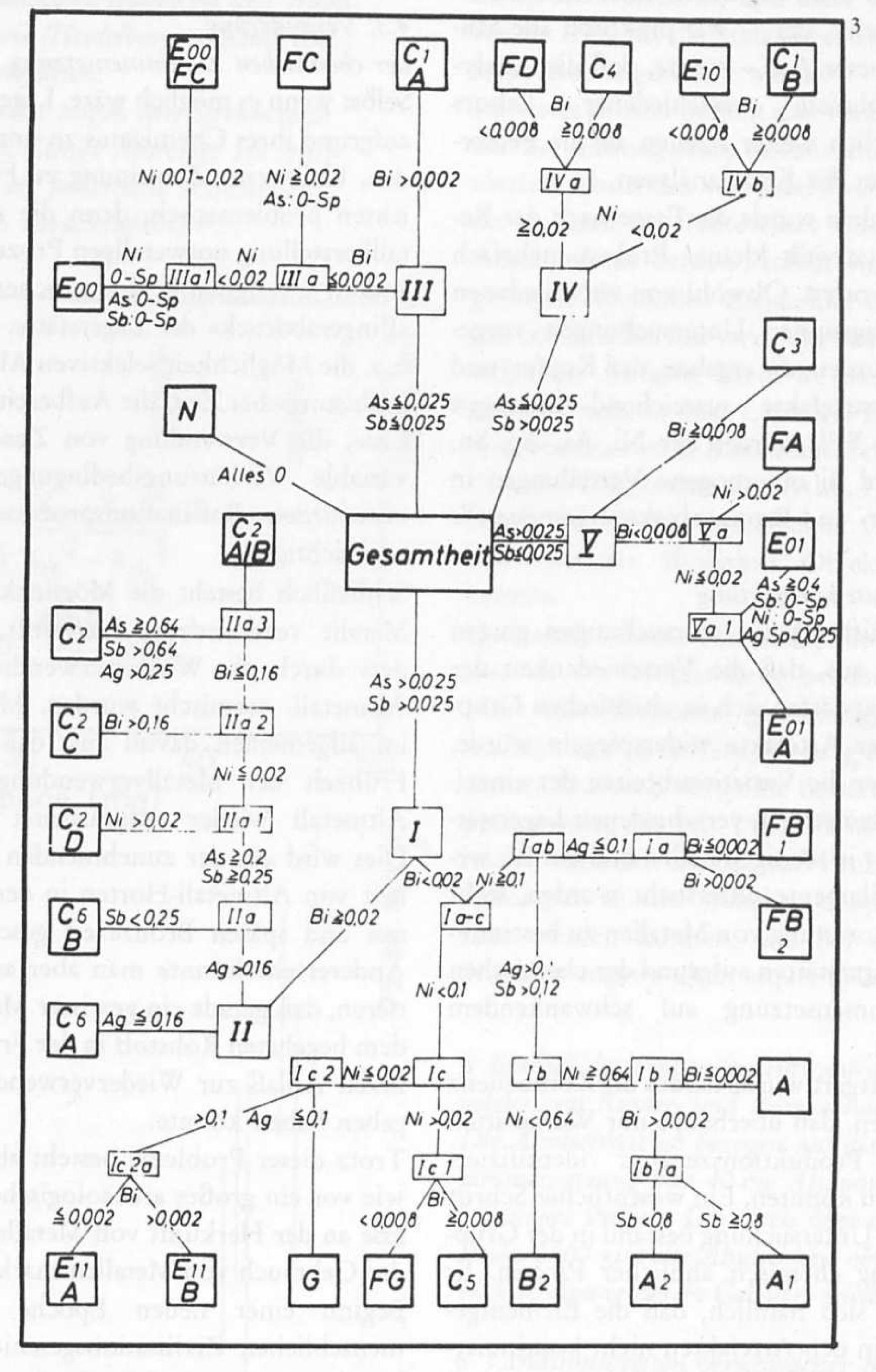
senmethode war ähnlich der in Halle, außer daß weniger Probenmaterial (40 mg) verwendet wurde und die Bohrprobe, nachdem sie unter Luftabschluß zu einem Kügelchen geschmolzen worden war, direkt in einer Kraterelektrode abgefunkt wurde.

Entsprechend dem Ziel, Werkstätten zu charakterisieren, die – so die Annahme – ein immer gleichbleibendes Rezept anwendeten, wurden die Analysenergebnisse nach ihrer Ähnlichkeit in 29 Gruppen eingeteilt (Abb. 3).

Diese »Materialgruppen«, deren Grenzen vorher aufgrund der Häufigkeitsverteilung der einzelnen Elemente festgelegt worden waren, wurden auf ihre Verbreitung in Raum und Zeit hin untersucht. Daraus wurde dann auf die sozio-ökonomischen Verhältnisse in der frühen Metallzeit Europas geschlossen. Danach tritt die Kenntnis der Metallurgie zuerst im Südosten und Südwesten Europas auf, wohin sie offenbar von außerhalb gebracht wurde. Später dringt die Metallverwendung und -produktion nach Mitteleuropa vor.

Die Ergebnisse dieses groß angelegten Projektes sind vor allem von archäologischer Seite stark kritisiert worden, weil sie oft nicht mit archäologischen Befunden in Einklang zu bringen waren. Da die Bedeutung der Materialgruppen nicht klar war, wurde auch ihre Aussagekraft angezweifelt.

In dieser Situation waren die Hoffnungen, die die Anwendung der Spektralanalyse für die Herkunftsbestimmung von Metal-



3 Der Stuttgarter »Stammbaum«, ein Klassifikationsschema zur Gruppierung von Analysenresultaten bronzezeitlicher Kupferartefakte²².

len geweckt hatten, stark enttäuscht. Man ging vielfach so weit, die Möglichkeit einer Zuordnung von Metallartefakten zu Erzlagerstätten überhaupt auszuschließen. Höchstens die allgemeinen Erztypen – gediegen, oxidisch oder sulfidisch – sollten unterscheidbar sein²⁸.

4. Probleme der Herkunftsbestimmung von Metallen

4.1. Repräsentativität und Richtigkeit der Analysen

Aufgrund der vor allem aus archäologischer Sicht enttäuschenden Ergebnisse, vor allem des groß angelegten Stuttgarter Projektes, wurden wiederholt Präzision und Richtigkeit der Analysenergebnisse angezweifelt. Solche Zweifel erhielten zusätzlich Nahrung durch einen Interlaborvergleich²⁹, der – wie praktisch alle Studien dieser Art – zeigte, daß die Analysenergebnisse verschiedener Labors wesentlich weiter streuen als die Fehlerangaben der Einzelanalysen.

Außerdem wurde die Frage nach der Repräsentativität kleiner Proben mehrfach aufgeworfen. Obwohl von verschiedenen Arbeitsgruppen Untersuchungen vorgelegt wurden, die ergaben, daß Kupfer- und Bronzeartefakte ausreichend homogen seien^{27, 30, 31}, wurden für Ni, As, Ag, Sn, Pb und Bi inhomogene Verteilungen in Kupfer- und Bronzeobjekten gemessen³².

4.2. Datenauswertung

Alle bisherigen Untersuchungen gingen davon aus, daß die Verschiedenheit der Erzlagerstätten sich in chemischen Gruppen der Artefakte widerspiegeln würde. Da aber die Variationsbreiten der einzelnen Elemente in verschiedenen Lagerstätten nur in wenigen Fällen und nur für wenige Elemente untersucht wurden, steht die Zuordnung von Metallen zu bestimmten Lagerstätten aufgrund der chemischen Zusammensetzung auf schwankendem Boden.

In Stuttgart wurde daraus die Konsequenz gezogen, daß überhaupt nur Werkstätten oder Produktionszentren identifiziert werden könnten. Ein wesentlicher Schritt dieser Untersuchung bestand in der Gruppierung chemisch ähnlicher Proben. Es zeigte sich nämlich, daß die Elementgehalte in den Artefakten nicht kontinuierlich über den gesamten Konzentrationsbereich verteilt waren, sondern Häufigkeitsmaxima mit angenäherter Normalverteilung aufwiesen. Um chemisch ähnliche Proben zu gruppieren, wurden Grenzen zwischen den Häufigkeitsmaxima der Elemente, As, Sb, Ag, Ni und Bi festgelegt und die Analysen danach sortiert (siehe Abb. 3).

Die so erhaltenen Materialgruppen waren ebenfalls Gegenstand heftiger Kritik³³. Danach war vor allem die Auswahl von z.T. flüchtigen und zur Segregation neigenden Elementen ein Fehler. Die Hauptschwierigkeit für die Interpretation der Stuttgarter Materialgruppen dürfte aber darin liegen, daß auf diese Weise jede Probe einer Gruppe zugeteilt wird, selbst wenn sie am Rande eines Häufigkeitsmaximums eines oder mehrerer Elemente liegt.

4.3. Veränderung

der chemischen Zusammensetzung

Selbst wenn es möglich wäre, Lagerstätten aufgrund ihres Chemismus zu unterscheiden, bleibt eine Zuordnung zu Fertigobjekten problematisch, denn die zur Metallherstellung notwendigen Prozesse verändern zwangsläufig den geochemischen »Fingerabdruck« der Lagerstätte. Es sind u.a. die Möglichkeit selektiven Abbaus in prähistorischer Zeit, die Aufbereitung der Erze, die Verwendung von Zuschlägen, variable Verhüttungsbedingungen und verschiedene Raffinationsprozesse zu berücksichtigen.

Schließlich besteht die Möglichkeit, daß Metalle verschiedener Herkunft, besonders durch die Wiederverwendung von Altmetall, vermischt wurden. Man geht im allgemeinen davon aus, daß in der Frühzeit der Metallverwendung wenig Altmetall wieder aufgearbeitet wurde. Dies wird aus der zunehmenden Häufigkeit von Altmetall-Horten in der mittleren und späten Bronzezeit geschlossen. Andererseits könnte man aber argumentieren, daß gerade ein gewisser Mangel an dem begehrten Rohstoff in der Frühbronzezeit Anlaß zur Wiederverwendung gegeben haben könnte.

Trotz dieser Probleme besteht aber nach wie vor ein großes archäologisches Interesse an der Herkunft von Metallen, denn der Gebrauch von Metallen markiert den Beginn einer neuen Epoche in der menschlichen Zivilisationsgeschichte. Es ist aber immer noch weitgehend ungeklärt, wann, wo und wie erstmals Metall

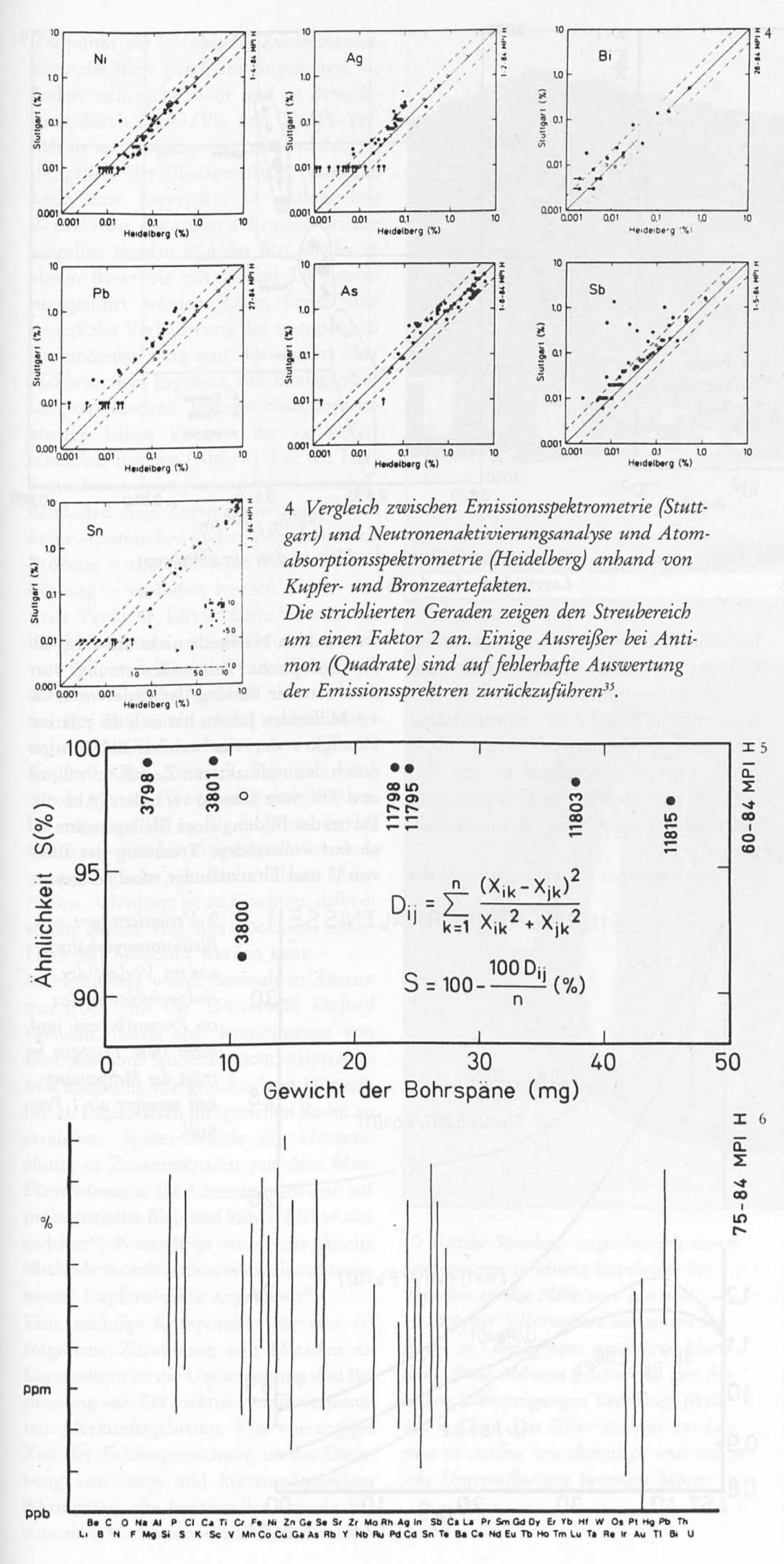
aus Erz erschmolzen wurde. Da Metalle von Beginn an als Wertträger und Handelsobjekt dienten, werden sie häufig zur Diskussion der sozio-ökonomischen Bedingungen in vorgeschichtlicher Zeit herangezogen.

Am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg werden seit etwa zehn Jahren Untersuchungen zur frühen Metallurgie im ägäischen Raum durchgeführt³⁴. Unter anderem wird dabei auch neuerlich versucht, Fertigobjekte aus Blei, Silber und Kupfer bestimmten Lagerstätten zuzuordnen.

5. Neue Ansätze

5.1. Analysemethoden

Zur chemischen Charakterisierung von Artefakten und Erzen werden vorwiegend die Neutronenaktivierungsanalyse und die Atomabsorpionsspektrometrie eingesetzt, für Schlackenuntersuchungen auch Röntgenfluoreszenzspektrometrie und Röntgendiffraktometrie. Da der Stuttgarter Datensatz derzeit sicherlich einer der größten ist, wurde die Vergleichbarkeit mit dieser Analysenreihe überprüft35. Die Ergebnisse zeigen befriedigende Übereinstimmung (Abb. 4). Damit ist einerseits der Anschluß an die Stuttgarter Datenbank gesichert und andererseits der Kritik an der dortigen Analysenmethode (siehe Kap. 4.1.) der Boden entzogen. Die Präzision der Stuttgarter Analysen ist allerdings mit etwa ±30% relativ gering, aber für archäometallurgische Interpretationen vermutlich ausreichend. Aufgrund der Schwierigkeit, von wertvollen Museumsgegenständen Proben entnehmen zu dürfen, wurde der Einfluß der Probegröße auf die Zusammensetzung untersucht. Die in Stuttgart verwendete Einwaage von etwa 40 mg Bohrspänen wird im allgemeinen als repräsentativ angesehen36. Aus Abb. 5 ist zu ersehen, dass selbst um eine Größenordnung kleinere Proben noch die gleiche Zusammensetzung wie 40 mg Aliquots haben können. Dies wird zwar nicht für alle in Betracht kommenden Kupferlegierungen gelten, aber Inhomogenitäten im Prozentbereich, über die mehrfach berichtet wurde32 sind unbedeutend im Vergleich zu den Variationen über mehrere Größenordnungen, die man für viele Elemente in Fertigobjekten findet (Abb. 6). Deshalb sind die Anforderungen an die Analysenpräzision



gar nicht besonders hoch, wie unten noch diskutiert werden wird.

5.2. Datenverarbeitung

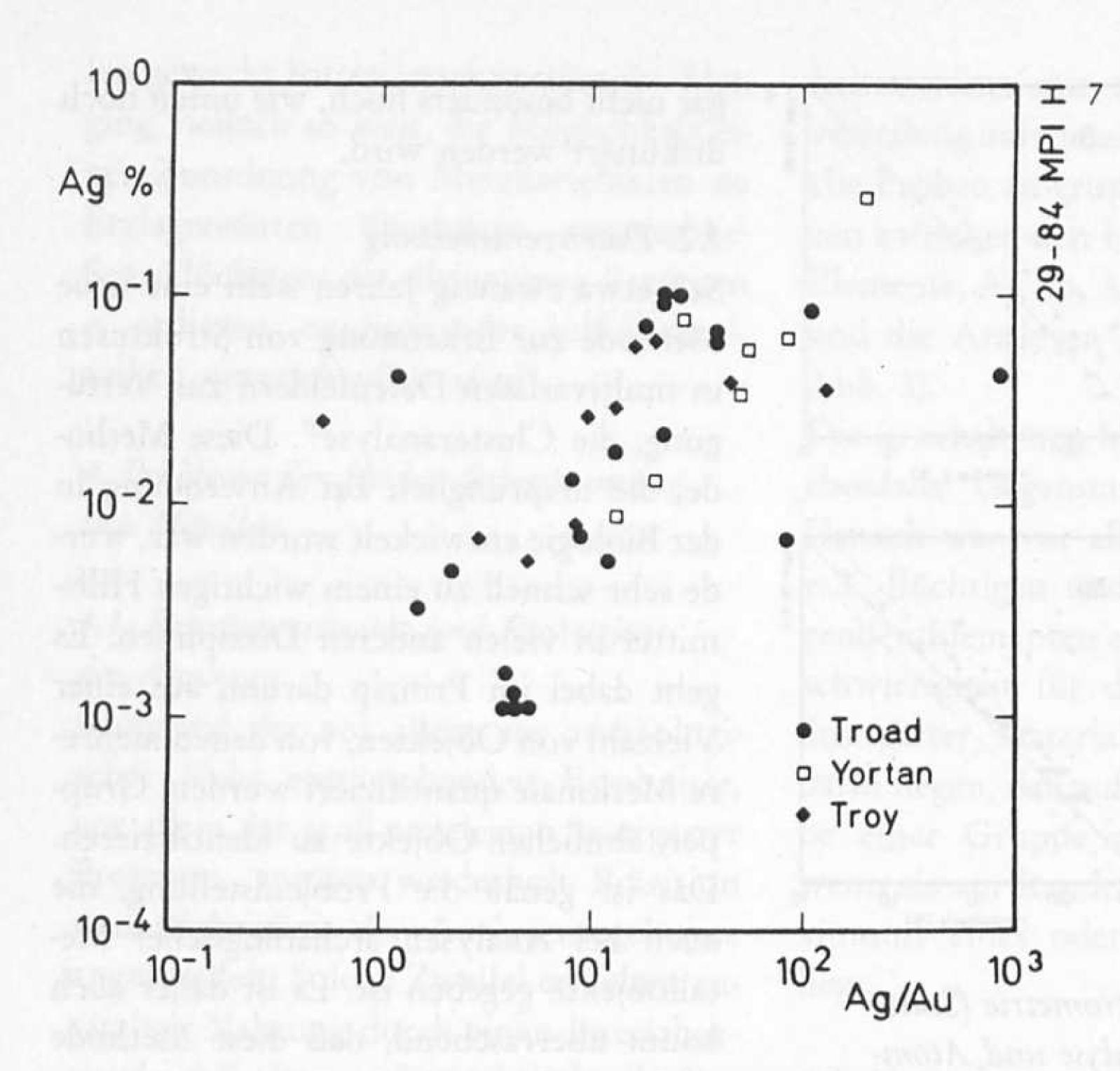
Seit etwa zwanzig Jahren steht eine neue Methode zur Erkennung von Strukturen in multivariaten Datenfeldern zur Verfügung, die Clusteranalyse³⁷. Diese Methode, die ursprünglich zur Anwendung in der Biologie entwickelt worden war, wurde sehr schnell zu einem wichtigen Hilfsmittel in vielen anderen Disziplinen. Es geht dabei im Prinzip darum, aus einer Vielzahl von Objekten, von denen mehrere Merkmale quantifiziert wurden, Gruppen ähnlicher Objekte zu identifizieren. Das ist genau die Problemstellung, die auch bei Analysen archäologischer Metallobjekte gegeben ist. Es ist daher auch kaum überraschend, daß diese Methode relativ früh auf die Stuttgarter Analysenergebnisse angewandt wurde³⁸.

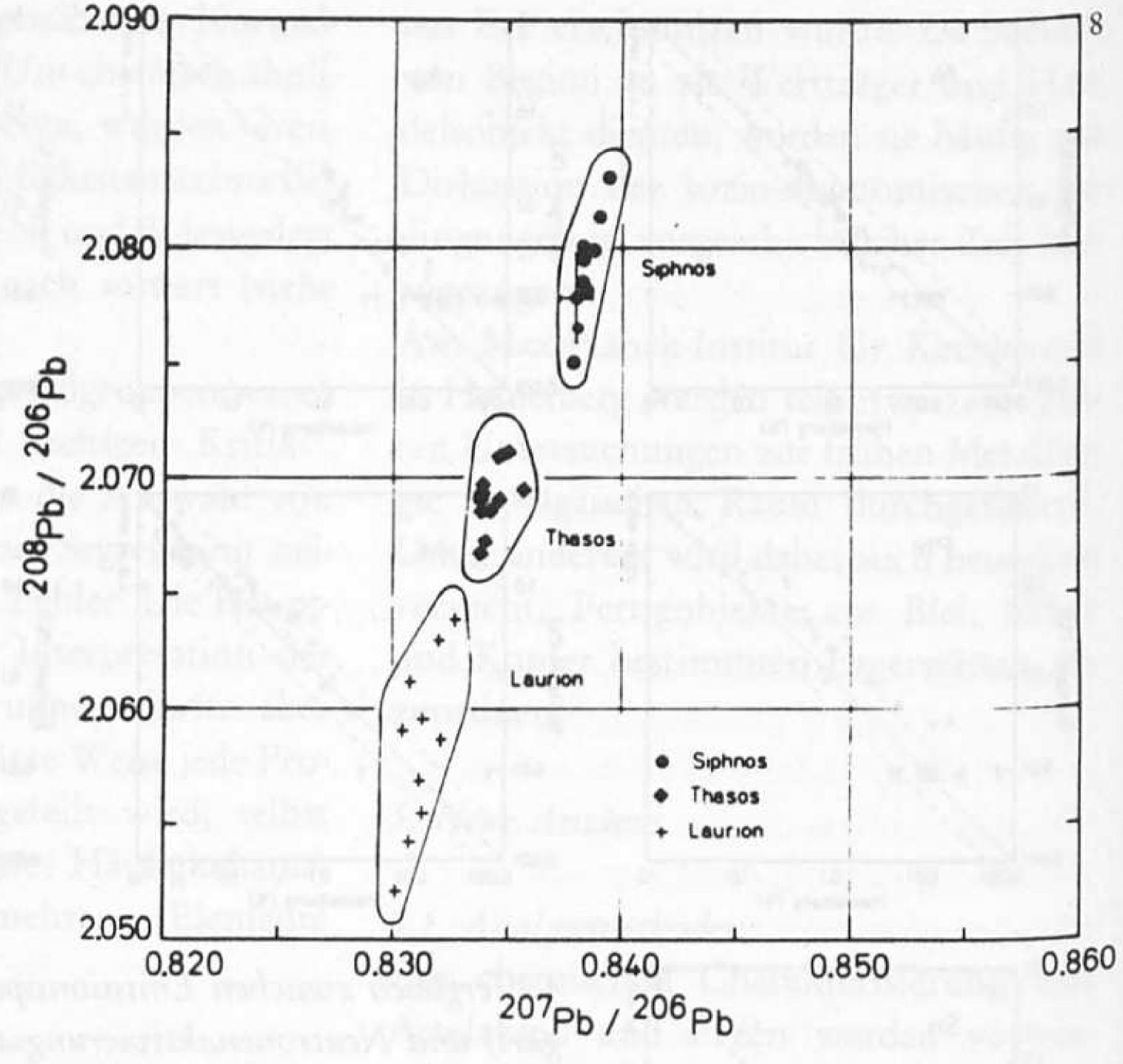
Im wesentlichen besteht das Verfahren in der Berechnung eines mathematisch definierten Abstandes von jeder Probe zu jeder anderen mit Hilfe eines Computers. Anschließend werden Proben mit jeweils geringen Abständen zueinander in Gruppen sortiert. Bei nur zwei Merkmalen läßt sich diese Aufgabe leicht in einem Diagramm lösen, in dem z.B. zwei Elementkonzentrationen in Metallobjekten gegeneinander aufgetragen sind (Abb. 7). Darin lassen sich leicht verschiedene Gruppen von einander ähnlichen Objekten erkennen.

Der entscheidende Vorteil der Clusteranalyse ist die Möglichkeit, beliebig viele Merkmale (Elemente) gleichzeitig zu betrachten und in die Gruppierung einzubeziehen. Dadurch wird eine bessere Gruppentrennung als mit zwei Variablen erreicht, ohne die Gefahr, daß Proben von Anfang an in eine »falsche« Gruppe sortiert werden können, wie bei dem in Stuttgart angewandten sequentiellen Ver-

5 Einfluß des Probengewichts auf das Ergebnis von Kupfer- und Bronzeanalysen. Die Ähnlichkeit ist bezogen auf die Zusammensetzung von 40 mg Aliquots der jeweiligen Proben. Der Kreis über der Probe 3800 gibt die Ähnlichkeit ohne Berücksichtigung des Fe-Gehaltes wieder³⁵.

6 Variationsbreiten verschiedener Begleitelemente in prähistorischen Kupfer- und Bronzeartefakten.





7 Ag- und Au-Gehalte in frühbronzezeitlichen Kupfer- und Bronzeartefakten aus Troja und Umgebung.

8 Isotopenverhältnisse des Bleis in drei verschiedenen Lagerstätten der Ägäis.

fahren (Abb. 3). Außerdem ist die Anzahl der Gruppen nicht vorgegeben, so daß »Streudaten« nicht zwangsläufig einer Gruppe zugeordnet werden. Dadurch werden die Gruppen homogener. In den in Abb. 7 dargestellten Proben konnten z.B. aufgrund der Spurenelementkonzentrationen vier Gruppen definiert werden, aber etwa die Hälfte der Proben blieb dabei ungruppiert, d.h. sie bildeten jeweils eine Gruppe für sich selbst.

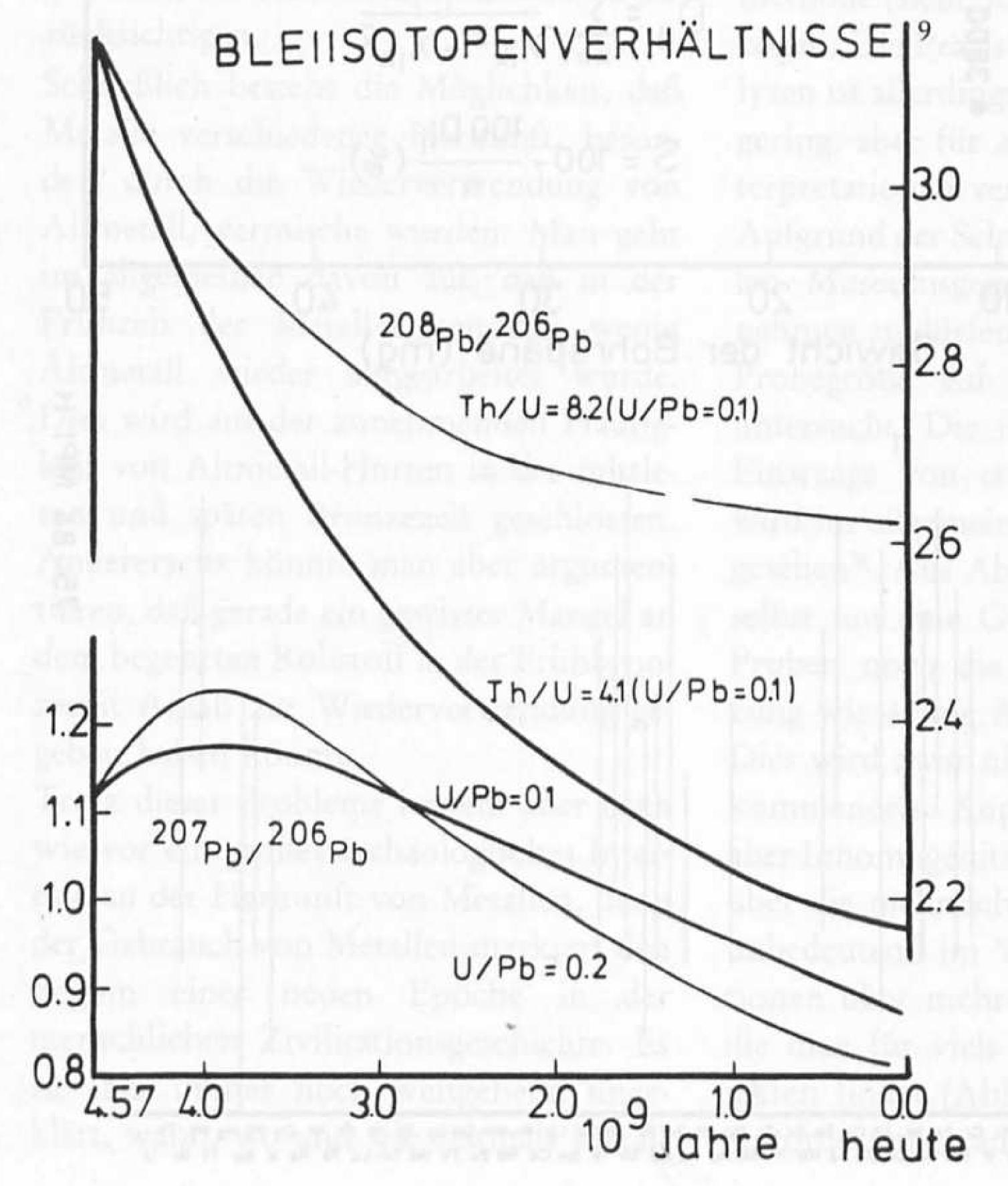
Ein großer Teil dieser Proben war schon in Stuttgart analysiert worden. Wenn diese Daten statt der Heidelberger Ergebnisse für die Clusteranalyse verwendet werden, ist die Aussage im wesentlichen unverändert. Dies zeigt, daß auch eine geringe Analysenpräzision ausreichend sein kann. Allerdings sind die Cluster diffuser.

5.3. Zuordnung von Metallen zu Erzlagerstätten

Trotz verbesserter Analysen- und Datenverarbeitungstechnik wäre es wohl kaum möglich, über die Stuttgarter Zielsetzung - Aufdeckung der zeitlichen und räumlichen Verteilung bestimmter, durch ihre Begleitelemente charakterisierten Metallsorten - hinauszugelangen. Zwar ist heute durch Simulationsexperimente, die primitive pyrometallurgische Techniken nachahmten, wesentlich mehr über das Verhalten der Begleitelemente bei der Gewinnung von Kupfer³⁹, Blei⁴⁰ und Silber⁴¹

bekannt, aber die in vielen Lagerstätten auftretenden großen Variationen der Spurenelementkonzentrationen und die anzunehmende Variabilität prähistorischer Verhüttungsbedingungen stellen meist unüberwindliche Probleme bei der Zuordnung von Metallen zu Erzlagerstätten aufgrund der chemischen Zusammensetzung dar.

diese beiden Nachteile nicht aufweist, ist die isotopische Zusammensetzung von Blei. Seit der Bildung der Erde vor etwa 4,6 Milliarden Jahren hat sich die relative Häufigkeit der vier stabilen Blei-Isotope durch den radioaktiven Zerfall von Uran und Thorium laufend verändert (Abb. 9). Da bei der Bildung einer Bleilagerstätte eine fast vollständige Trennung des Bleis Ein geochemisches Charakteristikum, das von U und Th stattfindet, wird zu diesem



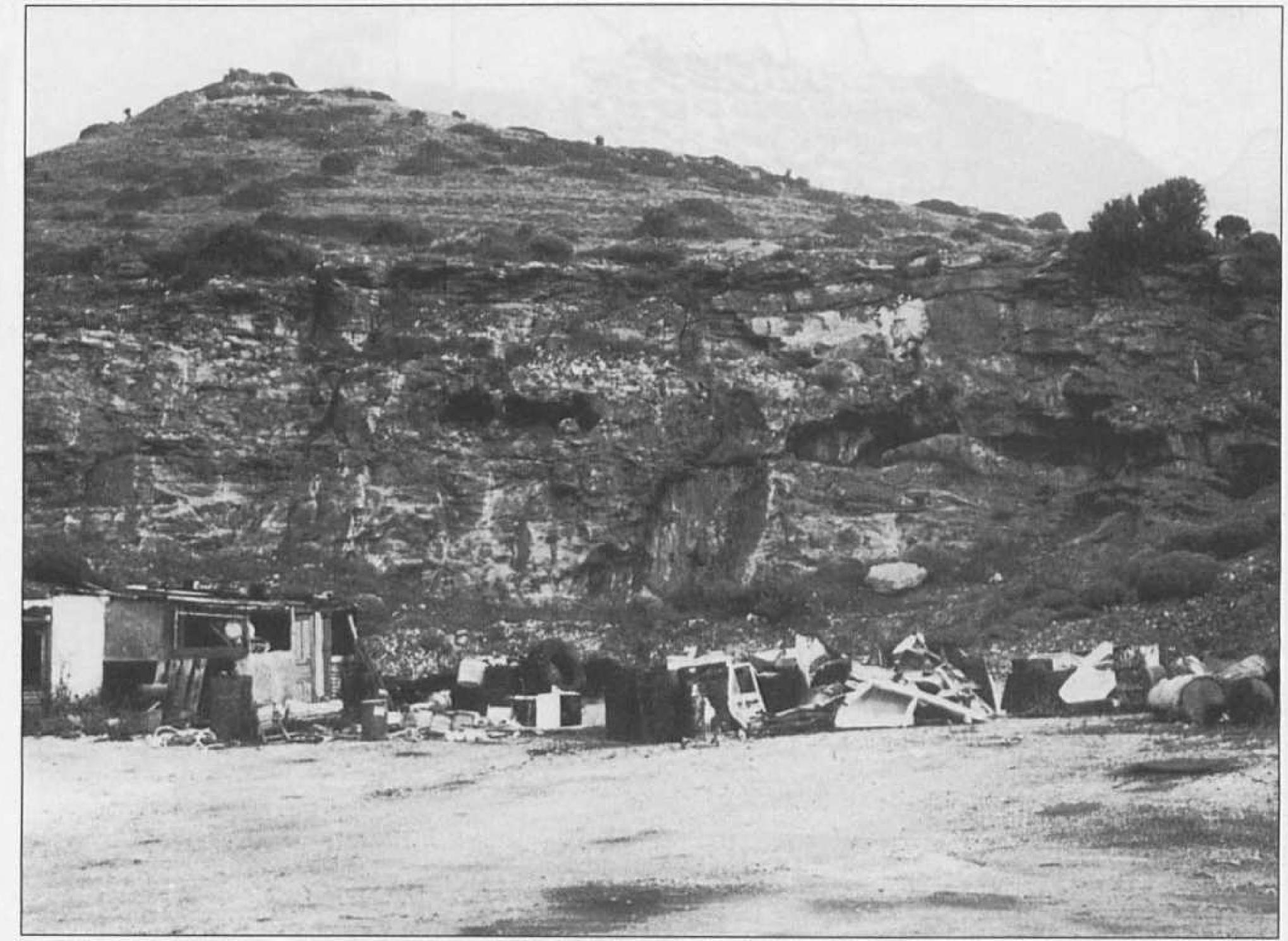
9 Veränderungen von Bleiisotopenverhältnissen im Verlauf der Erdgeschichte finden im Prozentbereich und mehr statt. Dagegen beträgt die Meßgenauigkeit weniger als 1 Promill.

Zeitpunkt die isotopische Zusammensetzung des Bleis gleichsam eingefroren, sie ändert sich nicht mehr und ist determiniert durch das U/Pb- und Th/Pb-Verhältnis im Ausgangsreservoir und das Bildungsalter der Bleilagerstätte. Natürlich kann eine Lagerstätte in geologischen Zeiträumen etwa durch Erosion wieder aufgelöst werden und das Blei wieder in einem Reservoir mit U und Th zusammengeführt werden. Dann findet eine neuerliche Veränderung der isotopischen Zusammensetzung statt. Das ändert aber nichts an dem Ergebnis, daß Bleilagerstätten verschiedene Isotopenzusammensetzungen haben können, die sie unterscheidbar machen (Abb. 8). Für die Herkunftsbestimmung ist außerdem entscheidend, daß diese Zusammensetzung durch keine chemischen oder physikalischen Prozesse - also auch nicht durch die Verhüttung - verändert werden.

Erste Versuche, Bleiartefakte bestimmten Bergbauregionen zuzuordnen, stammen von Brill und Wampler⁴² und Grögler et al.⁴³. Dabei ist die Methode nicht auf reines Blei beschränkt. Auch andere Materialien, die Blei enthalten, wie Silber⁴⁴, Kupfer⁴⁵, Glas, Keramik, Pigmente können in gleicher Weise analysiert werden. Da nur etwa 100 ng für die Messung der Bleiisotopenverhältnisse erforderlich sind, genügen Spuren von Blei in diesen Materialien. Allerdings ist zu beachten, daß bei einem Zusatz von Blei höchstens dessen Herkunft bestimmt werden kann.

In Heidelberg wurde erstmals in Zusammenarbeit mit der Universität Oxford versucht, durch eine Kombination von Isotopen- und Spurenelementanalysen eine Zuordnung von griechischem Münzsilber zu Lagerstätten im ägäischen Raum zu erreichen. Später wurde die Untersuchung in Zusammenareit mit dem Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz auf prähistorische Blei- und Silberobjekte ausgedehnt⁴⁶. Neuerdings wurde die gleiche Methodenkombination erstmals auf trojanische Kupferobjekte angewandt⁵⁰.

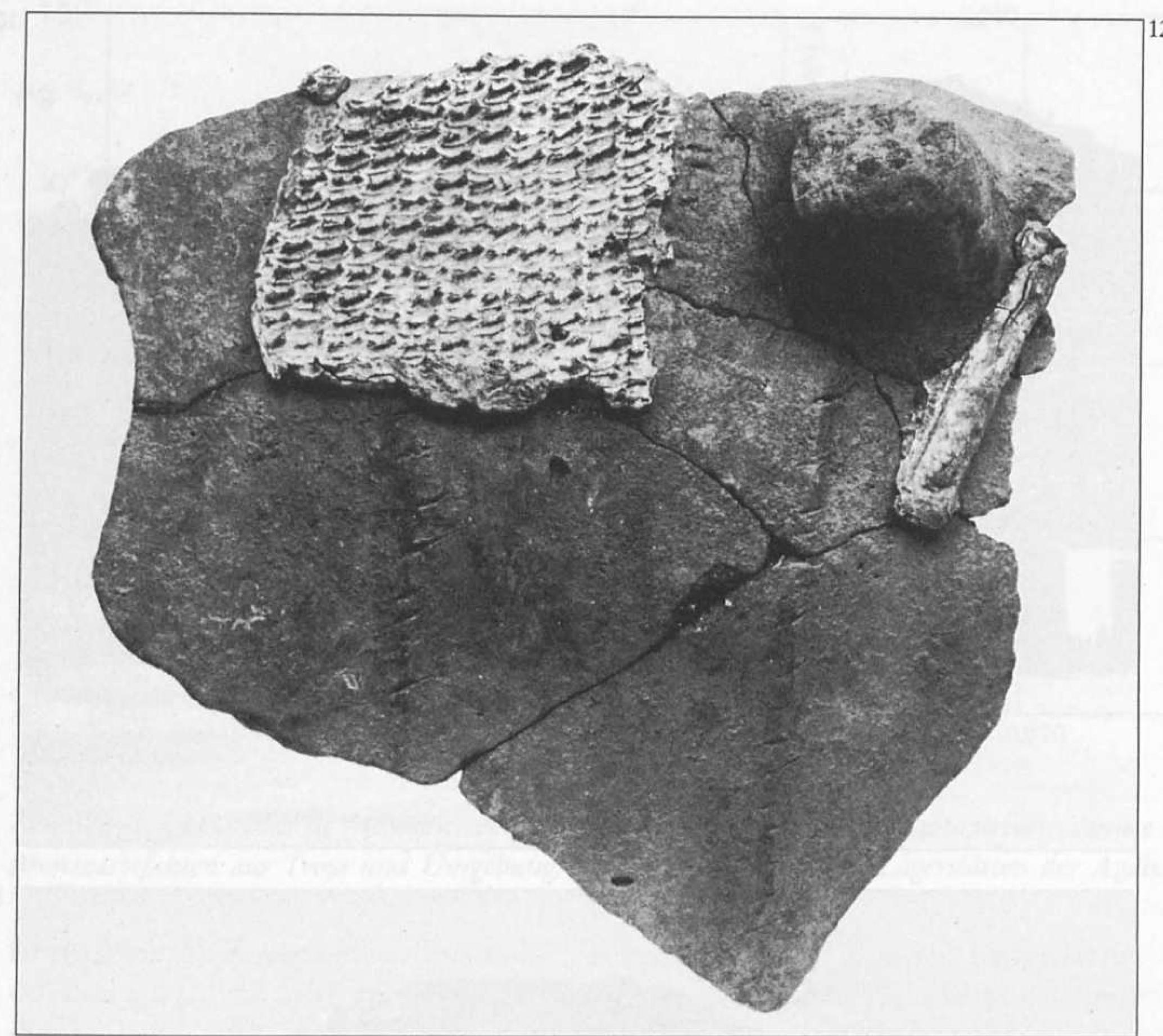
Eine wichtige Komponente für eine erfolgreiche Zuordnung von Metallen zu
Lagerstätten ist die Untersuchung und Beprobung von Erzvorkommen in vermuteten Herkunftsgebieten. Ein vorrangiges
Ziel der Felduntersuchung ist die Datierung von berg- und hüttenmännischen
Aktivitäten, um festzustellen, ob ein bestimmtes Vorkommen zur Zeit der Her-



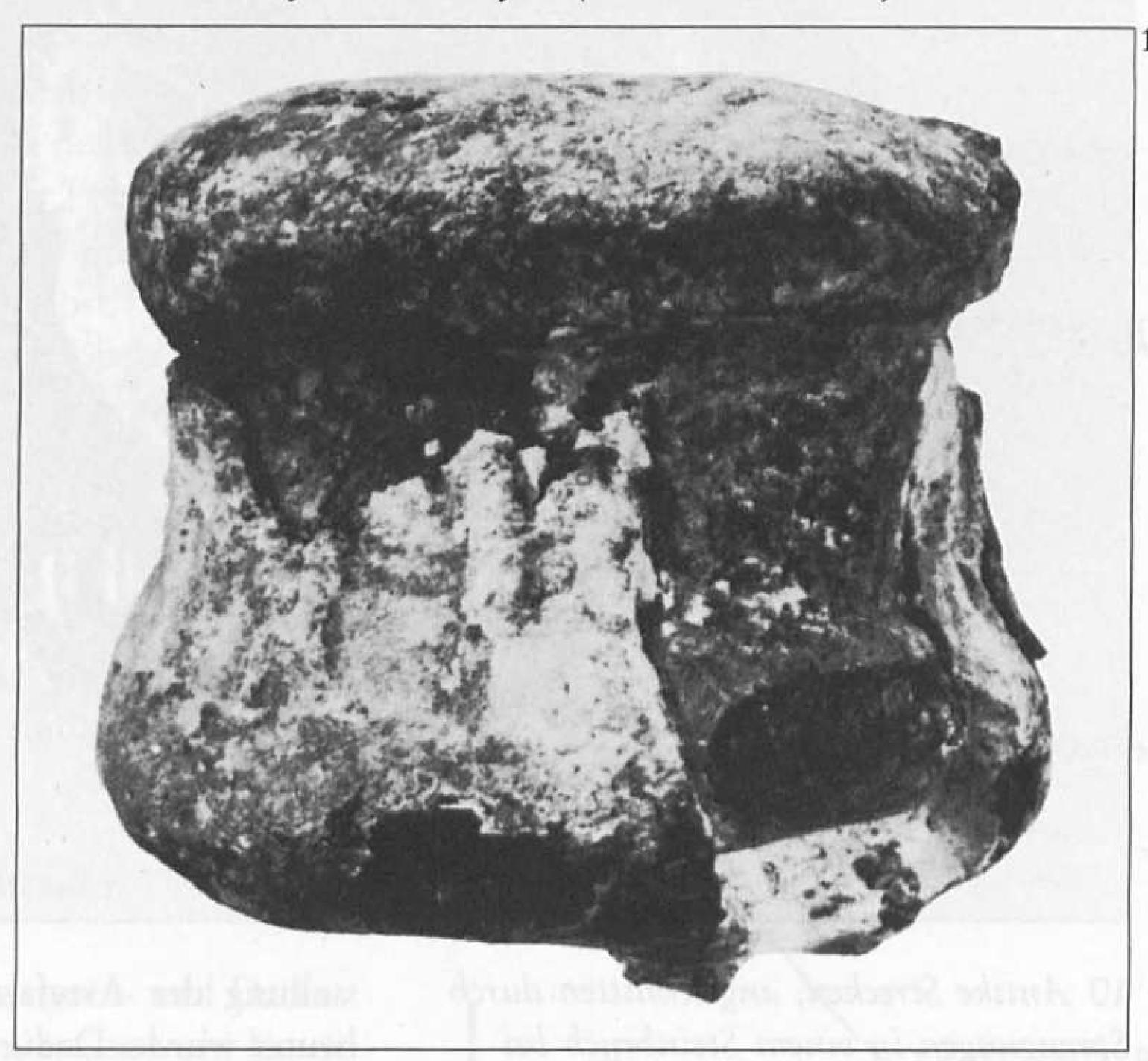


10 Antike Strecken, angeschnitten durch Sprengungen in einem Steinbruch bei Thorikos in der Nähe von Laurion.
11 Athener Silbermünze aus einem bei Asynt in Oberägypten entdeckten Hortfund. Diese Münzen gehören zu den frühesten Silberprägungen überhaupt (etwa 500 v. Chr.). Das Silber stammt aus Laurion in Attika, wie chemische und isotopische Untersuchungen bewiesen haben.

beutet wurde. Dadurch läßt sich die Zahl der in Frage kommenden Lagerstätten unter Umständen wesentlich einschränken. Andererseits ist es auch wichtig, Erzproben von erwiesenermaßen durch alten Bergbau aufgeschlossenen Stellen zu nehmen, weil dadurch die Signifikanz der Erzproben erhöht wird und die Variation in der chemischen Zusammensetzung möglicherweise wesentlich eingeschränkt werden kann (Abb. 10 u. 11).

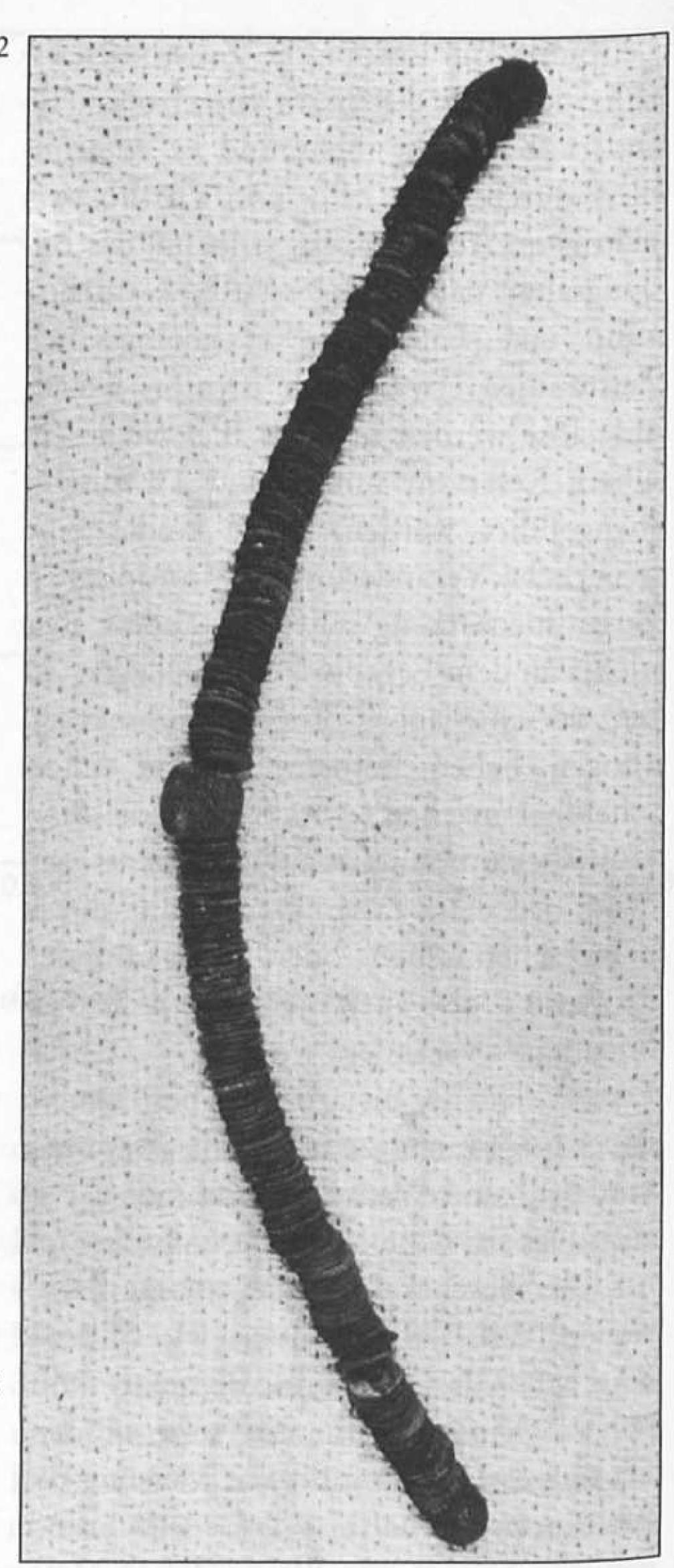


12 Mit Blei geflicktes, frühkykladisches Keramikgefäß von Chalandriani auf der Insel Syros (etwa 2500 v. Chr.).



13 Tongewicht mit Bleimantel von Kastri auf der Insel Syros (etwa 2300 v. Chr.).

157 ID - 30 1 20 0

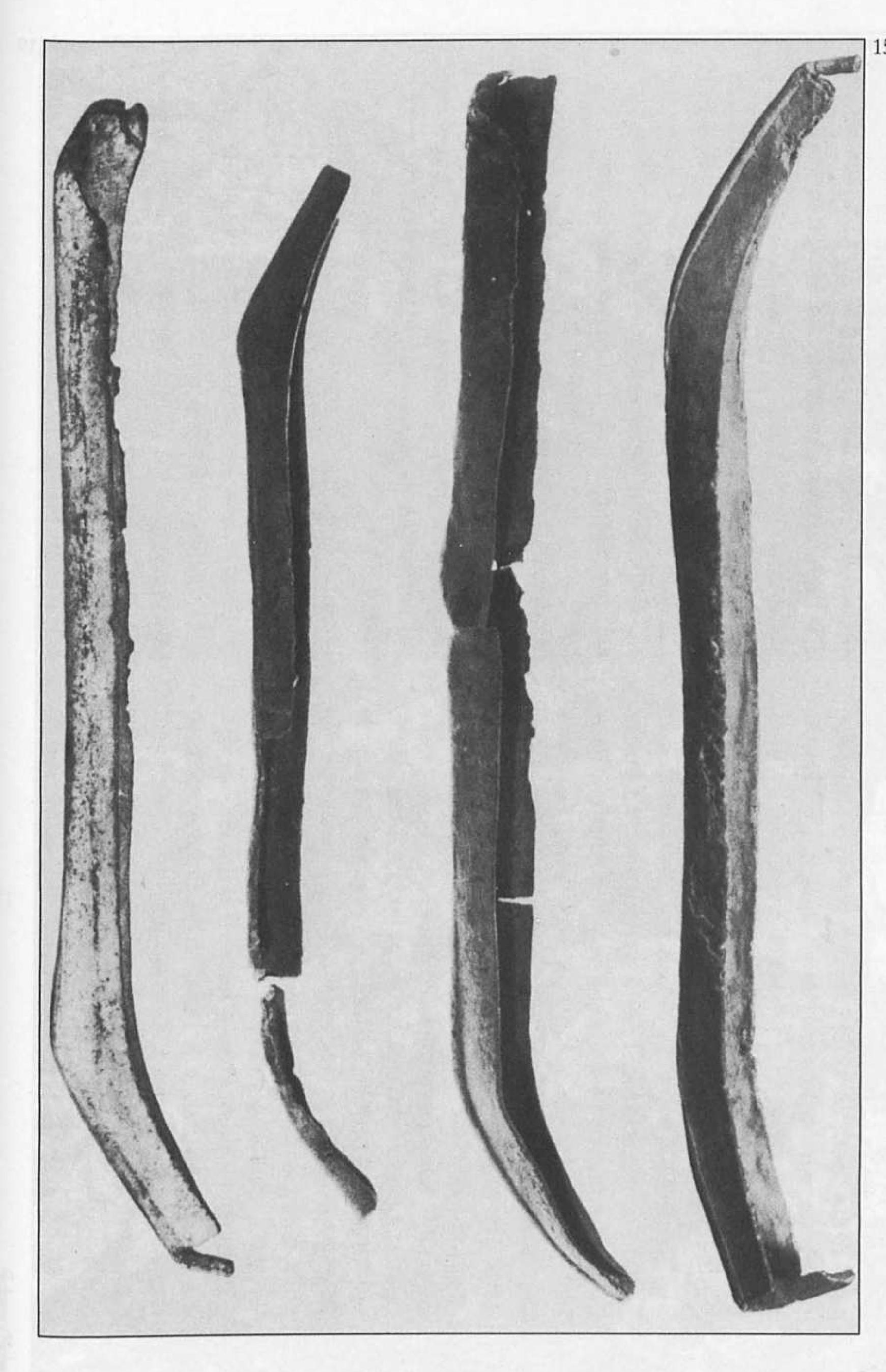


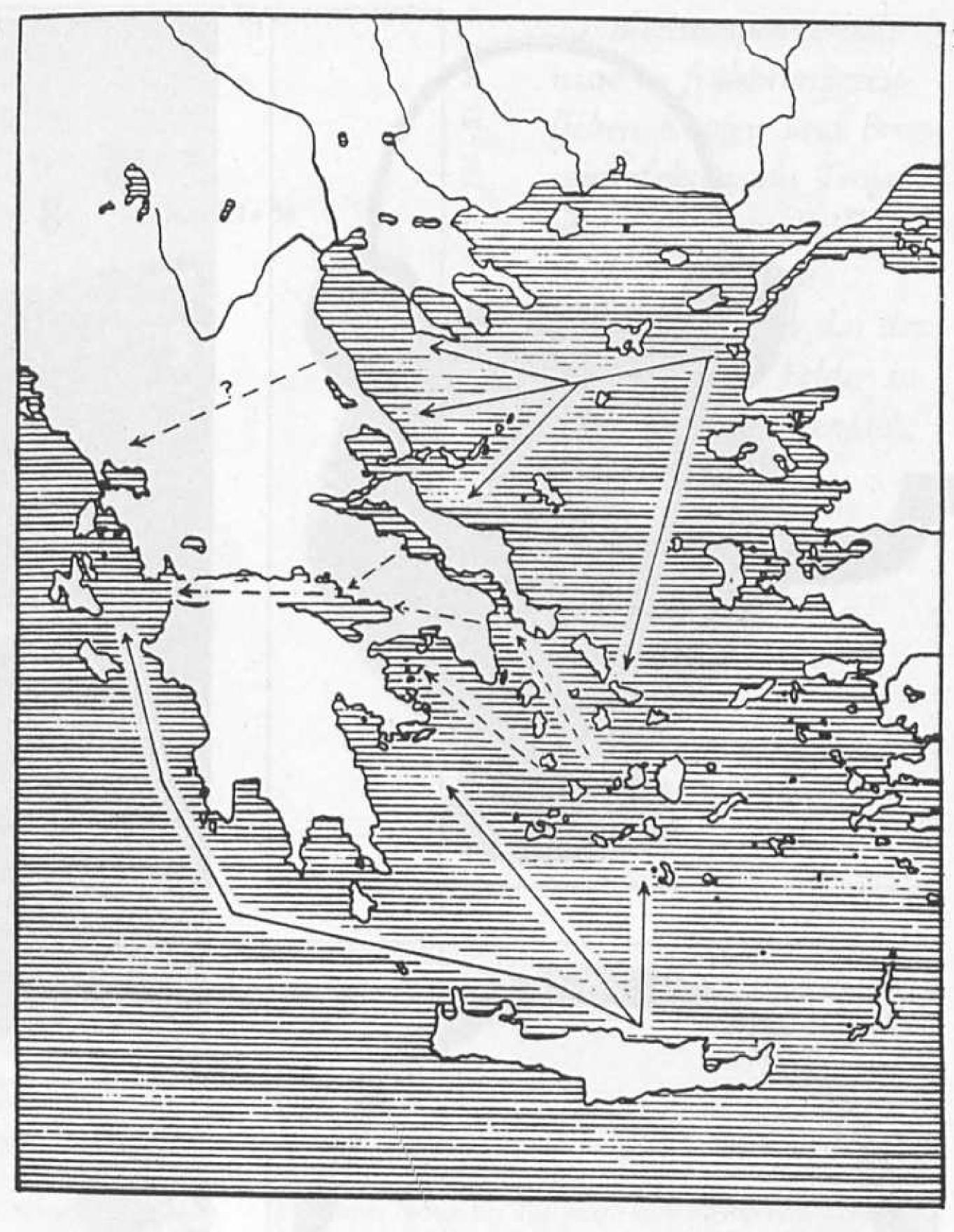
14 Kette aus 200 scheibenförmigen Silberperlen von Louros auf der Insel Naxos (etwa 2500 v. Chr.).

6. Die frühe Metallurgie im ägäischen Raum - ein Beispiel Als Beispiel für die Anwendung dieses archäometallurgischen Ansatzes sei der ägäische Raum genannt, der gekennzeichnet ist durch einen relativ schnellen Übergang von Stein- zu Metallzeit. Während im 4. Jahrtausend v. Chr. Metall praktisch nicht verwendet wurde, tritt in der ersten Hälfte des 3. Jahrtausends v. Chr. eine vergleichsweise große Zahl von Metallobjekten - mehr als ein Drittel davon aus Blei oder Silber - fast ohne Übergang auf (Abb. 12, 13, 14 und 15). Eine genaue archäologische Klassifizierung dieser Objekte führte zu dem Schluß⁴⁷, daß die Kenntnis der Metallproduktion und -verarbeitung von zwei Zentren in Nordwestanatolien rund um Troja und auf Kreta ausging und daß sie sich in kurzer Zeit auf die Kykladen und das griechische Festland ausbreitete (Abb. 16).

Welster also as a fair of the latest term of the la







15 Schiffsmodelle aus Blei von der Insel Naxos (etwa 2500 v. Chr.). Das Blei stammt von der Insel Siphnos, wo ein frühkykladisches Bleibergwerk entdeckt wurde.

16 Ausbreitung der Metallurgie im ägäischen Raum des 3. Jahrtausends v. Chr. (nach47).

Untersuchungen auf der Kykladeninsel Siphnos hatten jedoch ergeben, daß dort bereits um 2700 v. Chr. silberhaltige Bleierze abgebaut worden waren (Abb. 19)48. Es ist somit der derzeit früheste nachgewiesene Blei-Silberbergbau überhaupt. Die Bedeutung dieser Lagerstätte für die frühbronzezeitliche Blei- und Silberproduktion in der Agäis spiegelt sich in der Anzahl der Artefakte wider, die chemisch und isotopisch den Erzen von Siphnos zugeordnet werden können (Abb. 21). Es stellt sich somit die Frage, ob - zumindest für Blei und Silber - die Pfeile in Abb. 16 nicht umgedreht werden müssen, d.h. ob nicht die Kykladen, die vorwiegend als von außen beeinflußt angesehen worden waren, eine metallurgisch und auch kulturell weitaus aktivere Rolle gespielt haben als bisher angenommen.

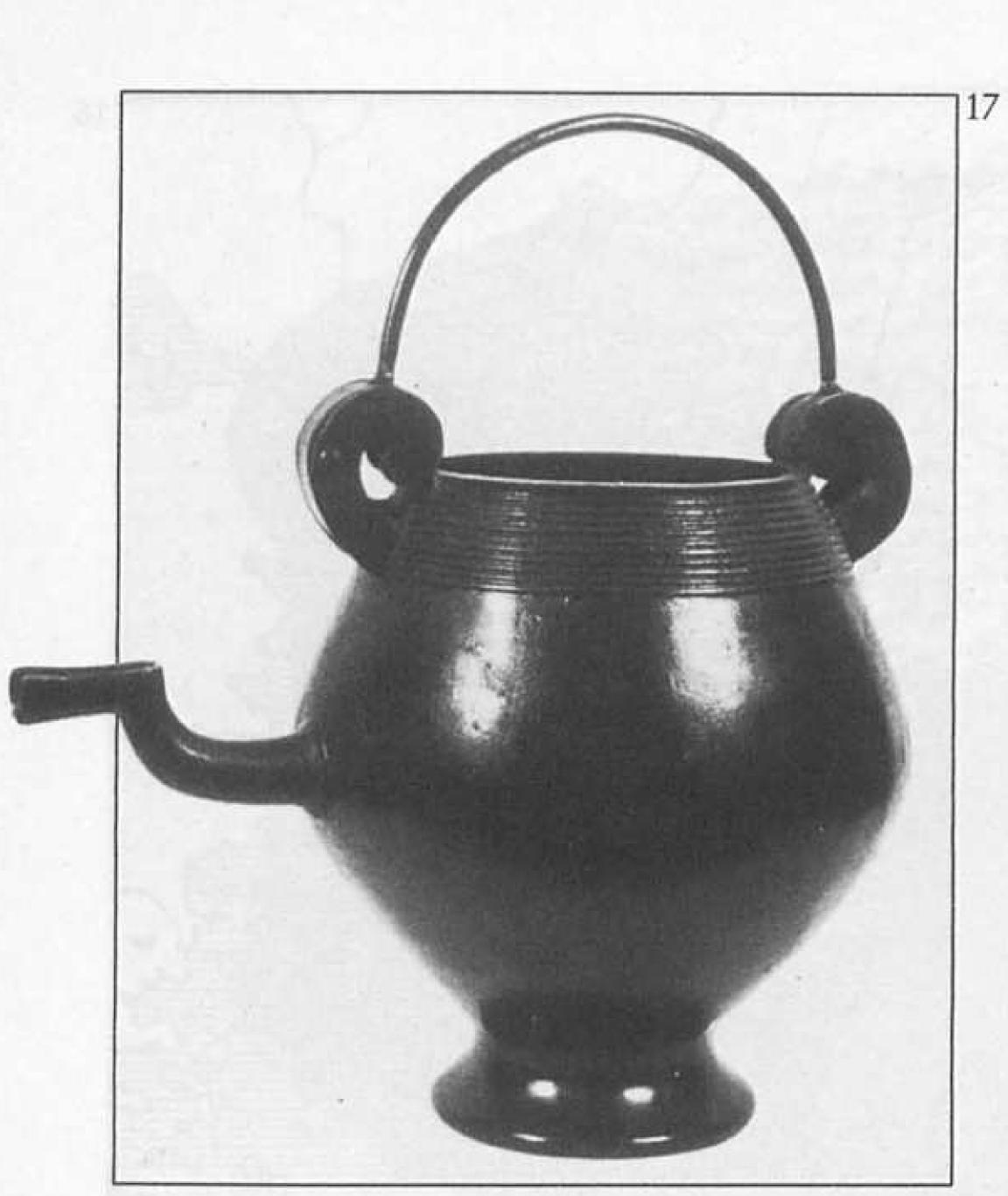
Auch für Kupfer und Zinn hat sich die

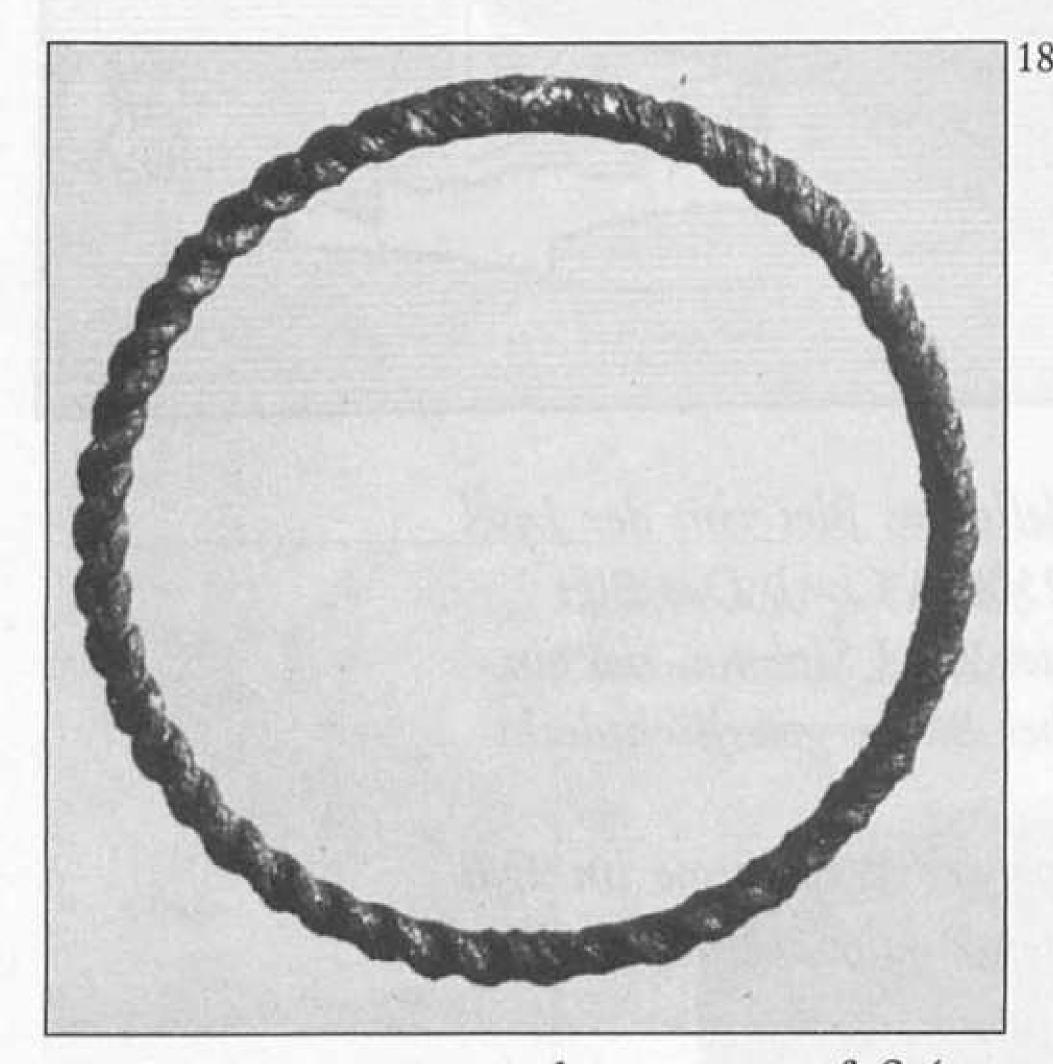
Annahme eines Produktionszentrums in Nordwestanatolien mit Zugriff auf in der Nähe befindliche Lagerstätten als unhaltbar erwiesen (Abb. 17 und 18)50.

Das frühe Auftauchen von Zinnbronze in der Gegend von Troja hat zu Spekulationen Anlaß gegeben, daß es im Hinterland von Troja ein geologisch nicht bekanntes Zinnvorkommen geben könnte⁵¹. Als in der Nähe von Bursa tatsächlich zinnhaltige Erze entdeckt wurden⁵², war diese Theorie scheinbar bestätigt. Die Datierung des dort befindlichen alten Bergbaus ergab aber ein Alter von nur etwa 300 Jahren.

Außerdem zeigt die isotopische Zusammensetzung von Kupfer- und Bronzeartefakten aus der Troas, daß gerade die Zinnbronzen nicht aus Erzen der Troas oder der oben erwähnten Lagerstätte erschmolzen sein können (Abb. 20).

Obwohl die Aussagen vorwiegend negative sind - man kann nur mit Bestimmtheit sagen, welche Erze nicht als Ausgangsmaterial in Frage kommen - ist es doch von großem Interesse, weithin akzeptierte Theorien, die aufgrund stilkritischer Untersuchungen aufgestellt wurden, überprüfen und gegebenenfalls revidieren zu können. Die positive Zuordnung von Kupfer, Silber oder Blei zu einzelnen Lagerstätten aufgrund der Isotopenanalyse alleine wird wegen der häufigen Uberlagerungen verschiedener Lagerstätten (Abb. 21) kaum möglich sein. In Kombination mit der Spurenelementzusammensetzung und den Felduntersuchungen sollte dies in einigen Fällen, wie z.B. auf Siphnos möglich sein. Gemessen an der langen Gesichte von Versuchen dazu und an der Relevanz der Fragestellung wäre dies ein großer Erfolg.





17 Ergänztes trojanisches Bronzegefäß (etwa 2500 v. Chr.) mit etwa 6% Zinn. Das Rohmaterial stammt nicht aus dem ägäischen Raum, wie Bleiisotopenuntersuchungen gezeigt haben.

18 Zinnring von Thermi auf Lesbos (etwa 3000 v. Chr.), das früheste aus Zinn gefertigte Metallobjekt.

Literatur

- ¹ M. J. Dize, Analyse du cuivre avec lequel les anciens fabriquaient leur médailles, les instruments tranchants, Journ. Phys. 36 (1790) 173.
- ² H. Gmelin, Gött. gelehrte Anzeigen 1776.
- ³ W. Stukeley, Stonehenge, a temple restored to the Druids, 5, 1740.
- ⁴ M. H. Klaproth, Mémoire de numismatique docimastique, Mem. Acad. Roy. Sci. Belles Lettres 45 (1799) 97.
- ⁵ M. H. Klaproth, Sur quelques vitrifications antiques, Mem. Acad. Roy. Sci. Belles Lettres 49 (1801) 3.
- ⁶ E. R. Caley, The early history of chemistry in the service of archaeology, J. Chem. Educ. 44 (1967) 120.
- ⁷ H. Davy, Some experiments and observations on the colours used in painting by the ancients, Phil. Trans. Roy. Soc. London 105 (1815) 97.
- ⁸ J. J. Berzelius, Undersökning af metallmassen i några fornlemningar, Annaler f. Nord. Oldkyndighet 1836/37, 104.
- ⁹ J.E. Wocel, Archäologische Parallelen, Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, Phil.-Hist. Klasse 11 (1853) 716.



19 Durch modernen Eisenbergbau aufgeschlossene alte Strecken bei Kepsolos auf Siphnos.

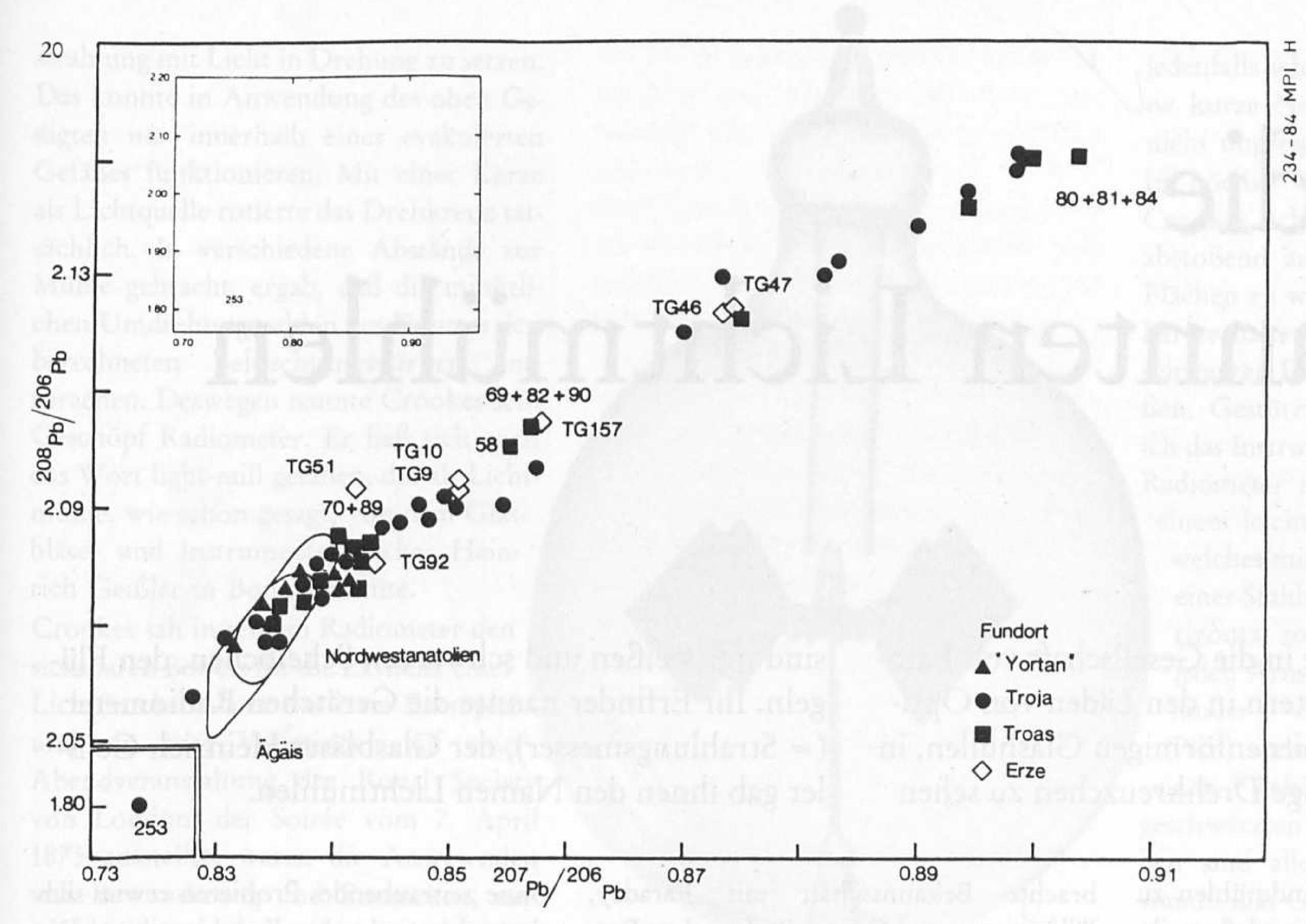
- ¹⁰ J. W. Mallet, Account of a chemical examination of the Celtic antiquities in the collection of the Royal Academy, Dublin. Phil. Diss. Göttingen. Dublin 1852.
- ¹¹ R. Virchow, über die gebrannten Schlackenwälle der Oberlausitz, Z. f. Ethn. 2 (1870) 257.
- 12 H. Benrath, Beiträge zur Archäologie weißen Glases, Wagners Jahresber. der Chem. Techn. (1869) 340.
- ¹³ A. A. Damour, Sur la composition des haches en pierre dans les monuments celtiques et chez les tribus sauvages, Comptes rendus (Paris 1865) 313.
- 14 F. Wibel, Die Veränderung der Knochen bei langer Lagerung im Erdboden und die Bestimmung ihrer Lagerungszeit durch die chemische Analyse. Ein chemischer Beitrag zur geol. und archäol. Forschung. Wiss. Abh. u. Osterprogramm des Akad. u. Realgym. Hamburg 1869.
- ¹⁵ J. F. Reitemeier, Geschichte des Bergbaues und Hüttenwesens bey den alten Völkern. Göttingen 1785.
- ¹⁶ L.R. v. Fellenberg, Analysen antike Bronzen, 6. Forts., Berner Mitt. 1863.
- ¹⁷ F. Wibel, Beitrag zur Kenntnis antiker Bronzen vom chemischen Standpunkte. Hamburg 1863.
- 18 K. E. v. Baer, Von wo das Zinn zu den ganz alten Bron-

- zen gekommen sein mag? Arch. f. Anthr. 9 (1876) 263.

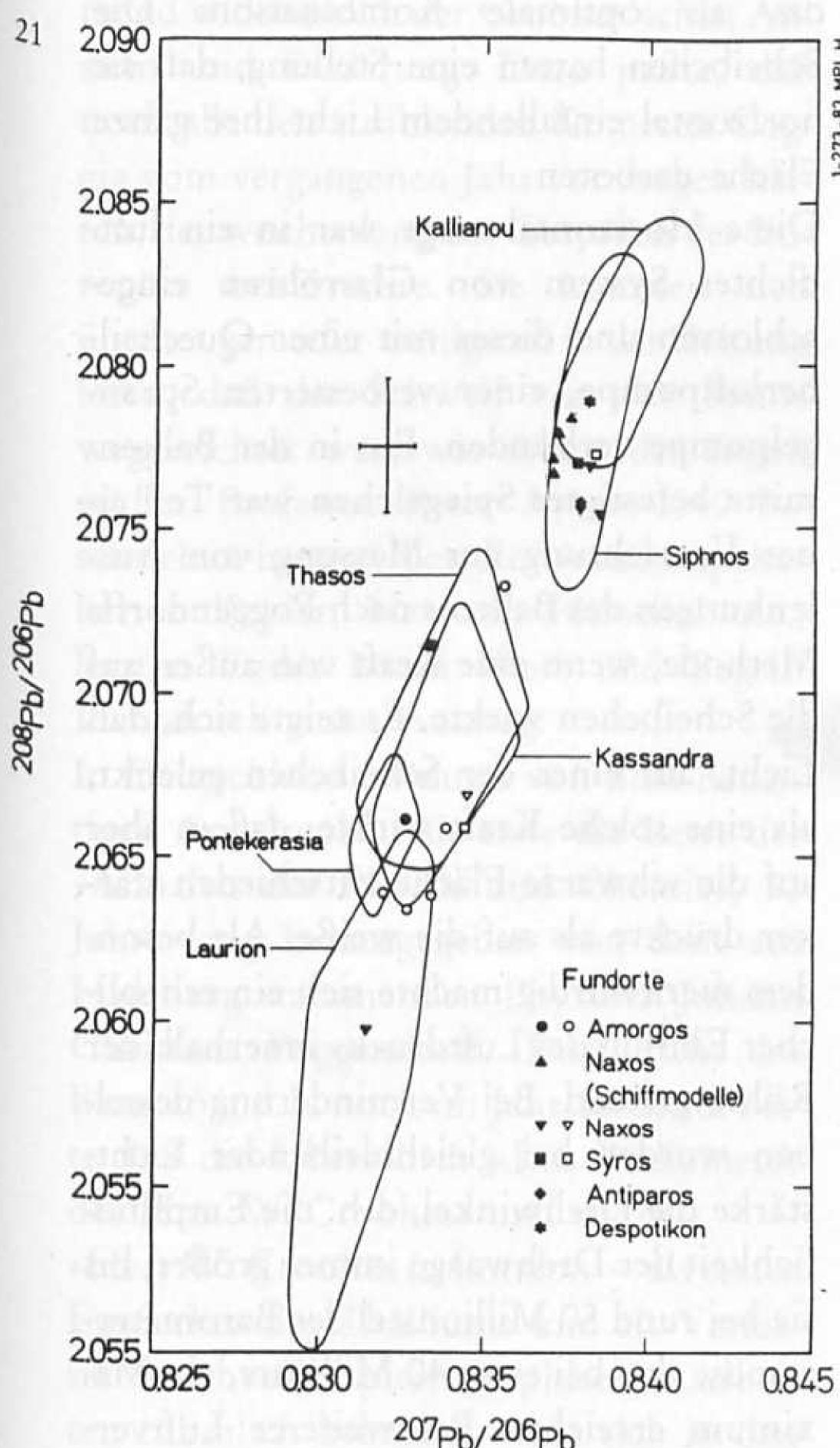
 19 M. Much, Das vorgeschichtliche Kupferbergwerk auf
- ²⁰ E. v. Bibra, Die Bronzen und Kupferlegierungen der alten und ältesten Völker, mit Rücksichtnahme auf jene der Neuzeit, Erlangen 1869.

dem Mitterberg. Wien 1879.

- ²¹ W. Gerlach und E. Schweitzer, Die chemische Emissionsspektralanalyse 1 (1930).
- ²² H. Otto und W. Witter, Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa, Leipzig 1952.
- W. Witter, Die Ausbeutung der mitteldeutschen Erzlagerstätten in der frühen Metallzeit, Mannus-Bücherei 60 (1938).
- ²⁴ E. Preuschen und R. Pittioni, Untersuchungen im Bergbaugebiete Kelchalpe bei Kitzbühel, Tirol, Mitt. Prähist. Komm. 3 (Wien 1939) 3.
- ²⁵ R. Pittioni, Ergebnisse und Probleme des urzeitlichen Metallhandels. Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss., Phil.-Hist. Klasse 244 (1964) 5. Abh.
- ²⁶ S. Junghans, H. Klein und E. Scheufele, Untersuchungen zur Kupfer- und Frühbronzezeit Süddeutschlands, 34. Ber. der Röm.-Germ. Komm. (Berlin 1954) 77.



20 Bleiisotopenverhältnisse in frühbronzezeitlichen Kupfer- und Bronzeartefakten aus Troja
und Umgebung⁵⁰. Das
Erzfeld Nordwestanatoliens ist in das der
Ägäis, das die Felder in
Abb. 18 zusammenfaßt,
eingebettet.



21 Bleiisotopenverhältnisse in frühbronzezeitlichen Blei- und Silberartefakten von den Kykladen⁴⁹. Die Felder beschreiben die Streubereiche verschiedener Lagerstätten in der Ägäis.

health and have not blance the auto the last the ball of the ball

- ²⁷ S. Junghans, E. Sangmeister und M. Schröder, Studien zu den Anfängen der Metallurgie (SAM) Berlin 1960 1974. ²⁸ R. Bowman, A. M. Friedman, J. Lerner and J. Milsted, A statistical study of the impurity occurences in copper ores and their relationships to ore types, Archaeometry 17 (1975) 157.
- ²⁹ W. T. Chase, Comparative analysis of archaeological bronzes, in: C. W. Beck (Ed.), Archaeological chemistry (Advances in Chemistry Series No. 138), 1974, 148.
- ³⁰ H. Neuninger und R. Pittioni, Bemerkungen über zwei Methoden der spektralanalytischen Untersuchung urzeitlicher Kupfer- und Bronzeobjekte, Archaeologica Austriaca 31 (1962) 96.
- ³¹ E. E. Richards und A. E. Blin-Stoyle, A study of the homogeneity in composition of an Irish thick-butted axe, Archaeometry 4 (1961) 53.
- ³² H. Härke, Probleme der optischen Emissionsspektralanalyse in der Urgeschichtsforschung, Prähist. Zeitschr. 53 (1978) 165.
- ³³ H. T. Waterbolk und J. J. Butler, Comments on the use of metallurgical analysis in prehistoric studies, Helinium 5 (1965) 227.
- ³⁴ G. A. Wagner und E. Pernicka, Blei und Silber im Altertum: ein Beitrag der Archäometrie, Chemie in unserer Zeit 16 (1982) 46.
- ³⁵ E. Pernicka, Instrumentelle Multi-Elementanalyse archäologischer Kupfer- und Bronzeartefakte: Ein Methodenvergleich, Jahrb. Röm.-Germ. Zentralmus. 31 (1984) 517.
- ³⁶ P. T. Craddock, The composition of the copper alloys used by the Greek, Etruscan and Roman civilizations. 1. The Greeks before the Archaic Period, J. Archaeol. Science 3 (1976) 93.
- ³⁷ P. Sokal and P. Sneath, Numerical taxonomy, San Francisco 1973.
- ³⁸ F. R. Hodson, Searching for structure in multivariate archaeological data, World Archaeology 1 (1969) 90.
- ³⁹ R. F. Tylecote, H. A. Ghaznavi and P. J. Boydell, Partitioning of trace elements between the ores, fluxes, slags and metal during the smelting of copper, J. Archaeol. Science 4 (1977) 305.
- ⁴⁰ R. Hetherington, Investigations into primitive lead smelting and its products, British Museum Occ. Pap. 17 (1980) 27.
- ⁴¹ E. Pernicka und H. G. Bachmann, Archäometallurgische Untersuchungen zur antiken Silbergewinnung in Laurion. Teil III: Das Verhalten einiger Spurenelemente bei der Kupellation, Erzmetall 36 (1983), 592.
- ⁴² R. H. Brill und J. M. Wampler, Isotope studies of ancient lead, Am. Journ. Archaeology 71 (1967) 63.
- ⁴³ N. Grögler, J. Geiss, M. Grünenfelder und F. G. Houtermans, Isotopenuntersuchungen zur Bestimmung der

- Herkunft römischer Bleirohre und Bleibarren, Zeitschr. f. Naturforsch. 21a (1966) 1167.
- W. Gentner, O. Müller, G. A. Wagner und N. H. Gale, Silver sources of archaic Greek coinage, Naturwiss. 65 (1978) 273.
- ⁴⁵ N. H. Gale and Z. A. Stos-Gale, Bronze age copper sources in the Mediterranean: A new approach. Science 216 (1982) 11.
- ⁴⁶ E. Pernicka, G. A. Wagner, K. Assimenos, C. Deumas, F. Begemann, W. Todt, An analytical study of prehistoric lad and silver objects from the Aegean, Proc. 22nd int. symp. archaeometry, Bradford 1982, 302 (1983).
- ⁴⁷ K. Branigan, Aegean metalwork of the Early and Middle Bronze Ages, Oxford 1974.
- ⁴⁸ G. A. Wagner, W. Gentner, H. Gropengiesser, Evidence for third millenium lead-silver mining on Siphnos island (Cyclades), Naturwissenschaften 66 (1979) 157.
- ⁴⁹ E. Pernicka und G. A. Wagner, Die metallurgische Bedeutung von Sifnos im Altertum, in: G. A. Wagner und G. Weisgerber (Hrsg.), Silber, Blei und Gold auf Sifnos Prähistorische und antike Metallproduktion, Der Anschnitt, Beih. 3 (Bochum 1985).
- ⁵⁰ E. Pernicka, T. C. Seeliger, G. A. Wagner, F. Begemann, S. Schmitt-Strecker, C. Eibner, Ö. Öztunali und I. Baranyi, Archäometallurgische Untersuchungen in Nordwestanatolien, Jahrb. Röm.-Germ. Zentralmus. 31 (1984) 533.
- ⁵¹ C. Renfrew, Cycladic metallurgy and the Aegean Early Bronze Age, Am. Journ. Archaeol. 71 (1967) 1.
- ⁵² A. Cagatay, Y. Altun und B. Arman, Mineralogy of the Madenbelenitepe (Sogukpinar-Bursa) tin mineralisation, Bull. Min. Res. Expl. Inst. Turkey 92 (1981).

Über die sogenannten Lichtmühlen

Sachgerecht gehören sie in die Gesellschaft von Barometern und Thermometern in den Läden von Optikern, jene kugel- oder birnenförmigen Glashüllen, in deren Innern vierstrahlige Drehkreuzchen zu sehen

sind mit weißen und schwarzen Scheibchen, den Flügeln. Ihr Erfinder nannte die Gerätchen Radiometer = Strahlungsmesser), der Glasbläser Heinrich Geißler gab ihnen den Namen Lichtmühlen.

Bei diesem Wort ist an Windmühlen zu denken mit der Besonderheit, daß zu ihrem Betrieb nicht Wind, sondern Licht nötig ist. In Konversationslexika werden sie als »physikalisches Spielzeug« oder »Spielzeug auf physikalischer Grundlage« deklariert.

Allerdings, um Spielzeug ging es dem Erfinder auch nicht entfernt. Die Apparatchen, die sich so einfach und durchschaubar darstellen, erscheinen seit ein paar Jahren in den Schaufenstern von Geschäften verschiedenster Branchen in der Rolle von Blickfängern und Rekommandeuren. Im Anfang aber waren sie Geschöpfe und Diener reiner Wissenschaft. Ihre Entstehungsgeschichte zieren Namen wie Crookes, Reynolds, Stoney, Schuster, Clausius, Maxwell; Grund, das alles in Erinnerung zu bringen.

Der Erfinder war einwandfrei der Engländer William Crookes (1832 - 1919). Er war das erste von 16 Kindern eines Londoner Schneiders, der mit seiner zweiten Ehe zu Geld gekommen und es auf dem Immobiliensektor enorm zu vermehren verstand. Über die Schulzeit des Jungen ist wenig bekannt, Wechsel zwischen öffentlichen und Privatanstalten. Am meisten sprach ihn die Chemie an, nicht zuletzt gefördert durch die sich ausbreitende Photographie. Crookes fand Aufnahme in das von dem Deutschen Wilhelm August Hofmann, Lieblingsschüler Liebigs, geleitete Royal College of Chemistry und wurde dessen Privatassistent. Die Stelle

brachte Bekanntschaft mit Faraday, Wheatstone und George Stokes, dem Entdecker der Fluoreszenz.

Ende der fünfziger Jahre, nach Bekanntwerden der von Kirchhoff und Bunsen entwickelten Spektralanalyse, griff Crookes spontan zu, er entdeckte 1861 das Element Thallium an der grünen Linie im Spektroskop (thallós = grüner Zweig). In dem Bemühen um die Reinherstellung des bleiähnlichen Metalls zum Zweck der Bestimmung des Atomgewichts benützte er eine Waage im Vakuum. Dabei traten recht störende, vorerst unverständliche Streuungen der Meßwerte auf, als deren Ursache der Forscher einen Einfluß des Lichts in Form des sogen. Lichtdrucks vermutete.

Dieser Verdacht war Anlaß für eine jahrelange Reihe von Untersuchungen. Crookes, Besitzer eines Privatlaboratoriums, hatte das Glück »in my young friend and pupil Mr. Charles Gimingham« einen idealen Mitarbeiter zu haben, geschickt als Mechaniker und Glasbläser, der sich auch glänzend auf die Luftpumpkunst verstand.

Es genügt, hier einen einzigen Komplex zu erwähnen: An einem sehr dünnen Glasfaden hing ein in horizontaler Ebene drehbarer zweiarmiger Hebel. An den Enden dieses Waagbalkens aus dünnem Stroh oder Glas befanden sich dünne Scheibchen von Hollundermark, auf einer Seite naturweiß belassen, auf der anderen mit Lampenruß geschwärzt. Nicht ohne zeitraubendes Probieren erwies sich das als optimale Kombination. Die Scheibchen hatten eine Stellung, daß sie horizontal einfallendem Licht ihre ganze Fläche darboten.

Diese Horizontalwaage war in ein luftdichtes System von Glasröhren eingeschlossen und dieses mit einer Quecksilberluftpumpe, einer verbesserten Sprengelpumpe verbunden. Ein in der Balkenmitte befestigtes Spiegelchen war Teil einer Vorrichtung zur Messung von Auslenkungen des Balkens nach Poggendorffs Methode, wenn eine Kraft von außen auf die Scheibchen wirkte. Es zeigte sich, daß Licht, auf eines der Scheibchen gelenkt, als eine solche Kraft wirkte, daß es aber auf die schwarze Fläche entschieden stärker drückte als auf die weiße. Als besonders merkwürdig machte sich ein erheblicher Einfluß des Luftdrucks innerhalb der Röhre geltend. Bei Verminderung desselben wurden bei gleichbleibender Lichtstärke die Drehwinkel, d.h. die Empfindlichkeit der Drehwaage immer größer, bis sie bei rund 50 Millionstel des Barometerstands, also bei etwa 40 Millitorr, ein Maximum erreichte. Bei weiterer Luftverdünnung nahm sie wieder ab.

Schließlich kam Crookes der Einfall, statt eines Waagbalkens zwei möglichst kurze, ebenfalls mit Scheibchen versehen, kreuzweis zu verbinden und so zu lagern, dass sie sich auf einer Nadelspitze ähnlich einer Kompaßnadel drehen konnten. Es bestand die Absicht, das Drehkreuz bei BeDas konnte in Anwendung des oben Gesagten nur innerhalb eines evakuierten Gefäßes funktionieren. Mit einer Kerze als Lichtquelle rotierte das Drehkreuz tatsächlich. In verschiedene Abstände zur Mühle gebracht, ergab, daß die minütlichen Umdrehungszahlen des Kreuzes den berechneten Beleuchtungsstärken entsprachen. Deswegen nannte Crookes sein Geschöpf Radiometer. Er ließ sich auch das Wort light-mill gefallen, das als Lichtmühle, wie schon gesagt, von dem Glasbläser und Instrumentenmacher Heinrich Geißler in Bonn stammte.

Crookes sah in seinem Radiometer den sichtbaren Beweis für die Existenz eines Lichtdrucks. Als er das erste Exemplar und ein paar Variationen auf einer Abendveranstaltung der Royal Society von London, der Soirée vom 7. April 1875 ausstellte, waren die Anwesenden voll Bewunderung und Entzücken, niemand widersprach der Crookes'schen Ansicht und Erklärung. Dazu paßte, daß noch alle den strahlenden Kometen Coggia vom vergangenen Jahr vor Augen hatten, der wochenlang das Gespräch der Europäer beherrschte. Sie konnten sich überzeugen oder wenigsten in der Zeitung lesen, daß der Schweif von der Sonne weggerichtet war, wie schon der Ingolstädter Professor Peter Apian 1540 beschrieben hatte. Über die Ursache spekulierten Kepler, Newton, Herschel u.a., letzten Endes boten Wort und Begriff Lichtdruck einen Ausweg.

In Deutschland erfuhren von dem neuartigen Apparatchen als erste die Leser der »Annalen der Physik und Chemie«, 53 Jahre lang herausgegeben von dem aus Hamburg stammenden Physiker Johann Christian Poggendorff. Dort steht im Band 156, d. h. noch im Jahr 1875, auf Seite 488 die Überschrift »Das Radiometer des Hrn. W. Crookes« und dann:

»Herr W. Crookes in London – als erster Entdecker des Thalliums und als Verfasser werthvoller photographischer Arbeiten rühmlich bekannt – hat sich in den letzten Jahren vielfach damit beschäftigt, mechanische Wirkungen der Licht- und Wärmestrahlen nachzuweisen. Die Resultate seiner zahlreichen Untersuchungen, die er der Royal Society mitgetheilt, sind auszugsweise in deren Proceedings von 1873 und 1875 veröffentlicht, haben indeß nicht allgemeine Zustimmung er-

1 Eine Lichtmühle aus dem vorigen Jahrhundert, Privatbesitz.

Um 1900 konnte der Lichtdruck des Sonnenlichts erstmals exakt ermittelt werden. Danach würde es auf einen schwarzen Flügel von 1 cm² mit einer Kraft von weniger als 1/10000 Dyn wirken, vergleichbar mit dem Gewicht von 1/10000 Milligramm.

langt, vielmehr meistens die Ansicht erweckt, daß Luftströme die Ursache der beobachteten Bewegungserscheinungen seyen. Diese Ansicht erscheint jedoch, wenigstens für Licht, zweifelhaft gegenüber dem Spiele eines Instruments, welches Hr. Crookes am Schlusse seines letzten Aufsatzes beschrieben und Radiometer genannt hat. Da dieses Instrument jedenfalls sehr interessant ist, so dürfte eine kurze Notiz über dasselbe hier eine nicht ungeeignete Stelle finden.

In höchst verdünnter Luft, sagt Herr Crookes, scheinen Wärmestrahlen gleich abstoßend auf schwarze und auf weiße Flächen zu wirken. Allein die Lichtstrahlen verhalten sich anders; sie stoßen die schwarzen Flächen stärker ab als die weißen. Gestützt auf diese Thatsache habe ich das Instrument construirt, welches ich Radiometer nenne. Dasselbe besteht aus einem leichten Kreuz von vier Armen, welches mittelst eines Glashütchens auf einer Stahlspitze schwebt, so daß es horizontal rotiren kann. Am Ende eines jeden Armes ist eine Scheibe von Hollunder- oder Sonnenblumen-Mark (Pith) senkrecht befestigt, und auf der einen Fläche mit Ruß geschwärzt. Die geschwärzten Flächen dieser vier Scheiben sind alle nach derselben Seite gewandt. Das Ganze ist von einer Glashülle umgeben, welche mittelst einer Sprengel'schen Quecksilberpumpe aufs Höchste ausgepumpt und darauf hermetisch verschlossen worden ist.

Wird dies System einer Lichtquelle ausgesetzt, so beginnt es sofort zu rotiren, um so schneller, je größer die Intensität des Lichtes ist, und zwar in dem Sinne einer Abstoßung der schwarzen Flächen durch das Licht.

Der Güte des Herrn Prof. Zöllner verdanke ich ein von Herrn Dr. Geißler in Bonn sehr geschickt verfertigtes Radiometer,

welches mir Gelegenheit gegeben hat, die Wirkung dieses Instrumentes aus eigener Sicht kennenzulernen. Es hat auf mich, sowie so ziemlich auf alle meine Freunde, denen ich es zeigte, den Eindruck gemacht, daß die Rotationen weder durch einen Stoß der Lichtstrahlen auf die schwarzen Flächen, wie Crookes annimmt, noch durch eigentliche Luftströmungen d.h. durch direkt vom Licht erzeugte Bewegungen der Luft hervorgerufen werden, sondern aus einer verwickelteren Ursache entspringen. Nimmt man nämlich an, daß die schwarzen Flächen vom Licht erwärmt werden, mehr als die weißen, und daß die so erwärmten Flächen auf die Luft, die man trotz der hohen Verdünnung noch in dem Instrument voraussetzen darf, abstoßend wirken, so hat man in einer Rückwirkung der Luft einen, wie es scheint, möglichen Grund zu den Rotationen, und ist nicht

genötigt, dem Lichte neue Eigenschaften beizulegen.«

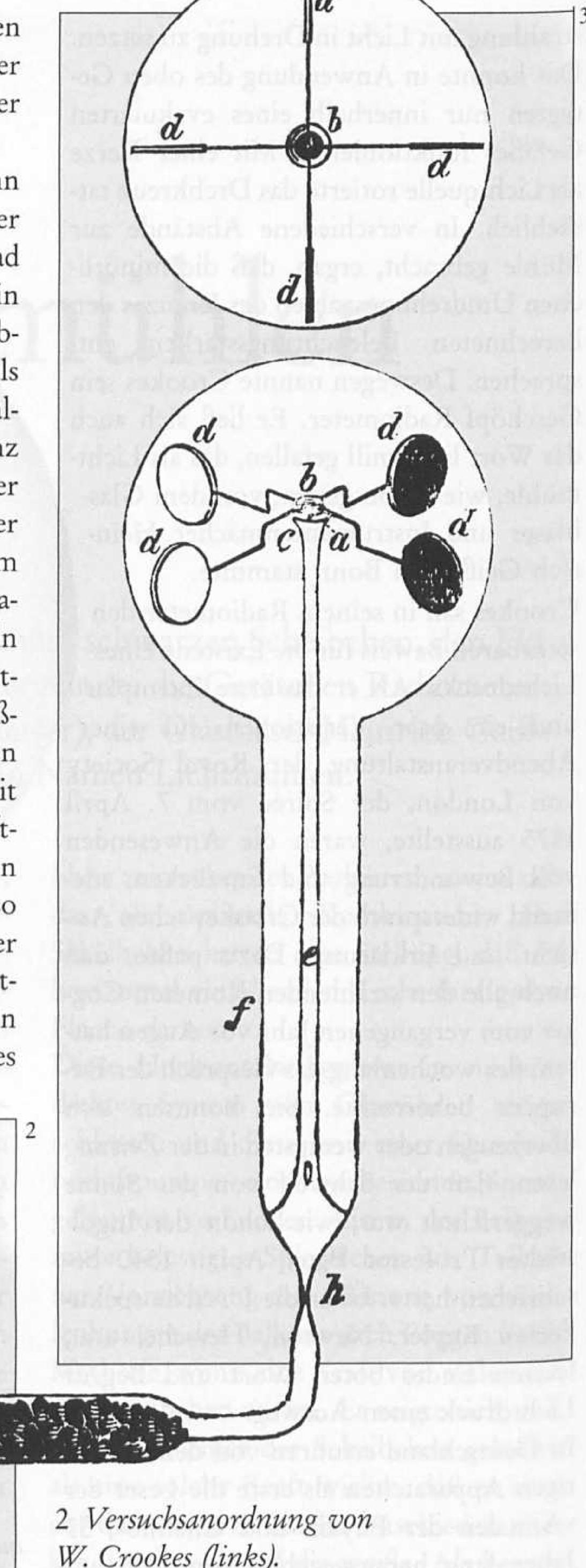
In England soll der in Sonnenferne entschwundene Komet das Interesse für Lichtdruck und light-mills stark reduziert haben. Dennoch ist es ein paar Beobachtern nicht entgangen, daß sich die Rädchen in verkehrter Richtung drehen als es die von Crookes angenommene Rolle eines Lichtdrucks verlangt. Denn: sowohl die schwarzen wie die weißen (oder metallischen) Flächen erhalten nach damaliger Ansicht vom Licht einen Stoß, die weißen aber einen zusätzlichen, weil sie das Licht wieder zurückwerfen, d.h. einen Stoß gleicher Richtung wie beim Auftreffen des Lichts. Demnach sollten die Kreuzchen so rotieren, daß die weißen Flächen vom Licht zurückweichen, nicht die schwarzen, wie es der Fall ist.

Crookes hat das eingesehen. Durfte er hoffen, daß das Denken in Energien, Atomen und Molekülen, wie es Inhalt der neumodischen kinetischen Gastheorie war, die Lichtmühle rehabilitierte?

Im letzten Abschnitt von Poggendorffs Mitteilung finden sich schon Andeutungen: Vielleicht wirkt das Licht indirekt

durch Erwärmung der schwarzen Flächen und spielte es eine Rolle, daß trotz der weitgehenden Evakuierung ein winziger Rest von Luft übrig bleibt?

Zum letzteren lieferte eine erste, wenn auch unbegreifliche Antwort der aus der Umgebung des böhmischen Karlsbad stammende Joseph Loschmidt, der sein Chemiestudium aus Geldmangel nicht abschließen konnte und mit einer Stelle als Aushilfslehrer an einer Wiener Unterrealschule froh sein mußte. Aufgrund ganz einfacher Überlegungen und einiger der Literatur entnommener experimenteller Daten kam er zu dem Resultat: Bei einem Druck von 1 Atmosphäre (= 760 mm Barometerstand) und 0° Celsius sind in 1 ccm Luft 20 Trillionen Moleküle enthalten (1865). Hundert Jahre später mußte verbessert, wie heute, mit 27 Trillionen gerechnet werden (= 27×10^{18} = 27 mit 18 Nullen dahinter). Da Crookes' Luftpumpen leicht eine Luftverdünnung von 1 Millionstel Atm schafften, hätte eine so starke evakuierte Lichtmühle immer noch 27 Billionen Moleküle in 1 ccm enthalten, unvorstellbar wie die Strecke ein Lichtjahr. In erster Linie aber ging es

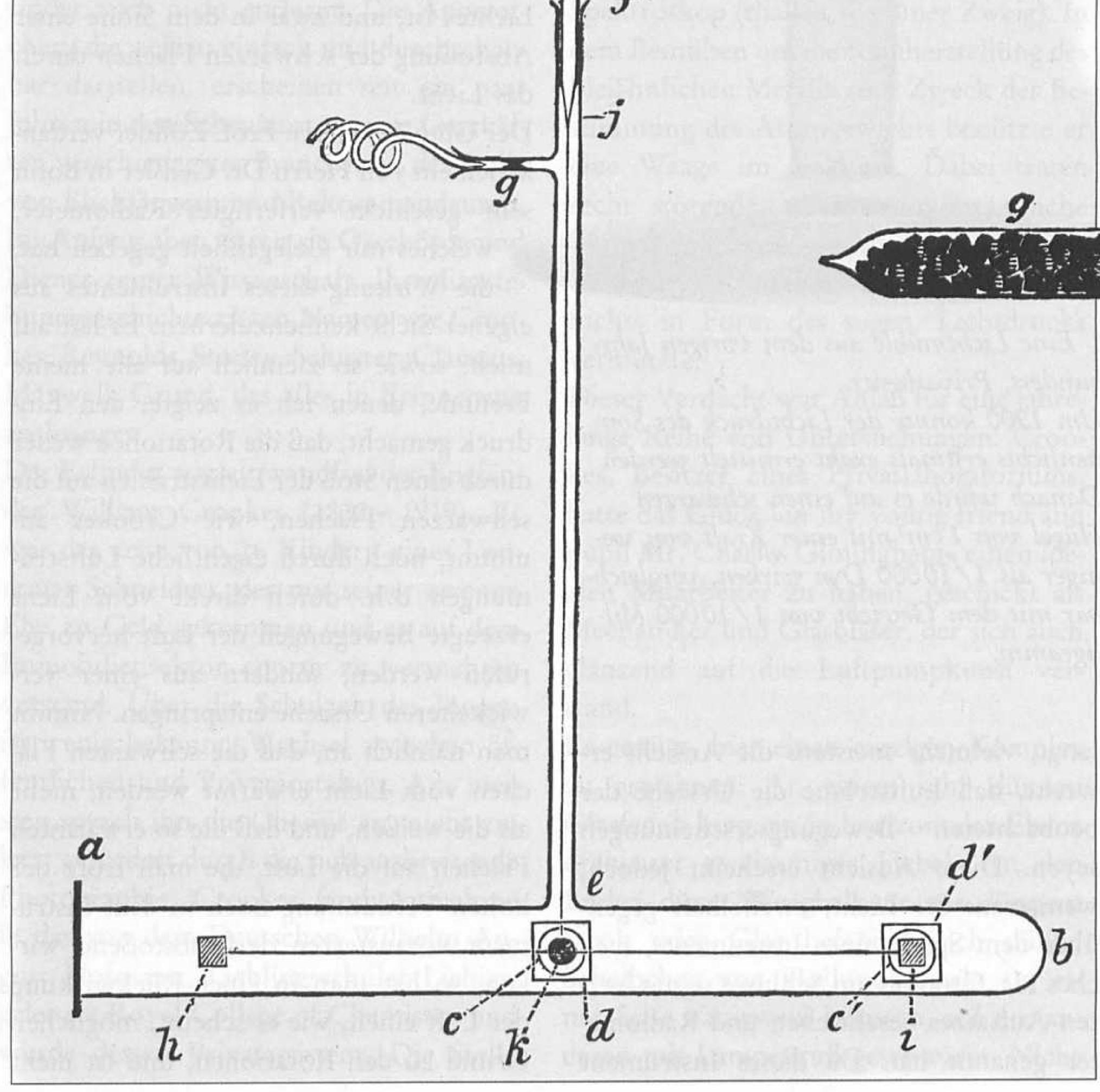


W. Crookes (links).

3 Die Urform der Lichtmühle. Sie steht noch mit der Luftpumpe über das mit Absorptionskohle gefüllte Rohr g in Verbindung. Mit der heißen Flamme eines Bunsenbrenners wurde die Mühle bei h versiegelt und abgetrennt (oben).

Loschmidt um die Größe der kugelig angenommenen Luftmoleküle, er kam auf einen Durchmesser von 3×10⁻⁸ cm, in Werten: 30 Milliardenstel cm oder 3 Milliardenstel mm.

Die einfache molekulare oder kinetische Gastheorie betrachtete die Luft wie alle Gase als Ansammlungen von in ständiger Bewegung befindlichen Kügelchen, die durch elastische Zusammenstöße mit be-



nachbarten fortgesetzt ihre Richtung ändern und durch Stöße auf die Wand eines einschließenden Gefäßes einen Druck ausüben. Die mittlere Geschwindigkeit hängt ab von der Temperatur und nimmt mit ihr zu. Durch sie wird auch die Bewegungs- oder kinetische Energie und der Impuls der Moleküle bestimmt.

Für das folgende sei noch erinnert an den mit der Stoßzahl zusammenhängenden Begriff der mittleren freien Weglänge, die Strecke, die ein Molekül zwischen zwei Zusammenstößen zurücklegt. Sie beträgt bei Luft unter gewöhnlichen Umständen 10^{-5} cm (= 10 Milliontel cm), in Luft von 1 Milliontel Atm, von der schon die Rede war, rund 10 cm.

Die Formeln zu diesen Berechnungen lieferte der damals in Zürich wirkende Physiker Rudolf Claudius (1857), sie wurden aber erst mit der Loschmidt'schen Zahl auswertbar.

Nun zur Anwendung auf die »mill«.

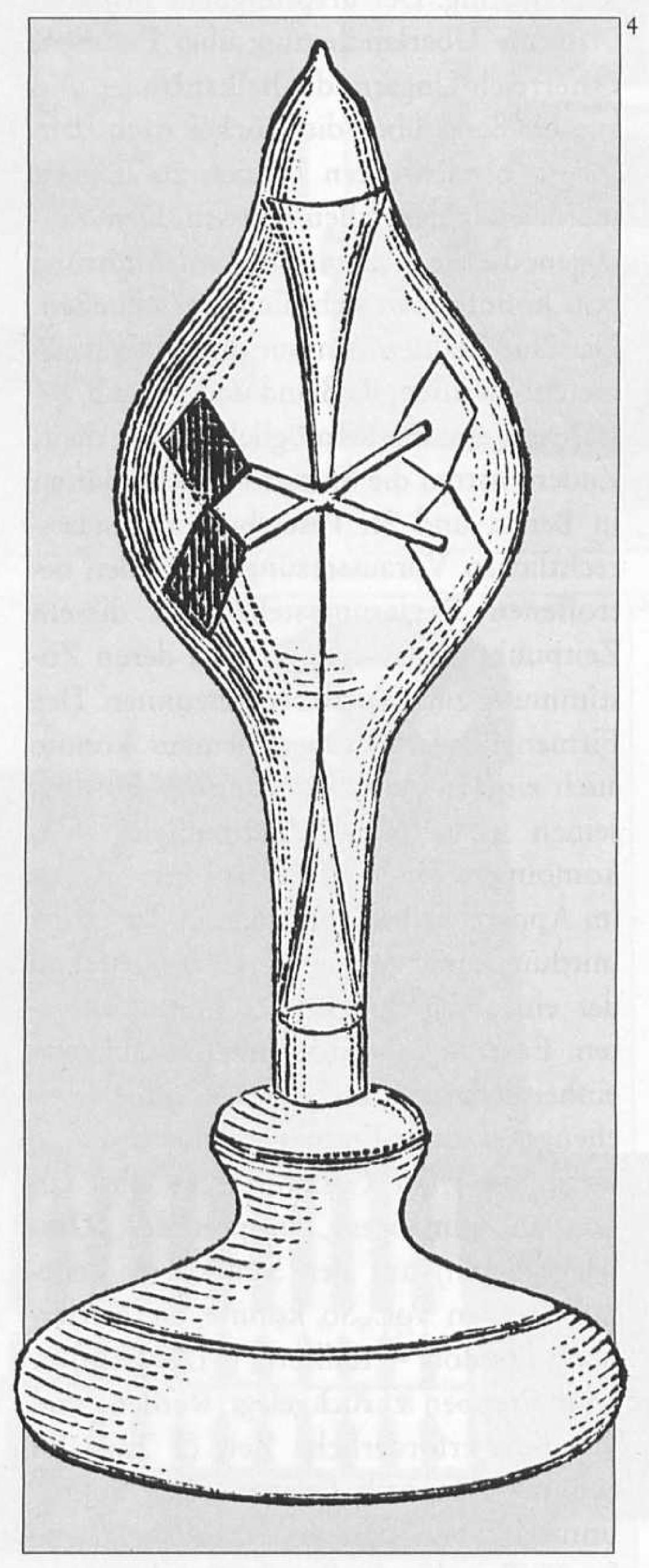
Man denke vorerst an einen der Momente, in denen ein Scheibenpaar quer zur Einfallrichtung von Licht steht, und an Luftmolekeln, die parallel zur letzteren mit einer Geschwindigkeit von ca. 1/2 km/sec auf die Scheibchen prallen. Wegen des absorbierten Lichts haben die schwarzen Flächen höhere Temperatur als die weißen (oder jetzt metallischen), folglich erhalten die von ihnen wieder fortgeschleuderten Moleküle erhöhte Geschwindigkeiten und Impulse. Damit erfahren die schwarzen Flächen einen größeren Rückstoß als die weißen, das Drehkreuz bewegt sich »in dem Sinn einer Abstoßung der schwarzen Flächen durch das Licht«, wie Poggendorff Crookes zitierte.

Als Einleitung der neuartigen Erklärung wurden Moleküle einer bestimmten Bewegungsrichtung betrachtet. Man mag sich ausmalen, wie kompliziert die Rechnung wird bei Berücksichtigung der verschiedensten »Flugrichtungen« der Moleküle des Restgases, bei allen möglichen Stellungen der Scheibchenpaare und Einbeziehung des Geschehens auf die Rückseite der Scheibchen. Es genügen schon Schätzungen, am anfänglichen Ergebnis bleibt bestehen: Nicht das Licht bewegt die Drehkreuzchen, sondern die Moleküle des Restgases, vorausgesetzt sie haben dank hoher Evakuierung weitgehend »bahnfrei«. Das Licht dient zur Erzeugung einer Temperaturdifferenz zwischen

der Fläche schwarz und weiß. Da die Moleküle mit weiterer Evakuierung weniger werden, muß ihr Drehvermögen wieder abnehmen.

Den Vorteil der kinetischen Gastheorie zur Erklärung der Lichtmühle bemerkte nach Angabe Osborne Reynolds, Professor in Manchester, als erster Johnstone Stoney, bekannt als der Erfinder des Wortes Elektron.

Mit einem Experiment mit einer bifilar, d. h. an zwei dünnen Drähten aufgehängten Mühle seitens des aus Deutschland gekommenen jungen Physikers Arthur Schuster wurden auch qualitative Aussagen möglich, z.B. über den Druck auf die Mühl-Flügel. Sie führten Reynolds zu dem Schluß, die Lichtmühle, »the beautiful little instrument« (von Geißler!) sei »a direct proof of the kinetic or molekular



4 Die erste Darstellung einer Lichtmühle 1876.

theory of gas.« Crookes Bemühungen waren also doch nicht umsonst. Ihn lockte schon wieder neues Land, das bis dahin hauptsächlich von deutschen Physikern behandelte Gebiet der Kathodenstrahlen. Die Lichtmühlen wurden abgelöst von Crookesröhren, eine Crookesröhre ermöglichte W.C. Röntgen die Entdeckung seiner neuen Art von Strahlen (1895). Im Jahr 1879 wurde der Forscher in den Adelsstand erhoben. Sir William Crookes war von 1913 bis 1915 Präsident der Royal Society of Improving Natural Knowledge, als solcher einer der Nachfolger von Isaac Newton. Höher ging es für einen Naturwissenschaftler in England zu Lebzeiten nicht.

Dem Außerordentlichen von Crookes Persönlichkeit entsprach sein Interesse für den Spiritismus, spiritualism auf englisch. Sein Wohlstand erlaubte ihm, berühmte Medien für Diskussionen und Experimente monatelang als Gäste seines Hauses zu haben. Sein in London 1874 erschienenes Buch > Researches in the Phenomena of Spiritualism < wurde 1903 neu aufgelegt und wiederum 1926 und 1953, auch in Übersetzungen.

Johann Karl Friedrich Zöllner, der von Poggendorff genannte Überbringer eines Radiometers, war seit 1872 Professor für Astrophysik an der Universität Leipzig. Sein Astrophotometer zur Messung von Sternhelligkeiten (1861) verschaffte ihm internationale Anerkennung. Ferner beschäftigte er sich mit Philosophie und Erkenntnistheorie. Nach einem Treffen mit Crookes in London (1875) war er vom Spiritismus fasziniert. In seinem Heimatland ist ihm das schlecht bekommen, nachdem ihm sein Buch > Das deutsche Volk und seine Professoren (1880) zahlreiche Gegner und Feinde eingebracht hatte. Sie hielten ihn für verrückt und reif fürs Irrenhaus. Ein Schlaganfall am Schreibpult im April 1882 erlöste ihn von seiner totalen Vereinsamung.

Literatur

Przibam, K.: Crookes, William in: Buch der großen Chemiker II, Nachdruck Weinheim 1955.

Crookes, W.: in Philosophical Transactions Vol. 163 (1873), S. 277 – 330, Vol. 165 (1875) S. 533, Vol. 166 (1876), S. 325 – 376 und S. 725 – 734, Proceedings of the Royal Society Vol. XXIII (1875) S. 377.

Poggendorff, J. C.: Das Radiometer des Hrn. W. Crookes in: Annalen der Physik und Chemie Bd. 156 (1875) S. 488 – 491.

Schuster, A.: ebenda Bd. 159 (1876) S. 175 – 176
Brusch, S. G. u. Everill, C. W.: Maxwell, Osborne Reynolds and the radiometer in: Historical studies in the physical sciences Vol. 1 (1969).

Erste transkontinentale Telegrafenverbindung

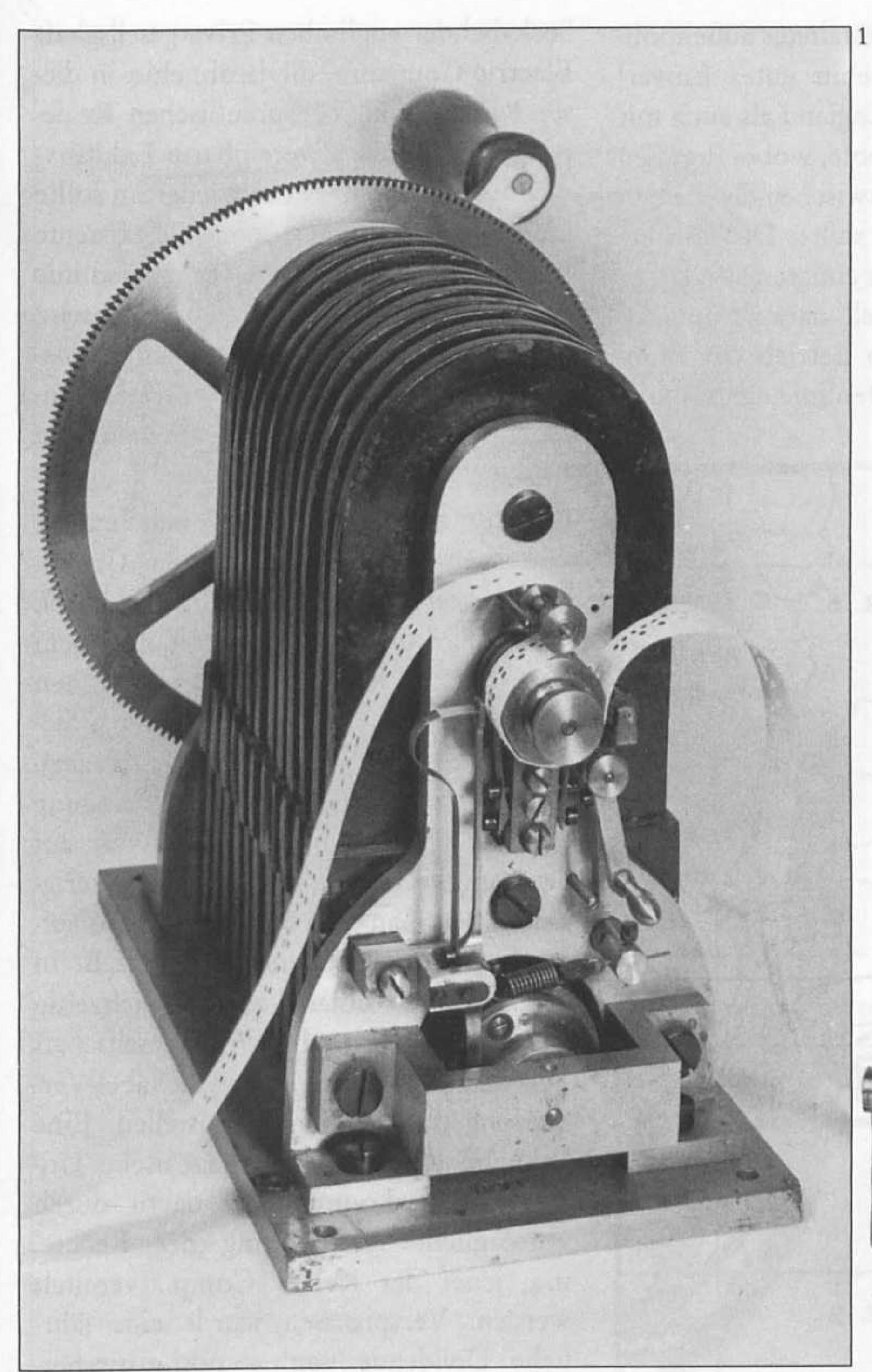
Die "Indo-Europäische"-Linie (1870 – 1931)

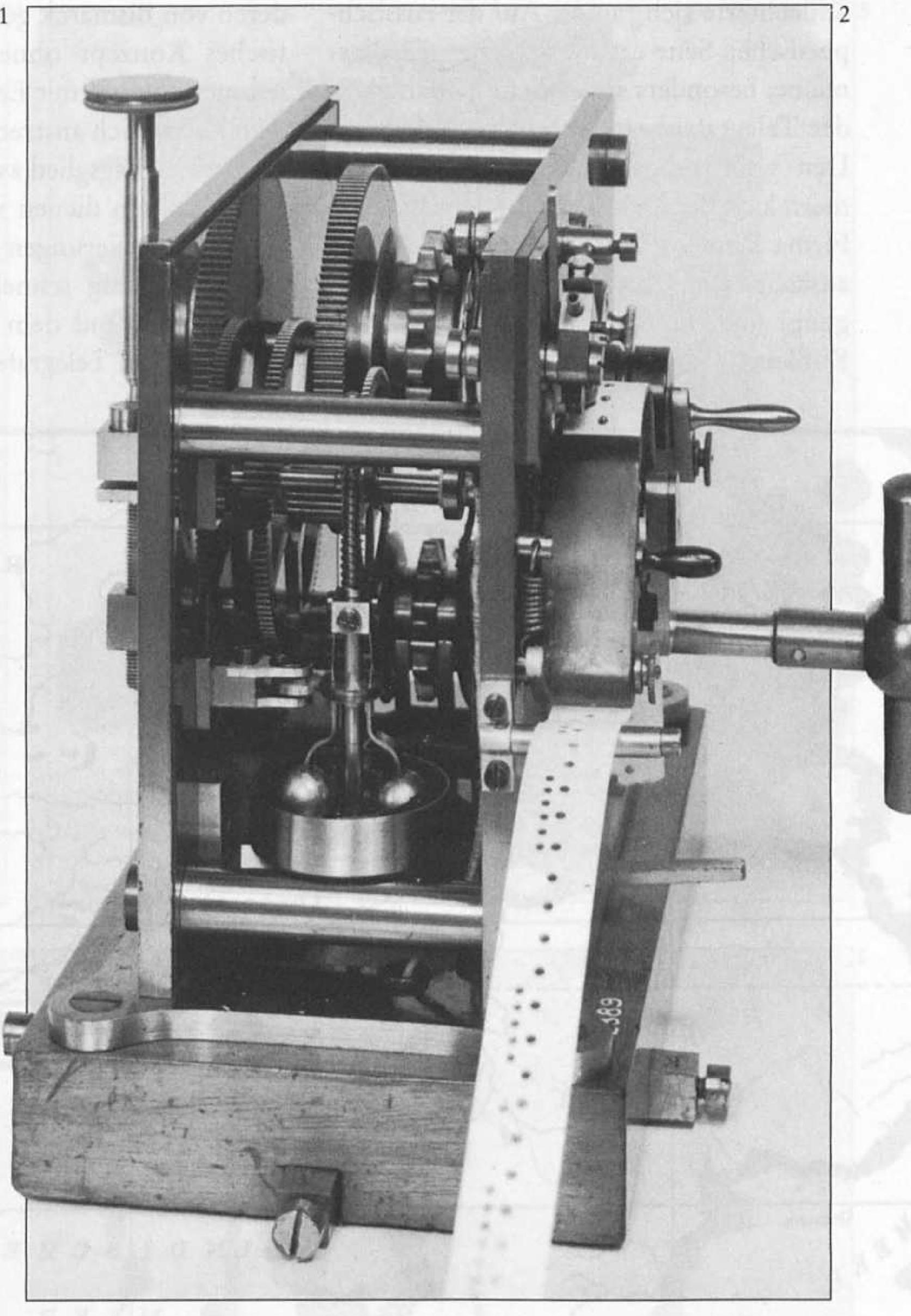
Erste Planstudien gehen bereits auf das Jahr 1856 zurück. Die strategisch-wirtschaftliche Bedeutung einer durchgehenden zuverlässigen Nachrichtenverbindung England - Indien stand schon damals außer Zweifel, denn die Beförderung von Telegrammen über bestehende nationale Telegrafennetze im Transit war wohl kaum befriedigend. Das technisch bedingte mehrmalige "Umsprechen" der Depeschen in den betroffenen Ländern war eine kaum zu beseitigende Fehler- und Verzugsquelle. Die teuer bezahlten Telegramme kamen nicht selten verstümmelt und mit unzumutbarer Verspätung (oft einige Wochen) beim Empfänger an. Beschwerden von Regierungsstellen und Kaufleuten häuften sich. Die Landleitungen befanden sich in schlechtem Zustand, aber auch die Seekabel durch das Mittelmeer und das Rote Meer waren sehr störanfällig. Das Bedienpersonal der Transitländer verfügte über keine Sprach- und technischen Kenntnisse; mit der Wahrung des Fernmeldegeheimnisses war es gleichfalls schlecht bestellt. Die Großmachtstellung Großbritanniens erforderte aber absolut verläßliche Nachrichtenmittel. Diesem Standpunkt schloß sich auch das verbündete Preußen an und überzeugte von dessen Richtigkeit seinerseits auch das befreundete Russische Reich. Eine eingesetzte staatliche Kommission britischerseits empfahl ausdrücklich die Schaffung einer einheitlich organisierten, neuen Direktverbindung nach Indien unter Ausschaltung der schwach strukturierten nationalen Telegrafensysteme auf der Strecke.

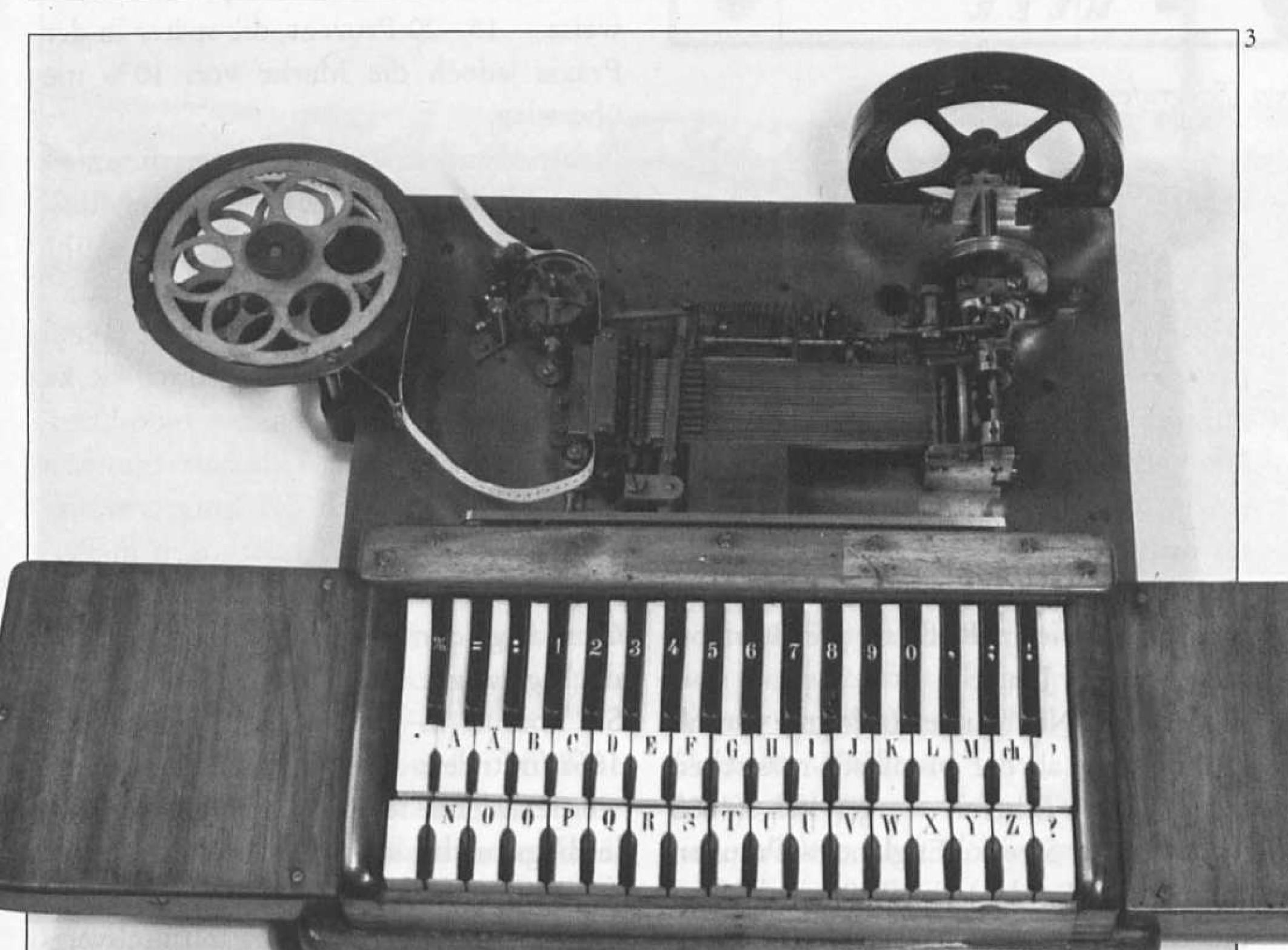
So traf das Angebot der Gebrüder Siemens (Werner in Berlin, William in London) bei der britischen Regierung auf Ge-

hör, als sie 1868 die Gründung einer Indo-Europäischen Telegrafenlinie nach englischem Recht vorschlugen. Man wurde sich auch über die Streckenführung schnell einig. Der ursprüngliche britische Plan, die Überlandleitung über Preußen, Österreich-Ungarn, die Balkanländer und anschließend über die Türkei nach dem Indien benachbarten Persien zu führen, wurde endgültig fallen gelassen. Den Vorzügen, die die Siemenssche Linienführung bot, konnte man sich nicht verschließen. Das Durchlaufen von nur drei Hoheitsgebieten: Preußen, Rußland und Persien, gewährleistete höchstmögliche Sicherheit. Zudem hatten die Siemens-Gesellschaften in Berlin und St. Petersburg die staatsrechtlichen Voraussetzungen mit den betroffenen Regierungsstellen zu diesem Zeitpunkt bereits geklärt und deren Zustimmung zum Vorhaben gewonnen. Der Firmengründer Werner Siemens konnte auch eine ausgereifte technische Lösung, seinen spezifischen Schreibtelegrafen, kombiniert mit dem polarisierten Relais im Apparat selbst, aber auch in der Übermittlungsfunktion an den Schnittstellen der einzelnen Streckenabschnitte, anbieten. Er drängte von vornherein auf eine einheitliche technische Ausstattung (Zeichengeber und -Empfänger, Leitungsmaterial usw.) der Gesamtstrecke und sah nur ein einmaliges "Umsprechen" (Umtelegrafieren) auf der Strecke in Teheran/Persien vor. So konnte die Entfernung London - Kalkutta (11.000 km) in zwei Etappen zurückgelegt werden, und die dazu erforderliche Zeit (2 Tage im Schnitt) versprach sensationellen Erfolg. Immerhin benötigte der schnellste Dampfer 35 Tage für die Strecke Southampton - Bombay.

Das Zeitalter der elektrischen Telegrafie haben die etwa zeitgleichen Versuche (1833) von Gauß und Weber in Göttingen (Steinheil: 1837) bzw. die von Samuel Morse in Amerika sowie Schilling von Canstatt und nicht zuletzt Wheatstone und Cooke eingeleitet. 1840 wird die Morseschrift erfunden bzw. patentiert. 1844 installiert Morse die erste kommerzielle Telegrafenlinie der Welt zwischen Washington und Baltimore. 1847 führt Morse seinen berühmten, d.h. verbesserten elektromagnetischen Telegrafen ein, der danach jahrzehntelang die Standardausstattung der Telegrafenlinien weltweit bildete. Drei Jahre später waren England und der Kontinent bereits durch Unterseekabel verbunden; 1866 wurde das erste dauerhafte Transatlantikkabel verlegt. Im damaligen Preußen baute 1848 Werner Siemens zwischen Berlin und Frankfurt die erste europäische Telegrafen-Fernverbindung auf, während er mit seinem Bruder Carl das russische Staatstelegrafen-Liniennetz bis 1855 landesweit ausbaute. Der von W. Siemens projektierten Indolinie waren zwei britische Versuche vorausgegangen, Indien an das europäische Telegrafennetz anzubinden. Die eine Überlandverbindung führte von der Türkei durch Kleinasien und Persien (1862) und von dort durch den Persischen Golf per Seekabel nach Karachi. Bald danach wurde auch die durch Persien führende, unter britischer Verwaltung stehende Linie bis Tiflis/Rußland weiter ausgebaut, so daß 1865 zwei telegrafische Verbindungen mit Indien bestanden. Besonders der türkisch-persische Streckenabschnitt wies regen Nachrichtenverkehr auf (im Jahr 1866 täglich etwa 100 Telegramme), aber die technische Qualität der Linie ver-





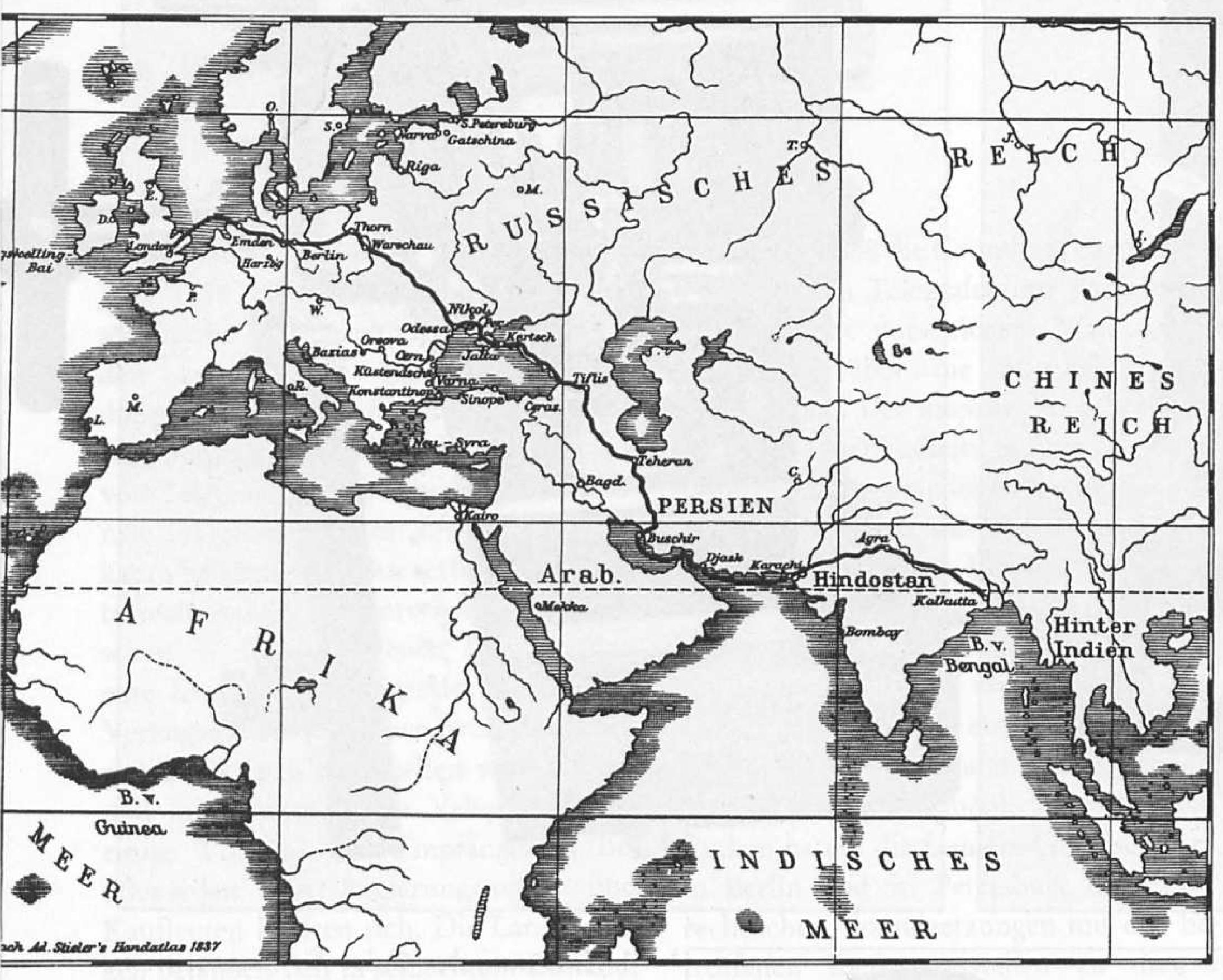


- 1 Automatischer Geber für Batterieströme mit Gewichtsantrieb von Werner von Siemens, 1867. Original im Deutschen Museum.
- 2 Geber für Induktoranruf zum automatischen Telegrafensystem von Werner von Siemens, 1867. Original im Deutschen Museum.
- 3 Tastenschriftlocher zum Einschlagen von Morsezeichen in einen Papierstreifen. Original im Deutschen Museum.

schlechterte sich rapide. Auf der russischpersischen Seite erwies sich eher die allgemeine, besonders sprachliche Unfähigkeit der Telegrafenbeamten als hinderlich.

Den wagemutigen deutschen Unternehmern kam der Umstand zustatten, daß die Firma Siemens Brothers Ltd. in London ansässig war (hauptsächlich Kabelfertigung) und die Siemens-Niederlassung in Rußland (St. Petersburg) bereits einen

deren von Bismarck gestaltetes außenpolitisches Konzept ohnehin gutes Einvernehmen sowohl mit England als auch mit dem Zarenreich anstrebte, wobei Preußen als Verbindungsglied zwischen den beiden Großmächten dienen sollte. Die drei betroffenen Regierungen einigten sich daher verhältnismäßig schnell darauf, mit der Ausführung und dem Betrieb der Indo-Europäischen Telegrafenlinie ein wohlbe-



4 Die Streckenführung der Indo-Europäischen Telegrafenlinie 1871.

umfangreichen Apparatebau unterhielt. Ihre weitere Überlegung finanzieller Art zielte darauf ab, die - ohnehin unzuverlässige - Konkurrenz auf der türkischpersischen Linie um mindestens 20% im Gebührensatz pro Depesche (= 20 Worte) zu unterbieten. Die Indolinie sollte für die Telegrammübermittlung zwischen England und Indien lediglich 4 oder evtl. nur 31/2 Pfund Sterling statt der bisherigen 5£ 1 s (= 100 Goldmark) verlangen! So erhoffte man sich einerseits eine leichte Kapitalbeschaffung und andererseits einen ertragreichen Betrieb mit hohem Gewinn. Letzteres bewahrheitete sich allerdings nicht in dem vorausberechneten Maße, weil die Wettbewerbslage sich später im Laufe der Zeit doch grundsätzlich änderte. Siemens genoß aber die volle Unterstützung der preußischen Regierung,

kanntes englisches Unternehmen zu beauftragen.

Nicht so reibungslos verliefen die Konzessionsverhandlungen mit Persien, weil die persischen und englischen Interessen dort nur schwerlich auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen waren. Sie zogen sich eineinhalb Jahre hin. Schließlich gewährte man der Indo-European Telegraph Comp. (gegründet 1868) auch von persischer Seite wie in Rußland die Betriebsrechte für 25 Jahre.

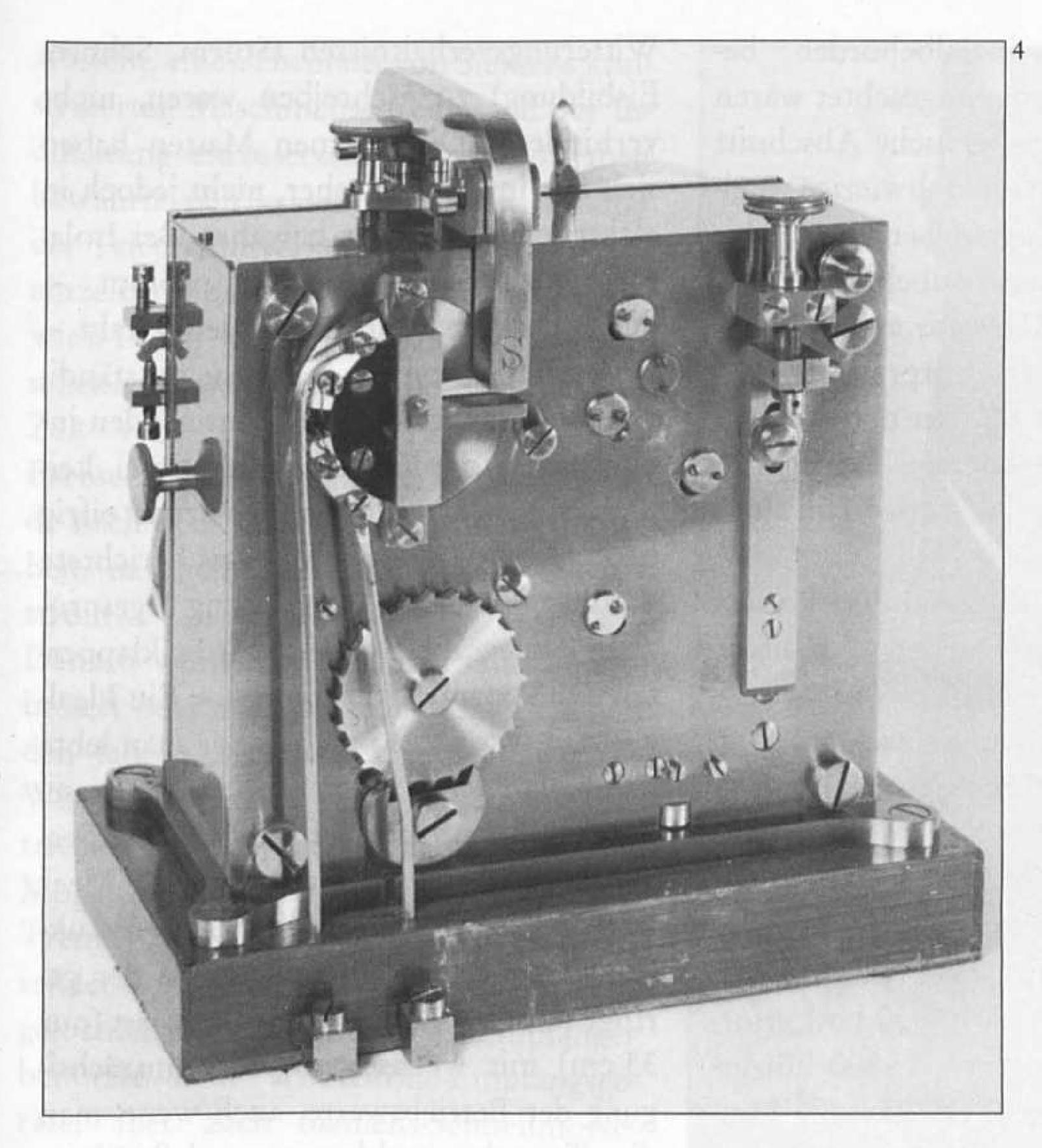
Ein völliger Neubau der Indolinie war allerdings erst ab der preußisch-russischen Grenze bis Teheran vorgesehen (4600 km). Auf der Strecke England – Preußen (London – Emden) einigte man sich auf die Benutzung der bestehenden Verbindungen: London – Lowestoft überirdische Freileitung, Lowestoft – Emden via

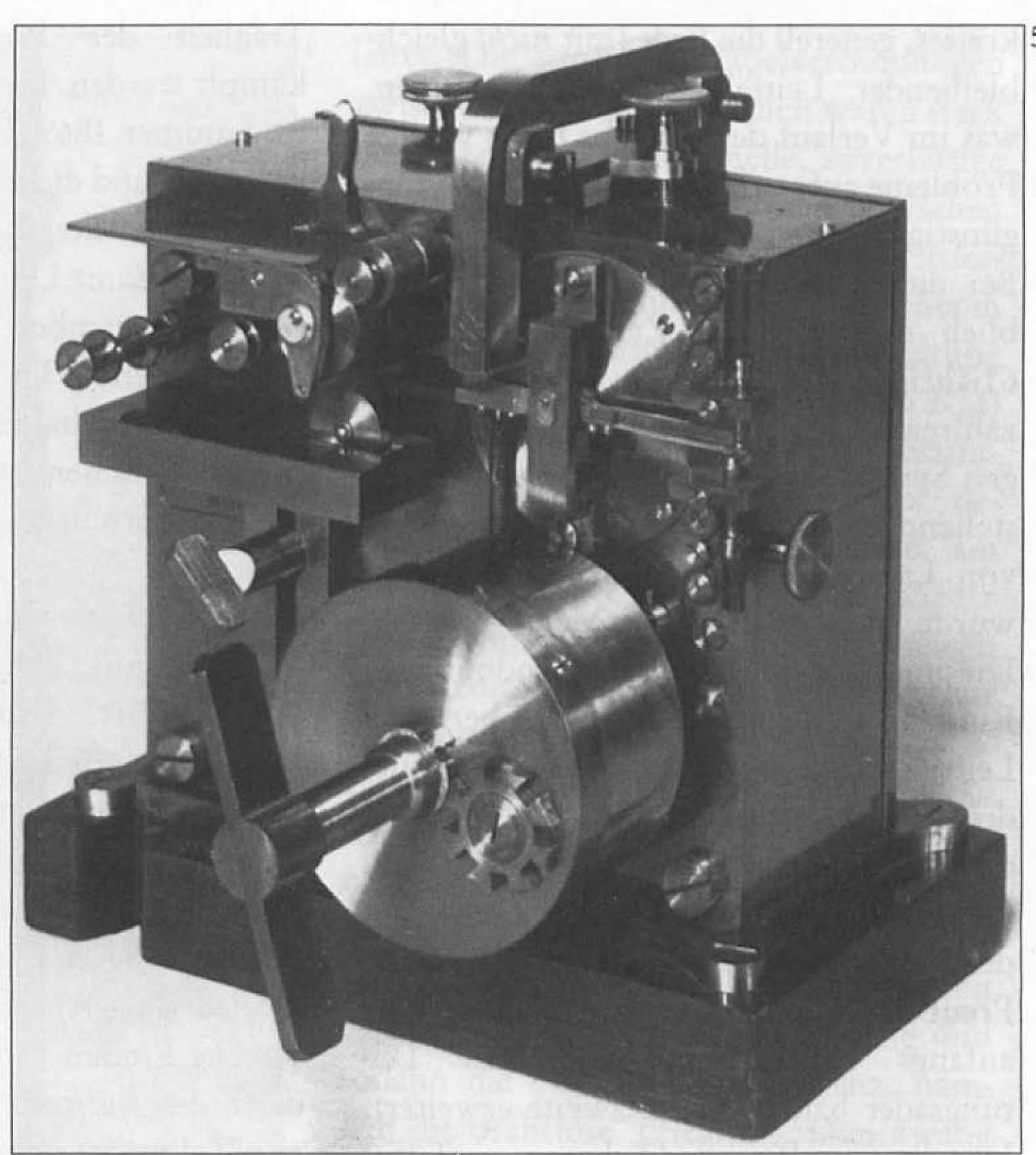
Seekabel der englischen Privatgesellschaft Electric Company, die ja ohnehin in dieser Relation mit der preußischen Regierung schon vorher vereinbarte Exklusivrechte besaß. In Teheran wiederum sollte die neugebaute Indolinie auf die existente – staatliche – britische Telegrafenlinie Persien – Indien nahtlos überwechseln, wobei England der preußischen Forderung bereitwillig nachkam, jene Streckenabschnitte auf gleicher Leistungsstufe zu halten wie die übrige Indolinie.

Das nunmehr in England beheimatete Unternehmen wurde mit einem Grundkapital von 450000 £ (= 9 Mio Goldmark = ca. 35 Mio DM) ausgestattet, von dem die Gebrüder Siemens bzw. deren Firmen (Siemens Brothers - London sowie Siemens & Halske - Berlin und Petersburg), 1/5 selbst zeichneten. Die Unterbringung der restlichen Aktien bereitete nur auf dem englischen Kapitalmarkt Schwierigkeiten, wo man dem Projekt nicht so aufgeschlossen gegenüberstand wie z.B. in Preußen und Rußland, zumal gleichzeitig eine andere britische Privatgesellschaft sich anschickte, eine reine Seekabel-Verbindung nach Indien herzustellen. Eine ähnliche österreichisch-französische Unternehmung konnte kurz davor durch vorsorgliche Absicherung der Rechte, u.a. jener der Reuter Comp., vereitelt werden. Versprochen wurde eine jährliche Dividende von - optimistischerweise - 15-20 Prozent, die später in der Praxis jedoch die Marke von 10% nie überstieg.

Neu verhandelt werden mußten die anteiligen Abgaben, die die Indolinie an Rußland und Persien als Konzessionsgebühr abzuführen hatte, nachdem die internationale Wiener Telegrafenkonferenz (1868) den Übermittlungstarif und somit die zu erwartenden Einnahmen der Indo-Europäischen Telegrafengesellschaft drastisch gesenkt hatte. Durch das Entgegenkommen von seiten der Regierungen in Persien und Rußland blieb die finanzielle Grundlage der Gesellschaft letzten Endes doch gewahrt.

So konnte in der zweiten Jahreshälfte 1868 mit dem Bau der Linie begonnen werden, deren technische Ausstattung allerdings nicht so einheitlich geriet wie man dies anfangs zur Bedingung gemacht hatte. Man verwendete zwar durchwegs Eisendraht als Freileiter, allerdings mit unterschiedlichem Durchmesser (Ruß-







land 5 mm, Persien 6 mm), die Masten waren jedoch nur streckenweise aus Eisen.

Auf langen Abschnitten wurden hölzerne Telegrafenstangen aufgestellt. Auch die Porzellanisolatoren besaßen unterschiedliche Formen, Beschaffenheit und Maße, wie auch deren Anordnung und Befestigung voneinander abwichen. Dies alles geschah jedoch unter Berücksichtigung der 5 und 6 Empfänger mit Federantrieb zum automatsichen Telegrafensystem von Werner von Siemens, 1867. Original im Deutschen Museum.

7 Indo-Europäische Telegrafenlinie in Persien, teilweise noch als Fernsprechleitung in Betrieb (1983).

örtlichen Gegebenheiten wie Klima, Landschaft, verfügbare Material-Bezugsquellen, usw., so daß die Zweckmäßigkeit in der Konstruktion die diversen Bauweisen zum Großteil überzeugend zu rechtfertigen vermochte. Einheitlich blieb jedoch das elektrische Grundprinzip, nur einzelne Leitungsadern (anstelle der heute üblichen Doppeladern) zu legen und zur Rückleitung, d.h. Bildung eines Strom-

kreises, generell die Erde (mit *nicht* gleichbleibender Leitfähigkeit) zu benutzen, was im Verlauf des Betriebs nicht wenige Probleme aufwarf, aber zweifellos kostengünstiger war.

Bei dieser Grundlage der Leitungswege blieb es die ganze Zeit während des 61 jährigen Bestehens der Indolinie, trotz zahlreicher späterer Anderungen im übrigen System. Die Zahl der zur Verfügung stehenden Leitungsadern war nun wieder von Land zu Land unterschiedlich und wurde gleichfalls einige Male geändert. Die meiste Zeit verfügte die Indolinie in Rußland und Persien generell über zwei Leitungsadern, während eine mitgebaute dritte Ader der lokalen Telegrafenverwaltung bzw. der jeweiligen Regierung zum Gebrauch überlassen werden mußte. In der Verbindung Preußen - England bzw. Preußen - russische Grenze wurde die anfangs einzige durchgeschaltete Leitungsader bald um eine zweite erweitert. Der Bau in Persien (Teheran - Tiflis) schritt schnell voran; pro Tag wurden durchschnittlich 5 km fertiggestellt. Schwierigkeiten bereiteten die russische Teilstrecke, die problematische Freileitung im Kaukasus und die umständliche Kabelverbindung durch das Schwarze Meer. Dabei mußten in beiden Ländern zudem Transportschwierigkeiten, Witterungsunbill sowie die Böswilligkeit der Bevölkerung (die Zerstörungswut richtete sich insbesondere gegen die weißen Porzellanisolatoren) und nicht zuletzt die



8 Vieradriges Flußkabel mit Guttapercha-Isolation von Siemens & Halske, Berlin, um 1860.

tentrick tennisism oblid bid has his heldstall

Trägheit der Provinzialbehörden bekämpft werden. Dessen ungeachtet waren im Sommer 1869 der persische Abschnitt vollendet und die extrem schwierige russische Teilstrecke ab persischer Grenze bis zur Krim samt Unterseekabel betriebsbereit. Im Dezember 1869 war auch die Leitung Emden – Thorn/Ostpreußen (heute Polen) geschaltet und an den weniger problematischen russischen Leitungsabschnitt Warschau – Odessa – Krim angeschlossen.

Die Bauarbeiten in Rußland und Persien wurden von einheimischen Arbeitern durchgeführt. Bauleitung, Verwaltung, Materialzufuhr lagen in deutscher Hand. Für die Neubaustrecke Alexandrow -Teheran (4600 km) benötigte man etwa 3000 Zentner Eisendraht, befestigt an insgesamt 68706 Telegrafenmasten. Der zweiadrige Ausbau der preußischen Strecke Emden - Thorn (950 km) erforderte die Aufstellung von 15800 hölzernen Telegrafenstangen. Die Leitung London - Teheran war insgesamt 6100 km lang (davon London - Thorn 1500 km), und in Teheran schloß sie an die englische Regierungslinie Teheran - Buschir - Karatschi - Bombay an.

Am 1. Februar 1870 wurde der provisorische Betrieb auf der Strecke London – Teheran aufgenommen, am 12. April 1870 wurde schließlich das erste Telegramm von London nach Kalkutta gesendet. Die Eröffnungsfeier war allerdings überschattet vom Vorpreschen einer anderen privaten Kabelgesellschaft, die per Seekabel durch das Rote Meer schon 3 Wochen vorher den Verkehr auf der Strecke London – Bombay eröffnete.

Als Hauptstationen der Indolinie fungierten London, Emden, Berlin, Odessa und Teheran mit Unterstationen in Warschau, Schitomir, Kertsch und Tiflis. Reine Kontrollfunktionen in technischer Hinsicht versahen 34 Stützpunkte in Rußland und 14 in Persien, deren berittenes Personal die zugewiesenen Abschnitte täglich zu überwachen und eventuelle Fehler zu beheben hatte. Das Bedienpersonal mußte stündlich - bei ruhendem Verkehr - in die Leitungen zu den benachbarten Stationen eintreten und sich vom Betriebszustand überzeugen. Auch die gründlichsten Vorsichtsmaßnahmen konnten jedoch Ausfällle durch Leitungsbruch und schlechte Isolation (Erdschluß, Kurzschluß), die hauptsächlich den extremen

Eisbildung) zuzuschreiben waren, nicht verhindern. Die eisernen Masten haben sich nur in mechanischer, nicht jedoch in elektrischer Hinsicht bewährt. Bei Isolatorbruch verursachten sie prompt durch Direktberührung mit dem Draht -Erdschluß, ansonsten waren sie die ständige Quelle einer nicht zu beseitigenden induktiven Kopplung zwischen zwei Leitungsadern. Der die Betriebsszene eifrig beobachtende Werner Siemens berichtete darüber: »...wenn auf Leitung I gesprochen (»telegrafiert« Red.) wurde, klapperten die Apparate von II mit ... «. Ein Idealzustand war es also nicht, aber man lebte damit und schloß laufend Kompromisse. Weitere Schwachstellen bildeten die Seekabel-Abschnitte im Schwarzen Meer bzw. im Persischen Golf. Als Konstruktionsfehler erwies sich allgemein der geringe Abstand des Drahtes vom Mast (nur 33 cm) mit wechselseitiger Beeinträchtigung der Betriebswerte, auch wenn man die Tatsache ausklammert, daß Eisendraht ohnehin wesentlich höheren elektrischen Widerstand besitzt als der - teure - Kupferdraht. Letzterer kam, wohl aus Kostengründen, weder in Rußland noch in Persien zum Einsatz. Bei jedem Ausfall bot sich jedoch die Möglichkeit des streckenweisen Umschaltens auf die nationalen Netze an, so daß der Betrieb nicht gänzlich eingestellt werden mußte. Immerhin wurden zumindest die eisernen Telegrafenmasten mit Blitzableitern versehen, und die verlegten Unterwasserkabel waren gegen chemische und mechanische Einwirkungen mit Kupferblech ummantelt. Die jeweils 3 Adern der Seekabel waren ausschließlich Kupferleiter. Zudem setzte man je nach Trassenführung entsprechend abgestufte und ausgestaltete schwere bzw. leichte Ufer- und Tiefseekabel mit Eisenbewehrung und Guttapercha-Isolation ein. Gänzlich unbekannt waren zu jener Zeit Vorrichtungen zum Ausgleich der auf langen Leitungen auftretenden kapazitiv-induktiven Dämpfung bzw. des Ohmschen Verlustes in der Signalübertragung, so daß die Leitungsgüte sowie die Empfindlichkeit der verwendeten Gerätschaften allein das Funktionieren des Systems bestimmten.

Witterungsverhältnissen (Sturm, Schnee,

Zur Ausrüstung der Betriebsstationen war von Siemens & Halske ein neuer, polarisierter Morse-Sende-Empfänger entwickelt worden. Man hatte zudem die

Absicht, einen ebenfalls von Siemens konstruierten Maschinenschreiber auf der Indoleitung einzusetzen. Dieses Vorhaben bewährte sich jedoch nicht, weil anfangs der Telegrammverkehr sich zwischen den einzelnen Stationen sich als zu gering erwies. Daher wurden die mit Lochern versehenen Maschinenschreiber nach einiger Zeit von Handtastern, gekoppelt mit Farbschreibern, ersetzt. Die Leitung wurde nach dem Doppelstromprinzip betrieben, das heißt mit Ruhe- und Arbeitsstrom.

Danach wurde die Indolinie laufend verbessert oder auch erweitert und zwischen den Jahren 1898 und 1903 gänzlich auf Wheatstonebetrieb umgestellt. Diese Betriebsweise ist ein Schnellprinzip mit Morsezeichen, welches gleichfalls mit Trenn- und Zeichenstrom arbeitet. Gesendet wurde mit Maschinensendern mit gelochten Papierstreifen. Als Empfänger benutzte man Wheatstone-Empfangsgeräte, aber auch Siemens-Schnellmorseempfänger. Durch den Einsatz eines Empfanglochers, verbunden mit einem Creed-Umsetzer, konnten die ankommenden Signale in Klartext (Druckschrift) übertragen werden.

Die Linie wurde später auf der europäischen Seite nach Manchester und in der Gegenrichtung bis Rangoon erweitert. Da zur damaligen Zeit zwischen Amerika und Australien noch keine Kabelverbindung bestand, diente die Indolinie auch zur Übermittlung bzw. Weiterleitung der Depeschen aus USA und Canada einschließlich der Telegramme aus der Gegenrichtung.

Für heutige Begriffe etwas primitiv mutet das ursprüngliche Konzept an, als Grundlage die Gleichstromtelegrafie anzuwenden. Diese Methode hat schon beim Probebetrieb völlig versagt, so daß man gleich danach zur Wechselstromtelegrafie überging und dieses Grundprinzip weiterhin bis zur endgültigen Schließung des Betriebs beibehielt. Der dazu benötigte Wechselstrom wurde durch eine Magnetinduktionsmaschine erzeugt, da nahezu auf der ganzen Strecke keine Entnahmemöglichkeit aus verfügbaren Versorgungsnetzen bestand.

1929 wurde der Betrieb durch Einsatz von Entzerrern in den Amtern Odessa und Teheran weiter verbessert. Dies ermöglichte die Steigerung der Übermittlungsgeschwindigkeit um 20%, das heißt auf 50



9 Gußeiserner Fuß eines Masten der ehemaligen Indien-Linie, Foto 1967.

Wörter je Minute.

Natürlich erfuhr der Normalbetrieb einige Unterbrechungen, und zwar die erste schon am 7. Juni 1870, als ein Erdbeben in Georgien das Kabel durch das Schwarze Meer und einen Teil im Kaukasus zerstörte. Das Seekabel wurde daraufhin durch eine Überlandleitung ersetzt, und vom 31.1.1871 an war die ungestörte, durchgehende Verbindung wieder hergestellt. 1877 fiel die Linie während des russisch-türkischen Krieges erneut aus, und von 1904 bis 1905 war es der russischjapanische Krieg, der zum vorläufigen Einstellen der Indolinie führte. Der deutsche Streckenteil wurde, bedingt durch die Kriegsereignisse, 1914 stillgelegt, während die Reststrecke in Rußland und Persien zunächst zwar weiter benutzt, jedoch streckenweise stark beschädigt wurde. Erst zwei Jahre nach Einstellung der Kampfhandlungen, 1920, wurde die Wiederinstandsetzung erneut in die Wege geleitet. Die sonstigen Kabelverbindungen zwischen England und Indien waren stark überlastet, und eine schnelle, zuverlässige Telegrammverbindung zu den britischen Kolonien war unerläßlich. Zur Wiederherstellung der Linie Tiflis - Teheran steuerte die britische Militärverwaltung einiges bei, und 2000000 £ (= 4 Mio RM) waren für den Wiederaufbau der Gesamtstrecke erforderlich. So konnte der Betrieb am 23.7.1923 teilweise und am 3.8.1923 auf der Gesamtstrecke wieder aufgenommen werden. Vorausgegangen waren zum Teil zähe Verhandlungen zur Erneuerung der nötigen Konzessionen. Ein Lohnstreik des nunmehr sowietischen Bedienpersonals blockierte kurz danach - vom 23.8. bis 11.10.1923 - den Betrieb zum wiederholten Male.

Weitere - finanzielle - Schwierigkeiten verursachte die erst drahtgebundene und sodann die drahtlose Konkurrenz, nämlich die drahtlose Telegrafie. Dies zwang die Indolinie dazu, im Februar 1931 den Betrieb auf der Gesamtstrecke nunmehr endgültig einzustellen. Die Indoeuropean Telegraph Company ging praktisch in dem schon vorher durchgeführten Zusammenschluß von Marconi Wireless Company und Eastern Telegraph Company mit auf. Die Leitungen der Indolinie gingen in den Besitz der jeweiligen Länder über, die diese teilweise, z.B. die UdSSR, LS bis zum Zweiten Weltkrieg weiter benutzten.

1943 fanden deutsche Wehrmachtstruppen in der Ukraine eine noch funktionsfähige Teilstrecke der ehemaligen Indolinie im Originalzustand vor. 1965 standen bei Tiflis (UdSSR) sowie Anfang 1984 in der persischen Steppe noch die ursprünglichen Eisenmasten mit betriebsbereiten Leitungen.

Sicherlich hat die Indolinie die Erwartungen der Gründer weder in technischer noch in finanzieller Hinsicht restlos erfüllt. Das Projekt war aber, auch bei Berücksichtigung dieser Tatsachen, die die geschichtlichen Ereignisse mit beeinflußten, und in Anbetracht der rasanten, technischen Entwicklung in der dazwischenliegenden Zeit, zweifellos eine Pioniertat, die es noch heute entsprechend zu würdigen gilt.

Bildguellen

Apparaturen: Katalog des Deutschen Museums (1906). Sonstiges: Siemens Museum/München.

HELMUTH ALBRECHT

60 Jahre Georg-Agricola-Gesellschaft

Am 15. November 1926 faßte der Vorstandsrat des Deutschen Museums in München den Beschluß, eine »Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum« zu gründen. Die Anregung zu dieser Gründung war von Paul Reusch, dem Vorsitzenden des Vorstandsrates, Oskar von Miller, dem Gründer des Deutschen Museums, und Conrad Matschoß, dem Direktor des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI), ausgegangen. Ihr Zweck sollte es sein, die Herausgabe einer neuen deutschen Übersetzung der im Jahre 1556 erschienenen Schrift »De re metallica libri XII« des Georgius Agricola (1494 – 1555) zu finanzieren.

Die bislang einzige deutsche Ausgabe des bis ins 18. Jahrhundert hinein wichtigen Lehrbuches der Bergwerkskunde war schon 1557 in Basel herausgegeben worden. Sie wies nicht nur zahlreiche Mängel auf, sondern war zudem nur noch in wenigen kostspieligen Exemplaren erhalten. So kam es, daß zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine wissenschaftlich exakte und finanziell erschwingliche Übersetzung des Agricola nur in englischer Sprache vorlag. Diese war 1912 von dem amerikanischen Bergingenieur und späteren 31. Präsidenten der USA, Herbert Clark Hoover, in Zusammenarbeit mit seiner Frau publiziert worden. Mit Hilfe der Agricola-Gesellschaft sollte ihr nun eine gleichwertige deutsche Ausgabe zur Seite gestellt werden.

Nur anderthalb Jahre nach Gründung der Agricola-Gesellschaft konnte die zweite deutsche Auflage der »12 Bücher vom Berg- und Hüttenwesen« anläßlich des 25jährigen Gründungstages des Deutschen Museums am 7. Mai 1928 der Öffentlichkeit übergeben werden. Die unter Leitung des Freiberger Geheimen Bergrats Professor Dr.-Ing. E. h. Carl Schiffner von zahlreichen Fachleuten verfaßte neue deutsche Übersetzung enthielt erstmals auch die 1549 von Agricola verfaßte Schrift »Von den Lebewesen unter Tage« (De animantibus subterraneis). Die Hauptwerke Agricolas zum Berg- und

Hüttenwesen wurden so in einer Ausgabe dem interessierten Laien und der Forschung zur Geschichte des Bergbaus zugänglich gemacht.

Neben zahlreichen Einzelpersönlichkeiten war es vor allem die deutsche Bergbauindustrie, die durch die Bewilligung von Geldmitteln die Neuausgabe des Agricola ermöglichte. Außer dem Deutschen Museum, dem Verein Deutscher Ingenieure und dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute traten die großen bergbaulichen Verbände der Agricola-Gesellschaft als Mitglieder bei. Hinzu kamen Reichsund Länderministerien sowie dem Bergbau verbundene Städte Sachsens, in denen Agricola gelebt hatte. Unter der Geschäftsführung von Conrad Matschoß wuchs das Vermögen der Gesellschaft über den unmittelbaren Bedarf für die Agricola-Ausgabe hinaus. Auf Vorschlag Oskar von Millers übernahm die Agricola-Gesellschaft daher neue Aufgaben. In ihrem Namen erfolgte die Verbreitung einer Schrift über »Technische Kulturdenkmale« in Deutschland sowie die Vorbereitung der Herausgabe der deutschen Übersetzung des Werkes »Experimenta nova« Otto von Guerickes.

Der Zweite Weltkrieg unterbrach zeitweise die Arbeit der Agricola-Gesellschaft. Zwar konnte 1953 ein Neudruck der Agricola-Ausgabe von 1928 erscheinen, aber zugleich wurde deutlich, daß die bisherige lockere Organisation der Gesellschaft ohne jede Satzung und Vorstand auf Dauer nicht aufrechtzuerhalten war. Nach längeren Diskussionen wurde im Mai 1960 auf einer Mitgliederversammlung der Beschluß gefaßt, die Agricola-Gesellschaft in eine Fördergesellschaft des damals noch in der Planung befindlichen Instituts für Geschichte der exakten Naturwissenschaften und der Technik am Deutschen Museum (1963 als »Conrad-Matschoß-Institut« eingerichtet) umzuwandeln.

Die offizielle Gründung der »neuen« »Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und Technik e. V.« erfolgte am 16. Dezember 1960 unter maßgeblicher Beteiligung des Deutschen Museums, des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI), des Verbandes Technisch-Wissenschaftlicher Vereine e.V. (DVT) sowie führender Bergbau- und Hüttenvereine. Erweiterter Zweck der Gesellschaft sollte künftig die »ideelle und materielle Förderung von wissenschaftlichen Aufgaben und Vorhaben auf dem Gebiet der Geschichte exakter Naturwissenschaften und Technik« sein. Hierzu zählte sowohl die Errichtung und Förderung von Lehrstühlen und Instituten an Hochschulen und Museen als auch die Unterstützung von Forschungsarbeiten, Publikationen und anderen Vorhaben.

Als Organe für die Durchführung dieser Ziele bestimmte die 1960 beschlossene Satzung der Gesellschaft einen »Vorstand« und einen »Wissenschaftlichen Beirat«. Letzterer hatte die forschungswürdigen Aufgaben und Vorhaben auszuwählen und Vorschläge für ihre Finanzierung und Durchführung zu erarbeiten. Der Vorstand führte die Geschäfte und verwaltete die Mittel der Gesellschaft. Seit 1967 führt die Vereinigung den Namen »Georg-Agricola-Gesellschaft«. Ihre Arbeit wird seit 1972 durch ein »Kuratorium« aus Vertretern von Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Öffentlichkeit unterstützt. Zum gleichen Zeitpunkt wurde die bisherige Beschränkung der Mitgliedschaft auf Körperschaften und Vereinigungen aufgehoben. Auch Privatpersonen konnten nun Mitglieder werden. Innerhalb kurzer Zeit wuchs der zeitweise sehr geringe Mitgliederbestand der Gesellschaft auf mehr als 300 Vereine und Einzelpersonen an.

Die steigenden Mitgliederzahlen sowie die verstärkte Werbung um Spenden aus der Wirtschaft setzte die Georg-Agricola-Gesellschaft in die Lage, zahlreiche Projekte und Forschungsvorhaben zu fördern. In zweieinhalb Jahrzehnten seit der »Um-

gründung« im Jahre 1960 finanzierte und unterstützte die Gesellschaft diese mit insgesamt über 1,6 Millionen DM. Lehrstühle und Institute für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik (u.a. in Hamburg, Stuttgart und München) erhielten Mittel für ihre Bibliotheken, Hilfskräfte, Lehraufträge usw. Die Unterstützung der Herausgabe technikhistorisch interessanter Werke wie Otto von Guerickes »Neue (sogenannte) Magdeburger Versuche über den leeren Raum« (1968) oder Mariano Taccolas »De Rebus Militaribus« (1984) schloß sich der 1961 erschienenen dritten Auflage der »12 Bücher vom Berg- und Hüttenwesen« Agricolas sowie deren Taschenbuchausgabe (1977, 2. Aufl. 1980) an. Einzelne Forschungsvorhaben, Dissertationen, Forschungsberichte und Zeitschriften zu Themen wie z.B. der »Seigerhüttenprozeß beim Kupfer« (1976) oder die »Gravitationstheorie im 18. Jahrhundert« (1979) erhielten ebenso Zuschüsse wie die Neuausgabe des wirtschafts- und technikgeschichtlichen Abschnitts in Bruno Gebhardts bekanntem »Handbuch der deutschen Geschichte« (1970). Seit 1979 erscheint ferner die vom Deutschen Museum herausgegebene Zeitschrift »Kultur und Technik« in Zusammenarbeit mit der Georg-Agricola-

Gesellschaft, die sie als Publikationsorgan für ihre Mitteilungen nutzt. Eine eigene Publikationsreihe schuf sich die Gesellschaft seit 1975 mit ihren »silbergrauen Heften«, in denen jeweils die Vorträge der Jahresversammlungen publiziert werden. Besondere Aufmerksamkeit widmete die Georg-Agricola-Gesellschaft der Nachwuchsförderung im Bereich der Lehre und Forschung der Geschichte der Naturwissenschaft und Technik. In enger Zusammenarbeit mit dem VDI (Hauptgruppe Technikgeschichte) und der Fritz-Thyssen-Stiftung entstand so der Arbeitskreis »Naturwissenschaften und Technik im 19. Jahrhundert«, der zwischen 1963 und 1973 insgesamt neun Tagungen unter der Bezeichnung »Gespräche der Georg-Agricola-Gesellschaft« durchführte. 16 Assistenten- und zwei Dozentenkolloquien ergänzten diese erfolgreiche und anregende Form der Nachwuchsarbeit und des interdisziplinären Meinungsaustausches.

Seit Beginn der 80er Jahre hat sich die Georg-Agricola-Gesellschaft in der Förderung des allgemeinen Verständnisses für die Naturwissenschaften und die Technik in der breiten Öffentlichkeit einen neuen Schwerpunkt ihrer Arbeit geschaffen. Diesem Zweck dient vorallem eine in der Vorbereitung befindliche »Kulturenzyklopädie der Technik«, die in mehreren großen Bänden in allgemeinverständlicher Weise eine objektive Darstellung der Technik in den geistigen Räumen der Kultur, Kunst, Religion, Gesellschaft, Zivilisation, Natur und Bildung geben soll. Namhafte Wissenschaftler werden in diesem umfangreichen Werk die von verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen erarbeiteten Ergebnisse zu diesem Thema sammeln, systematisch ordnen und in einen neuen Zusammenhang stellen.

Mit der mehrbändigen Kulturenzyklopädie der Technik, ihrem großen Projekt der 80er Jahre, möchte die Georg-Agricola-Gesellschaft die Bedeutung der Technik für unsere ideelle und materielle Kultur deutlich machen. Sie setzt damit in konsequenter Weise eine Arbeit fort, die sie seit ihrer Gründung im Jahre 1926 verfolgt und die bereits 1962 der ehemalige Bundespräsident Theodor Heuss und 1980 erneut der damalige Bundespräsident Karl Carstens ausdrücklich begrüßt haben.

1 Georg Agricola, 24.03.1494 – 21.11.1555. Kupferstich aus: J. Sambucus, Icones veterum Medicorum, 1574.



Gedenktage technischer Kultur

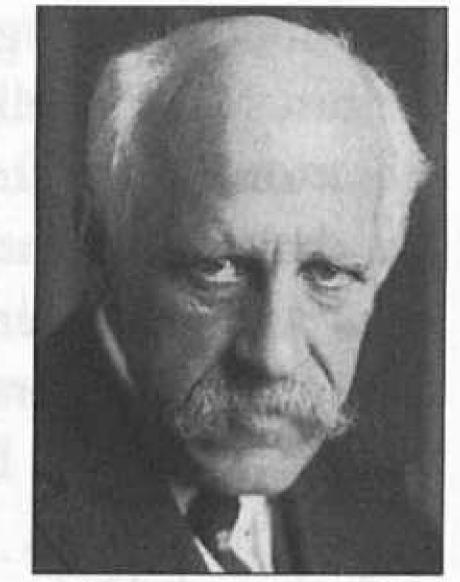
-nhistand sill wan agintfularded -athrel

2.10.1861

In Lichtenau/Westfalen wird Friedrich Simon Archenhold geboren. Anfänglich Astronom am Königl. Rechenzentrum und Direktor der Grunewald-Sternwarte in Berlin, übernahm er 1896 die Leitung der Treptower Sternwarte, an deren großem Refraktor er zusammen mit dem Ingenieur Paul Hoppe konstruktiv mitgearbeitet hatte. Bis 1931 stand er dieser Sternwarte vor und hat in hervorragender Weise auf seinem Posten für eine Popularisierung der Himmelskunde beigetragen. Unter seinen Veröffentlichungen finden sich mehrere Arbeiten zur Geschichte der Astronomie. Sonnenuhren und alte Kupferstiche zur Geschichte der Sternkunde hatte er mit Leidenschaft gesammelt.

10.10.1861

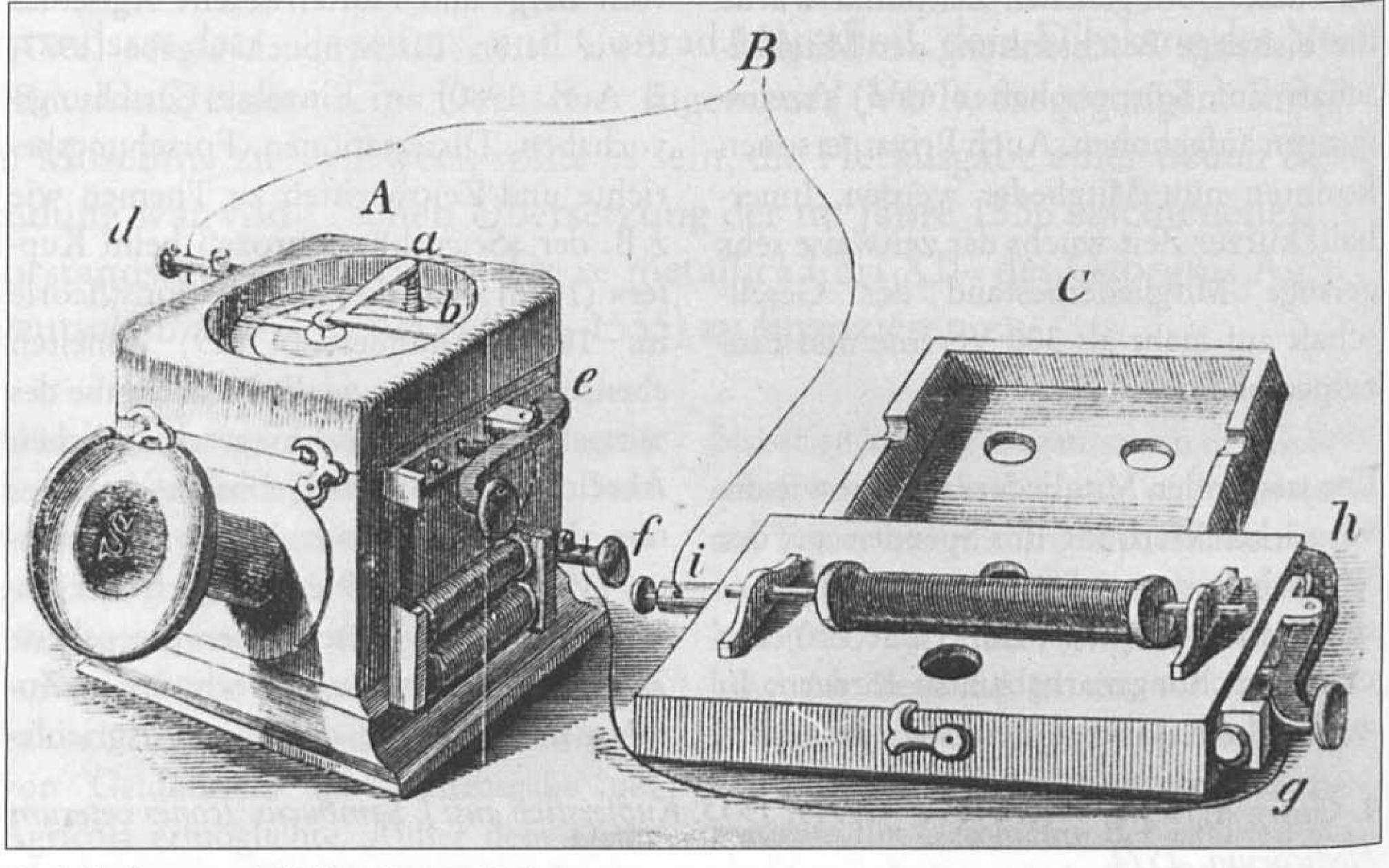
In Christiania (heute Oslo), wird Fridjof Nansen geboren. Als Erster durchquerte er 1888 das grönländische Inlandeis und 1893 bis 1896 er-



forschte er mit seinem Schiff »Fram« das Nordpolarmeer 1901/06 war er in seiner Geburtsstadt Leiter des Intern. Instituts für Ozeanographie. Dann widmete er sich politischen Fragen und schlug den Paß-Ersatz für Staatenlose vor, den der Völkerbund dann als »Nansen-Paß« für Flüchtlinge einführte. 1922 wurde ihm der Friedens-Nobelpreis zuerkannt.

17.10.1911

Das erste von Professor Johannes Schütte konzipierte und von dem Industriellen Karl Lanz finanzierte Starrluftschiff mit



3. Telefon von Philipp Reis, 1861



2. Telegrafische Freileitung New York – San Francisco, 1861

Sperrholzgerippe "SL 1" erhebt sich bei Mannheim zu seiner Jungfernfahrt. Konstrukteur dieses wie auch weiterer 21 Schütte-Lanz-Luftschiffe war Dipl.-Ing. Franz Kruckenberg, der um 1930 durch seinen "Schienenzeppelin" bekannt wurde. Die SL-Luftschiffe gingen früher als die mit Aluminium-Gerippe gebauten Luftschiffe des Grafen Zeppelin zur Stromlinienformgebung über; in den räumlichen Abmessungen waren die konkurrierenden Luftschiffe nahezu vergleichbar. Nach 1918 wurden keine SL-Luftschiffe mehr gebaut.

Winterer che Minnel der Geschlechnis Sein

24.10.1861

Die erste, den gesamten amerikanischen Kontinent ost-westlich überspannende Telegraphen-Freileitung New York – San Francisco wird mit einem Grußtelegramm des californischen Oberrichters Stephen J. Field an den US-Präsidenten Abraham Lincoln feierlich dem Betrieb übergeben.

Unser Bild zeigt eine schwierige Passage der Leitung in der Sierra Nevada.

26.10.1861

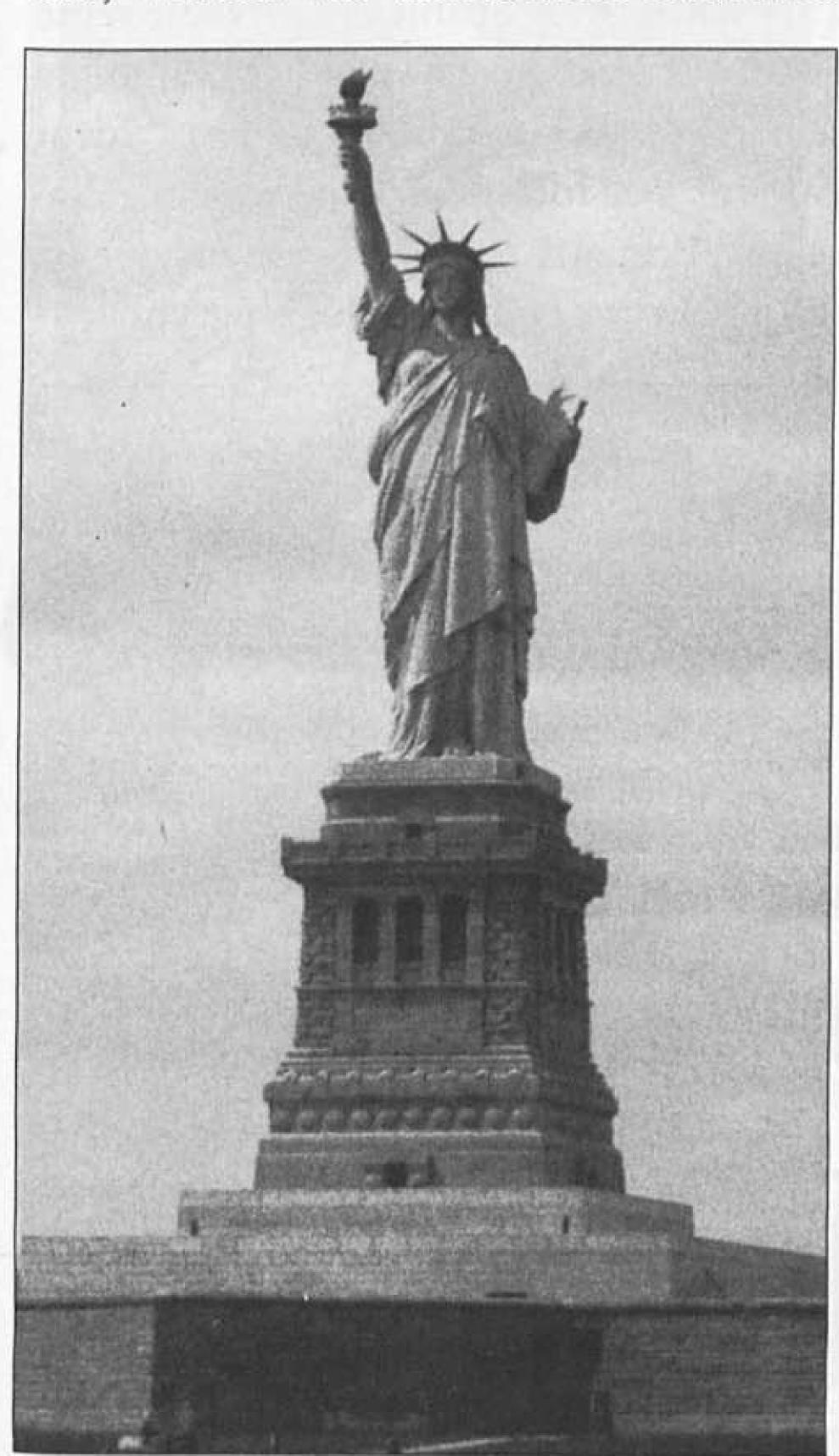
Philipp Reis (1834–1874) stellt sein erstes funktionsfähiges Modell des elektrischen Telephons in einem Experimentalvortrag im Physikalischen Verein in Frankfurt/Main vor. Damit beginnt die Elektroakustik im allgemeinen und die Fernsprechtechnik im besonderen.

27.10.1811

In Oswego (New York, USA) wird Isaac Meritt Singer geboren. Als Mechaniker beschäftigte er sich mit der Konstruktion einer praktisch brauchbaren Nähmaschine, deren besonderer Vorzug eine selbsttätige Stoff-Fortschiebung sein mußte. Nachdem ihm diese Erfindung gelungen war und seit 1851 ein USA-Patent seine Konstruktion schützte, begann die Nähmaschine ihren Siegeszug in alle Welt.

28.10.1886

Vor New Yorks Hafeneinfahrt, auf Bedlos Island, wird die auf einem mächtigen Unterbau errichtete 46 m hohe und in Kupfer getriebene Freiheitsstatue, die "Liberty", feierlich eingeweiht. Dieses Denkmal, welches der französische Bildhauer

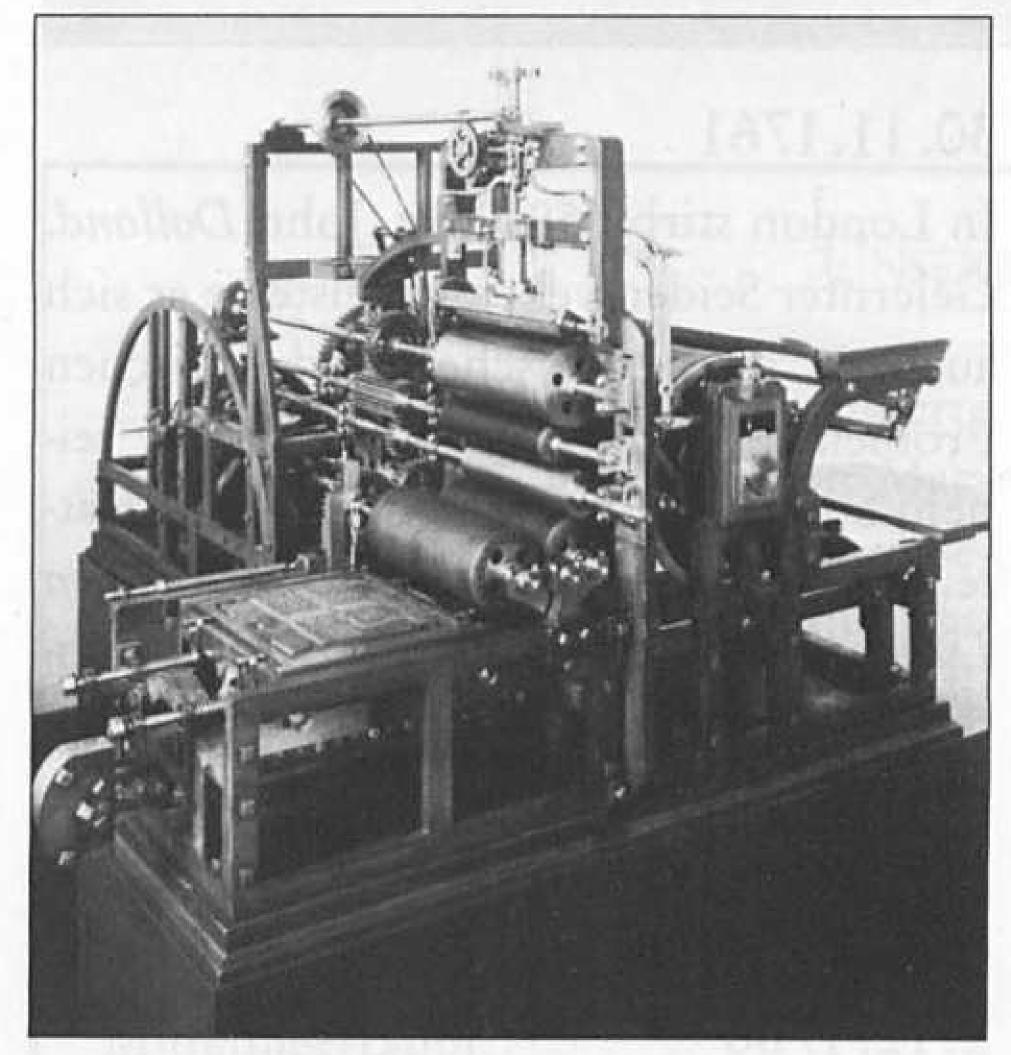


4. Die "Liberty" vor New Yorks Hafen

Auguste Bartholdi künstlerisch geformt hatte, erhielt als Innenkonstruktion ein Stahlgerippe des Statikers Gustave Eiffel. Das eindrucksvolle Monument war ein Geschenk Frankreichs an die Vereinigten Staaten von Amerika.

30.10.1811

Der seit 1806 in London tätige deutsche Buchdrucker Friedrich Koenig nimmt das britische Patent Nr. 3496 auf seine Erfindung der Buchdruckschnellpresse. Die erste große Presse dieser Art wurde von Koenig an die Londoner "Times" verkauft. Ab 29. November 1814 wurde diese Zeitung auf ihr gedruckt.



5. Modell der Schnellpresse von F. Koenig, 1811

2.11.1936

Der britische "Postmaster General" eröffnet im Alexandra-Palast in London das regelmäßige öffentliche Fernsehen im Vereinigten Königreich. Die Sendungen werden zunächst abwechselnd nach dem von John Logie Baird entwickelten System und dem System der Marconi-Gesellschaft mit 240 bzw. 405 Zeilen ausgestrahlt. Die überlegene Qualität des elektronischen Marconi-Verfahrens mit 405 Zeilen führt am 5. Februar 1937 zur ausschließlichen Anwendung und Fortentwicklung dieser Technik.

7./8.11.1836

Charles *Green* fliegt mit 2 Begleitern im *Ballon* »Royal Vauxhall« von London bis nach Weilburg im Herzogtum Nassau. Es ist dies der bis dahin längste Ballonflug mit glücklichem Ausgang.

11.11.1886

Im Hinterhaus der Rotebühlstraße 75 B in Stuttgart beginnt Robert Bosch die Arbeit in seiner "Werkstätte für Feinmechanik und Elektrotechnik"; Telefone, Hausblitzableiter und Haustelegrafen sind erste Fertigungs- und Installationsaufgaben des kleinen Betriebes. Mit dem Aufkommen der Automobile wird die Herstellung und Lieferung elektrischer Zündkerzen Hauptproduktionsgebiet. Heute verfügt die Bosch GmbH über eine breite Fertigungspalette elektrotechnischer Erzeugnisse und einen weltweiten Markt.

13.11.1886

Heinrich Hertz gelingt es erstmals »die Induktion zweier ungeschlossener Stromkreise aufeinander darzustellen«. Es ist dies ein erster Erfolg auf dem Wege zur Entdeckung der elektrischen Wellen.

19.11.1936

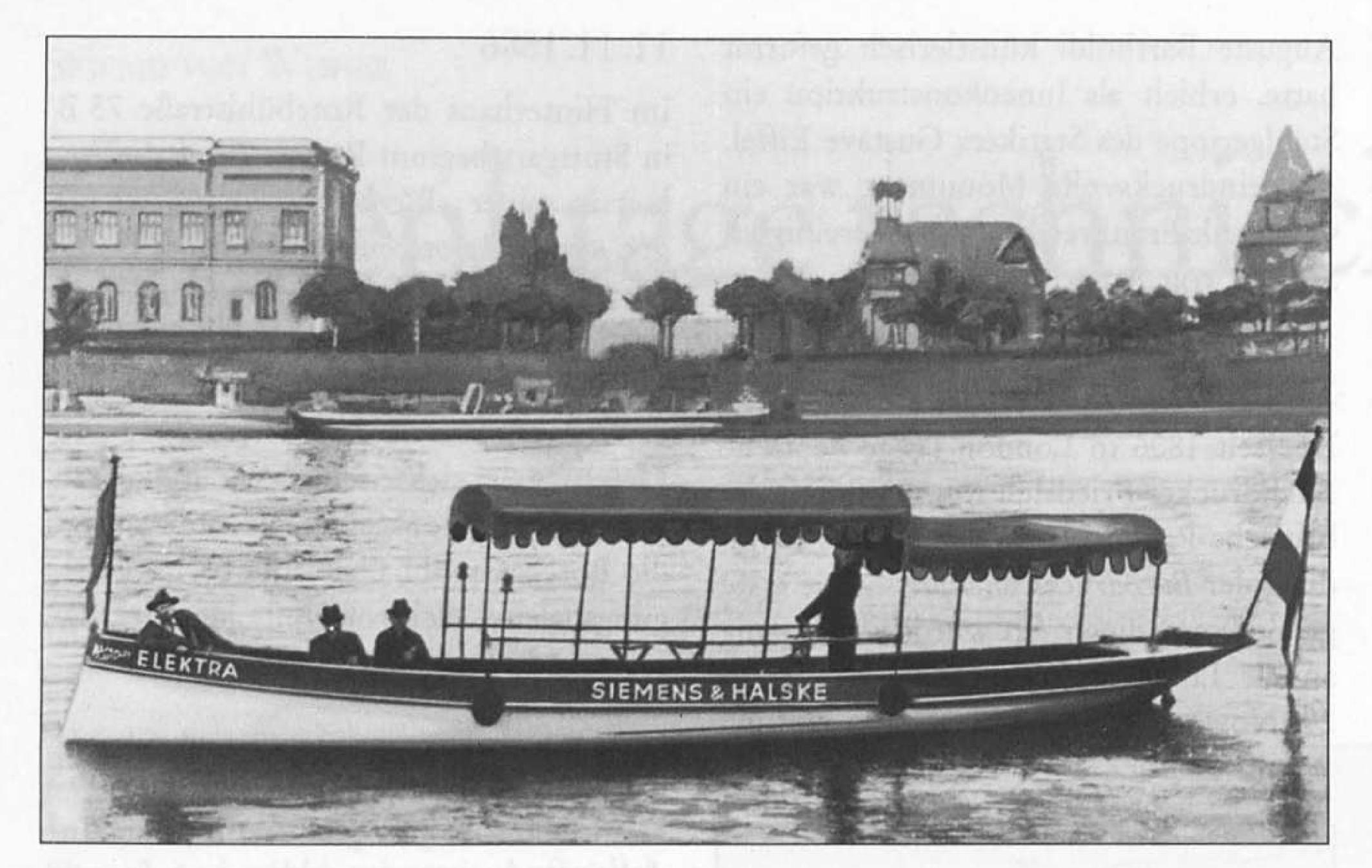
Im Feierabendhaus der BASF (Badische Anilin- und Sodafabrik) in Ludwigshafen konzertieren unter Sir Thomas Beecham die Londoner Philharmoniker. Es ist das erste Konzert, welches mit dem bei der BASF entwickelten Tonband magnetographisch aufgezeichnet wird (Bandgeschwindigkeit 1 m/Sek.). 40 Jahre später wird diese Aufzeichnung auf dem historischen, von der AEG entwickelten Tonbandgerät in guter Qualität abgespielt.

20.11.1811

Friedrich Krupp (1787 – 1826) schließt mit den Brüdern von Kech einen Vertrag, in dem die zwei Compagnons in eine zu gründende Gußstahlfabrik ihre Kenntnisse und Fertigkeiten zur Erzeugung von Gußstahl einbringen. Friedrich Krupp ist alleiniger Geldgeber und Geschäftsführer. Damit beginnt der viele Jahrzehnte mühsame, schließlich aber erfolgreiche Weg des Hauses Krupp.

24.11.1886

Die "Tägliche Rundschau" in Berlin berichtet ausführlich über eine Fahrt mit dem Akkumulator-Boot "Elektra" auf der Spree. Es wurde von der Firma Siemens & Halske gebaut und erreichte eine Leistung von 8 PS (= 5,9 kW).



6. Akkumulator-Boot "Elektra", 1886

26.11.1836

In Moffat (Schottland) stirbt 80jährig John Loudon Mc. Adam. Als junger Mann erlernte er den Kaufmannsberuf in den Vereinigten Staaten. Dann kehrte er nach Schottland zurück und wandte sich mit selbst entwickelten Methoden dem reformbedürftigen Straßenbau zu. Seine gekörnte und verflüssigte Steindecke hat den Vorzug der Billigkeit und Zweckmäßigkeit, ermangelte aber wegen Verzicht auf soliden Unterbau der Dauerhaftigkeit. Dieser Nachteil berichtigte sein Landsmann Thomas Telford (1757 - 1834), mußte aber in Kauf nehmen, daß der von ihm maßgeblich fortentwickelte Straßenbau rundweg mit dem Begriff "Macadam" weltweit bekannt gemacht wurde.

26.11.1861

In St. Johann/Saar wird Ernst *Heckel* geboren. Aus der 1784 von seinen Vorfahren gegründeten Hanfseilerei entwickelte er eine qualifizierte Draht-



seilfabrik. 1905 entstand in Saarbrücken seine Gesellschaft für Förderanlagen, die neue und vielseitige Anwendungsgebiete für das "endlose Seil" erarbeitete. Die 1930 eröffnete Schauinsland-Seilschwebebahn bei Freiburg/Br. war die erste derartige Anlage nach dem »Umlaufsystem«, das Heckel entwickelt hatte.

30.11.1761

In London stirbt, 59jährig, John Dollond. Gelernter Seidenweber, begeisterte er sich auch an mathematischen und optischen Problemen. 1752 begründete er mit seinem Sohne Peter eine optische Werkstätte. Hier erfand er 1758 die achromatischen Linsen, die zu leistungsfähigeren Fernrohren führten, da die Beobachtungsobjekte nun von den störenden Farbrändern befreit waren.

2.12.1786

In Stuttgart wird Achilles Christian W. F. von Faber du Faur geboren. 1811 wurde er Hüttenamtsverweser in Wasseralfingen, 1843 Bergrat. Die im Hüttenwerk Hausen bei Schopfheim entwickelte Methode des Erhitzens des Gebläsewindes durch

Hochofen-Gichtgase (1832) baute er aus und befähigte die Winderhitzung durch Schlangenrohre zu kontinuierlicher Arbeit. Die Erforschung gasförmiger Brennstoffe hat durch die experimentellen Arbeiten mit Faber du Faurs "Wasseralfinger Apparat" viel profitiert.

6.12.1786

In Zürich kommt Johann Georg Bodmer zur Welt. Angesichts der sehr guten Leistungen, die ihn als jungen Mechaniker auszeichneten, wurde er 1808 mit Aufbau und Leitung der Baumwollspinnerei in St. Blasien/Schwarzwald betraut. Große Verdienste erwarb er sich um die Entwicklung von Werkzeugmaschinen, die ihn auch in seiner Schweizer Heimat und im Ausland als erfinderischen Ingenieur bekannt machten. Besonders die rationelle Gestaltung der Werkzeugmaschinen im Blick auf Serienfabrikation und austauschbare Werkteile kennzeichnet ihn als einen seiner Zeit weit vorausschauenden Ingenieur.

9.12.1936

Beim Start einer normalen Verkehrsmaschine in London stürzt der spanische Ingenieur und Konstrukteur des "Autogiros", Don Juan de la Cierva tödlich ab. 1918 hatte er für Spaniens Luftwaffe seine erste Maschine entwickelt; 1920 folgte sein erstes "Windmühlen-Flugzeug", dem Zug auf Zug fortentwickelte Modelle desselben Prinzips folgten. Spanien verehrt ihn als Erfinder dieses Flugzeugtyps.



8. Autogiro Type C 6, von de la Cierva, 1926

14.12.1861

In Windsor Castle stirbt, erst 42jährig, Prinzgemahl Albert von Sachsen-Coburg-Gotha, der Gatte der britischen Königin Viktoria. Seine positive Einstellung zu Naturwissenschaft und Technik war bemerkenswert. So bemühte er sich persönlich darum, den Assistenten Liebigs, August Hofmann nach England zu holen, wo dieser dann ab 1845 für zwei Jahrzehnte als akademischer Lehrer und Forscher die Chemie modernisierte und ein großes Laboratorium namentlich im Blick auf die Teerfarbenchemie aufbaute. Die erste Welt-Industrie-Ausstellung 1851 war ebenfalls sehr wesentlich getragen durch Alberts Initiative.

15.12.1811

In Leipzig wird Rudolf *Oldenbourg* geboren. 1858 gründete er in München den Verlag, der auch heute noch seinen Namen führt und in der Welt der technischen Literatur geschätzt und international bekannt wurde.



9. Christopher Polhem (1661-1751)

18.12.1661

In Wisby auf der Insel Gotland wird Christopher *Polhem* geboren. Von früher Jugend für Mathematik und Naturwissenschaften begeistert, entwickelte er sich zum Hütteningenieur. Neben zahlreichen Verbesserungen im Berg- und Hüttenwesen verdienen seine frühen Blech-Walzwerke besondere Beachtung. 1697 gründete er in Stockholm ein "Laboratorium Mechanicum" zur Herstellung technischer Geräte und Instrumente.

18.12.1861

Asmus Petersen in Wittkiel/Schleswig erhält ein britisches Patent auf ein System wechselnder Be- und Entwässerung von Wiesen. Besondere Ventile in der Drainage ermöglichen es, daß das Wasser abfließt oder gestaut wird (nach F. M. Feldhaus).

28.12.1886

In Berlin wird Fritz Schröter geboren. Nach dem Studium der Physik, Elektrotechnik und Elektrochemie widmete er sich zunächst beleuchtungstechnischen Fragen. Seit 1918 Mitarbeiter der Firma Telefunken, wurde er dort 1925 Direktor der technischen Abteilungen; hier wandte er sich besonders der Rundfunk- und Ver-

stärkertechnik zu. Dann waren es Konstruktionen im Blick auf das kommende Fernsehen, Verbesserungen an der Braunschen Röhre und beim Zeilensprungverfahren. Nach 1945 war Schröter, wegen des alliierten Forschungsverbotes, bis 1955 in Paris und Madrid, danach dann wieder in Deutschland als freier wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Telefunken. Er gilt als einer der herausragenden Pioniere der deutschen Fernsehtechnik.

Berichtigung zu den Gedenktagen in Heft 1/1986, S. 59:

26. 3. 1836

Paul Beiersdorf wurde in Neuruppin, nicht in Hamburg geboren.

Unsere Autoren

Ernst Pernicka, geb. 1950, studierte Chemie in Wien. Seit 1979 am Max-Planck-Institut für Kernphysik. Beschäftigung mit der Kosmochemie, Studien zur frühen Metallurgie im östlichen Mittelmeerraum. Veröffentlichungen zur frühbronzezeitlichen Silbergewinnung in Griechenland und zur Herkunft des frühesten Kupfers im Mittelmeerraum.

Dr. Karin Figala, geb. 1938, Studium der Pharmazie in Bern, Bonn und Hamburg. Nach Tätigkeit in einem chemischen Werk Promotion an der Universität München Dr. rer. nat. 1978 Habitation an der Technischen Universität München, Universitätsdozentin. Mitarbeit am Forschungsinstitut für Technik- und Wissenschaftsgeschichte des Deutschen Museums.

Elisabeth Vaupel, Dipl.-Chem., geb. 1957, arbeitet an einer chemie-historischen Dissertation über den Graebe-Nachlaß im Deutschen Museum. Ihr besonderes Interesse gilt der Frage, wie sich Chemiegeschichte in Kunst und Literatur widerspiegelt.

Dr. Sigfrid von Weiher, geb. 1920, Technik- und Industriehistoriker, gründete 1939 die »Sammlung von Weiher zur Geschichte der Technik«. 1951 – 1983 Archivar, seit 1960 Leiter des Siemens-Archivs. 1970 – 1982 Lehrbeauftragter für Industriegeschichte an der Universität Erlangen-Nürnberg. Ehrenmitglied des VDI, seit 1983 Mitglied des wissenschaftlichen Beirates der Georg-Agricola-Gesellschaft. Aufsätze und Bücher zur Technik- und Industriegeschichte.

Adalbert Kukan ist Fernmeldeingenieur und Publizist. Zeitweise war er Mitarbeiter bei ITT. Er ist Initiator und Erbauer des Deutschen Urlauberfunks, Verfasser von Fachartikeln über elektronische Medien in »Funkschau«, »Funk-Korrespondenz«, »Funktechnik«, »Audio« usw. Er ist ebenso als Technikhistoriker wie als Berater für Medien tätig.

Dr. Rudolf Werner Soukup, geb. 1953, studierte technische Chemie an der TU Wien. Dissertation 1979 über Redox-Mechanismen. 1977 – 86 Assistent am Institut für anorganische Chemie der TU Wien. Studium der Philosophie an der Universität Wien. Beschäftigung mit chemiegeschichtlichen Fragen, Lehrbauftragter der TU Wien für Geschichte der Alchemie.

Dr. rer. nat. Fritz Fraunberger, Professor em. für Physik, Verfasser einer illustrierten Geschichte der Elektrizität (Neuausgabe 1985); Aufsätze zu anderen Themen der Physikgeschichte in mehreren Zeitschriften.

Veranstaltungsprogramm Juli · August · September 1986

Sonderausstellungen

23. Januar bis 30. September

»Zeitverschiebung« Lufthansa 1926–1986

1. Obergeschoß
Luftfahrthalle

17. Februar bis 30. September

Vermächtnis Werner Brüggemann – Deutsche Uhren und Automaten des 16. und 17. Jahrhunderts Katalog, 66 Seiten, 52 teils farbige Abbildungen, DM 16,–

Ehrensaal *

seit 10. April

»Bauklötze staunen« 200 Jahre Geschichte der Baukästen Katalog, 158 Seiten, 115 teils farbige Abbildungen, DM 29,-

2. Obergeschoß *

16. Mai bis 17. August

Mathematische Horizonte Wanderausstellung der Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris

2. Obergeschoß *

23. Mai bis 10. August

LICHT/SPIELE
Holographie und kinetische Objekte

Ausstellung des Museums für Holographie und neue visuelle Medien, Pulheim Foyer der Bibliothek Eintritt: Erwachsene DM 3,-

neu:

20. Juni bis 21. September

Technik der Bergrettung -

Die Ideen von Ludwig Gramminger Sonderausstellung der Bayerischen Bergwacht Galerie vor der Luftfahrthalle im Erdgeschoß *

Kolloquiumsvorträge des Forschungsinstituts

Beginn jeweils 15.30 Uhr Filmsaal Bibliotheksbau freier Eintritt

7. Juli

Die Entwicklung deutscher Naturforschung in Südamerika im 19. Jahrhundert Professor Dr. Brigitte Hoppe, Universität München

21. Juli

Zur Geschichte der Elektrotechnik Professor Dr. Wolfgang König, Technische Universität Berlin

Sommerpause

Sonntagsmatineen in der Musikinstrumentensammlung und Vorträge des VDI-Arbeitskreises Technikgeschichte finden erst wieder im nächsten Quartal statt.

* im Museum (normale Eintrittspreise)



Für Sie gelesen:

Nineteenth-Century Scientific Instruments and their Makers. Ed. P. R. de Clercq. Leiden, Amsterdam: Rodopi, 1985 (Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de Geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen No. 17, 275 S, Hfl. 79, –.

Wissenschaftliche Instrumente sind ein Schlüssel zum neuzeitlichen Verständnis von Natur und Technik. Sie bestimmen das erreichbare technische Niveau heutzutage sogar ganz wesentlich. Unter welchen Umständen wissenschaftliche Instrumente im 19. Jahrhundert entwickelt wurden und welche Möglichkeiten sie boten, ist das Rahmenthema für elf Aufsätze, die jetzt vereint in einem Sammelband gedruckt vorliegen.

Die Beiträge wurden auf dem 4. Scientific Instrument Symposium vorgetragen, das von der Scientific Instrument Commission der International Union of the History and Philosophy of Science im Oktober 1984 in Amsterdam veranstaltet wurde. Sämtliche Autoren sind Leiter oder Mitarbeiter naturwissenschaftlich-technischer Museen und Sammlungen. Leider gelang es nicht, für alle Länder mit bedeutenden eigenständigen Entwicklungen Beiträge zu erhalten. Sechs britische Autoren, ein niederländischer, ein französischer, ein italienischer, ein amerikanischer und ein westdeutscher Autor berichten jeweils über den Instrumentenbau ihrer Heimat im 19. Jahrhundert. Alle übrigen Länder, weder die skandinavischen noch die östlichen, weder die Schweiz noch das heutige Österreich sind vertreten. Wenn das so entstehende Bild auch noch nicht befriedigt, ein Anfang ist gemacht.

Zahlreiche Quellen wurden gesammelt und Museumsunterlagen ausgewertet. Damit liegen nun auch von französischen und deutschen Herstellern des 19. Jahrhunderts Verzeichnisse vor, die sowohl für private und professionelle Sammler, als auch für Instrumentenhistoriker nützlich sein können. Zur Vervollständigung dieser Listen könnten gerade die Sammler mit ihren speziellen Kenntnissen viel beitragen.

Auch die Namen jener Hersteller, die auf den beiden großen Londoner Ausstellungen 1851 und 1876 mit ihren Arbeiten vertreten waren, sind nun leichter zugänglich.

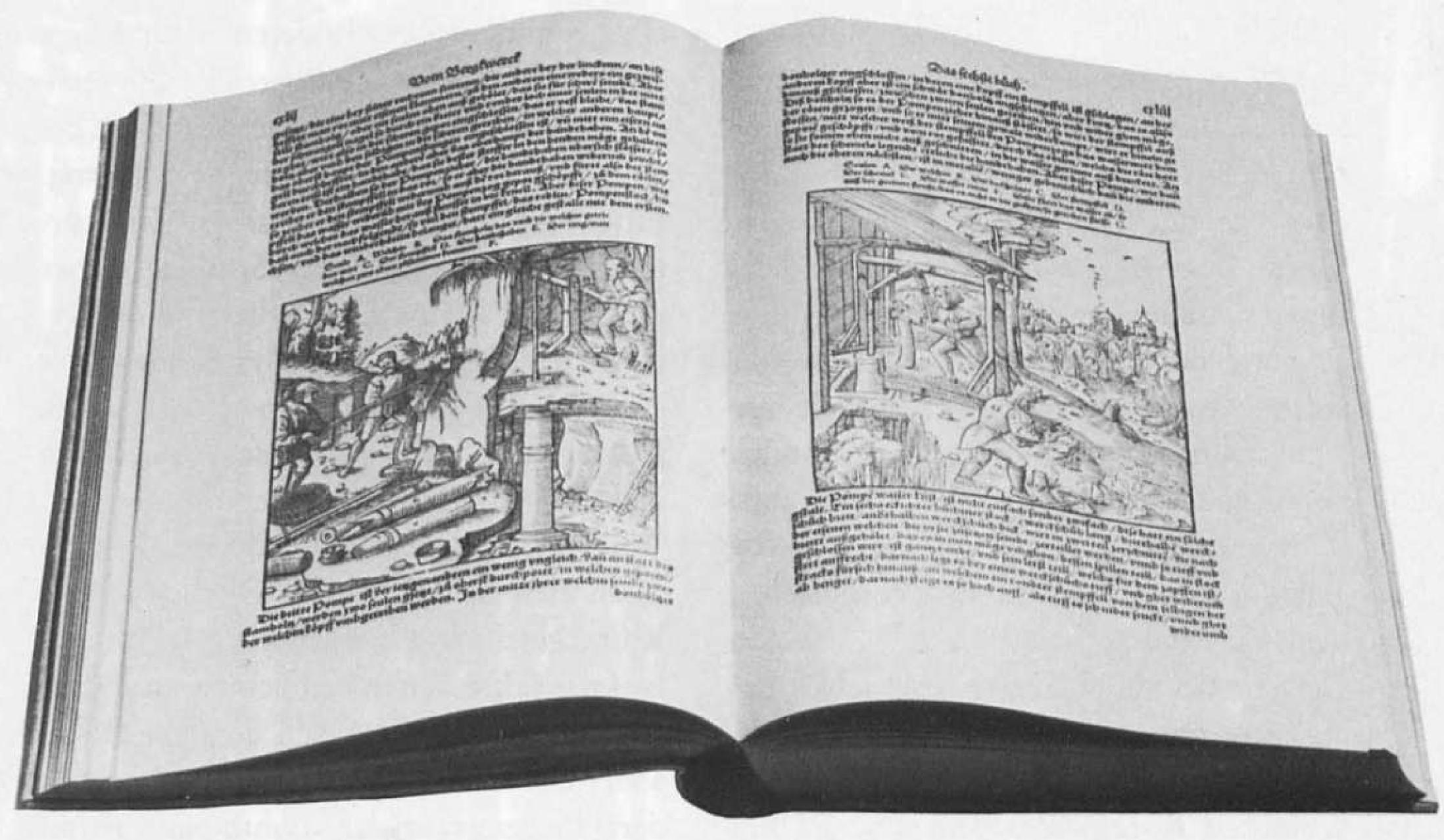
Soziale und wirtschaftliche Fragen, auch kulturelle Aspekte der Folgengeschichte, sind besonders von den angelsächsischen Autoren berücksichtigt worden.

Dank der Initiative des Herausgebers Peter R. de Clercq, Boerhaave Museum, Leiden, und dank einer finanziellen Unterstützung der niederländischen Regierung ist nun die Drucklegung wichtiger Beiträge gelungen. Dies war 1983 anläßlich des 3. Scientific Instrument Symposiums im Deutschen Museum, München, noch nicht möglich.

Die Fortsetzung und Etablierung einer Publikationsreihe zur Instrumentengeschichte, die den jeweiligen aktuellen Stand der Forschung spiegelt, ist dringend zu wünschen.

Dr. Hans Reinhard Bachmann

Bologna und Padua, wurde Stadtphysikus von Joachimsthal, dem Zentrum des Bergbaues im Erzgebirge, und war später Bürgermeister und Stadtarzt von Chemnitz (Karl-Marx-Stadt). Sein ganzes Leben verbrachte er in Bergbaugegenden. Dort konnte er das Montanwesen aus erster Hand studieren. Gerade diese direkten Erfahrungen verleihen dem Buch seinen herausragenden Werk als authentische Quelle für die Kulturgeschichte der Technik. Der Bergbau geht bereits in prähistorische Zeiten zurück. Im Altertum und Mittelalter entwickelte er sich langsam, den Bedürfnissen entsprechend weiter. Obwohl im Mittelalter der tatsächliche Metallverbrauch gegenüber der Antike nicht wesentlich gestiegen war, verfaßten einzelne Handwerker bereits in jener Zeit erste zusammenfassende Schriften über die Metallgewinnung und Bearbeitung, so im 11.



Georg Agricola: Vom Bergwerck XII Bücher. Faksimile-Druck der Baseler Ausgabe von 1557 und Kommentarband von Hans Prescher. Faksimileband 520 S., Kommentarband 164 S., beide Bände zusammen im Schuber. Weinheim: VCH-Verl. Ges. 1985, DM 198,— ISBN 3-527-17535-0.

De re metallica libri XII (Zwölf Kapitel über die Metalle) ist das bekannteste Werk des Humanisten und Arztes Georg Agricola. Es ist eines der ersten und sicher das wichtigste technologische Buch der Neuzeit.

Agricola – der Mode der Humanisten entsprechend latinisierte er seinen Namen Pawer (= Bauer) – studierte in Leipzig,

Jahrhundert der Benediktiner Theophilus Presbyter die »Schedula diversarum artium«. Im Spätmittelalter begann dann der große Aufschwung des Montanwesens in Mitteleuropa, in dessen Verlauf erschienen zunächst einige kleine Schriften in der neuen Technik des Buchdrucks (Probirbüchlein 1510, Von Stahel und Eysen 1532). Das Kompendium »De la pirotechnia« des Sienesen Vanoccio Biringuccio aus dem Jahre 1540 war umfangreicher und enthielt bereits eine Folge von anschaulichen Holzschnitten. Bei weitem am bedeutendsten ist aber das Werk »De re metallica libri XII« von Georg Agricola. Es erschien 1556 in lateinischer Sprache bei dem bekannten Baseler Drucker Hieronimus Froben und ein Jahr später

in deutscher Übersetzung unter dem Titel »Vom Bergwerck XII Bücher«. Diese deutsche Übersetzung von 1557 hat nun die VCH-Verlagsgesellschaft gemeinsam mit dem VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie als Faksimile vorgelegt. Das Werk enthält alles, was zum Erzbergbau gehört und mit metallurgischen Verfahren zusammenhängt. Fragen der Bergwerksverwaltung, die Pflichten der Beamten und der Gewerke sind ebenso behandelt wie die Auffindung und Vermessung von Lagerstätten und Probeschürfungen. Das prachtvolle Werk ist durch 273 große Holzschnitte illustriert, die zum Teil von dem namhaften Formschneider Hans Rudolf Manuel Deutsch stammen. Zu den wichtigsten Kapiteln gehören die, in denen Agricola den Bau und die Verwendung von Maschinen zur Wasser- und Fahrkunst, zur Bewetterung und zum Anblasen von Hochöfen beschreibt.

Das Werk steht einerseits in der spätmittelalterlichen Tradition als »summa rerum technicarum«, es ist aber auch schon ein Vorläufer jener enzyklopädischen Werke der Aufklärung. Bezeichnend dafür ist das Korrespondieren der Abbildungen und des Textes. Dabei sind die Maschinen minutiös in die Einzelteile zerlegt, daneben in Teil- oder Ganzmontage zusammengefügt dargestellt; dabei abgebildete Personen machen die Arbeitsvorgänge – die Handgriffe der Verfahren – deutlich.

Der von der VCH-Verlagsgesellschaft herausgegebene Nachdruck zeichnet sich durch einen eigenen, von Hans Prescher verfaßten Kommentarband aus. Er umfaßt 162 Seiten und enthält eine Folge von einführenden Aufsätzen: Über den erzgebirgischen Bergbau, einen kurzen Lebensabriß von Agricola, die Werkgeschichte von »De re metallica« und vor allem aber erstmalig eine biographische Studie über Philipp Bechius, den Übersetzer des Werkes. Es schließen sich praktische und hilfreiche Verzeichnisse an: die Ausgaben des Werkes »De re metallica« von 1556 bis 1985, Anmerkungen (484), Quellen und Literaturverzeichnis, Personenregister und Bildquellenverzeichnis. Der sorgfältige Kommentarband des Bergbauhistorikers Prescher kann so sicherlich manche inzwischen vielleicht auch veraltete Sekundärliteratur ersetzen; in Verbindung mit dem Faksimile ist er nicht nur ein Gewinn für die Kulturgeschichte der Technik sondern auch als Geschenk für einen Liebhaber des schönen Buches geeignet. Hervorzuheben ist schließlich, daß mit diesem Faksimile wieder die zeitgenössische Übersetzung des Werkes von 1557 vorliegt.

Ernst H. Berninger

este nun die Driveldegung wielniger Bestra

Wilhelm Hansen. Kalenderminiaturen der Stundenbücher: Mittelalterliches Leben im Jahreslauf. 292 S., 563 schwarzweiße und 12 farb. Abb. München, Callwey 1984. DM 160, – ISBN 3-7667-0708-6

Als Gegenstück zu den Brevieren der Geistlichen erlangten die Stundenbücher – Andachtsbücher, deren Inhalt neben Heiligenlitaneien und Psalmen die täglichen Stundengebete bildeten – für adlige Laien und später auch für reiche Bürgerliche, seit dem 14. Jahrhundert bis zum Beginn der Neuzeit eine weite Verbreitung. Eine besondere künstlerische Miniaturmalerei hat sich für die Stundenbücher entwickeln können, weil diese zu den typischen religiösen Statussymbolen ihrer Auftraggeber zählten. Im 15. und 16. Jahrhundert erreichte diese Sonderform ihren künstlerischen Höhepunkt.

Wilhelm Hansen erschließt mit seinem Buch diese Miniaturen als Quellen für die Kulturgeschichte des Mittelalters. Im Ablauf der Jahreszeiten erscheinen nach dem herrschaftlichen Festmahl die dem Hochadel vorbehaltene Sauhatz und Beizjagd, der Hochzeitszug der »nobili« und ritterliche Turnierspiele. Einen breiten Raum nehmen Szenen aus dem bürgerlichen und bäuerlichen Leben ein: Pflügen, Säen und Eggen, Feldvesper und Ernte sind ebenso wie handwerkliche Arbeiten und vieles mehr auf solchen Miniaturen dargestellt.

Das Buch gliedert sich in drei Teile:

I. Um das in vorzüglichen Farbreproduktionen und in Originalgröße wiedergegebene vollständige Kalendarium eines flämischen Stundenbuches aus der 1. Hälfte des 16. Jahrhunderts (München Bayerische Staatsbibliothek cod. lat. 23638) hat Wilhelm Hansen eine profunde Kulturgeschichte des Stundenbuches geschrieben.

- II. Den Mittelteil bildet unter der Überschrift »Ein Jahr im Mittelalter« ein nach vielen Sachbegriffen gegliederter Bildtafelteil mit beschreibenden Bildtexten und genauen Quellenangaben.
- III. Der Schlußteil ist mit »Dokumentation« überschrieben. Dieser Teil vor allem erhebt das Buch in den Rang eines Nachschlagewerkes für Studien zur Sachkultur. Hier ist ein ausführliches, nach den besitzenden Bibliotheken und Museen gegliedertes Verzeichnis der Stundenbuchhandschriften mit Beschreibung der Monatsbilder enthalten. Es schließt sich eine nach Sachbegriffen alphabetisch geordnete Liste der Bildquellen zur Realienkunde des Mittelalters an. Instruktive Textzeichnungen für Arbeitsvorgänge oder von Geräten verleihen diesem Verzeichnis eine besondere Anschaulichkeit.

Tradition, erprobte Formen und Mechanismen bei den Werkzeugen und Arbeitsgeräten zeigt eine Folge von ausgewählten Stundenbuchminiaturen, denen jeweils Fotografien von entsprechenden bäuerlichen Gerätschaften des 19. Jahrhunderts aus der Sammlung des Lippischen Landesmuseums in Detmold gegenübergestellt wird. Register und Literaturverzeichnis vervollständigen diesen Teil des Werkes.

Autor und Verlag betonen nachdrücklich, daß der Bildband kein kunsthistorisches Werk ist, sondern ein Beitrag zur historischen Volkskunde und Kulturgeschichte des Spätmittelalters. Ein solcher Hinweis ist durchaus richtig und wohl auch nötig, da der Begriff der Kunstgeschichte im allgemeinen Bewußtsein recht eng gefaßt ist: als Studium des gesetzmäßigen Verlaufes der Entwicklungsprozesse der Kunst. Gleichwohl muß gerade diese Tatsache grundsätzlich bedauert werden, gibt doch die Erweiterung des engen Begriffes der Kunstgeschichte um die hier aufgezeigten Gebiete, Geschichte der Alltags- und Sachkultur, diesem Fach eine Dimension, die es in unserer Zeit in ein breiteres Interesse hebt.

-nulleteend mannemal maiking indicate

parisdry, gard the available but the

Ernst H. Berninger

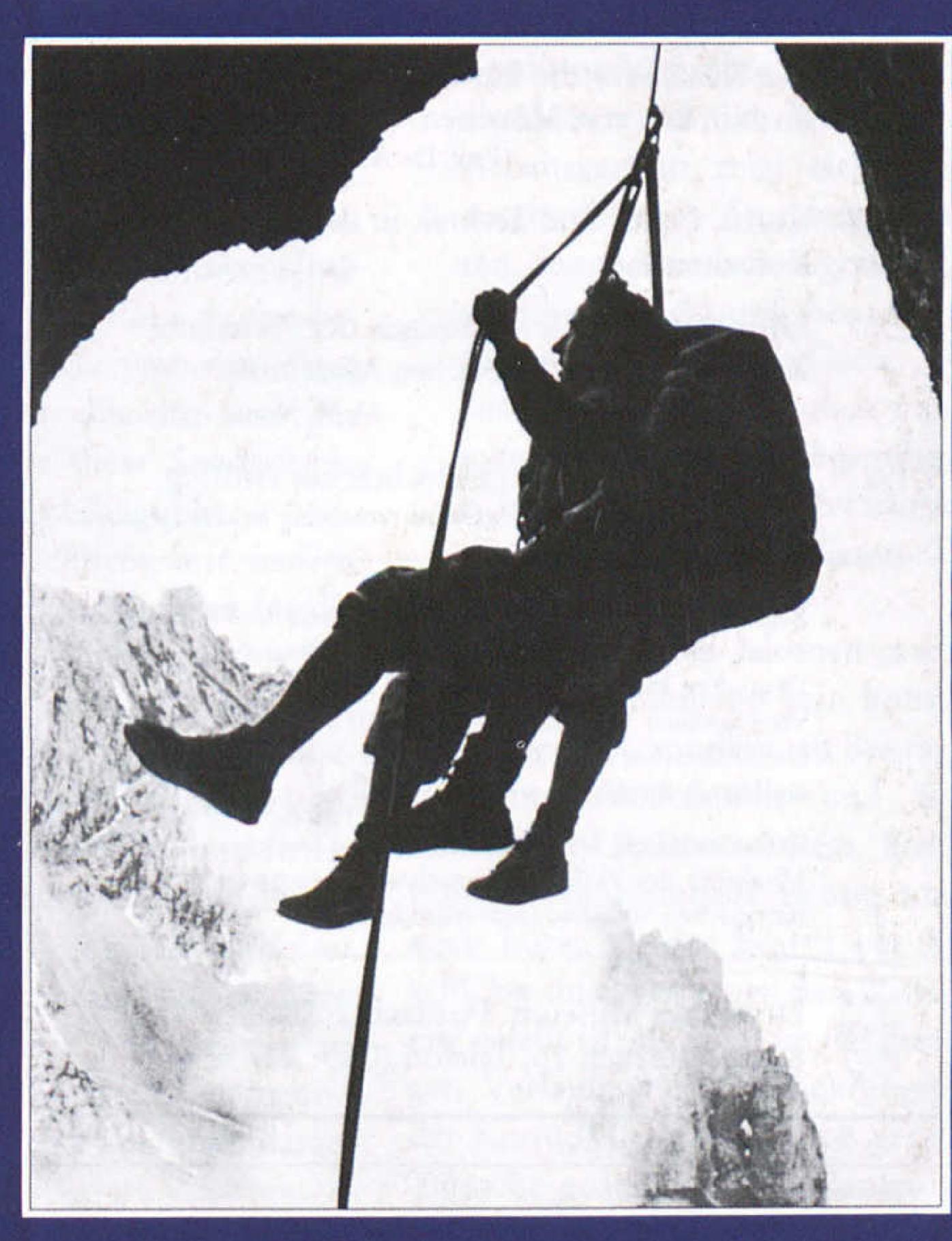
"Ein Kapitel Alpingeschichte von höchster Dramatik..."



Bergrettung die andere Seite des Alpinismus. Ludwig Gramminger hat ihre Geschichte seit den Anfängen mitverfolgt und mitgeprägt. Er hat bahnbrechende technische Neuerungen eingeführt und durch spektakuläre Einsätze ungezählte Male Bergsteiger geborgen. Davon berichtet dieses Buch auf 272 Seiten, mit 248 Abbildungen. Format $19,5 \times 24,5 \text{ cm},$ gebunden, mit Schutzumschlag.

Das gerettete Leben

Aus der Geschichte der Bergrettung – Einsätze, Entwicklungen, Ausbildung, Episoden...



Roffler



ISBN 3-7633-7005-6. DM 39,80

Bergverlag Rudolf Rother · München