

STAHL UND EISEN.

ZEITSCHRIFT

FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN.

Nr. 48.

26. November 1925.

45 Jahrgang.

Nasse Gasturbinen.

Von Professor Dr.-Ing. G. Stauber in Berlin¹⁾.

[Billiger Gasüberschuß in den Zentralen als Vorbedingung veränderter Ziele des Maschinenbaues. Vorwiegendes Streben nach Verbilligung und Betriebssicherheit. Die trockenen Gasturbinen. Gleichdruck Verbrennungsturbinen mit Einspritzkühlung (Lemale-Armengaud) und mit Wandungskühlung (Semmler). Explosionsturbinen. Würdigung der Holzwarth-Turbine. Die nassen Gasturbinen. Wasser als Triebwerk (Föttinger-Transformator). Kraftübertragung von Gasen auf Wasser durch Einmischen (Mammutpumpe) oder Oberflächenwirkung (Humphrey). Gasblasen-Verbrennungsturbine (Stauber, Föttinger). Humphrey-Turbine. Pendelrohr-Turbine (Dunlop). Wasserring-Turbine (Prasil, Nash, Schöner-Schnell). Pendelring-Turbine (Stauber 1918). Druck-Raum-Lia-gramm. Erhaltung der Wasserkolben. Selbsterregung. Zündung. Brenngeschwindigkeit. Wärmeverluste. Kraftverluste. Konstruktive Schwierigkeiten. Erfahrungen. Ausführung 1920. Druckluftversuche. Gasbetrieb. Verbesserung des Strömungsschemas. Ueberwachung der Wasserfüllung. Verbesserung der Zündung. Vereinfachung. Neuentwurf. Ergebnisse.]

Auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen suchte man bisher den Fortschritt hauptsächlich in der Verringerung ihres Wärmebedarfs, und auch heute noch nimmt man für eine Wärmeeinsparung von einigen Prozenten sogar eine Verteuerung der Anlagen und eine Verringerung ihrer Betriebssicherheit in Kauf. Diese Entwicklungsrichtung wäre berechtigt, wenn wir es in Zukunft nur mit teurer Wärme zu tun hätten; es kann aber auch anders kommen, insbesondere in den Hüttenwerken.

Schon heute gibt es Betriebe mit erheblichem Gasüberschuß. Würde dieser Zustand allgemein, dann ließen sich an die Antriebsmaschinen in den Hüttenzentralen ganz andere Anforderungen stellen als bisher. Dann wäre es möglich, auf unnötig weit getriebene Wärmeeinsparung bei ihnen zu verzichten und dafür eine Erhöhung der Betriebssicherheit und eine wesentliche Verringerung der Anlagekosten einzutauschen.

Diese Möglichkeit halte ich für sehr verlockend. Sie sollte meiner Meinung nach die Wärmestellen unserer Hüttenwerke veranlassen, durch Einsparung von Gas in allen Feuerungen, wo sie ohne Einbuße an Betriebssicherheit möglich ist, und durch Heranziehung billiger Abfallbrennstoffe einen solchen Gasüberschuß zu schaffen, daß in den Zentralen nicht mehr mit Wärme bis an die Grenze des überhaupt Erreichbaren gespart werden muß.

Außerdem scheint es mir notwendig, daß sich der Maschinenbau rechtzeitig auf die neue Sachlage einstellt, die ganz neue Aufgaben mit sich brächte, und ich bin deshalb seit 15 Jahren damit beschäftigt, der Gasturbine eine Form zu geben, in der sie

1. die Betriebssicherheit der einfachsten aller Kraftmaschinen, der Wasserturbinen, erreicht,

2. höchstens $\frac{1}{5}$ soviel kostet wie die Kolbengasmaschine, und
3. sich dem Gasüberschuß des Werks entsprechend mit einem Gesamtwirkungsgrad von 20 % zwischen Wellenleistung und aufgewendeter Wärme begnügt.

Meine Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen, aber doch schon so weit gediehen, daß sich der von mir eingeschlagene Weg beurteilen läßt, und deshalb will ich heute ausführlich über die Gedankengänge berichten, die mich zur nassen Gasturbine geführt haben, und über die Erfahrungen, die ich mit dieser bis jetzt ganz unbeachtet gebliebenen Maschinenart gemacht habe.

1. Die trockenen Gasturbinen.

Mit den trockenen Gasturbinen, den einzigen, die es bisher zu praktischen Ausführungen gebracht haben, ist die Einfachheit und Betriebssicherheit der Wasserkraftmaschinen voraussichtlich nicht erzielbar. Die Wirkungsweise der trockenen Gasturbinen entspricht bekanntlich im wesentlichen derjenigen von Dampfturbinen mit ein oder zwei Geschwindigkeitsstufen, nur strömen in ihnen an Stelle des Dampfes die Produkte eines Verbrennungsvorganges.

Da nun bei der Verbrennung eines Gas-Luft- bzw. Oel-Luft-Gemisches sehr hohe Temperaturen entstehen, den Laufschaufeln aber nach Holzwarths Erfahrungen keine höheren Mitteltemperaturen als etwa 400° zugemutet werden sollen, so wird eine Kühlung des Betriebsmittels oder der Laufschaufeln erforderlich, die auf alle Fälle hohe Kraftverluste mit sich bringt.

Am empfindlichsten werden diese Verluste bei den trockenen Gleichdruck-Verbrennungsturbinen, bei denen bekanntlich die Verbrennung bei unveränderlichem Druck in einer Hochdruckfeuerung erfolgt. Dieser Hochdruckfeuerung werden Brennstoff und Luft mit dem gleichen Druck zugeführt, von dem die Entspannung der Treibgase

¹⁾ Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 28. November 1925 in Düsseldorf.

ausgeht, und diese selbst müssen nun vor ihrer Entspannung so weit gekühlt werden, daß sie nach der Entspannung mit nicht mehr als 400° auf die Laufschaufeln treffen.

Diese Kühlung der Treibgase vor ihrer Entspannung macht die Gleichdruckturbine wirtschaftlich tot, ganz gleichgültig, ob die Gase durch Einspritzung von Kühlwasser oder durch Mantelkühlung auf niedrige Temperatur gebracht werden.

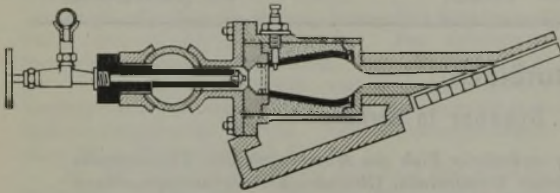


Abbildung 1. Verbrennungskammer der Lemale-Turbine 1908.

Mit Einspritzkühlung arbeiteten die Bauarten von Lemale-Armengaud, die in den Jahren 1908 und 1909 in Frankreich entstanden. Abb. 1 zeigt die Hochdruckfeuerung einer solchen Gleichdruckturbine, Abb. 2 eine Gesamtanordnung von Turbine

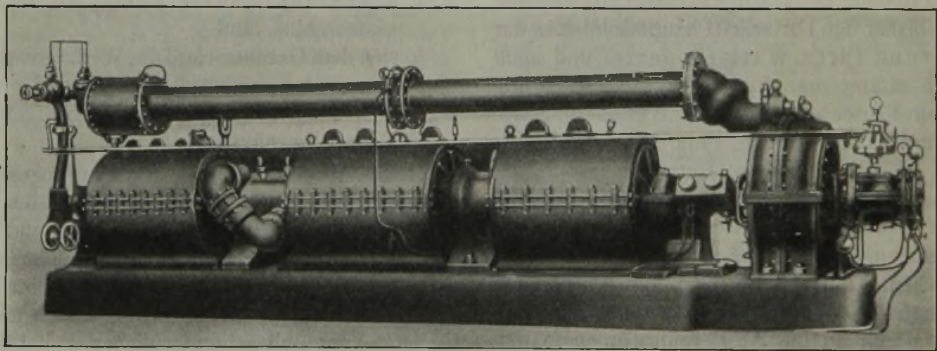


Abbildung 2. Gesamtansicht der Gasturbine Lemale-Armengaud.

und Turbokompressor. Die Feuerung arbeitete mit Preßluft und Oel von 5 atü. Den Feuergasen wurde vor der Düse Kühlwasser eingespritzt, wodurch sich die Temperatur im Radraum auf etwa 500° ermäßigte.

Es ist sehr lehrreich, die Bilanz einer solchen Gleichdruckgasturbine mit vereinfachenden Annahmen nachzuprüfen. Man versteht dann das Vorurteil, gegen das die Gasturbinen auch heute noch zu kämpfen haben.

Würde ein Gemisch von 400 WE/kg isothermisch auf 5 atü verdichtet, verbrannt und ohne Kühlung zur Turbine geführt, so ergäbe sich für den verlustlosen Arbeitsvorgang eine Wärmeumsetzung in mechanische Arbeit von etwa 40 %; ein solcher Arbeitsvorgang wäre indessen wegen der zu hohen Gastemperaturen praktisch undurchführbar.

Für eine mit Einspritzkühlung versehene Gleichdruckturbine sinkt unter den gleichen Voraussetzungen in bezug auf Gemischstärke und Verdichtung der Wirkungsgrad des verlustlosen Arbeitsvorganges zunächst auf rd. 25 %; Abb. 3 zeigt das zugehörige Arbeitsdiagramm.

In Wirklichkeit sind aber auch diese 25 % nicht angenähert erzielbar. Wenn der Kompressor für die Luftzuführung zur Feuerung von der Turbinenwelle aus angetrieben wird, und das Turbinenrad in Abgasen von atmosphärischem Druck läuft, dann ergibt sich für die Gesamtanlage eine Bilanz ungefähr nach Abb. 4.

Von der ursprünglich aufgewendeten Wärme bleiben also nur ungefähr 5 % als Gegenwert der verfügbaren Wellenarbeit übrig, und auch dies nur auf dem Papier; in Wirklichkeit sollen die von Lemale gebauten Turbinen es kaum zum Leerlauf gebracht haben. Ihr Bau wurde frühzeitig abgebrochen.

Dieser Mißerfolg der Gleichdruckturbinen ist auf zwei Hauptursachen zurückzuführen:

1. auf den großen Wärmeverlust durch die Wassereinspritzung vor der Expansion; Abb. 3 zeigt deutlich, daß der Dampf in seiner Mischung mit den Feuergasen nur sehr unvollkommen zu arbeiten vermag.
2. auf den großen Arbeitsverlust zwischen Feuerung und Wellenkupplung. Der mechanische Wirkungsgrad zwischen der nach außen frei verfügbaren Wellenleistung und

dem Arbeitsvermögen der Mischgase vor dem Eintritt in die Düse beträgt nur etwa 17 %.

Wenn es im Maschinenbau nur auf Wirkungsgrade ankäme, dann ließe sich wohl ein Mittel anwenden, den Wirkungsgrad der Gleichdruckturbine von 5 % auf etwas mehr zu erhöhen. Wenn

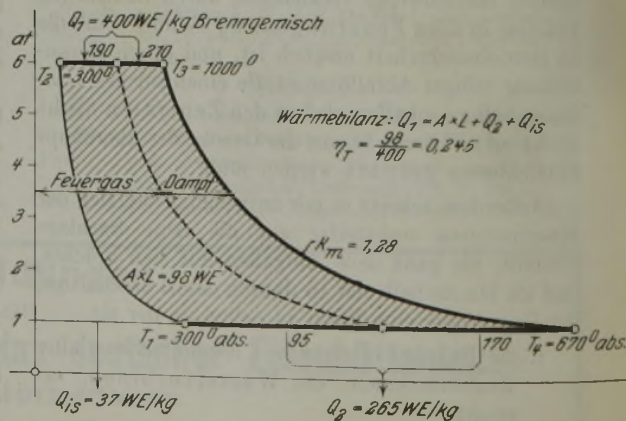


Abbildung 3. Arbeitsdiagramm der verlustlosen Gleichdruckturbine.

man nämlich die Feuergase nicht durch Einspritzung kühlt, sondern durch Kühlwandungen, dann kann der bei der Kühlung erzeugte Dampf getrennt von den Feuergasen für sich allein mit günstigerem Teilwirkungsgrad arbeiten als in der Mischung. Die Verbrennungskammer der Hochdruckfeuerung wird dann zur Feuerbüchse eines Dampfkessels (siehe Abb. 5).

Diesen Gedanken wollte vor 20 Jahren das Semmler-Konsortium verwirklichen, über dessen

ankommt, wenn man im Maschinenbau Fortschritte erzielen will.

In Abb. 6 ist die Bilanz für eine Vereinigung Gleichdruck-Gasturbine — Dampfturbine dargestellt; die Voraussetzungen bezüglich Gemischstärke, Verdichtung, Endtemperatur und Eigenverlust in Gasturbine und Kompressor sind die gleichen wie in den früheren Beispielen.

Das Ergebnis entbehrt nicht eines gewissen Humors. Der Gesamtwirkungsgrad läßt sich durch die Trennung des Dampfes von den Feuergasen wirklich von 5 auf 12,5% erhöhen, aber die Gasturbine vermag nach dieser Trennung eben noch den eigenen Kompressor anzutreiben, der seinerseits dazu dient, die Hochdruckfeuerung in Betrieb zu halten. Die Gasturbine ist somit

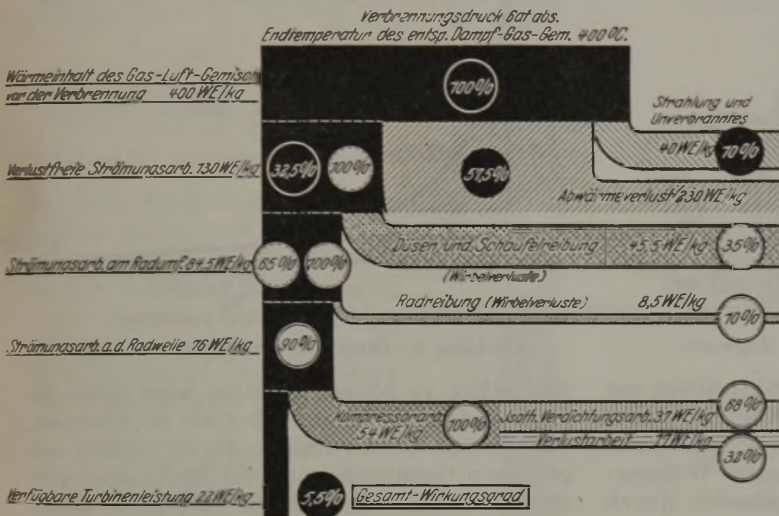


Abbildung 4. Bilanz der Gleichdruckturbine mit Einspritzkühlung.

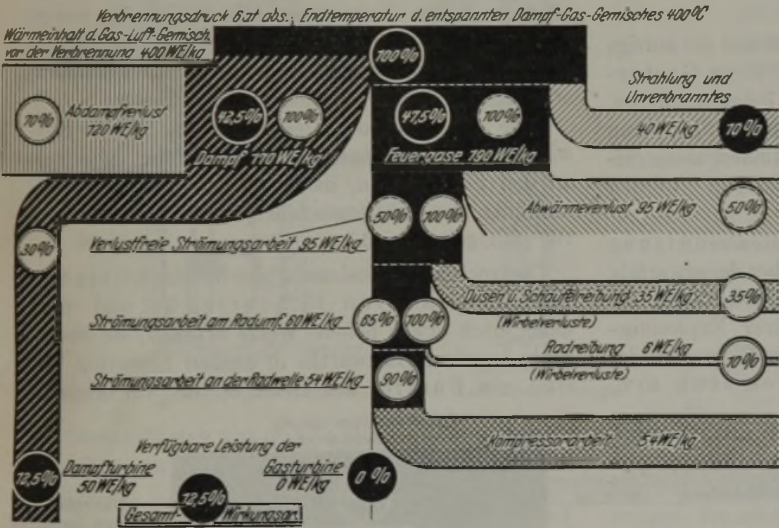


Abbildung 6. Bilanz der Gleichdruck-Verbrennungsturbine mit getrennter Dampfturbine.

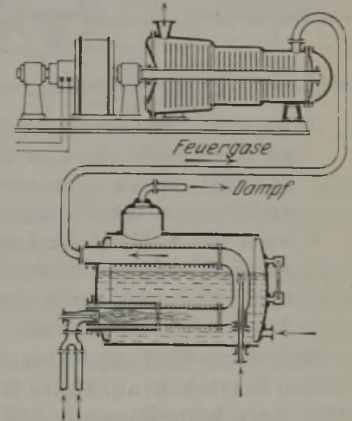


Abbildung 5. Gleichdruckturbine mit Außenkühlung der Feuergase. Semmler 1904.

nur noch der Hauptbestandteil für eine teure und wärmeverrichtende Kesselfeuerung.

Selbstverständlich ließe sich durch Abwärmeverwertung auch bei einer solchen Anlage noch manches herausholen, aber nur bezüglich des Wärmewirkungsgrades, nicht bezüglich der Selbstkosten für die verfügbare Wellenleistung. Man darf es ruhig aussprechen, daß die Gleichdruck-Gasturbine keine Aussicht hat, gegenüber der Kolbengasmaschine

Arbeiten vor kurzem durch Gentsch berichtet worden ist. Auch diesen Arbeiten blieb der Erfolg versagt, und sie wurden nach einigen Vorversuchen mit Düsen und Laufschaukeln als hoffnungslos abgebrochen. Hoffnungslos, aber nicht nutzlos, denn der Vernünftige achtet auch den Mißerfolg eines anderen, weil er ohne eigenen Kostenaufwand von ihm lernen kann.

Besonders aus dem Semmlerschen Beispiel könnten recht viele Leute lernen, daß es eben nicht nur allein auf die Verbesserung des Wärmewirkungsgrades

eine Verringerung der Selbstkosten und gleichzeitig eine Erhöhung der Betriebssicherheit zu erzielen.

Dies alles mußte gesagt werden, um die jahrzehntelange, viel zu wenig verstandene und viel zu wenig gewürdigte Arbeit Holzwarths in das rechte Licht zu rücken.

Holzwarth hat erkannt, daß die trockene Gasturbine nur dann in der Lage ist, ungefähr 20% der im Brennstoff enthaltenen Wärme als verfügbare Leistung zum Dynamo zu schicken,

1. wenn die Hochdruckfeuerung durch eine Explosionskammer ersetzt wird; das verringert den Kraftbedarf des Kompressors;
2. wenn die Vorverdichtung des Explosionsgemisches nur so weit getrieben wird, daß ihr Kraftbedarf eben aus der Abwärme zu decken ist; das erspart die Kraftabgabe von der Turbinenwelle an den Kompressor;

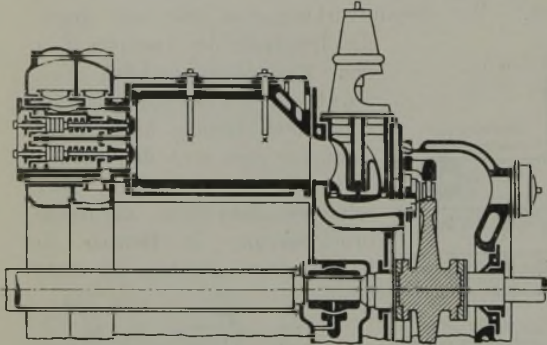


Abbildung 7.3 Explosions-turbine von Holzwarth.

3. wenn die Feuergase ungekühlt wirken und an ihrer Stelle die Laufschaufeln selbst gekühlt werden; das vermeidet die Kühlverluste vor der Expansion der Treibgase;
4. wenn die Kühlung der Laufschaufeln durch die Spülluft der Explosionskammer mitbesorgt wird; das ergibt die betriebssicherste Art der Schaufelkühlung.

Nach diesen Gesichtspunkten entstand die einzige wirklich betriebsbrauchbare trockene Gasturbine, deren letzte Bauart in Abb. 7 dargestellt ist, und die nur noch solche Elemente enthält, für deren Durchbildung die Erfahrungen an Kolbengasmaschinen und Dampfturbinen herangezogen werden konnten.

Aber auch bezüglich der Wärmeausnutzung trat den Gleichdruckturbinen gegenüber der erwartete Fortschritt ein. Abb. 8 zeigt das Diagramm für den verlustlosen Vorgang in einer Explosionsturbine, und dieser ergibt bei völliger Expansion der Treibgase einen Wirkungsgrad von etwa 45% unter der Voraussetzung, daß der Kraftbedarf für die Kompressoren, von denen aus gespült und geladen wird, aus der Abwärme gedeckt werden kann.

In Wirklichkeit ist allerdings der Gesamtwirkungsgrad derartiger Gasturbinen noch nicht über 18% hinausgekommen. Die in Abb. 9 dargestellte Bilanz läßt erkennen, wer diesen unerwartet hohen Verlust verschuldet. Es ist der immer noch gegenüber allen Kolbenmaschinen zu schlechte mechanische Wirkungsgrad von rd. 50% zwischen dem Arbeitsvermögen der Treibgase und der Wellenleistung.

Die Versuche von Schüle an der letzten Holzwarth-Turbine ergaben am Radumfang noch 25% von der im Brennstoff zugeführten Wärme, also müssen am Rad selbst nach erfolgter Entlassung der Treibgase aus dem Schaufelbereich erhebliche Bremskräfte wirksam sein. Diese Bremskräfte gehen anscheinend von der Spülluft aus, die, um wirk-

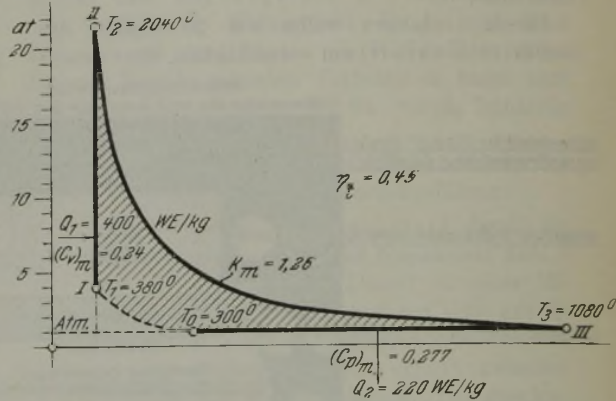


Abbildung 8. Diagramm der Explosionsturbine.

sam kühlen zu können, 4mal so lange durch die Laufschaufeln zu strömen haben wie die Feuergase, wie aus Abb. 10 hervorgeht. Da die Spülluft mit geringeren Geschwindigkeiten auf das Laufrad trifft als die Feuergase, aber dieselbe Schaufelung durchströmt wie die letzteren, muß sie stark bremsend auf das Laufrad wirken. Die Kühlwirkung, die bei allen trockenen Gasturbinen erforderlich ist, bringt also auch bei der Explosionsturbine hohe Kraftverluste, wenn auch nicht mehr in derselben Größenordnung wie bei den Gleichdruckturbinen.

Wie sieht nun das Gesamtergebnis dieser Entwicklung der trockenen Gasturbinen aus, gemessen an den Forderungen, nach welchen die Weiterentwicklung der Kraftmaschinen in Hüttenzentralen vor sich gehen muß?

Die trockene Explosionsturbine hat einen Gesamtwirkungsgrad von 18% erreicht und wird sicher noch etwas höhere Werte erzielen; sie kostet nach Angaben Holzwarths in großen Einheiten nur etwa ein Fünftel des Betrages, der für kleinere

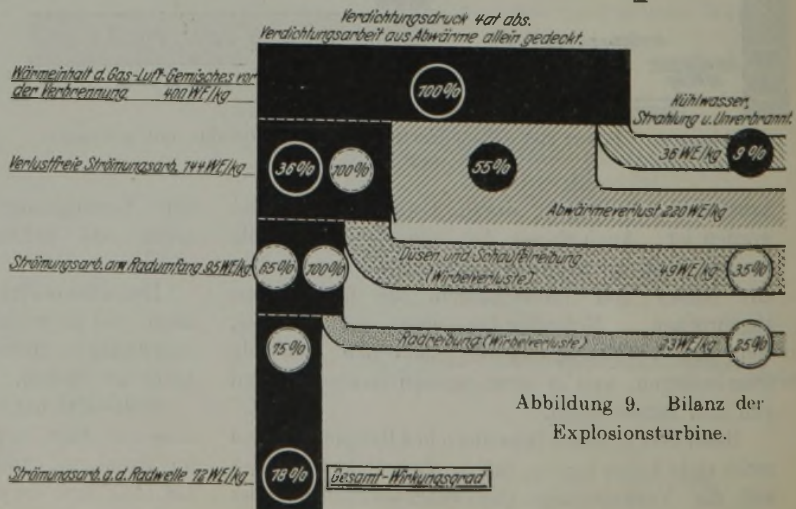


Abbildung 9. Bilanz der Explosionsturbine.

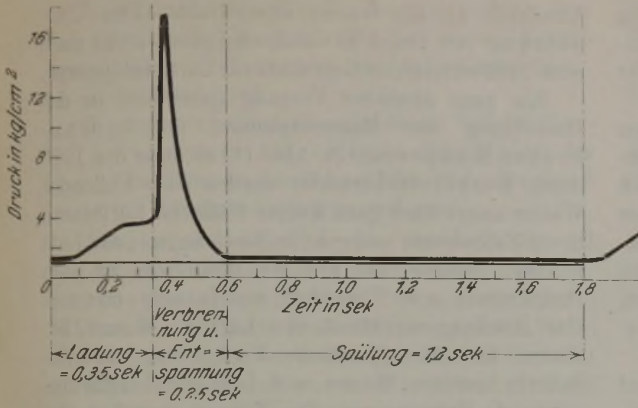


Abbildung 10. Druck-Zeit-Diagramm der Holzwarth-Turbine.

Aggregate von Kolbenmaschinen angelegt werden muß; sie wird also, mit überschüssiger Wärme arbeitend, die Selbstkosten der Stromerzeugung in der erwarteten Weise zu drücken vermögen; sie wird aber kaum die Betriebssicherheit und Einfachheit von Wasserturbinen erzielen.

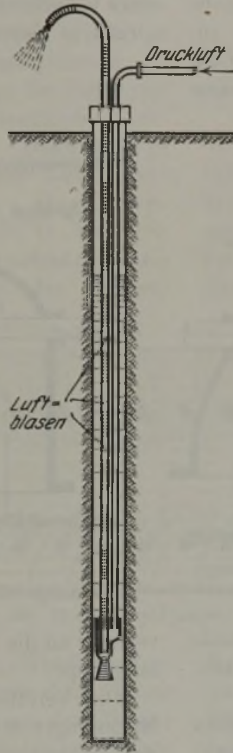


Abbildung 13. Luftblasenpumpe.

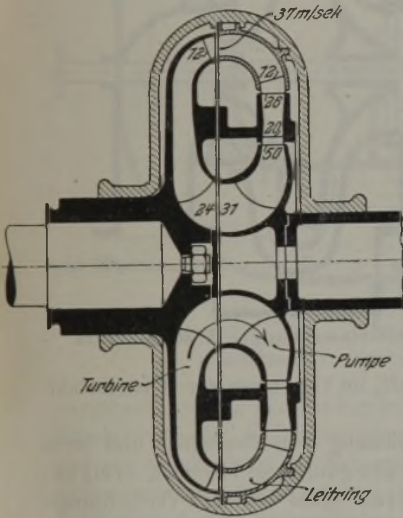


Abb. 11. Föttinger-Transformator.

Diese läßt sich nur mit der nassen Gasturbine erreichen, in welcher als Triebwerk, d. h. als Vermittler der Kraftübertragung aus dem Verbrennungsraum an die Welle strömendes Wasser benutzt wird, wenn dieses Triebwerk Wasser die folgenden Bedingungen erfüllt:

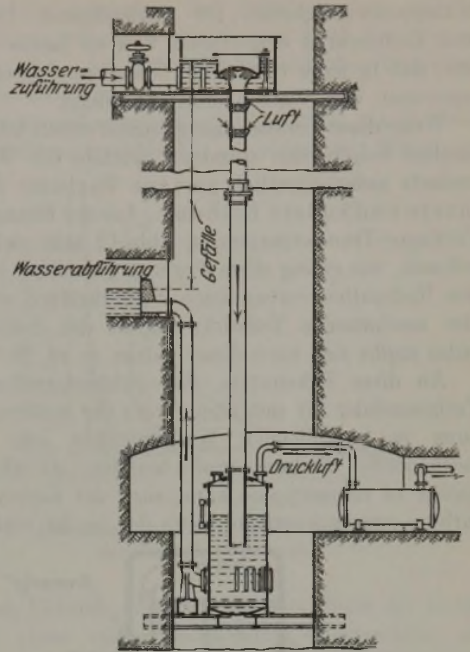


Abbildung 14. Luftblasenkompressor.

1. einen besseren mechanischen Wirkungsgrad als die trockenen Gasturbinen ermöglicht,
2. die Laufräder gegen Wärmeeinflüsse unempfindlich macht und trotzdem keine höheren Wärmeverluste verursacht, als sie die trockene Explosionsturbine zeigt;
3. die Verdichtung der Ladung selbst besorgt;
4. keine Steuerorgane im Wasserweg verlangt.

Diese Bedingungen kennzeichnen den Entwicklungsgang der nassen Gasturbinen, der im folgenden beschrieben sei.

2. Die nassen Gasturbinen.

Daß das strömende Wasser ein ganz vorzügliches Triebwerk darstellen kann, hat Föttinger mit seinem Transformator bewiesen, in welchem bekanntlich das Wasser als Kupplungsmittel zwischen zwei Wellen verschiedener Umlaufzahl benutzt wird. Abb. 11 zeigt einen derartigen Transformator in einfachster Form, und er erreicht einen mechanischen Wirkungsgrad von 85 % und darüber.

Dieser überraschend hohe Wirkungsgrad eines Getriebes, das aus Schleuderpumpe und Radialturbine besteht, hängt damit zusammen, daß im Kreislauf des Wassers von der Pumpe über einen Leitring zur Turbine nirgends Geschwindigkeit in Druck verwandelt wird, auch nicht im Leitring, daß also die in den Leitkanälen gewöhnlicher Schleuderpumpen unvermeidlichen Ablösungswirbel vermieden werden. In Abb. 11 sind die Ein- und Aus-

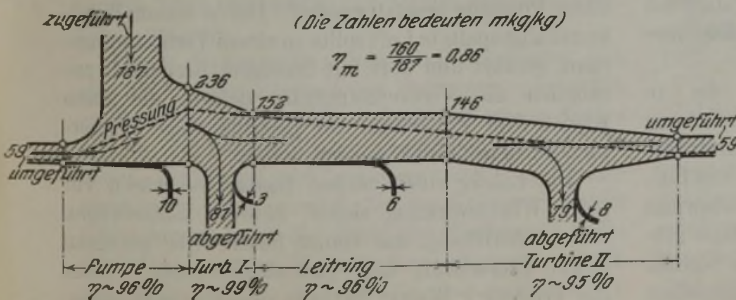


Abbildung 12. Energiebilanz eines Föttinger-Transformators.

trittsgeschwindigkeiten für Schleuderrad, Leitring und Turbinenrad eingetragen, und sie lassen erkennen, daß in jeder Staffel die Wassergeschwindigkeit gegenüber den Kanalwänden zunimmt.

Wenn diese Voraussetzung einmal erfüllt ist, dann ergeben sich in den einzelnen Staffeln des Wasserradumschlags außerordentlich geringe Verluste durch innere und äußere Reibung. Aus der Bilanz eines Föttinger-Transformators in Abb. 12 läßt sich entnehmen, wie gering diese Verluste gegenüber den in den Radspalten vorhandenen Wasserkraften werden. Der mechanische Teilwirkungsgrad des Schleuderrades ergibt sich nach dieser Bilanz zu rd. 95 %.

An diese Erkenntnis, daß Schleuderräder und Turbinenräder für sich allein trotz der äußeren Reibung in umhüllenden Wasserräumen sehr hohe mechanische Wirkungsgrade besitzen, ist also zunächst zu erinnern; sie kann auch der nassen Gasturbine zugute kommen, wenn der in ihr wirksame

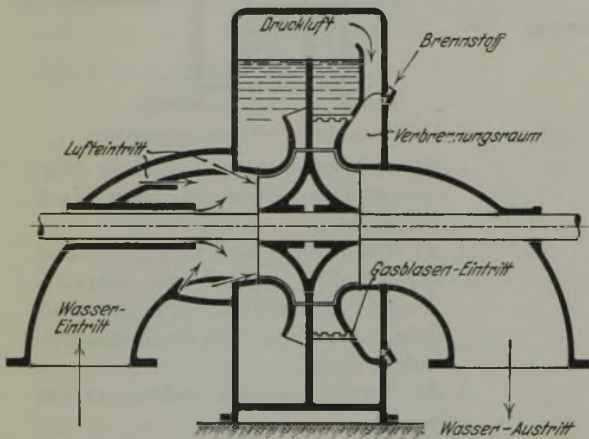


Abbildung 15. Gasblasen-Turbine Stauber-Weißenberg 1911.

Druckluft an das Wasser erfolgt also ohne Umkehrung von Druck in Geschwindigkeit, somit auch ohne Stoßverluste, im Gegensatz zur Luftstrahlpumpe.

Ein ganz ähnlicher Vorgang spielt sich in der Umkehrung der Mammutpumpe, im hydraulischen Kompressor (s. Abb. 14) ab, über den 1910 durch Bernstein berichtet worden ist. Fallendes Wasser saugt nach ganz kurzer Fallhöhe Luftblasen in ein Fallrohr ein und geht in Mischung mit der Luft in einen Behälter am Fuß des Fallrohres, wo sich Druckwasser und Druckluft voneinander trennen. Das Mischungsverhältnis von Luft zu Wasser bestimmt hier die erreichbare Verdichtung, und im Fallrohr nehmen Wasser und Luft gleichzeitig zunehmende Pressung an. Das Wasser überträgt also seine Gefällskraft ohne vorherige Umkehrung von Druck in Geschwindigkeit, somit auch ohne Stoß

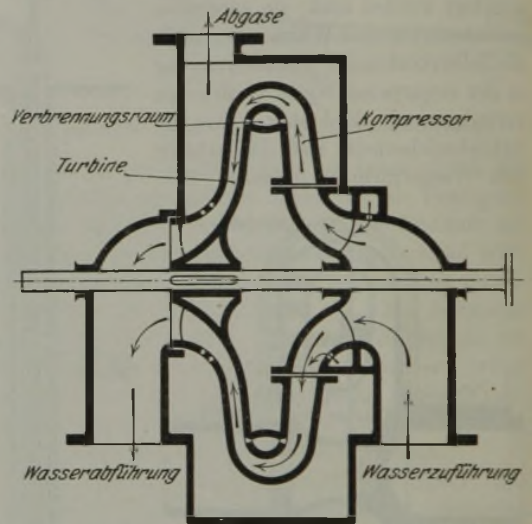


Abbildung 16. Gasblasen-Turbine Föttinger 1913.

Wasserkörper nach gleichen oder ähnlichen Grundsätzen behandelt wird wie im Föttinger-Transformator.

Nun kommt es nur noch darauf an, in der nassen Gasturbine die Energie von Verbrennungsgasen mit möglichst geringen Wärmeverlusten an das Triebwerk Wasser zu übertragen. Dafür sind zwei Wege möglich, die auch in bekannten Arbeitsmaschinen bereits besprochen worden sind. Man kann Gaskraft entweder durch Einmischen der Gase in Blasenform an das Wasser übertragen, oder auch durch Oberflächenwirkung. Der ersten Möglichkeit entspricht die Mammutpumpe, der zweiten die Humphrey-Pumpe. Beide darf ich als bekannt voraussetzen, will aber trotzdem ihre Eigenarten kurz erörtern.

Das Wesen der Mammutpumpe, die in Abb. 13 dargestellt ist, besteht in der Einmischung von Druckluftblasen in ein unter Wasser mündendes Steigrohr. Je nach dem Gewichtsverhältnis von Luft und Wasser beim Eintritt in das Steigrohr entspricht dessen Tauchtiefe einer bestimmten, jedenfalls größeren Steighöhe. Luft und Wasser steigen deshalb gleichzeitig nach oben, wobei die eingeschlossenen Luftblasen expandieren. Die Energieabgabe von der

verluste an die Luft, im Gegensatz zur Wasserstrahl-Luftpumpe.

Die Veröffentlichung von Bernstein und seine Mitteilungen über den günstigen, bis 95 % steigenden Wirkungsgrad eines solchen Verdichtungs-vorganges, bezogen auf adiabatische Verdichtung, haben den in Abb. 15 dargestellten Plan einer Gasblasen-Verbrennungsturbine veranlaßt. In dieser Turbine sollten sich die Einzelvorgänge der Mammutpumpe und des hydraulischen Kompressors innerhalb von Rädern anstatt in stillstehenden Rohren abspielen. In der Schleuderpumpe sollte Luft mit Wasser angesaugt und in Mischung mit ihm unter Pressung gesetzt werden. Die in einem Windkessel abgespaltete Luft sollte zu einem Verbrennungsraum geführt und dort mit flüssigem Brennstoff zusammen die Verbrennungsgase liefern, die dann wieder dem Preßwasser im Leitring einer Wasser-turbine beigemischt werden sollten.

Die Läufer einer solchen Gasturbine wären vor jeder Wärmewirkung sicher, bewegte Steuerungen wären überflüssig, das Ganze besäße eine geradezu ideale Einfachheit und Betriebssicherheit. Aber das Triebwerk Wasser hätte in dieser Verwendungsart zwei bedenkliche Eigenschaften:

1. der mechanische Wirkungsgrad des umlaufenden Wassers wäre in dieser Kombination viel schlechter als im Föttinger-Transformator, und
2. ginge vermutlich ein erheblicher Teil der Gaswärme vor der völligen Expansion der Gasblasen an das Wasser über und wäre damit für das Kreisverfahren verloren.

Diese nasse Gasturbine wäre wohl so billig und so betriebssicher wie eine Wasserkraftmaschine, aber es käme nur ein sehr kleiner Teil der zugeführten Wärme als verfügbare Kraft zur gemeinsamen Welle. Aus diesem Grunde wurde der Plan auch nicht weiter verfolgt; er bedeutet nur einen Abschnitt auf dem Weg zu besseren Lösungen.

Von den beiden erwähnten Fehlerquellen dieser Bauart läßt sich nun die eine vermeiden, wenn sich die Wasserführung an diejenige des Föttinger-Transformators anlehnt. Dann gelangt man zur Föttingerischen Gasblasenturbine (s. Abb. 16), deren Laufrad den Verbren-

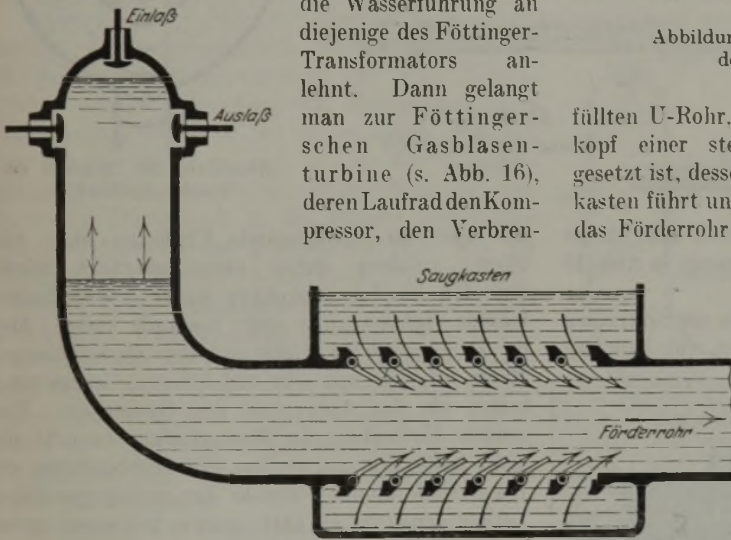


Abbildung 17. Schema der Humphrey-Pumpe.

nungsraum und die Turbine vereinigt. Windkessel zur Abscheidung des Brenngemisches aus dem Wasser und zur Abscheidung der Feuergase aus dem Wasser sind vermieden, ebenso wie ein Diffusor hinter dem Schleuderrad des hydraulischen Kompressors; die Abscheidung soll während der Strömung erfolgen, ohne daß dabei das Wasser seine Raumgeschwindigkeit einbüßt. Das ist eine Frage für sich ebenso wie diejenige des Wärmeüberganges aus den Gasblasen an das Wasser. Man wird diesen letzteren sehr hoch veranschlagen, wenn man sich an den raschen Wärmeaustausch zwischen Dampf und Kühlwasser in den Schleuderrädern von Dampfblasencondensatoren erinnert.

Durch Einmischen von Gasblasen wird sich also die Expansionsarbeit von Feuergasen vermutlich nicht mit hinreichend niedrigen Wärmeverlusten an ein Triebwerk Wasser übertragen lassen. In dieser Beziehung viel günstiger und mechanisch nicht viel schlechter wird aber das Triebwerk nasser Gasturbinen, wenn die Kraft der Treibgase an die Oberfläche von Wasserkolben abgegeben wird, wie es in der Humphrey-Pumpe geschehen ist. Diese Pumpe hat seinerzeit eine viel zu geringe

Beachtung gefunden; ihr Arbeitsvorgang und ihr Wirkungsgrad dürften heute nur noch wenigen geläufig sein. Ich will deshalb auch die Humphrey-Pumpe hier kurz erörtern.

In der einfachsten Form besteht sie, entsprechend dem Schema in Abb. 17, aus einem mit Wasser ge-

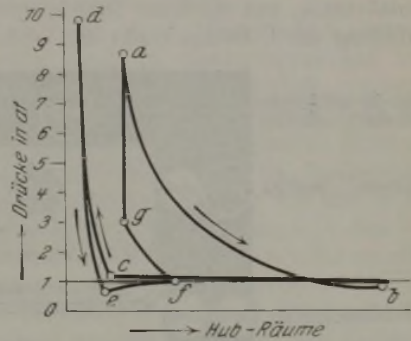


Abbildung 18. Druck-Raum-Diagramm der Humphrey-Pumpe.

füllten U-Rohr, dem auf der einen Seite der Ventilkopf einer stehenden Viertakt-Gasmaschine aufgesetzt ist, dessen wagerechter Teil durch einen Saugkasten führt und dessen zweiter senkrechter Schenkel das Förderrohr darstellt. Die Auspuffventile öffnen selbsttätig nach innen, werden vom Wasser geschlossen und beeinflussen in einer etwas verwickelten gegenseitigen Verbindung auch die Einlaßventile. Die Oberfläche des Wassers spielt auf der Gasseite die Rolle einer Kolbenfläche.

Der Expansionshub setzt die Wasserfüllung des ganzen Rohres in eine Bewegung, die bei der Erreichung des atmosphärischen Druckes im Verbrennungsraum noch nicht beendet ist; infolgedessen strömt, während die Wasseroberfläche auf der Gasseite stehen bleibt und die Auslaßventile sich selbsttätig öffnen, so lange neues Wasser aus dem Saugbehälter in das U-Rohr ein, bis dessen Gesamthalt unter dem Einfluß des Gegendruckes der Förderseite zur Ruhe gekommen ist.

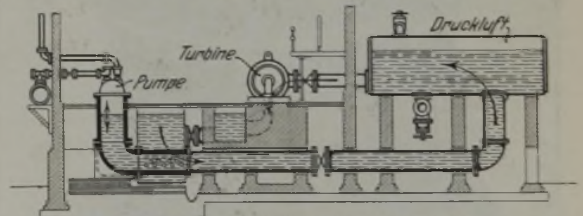


Abbildung 19. Humphrey-Turbine.

Dieser Gegendruck wirkt aber weiter und bringt deshalb die Wasserfüllung des U-Rohres zum Zurückschwingen. Solange die Auslaßventile dabei geöffnet bleiben, strömen die Abgase aus; ihr Rest wird nach dem vom Wasserkolben bewirkten Abschluß der Auslaßventile in einem Pufferraum verdichtet, und der wachsende Pufferdruck bringt die Wassersäule zum Stillstande.

Der gleiche Pufferdruck veranlaßt dann ein nochmaliges Ausschwingen des Wasserkolbens gegen den unveränderten Gegendruck der Förderseite; dabei erfolgt zunächst die Rückexpansion des Auspuffrestes und darüber hinaus das Eintreten frischen Gemisches nach dem selbsttätigen Öffnen der Einlaßventile, und ein neues Zurückpendeln der Wasserfüllung des U-Rohres ergibt die Verdichtung

Humphrey-Turbinenanlage, Abb. 19, die angeblich einmal ausgeführt worden ist.

Warum auch eine solche Anlage keine brauchbare Lösung des Gasturbinenproblems darstellen kann, muß erläutert werden.

Man könnte vermuten, daß die Wasseroberfläche

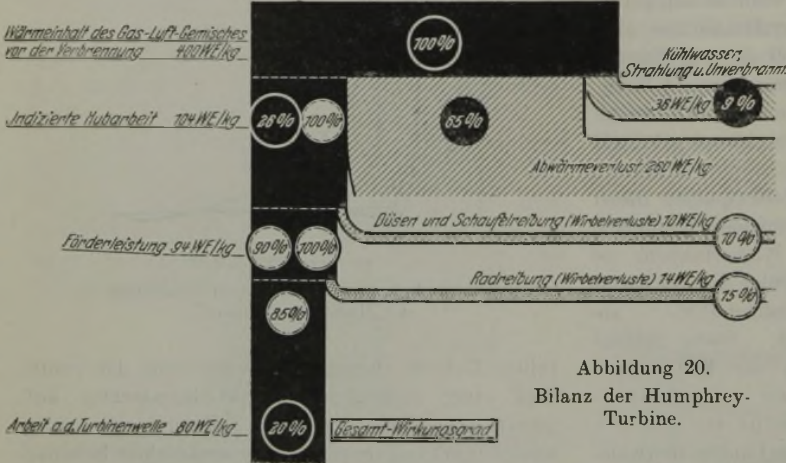


Abbildung 20. Bilanz der Humphrey-Turbine.

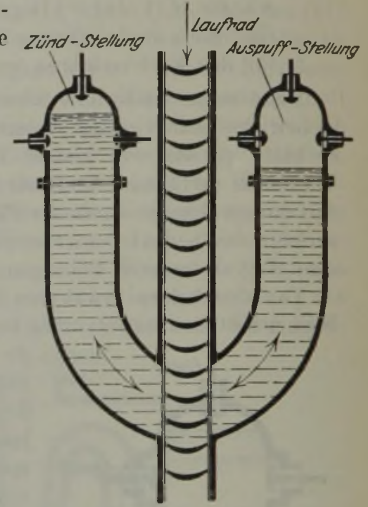


Abbildung 22. Schema der Pendelrohr-Turbine.

des angesaugten Gemisches im vierten Hub dieses eigenartigen Viertaktes, dessen Diagramm in Abb. 18 dargestellt ist.

Diese Humphrey-Pumpe kann nun zur Speisung eines Windkessels benutzt werden, von dem aus

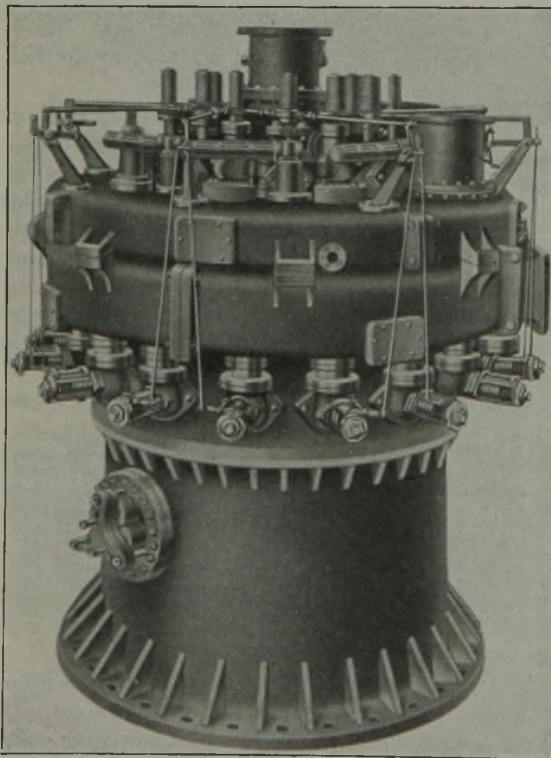


Abbildung 21. Ventilkopf einer 250-PS-Humphrey-Pumpe.

das ruckweise geförderte Wasser hinreichend gleichmäßig über eine Niederdruck-Wasserturbine zum Saugbehälter zurückkehrt; dann entsteht die

die über ihr stattfindende Explosion nicht verträglich, sondern dabei zerschmettert würde, und daß im Zusammenhang damit eine ordnungsmäßige Hubbewegung nicht zustande käme. Aber der Druckausgleich erfolgt in einem abgeschlossenen Raum offenbar mit sehr viel höheren Geschwindigkeiten als das Abbrennen des Gemisches. Eine örtliche Einbeulung des Wasserkolbens braucht also nicht befürchtet zu werden, die Hubbewegung der Wassersäule nimmt vielmehr den rechnermäßigen Verlauf genau so, als hätte man es mit einem metallischen Kolben zu tun.

Es könnte auch vermutet werden, daß in einem vom Wasser bespülten Zylinder der Wärmeübergang aus den Feuergasen an die Wände und den Wasserkolben während der Verbrennung und der Entspannung so groß sei, daß ein sehr schlechter thermischer Wirkungsgrad entstünde. Aber der Wasserkolben ist ein schlechter Wärmeleiter und nimmt während der Verbrennung und Entspannung nicht mehr Wärme auf als die Explosionskammern der Holzwarth-Turbine.

Bezüglich der Wärmeausnutzung würde also die Humphrey-Turbinenanlage durchaus den früher festgelegten Forderungen entsprechen können. Ihr Hauptteil, die Pumpe, ist baulich gut durchgebildet und in mehreren Ausführungen wissenschaftlich untersucht worden, und es kann nach den Versuchen von Eugen Meyer nicht mehr bezweifelt werden, daß sich allem Vorurteil zum Trotz im geförderten Wasser rd. 23% der Gaswärme als Leistungsgegenwert nachweisen läßt. Die Gesamtanlage bekäme damit ungefähr eine Bilanz nach Abb. 20, aus der ein Gesamtwirkungsgrad von 20% hervorgeht.

Auch die Betriebssicherheit der Gesamtanlage käme derjenigen einer Wasserturbine schon

sehr nahe, denn der einwandige Ventilkopf kennt keine Wärmestauungen wie der Zylinder einer Kolbengasmaschine.

Wenn diese Humphrey-Turbine trotzdem wieder nichts anderes sein kann als eine bemerkenswerte Vorstufe für die nasse Großgasturbine, so hat dies den gleichen Grund, der auch die Humphrey-Pumpe als solche wirtschaftlich nicht aufkommen ließ; sie würde viel höhere Anlagekosten ergeben als selbst die teuerste Kolbengasmaschine.

Die Auflösung der Wasserfläche, ihr Zerspritzen beim Uebergang von der Verdichtung des Gemisches auf die Entspannung der Verbrennungsgase und damit die Vergrößerung der Wärmeverluste auf unerträgliche Höhe lassen sich nur dann verhindern, wenn die pendelnde Gesamtmasse des Wasserkolbens so groß gemacht wird, daß ihre Beschleunigung stets unter der Erdbeschleunigung bleibt.

Dieses zuerst von Noack ausgesprochene Gesetz bedingt aber sehr erhebliche Massen und niedrige Hubzahlen des Wasserkolbens; für eine 250-PS-Pumpe muß beispielsweise die Rohrleitung einen Durchmesser von 2 m bei 25 m Länge erhalten, und der Ventilkopf (s. Abb. 21) ist mit 24 selbsttätigen Ventilen auszurüsten, die allerdings nur etwa 11 bis 12 Arbeitsspiele in der Minute auszuführen haben. Damit ist die Humphrey-Pumpe und die Humphrey-Turbine wirtschaftlich unmöglich.

Die zu hohen Anlagekosten einer nach Humphrey arbeitenden Turbinenanlage hängen auch damit zusammen, daß das von den Gasen bewegte Wasser seine Kraft nicht unmittelbar während seines Pendelhubes abgeben kann, sondern zu diesem Zweck das Pendelrohr verlassen muß. Der Umweg des Wassers über Windkessel und Saugkasten verteuert die Anordnung.

Die Humphrey-Turbine ist also zwar noch keine brauchbare Lösung des Gasturbinenproblems, aber sie liefert doch wertvolle Gesichtspunkte für die Entwicklung der nassen Gasturbine; wir wissen jetzt:

1. pendelnde Wasserkolben sind wärmetechnisch und in bezug auf ihren mechanischen Wirkungsgrad ein besseres Triebwerk als dasjenige der trockenen Gasturbine;
2. um die Gesamtanordnung billiger zu machen, ist es nötig, die Kraftabgabe des Wasserkolbens während seiner Pendelung vorzunehmen;
3. um geringe Anlagekosten und große Maschinenleistungen zu erzielen, ist es nötig, höhere Beschleunigungen der Kolbenflächen und größere Hubzahlen zu ermöglichen.

Die Bedingung, ohne Benutzung von Windkesseln dem pendelnden Wasser die ihm von den Treibgasen übertragene Kraft abzunehmen, führt zur symmetrischen Anordnung von zwei Verbrennungsräumen an den beiden Enden eines U-Rohres und zur Durchführung des Zweitaktverfahrens über jeder der beiden freien Wasserflächen. Abb. 22 zeigt das Schema der Pendelrohr-Turbine von Dunlop.

Die in dieser Bauart ausgesprochene Absicht ist leicht verständlich. Der Unterschied zwischen

der Expansions- und Kompressionsarbeit soll unmittelbar während der Pendelung des Wasserkolbens an Laufschaufeln abgegeben werden, die pendelnde Masse soll dabei unverändert bleiben. Ebenso leicht verständlich ist aber auch die Unbrauchbarkeit der baulichen Durchbildung dieses an sich richtigen Gedankens.

Wenn man einen Wasserkolben von gleichbleibender Masse im Beharrungszustand zwischen zwei Verbrennungsräumen innerhalb symmetrischer Grenzlagen pendeln lassen will, so kann man — um die Zusammenhänge zunächst im Schema anzudeuten — etwa in die Mitte des Pendelrohres eine Drosselvorrichtung einschalten, wie dies in Abb. 23 angenommen ist. Die Drosselung ist in den Totlagen des Kolbens unwirksam, und sie wirkt am stärksten bei dessen größter Geschwindigkeit. Sobald die durch Drosselung vernichtete Arbeit dem Kraftunterschied zwischen Expansions- und Kompressions-

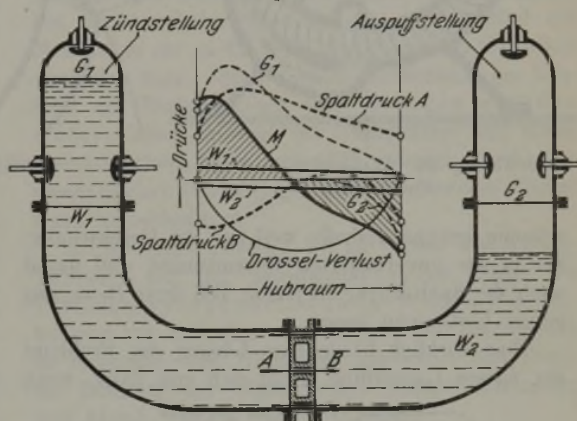


Abbildung 23. Schema der Energieentziehung beim Pendeln durch Drosseln.

arbeit gleicht, pendelt der Wasserkolben aus seiner Anfangslage in die symmetrische Endlage.

Aus dieser einfachen Ueberlegung geht hervor, daß die Energieentziehung während des Pendelns von zusammenhängenden Wasserkolben nur aus einer Pressungsentziehung bestehen kann, auch dann, wenn die entzogene Kraft nicht durch Drosselung vernichtet wird, sondern mit Hilfe von Laufschaufeln an eine Turbinenwelle übertragen werden soll. An den beiden Seiten der Laufschaufeln sind dann während der Pendelung des Kolbens genau wie beiderseits der Drosselvorrichtung wechselnde Spaltdrucke und von einer Seite zur anderen wechselnde Druckefälle vorhanden.

Das Laufrad einer solchen Turbine hätte also Ueberdruckschaufeln zu erhalten. Auch müßten deren Winkel an jedem Punkt des Radumfangs den wechselnden Pendelgeschwindigkeiten entsprechend verschieden sein. Außerdem müßten die an das Rad anliegenden Wasserrohre wegen der Verschiedenheit der absoluten Wasserwege für Hin- und Rückgang des Kolbens zweiteilige Anschlußkanäle mit Steuerungen besitzen.

So einfach die Dunlopsche Anordnung auf den ersten Blick aussieht, so verwickelt würde die praktisch brauchbare Ausführung, und selbst wenn diese

befriedigend zu lösen wäre, dann bliebe immer als wichtigster wirtschaftlicher Nachteil die Unmöglichkeit höherer Hubzahlen und großer Leistungen, genau wie bei der Humphrey-Pumpe.

Gesund ist in ihr außer der Benutzung eines pendelnden Wasserkolbens als Triebwerk nur der Grundgedanke, diesem die übertragene Kraft unmittelbar während der Pendelung abzu-

Schleuderwirkung, und sie bleibt nach einem naheliegenden Schluß so lange intakt, als ihre Beschleunigung unter der Schleuderbeschleunigung bleibt. Da diese ein Hundertfaches der Erdbeschleunigung sein kann, ermöglichen sich sehr hohe Hubzahlen des Wasserkolbens, ohne daß seine Oberfläche schäumt und spritzt.

Der in diesem Zusammenhang ungemein wertvolle Gedanke, Gasdrücke auf sich drehende Wasser-

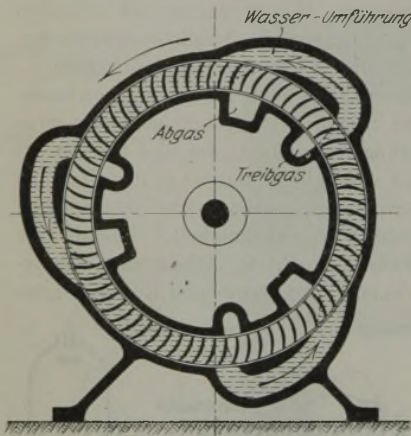


Abbildung 24. Wasserring-Turbine Prazil 1893.

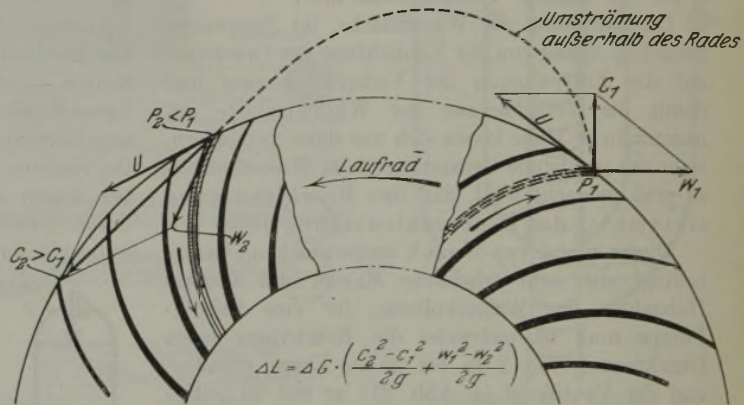


Abbildung 25. Schema der Energieentziehung bei der Umföhrung.

nehmen, gesund deshalb, weil sich die Geschwindigkeiten der unveränderten Gesamtmasse und damit auch die Spaltdrücke in jedem Teil ihrer Bewegung genau bestimmen lassen.

Eine wirklich brauchbare Lösung des Problems der nassen Gasturbine ergibt sich erst dann, wenn

kolben wirken zu lassen, stammt meines Wissens von Professor Prazil; jedenfalls kommt er in dem Schema seiner Wasserring-Turbine Abb. 24 erstmalig zum Ausdruck. In dieser Turbine soll Wasser unter dem Einfluß von Gas- oder Dampfdrücken aus den Zellen eines Laufrades austreten und über

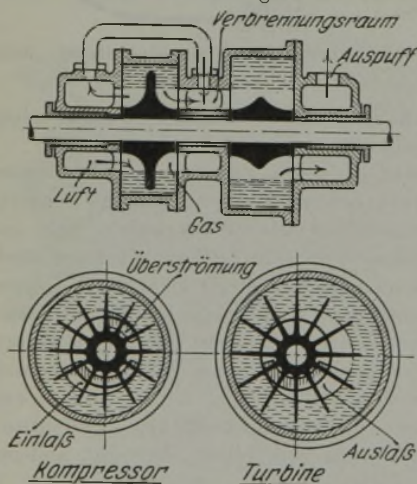


Abbildung 26. Wasserring-Turbine Nash 1905.

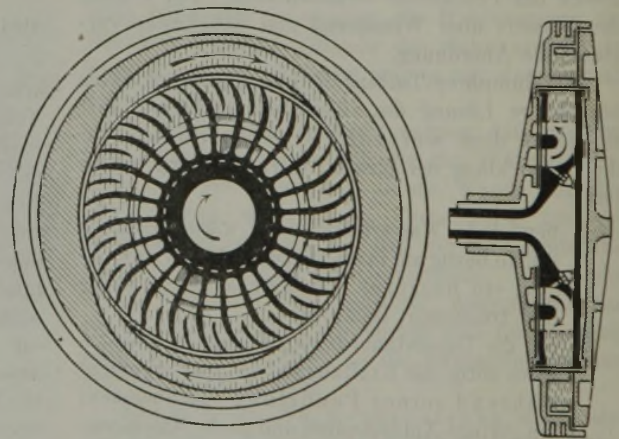


Abbildung 27. Wasserring-Turbine Schöner-Schnell 1916.

zu dem Gedanken von Humphrey, die Gaskraft an pendelnde Wasserkolben abzugeben, und zu dem Gedanken von Dunlop, ihr den übertragenen Kraftunterschied unmittelbar während der Pendelung wieder abzunehmen, noch der weitere Gedanke hinzukommt, die Hubbewegung des Wassers in den rotierenden Zellen von Laufrädern vor sich gehen zu lassen.

In diesem Fall unterliegt die Oberfläche eines Wasserkolbens neben der Gasdruckwirkung noch der

einen Umleitkanal auf gleichem Umfang gegen niedrigere Gegendrücke von Gasen in das nämliche Rad zurückkehren, wobei es den Unterschied der positiven und negativen Gasarbeiten an das Rad abzugeben hat.

Das Wasser hat bei dieser Art der Kraftentziehung beim Eintritt ins Rad und beim Austritt aus ihm ein und dieselbe Schaufelung zu benutzen. Die Stellen des Aus- und Eintritts stehen unter verschiedenen Gasdrücken. Somit werden auch die mittleren Spalt-

drücke dort, wo das Wasser in den Umleitkanal eintritt, höher sein als dort, wo es aus ihm in das Rad zurückströmt. Die Kraftentziehung aus dem Wasser muß also wie in der Dunlop-Turbine mit einer Pressungsentziehung identisch sein, d. h. mit einer Umsetzung von Druck in Geschwindigkeit innerhalb des Umleitkanals. Die rückwärts gekrümmten Laufschaufeln entsprechen diesem in Abb. 25 erläuterten Gesetz.

Der Prazilsche Gedanke findet sich wieder in der Bauart von Nash (s. Abb. 26), sowohl für Gleichdruck- als auch für Explosionsturbinen, zugleich mit einer besonders für Zweitaktvorgänge vorzüglichen Anordnung der Steueröffnungen für Ein- und Auslaß der Gase in den feststehenden Deckeln des Gehäuses, denen gegenüber sich die umlaufenden Radzellen selbst steuern.

Und schließlich findet sich der gleiche Prazilsche Grundgedanke wieder in der Wasserring-Turbine von Schöner-Schnell (s. Abb. 27) neben der besonderen Absicht, den Wasserring dadurch vor dem Zerreißen zu schützen, daß das Wasser innerhalb des Umführungskanals zunächst unter erhöhten Druck gesetzt wird, bevor die der Kraftabgabe an das Rad entsprechende Druckumsetzung in Geschwindigkeit erfolgt.

Ich habe natürlich nicht die Absicht, einen Patentbericht vorzutragen, aber die Eigenarten der nassen Gasturbine in der Form, die ich ihr zu geben versuche, sind ohne die Besprechung des Systems der Wasserring-Turbinen nicht verständlich.

Diese Wasserring-Turbinen von Prazil und seinen Nachfolgern besitzen eine verblüffende Einfachheit des Triebwerkes, der Wasserführung und der Steuerung. Es besteht auch nicht der geringste Zweifel, daß sich die in der Humphrey-Pumpe praktisch erprobte Kraftübertragung aus Verbrennungsgasen gleich vorteilhaft in umlaufenden Verbrennungsräumen gegenüber umlaufenden Wasserkolben wiederholen lassen wird. Es bleibt also nur übrig, für einen möglichst hohen mechanischen Wirkungsgrad der Kraftentziehung aus dem pendelnden Wasser zu sorgen.

Gerade in dieser Beziehung bringt aber die Wasserumführung in einer Ebene, wie sie der Wasserring-Turbine eigentümlich ist, einen beachtenswerten Nachteil. Man kann für den Beharrungszustand der belasteten Turbine theoretisch die Größen und Richtungen der absoluten Geschwindigkeiten feststellen, mit denen das Wasser an den einzelnen Punkten am Radumfang in den Umführungskanal eintritt, und man kann ebenso die Größe und Richtung der absoluten Geschwindigkeiten feststellen, mit denen das umgeführte Wasser aus dem Leitkanal wieder stoßfrei in das Laufrad zurückkehren sollte, aber man kann die einzelnen Druckgefälle für die innerhalb des Umführungskanals übereinander fließenden Wasserschichten nicht beherrschen.

Ganz besonders gilt dies für die äußerste und innerste Wasserschicht im Umleitkanal. Dort, wo das Wasser aus dem Laufrad auszutreten beginnt,

und dort, wo sein Wiedereintritt beendet sein soll, sind die Relativgeschwindigkeiten gegenüber den Radschaufeln gleich Null, die Raumgeschwindigkeiten also gleich der Umfangsgeschwindigkeit und tangential zum Radumfang. Das gleiche gilt auch für die innerste Wasserschicht des Umleitkanals. Diese Randschichten benötigen also theoretisch keine Geschwindigkeitszunahmen außerhalb des Laufrades, werden sie aber in den gemeinsamen Umführungsraum, den z. B. die Nash-Turbine zeigt, und der Gebiete höheren Spaltdrucks mit solchen geringeren Drucks verbindet, trotzdem bekommen. Der Wiedereintritt des umgeführten Wassers wird sich also nicht ohne Stoßverluste erzielen lassen.

Derartige Kraftverluste am Umfang des Laufrades sind aber deshalb sehr bedenklich, weil das Arbeitsvermögen des Wassers im Radspalt nicht nur die Gasarbeit, sondern auch die Schleuderarbeit enthält, und weil schon die Geschwindigkeitskraft des Wassers beim Wiedereintritt in das Rad ein Mehrfaches der an die Welle abzuführenden Gasarbeit darstellen kann. Stoß- und Wirbelverluste am Umfang des Rades können also, bezogen auf den Unterschied zwischen der Expansions- und Kompressionsarbeit, sehr erheblich werden und den mechanischen Wirkungsgrad des Triebwerkes Wasser stark verschlechtern.

Unbedingt gesund ist an diesen Wasserring-Turbinen nur der Grundgedanke von Prazil, die Oberflächen von pendelnd umlaufenden Wasserkolben zur Aufnahme und Abgabe von Gasarbeiten zu benutzen, weil Humphrey gegenüber erst durch die Drehung der Wasserkolben höhere Hubzahlen und kleine Massen möglich werden.

Prazil selbst hat, wie er mir mitteilte, diesen Gedanken nicht weiter verfolgt. Mir aber schien er, als ich ihn durch die Schöner-Schnell-Turbine kennenlernte, so aussichtsreich, daß ich mich entschloß, meine eigenen Arbeiten an der nassen Gasturbine wieder aufzunehmen und sie an die Gedankengänge von Prazil und Humphrey anzulehnen.

In der Absicht, für die Wasserbewegung in der Turbine dieselbe Klarheit zu gewinnen, die diesbezüglich in der Humphrey-Pumpe besteht, gelangte ich zur Umkehrung der Dunlopschen Pendelrohr-Turbine. In dieser sollte, wie erwähnt, ein Wasserkolben von unveränderlicher Gesamtmasse und unveränderlichem Zusammenhang zwischen zwei ruhenden Verbrennungsräumen durch eine bewegte Laufschaufelung im Zweitakt hin- und herpendeln. In meiner Pendelring-Turbine, deren Schema in Abb. 28 dargestellt ist, pendeln dagegen umlaufende Wasserkolben von unveränderlicher Gesamtmasse und unveränderlichem Zusammenhang zwischen umlaufenden Verbrennungsräumen durch einen festen Leitring hin und zurück.

Die Eigenarten dieses Arbeitsvorganges, verglichen mit denjenigen der vorher besprochenen nassen Gasturbine, sind die folgenden:

1. Der einzelne Wasserkolben steckt als Doppelkolben gleichzeitig in zwei rotierenden

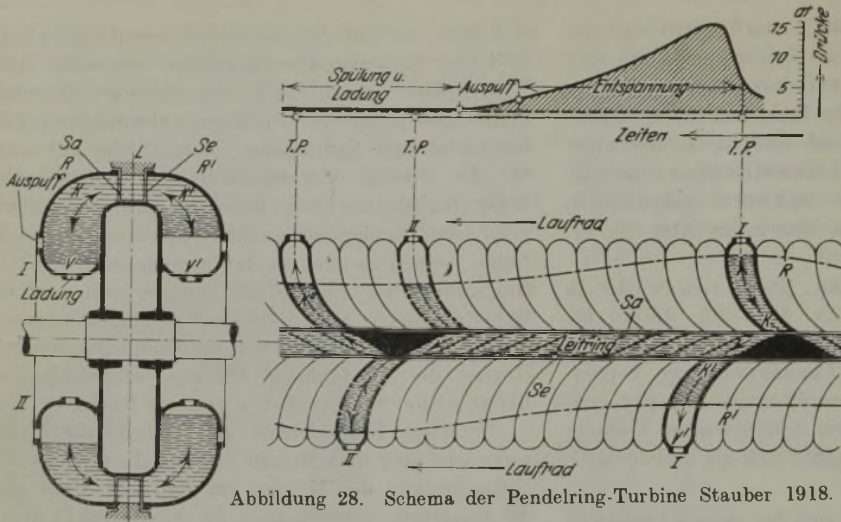


Abbildung 28. Schema der Pendelring-Turbine Stauber 1918.

Laufzellen beiderseits des Leitringes und behält beim Pendeln seinen Zusammenhang und seine Masse unverändert.

2. Mit der einen der beiden Oberflächen nimmt der einzelne Wasserkolben Expansionsarbeit aus den auf ihn wirkenden Gasen auf, mit der anderen gibt er Verdichtungsarbeit an frisches Gemisch ab.
3. Der Unterschied der beiderseitigen Gasarbeiten wird während des Pendelns mit Hilfe der Ueberdruckschaukelung des festen Leitringes an die Welle abgeliefert, und zwar werden dabei von den einzelnen Wasserkolben nacheinander immer neue Teile des Leitringes zum Uebertritt benutzt.
4. Die Kraftabgabe mit Hilfe des feststehenden Leitringes bedingt genau wie im Schema des Dunlopschen Pendels (Abb. 22) eine Pressungsentziehung aus dem einzelnen pendelnden Doppelkolben, und eine Geschwindigkeitssteigerung in den nacheinander zum Wasserübertritt benutzten Leitkanälen.
5. Der Spaltdruckverlauf am Radumfang besitzt denselben genau zu ermittelnden Verlauf wie derjenige im Schema des Dunlopschen Pendels in Abb. 23, der dem Einschalten einer Drosselscheibe zwischen die beiden Schenkel eines U-Rohres entspricht. Aus der Abb. 29, in welcher die theoretischen Diagramme der Pendelring-Turbine dargestellt sind, ist ersichtlich, daß die Spaltdrücke am Anfang und am Ende der Pendelbewegung unter sich gleich sind, die äußersten Schichten des übertretenden Wassers also theoretisch ebenso richtig übertreten können wie alle anderen.
6. Für jeden Teil des relativen Pendelhubes eines Doppelkolbens sind die Größen der jeweiligen Druckgefälle sowie die Richtungen der Uebertrittsgeschwindigkeiten genau bestimmbar. Am Umfang des Leitringes können also die einzelnen nacheinander von einem Doppelkolben zum Uebertritt benutzten Leitkanäle mit den unter sich verschiedenen Schaukel-

winkeln versehen werden, die dem stoßfreien Uebertritt des Wassers entsprechen.

7. Im Beharrungszustande der Turbine bestehen in jedem der einzelnen Leitkanäle fast unveränderliche Strömungen, denn jeder einzelne Doppelkolben besitzt an einer bestimmten Stelle des Leitringes genau die gleichen Geschwindigkeiten wie

seine Vorgänger und Nachfolger, wenn sie die nämliche Stelle durchlaufen. Nur die endliche Zellenbreite bedingt kleine Abweichungen von diesem Idealzustande.

8. Das Rückschwingen eines Wasserkolbens erfolgt nicht zwischen denselben Verbrennungsräumen wie das Hinschwingen, sondern der Leitring verbindet an seinen Umschaltstellen jeweils neue Doppelkolbenteile miteinander, die jedoch wieder zur gleichen Gesamtmasse wie zuvor zusammengekoppelt werden.

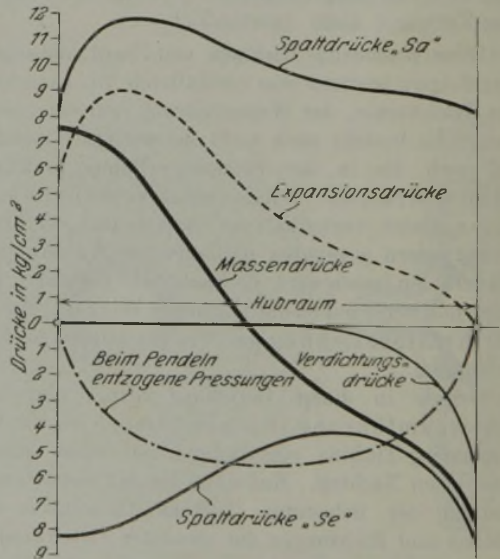


Abbildung 29. Druck-Raum-Diagramm der Pendelring-Turbine.

9. Die Gesamtheit aller Doppelkolbenräume bildet ein Doppelrad mit zwei Schaufelssystemen, deren Schaukelwinkel durch den an die Welle abzuliefernden Unterschied zwischen der Expansions- und Kompressionsarbeit bestimmt sind. Innerhalb der Radzellen liegen unter den pendelnden Doppelkolben die Verbrennungsräume, die sich gegenüber Lade- und Auspußschlitzen in den Gehäusedeckeln steuern.

10. Die Gesamtheit aller Doppelkolben bildet im Raum einen pendelnden Wasserring, der während der Drehung des Rades zwischen den beiden Radhälften hin- und hergeschoben wird.

Mit Hilfe dieses Arbeitsverfahrens lassen sich die brauchbaren Gedanken von Humphrey, Dunlop und Prazil vereinigen, die entweder bereits praktisch erprobt sind wie die Gaswirkung auf Wasserkolben in der Humphrey-Pumpe, oder die sich ohne weiteres als richtig erkennen lassen, wie etwa die Drehung der Wasserkolben als Sicherheit gegen das Zerspritzen ihrer Oberflächen bei hohen Hubzahlen.

Ohne Kenntnis der Humphrey-Pumpe, der Grundsätze der Kraftentziehung aus strömendem Wasser und der für beide geltenden Gesetze ist das Arbeitsverfahren meiner Pendelring-Turbine allerdings nicht zu verstehen. Es wurde deshalb auch von Anfang an ganz verschieden bewertet, von völliger Ablehnung bis zu einer rückhaltlosen Zustimmung; dazwischen lag verantwortungsscheue Zurückhaltung. Oberflächlichkeit und Unverstand fanden sehr vieles auszusetzen.

Zunächst wurde erklärt, eine solche Turbine könne überhaupt keine positive Arbeit leisten, denn die Explosion eines Gemisches über einer Wasserfläche gleiche dem Schlage mit einem Brett. Dem ist entgegenzuhalten, daß die Humphrey-Pumpe niemals 23 % Gesamtwirkungsgrad erreicht hätte, wenn die Oberfläche ihres Wasserkolbens durch die Explosion der Treibgase zerschmettert worden wäre. Es handelt sich nur darum, den gleichen Vorgang, der sich in ihr abspielt, relativ in umlaufenden Zellen zu wiederholen, um wärmetechnisch dasselbe Ergebnis zu erhalten.

Dann wurde vorausgesagt, die Wasserkolben müßten sich bei 500 minutlichen Umläufen zu Schaum zerschlagen. Auch das wird durch die Humphrey-Pumpe widerlegt. Die Turbine sichert sich den Oberflächenzustand der Humphrey-Kolben durch hinreichende Schleuderbeschleunigung. Es sollte nicht allzu schwer fallen, den logischen Schluß von der Erdauf die Schleuderbeschleunigung zu verstehen.

Eine andere Befürchtung betraf das Anlassen der Turbine; man erklärte, sie würde sich nicht vom Antrieb freimachen können, weil ihr die Selbsterregung fehle. Gedankenlosigkeit, nichts weiter! Die Turbine benötigt natürlich, wie jede Explosionsmaschine, fremden Antrieb, und zwar von der Welle her mit einer zur Bildung des Wasserrings hin-

reichenden Umlaufzahl; gleichzeitig wird ihr zündfähiges Gemisch zugeführt und entzündet, ohne eigentliche Vorverdichtung. Da der Hub der einzelnen Doppelkolben durch die Wasserfüllung festgelegt wird, entspricht der einsetzenden Expansion der Verbrennungsgase eine bestimmte Gasarbeit, die an die Wasserkolben übertragen wird. Sobald sie größer ist als die inneren Widerstände der Kolbenbewegung, muß sich die Turbine mit dem Ueberschuß beschleunigen, vom Antrieb freimachen und in einer höheren Umlaufzahl ins Gleichgewicht kommen. Voraussetzung dafür ist nur, daß das Ladegemisch aus atmosphärischem Druck einen hinreichenden mittleren Druck zu entwickeln vermag, um den Pendelvorgang der Doppelkolbeneinzuleiten, der dann von selbst zur Verdichtung des Gemisches und zur allmählichen Steigerung der mittleren Drücke in den Verbrennungsräumen führt.

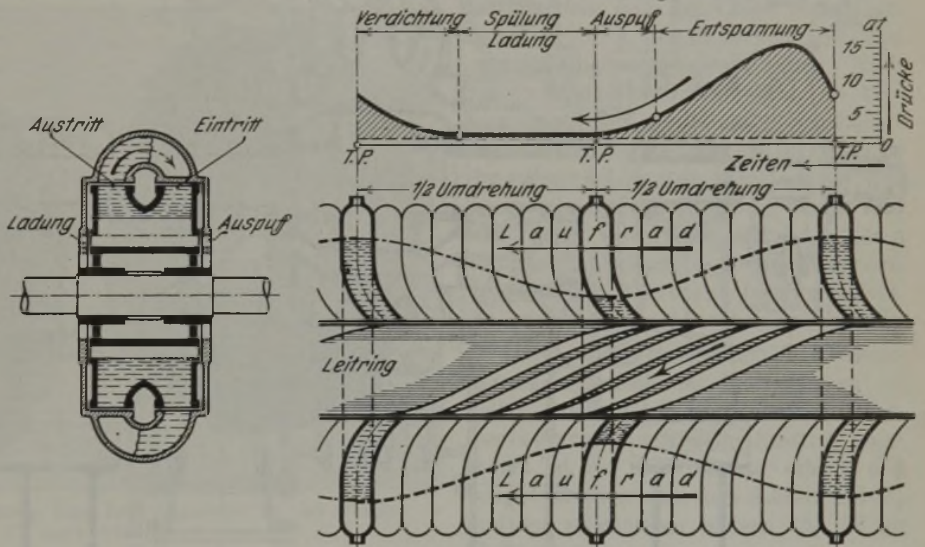


Abbildung 30. Strömungsschema der Versuchsturbine I.

Dann wurde bezweifelt, ob es möglich sein würde, ein Gasmisch in Gegenwart von Wasser mit Hilfe von Zündkerzen zu zünden, und es wurde darauf hingewiesen, daß Zündkerzen bei Anfeuchtung sofort versagen. Die Turbine stellt allerdings an Zündkerzen noch höhere Anforderungen als die Humphrey-Pumpe, denn der Wasserring fällt beim Abstellen des Betriebes in sich zusammen und benetzt die heißgewordenen Kerzen. Ihre Isolatoren müssen diese Abschreckung vertragen, und ihr Zündstrom muß stark genug sein, um Wasserbrücken auf dem Isolator mit Sicherheit zu durchschlagen. Derartige Kerzen lassen sich aber bauen, und sie wurden gebaut.

Ein anderer Zweifel bezog sich auf die Brenngeschwindigkeit des Gasmisches. In einer mit 26 Zellen versehenen Turbine müssen sich bei 500 minutlichen Umläufen die Zündungen in $\frac{1}{200}$ sek folgen, und das verführt leicht zu falscher Vorstellung. Der einzelne Verbrennungsraum des Rades entspricht aber selbst bei zweimaliger Zündung je Umdrehung demjenigen einer 1000tourigen Zweitaktmaschine, die doch als Kleinmaschine nichts

Außergewöhnliches ist, und er verlangt eine mittlere Brenngeschwindigkeit von nicht mehr als 5 bzw. 10 m/sek. Nun haben allerdings die Versuche mit ruhenden Gemischen viel niedrigere Brenngeschwindigkeiten ergeben, aber im Betrieb besitzen die Gasgemische noch höhere mittlere Brenngeschwindigkeiten, worauf besonders Holzwarth schon hingewiesen hat.

Auch die Wärmeverluste aus den Treibgasen an die Zellenwände und den Wasserkolben hat man als viel zu hoch bezeichnet und sich dabei auf die ungünstige Form der langgestreckten Verbrennungs-

Und schließlich glaubte man voraussagen zu dürfen, daß die Kraftverluste der pendelnden Wasserkolben innerhalb ihrer Zellen, diejenigen des strömenden Wassers in den Leitkanälen und diejenigen des Rades innerhalb des umgebenden Gehäusewassers so groß würden, daß nur ein sehr mäßiger mechanischer Wirkungsgrad zu erwarten wäre. In dieser Beziehung ist ein Hinweis auf den Föttinger-Transformator am Platze. Sein Wirkungsgrad wird in einer Pendelring-Turbine selbstverständlich nicht zu erreichen sein, aber die Vorausberechnung ihrer Kraftverluste durch Reibung ergibt

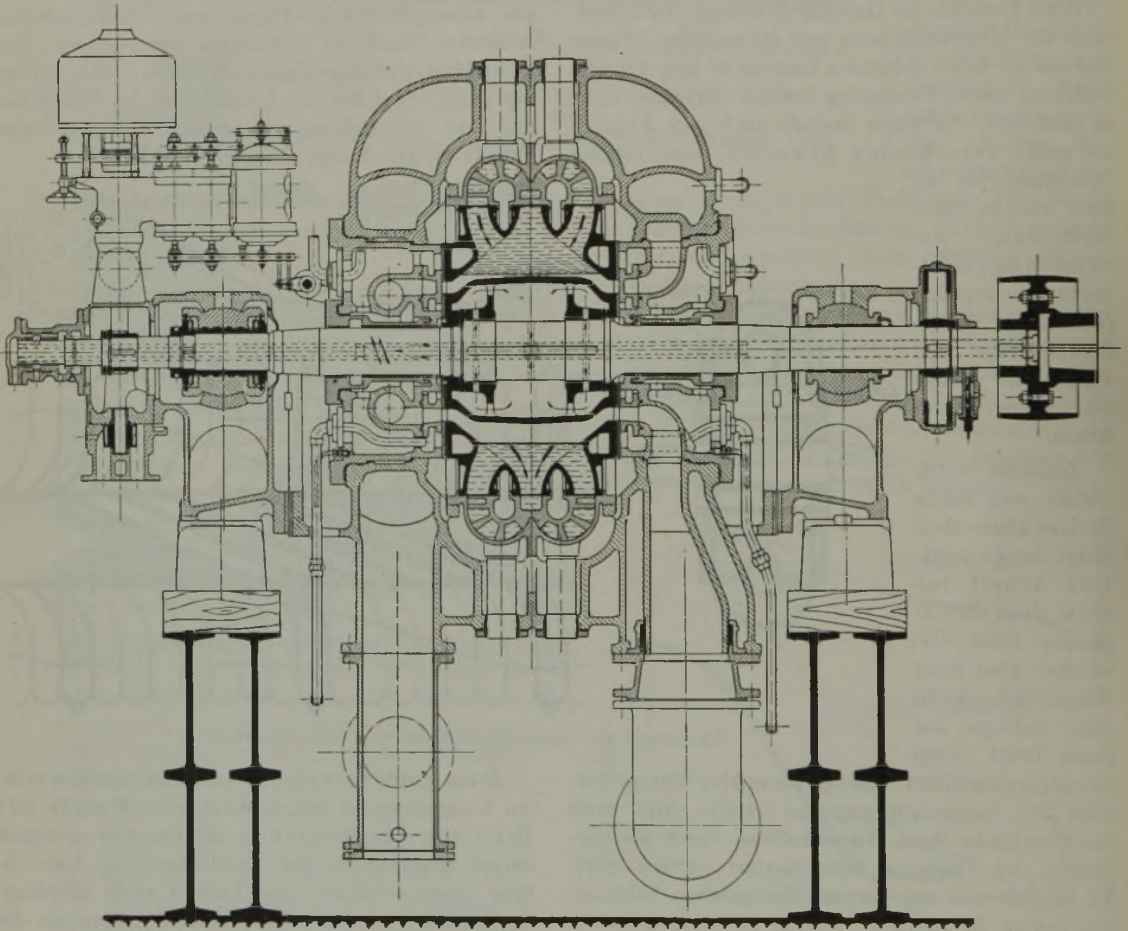


Abbildung 31. Pendelring-Turbine I für Druckluftbetrieb.

räume in der Turbine gegenüber denjenigen in Kolbenmaschinen gestützt. Wieder kann die Humphrey-Pumpe, die man bei uns viel zu wenig studiert hat, zur Widerlegung dieses Vorurteils herangezogen werden. Ihr Gesamtwärmeverlust an Wandung und Wasser während der Verbrennung und Expansion der Treibgase läßt sich ziemlich genau bestimmen, und aus ihm die Konstanten für den Wärmeübergang aus den Gasen an Wand und Wasser. Die Nachrechnung der Turbine ergibt mit den gefundenen Werten keine größeren prozentualen Wärmeverluste als für die Pumpe; das ungünstigere Verhältnis von Oberfläche zu Inhalt wird für die Turbine durch die viel höhere Impulszahl unschädlich gemacht.

unter Benutzung der für den Transformator geltenden Koeffizienten einen mechanischen Wirkungsgrad von rd. 65 %. Selbst wenn er wirklich nicht höher würde als derjenige der trockenen Explosionsturbinen, nämlich 50 %, müßte die Einfachheit der Pendelring-Turbine Anreiz genug sein, um sie aufs genaueste auszuprobieren.

Alle diese Einwände beruhen also entweder auf Unkenntnis oder Vorurteil, beide in ihren verschiedenartigen Auswirkungen gleich schädlich für die Stimmung, von der die Entwicklung der neuen Kraftmaschine umgeben war.

Nur ein einziger in der Öffentlichkeit stehender Fachmann, noch dazu ein Kollege, hat sich bisher die Mühe genommen, meine Turbine selbst völlig

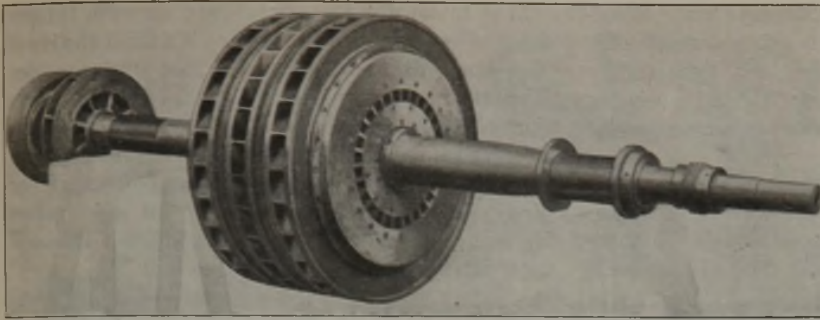


Abbildung 32. Laufrad zu der Turbine nach Abb. 31.

durchzurechnen und sich öffentlich zur Richtigkeit meines Gedankenganges zu bekennen. Es war Professor Stodola, dem ich für dieses wissenschaftliche Zeugnis sehr großen Dank schulde und hiermit bekunde.

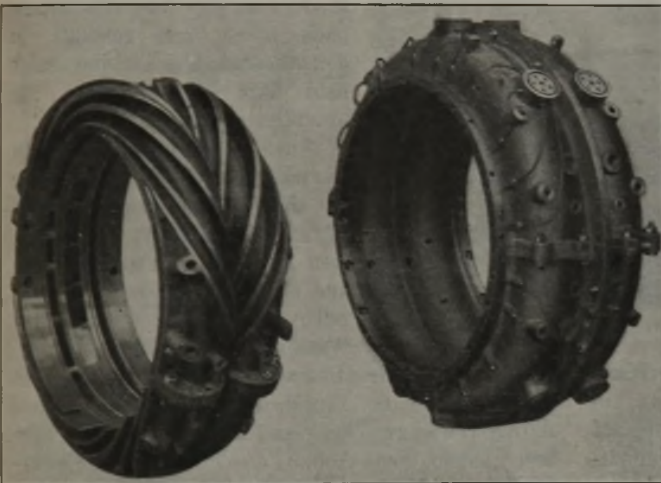


Abbildung 33. Leitring und Leitringmantel zu der Turbine nach Abb. 31.

Allerdings hat auch Stodola große bauliche Schwierigkeiten bei der Durchführung des an sich einwandfreien Arbeitsvorganges der Pendelring-Turbine befürchtet, und dabei wohl in erster Linie an die Steuerung der umlaufenden Verbrennungskammern und ihre Zündung gedacht. Um dies zu widerlegen, könnte ich jetzt schon die letzte Form meiner Turbine vorführen, mit der die nächste Versuchsreihe in hoffentlich nicht allzu ferner Zeit durchgeführt werden soll, und die baulich nicht die geringsten Schwierigkeiten mehr enthält. Ich wollte aber heute nicht nur meine Gedankengänge schildern, sondern auch über die Erfahrungen berichten, die inzwi-

schen mit der Pendelring-Turbine gemacht wurden.

Die Erörterung der bisherigen baulichen Entwicklung dieser Turbine ist allerdings gleichbedeutend mit dem Eingeständnis schwerer Blindheit. Wem das nicht selbstverständlich erscheint, wer sich vielmehr daran gewöhnt hat, immer nur Kritik an den Leistungen

Fremder zu üben, der möge sich einmal selbst an der Verwirklichung eines abseits vom allgemeinen Weg liegenden Gedankens versuchen.

Der ersten Ausführung vom Jahre 1920 war das Strömungsschema Abb. 30 zugrunde gelegt mit Leitschaufeln von der Länge einer Leitradteilung, d. h. der Entfernung zwischen zwei Umschaltstellen im Leitring. Nach diesem Schema wird ermöglicht, die Verbrennungsräume zweier axial gegenüberliegenden Radzellen zu vereinigen und ihnen gemeinsame Steuerung und Zündung zu geben. Zu jedem der so entstandenen Verbrennungsräume gehören also zwei Laufschaufeln, von denen die eine das pendelnde Wasser zum Leitring schiebt, die andere es später aus ihm zurückerhält.

Um eine möglichst gleichmäßige Wasserführung innerhalb der Radzellen zu erhalten, wurde der Wiedereintritt des Wassers symmetrisch zum Austritt angeordnet, d. h. das Laufrad erhielt drei Schaufelarten, wie aus dem Schnitt Abb. 31 und den zugehörigen Bildern Abb. 32 bis 35 hervorgeht.

In den Deckeln beiderseits des Laufrades waren die Steuerschlitze für die Gasarbeitsräume untergebracht. Die seitliche Abdichtung des Rades gegenüber diesen Deckeln war Lochlabyrinth übertragen.

Mit dieser Erstaussführung einer Pendelturbine wurden in den Jahren 1922 und 1923 zunächst einmal Vorversuche mit Druckluft durchgeführt, und

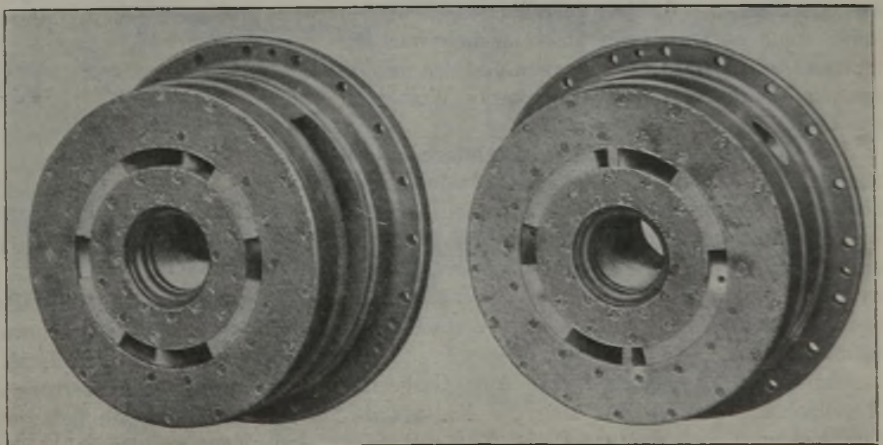


Abbildung 34. Deckel mit Steuerschlitzen zu der Turbine nach Abb. 31.

zwar mit verschiedenen Luftpressungen und Umlaufzahlen. Die Versuche ergaben sofort wertvolle Bestätigungen für die Richtigkeit der dynamischen Grundlagen des Systems. Aus der Abb. 36, in welcher die Versuchsergebnisse teilweise zusammengestellt sind, geht hervor:

1. Es ist möglich, die Turbine mit geringen Gasarbeiten vom Antrieb freizumachen; dazu genügte bei 200 minutlichen Umläufen ein Luftüberdruck von 1,8 at mit 25 % Hubfüllung.

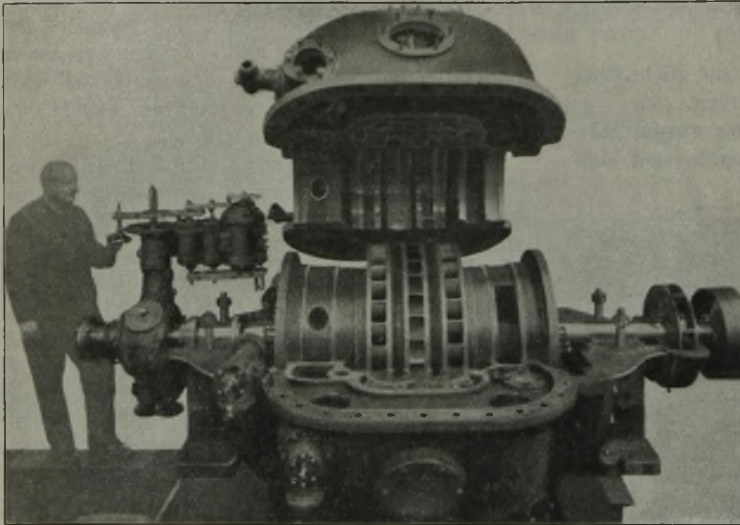


Abbildung 35. Turbine nach Abb. 31. Oberdeckel angehoben.

2. Es ist möglich, durch Vergrößerung der Gasarbeit die Umlaufzahl der Turbine im Leerlauf zu steigern; die Turbine sprang auf der Linie AB von selbst auf höhere Umlaufzahlen.
3. Es ist möglich, die Turbine aus dem Leerlauf zu belasten; sie ging auf der Linie BC dabei auf niedrigere Umlaufzahl und schickte positive Kraft zur Welle, anstatt wie im Leerlauf die ganze Gasarbeit durch Schaufelstöße zu vernichten.

Meines Wissens ist damit zum erstenmal der Nachweis erbracht worden, daß mit Hilfe von pendelnd umlaufenden Wasserkolben positive Kraft aus Gasen an eine Turbinenwelle übertragen werden kann, wenn es auch noch nicht möglich war, die inneren Gasarbeiten zu indizieren und den mechanischen Wirkungsgrad des Triebwerks Wasser zu ermitteln.

Diese Versuche mit Druckluft berechtigen zu dem Schluß, daß auch aus expandierenden Verbrennungsgasen positive Wellenarbeit zu gewinnen ist. Das Anlassen ist gesichert, wenn die ersten von atmosphärischem Druck ausgehenden Explosionen zu einer selbsttätigen Steigerung der Verdichtung und der mittleren Drücke in den Verbrennungsräumen führen.

Man durfte also daran denken, zum Gasbetrieb überzugehen; vorher mußte aber die Bauart der Turbine nach verschiedenen Richtungen verbessert werden.

Die Erstauführung ermöglichte vor allen Dingen keine Ueberwachung ihres Wasserinhaltes; Messungen der Spaltdrücke in den Totlagen der Wasserkolben erwiesen sich als unzuverlässig. Die Turbine mag deshalb bei den Druckluftversuchen gelegentlich mit sehr geringer Wasserfüllung gelaufen sein. Darauf weist auch der hohe Luftbedarf bei diesen Versuchen hin, der sich nur mit sehr großen Kolbenhüben und sehr großen schädlichen Räumen unter ihnen rechnerisch bestätigen läßt.

Ein weiterer Fehler der Erstauführung hatte seinen Grund in der ungenügenden seitlichen Abdichtung des Laufrades durch die Lochlabirynthe. Das Wasser zwischen Rad und Gehäuse drückte an den Stellen niedriger Gasdrücke, also insbesondere an den Auspuffschlitzen nach innen, und gelangte in den Auspuff. Die Turbine verlor bald ihre Wasserfüllung, sie pumpte sich leer.

Auch die gewählte Radform war nicht günstig. Die Anordnung von drei Schaufelsystemen ergibt zu viele Bremsflächen in den Räumen zwischen Rad und Gehäuse und überdies im Innern der Radzellen Ablösungen der pendelnden Wasserkolben von ihren Wänden.

Der notwendige Umbau der Turbine mußte sich zunächst auf die Einführung einer elastischen Abdichtung zwischen dem Laufrad und den Deckeln beschränken, die in Abb. 37 ersichtlich ist. Die mehrteiligen, seitlich angepreßten Dichtungsringe verlangten zwar Preßschmierung, erschienen auch

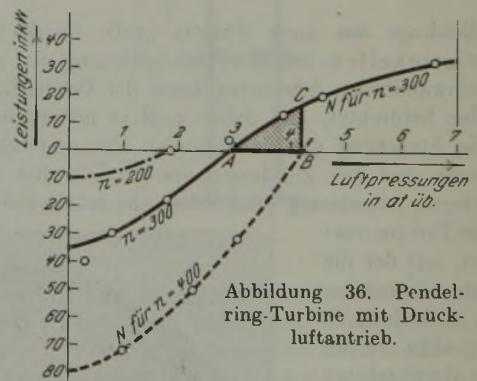


Abbildung 36. Pendelring-Turbine mit Druckluftantrieb.

sonst als höchst unerwünschte Erschwerung, sie brachten aber doch weitere sehr wertvolle Erkenntnisse.

Das mit Wasser gefüllte Rad arbeitet beim Antrieb durch den Anlaßmotor, bevor ihm Gasgemisch oder Spülluft zugeführt wird, als Kompressor. Nach der sorgfältigen Absperrung des Gehäusewassers von den Steuerschlitzen ließ sich die von den Wasserkolben erzeugte Druckluft mit einem Ueberdruck von rd. 1 at aus den Gehäusedeckeln abzapfen und erwies

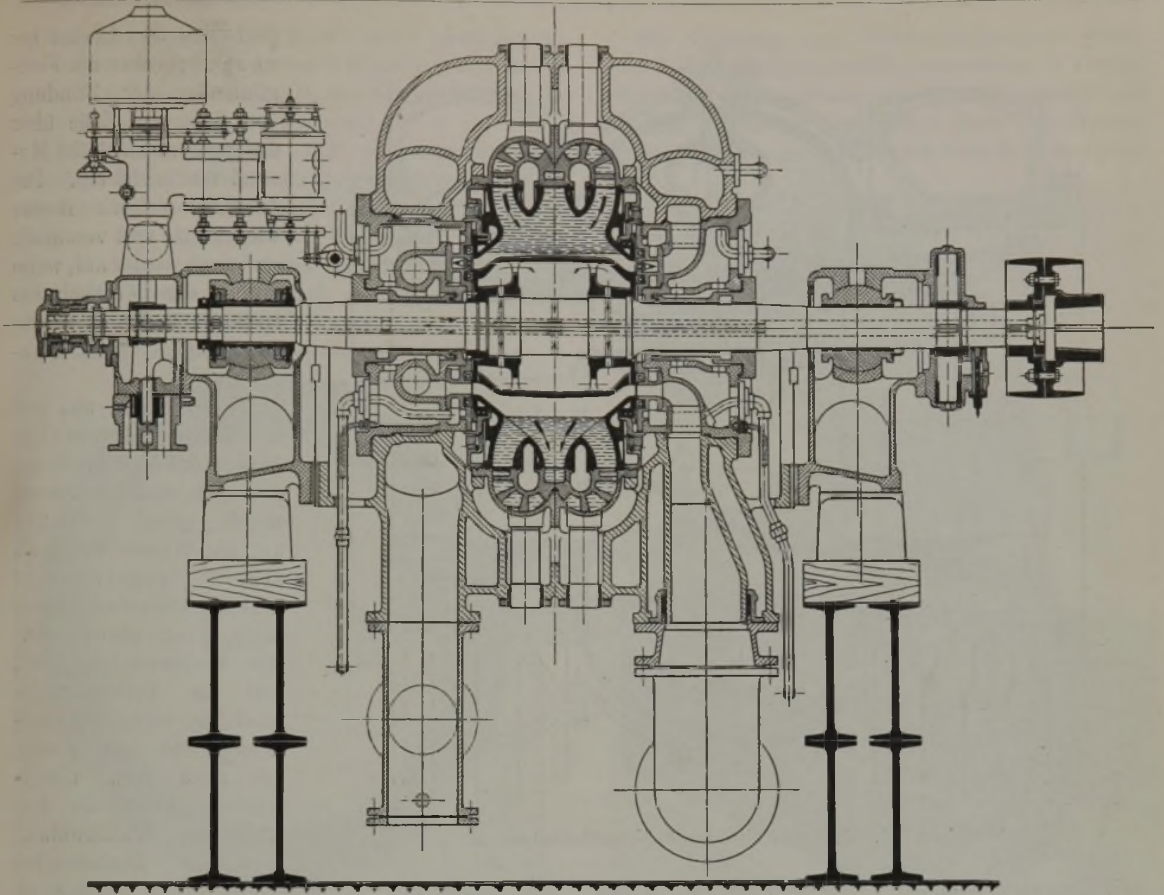


Abbildung 37. Pendelring-Turbine I für Gasbetrieb.

sich als vollkommen trocken. Damit war die Möglichkeit der spritzfreien Kolbenhübe auch praktisch bewiesen.

Die geförderte Druckluft enthielt erst dann mitgerissenes Wasser, wenn vor dem Verdichtungshub Spülluft durch die Radzellen geschickt wurde. Die Ursache für diese Erscheinung ist in der Abb. 37 zu erkennen. Der Spülstrom traf schräg auf die Oberflächen der Wasserkolben und zog dann mit den auch in Kolbenmaschinen üblichen hohen Spülgeschwindigkeiten über sie hinweg. Da eine solche Beanspruchung der Wasserflächen senkrecht zur Schleuderrichtung erfolgte, ist das Abreißen von Wasserteilchen und die Anfeuchtung des Spülstroms und der geförderten Druckluft zu verstehen. Man hatte also durch die sorgfältige Absperrung des Gehäusewassers von den Steuerschlitzen nur eine Quelle verstopft, von der die Anfeuchtung der Gasarbeitsräume ausgehen kann, und dafür eine zweite

gefunden, die man vorher nicht erkannt hatte. Diese konnte leider vor den Gasversuchen nicht mehr unschädlich gemacht werden.

So war also von vornherein zu erwarten, daß die Radform der ersten Turbine zu niedrige Explosionsdrücke des angefeuchteten Gemisches und zu geringe Gasarbeiten beim Anlassen ergeben würde; trotzdem wurde der Gasbetrieb in Angriff genommen,

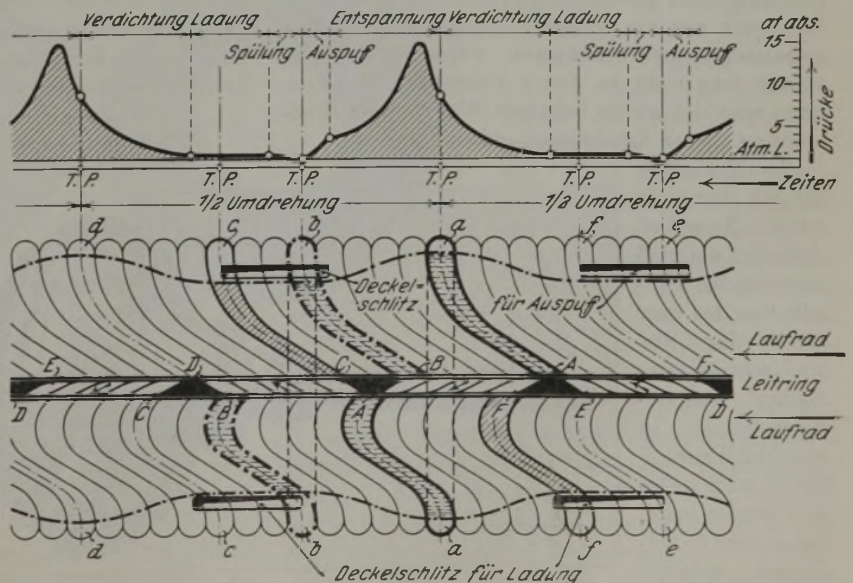


Abbildung 38. Strömungsschema der Turbine II.

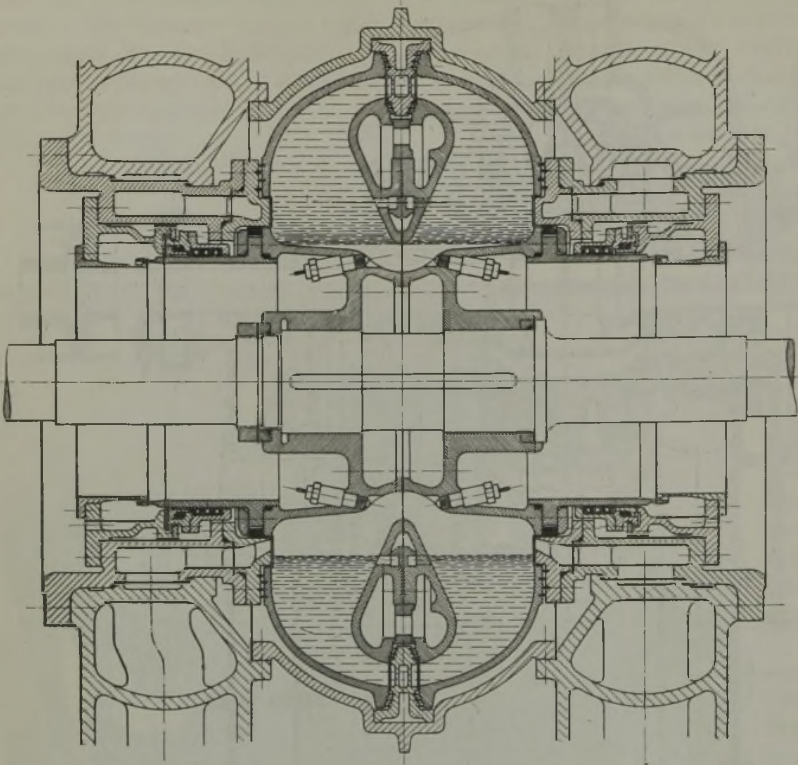


Abbildung 39. Längsschnitt durch Versuchsturbine II.

mit Leuchtgas und mit Zündungen aus den in den Deckeln angebrachten Zündmuscheln.

Diese Zündmuscheln waren als Nebenräume außerhalb des Laufrades mit Zündkerzen versehen, und sie überdeckten im Teilkreis der Radöffnungen mehrere Radzellen gleichzeitig. Die einzelnen Verbrennungsräume sollten im Vorbeiziehen von diesen Muschelräumen her gezündet werden und durch sie eine Zeitlang untereinander in Verbindung bleiben. Es wurde erwartet, daß nach der erstmaligen Entflammung eines Verbrennungsraumes von der äußeren Zündkerze aus die einzelnen Radzellen sich selbst gegenseitig weiterzünden würden, und man konnte sehr wohl zu dieser Vorstellung kommen, wenn man sich an die bekannte Wirkung der Zündrohre an älteren Klein-Gasmaschinen erinnerte.

Diese Erwartung hat sich aber nicht erfüllt. Zwar ließ sich erkennen, daß jede einzelne Radzelle von den quer durch das Rad hindurchziehenden Spül- und Gemischströmen in normaler Weise gespült und geladen werden kann, daß es auch grundsätzlich möglich wäre, einzelne

den Inhalt der nachfolgenden Zelle zünden zu können.

Auf Grund aller dieser Erfahrungen wurde der Bau eines neuen Rades für das gleiche Gehäuse in Angriff genommen, und zwar verbessert hinsichtlich des Strömungsschemas der pendelnden Wasserkolben, sowie hinsichtlich der Steuerung und Zündung der Verbrennungsräume.

Das neue Strömungsschema ist in Abb. 38 angedeutet. Seine Eigenart besteht dem vorigen gegenüber in der Verwendung von nur zwei Schaufelssystemen und in der Verwendung der aus gemeinschaftlichen Verbrennungsräumen herausführenden Schaufelenden um die Länge einer Leitradteilung. Dadurch erreicht man sehr kurze Leitschaufeln mit geringen Reibungsverlusten im überströmenden Wasser:

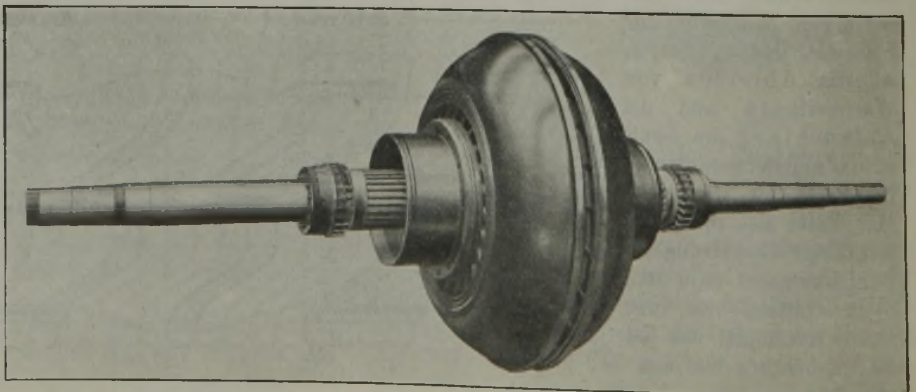


Abbildung 40. Laufrad zu der Turbine nach Abb. 39.

Radzellen vom Deckel her zu zünden, aber die Fortpflanzung der Zündung von Zelle zu Zelle über die gemeinschaftliche Muschel trat nicht ein. Die Zündung erlosch immer wieder und trat vereinzelt erst dann wieder auf, wenn vorher der Muschelraum entlüftet und mit neuem zündfähigem Gemisch angefüllt war.

Hieraus und aus den beobachteten niedrigen Explosionsdrücken wurde geschlossen, daß das Gasgemisch beim Auftreffen auf die Wasserflächen zu stark angefeuchtet wurde; es blieb wohl zündfähig, lieferte aber zu niedrige Verbrennungsdrücke, und die Verbrennungsprodukte waren anscheinend nicht heiß genug, um nach dem Überströmen durch die mit wirksamer Wandkühlung versehene Zündmuschel

gleichzeitiges Eintreten bzw. gleichzeitiges Austreten des pendelnden Wassers in den beiden Hälften einer Radzelle, also Vermeidung von inneren Ablösungen.

Die Steueröffnungen der Verbrennungsräume wurden dem Zweitaktverfahren entsprechend ganz ähnlich wie bei Zweitaktkolbenmaschinen in die äußere Hubhälfte der Wasserkolben verlegt, so daß sie vor der Gemischverdichtung von diesen überdeckt werden. Dadurch erzielt man, wie aus Abb. 39 bis 43 ersichtlich:

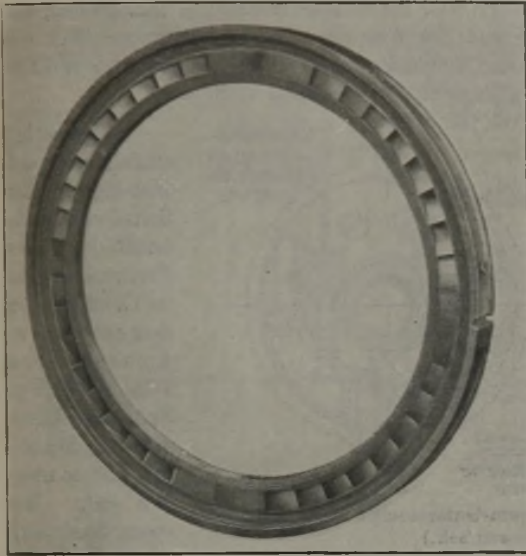


Abbildung 41. Leitring zu der Turbine nach Abb. 39.

die Ueberwachung der Wasserfüllung, denn der Ueberschuß an Ersatzwasser, das ständig zugeführt werden muß, entweicht durch die bis zum Hubende geführten Auspuffschlitze:

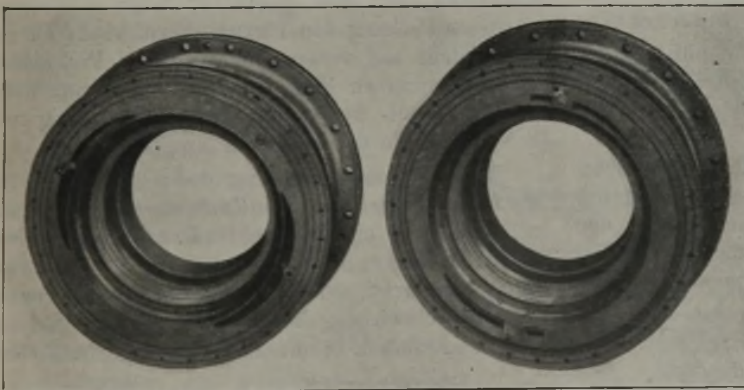


Abbildung 42. Deckel mit Steuerschlitzen zu der Turbine nach Abb. 39.

bessere Schonung der Wasserflächen durch den Spül- und Ladestrom, der bei seinem Eintritt vom Wasserspiegel ferngehalten wird; Vermeidung von Radabdichtungen im Feuerbereich, denn die Verdichtung des Gasgemisches, seine Zündung und der größte Teil der Entspannung geht unter Wasserabschluß vor sich.

Die Zündung der Verbrennungsräume wurde durch Zündkerzen bewirkt, von denen je zwei in jedem Verbrennungsraum untergebracht waren und mit ihm umliefen. Die Bauart dieser Zündkerzen mußte allerdings erst auf die für eine Turbine nötige

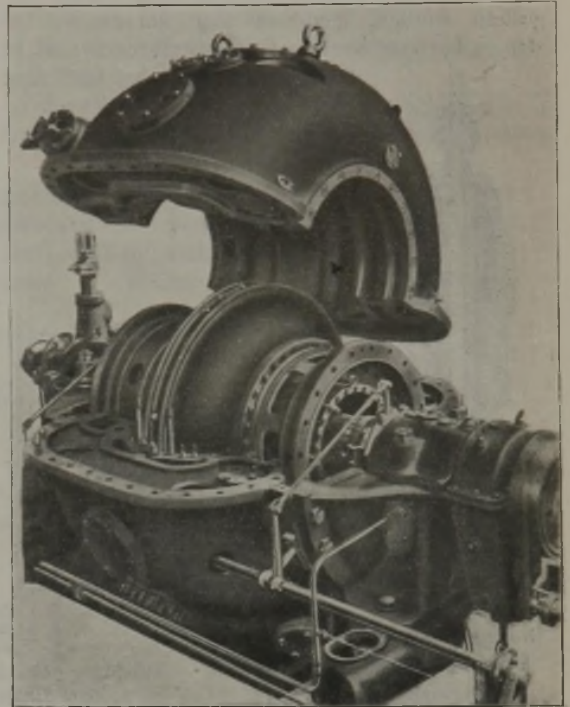


Abbildung 43. Turbine nach Abb. 39. Deckel angehoben.

Betriebssicherheit gebracht werden. Das ist in der Hochfrequenzkerze von Lepel-Barényi, die in Abb. 44 dargestellt ist, geschehen. Sie bleibt in jeder Temperatur dicht, auch bei schroffen Temperaturschwankungen, bricht nicht bei der Abschreckung des Isolators und funkt zuverlässig sogar während der Bespritzung mit Wasser.

Auch die Frage des mechanischen Unterbrechers im Primärkreis des Zündstroms ist vorteilhaft gelöst worden. In Abb. 45 und 46 ist dieser Unterbrecher dargestellt, der in der Sekunde 200 Unterbrechungen erledigt.

Die Pendelturbine kam in dieser vereinfachten Form in diesem Jahre in Betrieb, wiederum mit Leuchtgas, und sogleich ergaben sich neue Erkenntnisse.

Erreicht wurde die vorher nicht erzielte ununterbrochene Zündung in den hintereinander durch die Zündstellung hindurchziehenden Verbrennungsräumen. Dieses Ergebnis ist sehr hoch zu bewerten, denn es bedeutet die Bestätigung dafür, daß es wirklich möglich ist, in den umlaufenden Verbrennungsräumen nasser Gasturbinen mit einfachen Kerzen zuverlässig zu zünden.

Nicht erreicht wurde hingegen die Vergrößerung der Gasarbeiten unter den pendelnden Doppelkolben auf solche Beträge, die beim Druckluftbetrieb bereits hingereicht hatten, die Turbine bei geringer Umlaufzahl vom Antrieb freizumachen.

Die kurzen Versuche, die mit dieser Turbine angestellt wurden, genügten aber, um die Vorbedingungen für weitere Fortschritte erkennen zu lassen, und damit hat auch diese zweite Turbine ihren Zweck erfüllt. Diese Vorbedingungen sind folgende:

1. Die Wasserfüllung muß sich selbsttätig so einstellen und erhalten, daß das Hub-

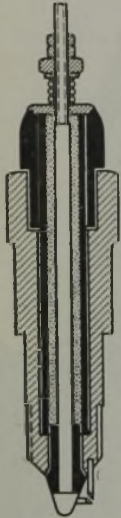


Abbildung 44. Hochfrequenz-Zündkerze von Lepel-Barényi.

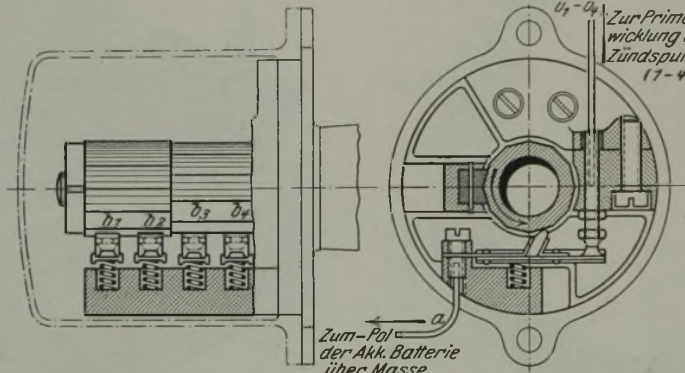


Abbildung 45. Zündstrom-Unterbrecher. (200 Unterbrechungen/sek.)

ende eines jeden Wasserkolbens auch schon beim Anlassen der Turbine an die äußere Kante der Auspuffschlitze gebunden bleibt. Geringere Wasserfüllung führt zu Ladestörungen und Fehlzündungen.

2. Durch die Einleitung der Pendelbewegung aller Doppelkolben beim Anlassen der Turbine muß sich in den Verbrennungsräumen von selbst eine zunehmende Steigerung der Gemischverdichtung und damit auch der mittleren Gasdrücke einstellen, sonst kommt die Turbine nicht vom Antrieb los.
3. Durch den Auspuffstoß darf die Wasseroberfläche in den einzelnen Zellen nicht seitlich abgerissen werden, ebensowenig durch den Spül- und Ladestrom, sonst werden die Widerstände für den Spül- und Ladevorgang zu groß.
4. Durch die seitlichen Zellenöffnungen des Rades darf nicht Wasser gleichzeitig mit dem Spül- und Ladestrom in die Verbrennungsräume gelangen, sonst wird die Ladung zu feucht.

Diese Bedingungen laufen also darauf hinaus, die Unveränderlichkeit des Hubbereiches und die Sicherung der Ladung gegen Anfeuchtung zu erzielen, die in der Humphrey-Pumpe vorhanden sind. Erst wenn dies erreicht sein wird, darf erwartet werden, daß sich die Verbrennungsvorgänge in

der Turbine ebenso vorteilhaft abspielen werden wie in der Pumpe.

Erfreulicherweise führt nun die Einhaltung dieser Bedingungen nicht zu einer verwickelten Gestaltung der Turbine, sondern vielmehr zu einer wesentlichen Vereinfachung. Sie kommt in dem Entwurf Abb. 47 deutlich zum Ausdruck.

Das neue Rad besitzt keine seitlichen Abschlußwände mehr, sondern seine Schaufeln laufen mit kleinstem Spiel gegenüber der Gehäusewand. Dadurch entsteht die Möglichkeit, Führungsringe im äußeren Teil des Wasserkolbenhubs einzuziehen, die während des Auspuff- und Ladevorgangs über die Wasserflächen herausragen, sie wagerecht versteifen und ihr seitliches Abreißen verhindern.

Gleichzeitig entfällt mit der Beseitigung der Seitenwände des Laufrades der Preßwasserraum im Gehäuse, von dem aus ein Eindringen von Wasser zu den Spül- und Ladeschlitzen hin bisher immer möglich war. Der ebene Spalt zwischen Rad und

Gehäuse ist an den Spül- und Ladeschlitzen wasserfrei.

Nur von einer Stelle her könnte bei dieser Bauart noch Wasser gleichzeitig mit dem Spül- und Ladestrom in die Verbrennungsräume gelangen, nämlich aus dem zylindrischen Spalt der Labyrinthdichtung, der man gegenüber einer schmierbedürftigen Packung den Vorzug geben wird. Dieser Spalt steht auf vollem Umfang unter Preßwasser aus den einzelnen Radzellen, und dieses kann während des Spül- und Ladevorgangs gleichzeitig mit der Ladung in die Radzellen einspritzen.

Wenn nun das Spaltwasser durch geeignete Form der Labyrinthdichtung beim Zurücktreten in die Radzellen an die umlaufende Radwand gebunden wird, so kann es den Spülstrom nicht kreuzen, wird von ihm nicht zerstäubt, sondern gelangt unter der Schleuderwirkung des Rades an dessen Laufschaukeln und zurück in die Wasserfüllung der Zellen.

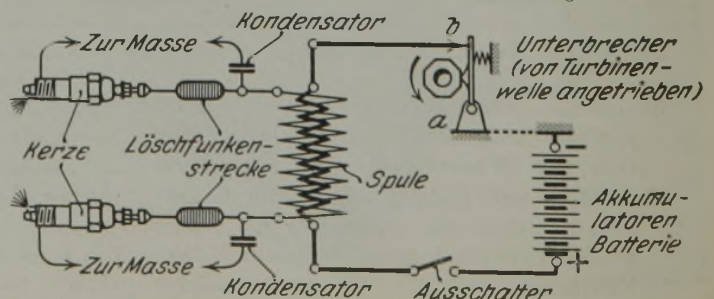


Abbildung 46. Zündstrom-Unterbrecher. (200 Unterbrechungen/sek.)

Auch das Strömungsschema der Turbine wird künftig verbessert werden. Aus der Abb. 48 ist ersichtlich, daß die beiderseitigen Laufschaufeln des Doppelrades um eine Leitradteilung von 180° verwunden sein werden. Damit wird die in mancher Beziehung vorteilhafte einfach wirkende Turbine erreicht,

schafflichen Verhältnisse, die stets hemmend wirkten. ein recht erhebliches. Es wurde bisher bewiesen:

1. die Möglichkeit spritzfreier Hübe von umlaufenden Doppelkolben;
2. die Möglichkeit, mit Hilfe solcher Wasserkolben aus Gasarbeiten tatsächliche Wellenarbeit zu erzielen;
3. die Möglichkeit des Anlassens der Turbine mit geringen Gasarbeiten;
4. die Möglichkeit der Selbsteinstellung der Turbine auf höhere Umlaufzahlen bei Steigerung der Gasarbeiten;

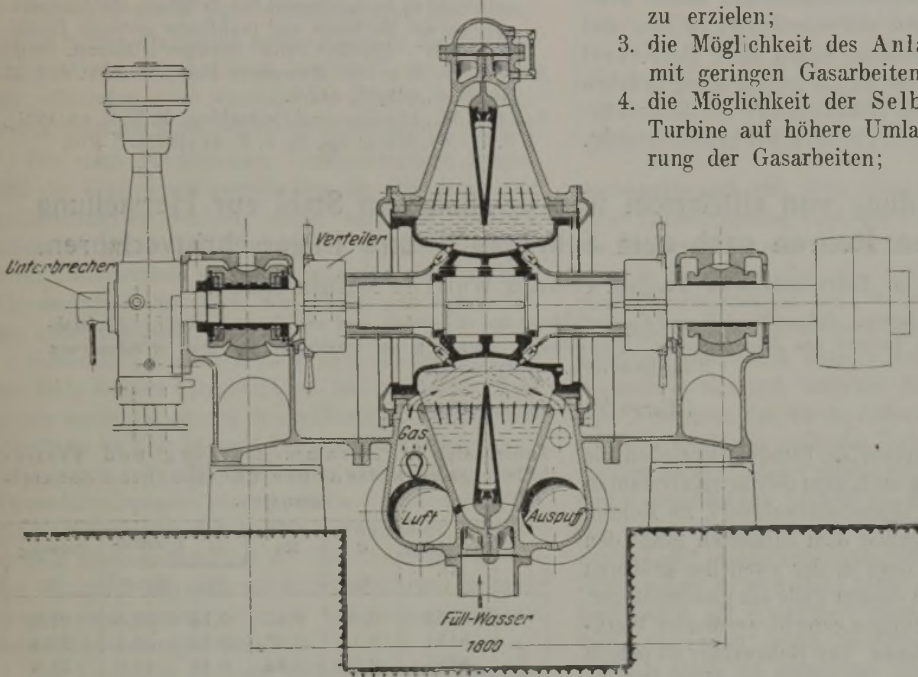


Abbildung 47.
Pendelring-Turbine
III.

Das Maß für den Lagerabstand gilt in etwa für eine Turbine mit 1500 mm Laufraddurchmesser bei einer Leistung von rd. 300 PS. und einer Drehzahl von 500 Umdr./min.

ohne daß von den Spaltdrücken her eine einseitige Wellenbelastung in Kauf genommen werden müßte.

Schließlich wird der Leitring der neuen Turbine von einem Ringraum mit Windkessel umgeben sein, der in Verbindung mit den Umschaltstellen des Leitrings steht. Von ihm aus erfolgt die Füllung der Turbine und die selbsttätige Festlegung des Hubbereiches für die einzelnen Wasserkolben.

Sollten diese Maßnahmen noch nicht hinreichen, um in jeder Radzelle den erprobten Arbeitsvorgang der Humphrey-Pumpe wärmetechnisch gleich günstig wiederholen zu können, so werden sich mit Hilfe der dritten Ausführung neue Wege ergeben! Unlösbar ist diese Aufgabe, auf welche die ganze Frage der nassen Gasturbine zusammenschumpft, ganz gewiß nicht.

Bis zu diesem Stand der Einsicht ist die Pendelring-Turbine bis heute entwickelt worden. Das Ergebnis ist, gemessen an dem angestrebten Ziel und unter Berücksichtigung der schwierigen wirt-

5. die Möglichkeit, die umlaufenden Radzellen nach dem Vorbild der bekannten Kolbenmaschinen zu laden und zu spülen;
6. die Möglichkeit, das Gasgemisch in den Verbrennungsräumen in Gegenwart von Wasserflächen durch Zündkerzen zu zünden.
7. die Möglichkeit einer Bauart, in welcher alle Dichtungen im Feuerbereich entfallen.

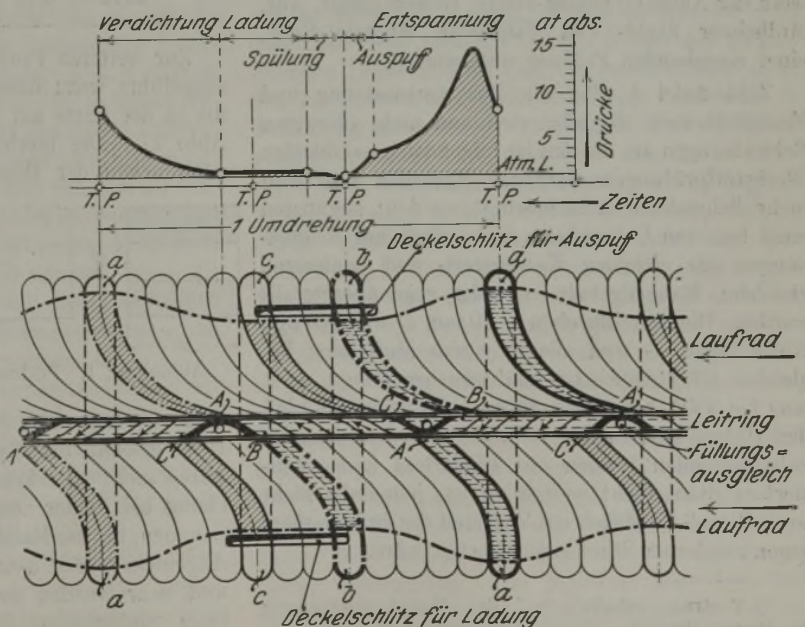


Abbildung 48. Strömungsschema der Turbine III.

Alle diese Ergebnisse sind neu; sie wurden vor sieben Jahren selbst von Fachleuten bezweifelt. Die Pendelring-Turbine hat sich trotzdem theoretisch und konstruktiv als gesund erwiesen.

Ich habe damit einen Weg vorgezeichnet, der in Zukunft zu einer Großkraftmaschine führen wird, die in allen Betrieben mit Gasüberschuß oder mit billigen Abfallbrennstoffen wegen ihrer Billigkeit die Selbstkosten für die Stromerzeugung drücken kann und wegen ihrer Einfachheit die Betriebssicherheit der Wasserkraftmaschinen erreicht.

Die Verwendung von siliziertem und unsiliziertem Stahl zur Herstellung von nahtlosen Rohren nach dem Schrägwalz- und Pilgerschrittverfahren.

Von Betriebsdirektor Dr.-Ing. Conrad Wolff in Mülheim-Ruhr¹⁾.

(Festigkeitseigenschaften, Schweißbarkeit und Lunkerbildung bei siliziertem und unsiliziertem Stahl. Beobachtungen über den Verlauf des Lochvorganges. Doppelung, Verhalten der Gasblasen in den verschiedenen Walzabschnitten. Folgerungen.)

(Hierzu Tafel 14 und 15.)

Wohl alle Stahlwerker, die Rundblöcke gießen, die im Rohrwerk nach dem Schrägwalzverfahren vorgelocht und im Pilgerschrittwalzwerk zu Rohren ausgewalzt werden, geben dem silizierten Stahl den Vorzug. Der Grund liegt in der zweifellos größeren Sicherheit, mit der in diesem Falle ein gleichmäßiger, den starken Anforderungen gerecht werdender Werkstoff erzeugt werden kann. Der Rohrwerker ist jedoch vielfach anderen Sinnes. Er erkennt wohl die Blasenfreiheit der silizierten Blöcke an, beanstandet aber gern den gleichzeitig auftretenden Lunker und lobt die höhere Dehnung und die größere Schweißbarkeit des unsilizierten Stahles.

Um nun die Eignung des einen oder des andern Werkstoffs genau kennenzulernen, wurden im folgenden beide Stahlarten in bezug auf ihr Verhalten bei der Rohrherstellung im Schräg- und Pilgerwalzwerk der August-Thyssen-Hütte, Gewerkschaft, Abt. Mülheimer Stahl- und Walzwerke, Mülheim-Ruhr, einer eingehenden Prüfung unterworfen.

Zahlentafel 1 gibt die Zusammensetzung und Festigkeitswerte der silizierten und nicht silizierten Schmelzungen an, die den im folgenden geschilderten Werkstoffprüfungen dienen. Natürlich sind weit mehr Schmelzungen beobachtet worden; zugunsten eines besseren Ueberblicks sind jedoch nur Schmelzungen mit gleichem Kohlenstoff- und annähernd gleichem Mangangehalt einander gegenübergestellt worden. Die Zerreißproben — 10 mm ϕ und 100 mm Körnerlänge — sind alle in einem Muffelofen bei gleicher Glüh Temperatur und gleicher Dauer, 1 st lang bei 920°, behandelt worden. Es zeigt sich, daß der Unterschied in der Dehnung bei den einander entsprechenden Proben aus siliziertem und unsiliziertem Stahl nicht wesentlich ist, jedenfalls nicht so groß, daß hierdurch ein Vorurteil des Rohrwerkers gegen silizierten Stahl gerechtfertigt wäre.

¹⁾ Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 28. November 1925 in Düsseldorf.

Schrifttumshinweise.

Gentsch, Wilh.: Untersuchungen über die Gas- und Oel-Gleichdruckturbine. (Halle: Wilhelm Knapp 1924.)
 Stodola, A.: Dampf- und Gasturbinen. 5. Aufl. (Berlin: Julius Springer 1922.)
 Bernstein, P.: Hydraulische Kompressoren. In „Berichte der Abteilung für angewandte Mechanik [des] Internationale[n] Kongress[es] für Bergbau, Hüttenwesen, angewandte Mechanik und praktische Geologie Düsseldorf 1910“. (Berlin: Julius Springer i. Komm. 1910.)
 Noack, W. G.: Die Humphrey-Pumpe. Z. V. d. I. 57 (1913), S. 885/92, 942/8.
 Schüle, W.: Die Gas- und Oelturbine. E. T. Z. 42 (1921), S. 777/84, 821/4; vgl. St. u. E. 41 (1921), S. 973.

Zahlentafel 1. Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften der untersuchten Schmelzungen.

	Schmelzung Nr.	C %	Mn %	Si %	Festigkeit kg/mm ²	Dehnung %
siliziert	8152	0,10	0,47	0,24	39,5	27,0
	8151	0,11	0,57	0,25	42,4	25,5
	8355	0,12	0,44	0,18	40,0	27,0
	8157	0,12	0,52	0,18	42,3	25,0
	8154	0,14	0,55	0,18	44,3	24,7
	7817	0,15	0,51	0,25	45,1	24,0
unsiliziert	8348	0,09	0,38	—	33,2	28,3
	8341	0,09	0,43	—	33,8	28,8
	8340	0,09	0,47	—	34,5	30,2
	8337	0,10	0,47	—	34,4	27,1
	8350	0,10	0,52	—	37,6	31,0
	8324	0,11	0,43	—	35,4	31,0
	8338	0,12	0,43	—	36,3	28,5
	8072	0,16	0,47	—	41,0	23,7

Zur weiteren Prüfung wurden Lochungsversuche ausgeführt, wozu Stäbe von 30 mm \square benutzt wurden, die in der Mitte auf 10 mm vorgelocht waren (vgl. Abb. 1). Die hierbei angewandten Temperaturen entsprachen der Blocktemperatur vor der Schräg-

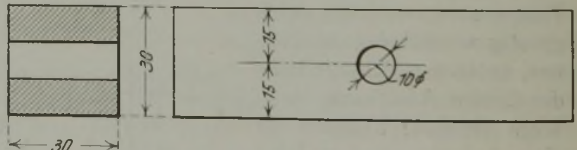


Abbildung 1. Probestab für die Lochungsversuche.

walze, betragen also 1250°. Zunächst wurde in einer Hitze gelocht, bis Blauwärme eintrat. Unterschiede waren nicht zu erkennen. Hiernach wurde die Lochung bei immer neuer Erwärmung so lange vorgenommen, bis die Randstärke der Probe 2 mm betrug. Allgemein wurde dies in der vierten Hitze erreicht, und zwar wurden sowohl beim silizierten als auch beim unsilizierten Stahl die gleichen Lochdurchmesser ohne jede Rißbildung erzielt.

Auch Warmflachproben wurden ausgeführt, derart, daß Stäbe von 30 mm □ in warmem Zustande an den Enden zu dünnen Blättern von 1 mm Stärke ausgeschmiedet wurden. Dabei blieb trotz der hohen Streckung der Blattrand des silizierten Stahles ebenso vollkommen rißfrei wie derjenige des unsilizierten.

Natürlich wurde nicht versäumt, auch das Blockgefüge beider Stahlarten miteinander zu vergleichen. Unterschiede, die auf eine bessere Verwendbarkeit des silizierten oder unsilizierten Stahles schließen ließen, konnten auch hierbei nicht festgestellt werden.

Die eben geschilderten Untersuchungen lehren, daß die Festigkeitseigenschaften des silizierten und nicht silizierten Stahles, wobei natürlich schwach silizierter weicher Stahl gemeint ist, keine besonderen Unterschiede aufweisen, und daß alle sonstigen Eigenschaften des einen Werkstoffs sich mit denen des andern decken.

Schließlich war noch zu prüfen, ob der Einwand des Rohrwerkers berechtigt ist, daß silizierter Stahl wegen seiner geringeren Schweißbarkeit bei der Verarbeitung im Schräg- und Pilgerwalzwerk Schwierigkeiten biete. Zu diesem Zwecke wurden eine Reihe Versuchswalzen vorgenommen. Die chemische Zusammensetzung der hierfür verwendeten Schmelzungen zeigt Zahlentafel 2. Die Analysen sowohl der silizierten als auch der nicht silizierten Schmelzungen sind normal, d. h. sie weisen keine wesentlichen Abweichungen auf.

Um Vergleiche über die Dichtigkeit des Materials anzustellen, haben wir zunächst je einen unsilizierten und einen silizierten Probekörper der zur Walzung gelangten Stärken in der Mittelachse durchgeschnitten. Die dabei aufgenommenen Bilder, z. B. Abb. 2 und 3 (Tafel 14 und 15), bringen nichts Neues. Es zeigt sich, daß die Blasenbildungen bei dem unsilizierten Stahl mit der Blockgröße zugenommen haben. Nicht silizierte Blöcke unter 125 mm Φ konnten nicht untersucht werden, weil sie sich nicht gießen ließen.

Abb. 4 bis 7 stellen Ausschnitte aus den Blockquerschnitten der zum Teil in Zahlentafel 1 angegebenen Versuchsschmelzungen dar. Abb. 4 stammt von einem silizierten, Abb. 5 bis 7 von je einem unsilizierten Rundblock. Man sieht aus diesen Bildern, daß die Lagerung der Gasblasen sehr verschieden ist; sie stellt aber den Haupteinfluß dar, von dem die Verwendbarkeit des unsilizierten Stahles im Schräg- und Pilgerwalzwerk abhängt. Die Widerstandsfähigkeit des Rundblockquerschnittes wird nämlich durch die Blasen erheblich vermindert, so daß dieser schließlich den großen mechanischen Beanspruchungen im Schrägwalzwerk nicht mehr gewachsen ist.

Um letztere genauer kennenzulernen, haben wir den Lochvorgang im Schrägwalzwerk verfolgt. Da wir hierbei Beobachtungen machen konnten, die von den bisher veröffentlichten Anschauungen abweichen, sei der von uns wahrgenommene Verlauf des Lochvorganges etwas ausführlicher geschildert,

Es wurden zunächst mehrere Rundblöcke ohne Dorn durch das Schrägwalzwerk geschickt. Dabei bildete sich in den Blöcken um die Mittelachse eine unregelmäßige Oeffnung, wie sie Abb. 8 im Block-

Zahlentafel 2. Versuchsschmelzungen zur Feststellung der Schweißbarkeit.

	Schmelzung Nr.	C %	Mn %	Si %	P %	S %
siliziert	9300	0,12	0,37	0,11	0,008	0,018
	9210	0,13	0,62	0,20	0,011	0,026
	9226	0,14	0,39	0,23	0,011	0,028
unsiliziert	9178	0,08	0,40	—	0,026	0,050
	9199	0,09	0,40	—	0,011	0,043
	9222	0,11	0,35	—	0,012	0,028
	9215	0,18	0,44	—	0,012	0,023

querschnitt und Abb. 9 im Blocklängsschnitt zeigen. Diese Vorlochbildung wird, wie schon bekannt, durch den Walzdruck und -schub hervorgerufen. Es ist aber zu beachten, daß die Größe dieser Vorlochbildung entsprechend der Walzarbeit begrenzt ist und sich nicht ohne weiteres vergrößert, wenn man auch den Rundblock längere Zeit dem Einfluß der Walzarbeit aussetzt, worüber Abb. 10 Zeugnis ablegt. Man sieht, daß das im Anfang unregelmäßig ausgebildete Loch sich mehr der Form eines regelrechten Kreises nähert. Dabei bilden jetzt die in den Abb. 8 und 9 ersichtlichen Zacken einen Teil des Umfanges des Vorloches, indem sie sich durch den ständigen Einfluß der Walzenwirkung hineingestreckt haben. Praktisch ist es nun nicht mehr möglich, dieses Vorloch durch die Walzarbeit ohne Dorn so zu erweitern, daß man einen dünnwandigen Hohlkörper erhält. Dazu ist unbedingt ein Dorn erforderlich. Der Dorn erfüllt die Aufgabe, die wir aus der Schmiede her vom Lochdornen mittels Handhammers kennen. Abb. 11 zeigt einen Blockquerschnitt, der die einzelnen fortschreitenden Zustände der Lochbildung beim Schrägwalzen genau erkennen läßt. Zu Anfang links sieht man das unmittelbar durch die Walzarbeit hervorgerufene Vorloch; dann anschließend einen sich konisch erweiternden Teil. Dieser weist zu Beginn noch unregelmäßige Gebilde im Umfange auf, wie sie auch Abb. 8 zeigt. Weiter nach rechts sieht man, daß diese zackigen Gebilde infolge des voraus-eilenden Dorneinflusses gänzlich verschwunden sind. Da das Vorloch bisher mit dem Dorn noch nicht in Berührung gekommen ist, wodurch eine Glättung möglich gewesen wäre, so können sich die im konischen Teile sichtbaren Zacken nur an der Locherweiterung beteiligt haben, und zwar derart, daß sie durch allmähliche Auseinanderstreckung in dem endgültigen Umfange des Vorloches aufgegangen sind. Somit steht fest, daß von einer Glättung und Verschweißung der Zacken und Schründe des Vorloches unmittelbar durch den Dorn allein nicht die Rede sein kann. Erst weiter rechts in Abb. 11 sieht man deutlich die Reibungsstelle des Dornes.

Um zu prüfen, ob die Vorlochbildung tatsächlich begrenzt ist und die Erweiterung des Vorloches nur durch die Streckung des Materials stattgefunden hat, wurde ein Rundblock auf den Durchmesser des Vorloches hohl gebohrt und dann dem Schrägwalzverfahren unterworfen. Das Ergebnis zeigt Abb. 12; man findet dort dieselben Zustände wieder, wie sie Abb. 11 veranschaulicht. Hieraus folgt, daß im

Zahlentafel 3. Walzerggebnisse mit Blöcken von 125 und 155 mm Φ .

	Schmelzung Nr.	Anzahl der gewalzten Rund- blöcke	Im Schräg- walzwerk gelocht	Zu Rohren ausgewalzt	Anzahl der guten Rohre
unsiliziert	9199	6	6	3	—
	9222	6	6	6	—
siliziert	9210	10	10	10	10
	9226	10	10	10	10

Schrägwalzwerk nur ganz vorzügliches Material von hoher Zähigkeit Verwendung finden kann. Ergeben sich im Schrägwalzwerk z. B. Luppen mit Ribbildungen, so dürfte nach unseren Beobachtungen die Ursache nicht in einer schlechten Verschweißung der Zacken und Schründe zu suchen sein, sondern in der für die Streckung bei der Lochbildung unzureichenden Zähigkeit des Materials. Dieser Mangel an Zähigkeit braucht aber nicht ohne weiteres in der chemischen Zusammensetzung des Materials seine Ursache zu haben, sondern kann durch irgendeinen andern Herstellungsfehler, z. B. eine ungleichmäßige Erwärmung des Rundblockes, hervorgerufen werden.

Nunmehr kehren wir zu den andern Versuchsschmelzungen und Walzversuchen zurück. Die in Zahlentafel 2 aufgeführten Schmelzungen wurden für Prüfungszwecke zu Rundblöcken von verschiedenen Durchmesser geossen, die auf drei Walzenstraßen, I, II und IV, mit Walzen von etwa 400 mm, 350 mm und 900 mm Ballendurchmesser und vorher in den entsprechenden Schrägwalzwerken ausgewalzt wurden. Zahlentafel 3 zeigt das Walzerggebnis auf der Straße I mit den Blöcken von 125 und 155 mm Φ . Von den je 6 unsilzierten Blöcken zweier Schmelzungen konnte kein gutes Rohr hergestellt werden, während alle entsprechenden silzierten Probelöcke gute Rohre ergaben.

Zahlentafel 4 gibt das Ergebnis der auf Straße II gewalzten Blöcke von 240 mm Φ wieder. Von den 19 unsilzierten Rundgüssen wurden nur bei 9 Stück gute Rohre erzielt, während die entsprechenden 22 silzierten Rundgüsse restlos einwandfreie Rohre lieferten.

Zahlentafel 5 erläutert schließlich die Ergebnisse mit den Blöcken von 430 mm Φ auf Straße IV. Während von den 7 unsilzierten Rundgüssen bis auf einen einzigen alle schon im Schrägwalzwerk ausfielen, konnten die entsprechenden 7 silzierten Rundgüsse mühelos zu einwandfreien Rohren ausgewalzt werden.

Zahlentafel 4. Walzerggebnisse mit Blöcken von 240 mm Φ .

	Schmelzung Nr.	Anzahl der gewalzten Rund- blöcke	Im Schräg- walzwerk gelocht	Zu Rohren ausgewalzt	Anzahl der guten Rohre
unsiliziert	9178	3	3	3	1
	9199	4	4	—	—
	9215	6	6	6	4
	9222	6	6	6	4
siliziert	9210	10	10	10	10
	9226	12	12	12	12

Zahlentafel 5. Walzerggebnisse mit Blöcken von 430 mm Φ .

	Schmelzung Nr.	Anzahl der gewalzten Rund- blöcke	Im Schräg- walzwerk gelocht	Zu Rohren aus- gewalzt	Anzahl der guten Rohre
unsiliziert	9178	2	2	—	—
	9199	2	2	—	—
	9215	2	2	1	—
	9222	1	1	—	—
siliziert	9210	4	4	4	4
	9226	3	3	3	3

Was ist nun die Ursache der auffallenden Mißerfolge des unsilzierten Stahles?

Blieben wir einmal bei den Beobachtungen der Walzungen auf der Straße IV, die die größten Blockstärken verwalzt. Dort fanden die Zerstörungen des unsilzierten Stahles in besonders großem Umfang statt. Das Aussehen von Luppen mit glatter Außenfläche zeigt, daß die Zerstörung von innen heraus erfolgt ist und bis zu einer bestimmten Tiefe stattgefunden hat. Abb. 13 stellt eine Lupe nach der zweiten Lochung dar; hier ist bei sehr schaliger Innenwandung ganz deutlich die Bildung einer Art Doppellupe zu erkennen. Abb. 14 zeigt das Innere der aus je einer silzierten und einer nicht silzierten Lupe entstandenen Rohre. Das unsilzierte Rohr stammt aus der in Abb. 13 gezeigten Lupe, die wir als eine Art Doppellupe kennengelernt haben, und ist stark fehlerhaft und deshalb ausschüssig.

Um den Ursprung jener Doppelung zu erforschen, betrachte man Abb. 15, die einen halbgelochten Rundblock aus nicht siliziertem Stahl darstellt und einen ganz deutlichen Aufschluß über die Bildung der Doppelung gibt. Diese Doppelung ist auf das Auftreten zerstörender Kräfte zurückzuführen, die in der Eigenart der Arbeitsweise des Schrägwalzwerkes begründet sind. Das Material ist dort, wie wir bei der Beschreibung des Lochvorganges gesehen haben, einer überaus großen mechanischen Beanspruchung unterworfen. An der Stellung der Randblasen in Abb. 15 erkennt man deutlich, daß im Schrägwalzwerk eine axiale Verschiebung der Innengegen die Außenfaser stattfindet, während aus Abb. 16, die einen Querschnitt des halbgelochten Rundblockes Abb. 15 zeigt, zu ersehen ist, daß hier eine fast tangentielle Verschiebung der Faser eintritt. Die hierbei tätigen Kräfte werden einerseits aus der Reibung des Dornes und andererseits aus der Wirkung der Schrägwalzen hervorgerufen. Diese Kräfte vereinigen sich zu einer Resultante, die in Form einer Schraubenlinie verläuft. Es ist nun leicht einzusehen, daß solche Kräftewirkungen bei einem durch Randblasen geschwächten Rundblock zerstörend wirken müssen, da sie zu einer glatten Abscherung des Materials führen. Abb. 17 zeigt an einem Ausschußblock, daß auch hin und wieder silizierter Stahl jenen Beanspruchungen nicht standhalten kann.

Die aus nicht siliziertem Stahl hergestellten guten Rohre (vgl. Zahlentafel 4) beweisen, daß nicht immer die Bedingungen erfüllt sind, um eine Zerstörung der unsilzierten Rundblöcke hervorzurufen. Im allge-

Dr.-Ing. Conrad Wolff: Die Verwendung von siliziertem und unsiliziertem Stahl zur Herstellung von nahtlosen Rohren nach dem Schrägwalz- und Pilgerschrittverfahren.

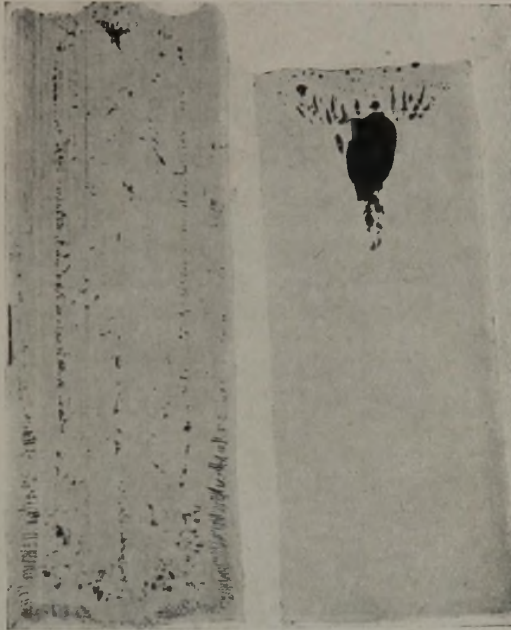


Abbildung 2. Längsschnitt durch die Mittelachse eines unsilizierten (links) und eines silizierten Blockes (rechts). Schmelzung Nr. 9215 und 9226.

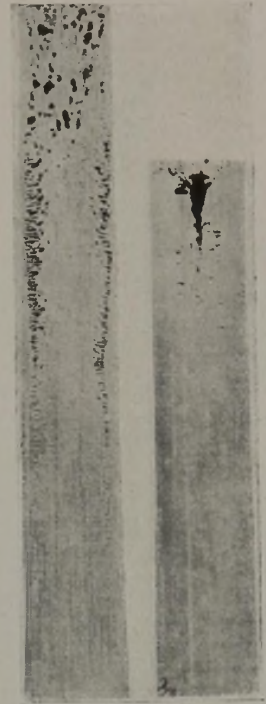


Abbildung 3. Längsschnitt durch die Mittelachse eines unsilizierten (links) und eines silizierten Blockes (rechts). Schmelzung Nr. 9222 und 9226.

Abbildung 4. Ausschnitt aus dem Blockquerschnitt eines silizierten Stahles mit 0,12 % C, 0,44 % Mn und 0,18 % Si.

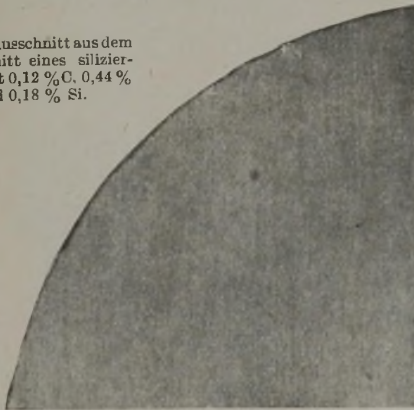


Abbildung 5. Ausschnitt aus dem Blockquerschnitt eines unsilizierten Stahles mit 0,12 % C und 0,43 % Mn.

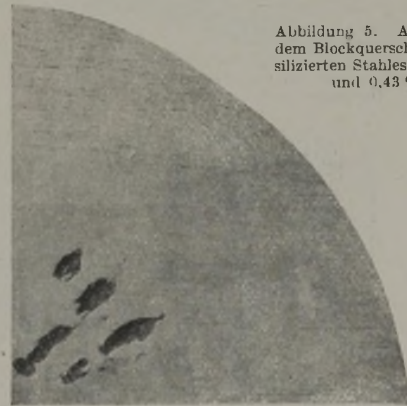


Abbildung 6. Blockquerschnitt eines unsilizierten Stahles mit 0,12 % C und 0,37 % Mn.

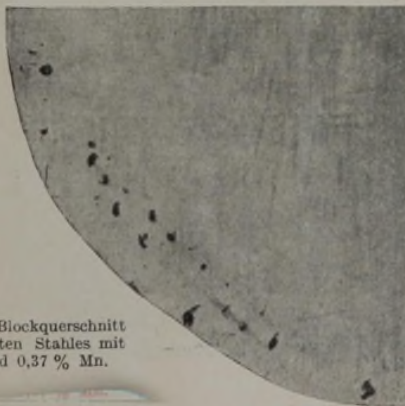
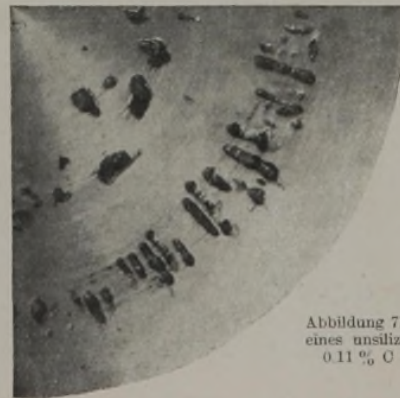


Abbildung 7. Blockquerschnitt eines unsilizierten Stahles mit 0,11 % C und 0,43 % Mn.



meinen trifft hier die Regel zu: Wenn die Blasen im Block zu dicht am Rande liegen, gibt es Zerstörungen der Rohraußenfläche; wenn sie zu dicht nach der Mitte gelagert sind, werden Zerstörungen der Innenwandung verursacht. Demnach dürfen Blasen nur in einer bestimmten Mittelzone und in möglichst geringen Mengen auftreten, und das ist im Stahlwerk mit völliger Sicherheit nicht immer zu erreichen.

Zum Schluß mögen noch einige Abbildungen das Verhalten der Blasen in den einzelnen Walzabschnitten erläutern. Beim Vorlochen der nicht silizierten Blöcke trat nach Abb. 18 nur ein Zusammenquetschen der Blasen ein; die vollständige Verschweißung fand erst im Pilgerwalzwerk statt. — Abb. 19 zeigt das Gefüge des silizierten Stahles; da die silizierten Blöcke blasenfrei sind, kommt bei ihnen eine Schweißung erst gar nicht in Frage.

Nach allem Gesagten sind die Vorurteile des Schräg- und Pilgerwalzwerkers gegenüber mäßig siliziertem Material ungerechtfertigt, vorausgesetzt, daß man im Stahlwerk den Lunker bis auf ein erträgliches Mindestmaß zu vermindern versteht. Denn der erste Einwand, daß silizierter Stahl gegenüber nicht siliziertem eine ungleiche Dehnung hätte, ist ja oben widerlegt worden, und der zweite, daß unsilizierter Stahl eine größere Schweißbarkeit besitze als silizierter, ist ohne Belang, da eine Schweißung bei siliziertem Stahl im Schräg- und Pilgerwalzwerk ja gar nicht in Frage kommt.

Deshalb glaube ich, schon im Hinblick darauf, daß silizierter gegenüber unsiliziertem Stahl von vornherein die unbedingte Sicherheit für ein dichtes

bzw. blasenfreies Material und damit eine größere Wirtschaftlichkeit bietet, die Schlußfolgerung ziehen zu dürfen, zur Erzeugung von Rundgüssen für das Schrägwalz- und Pilgerschrittverfahren lediglich silizierten, d. h. ruhigen, blasenfreien Stahl zu empfehlen, besonders dann, wenn das Stahlwerk genötigt ist, Blöcke aller möglichen Durchmesser bei einer Schmelzung zu gießen. Hiermit soll aber die Frage, ob sich unruhiger, also unsilizierter Stahl überhaupt für die Rohrherstellung eignet oder nicht, keinesfalls entschieden sein. Es kommt ganz auf die Art des Herstellungsverfahrens im Rohrwerk an. Läßt dieses die Verwendung von unsiliziertem Stahl zu, wie z. B. bei Verwendung vorgewalzter Blöcke, dann ist dieser für weiche Rohre, z. B. Siederohre, zweifellos dem silizierten Stahl vorzuziehen. Deshalb möchte ich zum Schluß nochmals betonen, daß sich die mitgeteilten Untersuchungen und Schlußfolgerungen lediglich auf das Schrägwalz- und Pilgerschrittverfahren beziehen.

Zusammenfassung.

An Walzversuchen mit silizierten und unsilizierten Rundblöcken verschiedenen Durchmessers wird gezeigt, welchen ungünstigen Einfluß die Blasenbildungen in nicht siliziertem Stahle ausüben, und daß beim Schrägwalzverfahren eine Auseinanderzerrung und Schweißung des Stahles, wie man früher angenommen hat, nicht eintritt. Aus den Ergebnissen geht hervor, daß für die Herstellung nahtloser Rohre nach dem Schrägwalz- und Pilgerschrittverfahren silizierter, d. h. ruhiger, blasenfreier Stahl zu empfehlen ist.

Die grundlegenden Vorgänge der bildsamen Verformung.

Von H. Meyer und F. Nehl in Hamborn*).

(Mitteilung aus der Prüfungsanstalt der August-Thyssen-Hütte, Gewerkschaft, Hamborn.)

(Der Druckversuch als Grundlage für die Verformungsvorgänge beim Schmieden, Pressen, Walzen. Gleit- oder Verformungs- und Bruchflächen und die in ihnen wirkenden Schubkräfte. Das ältere und neuere Schrifttum. Die Theorie von den Rutschkegeln und der Verformungsbehinderung durch Endflächenreibung. Die ersten bleibenden Formänderungen bei Druckkörpern mit rechteckigem Längsschnitt untersucht an Flußeisenproben. Kraftlinien-ätzungen bei Proben mit und ohne Endflächenreibung. Einfluß der Reibungskräfte auf die Quetschgrenze verschieden hoher Proben. Eindeutige Bestimmung des Neigungswinkels der von den Endflächenkanten ausgehenden Verformungsflächen. Stärker gestauchte Proben. Die Verfahren zur unmittelbaren Beobachtung der Bereiche verschiedenen Verformungsgrades. Die Wirkung der Reibungskräfte und ihr Ausdruck in den Druckkurven bei verschiedenen Probenformen. Verschiedene Neigungswinkel der Endflächenkegel. Punkte, die den Arbeitsbedarf bei der Verformung beeinflussen. Schwache und starke Verformung bei Doppelkegeln. Kraftlinien-ätzung bei kalt gewalztem Flußeisen.)

(Hierzu Tafel 16.)

Schon häufig ist versucht worden, den Druckversuch und die ihn begleitenden Erscheinungen zur Erklärung der verwickelteren Vorgänge beim Schmieden, Pressen und Walzen heranzuziehen. Der Druckversuch selbst war bisher im Schrifttum Gegenstand größter Meinungsverschiedenheiten, weil die sich dabei abspielenden Vorgänge nur ungenügend geklärt waren. Diese Widersprüche an Hand eigener Untersuchungen aufzuklären und nach Möglichkeit zu überbrücken, soll der Zweck der folgenden Arbeit sein.

Die Verhältnisse beim Druckversuch werden dadurch erheblich erschwert, daß in ihm Einflüsse

auftreten, die eine ungleichmäßige Spannungsverteilung bedingen. In einer Flüssigkeit kann sich ein irgendwo auf sie ausgeübter Druck allseitig fortpflanzen, während in einem festen Körper die inneren Reibungskräfte einen solchen Spannungsausgleich verhindern. Wird der Druckunterschied zweier benachbarten Teile größer als der innere Widerstand, so tritt entweder Bruch oder Verformung ein. P. Ludwik¹⁾ nennt denjenigen Widerstand, der einer Trennung zweier benachbarten Teilchen entgegenwirkt, Kohäsion, diejenige Kraft, die einer bleibenden Verschiebung zweier Teilchen, ohne Trennung, entgegenwirkt, innere Reibung. Bei spröden Körpern ist also

*) Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 28. November 1925 in Düsseldorf.

¹⁾ Elemente der technischen Mechanik. (Berlin: Julius Springer 1909.)

die Kohäsion im Verhältnis zur inneren Reibung klein, während bei zähen Körpern die Kohäsion die innere Reibung überwiegt, so daß bei Ueberwindung der inneren Reibung eine Verschiebung der Körperteilchen gegeneinander auftritt. Jeder feste Körper hat nun mehr oder weniger das Bestreben, in seine ursprüngliche Lage zurückzukehren, sobald die Kraft, welche die Schubspannungen hervorruft, nicht mehr auf ihn einwirkt. Dieses Bestreben der Rückfederung ist je nach Art des Stoffes sehr verschieden. Von einer gewissen Grenzspannung, der Elastizitätsgrenze, an werden sich jedoch bei allen Körpern bleibende Formveränderungen bemerkbar machen.

Das Gebiet der elastischen Formveränderungen soll hier nicht untersucht, sondern nur die Vorgänge bei der bildsamen Verformung, und zwar insbesondere die Grenzzustände, bei denen die ersten bleibenden Formveränderungen auftreten, erörtert werden. Die mechanischen Bedingungen für die Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze sind von verschiedenen For-

gleich dem halben Unterschied der beiden Hauptspannungen, der Mittelpunktabstand von der Ordinatenachse gleich der halben Summe der beiden Hauptspannungen. Die Koordinaten eines Kreispunktes entsprechen der Normal- bzw. Schubspannung jener Schnittrichtung, die mit der größeren Hauptspannung einen Winkel bildet, der gleich der Hälfte des Winkels ist, den der Halbmesser dieses Kreispunktes mit der positiven Richtung der Abszissenachse einschließt. Es ergibt sich dabei in einfacher Weise, daß die größten Schubspannungen in Schnittrichtungen auftreten, deren Neigungswinkel 45° beträgt. Nach Mohr ist es nun mit Hilfe der schaubildlichen Darstellung möglich, die Neigung der Gleit- bzw. Bruchflächen für jeden Werkstoff zu bestimmen, und zwar auch in Fällen, in denen diese Neigung nicht mit der Richtung, in der die größte Schubspannung auftritt, übereinstimmt. Der zu einer solchen Gleit- oder Bruchfläche gehörende Punkt liegt naturgemäß auf einem Spannungskreis, der dem

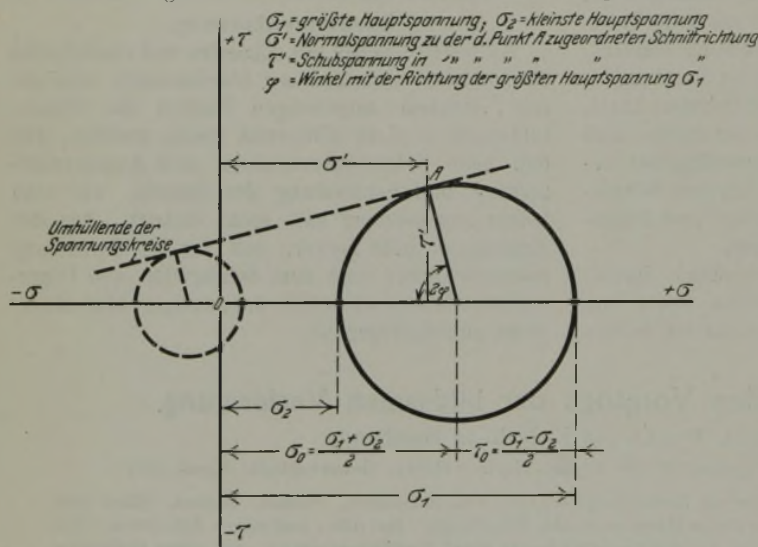


Abbildung 1. Darstellung der Mohrschen Theorie von den Spannungskreisen.

schern in voneinander abweichender Weise angegeben worden. Die größte Bedeutung hat inzwischen die von Mohr²⁾ ausgebaute Auffassung erlangt, daß nicht die größte Hauptspannung, auch nicht die größte Dehnung für die beginnende bildsamen Verformung bzw. den Bruch maßgebend sind, sondern der größte Unterschied der Hauptspannungen, d. h. die größte Schubspannung. Nach Mohr kann man bei einem ebenen (also zweiachsigen) Spannungszustand, wie in Abb. 1 dargestellt, die in verschiedenen Schnittrichtungen herrschenden Normal- und Schubspannungen eines Körperpunktes, bei Kenntnis der beiden Hauptspannungen, durch den sogenannten Spannungskreis darstellen. Dabei ergeben die Abszissen bzw. Ordinaten der verschiedenen Kreispunkte die Normal- bzw. Schubspannungen der zugeordneten Schnittrichtungen. Der Mittelpunkt dieses Kreises liegt auf der Abszissenachse, sein Halbmesser ist

Fließ- oder Bruchbeginn auslösenden Spannungszustand entspricht. Trägt man nun die Spannungskreise für die unter den verschiedenen Bedingungen gefundenen Fließ- oder Bruchgrenzen eines Stoffes auf, so entsprechen nach Mohr die Richtungen, in welchen bei den einzelnen verschiedenen Spannungszuständen das Fließen einsetzt oder ein Verschiebungsbruch entsteht, den Kreispunkten, welche durch die gemeinsame Umhüllende dieser kritischen Spannungskreise berührt werden. Betrachtet man z. B. die Spannungskreise des Zug- und Druckversuches, so kann man den zugehörigen Teil der Umhüllenden in guter Annäherung als eine Gerade annehmen. Der Neigungswinkel der Bruchflächen beim Zug- und Druckversuch wäre dann gleich. Ferner wird der Neigungswinkel 45° , wenn die gemeinsame Tangente parallel zur Abszissenachse verläuft, d. h., wenn die Druckfestigkeit bzw. Quetschgrenze gleich der Zugfestigkeit bzw. Streckgrenze wird. Man erkennt daraus, daß der Neigungswinkel innerhalb dieses Bereiches unabhängig vom Spannungszustand ist, vielmehr nur vom Verhältnis der Grenzzustände bei Druck und Zug, also nur von einer Stoffeigenschaft abhängt.

Diese Darlegungen beleuchten auch die Vorgänge bei dem idealen Druckversuch, bei dem nur eine Hauptspannung besteht. Es gelten also hier die Bedingungen des einachsigen Spannungszustandes mit entsprechend einfachen mathematischen Beziehungen.

Wie oben ausgeführt wurde, tritt Gleiten in einer Ebene ein, wenn die Schubkräfte in ihr die innere Reibung überwinden. Es ist im allgemeinen anzunehmen, daß diese innere Reibung nicht nur von der Stoffbeschaffenheit, sondern auch von der Größe der

²⁾ Abhandlungen aus dem Gebiet der technischen Mechanik. Z. V. d. I. 44 (1900), S. 1524.

auf die Ebene wirkenden Normalkraft abhängig ist, die beim Druckversuch die innere Reibung erhöht, beim Zugversuch sie vermindert. Da nun die größten Schubkräfte bei einer Neigung der Gleitebene von 45° gegen die Hauptspannungsrichtung auftreten, dagegen die die innere Reibung beim Druckversuch vergrößernde Normalkraft am kleinsten wird bei einem Neigungswinkel von 0° , so wird beim Druckversuch der Neigungswinkel der Gleitebene mit der Spannungsrichtung nicht 45° betragen, sondern einen zwischen 45 und 0° gelegenen Wert annehmen. Beim Zugversuch ist in entsprechender Weise das Umgekehrte der Fall, in beiden Fällen entsprechend einer, mit der Abszissenachse nicht parallelen Mohrschen Umhüllenden der Spannungskreise.

Es bleibt noch zu erwähnen, daß bei bildsamen Körpern ein eigentliches Gleiten nicht erfolgt, so daß der Ausdruck Gleitfläche folgerichtig in Verformungsfläche umgewandelt werden mußte.

In einem vollkommen gleichmäßigen Körper müßten sich beim einachsigen Druckversuch in dem Augenblick, in dem die Schubkräfte die Kohäsion bzw. die innere Reibung überwinden, eine unendliche Zahl von parallelen Bruch- bzw. Verformungsflächen bilden. Ein spröder Körper müßte infolgedessen in Staub zerfallen, ein zäher dagegen sich gleichmäßig verformen. Da jedoch praktisch völlig gleichmäßige Körper nicht in Frage kommen, so kann jeder Werkstoff- oder Bearbeitungsfehler Anlaß zur ersten Bildung von bevorzugten Verformungsflächen geben. Bei spröden Körpern kann dabei der Bruch in einer solchen Fläche erfolgen, bei zähen wird dagegen, da der Zusammenhang der Teilchen gewahrt bleibt, durch Hinzutreten weiterer Verformungsflächen bei weiterer Drucksteigerung doch eine praktisch gleichmäßige Verformung stattfinden können.

Da das Volumen der Körper, die den Raum stetig erfüllen, mit großer Annäherung gleichbleibt, so läßt sich die zu den verschiedenen Stauchwegen gehörige Vergrößerung der Endflächen und bei bildsamen, sich nicht verfestigenden Werkstoffen die zugehörige Druckkraft leicht berechnen aus der Beziehung:

Körpervolumen $V = \text{Endfläche } f \cdot \text{Höhe } h$;
und nach einem Stauchwege x mit der zugehörigen Endfläche f_x :

$$V = f_x \cdot (h - x);$$

also
$$f_x = \frac{V}{h - x}.$$

Ist nun σ die Spannung, die eine bildsamen Verformung herbeiführt, so ist die zu jedem Stauchweg x gehörende Druckkraft:

$$P = \sigma \cdot f_x.$$

Bei gleichmäßiger Verformung und Ausschaltung von Nebeneinflüssen ist also die Druckkraft bildsamer Werkstoffe nur abhängig vom Querschnitt, nicht von der Höhe der Proben. Trägt man die Druckkraft in Abhängigkeit vom Stauchwege in ein Koordinatensystem ein, so ergibt die errechnete Druckkurve eines Zylinders eine Hyperbel.

Die tatsächlichen Verhältnisse sind jedoch, wie der Versuch gezeigt hat, andere. Schon die Aenderung

der Probenform bei steigender Belastung, z. B. die Tonnenform bei Druckproben, und die Art der Bruchform ließen erkennen, daß eine gleichmäßige Spannungsverteilung nicht in Frage kommt. Die älteren Forscher kamen deshalb bezüglich der Spannungsverteilung bei Druckkörpern zu einer Auffassung, wie sie beispielsweise Blaß³⁾ als „Rutschkegeltheorie“ dargestellt hat, die besagt, daß sich unter der drückenden Fläche ein Konoid oder keilförmiger Körper bildet, dessen Grundfläche nicht an der Verformung teilnimmt. Bei spröden Körpern tritt der Bruch in den Mantelflächen des Konoids ein. Umstritten war es jedoch, ob in bildsamen Körpern sich ähnliche Vorgänge abspielen. Auch über die Entstehungsursache der „Rutschkegel“ war man sich nicht einig, wie aus den widerstreitenden Meinungen im neueren Schrifttum hervorgeht.

Die Rutschkegeltheorie in uneingeschränkter Form fand neuerdings einen Verfechter in F. Riedel⁴⁾. Nach seiner Auffassung ist es das Böschungsbestreben der Körper, nicht dagegen die Endflächenreibung, die bei Druckzylindern die Entstehung von Rutschkegeln bewirkt. Im Gegensatz zu Kick und Polak⁵⁾ fand Riedel jedoch bei seinen Druckversuchen mit hochbildsamen Körpern, daß die Rutschkegeldurchmesser im Verlauf des Pressens mit den Endflächendurchmessern zunehmen, was bei gleichbleibendem Kegelwinkel auch eine Höhenzunahme der Kegel zur Folge hat. Dieser Zuwachs der Endflächen soll indessen nicht durch eine „Breitung“, sondern durch Anlegen von Teilen der Mantelfläche an die Preßfläche verursacht werden. Der Riedelschen Auffassung vom Wesen der Rutschkegel entspricht es auch, daß der Rutschwinkel bei verschiedenen Stoffen gleich sein muß. Riedel bestimmt ihn zu etwa 52° , was einen Winkel von 38° mit der Richtung der Druckspannung ergibt. Er findet eine Stütze seiner Rutschkegeltheorie hauptsächlich in dem eigenartigen Verlauf der Druckkurven von zylindrischen Druckkörpern, in ihrer Abweichung vom errechneten Verlauf und in der Tatsache, daß bei Druckversuchen mit Doppelkegeln, deren Neigungswinkel dem Rutschwinkel entspricht, die Unregelmäßigkeiten im Verlaufe der Druckkurven fortfallen. Das gleiche gilt jedoch auch für zylindrische Probekörper, bei denen die Rutschkegel von Anfang an mit der Spitze aufeinandertreffen.

Ogleich die an Hand einer mittelbaren Beweisführung gewonnenen Riedelschen Anschauungen sich nicht in vollem Umfange aufrechterhalten lassen, so haben seine Arbeiten doch den großen Wert, daß sie, gestützt auf einen reichen Beobachtungsstoff, in außerordentlich anschaulicher Weise alle Gründe darlegen, die teilweise überzeugend für das Vorhandensein rutschkegelartiger Erscheinungen beim Druckversuch sprechen. Es ist deshalb verständlich, daß sich bei der kritischen Nachprüfung viele seiner An-

³⁾ St. u. E. 2 (1882), S. 283.

⁴⁾ Ueber die Grundlagen zur Ermittlung des Arbeitsbedarfes beim Schmieden und Pressen. Forschungsarbeiten 57 (1913), H. 141.

⁵⁾ Dingler 234 (1879), S. 256 u. 345.

sichten, wenn nicht in der Form, so doch in dem Kern ihres Grundgedankens als richtig bestätigen ließen.

Rummel⁶⁾ lehnt die Auffassung Riedels von den Rutschkegeln rundweg ab. Er vertritt die Ansicht, daß bei der Ausschaltung von Nebeneinflüssen, wie die Endflächenreibung sie darstellt, gleichmäßige Verformung erfolgen muß. Auf Grund umfangreicher Versuche kommt er zu der Folgerung, daß die Formbildung vom Grade der Bildsamkeit unabhängig ist, und daß die an Hand von Versuchen an bildsamen Werkstoffen gewonnenen Erkenntnisse auf weniger bildsame ohne weiteres übertragbar seien.

Auch Hübers⁷⁾ wendet sich gegen die Riedelsche Auffassung vom Vorhandensein primärer Rutschkegel. An einer Reihe von Druckzylindern aus Flußeisen, dessen innere Gefügebeschaffenheit die metallographische Verfolgung der Verformungsvorgänge gestattet, führt er Stauchversuche mit teils geschmierten, teils ungeschmierten Probenendflächen durch. Diese Versuche beweisen den starken Einfluß der Endflächenreibung auf den Stauchvorgang und zeigen, daß bei Ausschaltung dieser Reibung gleichmäßige Verformung durchführbar ist. Auch zeigen die nach Riedel als Grundflächen der Rutschkörper unveränderlichen Flächen, selbst wenn die Reibung an den Endflächen nicht vermindert wird, in den meisten Fällen eine beträchtliche Vergrößerung. Hübers hält es darum für unwahrscheinlich, daß der Anstieg in einem bestimmten Punkte der Spannungskurve, der für Riedels Auffassung von ausschlaggebender Bedeutung ist, auf das Zusammentreffen von Rutschkegelspitzen zurückgeführt werden kann.

Einen mehr vermittelnden Standpunkt gegenüber der Ansicht Riedels nimmt eine Arbeit von Siebel⁸⁾ ein, in der die Auffassung vertreten wird, daß sich an den Endflächen von Druckkörpern infolge der Flächenreibung Bereiche behinderter Verformungsmöglichkeit bilden, die jedoch nicht scharf abgegrenzt, sondern allmählich in den Bereich unbehinderter Verformung übergehen. Auf Grund mathematischer Ableitungen kommt Siebel zu der Schlußfolgerung, daß die Verformungsarbeit einen Kleinstwert erreicht, wenn die durch die Hauptspannungen hervorgerufenen Schubkräfte unter einem Winkel von 45° wirken können.

Die vorliegenden Arbeiten über den Druckversuch sind teils mathematischer, teils versuchsmäßiger Art. Für die versuchsmäßige Beobachtung der Erscheinungen beim Druckversuch an Stahlkörpern kommen einmal die Fließfiguren auf der polierten Oberfläche, andererseits die Formveränderungen natürlicher oder künstlicher Einlagerungen im Inneren der Probekörper in Betracht. Neuerdings hat die von Fry⁹⁾ entdeckte Kraftlinienätzung ein weiteres Hilfsmittel für versuchsmäßige Feststellungen geboten. Meyer und Eichholz¹⁰⁾ haben auf die Beziehung zwischen dem Auftreten der Kraftlinien und dem Beginn bleibender Formänderungen hingewiesen, welche die

Kraftlinienätzung für die Beobachtung des Grenzzustandes zwischen der elastischen und bildsamen Formänderung als besonders geeignet erscheinen läßt. Bei der Verfolgung des Zug- und Druckversuches an Stahlproben hat sich Scholl¹¹⁾ erstmalig dieses Hilfsmittels bedient, während er bei anderen Metallen die Bestimmung des Rutschwinkels nach Riedels Verfahren aus der Druckkurve vornahm. Scholl hat die Abhängigkeit der Rutschwinkel von der Werkstoffbeschaffenheit gezeigt. Eine planmäßige Verfolgung des Druckversuches mittels Kraftlinienätzung hat er indessen nicht vorgenommen.

In der vorliegenden Arbeit ist der Versuch gemacht worden, planmäßig die Kraftlinienätzung bei der Durchführung von Druckversuchen an Eisenkörpern mit stufenweiser Belastungssteigerung zur Ermittlung der Vorgänge beim Beginn der bildsamen Formänderung anzuwenden.

Drückt man einen zylindrischen Flußeisenkörper bei Raumtemperatur in einer geeigneten Maschine bis zum Beginn einer bleibenden Formänderung, so erhält man bei der Kraftlinienätzung eines Längsschnittes durch die Mittelachse, nach der üblichen Vorbehandlung des Probekörpers durch Anlassen auf 200 bis 300°, ein Aetzbild, wie es etwa Abb. 2 oder 3 (Tafel 16) zeigt. Die dunklen Aetzlinien und -streifen sind als Schnittlinien von Verformungsflächen aufzufassen. Nach Nádai¹²⁾ tritt wahrnehmbares Fließen des Eisens in dem Augenblick ein, wo sich eine solche Verformungsfläche über den ganzen Probenquerschnitt ausbreitet, wie das bei den vorliegenden Proben der Fall ist. Die Abb. 2 und 3 lassen jedoch auch aus der Unregelmäßigkeit der Kraftlinien auf eine ungleichmäßige Spannungsverteilung schließen. Auch die teilweise gedunkelten Ecken der geätzten Schnittfläche weisen auf ein ungleichmäßiges Abdrücken der betreffenden Kanten hin. Um diese Ungleichmäßigkeiten zu vermeiden, sind besondere Maßnahmen erforderlich. Es genügt nicht, daß die obere der beiden aus gehärtetem Stahl bestehenden Druckplatten der Prüfmaschine in einer Kugelschale gelagert ist, sondern die sorgfältig bearbeiteten Probekörper müssen auch vollständig mit ihren Endflächen die Druckplatten berühren, um eine gleichmäßige Druckübertragung zu gewährleisten.

In der angegebenen Weise wurden Probekörper aus einem weichen Flußeisen bei verschiedenen Belastungen gedrückt. Die zylindrischen Proben hatten sämtlich einen Durchmesser von 30 mm. Die Probenhöhe betrug bei der ersten Versuchsreihe 60 mm, bei der zweiten Reihe 25 mm. Die Quetschgrenze des Werkstoffes, d. h. eine bleibende Stauchung von 0,2 % der Probenhöhe, wurde an den 60 mm hohen Zylindern bei einer Belastung von 18 400 kg, das ist 26,1 kg/mm², bestimmt. Die ersten bleibenden Verformungen treten schon bei Belastungen auf, die unterhalb der sogenannten Elastizitätsgrenze liegen, da sie nämlich mit den feinsten Meßwerkzeugen nicht

⁶⁾ St. u. E. 39 (1919), S. 237/43, 267/74 u. 285/94.

⁷⁾ Ber. Walzw.-Aussch. V. d. Eisenh. Nr. 32 (1923).

⁸⁾ Ber. Walzw.-Aussch. V. d. Eisenh. Nr. 28 (1923).

⁹⁾ St. u. E. 41 (1921), S. 1093/7.

¹⁰⁾ Ber. Werkstoffaussch. V. d. Eisenh. Nr. 20 (1922).

¹¹⁾ Scholl: Dissertation, Aachen 1923. Z. V. d. I. 69 (1925), S. 406/10. — Vgl. S. 1985/6 dieses Heftes.

¹²⁾ Die Fließgrenze des Eisens. Schweiz. Bauz. 83 (1924), S. 157. — Vgl. St. u. E. 45 (1925), S. 434/5.

nachweisbar sind, während bei der Elastizitätsgrenze nach Uebereinkunft die bleibende Formänderung 0,001 bis 0,03 % der Meßlänge betragen muß. Wie Abb. 4 eines mit 15 000 kg belasteten Probezylinders zeigt, gehen diese ersten Verformungen von den Kanten der Endflächen aus. In einem senkrechten Schnitt durch die Mittelachse der Proben bilden die Schnittlinien dieser ersten Verformungsflächen einen Winkel von etwa 50° mit der Kraftrichtung. Bei Belastungen der Proben oberhalb der Quetschgrenze treten von der Zylindermantelfläche ausgehende und sich über den ganzen Probenquerschnitt ausbreitende Kraftlinien in wachsender Anzahl auf. Von den Endflächen gehen zunächst keine Verformungen aus, so daß kegelförmige Bereiche an den Endflächen frei von Verformung und von Kraftlinien bei der Aetzung bleiben. Bei weiterer Belastungssteigerung werden aber auch diese Kegel von der fortschreitenden Verformung mit betroffen, so daß die Grundflächen des noch freien Kegelbereiches allmählich kleiner werden, bis schließlich der ganze Zylinderkörper an der bleibenden Verformung teilnimmt. Diese Vorgänge sind in den Abb. 5 bis 9 von den Proben der ersten Versuchsreihe veranschaulicht. Ähnliche Erscheinungen treten auch bei den Proben der zweiten Versuchsreihe mit einer Zylinderhöhe von nur 25 mm auf, wie aus den Abb. 10 bis 14 hervorgeht. An den Abb. 10 und 11 erkennt man, wie der Winkel φ , den die Verformungsflächen im Längsschnitt der Proben mit der Druckspannungsrichtung bilden, in der Nähe der Endflächen größer ist als im Mittelteil der Proben.

Aus diesen Druckversuchen ergibt sich, wie gesagt, daß die Verformung der Proben, von der Zylindermantelfläche ausgehend, zunächst in einzelnen bevorzugten Flächen erfolgt, sich dann aber immer gleichmäßiger über die ganze Zylinderhöhe ausbreitet. Dabei bleiben aber kegelförmige Bereiche an den Probenendflächen zunächst von der Verformung ausgeschlossen. Bei steigender Belastung, d. h. nach einer erheblichen Ueberschreitung der Quetschgrenze des Werkstoffes, werden aber auch diese Kegelbereiche von ihren Mantelflächen ausgehend mit in die Verformung einbegriffen, bis schließlich die ganze Probe der bleibenden Formänderung unterliegt. Das ergibt sich aus der gleichmäßigen Schwärzung der Proben bei der Kraftlinienätzung. Ueber den Grad der Verformung in den einzelnen Teilen der Proben lassen sich natürlich auf Grund dieser Versuche noch keine Angaben machen.

Die Erklärung für die beobachteten Erscheinungen ergibt sich in einfacher Weise. Da die geprüften Flußeisenzylinder infolge ihrer Seigerungen in keiner Weise einen gleichmäßigen Werkstoff darstellen und heterogene Einschlüsse den Zusammenhang des Werkstoffes unterbrechen, so ist das Auftreten einzelner bevorzugter Verformungsflächen zu Beginn der bleibenden Formänderung erklärlich. Auch unstetige Krümmungen dieser Flächen sind auf Fehlstellen, die dem Kraftfluß einen erhöhten oder verminderten Widerstand entgegensetzen und ihn dadurch ablenken, zurückzuführen. Die Entstehung von Kegelbereichen mit vermindertem Formänderungsvermögen an den

Endflächen hat ihre Ursache in der Reibung an diesen Flächen. Die Verformung der Proben unter dem Einfluß einer stauenden Kraft setzt notwendigerweise eine Breitung der Zylinder voraus. Dieser Breitung setzen aber die gehärteten Druckplatten der Maschine den größten Widerstand entgegen. Infolge der Flächenreibung behindern sie auch die Breitung der Proben. Zu der Druckkraft kommen im Bereich der Endflächen zur Druckkraft senkrechte Reibungskräfte. Hier liegt also ein zwiachsiger Spannungszustand vor, bei dem, wie oben ausgeführt, die größte Schubspannung gleich dem Unterschied der beiden Hauptspannungen ist. Es ist also eine erhöhte Druckspannung erforderlich, um auch den behinderten Bereich an der Verformung teilnehmen zu lassen, vorausgesetzt, daß die Reibungskraft nicht in höherem Maße zunimmt als die Druckkraft. Die Grenze zwischen dem Bereich der behinderten und unbehinderten Verformung kann man als Bereich eines besonders kritischen Beanspruchungszustandes auffassen, in dem die bleibende Verformung beginnt.

Es bleibt nun noch zu erklären, aus welchem Grunde der Winkel φ zwischen der Verformungsfläche im Längsschnitt der Proben und der Richtung der Druckspannung von den Endflächen nach der Probenmitte zu abnimmt. Wie oben ausgeführt wurde, müßte beim Druckversuch an Flußeisenkörpern dieser Winkel 45° sein, da für Flußeisen die Mohrsche Umhüllende im Bereich der Streck- und Quetschgrenze eine mit der Abszissenachse (Abb. 1) parallele Gerade ist. Tatsächlich aber genügen dieser theoretischen Erwägung nur die Kraftlinien, die etwa von der Mitte der Seitenflächen ausgehen. An den Endflächenkanten erreicht aber der Winkel φ die Größe von 50° , wie aus Abb. 4 hervorgeht, oder er nimmt im Endflächenbereich noch größere Werte an, wie Abb. 10 und 11 erkennen lassen. Auch diese Erscheinung läßt sich auf die Wirkung der Endflächenreibung zurückführen. Auf Grund von Föppls¹³⁾ Betrachtungen ergibt sich nämlich die Ablenkung der Hauptspannungsrichtungen von der Kraftrichtung im Gebiet „behinderter elastischer Verformung“ bei ähnlichen Erscheinungen. Es ist deshalb angebracht, die Aenderung des Winkels φ auch bei bleibender Verformung auf die gleiche Begründung zurückzuführen.

Nach dem Ergebnis der bisherigen Versuche trifft also Riedels¹⁴⁾ Auffassung insofern zu, als tatsächlich verhältnismäßig starre kegelförmige Gebilde an den Probenendflächen auftreten. Nicht richtig ist jedoch Riedels Annahme eines gleichbleibenden Neigungswinkels. Auch trifft seine Ansicht nicht zu, daß die ursprünglichen Endflächen der Proben unverändert bleiben, denn da die Kegelbereiche schließlich an der Verformung teilnehmen, so muß die Feststellung Hübers¹⁵⁾ richtig sein, daß auch die Endflächen der Breitung unterliegen.

Eine Bestätigung der Richtigkeit der angestellten Erwägungen wurde in der Weise gesucht, daß auch

¹³⁾ A. und L. Föppl: Drang und Zwang, 2. Aufl., Bd. 1 (München u. Berlin: R. Oldenbourg 1924), S. 116.

¹⁴⁾ A. a. O.

¹⁵⁾ A. a. O.

Zahlentafel 1.

Abhängigkeit der Quetschgrenze gedrückter Flußeisenzyylinder von der Probenhöhe.

Probendurchmesser $d = 30$ mm.

Probenhöhe h in mm	10	20	21	22	23	24	25	28	30	40	60
$\frac{d}{h}$	3	1,5	1,43	1,36	1,30	1,25	1,20	1,07	1	0,75	0,50
Quetschgrenze kg	20 500	17 300	16 540	16 560	16 500	16 550	16 450	16 480	16 500	16 540	16 500

Proben unter Ausschaltung der Endflächenreibung bis zum Beginn einer bleibenden Formänderung belastet wurden. Hübers hat die Ausschaltung der Reibung in der Weise versucht, daß er die mit eingedrehten Rillen versehenen Endflächen mit Oel und Graphit schmierte. Auf diese Weise gelang ihm eine gleichmäßige Verformung seiner Proben bei erheblichen Stauchgraden. In gleicher Weise vorbereitete Proben wurden deshalb bis wenig oberhalb der bei 18 400 kg liegenden Quetschgrenze belastet und der Kraftlinienätzung unterzogen. Es zeigte sich dabei, daß eine völlige Ausschaltung der Endflächenreibung auf diese Weise recht schwierig ist. Es gelang jedoch, in mehreren Fällen gute Ergebnisse zu erzielen. Abb. 15 zeigt eine beiderseitig und Abb. 16 eine nur unten geschmierte Probe nach Ueberschreitung der Quetschgrenze. Das Fehlen bzw. Vorhandensein eines Einflusses der Reibung ist deutlich erkennbar.

Es wurde schon oben dargelegt, daß die Behinderung der Verformung in den Endflächenkegeln letzten Endes ihre Ursache in dem geringen Breiungsvermögen der harten Druckplatten hat, das sich infolge der Reibung den Probekörpern mitteilt. Eine wirksame Beseitigung dieser Behinderung muß also

durch Einschaltung von Druckplatten mit dem gleichen Breiungsvermögen wie die Proben möglich sein. Bei genügender Höhe dieser eingeschalteten Platten werden sie selbst die Kegel der behinderten Verformung aufnehmen und eine gleichmäßige Verformung der Probezylinder gestatten. Es wurden deshalb Zylinder mit 30 mm Durchmesser und einer Quetschgrenze von 18 400 kg einmal zwischen gleichartigen, ferner zum Vergleich unter Verwendung von harten Zwischenplatten oberhalb der Quetschgrenze belastet. Das Ergebnis der Kraftlinienätzung von Proben und Zwischenplatten zeigen Abb. 17 bis 19. Man erkennt deutlich, daß es möglich ist, durch die weichen Zwischenplatten die Behinderung der Verformung an den Probenendflächen völlig aufzuheben. Auch ein Versuch mit zwei aufeinandergesetzten Proben aus dem gleichen Werkstoff bestätigte das gefundene Ergebnis, wie Abb. 20 zeigt. Die Wirkung der Reibung fällt weg, sobald ein vermindertes Breiungsvermögen an den Berührungsfächen der Proben nicht in Frage kommt.

Wie bereits oben gesagt, erfolgt ein Fließen des Eisens bei der Streck- oder Quetschgrenze, sobald eine Verformungsfläche sich über den ganzen Probenquerschnitt ausbreitet. Kann diese Ausbreitung ungehindert erfolgen, so muß das Fließen in einem gleichartigen Werkstoff stets bei etwa gleicher Belastung erfolgen. Tritt aber eine Behinderung der Verformung ein, so muß sich das in einem Ansteigen der Streck- oder Quetschgrenze ausdrücken. Eine solche Behinderung kommt beim Druckversuch in Frage, sobald sich die Kegel behinderter Verformung mit ihren Spitzen treffen oder um einen geringen Betrag überschneiden. Dieser Anstieg der Quetschgrenze wurde an drei Versuchsreihen mit verschiedenem Werkstoff festgestellt, um aus dem Ergebnis Rückschlüsse auf die Kegelabmessungen ziehen zu können. Die Versuche wurden derartig durchgeführt, daß an Probezylindern mit untereinander gleichem

Zahlentafel 2. Abhängigkeit der Quetschgrenze gedrückter Flußeisenzyylinder von der Probenhöhe.

Probendurchmesser $d = 25$ mm.

Probenhöhe h in mm	14	15	16	17	19	20	25	30
$\frac{d}{h}$	1,79	1,67	1,56	1,47	1,31	1,25	1	0,83
Quetschgrenze kg	14 450	14 500	14 300	13 900	13 800	13 800	13 700	13 700

Durchmesser, aber ansteigender Höhe die Quetschgrenze vermittels Spiegelapparates bestimmt wurde. Die Probendurchmesser der einzelnen Versuchsreihen waren teilweise verschieden. Die Ergebnisse sind in den Zahlentafeln 1 bis 3 zusammengestellt. Abb. 21 zeigt die zu Zahlentafel 2 gehörenden Druckkurven. In dieser Abbildung ist als Ordinate der Druck, als Abszisse die zu dem betreffenden Druck gehörende Stauchung in Prozenten der Probenhöhe eingetragen. Es ergibt sich bei allen drei Versuchsreihen ein plötzlicher Anstieg in der Lage der Druckkurven und der Quetschgrenze, wenn das Verhältnis des Probendurchmessers zur Probenhöhe $\frac{d}{h}$ größer wird als 1,43 bei der ersten Versuchsreihe bzw. 1,47 bei der zweiten und dritten Versuchsreihe. Macht man nun die Annahme, die vielleicht nicht ganz genau zutrifft, daß gerade bei der Probenhöhe, bei der ein plötzlicher Anstieg in den Druckkurven und der Quetschgrenze gefunden wird, die „Kegelspitzen“ sich berühren, so ergibt sich der Neigungswinkel φ aus der einfachen

Beziehung $\text{tg } \varphi = \frac{d}{h}$. Auf diese Weise ergab sich der Winkel φ in folgender Weise:

1. Versuchsreihe : $\varphi = 56^\circ 20'$
2. „ : $\varphi = 57^\circ 20'$
3. „ : $\varphi = 57^\circ 20'$

Wie man sieht, ergibt sich bei ähnlichen Werkstoffarten eine gute Uebereinstimmung der ermittelten Werte, so daß sich das angegebene Verfahren durchaus für eine eindeutige Winkelbestimmung eignet. Wie noch näher ausgeführt werden soll, ist das bei dem von Riedel und Scholl angewandten Verfahren keineswegs der Fall. Aus Zahlentafel 1 ergibt sich ferner noch an dem 10 mm hohen Probekörper, daß nach dem Aufeinandertreffen der Kegelspitzen der Fließdruck mit abnehmender Probenhöhe zunimmt. Die Behinderung der Verformung wächst also in dem Maße, wie sich bei Verminderung der Probenhöhe die Ueber-schneidung der beiden Kegelbereiche vergrößert.

Bei Ausschaltung der Endflächenreibung durch Verwendung weicher Zwischenplatten tritt ein Anstieg in der Lage der Quetschgrenze nicht auf. Zahlentafel 4 enthält die betreffenden Werte. Der Werkstoff war der gleiche wie bei der in Zahlentafel 3 dargestellten Versuchsreihe. Es ergibt sich also, daß bei Ausschaltung der Reibung auch bei sehr niedrigen Proben die Quetschgrenze in der gleichen Höhe gefunden wird wie bei Proben mit Endflächenreibung, deren Höhe jedoch genügt, um die ungehinderte Ausbreitung der Verformungsflächen über den ganzen Probenquerschnitt zu ermöglichen.

Im vorhergehenden Teil dieser Arbeit sind im Bereich der Elastizitäts- und Quetschgrenze der Druckproben nur die ersten Anfänge einer bleibenden Formänderung besprochen worden. Für stärkere

Zahlentafel 3.

Abhängigkeit der Quetschgrenze gedrückter Flußeisenzyylinder von der Probenhöhe.

Probendurchmesser $d = 25$ mm.

Probenhöhe h in mm	14	15	16	17	18
$\frac{d}{h}$	1,79	1,67	1,56	1,47	1,39
Quetschgrenze kg	15 400	15 400	15 300	14 900	14 900

Zahlentafel 4. Unabhängigkeit der Quetschgrenze gedrückter Flußeisenzyylinder von der Probenhöhe bei Ausschaltung der Endflächenreibung.

Probendurchmesser $d = 25$ mm.

Probenhöhe h in mm	14	15	17	20
$\frac{d}{h}$	1,79	1,67	1,47	1,25
Quetschgrenze kg	14 950	15 000	14 900	14 900

Verformungen kommt leider die Kraftlinienätzung nicht mehr in Frage. Zur unmittelbaren Verfolgung der Vorgänge bei stärkeren Graden der Formänderung ist eine Reihe von Verfahren angewandt worden, die teilweise bereits erwähnt wurden. Leider eignen sich die meisten davon nicht zu einer sehr klaren Begrenzung verschiedenartiger Verformungszustände.

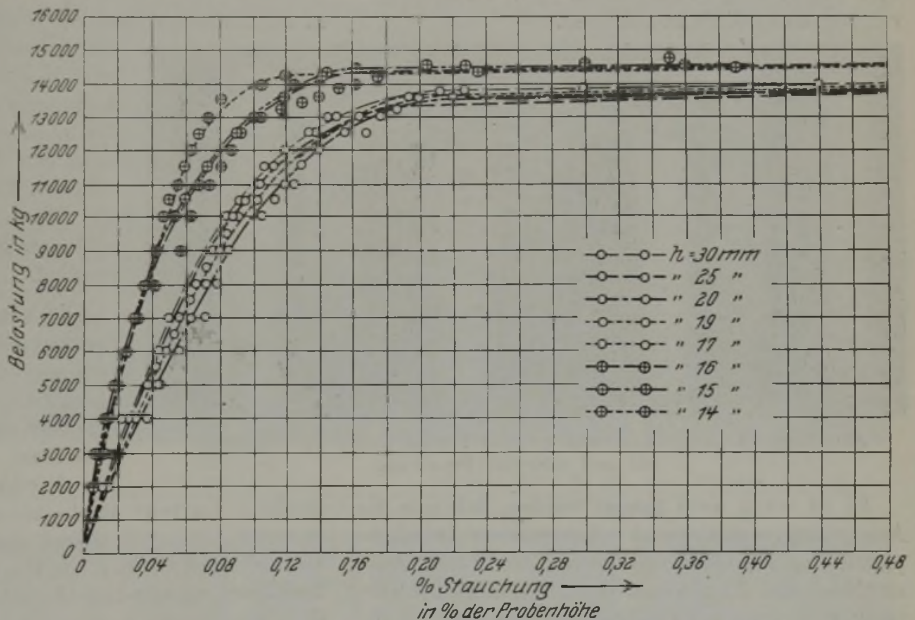


Abbildung 21. Abhängigkeit der Quetschgrenze gedrückter Flußeisenzyylinder von der Probenhöhe. Probendurchmesser $d = 25$ mm.

Die von Rummel¹⁶⁾ und von Siebel¹⁷⁾ benutzte Beobachtung von künstlichen Einlagerungen in die Probekörper erscheint schon darum wenig zuverlässig, weil dadurch die Gleichförmigkeit des Werkstoffes erheblich gestört wird. Zweckmäßiger erscheinen die metallographischen Verfahren, die auf Grund von Gefügestörungen Rückschlüsse ermöglichen. Als solche Verfahren kommt zunächst die Beobachtung der makroskopisch¹⁸⁾ und mikroskopisch¹⁹⁾ sichtbaren Korngrenzenverlagerungen und Kornänderungen kalt verformter Körper in Betracht. Die Rekristallisationserscheinungen in kalt verformten und kritisch geglähten Proben sind insbesondere bei nicht sehr erheblichen Stauchgraden zu wenig einfach, um

¹⁶⁾ A. a. O.

¹⁷⁾ A. a. O.

¹⁸⁾ P. Oberhoffer und W. Oertel: Rekristallisation. St. u. E. 39 (1919), S. 1061/7.

¹⁹⁾ Hübers, a. a. O.

eindeutige Ergebnisse zu erbringen. Dagegen kann die Rekristallisation bei warm verformten Körpern unter Umständen Anhaltspunkte für den Verformungsvorgang geben²⁰). Besonders aussichtsreich erscheint der von Hübers eingeschlagene Weg der Beobachtung primärer Seigerungserscheinungen kalt und warm verformter Probekörper. Abb. 22 zeigt die Anwendung dieses Verfahrens auf einen mit Endflächenreibung kalt gestauchten Probezylinder aus Flußeisen, bei dem die Kegelspitzen dunkel erscheinen. Es geht aber ferner aus dieser Abbildung hervor, daß im Bereich der bildsamen Formänderung die Übergänge zwischen Teilen verschiedenen Verformungsgrades weit weniger scharf ausgebildet hervortreten als im Bereich der beginnenden bleibenden Formänderung. Soweit die aufgeführten Möglichkeiten aber überhaupt zu einem Beobachtungsergebnis führen, zeigen sie übereinstimmend das Auftreten rutschkegelnähnlicher Gebilde, sobald Reibungskräfte oder andere Behinderungskräfte den Verformungsvorgang maßgeblich beeinflussen.

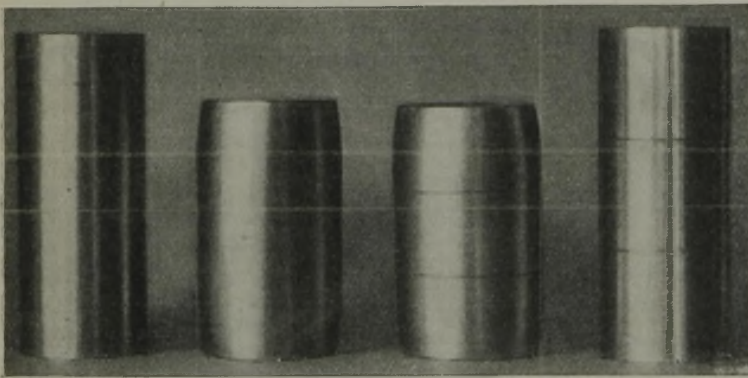


Abbildung 23. Ungeteilte und geteilte Probezylinder aus Flußeisen vor und nach der Stauchung.

Es ist schon oben gezeigt worden, daß sich die Anwendung von genügend hohen weichen Zwischenplatten als besonders geeignetes Mittel zur Ausschaltung der Endflächenreibung bei schwach verformten Druckproben bewährt hat. Das gilt auch für stärkere Stauchgrade. Abb. 23 zeigt einerseits einen ungeteilten, andererseits einen in drei Teile zerlegten Probezylinder vor und nach einer Stauchung von 37%. Der Probendurchmesser betrug 18 mm, die Gesamthöhe 50 mm. Davon entfielen auf den Mittelteil der geteilten Probe 20 mm, auf die Endteile je 15 mm. Das Ergebnis des Stauchvorganges ist in beiden Fällen annähernd gleich. Durch Messung der Probendurchmesser an verschiedenen Stellen wurde nachgewiesen, daß der Mittelteil der beiden Proben völlig gleichmäßig ohne Aufbauchung verformt wurde. Die Aufbauchung der Endplatten ist aus Abb. 23 ersichtlich. Die Ergebnisse von Einzelmessungen bei verschiedenen Druckstufen am Mittel- und an den Endstücken der geteilten Probe sind in Zahlentafel 5 zusammengestellt. Es zeigt sich dabei, daß die Stauchung des mittleren Teiles in

Zahlentafel 5. Stauchung geteilter Probezylinder.

Höhe der Endzylinder $a = c = 15$ mm; Höhe des Mittelzylinders $b = 20$ mm.

Belastung kg	Stauchung mm			Stauchung in % der Probenhöhe		
	a + b + c	b	a + c	a + b + c	b	a + c
8 000	3,0	1,0	2,0	6,0	5,0	6,6
10 000	4,8	2,0	2,8	9,6	10,0	9,3
12 000	6,8	2,9	3,9	13,5	14,5	13,0
14 000	9,3	4,1	5,2	18,6	20,5	17,3
16 000	11,8	4,8	7,0	23,6	24,0	23,3
18 000	14,1	5,8	8,3	28,0	29,0	27,6
20 000	16,4	7,0	9,4	33,8	35,0	31,3
22 000	18,4	7,8	10,6	36,8	39,0	35,3

Prozenten der Probenhöhe größer ist als die der Endabschnitte, bei denen also eine deutliche Verformungsbehinderung vorliegt. Die Erklärung der Aufbauchung ist in ganz ähnlicher Weise wie bei der Annahme von Rutschkegeln in dem Eindringen der in der Formänderung behinderten Kegel in den sie umgebenden Werkstoff mit größerer Bildsamkeit zu suchen. Eine Aufbauchung des mittleren Teiles der oben beschriebenen Proben kann erst dann erfolgen, wenn bei noch stärkeren Stauchgraden die „Kegelspitzen“ bis in den mittleren Probenteil vorgedrungen sind.

Die unmittelbaren Verfahren der Beobachtung der bei den Verformungsvorgängen oder in ihrem Gefolge auftretenden Erscheinungen sind damit erschöpft. Das mittelbare Verfahren, aus den die Formänderung kennzeichnenden Kurven Rückschlüsse zu ziehen, ist in erster Linie von Riedel angewandt worden. So wertvoll auch in mancher Hinsicht die durch dieses Verfahren vermittelten Aufschlüsse sind, so bedarf doch Riedels Ansicht in manchen Punkten der Richtigstellung. Insbesondere trifft die von ihm angenommene Unveränderlichkeit des Winkels φ der Verformungsflächen mit der Richtung der Druckkraft nicht zu. Tatsächlich ergibt Riedels Verfahren, das auch von Scholl²¹) angewandt wurde, im Gegensatz zu der Ansicht dieser genannten Verfasser gar keinen unveränderlichen Neigungswinkel.

Eine Reihe von Druckversuchen diente zum Nachweis dieser Tatsache. Es wurden Zylinder mit übereinstimmend 18 mm Durchmesser, jedoch ansteigender Höhe von 15, 20, 25, 30 und 35 mm gestauch. Die Probenendflächen berührten sich vollständig gleichmäßig mit den gehärteten Druckplatten, die zu jeder Belastungsstufe gehörenden Stauchwege wurden durch eine sehr genau arbeitende Zeigervorrichtung angegeben. Außerdem wurden aus Abmessungen, Druck und Quetschgrenze des Werkstoffs, die bei 32,5 kg/mm² lag, wie oben gezeigt, die zu jeder Druckstufe gehörenden

²⁰) A. Pomp: Kritische Wärmebehandlung nach kritischer Kaltformgebung von kohlenstoffarmem Flußeisen. St. u. E. 40 (1920), S. 1261/9, 1366/78 u. 1403/15.

²¹) A. a. O.

H. Meyer und F. Nehl: Die grundlegenden Vorgänge der bildsamen Verformung.

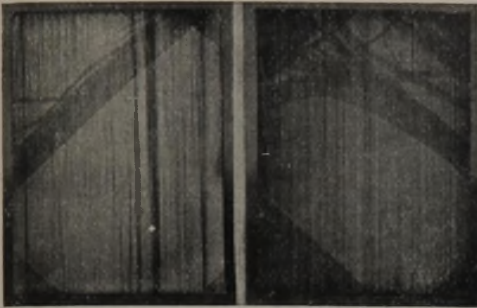


Abbildung 2.

Abbildung 3.

Beginn der bleibenden Formänderung.

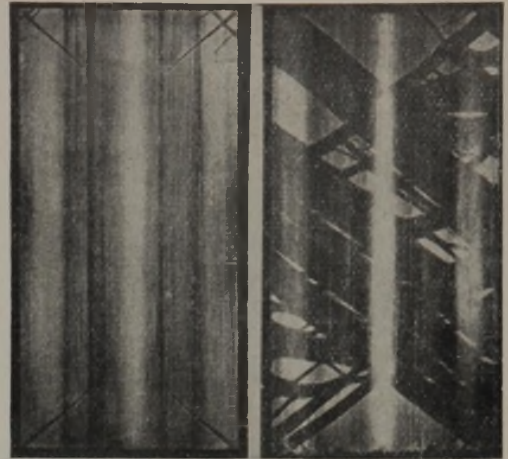


Abbildung 4.
Belastung 15 000 kg.

Abbildung 5.
Belastung 19 000 kg.

Durchmesser = 30 mm, Höhe = 60 mm,
Quetschgrenze = 18 400 kg.

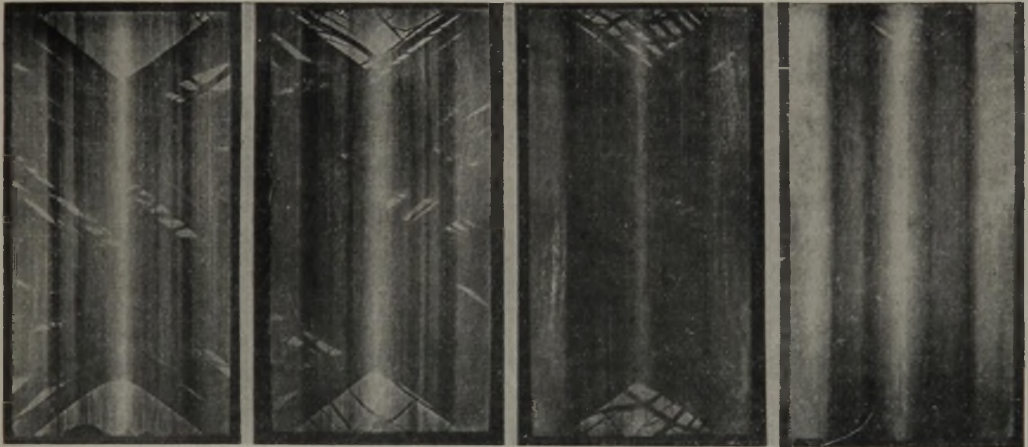


Abbildung 6.
Belastung 19 800 kg.

Abbildung 7.
Belastung 20 000 kg.

Abbildung 8.
Belastung 22 000 kg.

Abbildung 9.
Belastung 23 000 kg.

Durchmesser = 30 mm, Höhe = 60 mm, Quetschgrenze = 18 400 kg.



Abbildung 10.
Belastung 19 000 kg.

Abbildung 11.
Belastung 18 400 kg.

Abbildung 12.
Belastung 20 000 kg.

Abbildung 13.
Belastung 21 000 kg.

Durchmesser = 30 mm, Höhe = 25 mm, Quetschgrenze = 18 400 kg.

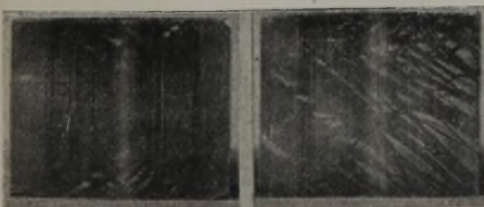


Abbildung 14.
Belastung 22 000 kg.
Durchmesser = 30 mm,
Höhe = 25 mm,
Quetschgrenze = 18 400 kg.

Abbildung 15.
Belastung 18 800 kg.
Ohne Endflächenreibung.



Abbildung 16.
Belastung 19 500 kg.
Ohne Reibung an der unteren
Endfläche.



Abbildung 17.
Belastung 20 000 kg.
Zwischen weichen Druckplatten.

Quetschgrenze = 18 400 kg.

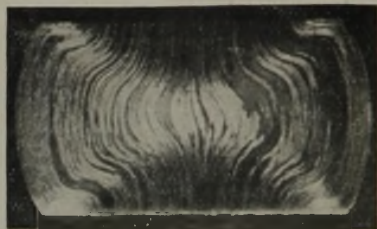


Abbildung 18.
Belastung 22 000 kg.
Zwischen weichen Druckplatten.

Abbildung 19.
Belastung 20 000 kg.
Zwischen harten Druckplatten.

Abbildung 20
Belastung 20 000 kg.
Doppelprobe.

Abbildung 22.
Starkstauchung einer Zylinderprobe.
Primärätzung nach Oberhofer.

Quetschgrenze = 18 400 kg.

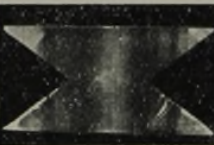
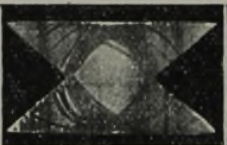
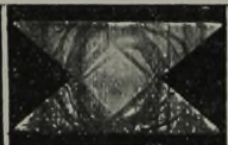
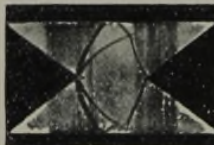


Abbildung 27.
Belastung 4000 kg.

Abbildung 28.
Belastung 6200 kg.

Abbildung 29.
Belastung 6500 kg.

Abbildung 30.
Belastung 8000 kg.

Abbildung 32.
Belastung oberhalb der
Quetschgrenze.
Kegelwinkel = 40°.

Kegelwinkel = 40°, Quetschgrenze = 6200 kg.

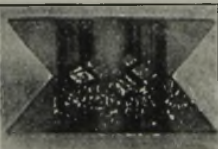


Abbildung 33.
Belastung oberhalb der Quetschgrenze.
Kegelwinkel = 50°.



Abbildung 35.
Belastung bei der
Quetschgrenze.

Abbildung 36.
Belastung oberhalb der
Quetschgrenze.

Kegelwinkel = 60°.



Abbildung 37.

Abbildung 38.

Belastung oberhalb der Quetschgrenze.
Kegelwinkel = 70°.

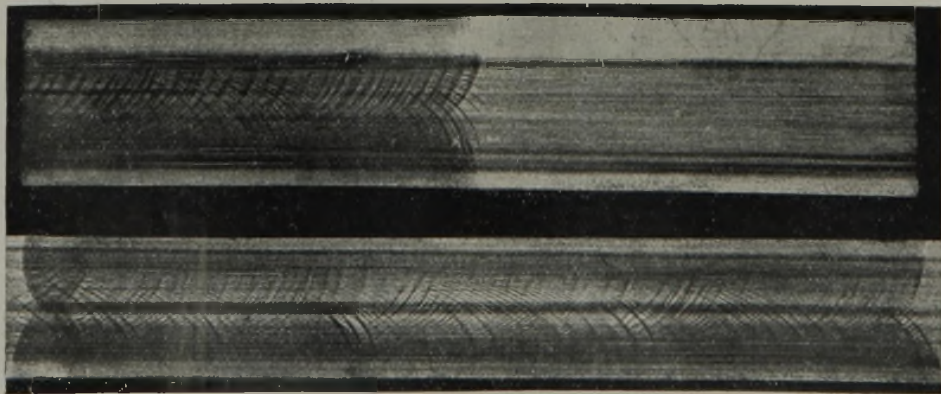


Abbildung 39. Kaltgewalztes Quadrateisen.

Kraftlinien- und Seigerungsätzungen an Flußeisenproben.

Zahlentafel 6. Stauchung eines Flußeisen-zylinders.

Probendurchmesser d = 18 mm; Probenhöhe h = 15 mm.

Belastung kg	Gesamtstauchung mm		Gesamtstauchung in % der Probenhöhe	
	errechnet	gefunden	errechnet	gefunden
10 000	2,6	0,52	17,5	3,47
12 000	4,7	0,85	31,3	5,68
14 000	6,2	1,22	41,2	8,12
16 000	7,25	1,66	48,4	11,03
18 000	8,1	2,15	54,1	14,35
20 000	8,8	2,65	58,7	17,70
22 000	9,4	3,12	62,5	20,8
24 000	9,83	3,70	65,6	24,7
26 000	10,2	4,25	68,3	28,4
28 000	10,57	4,75	70,5	31,6
30 000	10,86	5,30	72,4	35,3
32 000	11,13	5,72	74,1	38,1
34 000	11,35	6,17	75,6	41,1
36 000	11,55	6,42	77,0	42,8
38 000	11,74	6,70	78,3	44,7
40 000	11,9	7,05	79,5	47,0
42 000	12,04	7,35	80,5	49,0

Zahlentafel 7. Stauchung eines Flußeisen-zylinders.

Probendurchmesser d = 18 mm; Probenhöhe h = 20 mm.

Belastung kg	Gesamtstauchung mm		Gesamtstauchung in % der Probenhöhe	
	errechnet	gefunden	errechnet	gefunden
10 000	3,50	0,58	17,5	2,89
12 000	6,25	1,02	31,3	5,1
14 000	8,20	1,55	41,2	7,75
16 000	9,68	2,15	48,4	10,73
18 000	10,82	2,77	54,1	13,85
20 000	11,73	3,55	58,7	17,75
22 000	12,48	4,37	62,5	21,8
24 000	13,10	5,32	65,6	26,6
26 000	13,63	6,05	68,3	30,2
28 000	14,08	6,75	70,5	33,7
30 000	14,48	7,38	72,4	36,9
32 000	14,82	7,90	74,1	39,5
34 000	15,12	8,45	75,6	42,3
36 000	15,40	8,90	77,0	44,5
38 000	15,65	9,35	78,3	46,7
40 000	15,87	9,72	79,5	48,6
42 000	16,05	10,00	80,5	50,0

Stauchwege bei gleichmäßiger Verformung berechnet. Die Zusammenstellung der Ergebnisse ist in den Zahlentafeln 6 bis 10 und in Abb. 24 gegeben. Ein Vergleich der gefundenen mit den errechneten Kurven zeigt in allen Fällen, daß die zu einem bestimmten Stauchweg gehörende tatsächliche Belastung das Mehrfache der errechneten Belastung beträgt. Diese Erscheinung ist auf die bekannte Verfestigung des Eisens bei Kaltverformung zurückzuführen. Da aber die Verfestigung bei sehr großen Formänderungen als stetig verlaufend angenommen wird, so könnte sie zwar die Lage der Druckkurve, d. h. ihren Steilheitsgrad, nicht jedoch ihre Eigenart beeinflussen. Die gefundenen Kurven weichen jedoch in ihrem Wesen durchaus von den errechneten ab. Sie verlaufen zunächst konvex und erst von einem bestimmten Wendepunkt ab, den Riedel als Treffpunkt der Rutschkegelspitzen

stärkeren Stauch- und Druckgraden, bei denen infolge der zunehmenden Verfestigung des Druckkörpers und einer elastischen oder bleibenden Anteilnahme der Druckplatten an der Verformung die Unterschiede im Breiungsvermögen beider abnehmen. Demzufolge muß auch der anfängliche Neigungswinkel φ mit steigender Verformung abnehmen. Vom Beginn des Aufeinandertreffens der Kegel behinderter Verformung an muß dagegen der Kraftbedarf in Abhängigkeit von der Uberschneidung der Kegel zunehmen. Der Verlauf der Druckkurven ist daher von diesem Wendepunkt an stetig hyperbolisch. Der Spannungszustand der Flußeisenproben ist nun beim Aufeinandertreffen der Kegel ganz verschieden, je nach der ursprünglichen Form der Proben. War die Höhe der Proben im Verhältnis zum Durchmesser gering, so treffen die Kegel nach einer wesentlich geringeren Formänderung des

anspricht, im Sinne der Theorie konkav. Diese Eigenart ist zweifellos auf das Vorhandensein der Kegel behinderter Verformung infolge Flächenreibung zurückzuführen. Den anfänglich steileren Verlauf der gefundenen Kurven, der einer geringeren Bildsamkeit der Proben entspricht, könnte man zum Teil wohl darauf zurückführen, daß zu Beginn der Stauchung die Reibungskräfte an den Endflächen im Verhältnis zur Druckkraft größer sind als bei

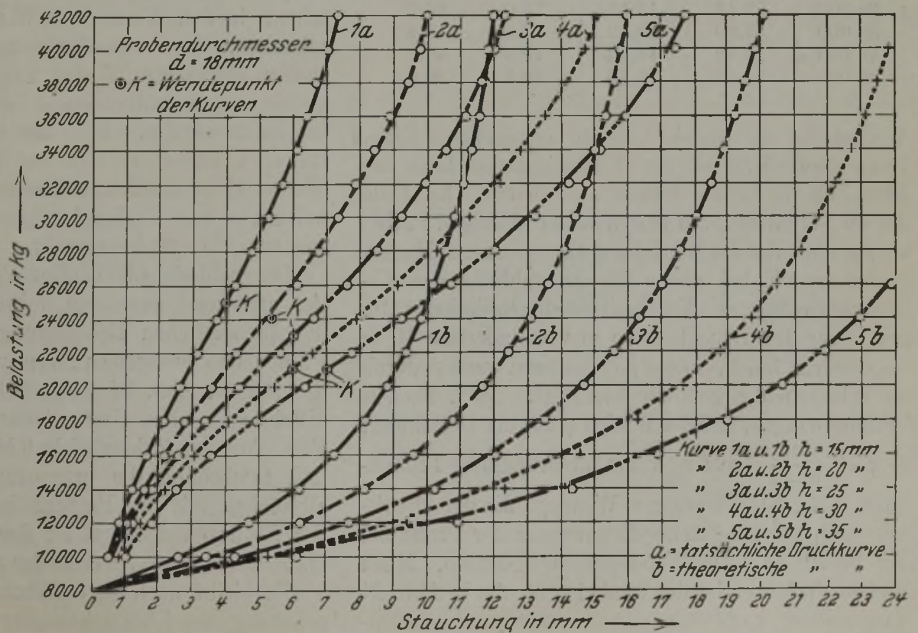


Abbildung 24. Theoretische und wirkliche Druckkurven von Probezylindern gleichen Durchmessers, aber verschiedener Höhe.

Zahlentafel 8. Stauchung eines Flußeisen-zylinders.

Probendurchmesser d = 18 mm; Probenhöhe h = 25 mm.

Belastung kg	Gesamtstauchung mm		Gesamtstauchung in % der Probenhöhe	
	errechnet	gefunden	errechnet	gefunden
10 000	4,3	0,75	17,5	3,0
12 000	7,7	1,25	31,3	5,0
14 000	10,2	1,85	41,2	7,4
16 000	12,05	2,60	48,4	10,4
18 000	13,5	3,45	54,1	13,8
20 000	14,65	4,4	58,7	17,6
22 000	15,57	5,63	62,5	22,5
24 000	16,35	6,6	65,6	26,4
26 000	17,02	7,62	68,3	30,5
28 000	17,60	8,50	70,5	34,0
30 000	18,08	9,28	72,4	37,1
32 000	18,52	9,95	74,1	39,8
34 000	18,90	10,57	75,6	42,3
36 000	19,25	11,15	77,0	44,6
38 000	19,55	11,65	78,3	46,6
40 000	19,82	12,0	79,5	48,0
42 000	20,1	12,4	80,5	49,6

Zahlentafel 9. Stauchung eines Flußeisen-zylinders.

Probendurchmesser d = 18 mm; Probenhöhe h = 30 mm.

Belastung kg	Gesamtstauchung mm		Gesamtstauchung in % der Probenhöhe	
	errechnet	gefunden	errechnet	gefunden
10 000	5,30	0,85	17,5	2,83
12 000	9,40	1,48	31,3	4,93
14 000	12,35	2,20	41,2	7,33
16 000	14,55	3,0	48,4	10,0
18 000	16,25	4,03	54,1	13,4
20 000	17,65	5,50	58,7	18,3
22 000	18,80	6,60	62,5	22,0
24 000	19,70	7,80	65,6	26,0
26 000	20,48	9,10	68,3	30,3
28 000	21,17	10,30	70,5	34,3
30 000	21,75	11,28	72,4	37,6
32 000	22,27	12,20	74,1	40,7
34 000	22,72	12,85	75,6	42,8
36 000	23,13	13,57	77,0	45,2
38 000	23,50	14,22	78,3	47,4
40 000	23,82	14,72	79,5	49,1
42 000	24,11	15,18	80,5	50,6

Werkstoffes aufeinander als im umgekehrten Falle. Dementsprechend ist der Verfestigungszustand des Flußeisens in beiden Fällen verschieden. Im Falle der im Verhältnis zum Durchmesser niedrigen Probekörper muß also der Winkel φ größer sein als bei hohen Probekörpern, bei denen im Augenblicke des Zusammentreffens der Kegelspitzen die Reibungskräfte gegenüber den Druckkräften in vermindertem Maße ins Gewicht fallen. Diese Erwägungen werden durch die erhaltenen Ergebnisse bestätigt. Nach Riedels Verfahren ergibt sich der Winkel φ aus der Beziehung: $\text{tg } \varphi = \frac{d_1}{h - s}$, worin h die ursprüngliche Probenhöhe, s der Stauchweg am Wendepunkt der Druckkurve, d_1 der Endflächendurchmesser der Probe bei der Belastung P am Wendepunkte bedeuten. Nach diesem Verfahren ist der Winkel φ für die in Abb. 24 dargestellten Kurven ermittelt worden. Die gefundenen Werte sind in der Zahlentafel 11 angegeben. Man ersieht daraus, daß der Winkel φ von 62° 40' bei 15 mm Probenhöhe auf 34° 14' bei 35 mm Proben-

Zahlentafel 10. Stauchung eines Flußeisen-zylinders.

Probendurchmesser d = 18 mm; Probenhöhe h = 35 mm.

Belastung kg	Gesamtstauchung mm		Gesamtstauchung in % der Probenhöhe	
	errechnet	gefunden	errechnet	gefunden
10 000	6,1	1,05	17,5	3,0
12 000	10,95	1,8	31,3	5,15
14 000	14,30	2,58	41,2	7,37
16 000	16,95	3,6	48,4	10,29
18 000	18,95	4,95	54,1	14,15
20 000	20,55	6,35	58,7	18,14
22 000	21,85	7,75	62,5	22,10
24 000	22,98	9,25	65,6	26,4
26 000	23,88	10,7	68,3	30,5
28 000	24,68	12,0	70,5	34,3
30 000	25,37	13,22	72,4	37,7
32 000	25,97	14,25	74,1	40,7
34 000	26,48	15,20	75,6	43,4
36 000	26,97	16,0	77,0	45,7
38 000	27,40	16,70	78,3	47,7
40 000	27,77	17,45	79,5	49,9
42 000	28,12	17,80	80,5	50,8

Zahlentafel 11. Bestimmung des Winkels φ für verschiedene Probenabmessungen nach dem Verfahren von Riedel.

h	d	$\frac{d}{h}$	P	s	d_1	$\text{tg } \varphi = \frac{d_1}{h-s}$	φ	Bemerkung
15	18	1,20	25 000	4	21,3	1,935	62° 40'	s. Abb. 24
20	18	0,90	24 000	5,3	20,7	1,406	54° 38'	
25	18	0,72	23 000	6	19,8	1,04	46° 10'	
30	18	0,60	21 000	6	19,4	0,809	38° 53'	
35	18	0,51	21 000	7	19	0,678	34° 14'	
22	18	0,82	19 000	6,3	20	1,272	51° 52'	s. Abb. 25
44	18	0,41	19 000	12,3	20,3	0,641	32° 40'	
40	30	0,75	43 000	6,4	32,1	0,956	43° 53'	

höhe abnimmt. Die Zahlentafel 11 enthält noch die Ergebnisse von drei weiteren Proben mit sehr verschiedenartigen Abmessungen, deren Druckkurven in Abb. 25 dargestellt sind. Hier werden die Unterschiede in den Werten des Winkels φ besonders anschaulich. Der vom Spannungszustand des Werkstoffes abhängige Winkel kann also nur für den gleichen Spannungszustand der Proben eindeutig bestimmt werden. Für den hier untersuchten Bereich ändert er sich bei Proben aus gleichem Werkstoff in annähernd linearer Funktion des Verhältnisses von Probendurchmesser zu Probenhöhe, wie aus Abb. 26 hervorgeht.

Der behindernde Einfluß der Kegelspitzen ergibt sich auch noch aus einem weiteren Umstande. Nach der theoretischen Ueberlegung müßte die auf die Probenhöhe bezogene prozentuale Gesamtstauchung der fünf in Abb. 24 dargestellten Druckproben die gleiche sein. Praktisch ist das auch annähernd der Fall. Aus den Zahlentafeln 6 bis 10 ergibt sich aber, daß tatsächlich die prozentuale Gesamtstauchung allmählich mit der Probenhöhe abnimmt, daß also der Einfluß der Kegel an den Endflächen in dem Maße wächst, wie sie einander näherrücken.

Es bleibt noch zu erwähnen, daß sich bei Ausschaltung der Endflächenreibung der Proben durch weiche Zwischenplatten die dadurch ermöglichte gleichmäßige Verformung in einer durchaus stetigen Druckkurve ohne Wendepunkt ausdrückt.

Die angestellten Untersuchungen geben ein Bild von den Vorgängen, die beim Stauchen von zylindrischen bzw. prismatischen Körpern auftreten. Bereits Riedel hat versucht, Schlußfolgerungen auf den Arbeitsbedarf beim Schmieden und Pressen aus den bei Druckversuchen beobachteten Erscheinungen zu ziehen. Der zu einer bestimmten Verformung nötige Arbeitsbedarf dürfte im wesentlichen von drei Punkten abhängen:

1. Von der Bildsamkeit des Werkstoffes bzw. von derjenigen Kraft, die erforderlich ist, um eine Verformung einzuleiten (Quetsch- bzw. Fließgrenze).
2. Von dem Grade der Verfestigung des Werkstoffes.

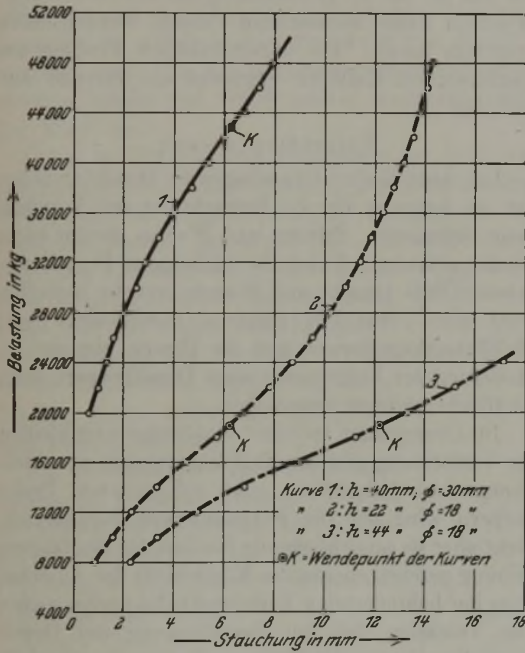


Abbildung 25. Druckkurven von Probezylindern verschiedener Abmessungen.

3. Von dem Einfluß der Kegel mit behindertem Verformungsvermögen, der wiederum abhängig ist
 - a) von der Reibung bzw. dem Unterschied im Breiungsvermögen zwischen Druckorgan und Stauchkörper,
 - b) von dem Verhältnis von Höhe und Breite bzw. Durchmesser des Probekörpers.

Die große Zahl der Veränderlichen zeigt, wie ungewöhnlich schwierig, wenn nicht unmöglich, es sein dürfte, den Arbeitsbedarf sich bei der Kaltverformung verfestigender Werkstoffe rechnerisch zu bestimmen. Einfacher liegen die Verhältnisse in solchen Fällen, bei denen die Verfestigung nicht in Frage kommt, wenn also bei der Versuchstemperatur die Verfestigung durch den gleichzeitigen Eintritt der Rekristallisation aufgehoben wird, ein Fall, der z. B. bei Blei bei Zimmertemperatur, bei Eisen bei der Schmiede- bzw. Walztemperatur eintritt. Daß bei Warmstauchversuchen, die sich nur durch den Fortfall der Verfestigung und durch die infolge der Temperatursteigerung höhere Bildsamkeit des Werkstoffes unterscheiden, im übrigen dieselben kennzeichnenden Erscheinungen auftreten, sowohl was die Aenderung der Probenform als auch der Druckkurve betrifft, geht

aus den Versuchen von Riedel hervor. In gleicher Weise ist dies bei Blei, Plastilin usw. der Fall, wie die Arbeiten verschiedener Forscher gezeigt haben.

Bei den ohne gleichzeitige Verfestigung stattfindenden Verformungsvorgängen dürfte schon eher die Möglichkeit vorhanden sein, durch Versuche die unter 1 und 3 dargelegten Einflüsse zu bestimmen, vorausgesetzt, daß man es mit rechteckigen Querschnitten zu tun hat.

Um nun auch einen Einblick in die Verhältnisse bei den im Längsschnitt nicht rechteckigen Profilen zu gewinnen, wurden Doppelkegel zu einer Reihe von Versuchen herangezogen. Die Doppelkegel kommen deshalb besonders in Frage, weil Riedel an ihnen die Richtigkeit seiner Rutschkegeltheorie nachzuweisen versucht hat. Er hat gezeigt, daß bei zweckmäßiger Auswahl des Kegelwinkels, in Annäherung an den errechneten Winkel, die Druckkurve ohne Wendepunkt in Form einer Hyperbel verläuft. Der Kegelwinkel behält dann auch bei fortschreitender Stauchung seinen Wert bei. Wird dagegen der Kegel-

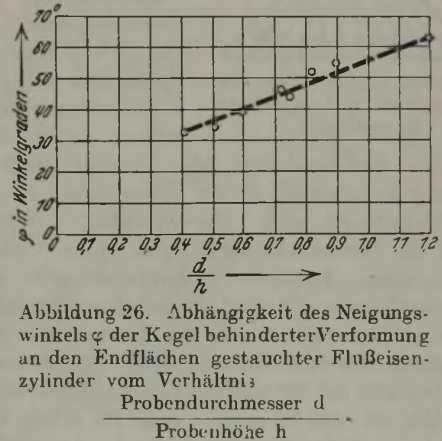


Abbildung 26. Abhängigkeit des Neigungswinkels φ der Kegel behinderter Verformung an den Endflächen gestauchter Flußeisenzylinder vom Verhältnis $\frac{d}{h}$.
 Probendurchmesser d
 Probenhöhe h

winkel wesentlich größer als der errechnete Winkel, so tritt eine Aufbauchung der Proben ein. Scholl²²⁾ benutzte die Annahme, daß bei gleichbleibender Druckgeschwindigkeit der spezifische Druck in der Begrenzungsfläche bei der Verformung von Doppelkegeln gleichbleibt, zur Bestimmung des Verformungsflächenwinkels φ nach der Mohrschen Theorie, indem er an Stelle der bei bildsamen Körpern nicht zu ermittelnden Druckfestigkeit die Spannung in der Kegelbegrenzungsfläche einführt.

Um auf die tatsächlichen Formänderungsvorgänge schließen zu können, wurden Doppelkegel im Druckbereich der Quetschgrenze belastet und der Kraftlinienätzung unterzogen. Es wurden zunächst Doppelkegel mit einem Kegelwinkel von 40° , einer Höhe von 16 mm und einem Begrenzungsflächendurchmesser von 13 mm gewählt. Die Quetschgrenze dieser Proben betrug 6200 kg. Abb. 27 bis 30 zeigen die Aetzbilder von vier Proben, von denen die erste unterhalb der Quetschgrenze, die nächste bei der Quetschgrenze und die folgenden oberhalb der Quetschgrenze belastet wurden. Man erkennt, daß die ersten bleibenden Formänderungen zwar vom Umfang der Kegelbegrenzungsfläche ausgehen, daß aber

²²⁾ A. a. O.

bei weitergehender Belastung ein mit den Grundflächen zusammenhängender Doppelkegel in der Begrenzungsfläche von der Formänderung zunächst ausgenommen bleibt. Es müssen also in der Kegelbegrenzungsfläche die Formänderung hindernde Kräfte auftreten. Stellt man sich den Kraftfluß im Längsschnitt der Probekörper vor, der etwa gemäß Abb. 31 verläuft, so erkennt man, daß in der Begrenzungsfläche durch Kraftstauung ähnliche Seitenkräfte unter einem Winkel zur Hauptspannung zur Wirkung kommen, wie sie als Reibungskräfte an den Zylinderendflächen auftreten. In der Grenzfläche liegt also ein zweiachsiger Spannungszustand vor, der zur Formänderung eine erhöhte Druckspannung erfordert. Die Querkräfte fallen um so mehr ins Gewicht, je größer der Winkel φ einer Kegelkante mit der Richtung der Druckspannung, je kleiner also der Kegelwinkel wird. Die

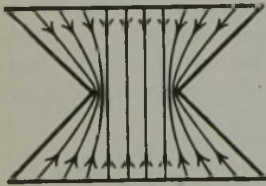


Abbildung 31. Stauungen des Kraftflusses in gedrückten Doppelkegeln.

ersten bleibenden Formänderungen verlaufen im Bereich der größten Kraftstauung. Bei Drucksteigerung wird die Umgebung der Endflächen mit in die Formänderung einbezogen, da die behindernden Reibungskräfte hier weniger stark zur Geltung kommen als in der Grenzfläche, wo beide Endflächenkegel sich überschneiden. Natürlich spielt die Probenhöhe dabei eine Rolle. Abb. 32 zeigt einen breiteren Doppelkegel mit einem Kegelwinkel von 40° oberhalb der Quetschgrenze belastet. Hier erkennt man den Eintritt der Formänderungen im Grenzbereich. Bei Vergrößerung des Kegelwinkels auf 50° sind die Erscheinungen ähnlich, wie Abb. 33 und 34 zeigen; auch bei einem Kegelwinkel von 60° treten noch keine Änderungen auf, wie aus Abb. 35 und 36 hervorgeht. Erst bei der Wahl eines Kegelwinkels, der größer als 65° ist, ergibt sich ein anderes Bild. Die Wirkung der in der Grenzfläche auftretenden Seitenkräfte wird jetzt so gering, daß kaum noch eine Behinderung der Verformung in diesem geschwächten Querschnitt auftritt. Die Verhältnisse nähern sich wieder denen bei Zylindern. In den Abb. 37 und 38 ist gewissermaßen ein Grenzfall dargestellt. Es sind sowohl die für die Verformung von Doppelkegeln als auch von Zylindern kennzeichnenden Merkmale vorhanden.

Aus den angestellten Versuchen lassen sich Rückschlüsse auf die Starkstauchung ziehen. Die Abbildungen lassen erkennen, daß bei Kegelwinkeln unter 65° die gleichen Verhältnisse vorliegen wie bei Zylindern, in denen nach einem Stauchweg die Kegel behinderter Verformung schon aufeinander treffen. Die Druckkurve muß also wie bei einem Zylinderdruckversuch oberhalb des Wendepunktes verlaufen. Bei Annäherung der Doppelkegelform an die Zylinderform treten Kegel behinderter Verformung an den Endflächen auf, die eine Aufbauchung der Probe bewirken. Beide Erscheinungen sind bereits von Riedel festgestellt worden. Nur ist die Ursache eine andere als die von ihm angegebene.

Beim Walzen gestalten sich die Verformungsvorgänge noch erheblich verwickelter. Der im Umlauf befindliche Druckkörper liegt mit einer gekrümmten Fläche dem gedrückten Körper an. Es wirken Verformungskräfte in drei Achsrichtungen, und zwar in der einen Richtung, falls es sich um offene Kaliber handelt, ebenfalls Reibungskräfte, welche die Breitung des Walzgutes behindern. Abb. 39 zeigt das Aetzbild eines kalt gewalzten Quadratstabes im Längsschnitt. Infolge der Walzenform und -bewegung verlaufen die Kraftlinien entgegen der Walzrichtung gekrümmt. Bei einfachen rechteckigen Profilen, die in offenen Kalibern gewalzt werden, würde sich ein Teil der für die Bestimmung der Formänderungsarbeit in Frage kommenden Punkte versuchsmäßig ermitteln lassen. Bei unregelmäßigen Profilen und geschlossenen Kalibern erscheint ein Versuch aussichtslos.

Zusammenfassung.

Die theoretischen Grundlagen des Druckversuches, der als Ausgang für die Betrachtung der Vorgänge beim Schmieden, Pressen und Walzen dienen kann, werden erläutert. Ueber die wichtigsten Forschungsarbeiten, die Druck- und Stauchversuche betreffen, wird eine Uebersicht gegeben, insbesondere wird die Rutschkegeltheorie und die Theorie von der Behinderung der Verformung eines Druckkörpers durch Endflächenreibung besprochen.

Im Grenzgebiet zwischen elastischer und bleibender Verformung gibt die Kraftlinienätzung von Flußeisenproben Aufschlüsse. An zylindrischen Probekörpern wird der die Formänderung behindernde, nicht aber die ausschließende Einfluß der Endflächenreibung gezeigt, ebenso die Möglichkeit der Ausschaltung der behindernden Reibungskräfte nachgewiesen. Die Tatsache, daß bei Beeinflussung des Druckversuches durch Endflächenreibung die Quetschgrenze von der Probenhöhe abhängig ist, wird benutzt, um ein Verfahren zur Bestimmung des Neigungswinkels der von den Endflächenkanten ausgehenden Verformungsflächen für den Spannungszustand des Eisens bei der Quetschgrenze darauf zu begründen.

Für das Gebiet stärkerer Formänderungen werden die unmittelbaren Verfahren zur Beobachtung der Bereiche verschiedenen Verformungszustandes besprochen. Der Einfluß der Reibungskräfte an den Endflächen der Probekörper auf die Ausbildung der Probenform bei der Stauchung wird dargelegt.

Mittelbar lassen die Druckkurven Rückschlüsse auf den Stauchvorgang zu. Es wird gezeigt, daß die aus der Druckkurve ermittelte Neigung der Kegel behinderter Verformung an den Probenendflächen bei Starkstauchungen, im Gegensatz zu Riedels Ansicht, von der Probenform abhängig ist.

Die den Arbeitsbedarf für eine Verformung beeinflussenden Umstände werden aufgeführt.

Ergänzend werden die Vorgänge bei der schwachen und starken Formänderung eines im Längsschnitt nicht rechteckigen Profils auf Grund einiger Versuche an Doppelkegeln aus Flußeisen erklärt.

Auf die verwickelteren Vorgänge beim Walzen weisen die Kraftlinienätzungen kaltgewalzter Quadratstäbe aus Flußeisen hin.

Europas Völker und das Meer.

Von Professor Dr. L. Mecking in Münster¹⁾.

(Der maritime Erdteil, Nebenmeere, festgejügte Völker in vordersten Randgliedern. Nordbuchten des Mittelmeeres und ihre Hinterlandsverbindung, Wüstenschranke und Trieb auf den Ozean, Kolonisation. — Die Meereslage im einzelnen: England, Italien, Balkanvölker und iberische Völker, Frankreich und Deutschland, Holland und Belgien, Rußland, baltische Staaten, Finnland, Dänemark, Schweden und Norwegen. — Vergleichender Rückblick: Lagetypen der kleinen Seevölker, die Nebenmeere und der Drang zum Meere, Verstärkung durch die Eisenbahnen, Entwicklung in Uebersee und Europa.)

Europa hat vor dem Weltkrieg drei Fünftel des Welt-handels und vier Fünftel der Welthandels-tonnage auf sich vereint. Die Nordsee ist trotz ihrer reichlichen Nebel, Gezeitenströme, Stürme und versandenden Fahrwasser, in denen schon manches Schiff den Untergang fand, zum Tummelplatz der Schifffahrt und der Kanal zum Weltverkehrstrichter geworden, in welchem stets Hunderte von Schiffen in Fahrt sind. In die Lagebedingungen der europäischen Länder und Völker geht in höchstem Grade das Meer ein.

Schon in der gesamten Landmasse der Erde hat Europa eine so zentrale Stellung, daß man als den Mittelpunkt der „Landhalbkugel“ die Gegend des englischen Kanals berechnet hat. Es zeigt somit unter den Erdteilen die größte Nähe aller Gegengestade, und selbst die Wege von hier nach den Eisküsten, zum mindesten bis Westsibirien und bis zur Hudsonbai, werden in naher Zukunft nicht mehr der geregelten Schifffahrt entbehren.

An der Ostseite eines Ozeans liegt Europa in mittleren Breiten. Das ist die günstigste Bedingung für milde Klimagegestaltung, die durch den Golfstrom in den höchsten Norden des Erdteils getragen wird.

Durch reiche Gliederung ist Europa aufs innigste in den Atlantischen Ozean gefügt, recht verschlungen mit diesem Meere, das man als das Weltmittelmeer bezeichnet hat, weil es die meisten der großen Ströme in sich aufnimmt und über die Hälfte der Landfläche der Erde sich nach ihm abdacht. Diese Verhältnisse werden, so hoch man auch die Zukunft des Stillen Ozeans einschätzen mag, doch dem Atlantischen Ozean und damit auch Europa einen gewissen Vorsprung lassen.

Zwei tiefe Meeresgassen werden einerseits vom Mittelmeer, anderseits von der Nord- und Ostsee gebildet. Jenes übt seinen lebenspendenden Einfluß bis nach Kleinasien und Georgien aus, in Räumen, die sonst Wüsten und Steppen wären. Es erschließt nicht nur alle seine Gestadeländer, sondern wird zugleich zum interozeanischen Durchgang; ihn haben schon die Phönizier als solchen benutzt; der Seeweg um Südafrika verdrängte ihn vorübergehend, doch trat er nach dem Durchstich

von Suez gewaltig verstärkt mit neuem hervor. Die nördliche Meeresgasse läßt die maritime Milderung durch die westlichen Winde tief nach Nordrußland- ja bis nach Sibirien tragen und gibt noch Leningrad die Jahrestemperatur von 3,7°, während auf gleicher Breite am Ochotskischen Meer — 5,2° herrscht. In Hinterland von Leningrad, wo die Mulden des Bodens reichlich Wasser und die unausgeglichenen Flußtäler Gefälle zur Verfügung stellen, hat Rußland um 60° Breite ein Kraftfeld der Zukunft. Fünf Monate leidet allerdings sein Hafen unter dem Winteris. Polwärts und binnenwärts wächst die Eissperre der Ostsee und vermindert ihren Verkehrswert.

Durch seine Nebenmeere, in Verbindung mit dem Relief, ist der Erdteil aufs feinste aufgefaset, und

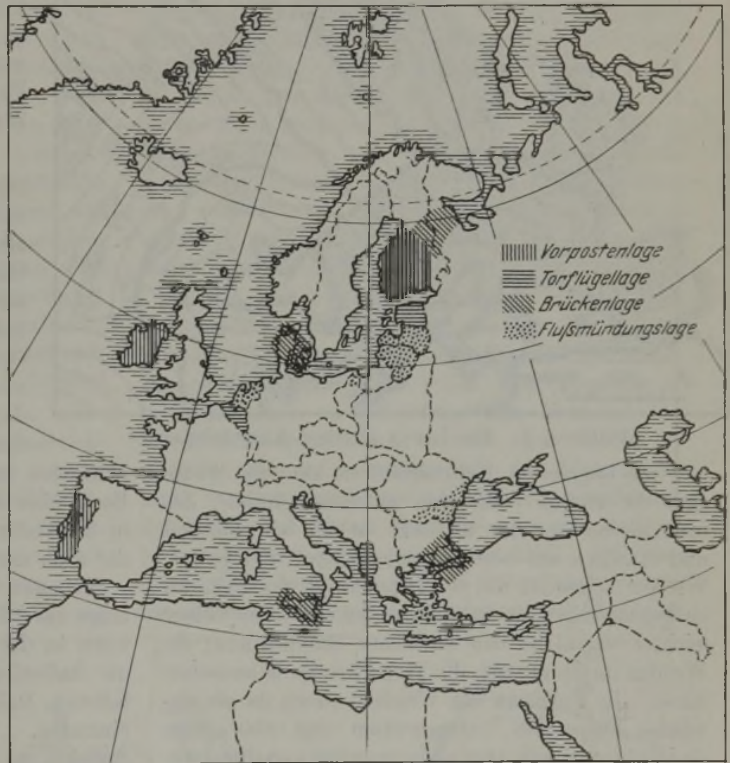


Abbildung 1. Lageformen der kleinen Küstenstaaten.

das hat wesentlich zu der reichen Gliederung der europäischen Völkerfamilie beigetragen. Und wieder das Meer hat es dem ganzen Erdteil ermöglicht, sich mit der Weltwirtschaft so zu verflechten, daß sich seine einzelnen Länder in ihr auch gegenseitig in vielfältigster Weise berühren und überschneiden. In diesem Zwiespalt zwischen individuellem Auseinanderstreben und gemeinsamem Aufeinanderangewiesensein liegt die ganze politische Schwierigkeit unserer Zeit begründet.

Von der Ostsee zum Mittelmeer läßt sich die stärkste Scheidelinie Europas ziehen (vgl. Abb. 1) zwischen

¹⁾ Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 29. November 1925 in Düsseldorf.

einer gegliederten See- und gliederlosen Festlandshälfte, etwa von Königsberg nach Odessa: im Westen geringer Küstenabstand, reicher Wechsel, wie im Umriß, so auch im Relief, im Osten Küstenferne und Einförmigkeit; im Westen das eigentliche Kultureuropa, im Osten Halbasien; dort die Verbindung mit der Welt, hier der Zusammenhang mit dem asiatischen Völkerherd bis nach China hin, wie es sich heute wieder in Rußlands und Asiens politischen Entwicklungsströmungen ausspricht; der Westen industriell, städtisch, weltbürgerlich, der Osten landwirtschaftlich, abgeschlossen, ursprünglich; dort bewegliche, fortschrittliche Entwicklung, hier Trägheit und Beschaulichkeit; im Westen festgeprägte, zum Teil früh in der Geschichte selbständig und fertig gewordene Völker, im Osten kolonialer Boden mit noch unverschmolzenem Volkstum.

Die geschichtliche Bewegung ging im ganzen von Osten nach Westen, aus dem breiten Festlandsrumpf in die Endglieder. An den westlichen Rändern hängen daher älteste Völkerspitter wie die Basken

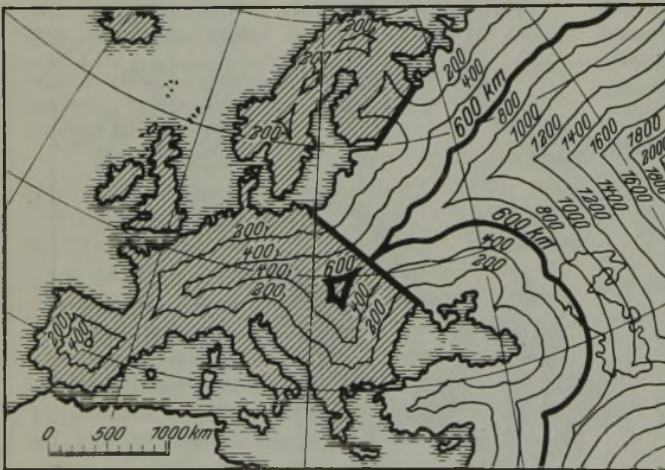


Abbildung 2. Die Linien gleichen Küstenabstandes.

und die losgelösten Keltenreste; sie sind nur klein, aber die großen Völker am westlichen Rande, das französische wie das britische, sehen wir völkisch und staatlich am besten durchgeknetet und geeint. Weniger schon ist das in Mitteleuropa der Fall, wo ein gegenseitiges Ausweichen der verschiedenen Völker leichter war als in den westlichen Randländern; die Wenden im Spreewald, die Tschechen im böhmischen Kessel, die Polen an der Weichsel sitzen da als slawische Vorposten, Germanentum und Slawentum sind wohl verzahnt, aber nicht innerlich verschmolzen. In Rußland endlich hat sich noch ein wahres Gemisch von Völkern, Rassen und Sprachen erhalten, dessen Teile so völlig getrennt beieinander liegen, daß in der heutigen russischen Union z. B. eine eigene Sowjetrepublik der Wolgadeutschen besteht; in Rassen, Trachten und völkischem Wesen zeigt der weite Osten noch eine solche Mannigfaltigkeit, daß das ethnographische Museum in Moskau allein für Rußlands Völkerschaften eine große Zahl von Sälen höchst eindrucksvoll füllt.

Schon in den frühen, selbst vorgeschichtlichen Wanderungen der europäischen Völker darf, wie

Ratzel meint, das Meer nicht übersehen werden: „Jlyrische Wanderungen von Dalmatien nach Unteritalien, ligurische von der ligurischen Küste bis Sizilien, samnitische aus der Gegend Neapels nach Sizilien bezeugen eine rege Seeschiffahrt in vorarischer Zeit.“ Im Lichte der geschichtlichen Entwicklung sehen wir indes zuerst Phönizier und Griechen. Jene hatten ihren Ausgangspunkt gleichsam an der hintersten Wand, der syrischen Küste, gelangten aber schon bis nach Cornwall, wo sie den Zinnbergbau eröffneten. Die Griechen (vgl. Abb. 2) als erstes europäisches Seevolk hatten die in-seleische Aegäis zur Schulung vor ihrer Tür; der Pontus und das pfadlose Meer im Westen ihres Landes boten weitere Ziele, und schließlich umsäumten sie alle Becken des Mittelmeeres mit dem Kranz ihrer Kolonien. Alle bedeutenden Städte waren küstennah: Athen, Korinth, Milet, Syrakus, Karthago, Rom, Adria, Gades, Massilia usw., wie noch heute hier die meisten Großstädte Häfen sind. Im Westbecken war es das von den Phokäern um 600 gegründete Massilia, das am Rhonotor alsbald eine besondere Handelsstellung und großen Einfluß auf die Kultur Galliens und Nordwesteuropas gewann. Das Westbecken wurde ein kolonialer Marktplatz, auf dem Phönizier, Griechen, Karthager und Etrusker eifersüchtig aufeinander schauten.

In den nördlichen Nebenmeeren beobachten wir in den Wanderungen nach und von Britannien frühe Seevölker, vor allem aber in den Entdeckungs-, Raub- und Handelsfahrten der Normannen eine seemännische Betätigung, die um Europa herum bis nach Sizilien und über den Ozean zur neuen Welt nach Grönland und Labrador ihre Wogen schlug. Selbst der festländische Osten ist nicht frei vom frühen Meereseinfluß; hier sind es die von

Schweden herübergewanderten Waräger, die, ihre Boote über die niederen Wasserscheiden tragend, bis in die südlichen Teile Rußlands gelangten, und auf die auch der Name Ruß zurückgeführt wird.

Indessen blieb der Schwerpunkt der Kultur noch lange am Mittelmeer, wo die Griechen von den Römern in der Seeherrschaft abgelöst wurden, später die italienischen Seestädte ihre Handelsmacht entfalteten, Italien und Spanien in die Entdeckungszeit eintraten. Nun wandert der Schwerpunkt nach Spanien, welches das erste seebeherrschende Weltreich gründet, bald aber die Führerschaft an die nordwesteuropäischen Völker verliert, die ihrerseits von der Hanse aus zu Seebetätigung und Seegelung gelangt waren.

Jedes der Seevölker, das einmal in Führerstellung war, vermochte damit in die Geschicke benachbarter, ja teils weit entfernter Völker einzugreifen und einen Einfluß auszuüben, wie er in den inneren Machtquellen seines Landes nicht entfernt begründet war. Das gilt bis heute. Nur die Auswirkung solcher Uebermacht war in den einzelnen Fällen sehr verschieden, je nach der Anlage des Volkes, nach den

geographischen Bedingungen und nach der allgemeinen Zeitgeschichte.

Das Mittelmeer sendet an mehreren Stellen Ausbuchtungen weit nordwärts in den europäischen Faltengebirgsgürtel, und Furchen führen zu Land durch diesen hindurch, alle nach Mitteleuropa strebend, so bei Genua über den Apennin, weiter westlich im Rhonotor bis zum Rhein, vom adriatischen Buchtzipfel in einer Senke zwischen Alpen und dalmatinischen Ketten zum Wiener Becken und der oberen Donau, vom ägäischen Winkel bei Saloniki in der Wardar-Morawa-Beckenreihe nach der panonischen Tiefebene; ja selbst vom Pontus, wo zwischen Kaukasus, Krim und Balkan der Gebirgswall die breitesten Lücken hat, leiten die russischen Flüsse hinüber zur Weichsel und Ostsee. So wird Deutschland, obwohl durch die Alpen vom Mittelmeer abgerückt, doch ein Verbindungsstück zwischen den südlichen und nördlichen Meeren, ein Brennpunkt im maritimen Europa.

Dadurch wirkte das Mittelmeer mit seiner Kultur schon früh auf entlegene Länder im Norden. Die Massilier zogen handeltreibend zum Rhein und durch Gallien, sie führten nicht nur griechische Erzeugnisse ein, sondern auch griechische Sprache und Schrift, und auch die ersten britischen Versuche der Münzprägung sind Nachbildungen griechischer Münzen. Zinn von Cornwall und Bernstein von den deutschen Küsten kamen nach Massilia. Die Griechenkolonie Olbia im Nordwesten des Pontus verschifft Getreide und Fische, nahm griechische Weine auf und vermittelte den Bernsteinhandel; die Sammlungen der Eremitage von griechischen Funden aller Art aus dem südlichen Rußland sind von erstaunlicher Reichhaltigkeit und enthalten allein 25000 griechische Münzen. Zu römischer Zeit gelangte der Ueberlandhandel bis nach Britannien, Dänemark, Schweden und Gotland.

Noch heute sind sämtliche nördlichen Ausbuchtungen des Mittelmeers ungemein wichtige Ansatzpunkte für Verkehrslinien nach fernen Hinterländern. Die Schweiz über die Rhone zum Mittelmeer hinzulenken, ist die Politik der Franzosen seit dem Weltkrieg, wo die Schweiz auf Nahrungs- und Rohstoffzufuhr von dort angewiesen war. An Genua ist die Schweiz und das ganze westliche Deutschland durch die Gotthardlinie heute wie im mittelalterlichen Handel geknüpft. Triest als Meeresspforte der Donautiefländer hatte nur in dieser Naturmitgift die Möglichkeit, schon gegen das mittelalterliche Venedig sich durchzusetzen; es wurde aus dem gleichen Grund für Oesterreich und Italien ein Angelpunkt im Weltkrieg und eine

schwere politische Rätsselfrage der Nachkriegsjahre, wie auch das benachbarte Fiume. Bei Saloniki liegt das andere natürliche Tor der ungarischen Niederung und zugleich des serbischen Kerngebietes. Ungünstig für die Entwicklung in der Gegenwart ist hier das bunte Völkergemisch (vgl. Abb. 3), welches das Tor umlagert; Serben wie Bulgaren drängen sich an die Wardarlinie heran, am Tor selbst sitzen die mazedonischen Slawen und dazu weniger geschlossen die Griechen, die als das eigentliche Meeresvolk der Aegäis deren Nordküste verbrämen, jedoch durchsetzt von den Türken.

Während sich so vom Mittelmeer in das Festland von Natur treffliche Wege bis hin zu den nördlichen Küsten ergaben, hört nach Süden bald hinter Afrikas Küste jeder Verkehrsreiz auf. Anders liegt das auf den Ostseiten der Kontinente; da gehen die Länder der gemäßigten Zone in die der Tropen allmählich über, indem der Monsun dazwischen vermittelt. An den Westseiten stellt sich der Wüstengürtel ein, besonders breit in der alten Welt, also zwischen Europa und den Tropen. Diese Schranke zu überwinden, wurde auf dem Landweg schon von Alexander dem Großen versucht. Die Länge und Schwierigkeit dieses Weges aber verweist Europas Völker nur noch stärker auf das Weltmeer, um die Tropen mit ihren andersartigen Produkten und Bedürfnissen zu erreichen. Auch waren diese Völker in der nördlichen und südlichen Meeresspasse aufs beste dazu vorbereitet, „das Erzeugnis einer Auslese, die westwärts zu immer schwereren Aufgaben wanderte“ (Ratzel). Nun trat das Ganze der Erdkugel in ihren Gesichtskreis.

Nur Seevölker waren imstande, sich so rasch in weiter Ferne heimisch zu machen. Der Binnenländer sieht meist schon in benachbarten Landschaften größere Unterschiede. Das Meer hingegen ist in allen Zonen so gleichartig, sein Horizont von jedem Küstenpunkte aus so weit und einfach, die Tatsache des Aufeinandertreffens von Wasser und Land so überragend über alle Einzelbeschaffenheit der Küste, daß der am Meer Geborene sich auch an fernen Gestaden nicht ganz fremd fühlt. Der Seehandel stößt dabei zum Teil auf tiefstehende Völker, hat ungeregelte Verhältnisse, Gefahren und Abenteuer



Abbildung 3. Griechische Kolonien am Mittelmeer.

vor sich, ist dann mit bewaffneter Macht verbunden, tritt dadurch selbständiger und selbstherrlicher auf, entwickelt Kraft und Kraftbewußtsein.

Wie für das festländische Europa die Einbrüche aus dem Inneren Asiens, so ist im maritimen Europa die Ausbreitung durch Kolonisation bezeichnend. Die größte ging mit der Entdeckungszeit von südlichen und nördlichen Meeresvölkern zugleich aus. Die ganze Entschleierung und Eroberung des Erdballs ist maritim geleitet: Seeweg nach Indien, Nordost- und Nordwestdurchfahrt, Erdumsegelungen, das sind die Marksteine. Das Eindringen in die fremden Erdteile vollzog sich von den Küsten aus, die Besiedelung hing lange Zeit nur an den Küsten, Küstenstädte und kleinere Küstenbezirke umsäumten die Ozeane wie einst phönizische und griechische Stadtkolonien das Mittelmeer. Die Entwicklung der Erdteile von den Küsten her ist zum Teil bis heute erkennbar, zum Beispiel in der Verteilung der Bevölkerungsdichte Südamerikas. Keines jener großen überseeischen Kolonialvölker hat sich aber vom Landbesitz so freigemacht wie Vorgänger aus dem Altertum und dem Mittelalter. Venedig bietet „das letzte Beispiel einer großen Seemacht, die den Landbesitz systematisch aufs Notwendigste beschränkte“ (Ratzel). Die neue Entwicklung führte vielmehr zu überseeischen Kolonialreichen mit möglichst großem Landbesitz. So sehr sich dieser auch in der Folge verändert hat, verraten doch die neuweltlichen Gegengestade in ihrer politischen und kulturellen Beziehung noch heute ihren kürzesten Weg zu europäischen Völkern: Grönland zu Dänemark (einst Norwegen), die Vereinigten Staaten zu Großbritannien, Mexiko zu Spanien, Brasilien zu Portugal. Von früherem Kolonialbesitz haben selbst heutige Kleinstaaten noch Reste in Händen; doch sind es durchweg Staaten in maritim bevorzugter Lage: Dänemark, Holland und Portugal.

Keinem Volk Europas ist das ozeanische Zeitalter, das mit der Entdeckungsgeschichte anbrach, so zustatten gekommen wie dem englischen. Noch 1572 war die Handelsflotte Emdens allein stärker als die von ganz England. Vorher ein „ultima Thule“, wurde England jetzt Mittelpunkt der „Landhalbkugel“ und zugleich Vorposten Europas, als solcher geeignet zum Vermittler und Stapelhändler. Hier ist „latente“ Energie in „kinetische“ verwandelt worden, wie es sich im letzten Menschenalter in Japan wiederholte (F. v. Richthofen). Zur Mittelpunkt- und Vorpostenlage kommt die trefliche Eigenschaft der Insellage. Wie diese eine gewisse Selbständigkeit verleiht, das lehrt innerhalb der britischen Inseln wieder das kleine Irland, das doch bis heute seine Freiheit hartnäckig verteidigt, wie es auch religiös abseits blieb.

England steht, seitdem es erste Seemacht ist, zwischen Europa und der Außenwelt, es teilt nicht die Bestrebungen der europäischen Festlandsvölker. Auch seine Macht hat dementsprechend eine doppelte Richtung; sie erstreckt sich territorial über die Ozeane, politisch und wirtschaftlich auch auf die europäischen Länder. Die Abhängigkeit der letzt-

genannten ist um so stärker, je kleiner und durch ihre Seelage gefährdeter sie sind, also besonders stark bei Norwegen, Dänemark, Holland, Belgien, Portugal, auch noch Italien und Griechenland. Schon Schweden ist freier durch seine Binnenmeereslage und Spanien durch seinen festlandartigen Kern, noch viel freier ist Rußland, weniger dagegen Deutschland infolge seiner äußeren (durch Lage bedingten) und inneren (durch Wirtschaft gegebenen) Meeresgebundenheit. Durch die nach seinen Belangen gestaltete Weltwirtschaft ist aber England auch umgekehrt in Abhängigkeit geraten, sowohl von Europa als auch von der übrigen Welt; als industrielle Werkstatt der Welt hat es die Fremde zu seinem nicht mehr entbehrlichen Lebensraume gemacht, nicht nur die ferneren Nahrungskammern, sondern im Güteraus-tausch auch das übrige Europa. Erst langsam wurde sich England in den letzten Jahrzehnten dieses seltsamen Zustandes bewußt, den es nun immer mehr künstlich zu festigen sucht. Große Fragen liegen darin, wie es auf England wirken muß, wenn die Kohle, die dort durch Meeresnähe ein führendes Ausfuhr-gut bildet, immer mehr an Bedeutung verliert, wenn der koloniale Zusammenhang sich lockert, die Macht der Ueberlieferung erlahmt und die Selbständigkeit aller Teile der Erde noch größer wird.

¶ Mit Englands Lage am meisten verwandt ist die Italiens. W. Vogel weist auf die Beherrschung Europas hin, die gerade den „beiden zentralen Außengliedern“ gelang. Nur ist Englands Herrschaft noch weltumfassender geworden als die Roms im Altertum, entsprechend der größeren Bedeutung des atlantischen Rahmens und der höheren Ausmaße der Gegenküsten. Statt der einen Insel (Irland) hat Italien mehrere vor seinem Hauptland liegen. Unter ihnen erhält Sizilien eine besondere Stellung durch die Schwellenlage, vermöge deren es in der Geschichte heiß umstritten war und Sarazenen wie Normannen an seine Ufer zog. Italien überhaupt verbindet mit der Mittellage die Schwellenlage, indem es eine Brücke von Mitteleuropa nach Nordafrika schlägt. Der afrikanische Brückenkopf aber, in welchem die Römer in langen Kämpfen einen Angelpunkt ihrer geschichtlichen Entwicklung sahen, ist ihm von Frankreich weggeschnappt. Dasselbe Frankreich hat ihm schon im 18. Jahrhundert die offene Vorderseite, mit der Italien in das Westbecken des Mittelmeers blickt, verbaut, indem es Korsika nahm, das noch 1903 der französische Minister Pelletan eine auf Italiens Herz gerichtete Pistole nannte. So wurden Italiens Blicke ganz nach Osten gewendet, wo es in Tripolis, in der Adria und der Aegäis Erfolge gegen die Festlandsmächte Oesterreich und Türkei errang, ja in den letzten Jahren selbst auf Georgien sein Augenmerk richtete und mit Rußland günstige Abmachungen über Handels- und Bergwerksgerech-tsame und über die Schifffahrt im Pontus traf. Demnach ist heute Italiens Macht nach Osten hin bedeutend, hier liegt auch sein Kolonialreich, und es fühlt sich dem Orient und Afrika näher und besser verbunden als Frankreich und England. Wenn das faszistische Italien wieder die Herrschaft am Mittel-

meer anstrebt, so liegen Schranken dieser natürlichen Meeresstellung doch schon im französischen Korsika und im englischen Malta.

In gleichem oder noch höherem Grade als die Italiener sind die Griechen seit alters ein Seevolk. Beim Zerfall der Türkei vor hundert Jahren ist es bezeichnend genug, daß das meerumflutete Land den Anfang machte. Jedoch zu schwach zur selbständigen Seegeltung, wächst und gedeiht es heute unter der Gunst der stärksten fremden Seemacht, Englands. Wie weit nach dem Weltkrieg seine Träume gingen, lehrt des Venizelos Streben, die ganze Aegäis zum griechischen Binnenmeer und Konstantinopel zur griechischen Kolonie zu machen.

Mit dem Erwachen des alten Seevolkes stellte sich fast zwangsläufig der Wettstreit mit Italien wieder ein. Als Gegenpole stehen beide einander gegenüber sowohl am Eingange der Adria, wo von dieser Eifersucht Albanien lebt, als auch besonders in der Aegäis; hier ist der von Griechen bewohnte Dodekanes seit dem Tripoliskrieg in Italiens Hand, und beide trachten nach dem Schlüssel zu Kleinasien und der Vormacht im Levanteverkehr, in welchem Griechenland seit seinem Anschluß an das mitteleuropäische Bahnnetz (1916) Brindisi Abbruch tut.

Die südeuropäischen Halbinseln faßt man wohl leicht als von gleicher Art und Natur zusammen. In vielem ist es auch berechtigt. Doch wie verschieden ist ihr Verhältnis zum Meer! Nicht etwa die Tatsache allein, daß die Balkanhalbinsel eine Flanke zum Orient, die iberische eine zum Ozean wendet, sondern auch die innere Gestaltung der Länder bedingt grundlegende Unterschiede. Die Balkanhalbinsel fasert sich in ihren südlichen Enden zierlich auf, und zwar besonders nach der ägäischen Seite. Schon das Innere des nördlichen Griechenlands, vollends aber der breiter in das Festland eingefügte Stamm bis zur Donau ist schwer zugängliches, kontinental geschlossenes Land, das nur in wenigen naturbedingten Linien sich wie mit Fäden an die Küste schließen läßt. Diese Fäden und ihre Küstenenden bilden in unserer Zeit die Hauptstreitpunkte der Balkanvölker. Ähnlich ist die kleinasiatische Halbinsel an der ägäischen Flanke gliederreich und zugänglich, aber wenig im Inneren. So ist die Aegäis mit ihren Randsäumen eine Verkehrseinheit, die großen Halbinselinterländer aber spüren den Hauch des Meeres nur schwach, wie sie auch in klimatischen und anderen geographischen Erscheinungen zu ihren Gestaden in Gegensatz stehen.

Die italische Halbinsel ist zwar von einem Gebirge längs durchzogen, doch nicht entfernt so wie die Balkanhalbinsel im ganzen gebirgiges Land; große Beckenländer ermöglichen ihr sogar eine hohe Durchschnittsdichte der Besiedelung, auch ist sie schmal und damit in allen Teilen küstennah; so steht sie als maritimes Land der kontinentalen Balkanhalbinsel gegenüber. Die ihr angelehnte Adria mag auf den ersten Blick als Seitenstück zur Aegäis erscheinen; hier besteht nun der entgegengesetzte Unterschied: die Küsten zeigen nicht die Quergliederung der ägäischen, das Meer nicht die ver-

bindenden Inselpfeiler, die italische wie die Balkanhalbinsel haben vielmehr an der Adria ihre geschlossene Rückenseite. Der Verkehr strebt im wesentlichen in das nördliche Ende, und nur die Schmalheit des Meeres macht die Sorge der Italiener um seine Beherrschung so groß. Sie fühlen ihre hafearme Rückenlinie zu sehr bedroht durch die nahe Gegenküste in slawischen Händen. Auch sitzen an dieser Küste italienische Stadtsiedelungen wie Schwalbennester am Dachrand.

Die iberische Halbinsel ist weder wie die italische durchgängig und überall küstennah, noch wie die Balkanhalbinsel von einem Verkehrssammelbecken und einer offenen Küste einseitig begleitet, sie ist vielmehr ein zentrales Hochland, fast rings umgeben von offenen Randlandschaften. Diese weisen aufs Meer und haben an der Küste besonders ihr Wirtschaftsleben. Der Hochlandskern hingegen hat den Charakter festländischer Abgeschlossenheit und ist in großen Teilen geradezu öde. In ihm hat aber eine Macht über die ganze Halbinsel ihren gegebenen Mittelpunkt, und dieser liegt in Madrid. Der so küstentrückte Kern konnte zu Zeiten, da von ihm aus die ganze Halbinsel beherrscht wurde, durch die Randlandschaften so auf das Meer gezogen werden, daß er eine große Seemacht entfaltete, wie Spanien in seiner kurzen Weltherrschaft. Andererseits liegt ein Auseinanderfallen in eine Reihe von Sonderexistenzen nahe, deren jede eine andere politische und wirtschaftliche Blickrichtung hat, und die Geschichte ist davon erfüllt. In den Randgebieten, besonders dem reichen, gewerblichen Katalonien, machen sich auch in heutiger Zeit die separatistischen Strömungen geltend. Wie sehr das Spanien der Gegenwart vom Meere abgedrängt ist, zeigt schon der Umstand, daß es auf dem Tummelfeld der Bellenge im östlichen Mittelmeer gar nicht beteiligt ist. Die größte und am meisten ozeanisch gelegene Randlandschaft Portugal, die ihren Namen nach einer Hafenstadt (Porto Calle) trägt, konnte sich ein Jahrhundert als Großmacht halten (1480—1580), sie ist auch heute selbständig und damit ein wunder Punkt für Spanien. Andererseits ist ihr Spanien der Riese, gegen den sie Rückhalt an einer Seemacht sucht, die kaum eine andere als England sein kann. Man hat sogar gesagt, wenn Portugal nicht bestände, müßte es für England geschaffen werden. So bedeutsam ist seine Lage. Der herrliche Naturhafen Lissabon hat diese Lage als Eckpunkt am Weg vom Mittelmeer zum Kanal und als Landungsbrücke von Südamerika und Afrika her schon früh zu nutzen verstanden.

Frankreich, zwischen Meeren und Hochgebirgen geschützt gelegen, war der erste geschlossene Nationalstaat Europas, bis zum Beginn des vorigen Jahrhunderts auch der volkreichste. In der überseeischen Ausdehnung waren die Anwohner der atlantischen Gestade, Normannen und Bretonen, die Wegweiser. Nach dem Verlust seines alten Kolonialreichs hat es im 19. Jahrhundert vom Mittelmeergestade aus ein neues gegründet. Als Sachwalter für Syrien jetzt in die Nähe von Kleinasien, Mesopotamien und

Aegypten gerückt, hat es weitere Machtgrundlagen erlangt und das napoleonische Ziel wieder aufgenommen, die Vormacht am Mittelmeer zu werden. Allerdings ist Syrien schlecht mit dem Meere verbunden, und die Schwierigkeiten Frankreichs in Damaskus erlebten wir dieser Tage. Zwischen den nördlichen und südlichen Küsten Frankreichs ist die Verbindung so kurz und dank der Bodenplastik so leicht, daß eine Zersplitterung des Volkes und Staates nicht zu befürchten war, wie sie bei Deutschland zur Zeit der italienischen Kaiserpolitik erfolgte. Aber wirtschaftlich hatte Deutschland vor dem Krieg die besseren Grundlagen; es konnte ein viel weiteres Hinterland an seine Küsten schließen, stärkere und mannigfaltigere Kräfte in sein Wirtschaftsspiel einsetzen. Seine großen Ströme sind gleichsam ein Meer zweiter Ordnung, sie ziehen den Einfluß des Meeres recht nach Südosten, tief in das Festland. Sie dienen denn auch dem Vielverband zur Erfindung eines neuen Mittels, um den Einfluß maritimer Außenmächte ins deutsche Binnenland zu tragen, nämlich der Internationalisierung der Ströme durch Anlage fremder Stapelplätze und Verkehrseinrichtungen. Nach dem Versailler Diktat ist ferner die Seegrenze von 1800 auf 1500 km gekürzt worden. Nicht stets und unbedingt ist eine längere Küste von Vorteil, aber bei Deutschland ist es der Fall; es liegt langhingestreckt an der mitteleuropäischen Abdachung, und jede neue Küstenstrecke hat ein neues Stück Hinterland zu versorgen. Mit der Memel ist uns das litauische, mit der Weichsel das polnische natürliche Hinterland genommen worden. Das britische Wirtschaftsziel, die deutsche Seebasis zu kürzen, deckte sich mit Frankreichs strategischem Bedürfnis nach einem starken Polen; in der französischen Presse wird unverhohlen Danzig als der wichtige Zwischenpunkt einer französischen Kampflinie Cherbourg-Warschau bezeichnet.

Ueberhaupt hat die rückwärtige Lage der deutschen Küsten, die ihre Wirtschaftsgunst in der Erschließung eines großen Hinterlandes erweist, ihre politische Kehrseite darin, daß die vorderen Seevölker auf sie drücken können. Wie heute, so geschah es schon in früheren Zeiten, und im Dreißigjährigen Kriege mußte der Große Kurfürst klagen: „Was sind Rhein, Weser, Elbe und Oderstrom nunmehr anders als fremder Nationen Gefangene!“ (Vgl. die Abb. 4) Dafür ist Deutschland schon das Uebergangsglied zum festländischen Europa. Während England und

Frankreich zu den Reichtümern der niederen Breiten zwingend auf den Seeweg gewiesen werden, ist für Deutschland die kontinentale Diagonale, die Orientachse fast ebenso naturgegeben wie der Seeweg. Darin liegt eine Zwiespältigkeit, die wirtschaftlich wertvoll, politisch erschwerend ist. Sie wurde in der scharfen Ausprägung der Vorkriegspolitik verhängnisvoll. Aber der Januskopf besteht von Natur und erhebt sich nach dem Krieg von neuem aus dem Nebel dieser Zeit in den mit den Westmächten ebenso wie mit Rußland sich entwickelnden Beziehungen.

Zwischen Deutschland und Frankreich einerseits, Großbritannien und auch noch Skandinavien andererseits liegt ein Brennpunkt aller vier großen Landgebiete Nordwesteuropas, zugleich das innere Ende des Weltverkehrstrichters. Das ergibt für Belgien und Holland eine auf kleinen Raum verdichtete Kraft der Lage, wie sie selten wiederkehrt, eine Kraft, die zwei der kleinsten Staaten Europas zu See- und Kolonialmächten gemacht hat. Hier haben schon die Römer das Sprungbrett nach Britannien gefunden und die Normannen der späteren Weltstadt Brügge den Namen gegeben (Anlegebrücke). Im 13. Jahrhundert gab es in Prag flandrische Tuche und in Brügge böhmische Metalle. England und Schottland, Gotland und Riga, Katalonien und Oberitalien wurden in den flämischen Handel gezogen. Sobald nun England in den Wettbewerb trat, wurde die flandrische Festlandskante stets eine politisch besonders kritische Stelle. Schon der Krieg gegen Spanien traf einen Gegner, der auch die Niederlande beherrschte, in Napoleons großgedachten Plänen war Antwerpen die gegen Englands Herz gerichtete Pistole, und England wurde zum eigenen Besten 1814/15 der Schöpfer der Vereinigten Niederlande. Heute kann weder Belgien noch Holland eine selbständige Rolle als Seemacht spielen, beide sind abhängig von England durch ihren Außenhandel und ihr Kolonialreich. Wirtschaftlich aber ist Belgien wie Holland aufs engste mit dem deutschen Hinterland verknüpft. Auch in diesem eigenartigen Zwiespalt zwischen politischem und wirtschaftlichem



Abbildung 4. Völkergemisch um Saloniki.

Verhältnis hatte der Vielverband eine Handhabe. Deutschland wirtschaftlich zu treffen durch Tarifbestimmungen des Versailler Vertrags.

Rußland, die festländische Hälfte Europas, ist zunächst nur passiv mit dem Meer in Verbindung gekommen, durch die Waräger in den baltischen Flüssen, die Normannen am Weißen Meer. Im 12. Jahrhundert haben dann die Russen selbst das Weiße Meer und damit den Torweg zum Eismeer erreicht. Hier wurden sie seit 1553 von den Entdeckungsfahrern der Nordostpassage in den englischen und holländischen Handel gezogen, der zur Gründung des Hafens Archangelsk führte. Bis heute hat dieser Nordausgang seine Bedeutung bewahrt, wenn er auch nur sechs Monate eisfrei ist und dadurch namentlich aus strategischen Erwägungen seine Ergänzung finden mußte an der vom Golfstrom beschriebenen Murmanküste in Verbindung mit der Murmanbahn des Weltkrieges. Erst in Peter dem Großen erstand den Russen der Mann, der bewußt den Schritt aufs Meer tat. Gegen polnische und schwedische Macht an der Ostsee hat er seinem asiatischen Riesenstaat das Fenster nach Europa gebrochen und hier die neue Hauptstadt errichtet. Unter den Denkmälern und Prachtbauten von Petersburg gibt es wenig so Eindrucksvolles wie das Denkmal: Peter auf dem aufgebäumten Roß hochgemut mit dem Arm auf die Newabucht weisend. Die Seefahrt sollte ihm das Mittel werden zur Europäisierung seiner asiatischen Völkerscharen. Mit der Seeluft drangen der Geist, die Technik, Wissenschaft, Kunst und Verwaltung Europas ein. Wie Peter die nördlichen, so erreichte Katharina II. die südlichen Strommündungen und setzte den Markstein mit der Gründung Odessas. Durch die Eroberung Sibiriens endlich gelangte Rußland zum Ochotskischen Meer, und erst die jüngste Politik strebte in Afghanistan und Persien auch zum Indischen Ozean.

So sprengte der Festlandsriese nacheinander seine Tore zur Welt, aktiv, um nicht selber Kolonialgebiet zu werden. Doch stieß er dabei rings auf Nebenmeere, die zu immer weiterem Hinausgreifen in den politischen Zielen trieben: Dardanellen, deutsche Ostseeküste, finnische Küsten, Wladiwostok—Port Arthur—Korea, Persischer Golf. Jetzt von der Ostsee fast ganz abgedämmt, muß Rußland seinem Nordausgang wieder erhöhtes Gewicht geben; Archangelsk blüht auf, wie es auch den Anfang der Außenentwicklung gebildet hat. Die pontischen Häfen werden notwendig folgen, sobald die Landwirtschaft in normaleren Bahnen ist. Hier liegt von Natur der Schwerpunkt, weil zur Kornkammer sich die industriellen Grundlagen gesellen. Im übrigen hat sich der spät und krampfhaft maritim entwickelte Staat auf seinen festländischen Kern zurückgezogen, und Moskau hat die Kraft des natürlichen Mittelpunkts wieder erlangt. Um so mehr ist sein Blick jetzt auf Asien gerichtet. So scheint sich das mit europäischer Kulturkraft gebildete Volk anzuschicken, die asiatischen Völker zu erwecken, um den Kern der alten Welt gegen das europäische Anhängsel zu verbinden, das dem Muttererdeil der Kultur so

gewaltig über den Kopf gewachsen war, daß es die Herrschaft der Welt in Anspruch nehmen konnte.

Ein seltsames Bild bietet heute das baltische Küstengebiet. Von Natur die Fortsetzung norddeutscher Landschaft, war es die maritime Wachstumslinie der ostdeutschen Kolonisation geworden. Auch in der neuerdings hier entwickelten Industrie herrschte der Deutsche als Unternehmer und Techniker. Schließlich hat aber Rußland hier seine natürlichen Pforten gewonnen. Seine baltischen Häfen hatten vor dem Kriege etwa 30% des russischen Außenhandels auf sich gezogen, einschließlich Petersburgs sogar 40 bis 45%. Libau und Windau sind so gut wie eisfrei. Wenn jetzt hier lauter Niederlande im kleinen geschaffen sind — ganz Estland hat nur 1.1 Million Bewohner —, so liegt dazu nicht entfernt die Berechtigung wie am Kanal vor. Die Verkehrslinie von Libau über Wilna nach den landwirtschaftlichen Ueberschußgebieten des Südens berührt jetzt vier Staaten. Schon empfinden die baltischen Staaten selbst die Notwendigkeit des engeren Zusammengehens, z. B. wegen der Tarifgestaltung der Häfen, und schon im März 1923 traten sie einschließlich Polen und Danzig zur ersten Wirtschaftskonferenz zusammen. Der russische Riese, einstweilen anderweitig in Anspruch genommen, wird beim Erstarken vielleicht an dieser Schwächestelle wieder durchbrechen. Jetzt dienen die kleinen Republiken zu seiner Bändigung und Ausnutzung und sind daher besonders von England betreut. Deutschland aber wird darauf gewiesen, durch fleißige und organisatorisch fähige Wegbereiter hier Aufbauarbeit zu leisten wie einst.

Wie Rußland fast ganz seiner natürlichen Ostseestellung beraubt wurde, so Deutschland an zwei wichtigen Punkten. Mit dem Memelgebiet mußte es Litauen lebensfähig machen, das nur in der Memel eine größere natürliche Verkehrsstraße und einen Mündungshafen hat; so wurde Litauen nicht von Deutschland abhängig, aber von dem großmütig schenkenden England, auch blieben so Deutschland und Rußland besser getrennt. Der gleiche maritimpolitische Gesichtspunkt herrscht an der Weichselmündung: Danzig wurde Freistaat und bildet seit 1922 mit Polen ein Wirtschaftsgebiet. Die Vermittlung des polnischen Ueberseeverkehrs war indes auch früher stets in fremden Händen und Danzig immer eine rein deutsche Stadt geblieben. Da die Polen auch jetzt wohl kein Seevolk werden, ist hier England und Frankreich die Tür geöffnet.

Selbständiger als die der baltischen Staaten ist von Natur die maritime Stellung Finnlands. Es erhält durch die beiden tiefen Busen eine im Verhältnis zur Landfläche lange Küste, die noch durch die überreiche Schärengliederung vergrößert wird. Dazu kommt eine offene Rückseite am Eismeer. Häfen hat es in Fülle, die sich in ihrem wirtschaftlichen und politischen Wert nicht allzu sehr unterscheiden. Den Rheinmündungsstaaten ähnelt es als Zankapfel, und diese Eigenschaft leitet seine Geschichte. Als wald- und wasserbedeckte, glazial bearbeitete Felsplatte ist es von Natur zu Schweden zu stellen. Die Bewohner sind in der Hauptsache Finnen, aber

körperlich durch Blutmischung stark zum Germanentyp abgewandelt. Die längste Zeit war es im schwedischen Staatsverband, und von dort hat es seine Kultur. War diese Zeit schon von Kämpfen mit dem russischen Nachbar erfüllt, so wandte sich vollends das Blatt mit Peter dem Großen. Von da bis 1809 erfolgte Stück für Stück die Unterwerfung, und es war eine folgerichtige Entwicklung. Denn Finnland lag hart an der russischen Hauptstadt und flankierte langhin deren Torweg zur Ostsee (wie später auch den Landweg zur eisfreien Murmanküste); es ist somit geradezu ein Eckstein von Rußlands maritimer Macht. In diesem einseitig überstarken Druck liegt eine bedenkliche Aehnlichkeit mit Irland; wie England dieses schwer völlig freilassen kann, ohne am Lebensnerv berührt zu werden, so wird Rußland, sobald es die Verbindung mit dem nordwestlichen Meer wieder

Sundzoll erheben und vorübergehend die Ostsee als sein Meer beanspruchen. Die Kehrseite der Schwellenlage offenbart sich darin, daß kaum eine Stadt im Ostseebereich so zu leiden hatte wie Kopenhagen. Ein Nachklang aus Dänemarks großer Zeit sind die Kolonien Grönland und Island, von denen die letztgenannte seestrategisch bedeutend genug werden kann, so daß England in den letzten Jahren ein Auge auf sie warf. Die Auflösung der dänischen Landbrücke in die vielen Inseln und Sunde hat als besonders kennzeichnende Erscheinung dieser Meeresgegend den Fährverkehr gezeitigt.

Norwegen und Schweden, Rücken an Rücken, haben beide ihren naturbestimmten Meeresraum, über den sie früh in der Geschichte ihre Bewohner ausschwärmen ließen. Norwegen hat seine althistorischen Verbindungen sowie auch heutigen Neigungen nach England hin, Schweden seine bald kriegerischen, bald friedlichen Beziehungen zu Deutschland herüber. Erhält Schweden ein größeres politisches Gewicht durch das tiefer gelegene und wirtschaftlich reichere Land und die dadurch größere Volkszahl, so hat Norwegen in seiner langen, ungemein gegliederten Außenküste die Basis für eine sehr starke Beteiligung am Seehandel und an der Seefischerei, die in keinem Land eine so überragende Rolle spielt. Beide endlich sind zufolge ihrer Nordlage mit am ruhmvollsten in der Polarforschung zu Wasser und zu Lande vertreten.

Werfen wir nach dieser Umwanderung Europas einen vergleichenden Rückblick, so drängen sich verschiedene allgemeinere Züge auf (vgl. Abb. 5).

Einmal zeigen sich außer den großen Seevölkern, deren jedes sein besonders geartetes Verhältnis zum Meere erhält, viele kleine. Unter diesen lassen sich mehrere Formen unterscheiden. Eine ist gegeben in der Torflügelage, wie sie Albanien und Belgien haben. Das öde Albanien und seine noch nicht eine Million zählende Bewohnerschaft haben an sich nicht viel zu bedeuten; aber welcher der drei großen Nachbarn diesen Torflügel zur Adria in Händen haben soll, das macht das schwierige Rätsel Albanien aus. Es ist in Abschwächung die gleiche Lage wie am Englischen Kanal, wobei Italien die Rolle von England spielt. Eine andere Klasse zeigt die Vorpostenlage, am reinsten bei Portugal und Irland entwickelt. Solche Staaten sind weniger umstritten, aber bestimmter abhängig von einer einzelnen Macht, entweder dem Hauptanlieger wie bei Irland oder einer anderen großen Seemacht wie im Falle Portugal. Auch Finnland verkörpert diese Form, jedoch weniger rein, da seine Stellung als Vorposten Rußlands abgeschwächt wird durch die Zwischenlage zwischen ihm und Schweden. Selten ist das Gegenteil der Vorsprungslage, die

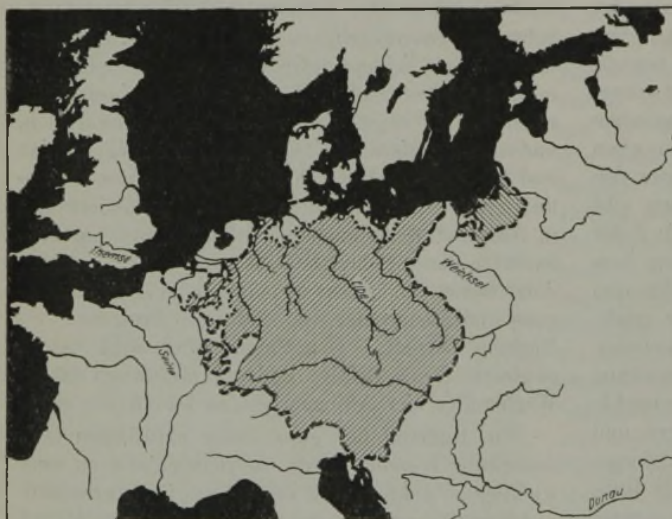


Abbildung 5. Deutschlands Seegrenzen Mitte des 17. Jahrhunderts (nach W. Vogel).

sucht, auch auf Finnland von neuem den Blick werfen. Einstweilen hat dieses im Frieden von Dorpat 1920 die Anerkennung Rußlands nur durch Verzicht auf Ostkarelien erkaufte. Diese Grenzföhrung ist völkisch nicht berechtigt und strategisch ungünstig. Jedenfalls erfordert seine Selbständigkeit die Anlehnung an eine andere starke Ostseemacht, als die auf die Dauer nur Deutschland in Frage kommen kann.

Wie Finnland hat Dänemark eine Zwischenlage zwischen Skandinavien und einem festländischen Nachbar, doch ist sie wesentlich freier; denn der Druck dieses wird aufgehoben durch den des großen maritimen Beteiligten, England. Auch ist die Zwischenlage zwischen den Meeren bedeutsamer; statt Eismeer und Ostsee sind es Ost- und Nordsee, die Dänemark zum Brückenstaat und überdies durch die Sunde zum Torwächter machen, wie auch Kopenhagen dadurch den Charakter eines hervorragenden Umschlaghafens erhält. So konnte Dänemark jahrhundertlang die Vormacht des Nordens bilden, den

Bucht winkellage, der Anlaß für ein eigenes Seevolk geworden; die Basken sind das einzige kleine Beispiel. Aber von den Stadt-Seemächten des Mittelalters lagen die stärksten, Lübeck wie Genua und Venedig, recht in den Bucht winkeln der Nebenmeere. Eine Brückenlage tritt scharf hervor in Dänemark und am Bosphorus. Aber die Bedeutung der Landverbindung ist am Bosphorus ungleich größer, da es sich um zwei Erdteile handelt. In dieser Kreuzung zwischen einem bedeutenden Land- und ebenso bedeutenden Seeweg ist es begründet, daß ein vielfältiges Problem und eine reich bewegte Geschichte sich daran knüpft, daß nach dem Kriege die Völker aller vier Richtungen ihre Ansprüche hier erhoben, Türken und Bulgaren, Griechen und Russen, während zugleich sämtliche anderen europäischen Seemächte ihre Beteiligung mit Nachdruck bekundeten. In der größeren Bedeutung des Punktes und in dem Umstande, daß es sich um einen organischen Landfortsatz von beiden Seiten handelt, liegt die größere Schwierigkeit der Frage gegenüber der nordischen Brücke, wo ein individueller Landraum die Sunde umgibt, der groß genug ist, um einem Staatswesen ein eigenes Leben zu ermöglichen. Der dritte auffällige Brückenpunkt, Sizilien, war in manchen Zeiten seiner Geschichte nicht minder umstritten als jene beiden.

Selbständige kleine Seevölker haben sich auch um Flußmündungen entwickelt, indem die Mündung eines größeren Stromes durch Fruchtbarkeit und Verkehr bedeutsam genug war, einem staatlichen Sondergebilde den Lebensinhalt zu geben. Das Glanzbeispiel ist Holland, ihm verwandt Belgien, das ja am Hinterland des Rheines mitzehrt. Weiter vertritt das alte Rumänien diese Form, das schon Bismarck als das Belgien an der unteren Donau bezeichnet hat. Auch an Portugals Selbständigkeit hat die Mündung des größten Stromes der Halbinsel ihren Anteil. Litauen, Lettland und Danzig lassen die gleiche Regel erkennen, doch sind sie gewaltsam geschaffen.

Nicht selten wuchsen anderseits Staaten über benachbarte Flußmündungen hinweg, indem die Völkerausdehnung sich an die Küste lehnte. Eine sehr organische Entwicklung dieser Art war die ostdeutsche Kolonisation, die damals schon die untere Weichsel und Memel, ja auch die Düna fest in deutschen Besitz und Kulturverband brachte. An der Aegäis zeigt seit langem das griechische Volk und nach den Balkankriegen auch der griechische Staat das Wachstum über die Flußmündungen am Nordrande hin.

Daß so viele kleine Splitter und Trümmer sich an den Küsten entwickeln konnten, ist die Folge der Nebenmeere. An der atlantischen Außenseite finden wir neben den vier ausgedehnten Staatenflächen Norwegens, Großbritanniens, Frankreichs und Spaniens nur Portugal als Kleinform. Aber schon in der Nordsee, erst recht in der Ostsee, schon im Adriatischen, vollends im Aegäischen und Schwarzen Meer wimmelt es von Völkern und Volksteilen, die entweder selbständig sind oder den Anspruch darauf

erheben und schwierige Fragen der Gegenwart bieten. An die Nebenmeere drängt jedes Volk aus seinem Innern, und dazu rücken noch andere aus der Ferne heran. Dasselbe Meer wirkt bald verbindend, bald trennend, bringt Leben und Bewegung in die Geschichte, in Verkehr, Wirtschaft, Kultur und Politik. So gibt es durch den Wechsel des Besitzes immer neuen völkischen Einschlag, und die Schwankungsamplitude ist so groß, daß zu Zeiten ein Volk das ganze Meer beherrschte, dann wieder durch Zerfall der Macht die einzelnen Anlieger mit verschiedenem Gewicht zur Geltung kamen. Fast in allen Nebenmeeren haben sich diese Vorgänge abgespielt wie ein historisch-geographisches Gesetz. Zeigt die Ostsee heute neun Küstenstaaten, so herrschte Schweden in der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts fast im ganzen Umkreis und beanspruchte das *dominium maris baltici*. In Spalato erinnern die großartigen Ruinen des Diokletianpalastes wie so viele andere antike Reste der dalmatinischen Küstenstädte an die alte Romanisierung der Adria, die im *Mare-nostro*-Programm des Weltkriegs neu auflebte, während dazwischen Zeiten der Zersplitterung lagen. Das Schwarze Meer war einst ganz in türkischen Händen, dann genuesisch, zählte aber gleich nach dem Weltkrieg wieder acht anliegende Völker. Noch früher als in allen diesen Fällen begann die Fluktuation am Aegäischen Meere, mit Griechen und Persern.

Heute herrscht in keinem Nebenmeer eine Macht unumschränkt, der Wettbewerb ist vielmehr in jedem derselben größer als vor dem Krieg. Insbesondere besteht ein Druck und ein Wettbewerb der westlichen großen Seevölker an den rückwärtigen Küsten, und diese haben eine Stückelung erfahren. Auch sind unter dem allgemeinen Drängen zum Meere frühere Binnenvölker an die Küste geschlossen worden, wie Serbien und Polen, und für neugebildete Binnenvölker wurden Ströme internationalisiert. Einst haben von Europas vielen Gliedern wenige ein Seevolk hervorgebracht, aber immer weitere Völker haben die Vorteile der Meereslage kennen und nutzen gelernt, und so ist die Zahl der am Meer beteiligten allmählich gewachsen.

Einen besonderen Antrieb erhielt das allgemeine Streben zum Meer im Zeitalter der Eisenbahnen. Sie gaben dem Verhältnis der Länder zum Meere einen neuen Sinn und Gehalt. Eisenbahnen als Hinterlanderschließer sind zum Beispiel für Deutschland ungleich wichtiger als für England geworden. Dieses ist dank seiner Gliederung so sehr Küstenland, daß auch seine innerste Großstadt Birmingham nur 120 km von der nächsten Küste liegt, etwa wie Hamburg von der Elbmündung. Da hatte das Bahnnetz nicht entfernt die aufschließende Kraft wie in Deutschland, das an seine Seebasis die ganze Mitte des Erdteils heranzuziehen vermochte. Das Eisenbahnzeitalter ist demnach als eine der stärksten Ursachen beteiligt an der großen wirtschaftlichen Verschiebung, die sich im letzten halben Jahrhundert zwischen England und Deutschland und überhaupt zwischen den englischen und festländischen Häfen

ergab. Auch die südöstliche Diagonale würde für Deutschland nicht das Ausmaß erlangt haben ohne die Eisenbahnen; sie haben also die Kraft des politischen Magneten nach beiden Polen hin, der deutschen Seebasis wie dem Orient, so gewaltig verstärkt, daß Deutschlands Zwiespältigkeit zu besonders krassem Ausdruck gelangen konnte. Bis in den Orient ist auch der Unterschied zwischen deutschen und westvölkischen Belangen sichtbar: in Kleinasien waren die deutschen Bahnen und Bahnverleihungen reine Zentralbahnen, die westlichen Randvölker sahen sich besser bedient mit Stichbahnen von den ihnen naheliegenden Gestaden aus. Auch im Balkan war der Einfluß der Bahnen bedeutend; wenn auch schwierig und umständlich, so war der Anschluß des Inneren an die Adria über die Karstgebirgsmauer durch Bahnen doch leichter möglich.

War vor der Entwicklung der Bahnen ein Land um so bevorzugter, je küstennäher alle seine Teile lagen, so ist jetzt diese Bedingung sehr abgeschwächt. Der Landverkehr hat wieder stärkeres Gewicht als etwa zu Beginn der kolonialen Entwicklung. Damit werden zugleich alle Erdteile im Inneren mehr erschlossen, und so wird ihr kultureller Rückstand gegen das von Natur geöffnete Europa verringert. Einst war Europa allein der Erdteil der Wegsamkeit, der raschen Steigerung der Bedürfnisse, womit Technik, Erfindungen, Arbeitswille und Volksvermehrung Hand in Hand gingen; damit herrschte Europa über die Welt, war aber auch angewiesen auf sie und dadurch immer stärker zur Weltbeherrschung gezwungen. Jetzt ist die übrige Welt durch Europa selbst zu Bedürfnissen erzogen und zugleich durch Eisenbahnen zu rascher pulsierendem Eigenleben erweckt, damit aber auch zur Abschüttelung europäischer Vorherrschaft geneigt. Ereignisse wie der Weltkrieg brachten diese Entwicklung, die sonst langsam verlaufen wäre, nur in schnelleren Gang.

Dieses veränderte Verhältnis zwischen den europäischen und außereuropäischen Völkern wird verhängnisvoll dadurch, daß es sich draußen zum Teil um große staatliche und wirtschaftliche Einheiten handelt, die nun mit einem Male Führerstellung einnehmen, während in Europa das

alte Durcheinander weiter besteht. Nirgends ist hier zwischen den Gliedern eine höhere organische Einheit entstanden, trotz der verbindenden Nebenmeere. Alle Einzelglieder waren zu eigen von Natur und dazu eine ganze Anzahl derselben von ähnlicher Größenordnung, so daß sich stets Völker von mehr oder minder gleichem Gewicht in wechselnden Kämpfen und Verbindungen die Wage hielten, wie denn die „Balance of powers“ schließlich zum ausgesprochenen Leitsatz der englischen Europapolitik geworden ist. So muß Europa zurückbleiben hinter seinem eigenen Ableger in der neuen Welt, der einen Wirtschaftskörper von kontinentaler Größe darstellt. Deutlich redet schon allein der Handelsschiffsraum der Vereinigten Staaten, der sich von 1914 bis 1924 mehr als verdreifacht hat. Dazu kommen außereuropäische Zusammenballungen anderer Art, wie z. B. die britisch-australisch-indische Zinkvereinigung; Großbritannien steht eben in diesen Dingen außerhalb Europas.

Würde diesen Verhältnissen schon die alte europäische Staatenvielheit ungünstig gegenüberstehen, so hat die Nachkriegszeit deren wirtschaftliches Auseinandergehen ja noch gesteigert durch das Streben, jede der vielen nationalen Mittel- und Kleinwirtschaften zu einem Sonderdasein zu erwecken. Dieses Streben ergreift noch innerhalb der Staaten wieder kleinere Einheiten; Hafenstädte z. B. sind stark zur Industrialisierung übergegangen, und Hochöfen sind in Häfen aller europäischen Randstaaten keine Seltenheit mehr. Nationalisierung und Protektionierung der Wirtschaft ist zur Sucht geworden in Europa wie dem ganzen Erdenrund, aber den größten Schaden davon hat unser Erdteil der Völker Vielheit.

So hat der Abschnitt der Welteroberung durch die europäischen Völker diese selbst zu einer Zersplitterung gebracht, die in der Kriegs- und Nachkriegszeit ihren Höhepunkt erreicht zu haben scheint. Möchte der nun offenkundig beginnende Abschnitt der außereuropäischen Verselbständigung dazu führen, daß jetzt der Ozean gleichsam von außen seine Kraft ausübt und Europa in einen wenigstens wirtschaftlichen Einheitsrahmen spannt!

Umschau.

Die Untersuchung von Kohlen und Koks im Hinblick auf die Herstellung einer bewußten Koksseigenschaft.

Die heutige Richtung in der Verwertung unserer Brennstoffe geht darauf hinaus, ganz allgemein aus diesen vor ihrer Verbrennung oder Vergasung durch Trockendestillation ihre wertvollen Nebenerzeugnisse zu gewinnen und dabei den Brennstoff in einen möglichst vielseitig verwendbaren kohlenstoffreichen Destillationsrückstand zu verwandeln. Dieser wird im besonderen Fall der Kohle Koks genannt, und die Aufgabe besteht darin, zu zeigen, auf welche Weise durch eine zweckmäßige Untersuchung von Kohle und Koks im voraus bestimmt werden kann, wie eine ganz beliebige Kohle sich im praktischen Destillationsbetrieb verhalten wird und durch welche Mittel und Wege ein Koks mit ganz bestimmt gewünschten Eigenschaften erzielt werden kann.

In einer ausführlichen Abhandlung bezeichnet H. Bähr¹⁾ als die Voraussetzung zur Gewinnung eines gebackenen Kokes die Verwendung einer Kohle, die bei geeigneter

Temperatur in eine Art Schmelzzustand übergehen kann. Nun unterscheiden sich fast alle Kohlen insofern voneinander, als ihr Schmelzzustand bei höherer oder niedrigerer Temperatur oder bei langsamer und schneller Wärmeeinwirkung erreicht werden kann. Für dieses Verhalten der Kohle ist deren Backfähigkeit maßgebend, eine Eigenschaft, die nach White²⁾ von dem Verhältnis des Gehalts der Kohle von Wasserstoff zu Sauerstoff abhängig sein soll, und die nach einem Vorschlage von Campredon³⁾ so bestimmt werden kann, daß man die zu untersuchenden Kohlenproben mit steigenden Mengen Quarzsand vermischt und dann verkocht. Je größeren Quarzsandzusatz eine Kohle verträgt, ohne bei ihrer Verkokung ihre Backfähigkeit zu verlieren, um so backfähiger wird diese Kohle sein. Aus dieser Untersuchungsart der Kohlebackfähigkeit Schlüsse auf das Verhalten der Kohle im praktischen Destillationsbetriebe ziehen zu wollen, erscheint zu den genau

¹⁾ Brennstoff-Chem. 5 (1924), S. 365/71 u. 384/8.

²⁾ Bureau of Mines, Bull. 29.

³⁾ Berg-Hüttenm. Rdsch. 3 (1907), S. 189.

Zahlentafel 1.

Die Abhängigkeit der Backfähigkeit der Kohle von dem Verhältnis ihres Bitumens zu ihrem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen.

Gehalt an flüchtigen Bestandteilen %	Teerausbringen der Reinkohle nach dem Destillationsversuch %	Verhältnis Bitumen zu Gehalt an flüchtigen Bestandteilen	Mittelwerte für das		Wirtschaftliche Verkokungsbedingungen zur Erzeugung eines brauchbaren Hüttenkokses bei Verwendung der ungemischten Kohle	
			Teerausbringen %	Backfähigkeitsverhältnis %	Temp. der Kammer °C	Breite der Kammer mm
15	1,05 — 1,20	0,07 — 0,08	1,125	0,075	1200	380
20	1,80 — 2,20	0,09 — 0,11	2,00	0,10	1100	420
25	2,75 — 3,50	0,11 — 0,14	3,125	0,125	1050	450
30	4,05 — 4,95	0,135 — 0,165	4,50	0,150	*1050	480
35	5,425 — 6,825	0,155 — 0,195	6,125	0,175	1000	510
40	7,20 — 8,80	0,18 — 0,22	8,000	0,20	1000	550

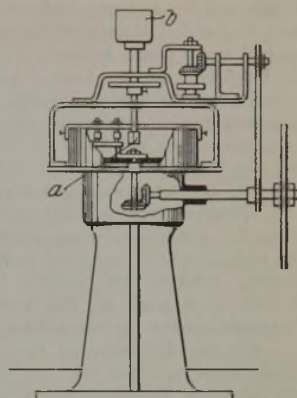


Abbildung 2. Abriebsmaschine.

gleich unsicheren Folgerungen zu führen wie die Tiegelprobe. Dies gab die Veranlassung zur Herstellung eines kleinen elektrischen Versuchsofens, der es ermöglichte, Kohlenproben von etwa 1 kg Gewicht in der der Praxis nachgebildeten Arbeitsweise zu verkoken. Der Ofen ist elektrisch beheizt, wodurch eine genaue Temperaturreglung gewährleistet ist, und die Kohle kann entsprechend der Praxis in die auf die gewünschte Temperatur gebrachte heiße Muffel eingefüllt werden. Die Einzelheiten sind aus Abb. 1 ersichtlich.

Der in der Muffel gewonnene Koks zeigt die in der Praxis auftretende Koksstruktur in verkleinertem Maß-

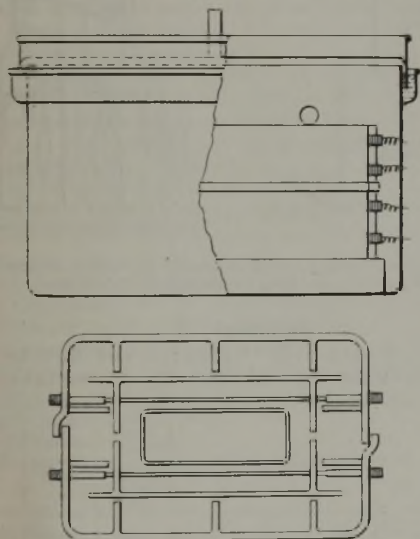


Abbildung 1. Elektrischer Verkokungs-ofen.

stabe; man kann leicht an der Kohlenmischung so lange Änderungen vornehmen, bis man die gewünschten Eigenschaften des Kokes erreicht hat. Neuerdings ist der Ofen noch in der Hinsicht vervollständigt worden, daß man bei Verwendung von verschleißbaren Muffeln in der Lage ist, auch gleichzeitig die Nebenerzeugnisse zu gewinnen. Ueber die Versuchsergebnisse wird später berichtet werden.

Mit Hilfe dieses Ofens wurden die verschiedensten Kohlen auf ihre Verkokungsfähigkeit hin untersucht, und die zur Anwendung gebrachten Verschiedenheiten der Verkokungsbedingungen machte sich in der Koksstruktur geltend. Gleichzeitig wurden diese Kohlen nach dem Bauerschen Destillationsverfahren auf ihre Nebenerzeugnisse geprüft, wobei die Untersuchungsergebnisse bei allen Kohlen stets ganz gleich gehalten wurden. Beim Vergleich des Ausbringens der Kohle an Teer und Gas bei der Destillation mit ihrem Verhalten bei der Verkokung ergaben sich offensichtliche Wechselbeziehungen zwischen dem Verhältnis des Gehalts der Kohle an Teer zu Gas und ihrer

Verkokungsfähigkeit. Da der bei der Destillation der Kohle auftretende Teer als Zersetzungserzeugnis des in der Kohle enthaltenen Bitumens aufzufassen ist, so kann man die für die Verkokungs- oder Backfähigkeit der Kohle richtige Beziehung auch als das Verhältnis ihres Gehaltes an Bitumen zu Gas ausdrücken. Soll die Backfähigkeit einer Kohle mit höherem Gasgehalt noch die Gewinnung eines geflossenen Kokes ermöglichen, so muß deren Verhältnis von Bitumen zu Gasgehalt sich in ganz bestimmten Grenzen halten, die in Zahlentafel 1 zusammengestellt sind.

Die Zusammenstellung zeigt zu gleicher Zeit auch noch die Verkokungsbedingungen an, unter denen aus den jeweils aufgeführten Kohlen Koks mit den besten Eigenschaften bei größter Wirtschaftlichkeit herzustellen ist. Auf Grund der Kenntnis dieser Backfähigkeitszahl einer Kohle, die durch Bestimmung ihres Teer- und Gasgehaltes nach dem Destillationsverfahren leicht zu ermitteln ist, kann im voraus mit ziemlicher Bestimmtheit auf deren Backfähigkeit bei ihrer Verkokung oder auf die für eine bestimmte Koksgüte notwendige Innehaltung von Betriebsbedingungen geschlossen werden. Sollen Kohlen nutzbar gemacht werden, die im ungemischten Zustande verkocht keinen gebackenen Koks liefern, so wird man durch die Feststellung ihrer Backfähigkeitsverhältnisse leicht entscheiden können, welche Kohlen zur Gewinnung einer backfähigen Kohlenmischung zugesetzt werden müssen. Als Beispiel wird je eine gasreiche, aber nicht backende Saar- und böhmische Kohle angeführt, die an Hand der Kenntnisse ihrer Backfähigkeitsverhältnisse in gut backende Kohlenmischungen übergeführt werden konnten.

Neben der Untersuchung einer Kohle auf ihren Gehalt an Teer und Gas sind für deren Beurteilung als Rohstoff für die Koks-gewinnung noch von besonderer Wichtigkeit deren Ausbringen an Ammoniak, Benzol und deren Gehalt an Asche, Schwefel und Wasser. Während das Ammoniak- und Benzol-ausbringen einer Kohle nicht in unmittelbarer Wechselbeziehung zur Erzeugung eines guten Kokes steht, so ist dieses nicht minder wichtig für die Wirtschaftlichkeit des Gesamtbetriebes. Dagegen spielt der Gehalt der Kohle an Asche, Wasser und Schwefel eine bedenkliche Rolle, da diese die Koksgüte beeinflussen.

Die Koksbeschaffenheit ist bestimmt durch die Stückigkeit, die Fall-, Reib- und Reibfallhärte in physikalischer Hinsicht und durch den Gehalt an Fremdkörpern, durch den Entzündungspunkt, die Reaktionstemperatur und die Reaktionsfähigkeit in chemischer Beziehung. Für die Bestimmung der Stückigkeit und Fallhärte gelten noch die alten Verfahren. Ebenso wird die Reibfallhärte nach dem bewährten Breslauer Verfahren von Simmersbach durchgeführt. Die Reibhärte kann entweder mit der Abriebs-trommel von Rice¹⁾ oder mit der Abriebsmaschine von Schmolke²⁾ festgestellt werden. Die Abriebsmaschine von Schmolke ergibt einige Nachteile, die durch die in Abb. 2 angegebene Bauart beseitigt wurden. Damit das zur Untersuchung gelangende Koksstück gleichmäßig mit der ganzen

1) Vgl. St. u. E. 41 (1921), S. 1577.

2) Glückauf 59 (1923), S. 3/6.

Fläche auf der Schmirgelscheibe aufliegt, wird es in einer sich drehenden Haltevorrichtung (a) eingespannt, die je nach Wunsch durch Auflegen eines Gewichts auf die Schale (b) beschwert werden kann. Am besten nimmt man von dem Probekoks Stücke aus der Teernahtgegend und dem Blumenkohllende und zieht aus beiden das Mittel. Die Untersuchungen von Koks mit dieser Maschine im Vergleich mit den Ergebnissen, die mit der Abriebtrommel gefunden wurden, stimmten sehr gut überein.

Wasser, Asche und Schwefel sind als Fremdkörper im Koks für alle Verwendungszwecke unerwünscht, da sie nicht nur als unnützer Ballast die Beförderung verteuern, sondern auf einigen Verwendungsgebieten des Kokses auch noch oft die Veranlassung zu schädlichen Nebenreaktionen geben können.

Für die Bestimmung des Entzündungspunktes, der Reaktionstemperatur und der Reaktionsfähigkeit wurden die einzelnen Verfahren angegeben, die im Schrifttum zu finden sind. Die hier gegebenen Untersuchungsverfahren wurden teilweise verwandt zur Herstellung einer Versuchseinrichtung, die erlaubt, alle pyrochemischen Kokeigenschaften in einem Arbeitsgang zu prüfen. Die Einrichtung, die ebenso wie der elektrische Versuchsofen durch die Firma Dr. Trilling in Bochum zu beziehen ist, ist in Abb. 3 wieder-

Wie weit die verschiedenen Brennstoffsorten und die unter weitgehender Abänderung der Verkokungsbedingungen hergestellten Koksarten in pyrochemischer Hinsicht voneinander abweichen, geht aus Zahlentafel 2 hervor.

Gleichzeitig kann man aus der Zusammenstellung erkennen, daß durch Einhaltung entsprechender Verkokungsbedingungen, durch Zusätze usw. die Kokeigenschaften beliebig verändert werden können.

Je nach dem Verwendungszweck des Kokses werden die an ihn zu stellenden Forderungen verschieden sein. Der Hochofen als der Hauptverbraucher von Koks verlangt gleichmäßige Stückigkeit, über deren Größe aber noch keine einheitlichen Ansichten bestehen.

Der Gehalt des Kokses an Asche, Schwefel und Wasser sollte gering, dagegen seine Härte möglichst hoch sein. In chemischer Hinsicht sollte der Hochofenkoks eine hohe Reaktionstemperatur und eine hohe Reaktionsfähigkeit besitzen, während der Entzündungspunkt eine geringere Rolle spielen dürfte. Der Koks für Gaserzeugerzwecke sollte etwa dieselben Eigenschaften aufweisen wie Hochofenkoks, während der Gießereikoks bezüglich seines chemischen Verhaltens die entgegengesetzten Eigenschaften

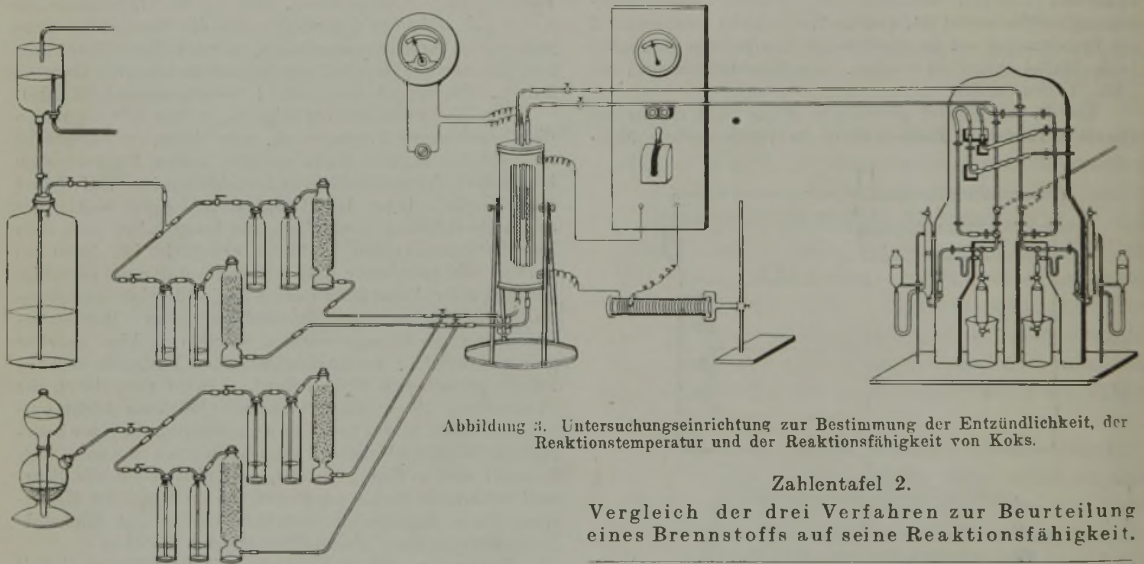


Abbildung 3. Untersuchungseinrichtung zur Bestimmung der Entzündlichkeit, der Reaktionstemperatur und der Reaktionsfähigkeit von Koks.

gegeben und besteht aus zwei elektrisch beheizten Quarzröhren, die als Aufnahmegefäß der Koksproben dienen. Auf der einen Seite stehen die Quarzröhren mit einer Luft- oder Sauerstoff- und Kohlensäurequelle in Verbindung, während auf der anderen Seite die Untersuchungsapparate angeschlossen sind.

Der Entzündungspunkt wird so gefunden, daß man über den Probekoks bei langsamer Temperatursteigerung so lange Sauerstoff oder Luft streichen läßt, bis die auftretende Kohlensäure leicht mit dem in dem Treppenrohr untergebrachten Kalkwasser nachgewiesen werden kann. Die hierbei abgelesene Temperatur ist der Entzündungspunkt. Steigert man nun die Temperatur des Ofens unter Ueberleitung von Kohlensäure langsam weiter, so wird die Temperatur, bei der zuerst beträchtliche Mengen Kohlenoxyd auftreten, die Reaktionstemperatur genannt. Die Reaktionsfähigkeit stellt dagegen das Verhalten der Kohlensäure oder Sauerstoff gegen den auf eine bestimmte Temperatur gebrachten Brennstoff dar, die bei vorliegenden Untersuchungen 950° betrug. Aus der Zusammensetzung des durch Ueberleiten von Luft, Sauerstoff oder Kohlensäure bei dieser Temperatur über dem Koks entstehenden Gases erhält man nach Einsetzen der Werte für Kohlenoxyd und Kohlensäure in der Formel

$$K = \frac{100 (\% \text{ CO})}{\% \text{ CO} + 2 (\% \text{ CO}_2)}$$

die Reaktionsfähigkeit sofort in Hundertteilen.

Zahlentafel 2.

Vergleich der drei Verfahren zur Beurteilung eines Brennstoffs auf seine Reaktionsfähigkeit.

Nr.	Kennzeichen der Proben	Entzündlichkeitspunkt °C	Reaktionstemperatur °C	Reaktionsfähigkeit %
1	Holzkohle	310	480	99,0
2	Halbkoks aus aschenfreier Kohle, bei 550° hergestellt	230	530	37,5
3	Koks aus derselben Kohle, bei 950° hergestellt . . .	300	730	17,5
4	desgl. bei 1150° hergestellt	380	770	11,5
5	Elektrodengraphit	410	820	4,4
6	Koks aus aschenfreier Kohle mit einem Zusatz von 3% Eisenoxyd bei 950° hergestellt	320	740	58,4
7	Koks aus aschenfreier Kohle mit einem Zusatz von 3% Eisenoxyd und 3% Kiesel-säure bei 950° hergestellt	320	750	54,9
8	Koks aus aschenfreier Kohle mit einem Zusatz von 6% Eisenoxyd bei 950° hergestellt	310	750	70,5

zeigen sollte. Der Entzündungspunkt spielt eine Rolle zur Beurteilung von Hausbrandkoks.

Aus den mitgeteilten Untersuchungen geht hervor, daß aus jeder Kohle, sei es in ungemischtem Zustande oder

als Bestandteil einer Mischung, ein geflossener Koks zu gewinnen ist, und daß sich jede gewünschte Kokseigenschaft ganz bewußt erreichen läßt.

H. Bähr

Gleit- und Brucherscheinungen.

Unter diesem Titel veröffentlicht Dr.-Ing. Joseph Scholl¹⁾ eine Arbeit, die sich auf den Ergebnissen Riedels²⁾ aufbaut. Riedel vertritt auf Grund seiner an Druckversuchen durchgeführten Beobachtungen die Ansicht, daß sich beim Stauchen eines zylindrischen Probekörpers unterhalb der beiden Druckflächen infolge des „Böschungsbestrebens“ sogenannte Rutschkegel bilden, die sich, ohne selbst zu verformen, wie ein Keil in den Werkstoff hineindrücken und auf deren Einfluß alle beim Stauchen auftretenden Erscheinungen zurückzuführen sind.

Dieser Auffassung schließt sich Scholl an, nur führt er im Gegensatz zu Riedel die Entstehung der Rutschkegel nicht auf das Böschungsbestreben des Stoffes zurück, sondern erklärt sie dadurch, daß die Grundflächen des Druckkörpers jede Bewegung verhindern, so daß von ihnen aus keine Gleitflächen ausgehen können und infolgedessen eine sich nicht verformende kegelförmige Zone frei bleibt. Diese Ansicht überträgt Scholl auch auf den Zugversuch, bei dem die Ausbildung von Gleitflächen durch die dickeren Köpfe des Probekörpers verhindert wird. Eine Bestätigung dieser Tatsache findet Scholl bei Versuchen an durchsichtigen Zugstäben aus Zellulose, bei denen er durch ein optisches Verfahren (Doppelbrechung) feststellte, daß sich an den Enden elastisch beanspruchter Zugstäbe deutlich dreieckige Zonen durch ihre Farbe abheben.

Diese Zonen waren auch im Längsschnitt von flußeisernen Zugstäben zu erkennen, die Scholl nach dem Verfahren von Fry geätzt hatte. An Druckproben gelang es Scholl dagegen nicht, mittels Fryscher Aetzung Kegellonen nachzuweisen. Er beschränkte sich bei diesen darauf, die Gleitflächen dadurch sichtbar zu machen, daß die Druckflächen absichtlich nicht parallel gehalten wurden, so daß sich der Werkstoff an der höchsten Kante abdrückte.

In dem Hauptteil seiner Arbeit befaßt sich Scholl damit, bei einer Reihe von Werkstoffen nach verschiedenen Verfahren die Größe des Winkels zu bestimmen, unter dem die Gleitflächen verlaufen. Das zunächst liegende Verfahren, das Scholl an erster Stelle benutzt, ist, den Winkel durch Messung an den mittels Fryscher Aetzung erhaltenen Bildern festzustellen. Scholl findet hierbei, daß der Winkel, den die Gleitflächen mit der Krafrichtung bilden, bei Zugbeanspruchung $> 45^\circ$, bei Druckbeanspruchung $< 45^\circ$ ist.

Das zweite von Scholl angewandte Verfahren greift auf die Beobachtungen Baumanns³⁾ an eingedrehten Zugstäben zurück. Baumann stellte fest, daß die Zugfestigkeit von einem bestimmten Verhältnis von $1 : d$ ($1 =$ Länge der Eindrehung) ansteigt, während sie unterhalb dieses Verhältnisses konstant bleibt. Scholl nimmt an, daß sich in diesem Punkt die Zugkegel gerade berühren, und berechnet, da Höhe und Grundfläche der Kegel gegeben sind, den Neigungswinkel der Kegel einschließenden Gleitflächen. Er kommt zu dem Ergebnis, daß der so gemessene Winkel gut mit dem an dem kegeligen Rande gemessenen Bruchwinkel übereinstimmt.

In gleicher Weise bestimmt Scholl die Größe des Winkels auch an Druckproben aus sprödem Werkstoff (Gußeisen, Messing), bei denen ebenfalls von einem bestimmten Verhältnis $1 : d$ an eine Erhöhung der Festigkeit zu beobachten war.

Die Erhöhung der Druckfestigkeit beim Aufeinandertreffen der Kegel äußert sich ferner noch, wie Riedel gezeigt hatte, in dem Verlauf der Druckkurve. Trägt man beim Stauchversuch den Stauchweg in Abhängigkeit von der Belastung auf, so erhält man bekanntlich eine Kurve, die von einem konvexen in einen konkaven Teil übergeht. Der Wendepunkt, der sogenannte kritische Punkt, kennzeichnet nach Riedel denjenigen Augenblick, bei dem sich

die Spitzen der Rutschkegel gerade berühren. Der Gleitwinkel ergibt sich somit in der gleichen Weise wie bei dem zweiten Verfahren durch eine einfache trigonometrische Beziehung. Auf diese Weise stellte Scholl den Winkel bei den verschiedensten Werkstoffen fest. Hierbei ergab sich, daß die Winkel bei den einzelnen Stoffen geringfügig voneinander abweichen.

Als letztes Verfahren zur Gleitwinkelbestimmung benutzt Scholl das graphische Verfahren von Mohr¹⁾. Dieses Verfahren, das Mohr für spröde Körper, wie z. B. Gußeisen, bei Kenntnis der Zug- und Druckfestigkeit angewandt hat, überträgt Scholl auch auf plastische Stoffe, indem er für Zug die wahre Bruchspannung und für Druck, an Stelle der bei plastischen Körpern nicht zu bestimmenden Druckfestigkeit, die Doppelkegelfestigkeit als Grenzzustände aufträgt. Die Versuche Riedels haben nämlich ergeben, daß die Doppelkegelfestigkeit, d. h. die auf den kleinsten Querschnitt bezogene Spannung, nach Erreichung eines Höchstwertes für ein beträchtliches Gebiet konstant bleibt. Diese Tatsache veranlaßt Scholl, die Doppelkegelfestigkeit als Ersatz für die bei bildsamen Stoffen fehlende Druckfestigkeit einzuführen und den Vorschlag zu machen, die Doppelkegelfestigkeit zur Beurteilung des Druckwiderstandes weicher Stoffe zu benutzen. Für die Bestimmung des Bruchebenenwinkels nach Mohr betrachtet Scholl die betreffenden Spannungszustände als einachsige und trägt die wahre Zugspannung an der Bruchgrenze und die Doppelkegelfestigkeit als einzige Hauptspannung auf.

Ein Vergleich der bei den verschiedenen Verfahren gefundenen Winkel ergab eine gewisse Übereinstimmung, nur bei dem Mohrschen Verfahren zeigten Aluminium, Zink, Stahlbronze und Gußeisen ein abweichendes Verhalten, eine Tatsache, die Scholl mit der mangelnden Quasiisotropie dieser Stoffe infolge zu grober Kristallbildung zu erklären versucht.

Zu den Ausführungen Scholls ist im einzelnen folgendes zu bemerken: Die Annahme Riedels und Scholls, daß die eigenartigen Erscheinungen beim Druckversuch auf den Einfluß von Kegellonen, die sich unterhalb der Druckflächen bilden, zurückzuführen sind, wurde durch ausgeführte Untersuchungen, die in der Prüfungsanstalt der August-Thyssen-Hütte, Hamborn, durchgeführt wurden²⁾, als den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend nachgewiesen. Bei diesen Versuchen gelang es, durch besondere Maßnahmen mittels Fryscher Aetzung die Kegellonen an Stauchkörpern darzustellen und ihr Verhalten bei den verschiedensten Belastungsstufen zu verfolgen. Es ergab sich dabei, daß die Erklärung, die Scholl für die Entstehung der Rutschkegel gibt, zwar den tatsächlichen Verhältnissen näher kommt als die Riedelsche Erklärung, jedoch insofern nicht der Wirklichkeit entspricht, als nicht die Grundflächen des Probekörpers jede Bildung von Gleitflächen verhindern, sondern die Entstehung der Kegellonen nur dann möglich ist, wenn der Körper zwischen Druckplatten härteren Werkstoffes, d. h. geringeren Breiungsvermögens, gestaucht wird. Die durch das verschiedene Breiungsvermögen hervorgerufenen Reibungskräfte rufen in den an der Grundfläche liegenden Körperteilen einen zweiachsigen Spannungszustand hervor, so daß zur Verformung derselben eine größere Kraft erforderlich ist als bei den an den Seitenflächen liegenden Körperteilen. Da nun die Gleitflächen stets von der Oberfläche ausgehen, so treten dieselben beim Ueberschreiten der Elastizitätsgrenze zunächst nur von den Seitenflächen ausgehend auf und umschließen, da sie unter einem bestimmten Winkel verlaufen, einen kegelförmigen Raum unterhalb der Druckfläche. Bei stärkerer Belastung verformt sich auch dieser Teil. Wir haben es also nicht mit Rutschkegeln im Sinne von Riedel und Scholl zu tun, sondern lediglich mit Zonen behinderter Verformung. Alle Erscheinungen des Druckversuchs, wie Tonnenform, Wendepunkt usw., fallen fort,

¹⁾ Z. V. d. I. 69 (1925), S. 406/10.

²⁾ „Ueber die Grundlagen zur Ermittlung des Arbeitsbedarfs beim Schmieden unter der Presse.“ Mitt. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Heft 141 (1913).

³⁾ Z. V. d. I. 56 (1912), S. 1314.

¹⁾ Otto Mohr: Abhandlungen aus dem Gebiete der technischen Mechanik. 2., neubearb. u. erw. Aufl. (Berlin: Wilh. Ernst & Sohn 1914).

²⁾ F. Nehl: Ueber die Vorgänge beim Druckversuch, Dissertation Techn. Hochsch. Aachen (1925). — Vgl. S. 1961/72 dieses Hefes.

sobald man die Ursache der Entstehung von Kegelzonen behinderter Verformung durch geeignete Maßnahmen beseitigt.

Auch bei den von Scholl festgestellten Kegeln unterhalb der Köpfe von Zugstäben haben wir es lediglich mit Zonen behinderter Verformung zu tun, innerhalb derer Gleitflächen erst auftreten können, sobald die Spannung in dem dickeren Kopfstück des Stabes die Elastizitätsgrenze überschreitet.

Der Hauptteil der Arbeit Scholls, der sich mit der Feststellung der Größe des Neigungswinkels der Gleitflächen befaßt, geht von der Voraussetzung aus, daß der Gleitwinkel für einen und denselben Stoff konstant ist. Die erwähnten Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß der Gleitwinkel sich mit dem Spannungszustand ändert. Die von Scholl angeführte Tatsache, daß der Neigungswinkel eines auf Druck beanspruchten Körpers eine andere Größe besitzt als bei einer Beanspruchung auf Zug, hätte schon zu denken geben müssen. So konnte z. B. an Fryschen Aetzungen von Druckkörpern beobachtet werden, daß der Winkel der Gleitflächen mit der Senkrechten (Richtung der Kraft) in der Nähe der Druckflächen größer als 45° ist. Je weiter der Ausgangspunkt der Gleitflächen nach der Mitte des Probekörpers hin liegt, je kleiner wird der Winkel und erreicht in dem Gebiet, in dem die Wirkung der durch die Reibung erzeugten Querkräfte nicht mehr zur Geltung kommt, eine Größe, die unterhalb 45° liegt.

Die Aenderung des Winkels mit dem Spannungszustand spricht vor allem gegen das von Riedel und Scholl angewandte Verfahren, den Gleitwinkel aus der Druckkurve zu bestimmen. Dieses Verfahren kann nur dann übereinstimmende Werte liefern, wenn man stets dieselbe Probenabmessung wählt. Es liegt auf der Hand, daß man einen hohen Körper viel weitgehender als einen niedrigen stauchen muß, bis die Kegelspitzen sich berühren, und es leuchtet ein, daß der Spannungszustand in diesem Augenblick bei den beiden Körpern grundverschieden ist. Beträgt die Stauchung am Wendepunkt, also in dem Augenblick, wo nach Scholl und Riedel die Kegelspitzen aufeinanderstoßen, z. B. 30 %, so kann man höchstens sagen, daß man den Gleitwinkel bestimmt hat, der dem Spannungszustand bei 30 % Stauchung entspricht. Staucht man einen Körper, so sind bei Beginn der Verformung die durch die Reibung hervorgerufenen Querkräfte im Verhältnis zur Druckkraft groß, da die härtere Druckplatte dem Bestreben der Grundflächen, zu breiten, nicht nachgibt. Bei weiterer Verformung und höherem Druck gibt auch die Druckplatte nach und verformt sich, und die Größe der Querkräfte wird daher im Verhältnis zur Druckkraft kleiner. Der Spannungszustand und damit auch der Winkel der Gleitflächen eines Druckkörpers ändert sich also mit dem Grade der Verformung. Bestimmt man nach dem Verfahren von Riedel aus den Druckkurven den Gleitflächenwinkel eines plastischen Stoffes, so wird man je nach den Abmessungen des Probekörpers oder mit anderen Worten je nach dem Grade der Verformung ganz unterschiedliche Werte erhalten. Aus diesen Ergebnissen muß die Folgerung gezogen werden, daß eine eindeutige Bestimmung des Gleitwinkels an Hand von Druckkurven unmöglich ist, da infolge der Wirkung der Reibungskräfte sich der Winkel je nach der relativen Größe der Reibungskräfte ändert.

In etwa übereinstimmende Werte wird dagegen das Verfahren liefern, das Scholl bei der Bestimmung des Bruchflächenwinkels an spröden Körpern durchgeführt hat. Der Spannungszustand eines spröden Körpers dürfte, gleich welcher Abmessung, in dem Augenblick des Bruches stets ungefähr der gleiche sein, so daß der Kegelwinkel in allen Fällen ziemlich konstant bleibt.

Aber auch dieses Verfahren dürfte für eine einwandfreie Bestimmung des Gleitwinkels nicht in Frage kommen, da ihm in gleicher Weise wie dem ersteren Verfahren eine weitere Fehlerquelle anhaftet. Es darf wohl mit Bestimmtheit angenommen werden, daß in dem Augenblick, in dem sich die Kegelspitzen berühren, sich dies weder in einer Erhöhung der Bruch- bzw. Streckgrenze noch in einem Wendepunkt der Kurve ausdrückt. Diese Erscheinungen dürften erst dann beobachtet werden, wenn die Kegel

bereits ein gewisses Stück ineinandergreifen, so daß der Winkel, der bei dem zuletzt angeführten Verfahren gefunden wird, größer sein wird als der der Wirklichkeit entsprechende.

Was nun schließlich das von Scholl angewandte Mohrsche Verfahren anbetrifft, das nur für spröde Stoffe ausgearbeitet war, so liegt ein grundlegender Irrtum Scholls zunächst darin, den Spannungszustand beim Bruch eines plastischen Zugstabes als einachsigen anzusehen. Es dürfte bekannt sein, daß an der Einschnürstelle bedeutende radiale Spannungen auftreten, so daß wir es nicht mit einem einachsigen, sondern mehrachsigen Spannungszustand zu tun haben. Der zweite Fehler Scholls ist die Doppelkegelfestigkeit als Maß des Druckwiderstandes einzuführen. Bei den von dem Berichterstatter durchgeführten Versuchen an Doppelkegeln hat sich ergeben, daß infolge der Neigung der Seitenflächen der Kegel Querkräfte auftreten, deren Größe sich mit der Neigung der Seitenflächen ändert, und die in dem mittleren Teil des Doppelkegels von vornherein einen zweiachsigen Spannungszustand bedingen. Das Auftreten einer zweiten Hauptspannung bewirkt nun, daß die zur Verformung notwendige Druckkraft größer ist als bei einem Zylinder, dessen Abmessungen so gewählt sind, daß bei beginnender Verformung die Zonen behinderter Verformung nicht ineinanderstoßen. Wir haben also beim Doppelkegel einen Körper vor uns, bei dem die Druckfestigkeit durch die Eindrehung künstlich erhöht ist, und es ist deshalb ein grundsätzlicher Fehler, die Doppelkegelfestigkeit als Maß des Druckwiderstandes einzuführen und den Spannungszustand als einachsigen vorauszusetzen. Die von Scholl angewandten Verfahren kommen somit für eine eindeutige Bestimmung des Gleitwinkels nicht in Frage.

Das Verfahren von Mohr dürfte für den Bruch nur bei spröden Körpern, bei plastischen Körpern dagegen für die ersten bleibenden Gleitungen angewandt werden, da wir es in beiden Fällen unter der Voraussetzung, daß die Abmessungen so gewählt sind, daß sich die Spitzen der entstehenden Kegelzonen nicht berühren, in dem mittleren Teil der Probe angenähert mit einem einachsigen Spannungszustand zu tun haben. Eine weitere Möglichkeit bietet das Frysche Aetzverfahren, allerdings nur unter der Voraussetzung, daß man den Körper unter Ausschaltung der Flächenreibung bis zur Elastizitätsgrenze staucht, so daß keine Kegelzonen entstehen können und der Spannungszustand in allen Teilen einachsig bleibt. Der an den so erhaltenen Gleitebenen gemessene Winkel dürfte dem wahren Winkel in gewisser Annäherung entsprechen, und es wäre von Bedeutung, den so gefundenen Winkel mit dem sich aus dem Mohrschen Verfahren ergebenden zu vergleichen.

F. Nehl.

Ein Vorschlag zur Klasseneinteilung der feuerfesten Stoffe.

Die Aufstellung brauchbarer Wertbezeichnungen der feuerfesten Stoffe ist zweifellos ein dringendes Gebot. V. Bodin hat versucht, Richtlinien aufzustellen, bei denen kurze ziffernmäßige Angaben die Güte des Steines kennzeichnen sollen¹⁾. Als für das Gesamtverhalten des Steines maßgebende Eigenschaften werden in Betracht gezogen:

1. Chemische Analyse.
2. Schmelzpunkt.
3. Äußeres Verhalten bei hohem Erhitzen.
4. Längenänderung nach Erhitzen auf 1400° , 1500° und 1600° .
5. Temperatur des Erweichens unter Druck (10 kg/cm^2) bei der Erhitzung.
6. Bruchfestigkeit bei gewöhnlicher Temperatur.
7. Genauigkeit der Abmessungen.
8. Porosität.

(Es fällt auf, daß das für Silikasteine wichtige spezifische Gewicht unberücksichtigt bleibt.)

Für jede Eigenschaft ist dann eine ziffernmäßige „Güte-Skala“ aufgestellt, derart, daß die in der betreffenden Eigenschaft auftretenden bzw. zulässigen Grenzwerte mit 1 einerseits, mit 10 andererseits gekennzeichnet werden.

¹⁾ La Ceramique 27 (1925), S. 1; nach Tonind.-Zg. 49 (1925), S. 821.

Beispiele: Hinsichtlich der Schmelztemperatur erhält ein bei 1000° schmelzender Stein die Ziffer 1, ein bei 1800° schmelzender die Ziffer 10, die Porosität von 0 % wird mit 10, eine solche von 20 % mit 1 bezeichnet. Dabei werden im einzelnen noch mannigfache Sonderbestimmungen gemacht. Man erhält so bei einem Stein für jede Eigenschaft eine ziffermäßige Kennzeichnung. Da nun aber die obengenannten Eigenschaften für das Verhalten des Steines von verschieden hoher Bedeutung sind, so gibt Bodin noch für jede Eigenschaft einen Koeffizienten an, mit dem die „Eigenschaftsziffer“ zu vervielfältigen ist, um ihre Bedeutung mehr oder weniger zu betonen. So soll die Eigenschaftsziffer für das Erweichen unter Druck bei hoher Temperatur mit 5, die für die Porosität mit 3 und die für die Festigkeit bei gewöhnlicher Temperatur mit 2 vervielfältigt werden. Die nach dieser Rechnung erhaltenen Ziffern werden dann zusammengezählt und durch die Summe der Koeffizienten geteilt. So wird eine Zahl erhalten zwischen 3,25 und 6,9, die nun die gesamte Eigenart des Steines ausdrücken soll!

Die Angabe, daß diese Bezeichnungen dem Gebrauchswert der feuerfesten Steine befriedigend entsprechen sollen, muß stark angezweifelt werden. Allerdings macht der Verfasser selbst die Einschränkung, daß die Wertbestimmung nur auf gleichartige Erzeugnisse anwendbar ist. Aber auch dann dürften grobe Fehlurteile noch möglich sein; ist doch die Bedeutung der einzelnen Eigenschaften häufig sehr stark abhängig vom Verwendungszweck; es wird auch nicht zulässig sein, daß die Mangelhaftigkeit eines Steines nach der einen Richtung ausgeglichen wird durch besondere Güte nach einer ganz anderen — was bei der Art der Bezeichnung sehr möglich erscheint. Und endlich ist es doch leider Tatsache, daß nicht einmal in den Prüfverfahren für feuerfeste Steine — ganz zu schweigen von der Wertbeurteilung! — die Uebereinstimmung herrscht, die für einen derartigen Aufbau Voraussetzung wäre. Gerade die von Bodin selbst angewandten Prüfverfahren und seine Wertung der einzelnen Eigenschaften weichen teilweise in ganz erheblichem Maße von dem üblichen ab; es würde zu weit führen, auf die vielen Einzelheiten einzugehen. So mutet das Ganze im Augenblick an wie eine — wenn auch geistreiche — Spielerei.

E. H. Schulz.

Zusammenhang der unteren Rekrystallisationstemperatur mit der charakteristischen Temperatur.

O. Feußner¹⁾ veröffentlichte eine Arbeit, in der die Ergebnisse der Quantentheorie nach Planck, Einstein und Debye mit den bisher bekanntgewordenen Rekrystallisationserscheinungen in Beziehung gesetzt werden.

Während nach der klassischen Wärmetheorie jedes Atom bei seiner Wärmebewegung einen beliebigen Energieinhalt zwischen 0 und einem Höchstwert besitzen kann, stellt man sich bekanntlich nach der Quantentheorie die gesamte Wärmeenergie derart auf die einzelnen Atome verteilt vor, daß ein gewisser Teil vollständig ruht, und die Schwingungsenergie der andern ein ganzzahliges Vielfaches der kleinsten Energieeinheit, eines Quants, beträgt. Bezeichnen wir mit N die Zahl aller Atome, mit N_i die Zahl der mit i Quanten schwingenden Atome eines Körpers von der absoluten Temperatur T , so ist die Verteilung im einzelnen durch die Formel darzustellen:

$$N_i : N = e^{-i \frac{\Theta}{T}} \left[1 - e^{-\frac{\Theta}{T}} \right]$$

Der für jeden Körper verschiedene Festwert Θ hat die Dimension einer Temperatur und heißt seine „charakteristische Temperatur“. Zu ihrer Berechnung kann folgende Näherungsformel nach Lindemann dienen:

$$\Theta = 136,1 \cdot \sqrt{\frac{T_s}{M \cdot V^{2/3}}}$$

Hierbei ist:

T_s = Schmelztemperatur

M = Atomgewicht

V = Atomgewicht/Dichte = Atomvolumen.

¹⁾ Metallbörse 15 (1925), S. 475/6 u. 531/2.

Als untere Rekrystallisationstemperatur (T_1) bezeichnet Feußner diejenige Temperatur, die bei 100 % Stauchung die erste Rekrystallisation erkennen läßt. Er bildet nun das Verhältnis $\Theta : T_1$ und findet dafür bei Zinn, Kupfer, Aluminium, Eisen, Natrium, Silber und Zink Zahlen, die alle zwischen 0,60 und 0,69 liegen. Berechnet man mit einem derartigen Werte von $\Theta : T$ die Verhältnisse $N_i : N$ nach der obenstehenden Formel, so findet man für $N_0 : N$ etwa 0,5, d. h., erst wenn etwa die Hälfte aller Atome eine Wärmebewegung besitzt, können die mit der Rekrystallisation verbundenen inneren Umgruppierungen in merklichem Maße vor sich gehen, während bei niedrigerer Temperatur noch über die Hälfte aller Atome ruht. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß in einem solchen Fall Gefügeänderungen sehr stark behindert werden. Die vom Verfasser entwickelten Anschauungen sind recht einleuchtend; vor allem befriedigt daran, daß die Erscheinungen der Rekrystallisation auf eine allgemeine Ursache, nämlich gleichartigen Energiegehalt, zurückgeführt werden, wenn man auch in manchen von Feußner erwähnten Einzelheiten etwas anderer Meinung sein kann. In diesem Zusammenhang sei auch auf die Arbeiten von W. Geiß und J. A. M. v. Liempt¹⁾ hingewiesen, die die Widerstandserhöhung durch Kaltbearbeitung bzw. durch Mischkristallbildung ebenfalls mit dem erhöhten Energieinhalt in Verbindung bringen. Ein einwandfreier unmittelbarer Nachweis dieser zusätzlichen Energie ist bisher allerdings noch nicht in jedem Fall erbracht; es sei z. B. auf die Arbeit von F. Koref und H. Wolff²⁾ hingewiesen, die als Lösungswärme je Gramm Wolframdraht

hartgezogen 263,900 WE

rekrystallisiert 265,800 WE,

also sogar einen umgekehrten Effekt, fanden.

F. Stäblien.

Aus Fachvereinen.

Zentralverband der Deutschen Elektrotechnischen Industrie, e. V.

Am 13. November hielt der Zentralverband der Deutschen Elektrotechnischen Industrie im Plenarsitzungssaal des Vorläufigen Reichswirtschaftsrats in Berlin seine diesjährige ordentliche Mitgliederversammlung ab, zu der neben den Industriellen aus allen Zweigen der Elektrotechnik zahlreiche Vertreter befreundeter Verbände, der Ministerien, der Parlamente und der Presse erschienen waren.

In seiner Eröffnungsansprache wies der Vorsitzende des Vorstandes des Zentralverbandes, Dr. C. F. von Siemens, besonders auf die gemeinsamen Belange hin, welche die einzelnen Industriezweige, so auch die Eisen schaffende und Eisen verarbeitende Industrie, miteinander verbinden. In den Mittelpunkt seiner Ausführungen stellte er im Rahmen des Staatsanzuges die Kapitalnot unserer Wirtschaft, der durch den Krieg und die Wirtschaftspolitik der Nachkriegszeit so viel altes Kapital entzogen worden ist, daß neues Kapital nicht mehr zur Entfaltung kommen kann. Unsere Wirtschaft benötigt aber neuen Kapitals, um dem noch verbliebenen alten seine Aufgaben zu erhalten. Die Nachkriegszeit wird durch gänzlich veränderte Arbeitsbedingungen und den Kampf gegen das Kapital gekennzeichnet. Durch die veränderten Arbeitsbedingungen ist die Leistungskraft des Kapitals geringer geworden. Auf der einen Seite will man die alten Lebensansprüche aufrechterhalten, zu denen jedoch mehr Kapital als in der Vorkriegszeit gehört. Auf der anderen Seite werden der Bildung und dem Hineinströmen neuen Kapitals in unsere Wirtschaft Hemmnisse und Erschwerungen aller Art bereitet. Auf das Einströmen neuen Kapitals sind wir aber angewiesen. Das setzt voraus, daß für dieses Kapital ein genügender Anreiz und die notwendige Sicherheit für seine Betätigung geschaffen wird. Das zu erreichen, ist Aufgabe von Politik und Wirtschaft. Der Reinigungsvorgang der

¹⁾ Zur Deutung der Kaltbearbeitung auf Grund elektrischer Messungen. Z. anorg. Chem. 128 (1923), S. 355; 143 (1925), S. 259/67.

²⁾ Z. Elektrochem. 28 (1922), S. 477/8.

Wirtschaft, der im Zusammenhang mit der Festigung unserer Währung notwendig gewesen ist, fängt an, in eine Zerstörung auch solcher Gebilde auszuarten, die für unsere Wirtschaft lebensnotwendig sind. Diese Entwicklung muß aufgehalten werden, damit wir wieder zu Verhältnissen kommen, die eine Arbeit und eine Wirtschaftsführung auf lange Sicht ermöglichen. Nur so wird auch der Staat wieder zu Kräften gelangen.

Das geschäftsführende Vorstandsmitglied des Zentralverbandes, Reichsminister a. D. von Raumer, M. d. R., stellte in den Mittelpunkt seiner Ausführungen über „Gegenwartsaufgaben unserer Wirtschaftspolitik“ die Wirtschaftskrisis als die Hauptfrage, um die sich alle übrigen Wirtschaftsfragen ordnen. Die heutige Krisis, so führte er aus, ist keine Konjunkturkrise, sondern eine schwere organische Erkrankung unseres Wirtschaftskörpers. Wir leiden an einem viel zu großen Erzeugungsschapparat und haben nicht nur unser Kapital, sondern im Inlande und auf dem Weltmarkt auch unsere Kundschaft verloren. Der Verlust an beweglichem Kapital kann auf etwa 100 Milliarden Reichsmark oder ein Drittel des Volksvermögens der Vorkriegszeit beziffert werden. Aber nicht nur Deutschland, sondern ganz Europa ist verarmt. Im Auslande, wo sich neue Wettbewerbsindustrien entwickelt haben, die künstlich durch staatliche Maßnahmen hochgezüchtet werden, treffen wir auf fast unübersteigliche Zollmauern. Mit unseren laufenden Mitteln können wir unseren Erzeugungsschapparat nicht aufrechterhalten. Zwar werden unsere Erzeugnisse auf dem inneren Markt benötigt, aber ihre Bezahlung erfolgt so unpünktlich, daß hierdurch selbst die besten Betriebe ihre Flüssigkeit verlieren. Im Rechnungsjahre 1924/25 sind der deutschen Wirtschaft 3 Milliarden zuviel an Steuern entzogen worden. Diese gewaltige Summe blieb aber nicht in der Reichskasse, sondern versickerte in den Haushalten der Länder und Kommunen.

Die Landwirtschaft befindet sich in schwerster Kapitalkrise. Es fehlen ihr die Betriebsmittel. Sie mußte handelsmäßige Kredite in Anspruch nehmen, die der Eigenart der Landwirtschaft völlig widersprechen. Jetzt muß die Landwirtschaft mit Geld unterstützt werden. Dadurch sind schwere Störungen im Kreditwesen eingetreten, die auch auf die Industrie zurückwirken. Die dringendste Aufgabe für die Besserung der Lage unserer Landwirtschaft ist die Wiederherstellung des Realkredits und seine Förderung durch den Staat. Die Sparkassen, Versicherungsanstalten usw. müssen wieder dem Realkredit zugeführt werden. Durch die Aufwertungsbestimmungen ist der gesamte Realkredit leider blockiert worden.

Die Industrie ist gleichfalls in Kreditnot. Auslandskredite sind aber nur ein Stärkungsmittel für einen vorübergehenden Kräfteverfall. Sie können unmöglich das tägliche Brot der Wirtschaft werden. Die Erweckung des Sparsinnes ist notwendig. Heute aber fürchten noch viele Kreise, daß durch Zwangseingriffe des Staates ihre Ersparnisse wieder verloren gehen. Die Steuergesetzgebung muß wieder dafür sorgen, daß überhaupt gespart werden kann. Die Länder und Gemeinden sind Stabilisierungsgewinnler geworden, haben aber ihre Verwaltung nicht sparsamer eingerichtet, sondern unter der falschen Vorstellung unbegrenzten Reichtums der Wirtschaft ihre Ausgaben ins Ungemessene vermehrt. Eine Wirtschaftspolitik, besonders eine Zollpolitik, ist nicht möglich, wenn man nicht weiß, welche Lasten die Wirtschaft zu tragen hat und welche Lasten man ihr vernünftigerweise zumuten kann.

Der heutigen Wirtschaftskrisis kann man mit zweifacher Auffassung gegenüberstehen. Entweder läßt man alles laufen, in der Annahme, daß die Natur aus eigener Kraft der Wirtschaft helfen wird; das bedeutet aber eine Verlängerung der Krise und die Gefahr, daß auch gesunde Wirtschaftsglieder von den kranken angesteckt werden. Hierunter würde auch die Arbeiterschaft besonders zu leiden haben. Der zweite Weg ist der des Heilverfahrens, das auf eine Zurückschraubung des Erzeugungsschapparates auf dasjenige Maß hinauslaufen muß, das unserer heutigen Wirtschaft entspricht. Hand in Hand mit dieser Zurückschraubung muß eine Zusammenfassung gleich-

gearteter Unternehmungen zur Herabminderung der Unkosten gehen, also eine Rationalisierung der Wirtschaft vor allem im wahren Sinne.

Die Frage der Rationalisierung beschäftigt heute besonders die Schwerindustrie. Wenn die Schwerindustrie nicht selbst die Notwendigkeit dieser Frage erkannt hätte, hätte die Eisen verarbeitende Industrie ihre Verwirklichung fordern müssen. Wir haben eine starke deutsche Eisenindustrie, aber es geht ihr zweifellos außerordentlich schlecht. Die französische Schwerindustrie stellt heute unter dem Schutze der Inflation viel billiger her als die deutsche. Die Anlagen unserer deutschen Schwerindustrie an der Ruhr sind erheblich erweitert worden. Hand in Hand damit ist die Bildung von Syndikaten und Kartellen gegangen. Diese Eisensyndikate sind an sich eine zweckdienliche Herstellungs- und Verteilungsform, wenn man nur dem Abfangen gewisser kaufmännischer Konjunkturen gegenübersteht. Heute arbeitet aber jedes Werk mit einer starken prozentualen Einschränkung, wodurch die Gesteuerungskosten ins Ungemessene wachsen. Die elektrotechnische Industrie hat daher den Wunsch, daß nicht nur die Herstellungs- und Verteilungsfrage, sondern auch die des Eisenzolls auf dem Wege einer Rationalisierung zur Lösung gebracht wird. Der Redner betont, daß er im Reichstage bei den Verhandlungen über den Eisenzoll einer Herabsetzung des Eisenzolls zum Erstaunen vieler widersprochen hat, die der Ansicht sind, daß die einseitige Vertretung der Belange der Verarbeitung das Gegebene sei. In der Wirtschaft läßt aber der Gedanke der Gerechtigkeit nicht mit sich spotten. Was wir brauchen, ist eine Eisenindustrie, die so stark wird, daß wir keinen Zoll mehr notwendig haben. Die Eisenverarbeitung muß alles tun, um die Rationalisierung der Eisenindustrie so zu fördern, daß der Zoll fallen kann, nicht deswegen, weil die Verarbeitung mit der Ware eines anderen Freihandels treiben will, sondern weil bei einer Erstarkung der Eisen schaffenden Industrie ein Zoll letzten Endes nicht mehr notwendig ist.

Ein Eisentrust hat zweifellos viele Vorteile. Statt einer Anzahl von Betrieben, die nur mit 50 bis 60 % der Leistungsfähigkeit arbeiten, bekommt man einen einheitlichen Betrieb, der unter voller Ausnutzung seiner Leistungsfähigkeit zu arbeiten vermag. Neben der Ersparnis an Betriebs- und Anlagekosten gestaltet sich auch in Hausenzeiten die Führung zusammengefaßter Betriebe einfacher und besser. Auch bei den Qualitätsblechen muß eine Spezialisierung in die Wege geleitet werden. Heute wird immer behauptet, daß England Qualitätsbleche viel günstiger herstellen kann. Diese Entwicklung muß durch Spezialisierung sowie durch Ersparnis auf kaufmännischem und technischem Gebiet auch bei uns erreicht werden. Durch einen Eisentrust werden auch Ersparnisse im Verkauf erzielt werden können. Heute arbeiten in dieser Beziehung viele Stellen gegeneinander. Ein Eisentrust kann auch auf dem Weltmarkt geschlossen auftreten. Erheblich werden ferner die Ersparnisse an Lagerhaltungskosten sein. Schließlich ermöglicht der Zusammenschluß den technischen Fortschritt in ganz anderer Weise.

Die Bedenken, die gegen einen Eisentrust geltend gemacht worden sind, sind gering zu erachten. Eine Ausschaltung der einzelnen Personen ist noch kein Nachteil. Ein Zusammenschlußgebilde ist leichter zu übersehen als ein großer gemischter Konzern. Natürlich kann es sich nur um die Zusammenfassung gewisser gleichgearteter Betriebe handeln, nicht um die Zusammenwerfung solcher Betriebe, die in senkrechter Richtung unorganisch aufgebaut sind. Ein Leiter eines solchen Trusts wird sich schon finden. Im übrigen wachsen erfahrungsgemäß die Menschen in die Aufgaben hinein, vor die sie gestellt sind.

Auch die Macht eines solchen Eisentrusts ist nicht zu fürchten. Denn ein solches Zusammenschlußgebilde ist der Öffentlichkeit gegenüber in seiner Wirtschaftspolitik ganz anders verpflichtet als ein Einzelwerk. Würde die Schwerindustrie ihre Macht mißbrauchen, dann bräuchten nur die Eisenzölle aufgehoben zu werden. Große Gebilde können nur besonnene Wirtschaftspolitik auf lange Sicht nach dem Grundsatz betreiben, daß der Umsatz bei

mäßigem Gewinn auf das höchste zu steigern ist. Natürlich werden mittlere und kleine Betriebe durch eine solche Entwicklung zurückgedrängt. Deren Aufgabe aber ist es heute nicht, Rohstoffe, Halbstoffe und genormte Gebrauchsartikel herzustellen. Ihre Aufgabe liegt vielmehr auf dem Gebiete der Sondererzeugnisse, wobei auch die Normung zur Förderung des freien Wettbewerbs und zur billigeren Belieferung der Verarbeitung mit den für sie notwendigen Vorerzeugnissen eine Rolle spielen muß.

Hieraus folgt, daß der wagerechte Zusammenschluß die einzige Möglichkeit bildet. Wenn eine Großindustrie ohne Zollschutz arbeiten soll — und das müssen wir in unserer heutigen Lage zu erreichen erstreben —, so ist das nur möglich, wenn als große Grundlage für Rohstoffe, Halbstoffe und genormte Gebrauchsgüter einheitliche große Erzeugungsgebilde geschaffen werden.

Ein solcher Zusammenschluß wird durch Einwirkung des Staates oder durch einen Staatssozialismus, wie wir ihn heute in viel zu weitgehendem Maße besitzen, nicht erreicht. Ausdrückliche Staatshilfe ist hierzu nicht nötig. Krediterleichterungen führen eher zum Ziele als staatliche Stützungsmaßnahmen, bei denen morsche Gebilde unter Umständen Kredite auf Kosten gesunder lebensfähiger Betriebe erhalten. Heute ist der Fiskus oftmals selbst beteiligt. Der Staatsgedanke beruht aber nicht auf einem fiskalischen, sondern auf einem sittlichen Gedanken. Hiermit ist es nicht vereinbar, daß Betriebe durch den Staat billig angekauft werden. Die Zusammenballung von Erzeugungsmitteln in der öffentlichen Hand ist um so unbegreiflicher, als wir in einer Zeit des wirtschaftlichen und technischen Fortschritts stehen, dem diese staatlichen Betriebe nicht gewachsen sind, sobald ihre heutige Steuerfreiheit aufhören wird. Der Staat muß erkennen, daß alle Hemmungen zu beseitigen sind, welche die Wirtschaft stören. Nicht nur der Fiskalismus des Staates, sondern auch der der Länder und Gemeinden muß zurückgedrängt werden. Die Stein-Hardenbergsche Gesetzgebung hätte vor hundert Jahren nicht ihre glänzenden Erfolge erreicht, wenn sie von fiskalischen Gedanken getragen gewesen wäre. Dieser fiskalische Gedanke, der heute Staat, Länder und Gemeinden beherrscht, führt zu Ungeheuerlichkeiten, wie der, daß der Eisentrust nicht zustande kommen kann, weil die Steuerlast und die Abgaben für seine Bildung untragbar sind. Als man diese Steuergesetze schuf, hat man gemeint, daß Verschmelzungen ein Geschäft sind. Sie sind aber kein Geschäft, was sich beim Eisentrust klar herausstellt, sondern eine Maßnahme, die aus einer kranken Masse diejenigen Gebilde herausretten will, die die Gesundung eines Wirtschaftszweiges herbeiführen können. Diese steuerlichen Hemmungen, die zu vielfachen Doppelbesteuerungen führen, müssen beseitigt werden.

Zusammenfassend ist zu sagen: Wir haben in Deutschland zuviel überbaute Erzeugungseinrichtungen, die zum Teil außerdem technisch veraltet sind. Wir haben kein Kapital und sind durch Steuern überlastet. Wir haben das Bestreben, auf dem Gebiete der Erzeugung den höchsten Wirkungsgrad zu erreichen, Kapital zu ersparen, die allgemeinen Unkosten herabzudrücken und den Preisabbau zu betreiben, aber nicht auf dem Wege von Polizeimaßnahmen, sondern auf dem Wege der Heilung und Gesunderhaltung unserer Erzeugungsgrundlage. Für die Organisation unserer Erzeugung in diesem Sinne müssen wir kämpfen.

In der Erörterung führte Direktor Ernst Poensgen, Düsseldorf, folgendes aus:

Die deutsche Eisenindustrie hat ihr Kapital und ihre Kundschaft größtenteils verloren. Die Rüstungsindustrie ist infolge des Versailler Diktats verschwunden. Ein Heer im alten Sinne haben wir nicht mehr. Die Kriegsflotte ist vernichtet, die Handelsflotte weggenommen und trotz der Neubauten zusammengeschmolzen. Die Reichsbahn hält mit Aufträgen zurück. Die Bautätigkeit liegt danieder. Aus dem Kriege ist die deutsche Eisenindustrie mit 35 Millionen schwedischer Kronen an Erzschulden herausgegangen. Als in der Nachkriegszeit die Auslandspreise stiegen, wurde durch die Zwangswirtschaft, den Eisenwirtschaftsbund, die Ausfuhr gesperrt. Damals hätte die Eisenindustrie

namhafte Devisenbeträge hereinbekommen können, wenn man ihr Freiheit gelassen hätte. Die Weltmarktpreise für Weißblech und Qualitätsfeinbleche betragen damals das Zwei- bis Dreifache der deutschen Preise. Als der Eisenwirtschaftsbund am Ende war, wurden Preisfestsetzungsausschüsse eingerichtet, die die Eisenindustrie zur Beibehaltung von Papiermarktpreisen zwangen, als andere Industrien in großem Ausmaße schon zur Goldmarkfakturierung übergegangen waren. Die Eisen schaffende Industrie hat damals für ihre Lieferungen oft nur ein Drittel des wirklichen Wertes ihrer Erzeugnisse erhalten und zwei Drittel an den Lieferungen verloren. Dann kamen die Ruhrbesetzung und die „Micum“-Verträge mit ihren schweren Lasten. Die hierdurch erlittenen Verluste wurden der Eisenindustrie nur zu einem Teil ersetzt. Nach der Stabilisierung der Währung und der Wiederaufnahme der Arbeit im Ruhrgebiet ging die Eisen schaffende Industrie mit erheblichen Bankschulden an die Arbeit. Die Selbstkosten wurden durch die Verkaufspreise nicht gedeckt. Technisch ist die deutsche Eisenindustrie auf der Höhe, aber ihre Selbstkosten sind durch die zu große Belastung durch Steuern, soziale Abgaben, zu hohe Frachten und durch die Zwangswirtschaft im Lohnwesen zu stark in die Höhe getrieben. Durch die letzte Lohnerhöhung im Bergbau um 6 %, die durch den Schiedsspruch des Reichsarbeitsministers für verbindlich erklärt worden ist, wird jede Tonne Kohle um 60 Pf. mehr belastet. Hierzu kommen noch 40 Pf. Knappschaftsabgaben infolge des Knappschaftsgesetzes. Die schlechten Zechen sind schon stillgesetzt. Andere werden in der nächsten Zeit infolge der Selbstkostenerhöhung durch die Zwangswirtschaft im Lohnwesen noch stillgelegt werden müssen. Das ist die Wirkung des Zwangsschiedsverfahrens im Ruhrbergbau.

Was die Eisenzollfrage betrifft, so könnte die deutsche Eisenindustrie im Rahmen wirtschaftlich Vereinigter Staaten von Europa sich wohl halten, aber die heutigen Zölle reichen nicht aus, weil durch den Sturz des französischen Franken ihre Wirkung hinfällig geworden ist. Der französische Franken ist in einem Jahre um 25 % seines Wertes gefallen. In Frankreich selbst aber hat sich die Teuerung noch nicht ausgewirkt. In der Eisenindustrie werden Löhne von durchschnittlich 22 Fr. oder 3,50 bis 3,80 *M* bezahlt. Gegen einen solchen Wettbewerb im Valutadumping kann die deutsche Eisenindustrie sich auf die Dauer nicht halten.

Die Eisensyndikate sind notwendig. Die Eisenindustrie ist zu mannigfaltig, als daß man sie in einer einzigen Organisation zusammenfassen könnte. An den Verhandlungen über den Eisentrust sind nur 50 % der Stahlerzeugung beteiligt. Wenn man internationale Vereinbarungen abschließen will, braucht man als Grundlag nationale Verbände. Die deutsche Eisenindustrie hat internationale Vereinbarungen versucht. Sie sind aber gescheitert, weil die Gegenseite die Bedingungen diktieren wollte und der Wille zu einer internationalen Verständigung auf der anderen Seite fehlte. Heute werfen die Franzosen ihr Eisen nach Deutschland und beunruhigen den Auslandsmarkt. Gegen das französische Valutadumping wendet sich auch schon die belgische Eisenindustrie. Die Eisenzölle sind heute nicht zu hoch, sondern viel zu niedrig, denn die Franzosen unterbieten im Valutadumping fast die doppelte Höhe des Zolls.

Der Eisentrust im Sinne der Zusammenlegung einheitlicher Herstellungsweize wird zu Ersparungen führen. Schon durch die Ausnutzung starker einheitlicher Walzprogramme und die Frachtersparnis bei der Kohlenbeförderung können Verbilligungen erreicht werden. Was die Steuerfrage betrifft, so will die deutsche Eisenindustrie, wenn es zur Trustbildung kommt, weder ein Almosen noch eine staatliche Stützung. Sie will aber kein Geld unnützlich bezahlen und nicht mehr Lasten tragen, als sie heute schon hat. Die Auflage einer Steuer, die die Lebensfähigkeit eines solchen Gebildes von Anfang an gefährdet, ist nicht tragbar. Kredite erhält nur der, der eine Rente in Aussicht stellen kann, die über den Durchschnitt hinausgeht. Hieraus folgt, welche Bedeutung die Steuer- und Finanzierungsfrage als Vorfrage für die Bildung des Eisentrusts besitzt.

Professor Helm betonte, daß ein Eisenrust bei wagerechtem Zusammenschluß erhebliche Frachtkosten ersparen könne, und bezeichnete in diesem Zusammenhang die heutige Frachtpolitik der Reichsbahn als gänzlich verfehlt. Er wies auf die viel niedrigeren Frachtsätze der amerikanischen Eisenbahnen hin, welche die Güter zu etwa 35% der deutschen Tarife befördern.

Die Möglichkeit internationaler wirtschaftlicher Zusammenarbeit behandelte auch der Vorsitzende des Direktoriums der Osram G. m. b. H., Dr. W. Meinhardt, der einen kurzen Ueberblick über die internationalen Vereinbarungen auf dem Gebiete der Glühlampenherstellung gab.

Geheimrat Deutsch, Berlin, betonte, daß nur der wagerechte Aufbau für Zusammenschlüsse in Frage käme, und daß weder Kartelle noch Zweckgemeinschaften als Organisationsformen notwendig seien, sondern die völlige Zusammenfassung gleichgearteter Werke in eine neue Gesellschaft. Zuerst sei der nationale Zusammenschluß, dann der international-europäische wünschenswert, dann die Ausweitung dieses Zusammenschlusses auf Amerika. Sei man so weit, dann könne man der Frage der Vereinigten Staaten von Europa und dem Abbau der Zölle nähertreten. Zweck jedes wagerechten Zusammenschlusses muß Preisverbilligung und vermehrte Erzeugung sein.

Iron and Steel Institute.

(Herbstversammlung 9. bis 11. September 1925 in Birmingham. — Fortsetzung von Seite 1790.)

J. L. Keenan, Jamshedpur (Indien), sprach über **Hochofenwerke in Indien unter besonderer Berücksichtigung des Koksverbrauches.**

Zur Zeit werden in Indien drei Hochofenwerke betrieben: die Bengal Company, die India und die Tata Company. Das Eisenerz kommt aus drei Gruben im Staate Mayurbhanj, wo es im Tagebau gefördert wird. Als Zuschlag wird Kalk und Dolomit aus dem Staate Gangpur verwendet. Die Kokskohlen stammen aus den Kohlenfeldern von Jherria. Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich auf das Hochofenwerk der Tata-Gesellschaft, die über fünf mit Kippkübeln ausgerüstete Hochöfen verfügt.

Die älteren Oefen A, B und E sind 23,5 m hoch, haben einen Gestelldurchmesser von 4,47 m und einen Rastwinkel von 78° 14'. Die neueren Oefen C und D haben bei einer Höhe von 26,5 m einen Gestelldurchmesser von 5,18 und einen Rastdurchmesser von 6,55 m. Die älteren haben je vier zweiwegige Winderhitzer mit zentralem Brennschacht und einer Heizfläche von 3603 m², die Oefen C und D je vier zweiwegige Winderhitzer mit seitlichem Brennschacht und 6518 m² Heizfläche.

Der Wind für die Oefen A, B und E wird in drei Escher-Wyss-Turbogebäsen von 990 m³ minutlicher Leistung und für die Oefen C und D von vier elektrischen Turbogebäsen von 1274 m³ minutlicher Leistungsfähigkeit erzeugt. Das Kesselhaus verfügt über 53 meist Babcock-&Wilcox-Kessel mit Gas- und Kohlenfeuerung. Das Roheisen wird in 60-t-Pollack-Gießpfannen abgestochen und von Gießmaschinen zu Masseln vergossen.

Die Koksofenanlage besteht aus 380 Koksöfen mit einer täglichen Erzeugung von 2350 t.

Der Koks weist im Durchschnitt folgende Zusammensetzung auf:

Feuchtigkeit	5,5 %
Asche	21,4 %
flüchtige Bestandteile	1,5 %
Schwefel	0,5 %
fester Kohlenstoff	71,0 %

Die jährlichen Durchschnittsanalysen des Erzes sind folgende:

	SiO ₂ %	Fe %	P %	Mn %	Al ₂ O ₃ %
Gorumahisani	4,25	59,59	0,066	0,50	4,04
Badampahar	4,93	56,33	0,093	0,54	4,57
Sulaipat	2,66	65,67	0,065	0,15	1,59

Der Zuschlag weist folgende Zusammensetzung auf:

	Rückstand %	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %
Dolomit	4,37	1,48	29,78	20,31
Kalk A	6,47	1,37	46,19	4,23
Kalk B	4,02	1,04	48,80	3,50

Koks, Erz und Zuschlag werden auf 10 cm gebrochen.

Die Betriebsführung wird nach den Grundsätzen der Gleichmäßigkeit, wie wir sie in den letzten Jahren in genügendem Maße von der amerikanischen Betriebsweise kennengelernt haben, gehandhabt. Durch vollkommene Ausnutzung der Windwärme — der Kaltwindchieber wird niemals geöffnet — und gleichmäßige Verteilung und Beschickung wurde die Pressung um ein Drittel vermindert. Die Oefen gingen gleichmäßig. Das Hängen, das früher an der Tagesordnung war, hörte fast vollkommen auf, die Erzeugung stieg von 300 t bzw. 475 t auf 400 bzw. 560 t. Für unsere deutschen, besonders für unsere saarländischen und obereschlesischen Hüttenwerke ist die Tatsache bemerkenswert, daß eine auch für unsere Verhältnisse ansehnliche Erzeugung mit einem weichen Koks mit hohem Aschengehalt und einer Schlacke von 20% Al₂O₃ erzeugt wird.

Der Verfasser bespricht sodann die Profiländerungen, die sich ebenfalls nach amerikanischem Muster vollzogen haben; durch die Veränderungen sei eine Koksersparnis von 17% erzielt worden.

Dr.-Ing. P. Geimer.

Donald F. Campbell, London, berichtete über

Hochfrequenzinduktionsöfen.

Nach ausführlichem Hinweis auf die Vorteile und Eigenheiten der Hochfrequenzheizung¹⁾ machte er nähere Mitteilungen über die neuesten englischen Ausführungsformen derartiger Oefen.

Durch den geringen Abstand der wassergekühlten Kupferspirale von dem in ihr befindlichen Schmelzgut von etwa 19 bis 25 mm wird ebenso wie durch die im Schmelzgut selbst erfolgende Erzeugung der erforderlichen Temperaturen ein äußerst günstiger Wirkungsgrad erreicht. Auch ist infolgedessen die Lebensdauer der schwachwandigen Tiegel bedeutend größer als bei anderen Ofenarten. Gewöhnliche Tontiegel haben bis zu 30 Schmelzungen von Nickel-Eisen-Legierungen unter einer Aufnahme von weniger als 0,02% C ausgehalten.

Als Hochfrequenzgeneratoren haben sich außer den bekannten oszillatorischen Generatoren mit Kondensatoranordnung¹⁾ bzw. bei kleineren Oefen gegebenenfalls Röhrengeneratoren in letzter Zeit sogar auch rotierende Generatoren bis zu einer Leistung von 500 kVA bewährt. Die angewandte Frequenz ist von der Art des Schmelzgutes und dem Einsatzgewicht abhängig und wird mit einer Periodenzahl von 400 bis 20 000 je sek angegeben.

Als Isolierstoff des Tiegels gegen die gekühlte Kupferspirale wird Silizium, Glimmer und Zirkon benutzt. Die Anordnung ist noch die gleiche, wie sie bereits Northrup beschreibt. Die im Schmelzgut senkrecht verlaufenden Strömungen wirken besonders vorteilhaft zur Durchmischung schwerer Metallkomponenten.

Als Anwendungsgebiete kommen heute die Herstellung von Wolfram- und Kobalt-Sonderstählen sowie die Ereschmelzung von Nickellegierungen in Betracht. Für größere Reihen von Versuchsschmelzen ist die Hochfrequenzheizung besonders wertvoll wegen der hohen Schmelzleistung (bis zu 20 Schmelzen in 8 st!). Die sichere Wärmebehandlung von empfindlichen Stahlteilen im Hochfrequenzglühofen wird hervorgehoben. Ganz besonders geeignet ist der Hochfrequenzofen schließlich auch noch für die Ereschmelzung solcher Legierungen, die mit Rücksicht auf die magnetischen und elektrischen Eigenschaften einen möglichst geringen Kohlenstoffgehalt aufweisen müssen.

¹⁾ Vgl. auch Schrifttumszusammenstellung in St. u. E. 45 (1925), S. 1388/9.

Trotz des hohen thermischen Wirkungsgrades des Ofens ist doch infolge der verhältnismäßig unentwickelten Erzeugungsweise des Hochfrequenzstromes der allgemeine Gesamtwirkungsgrad geringer als bei Lichtbogenöfen. Die größte in England erbaute Einrichtung umfaßt 42 Einzelgeneratoren von je 35 bis 40 kVA Leistung, wobei entweder jeder Generator einzeln oder aber auch zur Erhöhung der Schmelzleistung mehrere Generatoren parallel auf einen Ofen geschaltet werden können. Das Chargengewicht von Nickel-Eisen-Legierungen beträgt etwa 9 kg bei einer Schmelzdauer von 40 bis 45 min. Die Gesamtleistung der Anlage wird auf einige Tonnen je Schicht angegeben.

Besonders erwähnt werden zwei neue Legierungen, Permalloy und Mumetall, mit ganz ungewöhnlich hoher Leitfähigkeit. Praktisch erprobt wurden diese Legierungen an Unterseekabeln: durch ihre Verwendung soll eine Erhöhung der Buchstabenleistung von 300 auf 1800 Buchstaben je min an einem Kabel von den Azoren bis Amerika ermöglicht worden sein (? der Referent). Leider fehlen nähere Angaben über diese geheimnisvollen neuen Legierungen. *Carl Hütter.*

C. A. Edwards und L. B. Pfeil, Swansea, berichteten im Anschluß an ihre früheren Untersuchungen¹⁾ über **Die Festigkeitseigenschaften von Eisen-Einkristallen und den Einfluß der Korngröße auf die Festigkeitseigenschaften von reinem Eisen.**

Blechstreifen mit 0,13 % C wurden zunächst 48 st bei 875° im Wasserstoffstrom entkohlt, 12 st auf 1000° erhitzt, langsam abgekühlt und dann durch kritische Reckung und Glühung in ihrem mittleren Teil in einen Einkristall verwandelt. Bei 8 von 10 derartigen Streifen schwankte die Zerreißeigenschaft nur zwischen 14,8 kg/mm² und 16,8 kg/mm² in Übereinstimmung mit den früher erhaltenen Daten an vier Proben bei 15,1 bis 15,3 kg/mm². Der Bruch erfolgte stets geradlinig senkrecht zur Zerreißeigenschaft ohne seitliche Einschnürung, nachdem sich vorher die Probendicke um 25–50% verringert hatte. An der Bruchstelle waren die Kristalle zu einer Messerschneide ausgezogen. Zuweilen hatte sich der Bruchquerschnitt aus einem Rechteck etwas in ein Parallelogramm verändert. Die Dehnung schwankte zwischen 31,0 und 52,5% (auf 50 mm), die Proportionalitätsgrenze zwischen 2,7 und 3,6 kg/mm², der Elastizitätsmodul zwischen 18 900 und 21 000 kg/mm².

Im Gegensatz dazu wiesen die beiden anderen Proben 17,9 bzw. 24,2 kg/mm² bei 44,5 und 53,7% Dehnung auf. Sie zeigten aber auch einen schrägen, etwa unter 45° zur Zerreißeigenschaft verlaufenden, seitlich eingeschnürten Bruch, der nicht messerförmig zugespitzt war. Der Kristallquerschnitt zeigte die ausgesprochene Neigung, sich in ein Parallelogramm zu verändern.

Die Verfasser erklären die Übereinstimmung der niedrigen Festigkeit und Bruchform in den ersten acht Fällen so, daß trotz verschiedener Orientierung, wie sie an der Reflexion der geätzten Proben und der stark schwankenden Bruchdehnung erkennbar ist, in jedem dieser Fälle stets zwei Gleitflächen in der Ebene der größten Scherspannung (45° zur Zugachse) vorhanden waren.

Weitere Versuche mit etwas kleineren Einkristallen gaben ähnliche Werte, nur war die Streuung größer.

Im zweiten Teil der Arbeit suchen die Verfasser durch Veränderung der Korngröße einen Uebergang von den außerordentlich niedrigen Festigkeitswerten der Einkristalle zu den Normalwerten von polykristallinem Eisen. Streifen des gleichen Blechs wurden 48 st bei 850° in einem Wasserstoffstrom entkohlt. Obwohl aber immer wieder betont wird, daß nur die Korngröße geändert wurde, erreichten die Verfasser diese Aenderung hierauf durch stark voneinander abweichende Behandlungsarten. Die Korngrößen von 9,7 mm Durchmesser des einzelnen Korns bis 48,8 Körner je mm² wurden durch Reckgrade von 6 bis 20% und nachfolgendes 24-st-Rekristallisationsglühen bei 875° erhalten. Die Korngrößen von 51 bis

77,5 Körner je mm² durch 7tägiges Glühen bei 1000°; von 91,5 bis 194 Körner je mm² durch 1tägiges Glühen bei 950 bzw. 900°.

Bei einem Kontrollversuch wurden wieder völlig andere Glühzeiten und Temperaturen zwischen 1100 und 850° (!) angewendet. Während der Glühung wurde mehrfach A₃ unter- und überschritten.

Die erste Versuchsreihe zeigt ein zunächst rasches, dann allmähliches Ansteigen der Festigkeit mit zunehmender Kornfeinheit. Bei 194 Körner je mm² war eine Festigkeit von 29,4 kg/mm² erreicht. Die Proportionalitätsgrenze zeigt zunächst ebenfalls ein Ansteigen von 4,2 auf 6,6 kg/mm². Dann zeigt sie aber bei einer Korngröße von 70 bis 80 Körnern/mm² plötzlich einen Höchstwert von 14,1 kg/mm² und fällt dann wieder auf etwa 11,0 kg/mm². Merkwürdigerweise sind alle die Proben, die in diesem Höchstwert liegen, bei 1000° gegläht worden.

Bei der zweiten Probenreihe zeigt nicht nur die Proportionalitätsgrenze, sondern auch die Festigkeit einen solchen Höchstwert, der diesmal bei einer Größe zwischen etwa 100 und 150 Körnern/mm² liegt. Auch hier sind alle Proben mit Höchstwerten bei 1000° und darüber gegläht worden. Sie sind teilweise fünfmal durch A₃ gegangen.

Da bisher bezüglich der Korngröße niemals ein solches Optimum beobachtet wurde, muß man erst eine Bestätigung von anderer Seite abwarten. Sonst dürften die höheren Werte wohl eher auf Glühbedingungen und häufige Umkristallisation zurückzuführen sein.

Die Verfasser sind selbst über den merkwürdigen Verlauf ihrer Kurven, auf deren Wiedergabe hier verzichtet ist, überrascht. Eine Wasserstoffaufnahme während der Glühung (die anscheinend ebenfalls im Wasserstoffstrom erfolgte) halten sie für ausgeschlossen. Im Stickstoffstrom wollen sie die gleichen Ergebnisse erzielt haben.

Nach Ansicht des Berichterstatters lassen sich derartige Versuche nur durchführen, wenn die Glühbedingungen, vor allem die Erhitzung für alle Korngrößen, völlig gleich gehalten werden und die Verschiedenheit nur durch Aenderung der Abkühlungsgeschwindigkeit über A₂ hinweg erreicht wird. Die Erfahrungen der Praxis deuten jedenfalls darauf hin, daß die besten Festigkeitseigenschaften immer mit dem kleinsten Korn erzielt werden. *K. Daeves.*

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen¹⁾.

(Patentblatt Nr. 45 vom 12. November 1925.)

Kl. 7 a, Gr. 10, G 61 371. Walzwerk. Heinrich Grünewald, Hilchenbach.

Kl. 7 a, Gr. 17, Sch 72 721, Zus. z. Anm. Sch 72 360. Rollgang. Karl Schulte, Duisburg-Ruhrort, Fürst-Bismarck-Str. 1 a.

Kl. 13 b, Gr. 7, O 13 440. Einrichtung zum Befreien der Dampfkessel vom Schlamm bzw. von Härtebildnern. Julius Ostertag, Stuttgart, Wolframstr. 50.

Kl. 13 e, Gr. 4, K 91 453. Vorrichtung zum Reinigen der Dampfkessel-Heizrohre od. dgl. von Kesselstein. Wilhelm Kicherer, Stuttgart, Lerchenstr. 71.

Kl. 18 a, Gr. 2, D 45 151. Austragsvorrichtung für Schachtföfen. Dipl.-Ing. Carl Paul Debuch, Frankfurt a. M., Eppsteiner Str. 59.

Kl. 18 c, Gr. 1, S 66 963. Verfahren und Einrichtung zur Bestimmung von Umwandlungspunkten ferromagnetischer Stoffe. Siemens & Halske, Akt.-Ges., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 18 c, Gr. 9, F 55 776. Verfahren und Vorrichtung zum Blankglühen von Metallen. Alfred Fischer und Igor Ratnowsky, Berg.-Gladbach b. Köln.

Kl. 18 c, Gr. 9, St 38 495. Verfahren und Vorrichtung zum Abkühlen von in einem Glühtopf geglähten Metallgegenständen, wie Drahtlingen, Bandisen u. dgl. ohne Oxydbildung. Fritz Steinmann, Berlin-Niederschöneweide, Berliner Str. 128.

1) Die Anmeldungen liegen von dem angegebenen Tage an während zweier Monate für jedermann zur Einsicht und Einsprucherhebung im Patentamt zu Berlin aus.

¹⁾ J. Iron Steel Inst. 109 (1924), S. 129/53; vgl. St. u. E. 44 (1924), S. 1151/3.

Kl. 21 h, Gr. 7, A 43 269. Einrichtung zum Ausgleich ungleichmäßiger Wärmedehnungen der Blechunterlage in großen Blechglühöfen, insbesondere solchen mit elektrischer Heizung. Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Baden, Schweiz.

Kl. 21 h, Gr. 11, D 45 260. Elektrisch betriebener Schmelzofen. Deutsche Maschinenfabrik, A.-G., Duisburg.

Kl. 21 h, Gr. 11, D 46 602. Elektrodenabdichtung für elektrische Schmelzöfen. Deutsche Maschinenfabrik, A.-G., Duisburg.

Kl. 21 h, Gr. 11, D 46 605. Mehrteilige Elektrodenklemme für elektrische Oefen. Deutsche Maschinenfabrik, A.-G., Duisburg.

Kl. 21 h, Gr. 11, Sch 73 174. Bewegungsvorrichtung für Elektroden elektrischer Oefen u. dgl. Johann Schlösser, Knapsack.

Kl. 24 c, Gr. 4, K 84 976. Gasofen für flammenlose Verbrennung. Fried. Krupp, Akt.-Ges., Essen a. d. Ruhr.

Kl. 24 c, Gr. 5, H 91 345. Wärmespeicher für Umschaltfeuerung. Dipl.-Ing. Otto Heerhaber, Dortmund. Redtenbacher Str. 23, Ruschenburg.

Kl. 24 l, Gr. 1, D 46 355. Brennkammer mit äußeren Kühlkanälen für Kohlenstaubfeuerungen. Deutsche Babcock & Wilcox-Dampfkesselwerke, Akt.-Ges., Oberhausen, Rhld.

Kl. 31 b, Gr. 10, A 45 614. Sandschleudermaschine zur Herstellung von Gußformen. Franz K. Axmann, Maschinenbau-Anstalt, Köln-Ehrenfeld.

Kl. 31 c, Gr. 6, B 117 877. Aufbereitungsanlage für Formsand. Badische Maschinenfabrik und Eisengießerei vorm. G. Sebold und Sebold & Neff, Durlach i. Baden.

Kl. 31 c, Gr. 6, G 64 176. Sandzerkleinerungsvorrichtung für Gießereien. Rudolf Geiger, Ravensburg, Württbg.

Kl. 40 a, Gr. 10, C 35 439. Aufgebvorrichtung für metallurgische Oefen. Chemische Fabrik Kalk, G. m. b. H., Köln-Kalk.

Deutsche Gebrauchsmustereintragungen.

(Patentblatt Nr. 45 vom 12. November 1925.)

Kl. 7 a, Nr. 927 571. Auswechselbare Walzen für das Dreiwalzensystem, genannt Triostraße. W. Klasmeyer, Essen, Ehrenzellerstr. 60.

Kl. 7 b, Nr. 928 244. Bleikabelpresse. Schloemann, Akt.-Ges., Düsseldorf.

Kl. 7 d, Nr. 928 001. Stacheldraht aus zwei miteinander verdrehten Längsdrahten. Felten & Guillaume, Carlswerk, Akt.-Ges., Köln-Mülheim.

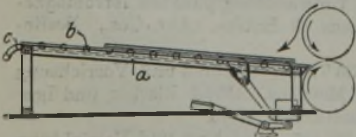
Kl. 24 c, Nr. 927 645. Gasstromverteiler für Abhitze-kessel u. dgl. „Phoenix“, Akt.-Ges. für Bergbau und Hüttenbetrieb, Abteilung Düsseldorfer Röhren- und Eisen-walzwerke, Düsseldorf.

Kl. 24 k, Nr. 927 590. Verschlussstein für Feuerungen. Maschinenbau-Anstalt Humboldt, Köln-Kalk.

Kl. 31 c, Nr. 928 163. Gießform-Entkernungs-maschine. Gustav Schmale jun., Lüdenscheid.

Deutsche Reichspatente.

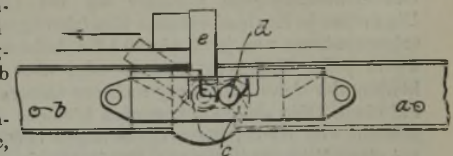
Kl. 7 a, Gr. 17, Nr. 412 267, vom 4. Juni 1924. Wilhelm Grillo, Handelsgesellschaft m. b. H., in Oberhausen, Rhld., und Hermann Liebetrau in Hamborn a. Rh. Walzbock.



Eine Rollenbahn b, c und eine Gleitbahn a sind derart vereinigt, daß die Rollen b über und unter die Gleitbahn a bewegt werden können. Es sollen dadurch die Vorteile einer Rollenbahn in Verbindung mit einer Gleitbahn bei einem Walzbock praktische Anwendung finden, derart, daß je nach Bedarf sofort entweder mit der Gleitbahn oder mit der Rollenbahn allein gearbeitet werden kann, was dem Walzer eine leichte und sichere Handhabung des Walzgutes ermöglicht.

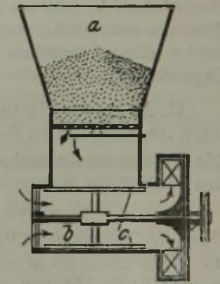
Kl. 7 a, Gr. 17, Nr. 412 268, vom 17. Januar 1924. Schloemann, A.-G., in Düsseldorf. Schlepper für stabförmiges Stückgut.

An den Führungsschienen sind Anschlagzapfen a, b angebracht, gegen die Anschlaghebel c, d stoßen, die auf einer den Schlepperdaumen e tragenden gekrümmten Kurbelwelle sitzen und dadurch den Schlepperdaumen in der einen oder anderen Richtung umsteuern. Durch diese Konstruktion ist es z. B. möglich, den umsteuerbaren Schlepperdaumen höher auszuführen als sonst, so daß hohe und selbst nach oben verbogene Blöcke mit Sicherheit abgeschleppt werden können.



Kl. 24 l, Gr. 3, Nr. 412 321, vom 18. Oktober 1923. Ewald Hermsdorf in Braunschweig. Kohlenstaubfeuerung.

Der aus dem Behälter a fallende, fein verteilte Kohlenstaub gelangt in eine Mischtrommel b, in der die Flügel eines Rührwerks c ihn mit Luft durcheinander wirbeln und etwa zu Boden sinkende Staubmengen wieder in den Luftstrom heben.

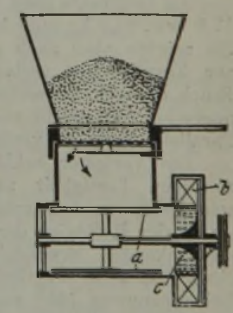


Kl. 18 c, Gr. 8, Nr. 412 345, vom 20. November 1923. Firma Heinrich Lanz in Mannheim. Verfahren zur Herstellung von dünnwandigen Gegenständen aus Stahl durch Tempern und Glühen.

Die Gegenstände, die aus dünnwandigem Stahl gebildet sein sollen, werden zunächst ihren äußeren Formen entsprechend, aber mit größerer Wandstärke in Gußeisen gegossen und dann durch Tempern auf die beabsichtigte Wandstärke in Stahl umgeformt, worauf durch Glühen das Gußeisen weggeschmolzen wird, während die äußere Temperschicht fest bleibt. Das Verfahren kann außer für rein technische Zwecke auch zur Herstellung von Kunstgegenständen angewendet werden.

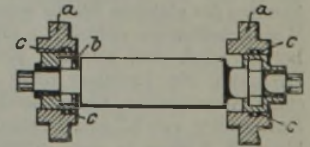
Kl. 24 l, Gr. 3, Nr. 412 356, vom 10. Februar 1924. Zusatz zum Patent 412 321. Ewald Hermsdorf in Braunschweig. Kohlenstaubfeuerung.

Da die von den schräg gestellten Armen des Rührwerks a dem Gebläse b zugeführten Kohlenstaubmengen eine zu dichte zusammenhängende Masse bilden, als daß sie durch das Gebläse wieder genügend aufgelöst und dem Luftstrom in gleichmäßiger Verteilung zugemischt werden könnten, wird in das Gebläse innerhalb der Flügel ein Sieb c eingebaut, das mit dem Gehäuse fest verbunden ist oder mit dem Flügel umläuft.



Kl. 7 a, Gr. 15, Nr. 412 919, vom 4. März 1923. Fried. Krupp, Grusonwerk, Akt.-Ges., in Magdeburg-Buckau. Walzenlagerung.

Die Einbaustücke b sind mittels in Längsnuten der Walzenständer a geführter Zapfen c gegen Verschiebung in Richtung der Walzenachsen gesichert. Bei drehbarer Anordnung der alsdann mit zylindrischer oder kugelförmiger Auflagefläche versehenen Einbaustücke wird nur ein Zapfen angeordnet, und zwar derart, daß seine quer zu den Walzenachsen liegende Mittelachse in der Drehachse der Einbaustücke liegt.



Statistisches.

Der deutsche Außenhandel im September und in den Monaten Januar bis September 1925¹⁾.

Der deutsche Außenhandel zeigt im September eine beträchtliche Abnahme der Einfuhr und eine beachtliche Steigerung der Ausfuhr. Die Passivität der Handelsbilanz, die im Vormonat 454 Mill. R.-M. war, ist auf 292 Mill. R.-M. gesunken (reiner Warenverkehr).

Die reine Wareneinfuhr (Vgl. Zahlentafel 1) weist im September gegenüber dem Vormonat einen Rückgang um 109 Mill. R.-M. auf. Dieses ist um so beachtlicher, als die Einfuhr im September noch vielfach im Zeichen der Zollerhöhung steht. Der erhebliche Rückgang der Einfuhr erklärt sich durch die verminderte Einfuhr an Lebensmitteln und Getränken (um 40 Mill. R.-M.) und Rohstoffen und halbfertigen Waren (um 94 Mill. R.-M.). Die reine Warenausfuhr zeigt gegenüber dem Vormonat eine Zunahme um

zurück. Durchschnittlich wurden 1 078 000 t = rd. 92 % der monatlichen Einfuhr von 1913 (1 168 800 t) eingeführt. Im einzelnen wurden die in Zahlentafel 2 wiedergegebenen Mengen ein- bzw. ausgeführt.

Von der Gesamteinfuhr an Eisenerzen, die im Januar bis September 9 522 527 t betrug, stammten aus Schweden 6 086 970 t, Spanien 1 160 214 t, Frankreich einschl. Elsaß-Lothringen 1 014 950 t, Algier 356 548 t und aus Luxemburg 302 930 t. Schweden liefert also wie in Vorkriegszeiten (4,6 Mill. t von 14 Mill. t) den Hauptanteil an der Eisenerzeinfuhr. Die geringe Ausfuhr von Eisenerzen (138 744 t) ging zum Saargebiet und nach Ost-Oberschlesien.

Die Einfuhr von Roheisen und Eisenlegierungen sowie Halbzeug betrug (in 1000 t):

	Monatsdurchschnitt			
	1913	1925	1925	1925
Eisen u. Eisenlegierungen	10	17	21	20
Halbzeug	0,9	13	17	24

Zahlentafel 1.

	Einfuhr		Ausfuhr		Einfuhr		Ausfuhr	
	September	Januar bis September	September	Januar bis September	September	Januar bis September	September	Januar bis September
	Mengen in dz				in 1000 R.-M. nach Gegenwärtswerten			
Lebende Tiere	90 809	745 956	1 468	77 110	12 181	99 436	632	10 942
Lebensmittel und Getränke	8 208 407	70 361 620	1 405 154	16 286 134	413 330	3 205 255	24 019	350 151
Rohstoffe und halbfertige Waren	32 306 295	326 894 974	27 511 251	221 754 104	458 090	4 913 516	149 488	1 156 220
Fertige Waren	1 228 457	10 876 329	5 310 201	43 688 411	185 486	1 567 462	602 483	4 843 720
Reiner Warenverkehr	41 833 968	408 878 879	34 228 074	281 805 759	1 069 087	9 785 669	776 622	6 361 033
Gold und Silber . . .	774	12 643	247	1 985	34 540	628 465	3 616	25 077
zusammen	41 834 742	408 891 522	34 228 321	281 807 744	1 103 627	10 414 134	780 238	6 386 110

Zahlentafel 2.

	Einfuhr						Ausfuhr					
	1000 t						1000 t					
	Monatsdurchschnitt			1925			Monatsdurchschnitt			1925		
	1913	1922	1924	Juli	August	Sept.	1913	1922	1924	Juli	August	Sept.
Steinkohle	878	1050	1100	381	230	559	2883	422	233	1351	1319	1244
Koks	2)62	2)29	2)12	1,7	1	3,8	536	76	48	370	389	355
Eisenerz	1169	918	256	1162	1787	741	218	14	11	26	22	19
Manganerz	57	25	3	22	10	6	0,8	—	—	—	—	—
Schwefelkies u. -erz	86	73	38	61	45	47	0,2	0,7	0,3	0,4	0,7	2,3
Schlacken, Kiesabbrände	109	60	16	79	63	68	13	8	13	18	12	22

52 Mill. R.-M. Hiervon entfallen rd. 50 Mill. R.-M. auf Fertigwaren. Die Lebensmittelausfuhr ist leicht zurückgegangen (um 4 Mill. R.-M.), während die Ausfuhr an Rohstoffen und halbfertigen Waren eine leichte Zunahme (um 6 Mill. R.-M.) aufweist. Im einzelnen ist folgendes zu berichten:

Die Einfuhr an Rohstoffen und halbfertigen Waren weist gegenüber dem Vormonat eine Abnahme um 94,3 Mill. R.-M. auf. Betrachtlich zurückgegangen ist die Einfuhr an Eisenerzen (21,3 Mill. R.-M.). Gestiegen ist dagegen die Einfuhr an Steinkohlen (um 10,8 Mill. R.-M.).

Bei den für die Eisen- und Stahlindustrie wichtigen Rohstoffen Kohlen und Erze ergibt das bisherige Bild bei der Steinkohleneinfuhr in den Monaten Juli und August eine weitere beträchtliche Abnahme, im September dagegen eine Zunahme. Die Steinkohlenausfuhr hat im letzten Vierteljahr weiter zugenommen, sie betrug durchschnittlich 1 304 000 t monatlich gegen 2 883 000 t im Jahre 1913. Die Eisen- und Manganerzeinfuhr erreichte im August mit 1 797 000 t ihren Höchststand, ging dann im September auf über die Hälfte (747 000 t)

Nach einem starken Rückgang im ersten Vierteljahr 1925 stieg die Roheiseneinfuhr im September auf das Doppelte der Vorkriegszeit, die Halbzeugeinfuhr sogar auf etwas mehr als das 2 1/2 fache des Monatsdurchschnitts von 1913.

Die Ausfuhr an Eisen und Eisenlegierungen sowie Halbzeug blieb weiter ein Bruchteil der Vorkriegsausfuhrziffern. Für das 3. Vierteljahr 1925 ergibt sich folgendes Bild (in 1000 t):

	Monatsdurchschnitt			
	1913	1925	1925	1925
Eisen u. Eisenlegierungen	71	11	18	14
Halbzeug	58	4	12	11

Die Gesamtzahlen für den Außenhandel in Eisen und Eisenwaren aller Art zeigen gegenüber dem Monatsdurchschnitt 1913 große Verschiebungen. Bei der Ausfuhr ist gegen das 2. Vierteljahr 1925 eine Steigerung zu verzeichnen. Es betrug (in 1000 t):

	Monatsdurchschnitt			
	1913	1924	1925	1925
Einfuhr	32	110	133	109
Ausfuhr	542	163	264	292

Ueber Einzelheiten des Außenhandels gibt nachstehende Zahlentafel 3 Aufschluß.

¹⁾ Vgl. St. u. E. 45 (1925), S. 1445/6.

²⁾ Einschl. Stein- und Braunpreßkohlen.

Zahlentafel 3. Der Außenhandel Deutschlands in Erzeugnissen der Bergwerks- und Eisenhüttenindustrie im September 1925.

Die in Klammern stehenden Zahlen geben die Pos.-Nummern der „Monatl. Nachweise über den auswärtigen Handel Deutschlands“ an.	Einfuhr		Ausfuhr	
	September 1925	Januar bis September 1925 t	September 1925 t	Januar bis September 1925 t
Eisenerze; Manganerze; Gasreinigungsmasse; Schlacken; Kiesabbrände (237 e, 237 h, 237 r)	814 823	10 348 523	40 755	301 458
Schwefelkies und Schwefelerze (237 l)	46 932	663 397	2 264	9 613
Steinkohlen, Anthrazit, unbearbeitete Kännelkohle (238 a)	558 688	5 920 059	1 243 768	10 438 032
Braunkohlen (238 b)	196 227	1 654 313	2 895	24 255
Koks (238 d)	3 827	54 313	355 050	2 591 933
Steinkohlenbriketts (238 e)	198	36 434	66 628	538 277
Braunkohlenbriketts, auch Naßpreßsteine (238 f)	13 646	106 176	63 036	554 463
Eisen und Eisenwaren aller Art (777 a bis 843 b)	124 132	1 189 919	308 040	2 502 542
Darunter:				
Rohcisen (777 a)	19 762	158 190	12 148	126 878
Ferroaluminium, -chrom, -mangan, -nickel, -silizium und andere nicht schmiedbare Eisenlegierungen (777 b) . .	430	3 984	1 907	23 157
Brucheisen, Alteisen, Eisenfeilspäne usw. (342; 843 a, b)	12 106	236 779	20 842	193 800
Röhren und Röhrenformstücke aus nicht schmiedbarem Guß, roh und bearbeitet (778, a, b; 779, a, b)	2 873	15 281	6 958	53 900
Walzen aus nicht schmiedbarem Guß, desgl. (780, a, b)	38	563	449	6 372
Maschinenteile, roh und bearbeitet, aus nicht schmied- barem Guß [782 a; 783 a ¹ , b ¹ , c ¹ , d ¹]	303	2 392	186	1 538
Sonstige Eisenwaren, roh und bearbeitet, aus nicht schmiedbarem Guß (781; 782 b; 783 e, f, g, h)	490	3 892	8 748	69 373
Rohruppen; Rohschienen; Rohblöcke; vorgew. Blöcke; Platinen; Knüppel; Tiegelstahl in Blöcken (784) . .	23 871	164 898	11 342	59 273
Stabeisen; Formeisen; Bandcisen (785 a, b)	44 568	396 028	62 428	376 957
Blech: roh, entzündert, gerichtet usw. (786 a, b, c) . . .	2 591	47 502	29 264	298 991
Blech: abgeschliffen, lackiert, poliert, gebräunt usw. (787)	2	155	36	285
Verzinnete Bleche (Weißblech) (788 a)	1 484	10 203	1 070	8 370
Verzinkte Bleche (788 b)	106	1 398	1 099	9 040
Well-, Dehn-, Riffel-, Waffel-, Warzenblech (789)	95	372	386	3 312
Andere Bleche (788 c; 790)	40	371	406	5 121
Draht, gewalzt od. gezogen, verzinkt usw. (791 a, b; 792 a, b)	4 492	37 453	29 363	220 418
Schlangenhöhren, gewalzt oder gezogen; Röhrenform- stücke (793, a, b)	—	39	269	2 429
Andere Röhren, gewalzt oder gezogen (794, a, b; 795 a, b)	498	13 281	20 094	166 179
Eisenbahnschienen usw.; Straßenbahnschienen; Eisen- bahnschwell.; Eisenbahulasch., -unterlagsplatten (796)	7 353	74 204	34 998	330 127
Eisenbahnachsen, -radeisen, -räder, -radsätze (797) . .	44	208	6 128	60 307
Schmiedbarer Guß; Schmiedestücke usw.; Maschinenteile, roh und bearbeitet, aus schmiedbarem Eisen (798 a, b, c, d; 799 a ¹ , b ¹ , c ¹ , d ¹), e, f)	1 629	11 902	15 755	115 633
Brücken- u. Eisenbauteile aus schmiedbar. Eisen (800 a, b)	—	604	2 531	20 510
Dampfkessel u. Dampffässer aus schmiedb. Eisen sowie zusammenges. Teile von solch., Ankertonnen, Gas- und. Behält., Röhrenverbindungsstücke, Hähne, Ven- tile usw. (801 a, b, c, d; 802; 803; 804; 805)	46	485	3 871	30 110
Anker, Schraubstücke, Ambosse, Sperrhörner, Brech- eisen; Hämmer, Klöben und Rollen zu Flaschenzügen; Winden usw. (806 a, b; 807)	54	450	542	4 290
Landwirtschaftliche Geräte (808 a, b; 809; 810; 816 a, b)	28	523	4 256	36 715
Werkzeuge, Meßer, Scheren, Wagen (Wiegenvorrichtun- gen) usw. (811 a, b; 812; 813 a, b, c, d, e; 814 a, b; 815 a, b, c; 816 c, d; 817; 818; 819)	142	1 286	3 141	25 897
Eisenbahnlaschenschrauben usw. (820 a)	577	2 593	1 615	13 243
Sonstiges Eisenbahnzeug (821 a, b)	30	143	430	2 649
Schrauben, Nieten, Schraubenmutter, Hufeisen usw. (820 b, c; 825 e)	141	1 492	2 588	23 901
Achsen (ohne Eisenbahnachsen), Achsenteile (822; 823)	23	73	224	2 447
Eisenbahnwagenfedern, andere Wagenfedern (824 a, b)	143	1 128	581	5 682
Drahtseile, Drahtlitzen (825 a)	15	147	1 040	11 143
Andere Drahtwaren (825 b, c, d; 826 b)	9	447	8 452	65 148
Drahtstifte (Huf- u. sonst. Nägel) 825 f, g; 826 a; 827)	1	91	4 553	40 068
Haus- und Küchengeräte (828 d, e)	7	426	2 605	22 470
Ketten usw. (829 a, b)	41	160	687	6 777
Alle übrigen Eisenwaren (828 a, b, c; 830; 831; 832; 833; 834; 835; 836; 837; 838; 839; 840; 841)	100	775	7 048	60 033
Maschinen (892 bis 906)	2 167	27 115	38 112	270 663

1) Die Ausfuhr ist unter Maschinen nachgewiesen.

Die Ruhrkohlenförderung im Oktober 1925.

Im Monat Oktober 1925 wurden insgesamt 9 170 107 t Kohle gefördert (bei 27 Arbeitstagen und achtstündiger Arbeitszeit einschließlich Ein- und Ausfahrt) gegen 8 732 962 t im September 1925, 6 945 901 t im Oktober 1919 (bei siebenstündiger Arbeitszeit) und 9 895 090 t im Oktober 1913 8 1/2-stündige Arbeitszeit). Arbeitstäglich betrug die Förderung im Oktober 1925: 339 634 t, im September 1925: 335 883 t, im Oktober 1924: 354 770 t, im Oktober 1913: 366 484 t. Die starken Schwankungen in der arbeitstäglichen Kohlenförderung sind, abgesehen von der Veränderung der Arbeiterzahl, hauptsächlich auf die Veränderung der Schichtzeit zurückzuführen.

Die Zahl der Feierschichten (im Oktober 231 218 nach vorläufiger Feststellung) ist im Vergleich zum vorhergehenden Monat (219 651) praktisch etwa dieselbe geblieben. Daß sie gegen die Mitte des Jahres (Juli 443 886) einen wesentlichen Rückgang zeigt, hängt mit den inzwischen vorgenommenen Arbeiterentlassungen zusammen.

Die Gesamtzahl der beschäftigten Arbeiter ist im Oktober 1925 weiter zurückgegangen. Sie stellte sich Ende Oktober auf 401 815 gegen 403 047 Ende September 1925, 473 151 Ende Oktober 1924 und 420 300 im Jahresdurchschnitt 1913.

Die Kokerzeugung des Ruhrgebiets betrug im Oktober 1925 1 796 609 t, im September 1925 1 721 542 t, im Oktober 1919 1 618 091 t, im Oktober 1913: 2 039 491 t. Die tägliche Koksgewinnung stellte sich im Oktober 1925 auf 57 955 t, im September 1925 auf 57 385 t, im Oktober 1919 auf 52 198 t, im Oktober 1913 auf 65 790 t.

An Briketts wurden hergestellt im Oktober 1925 304 735 t, im September 1925 295 738 t, im Oktober 1919 269 556 t, im Oktober 1913 426 832 t. Arbeitstäglich wurden

an Briketts hergestellt: im Oktober 1925 11 286 t, im September 1925 11 375 t, im Oktober 1919 9984 t, im Oktober 1913 15 809 t.

Frankreichs Eisenerzförderung im August 1925.

Bezirk	Förderung		Vorräte am Ende des Monats August 1925	Beschäftigte Arbeiter	
	Monatsdurchschnitt 1913	August 1925		1913	August 1925
Lotharingen					
Metz, Diedenhofen . . .	1 761 250	1 283 924	455 661	17 700	11 859
Briey, Longwy . . .	1 565 168	1 426 182	565 298	15 537	12 842
Nancy . . .	159 743	87 948	485 171	2 103	1 292
Normandie . . .	63 896	107 035	277 297	2 808	2 012
Anjou, Bretagne . . .	32 079	33 827	64 332	1 471	867
Pyrenäen . . .	32 821	24 400	27 290	2 168	1 134
Andere Bezirke . . .	26 745	5 022	24 005	1 250	239
Zusammen	3 581 702	2 968 338	1 898 973	43 037	30 245

Belgiens Bergwerks- und Hüttenindustrie im Oktober 1925.

	Oktober 1925	September 1925
Kohlenförderung t	2 053 740	1 914 280
Kokerzeugung t	332 070	303 280
Brikettherstellung t	206 350	206 610
Hochöfen im Betrieb Ende d. Monats	32	33
Erzeugung an:		
Roheisen t	174 270	170 280
Rohstahl t	164 870	159 050
Gußwaren I, Schmelzung t	10 440	5 530
Fertigerzeugnisse t	143 450	134 010
Schweißisen t	4 300	4 520

Wirtschaftliche Rundschau.

Die notwendige Entlastung der Reichsbahn zugunsten der Gütertarifgestaltung.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die Deutsche Reichsbahngesellschaft mit Anträgen auf Gütertarifierleichterungen geradezu überschüttet wird, die zweifelsohne in vielen Fällen einer Berechtigung und durchschlagenden Begründung nicht entbehren. Im Hinblick auf die außerordentliche wirtschaftliche Notlage sind die stetigen Versuche, auf diesem Wege eine Minderung der deutschen Generalunkosten zu erreichen, durchaus verständlich. Die Genehmigung der Anträge von Bedeutung scheidet aber meistens daran, daß die Reichsbahn unter den gegenwärtigen Geldverhältnissen nach ihrer Angabe nicht in der Lage ist, die gegebenenfalls entstehenden Einnahmeausfälle zu tragen. Sobald Anträge auf Tarifänderungen gestellt werden, wird durch die Reichsbahn in erster Linie die geldliche Auswirkung der Genehmigung errechnet, selbstverständlich unter Berücksichtigung der Mehreinnahmen, die sich etwa aus einem entstehenden Verkehrszuwachs ergeben. Bei dieser reichsbahnseitigen Prüfung herrscht der Grundsatz vor, daß das geldliche Ergebnis für die Reichsbahn gewahrt bleiben muß, damit den Verpflichtungen aus dem Dawes-Abkommen, den Bedürfnissen des Betriebes, den persönlichen Ausgaben usw. Genüge geleistet werden kann. Da sich in den letzten Monaten nennenswerte Ueberschüsse nicht ergeben haben, so liegt es auf der Hand, daß mit großzügigen Tarifierleichterungen so lange nicht gerechnet werden kann, als das Verhältnis der Einnahmen zu den Ausgaben nicht günstiger gestaltet wird. Es wäre zwecklos, sich dieser Tatsache verschließen zu wollen. Gelingt es der Reichsbahn, auf irgendeine Weise größere Ersparnisse zu erzielen, dann besteht auch wieder begründete Hoffnung, daß großzügige Tarifierleichterungen gewährt werden, über deren Notwendigkeit kein Zweifel besteht. Berechtigte Bestrebungen der Reichsbahn, Ausgabeverminderungen zu erzielen, sind daher durch die Wirtschaft tatkräftig zu unterstützen. Eine Möglichkeit zu nicht unerheblichen Ersparnissen ist gegeben durch eine Verminderung der Pensionslast der Deutschen Reichsbahngesellschaft.

In den beiden letzten Monaten des Jahres 1918 waren die damaligen Staatseisenbahnen gezwungen worden, große Massen von Angestellten und Arbeitern, die von der Front zurückfluteten, oder die in industriellen Betrieben arbeitslos geworden waren, einzustellen. Infolge der Demobilisierungsverordnung vom Jahre 1919 war es nicht angängig, diese Leute alsbald wieder zu entlassen, ganz ohne Rücksicht darauf, ob ein wirkliches Bedürfnis vorlag oder nicht. Eine weitere Last wurde der Eisenbahn am 1. Juni 1920 von der Regierung dadurch auferlegt, daß nicht weniger als 75 000 Arbeiter in das Beamtenverhältnis übergeführt werden mußten, die dadurch mit dem Recht auf Ruhegeld usw. ausgestattet wurden. Auf diese Weise ergab sich eine ungeheure Aufblähung des Beamtenkörpers, an deren Folgen die Reichsbahn noch heute schwer zu tragen hat. Wenn auch der Personalbestand durch die Abbauverordnung erheblich verringert worden ist, so haben sich doch die persönlichen Ausgaben bei weitem nicht im gleichen Umfang ermäßigt, weil den abgebauten Beamten Wartegeld oder Ruhegehalt gezahlt werden muß.

Welche Bedeutung die Ruhegehaltslast der Deutschen Reichsbahngesellschaft unter den gesamten persönlichen Ausgaben hat, geht aus folgenden Zahlen hervor. Es sind Vergleichsziffern zwischen 1913 (ohne die abgetretenen Gebiete!) und 1925; sie entsprechen den amtlichen Veröffentlichungen über das voraussichtliche Ergebnis im Geschäftsjahr 1925 unter Berücksichtigung der Tatsache, daß das Geschäftsjahr 1925 15 Monate umfaßt. Die nachstehenden Ziffern gelten also nur für die 12 Monate des Jahres 1925.

Es betragen die	Millionen Mk. im Jahre		Kennziffer	
	1913	1925	1913	1925
Gesamteinnahmen . .	3 057,7	4 438,9	100	145
Persönl. Ausgaben	1 350,2	2 449,6	100	181

Hieraus ist ersichtlich, daß die Gesamteinnahmen nur um 45 %, die persönlichen Ausgaben aber um 81 % gegenüber 1913 gestiegen sind. Dabei beläuft sich die Kopfkostenkennziffer des durchschnittlichen Besoldungs- und Lohninkommens des Reichsbahnpersonals im Kalenderjahr 1925 auf 152, im Vergleich zu 100 des Jahres 1913. Während also die aktiven Beamten und Arbeiter durchschnittlich 52 % mehr verdienen als früher, sind die persönlichen Lasten im ganzen um rd. 81 % gestiegen. Aus diesem Unterschied ist schon die starke Pensionslast der Reichsbahn ersichtlich, die lediglich eine politische Last darstellt, ganz abgesehen von den ungeheuren Dawes-Lasten. Die Pensionslast hat im Jahre 1913 etwa 114 Mill. *M* betragen, während das Kalenderjahr 1925 mit 400 Mill. *M* belastet ist. Im Jahre 1913 kamen auf 100 *M* Besoldungen 17 *M* für Ruhegelder, im Jahre 1925 aber 37 *M*. Im laufenden Jahr entfallen auf 339 000 Beamte 230 000 Beamte im Ruhestande, einschl. Witwen und Waisen, also auf 1,5 Köpfe der aktiven Beamten 1 Ruhestandsbeamter. Schon gelegentlich einer Mitgliederversammlung des Vereins zur Wahrung der gemeinsamen wirtschaftlichen Interessen in Rheinland und Westfalen vom 26. Mai 1925 hat Staatssekretär Stieler von der Reichsbahnverwaltung in einem Vortrage ausgeführt, daß es naturgemäß außerordentlich schwer sei, mit einer solchen Last einen wirtschaftlich arbeitenden Betrieb zu führen. Die Mehrbelastung an Ruhegehältern usw. beträgt im laufenden Jahre gegenüber früher rd. 300 Mill. *M*. Auch wenn berücksichtigt wird, daß ein Teil dieser Summe zweifelsfrei durch erhöhte Sterbefälle im Reichsbahnpersonal während des Krieges und durch die Aufbesserung der Bezüge der Pensionäre verursacht worden ist, so bleibt schätzungsweise immer noch eine rein politische Pensionslast von über 200 Mill. *M*. Daß diese Summe, die zwangsweise der Reichsbahn infolge der politischen Verhältnisse in den Jahren 1918 bis 1920 zu tragen auferlegt worden ist, dem heutigen kaufmännischen Reichsbahnunternehmen nicht mehr zur Last gelegt wird, dürfte nur recht und billig sein. Aufgebracht werden muß dieser große Betrag natürlich in erster Linie von den Wirtschaftskreisen, die den Hauptanteil am Güterverkehr haben. Der Personenverkehr bringt bekanntlich nur unerhebliche Gewinne. Es erscheint ungerecht, daß die Verfrachter allein die 200 Mill. *M* politische Pensionslast aufbringen sollen. Eine Abwälzung dieser Last auf die Schultern der Allgemeinheit, d. h. ihre Uebernahme durch das Reich, muß daher gefordert werden.

Erstmalig wurde diese Forderung in der Oeffentlichkeit gelegentlich der oben genannten Mitgliederversammlung des Vereins zur Wahrung von Generaldirektor Dr. Silberberg aufgestellt, der sich wie folgt äußerte: „Auch die Ueberbelastung mit Pensionen (auf 2,6 Beschäftigte ist ein Pensionär vorhanden) ist eine absolute Folge politischer Eingriffe in das Eisenbahnwesen. Meiner Ansicht nach ist die Wirtschaft nicht dazu da, in den Tarifen die Konsequenzen dieser politischen Maßnahmen zu tragen, und meines Erachtens ist es heute noch notwendig, vom Reich zu verlangen, daß eine Entlastung des Pensionsetats der Eisenbahn zu Lasten des allgemeinen Haushalts stattfindet. Es ist ein Ding der Unmöglichkeit, daß implizite sowie im Personen- wie im Gütertarif — obwohl ich den Personentarif auch heute noch nicht für zu hoch halte — die Wirtschaft die Konsequenzen dieser politischen Maßnahmen trägt, weil sie ein vollständig verzerrtes, falsches Bild über die wirklich vorhandenen Rentabilitäts- und Wirtschaftsverhältnisse geben.“

Erfreulicherweise wurde diese Anregung auch vom Reichsverband der Deutschen Industrie aufgegriffen, der die Frage in seiner Verkehrsausschußsitzung vom 25. Oktober 1925 zur Erörterung brachte. Das Ergebnis wurde in folgender Entscheidung zusammengefaßt, die auch vom Vorstand des Reichsverbandes gebilligt wurde:

„Der Verkehrsausschuß des Reichsverbandes der deutschen Industrie begrüßt es, daß nunmehr in regelmäßigen Zeitabständen der Oeffentlichkeit Mitteilungen über die Entwicklung der Reichsbahn unter Bekanntgabe der verschiedenen zahlenmäßigen Unterlagen gemacht werden.

Weiterhin hat der Verkehrsausschuß in seiner Herbsttagung vom 15. Oktober 1925 zu der Frage der dringend nötigen Ermäßigung der Gütertarife erneut Stellung genommen.

Der Verkehrsausschuß sieht in der im verflossenen Frühjahr bei der Reichsbahn erfolgten Lohnerhöhung, die eine 10prozentige Steigerung der Personentarife zur Folge hatte und in der im Vormonat gewährten Aufbesserung, die rd. 25 Mill. *M* erforderte und zu der Erhöhung der sozialen Lasten in Höhe von 35 Mill. *M* trat, eine Entwicklung, die den so nötigen Tarifausgleich und Tarifabbau unmöglich macht und zudem unerwünschte Rückwirkung auf die Belegschaften der Privatbetriebe ausübt. Das größte Hindernis für die wirtschaftlich dringend nötige Ermäßigung der Tarife ist die erst im Laufe dieses Jahres in weiteren Kreisen bekannt gewordene Belastung der Reichsbahn mit einem Pensionsetat in einer solchen Höhe, daß auf 100 *M* Besoldung 37 *M* Ruhegehälter kommen. Dadurch entstehen 400 Mill. *M* Ausgaben oder rd. 300 Mill. *M* mehr als 1913.

Der Verkehrsausschuß hält eine Nachprüfung der Pensionsberechtigung der seit Kriegsende abgebauten Rentenempfänger mit dem Ziel der Zurückführung einer möglichst großen Anzahl in das freie Wirtschaftsleben für erforderlich.

Weiterhin regt der Verkehrsausschuß an, daß die Reichsbahnverwaltung mit der Reichsregierung in Verhandlungen darüber eintritt, inwieweit eine Entlastung des Pensionsetats, soweit es sich um nach dem Kriege aus Gründen der Demobilmachung eingestellte und wieder abgebaute Personen handelt, dadurch eintreten kann, daß die Reichsbahngesellschaft aus dem Reichsetat Zuschüsse erhält. Alle hierdurch bewirkten Ersparungen sollen ausschließlich zu Tarifiermäßigungen nach den Bedürfnissen der Wirtschaft verwendet werden.“

In dieser Entschliebung ist der letzte Satz von besonderer Bedeutung. Durchaus nicht gedient wäre der Wirtschaft, wenn die durch Fortnahme der Pensionslast eintretenden Ersparnisse der Reichsbahn durch Ausgaben irgendwelcher Art aufgezehrt würden. Denkbar wäre es z. B., daß die etwaigen Ausgabersparnisse von dem Reichsbahnpersonal zum Anlaß genommen werden, nunmehr Gehalts- und Lohnerhöhungen durchzudrücken, die sehr leicht den Betrag von 200 Mill. *M* ausmachen könnten. Weiterhin wäre es auch möglich, daß das Reich als Entgelt für die Uebernahme der Pensionslast künftig darauf hinausgeht, eine Dividende für die 13 Milliarden *M* Stammaktien zu erzielen. Eine solche Politik der Reichsregierung würde jedoch nicht gerechtfertigt sein, weil die Deutsche Reichsbahngesellschaft ohnehin schon mit den Dawes-Lasten beschwert ist, die zu tragen schon an sich dem Reiche zustände.

Auf welche Art und Weise der Reichsbahn die politische Pensionslast abgenommen wird, ob sie formell in den allgemeinen Haushalt des Reichs aufgenommen wird, oder ob das Reich der Deutschen Reichsbahngesellschaft entsprechende Zuwendungen macht, ist eine Frage untergeordneter Bedeutung.

Als Folge einer etwaigen Ersparung der Pensionslast wäre die Reichsbahn in der Lage, erhebliche Gütertarifierleichterungen vorzunehmen. Zu einer allgemeinen Senkung der Gütertarife wird allerdings der Betrag unmöglich ausreichen. Aber auch schon einzelne zweckmäßige Tarifierleichterungen sind von nicht zu unterschätzendem Vorteil besonders in der jetzigen Zeit der größten wirtschaftlichen Notlage, in der die Wirtschaft nach Tarifierleichterungen geradezu schreit. Welche Tarife oder welche Güter im einzelnen eine fruchtliche Erleichterung erheischen, braucht erst dann näher in Erwägung gezogen zu werden, wenn die grundsätzliche Frage der Uebernahme der Pensionslast durch das Reich entschieden ist. Daß hierbei Eisenindustrie und Bergbau, welche die Grundpfeiler der deutschen Volkswirtschaft bilden, geziemend berücksichtigt werden müssen, liegt auf der Hand. Jedenfalls hat die Wirtschaft alle Ursache, auf eine baldmögliche Entscheidung dieser Frage zu drängen. Die Wirtschaftslage ist zu ernst, um monatelange Erörterungen anstellen zu können. Es ergeht daher an die Reichsbahnhauptverwal-

tung der Ruf, mit tunlichster Beschleunigung bei den zuständigen Reichsministerien die zum Besten der Reichsbahn und der Wirtschaft dienende Entlastung ihres Haushalts durchzusetzen. Die Reichsbahn sollte in diesem Bestreben auch von der Wirtschaft mit allen Mitteln, vielleicht auch auf parlamentarischem Wege, unterstützt werden. Verfrachter und Eisenbahn steuern hier in voller Eintracht auf ein gemeinsames Ziel zu, das beiden Erleichterungen verspricht.

Die Lage der österreichischen Eisenindustrie im dritten Vierteljahr 1925. — Der Beschäftigungsgrad der österreichischen Eisenwerke betrug in der Berichtszeit etwa 75 % gegenüber dem gleichen Zeitraume von 1913. Um den zur Erreichung entsprechender Selbstkosten nötigen Betriebsumfang aufrecht zu erhalten, mußten zahlreiche Aufträge hereingenommen werden, was nur unter bedeutenden Preisopfern gelang, da die westlichen Werke den Balkanmarkt durch maßlose Unterbietungen zu gewinnen trachteten. Der Ausfuhranteil der österreichischen Werke ist von 9 % (des Absatzes) der Vorkriegszeit auf über 50 % gestiegen.

Die Inlandspreise haben unter dem Druck des ausländischen Wettbewerbs einen solchen Tiefstand erreicht, daß die Werkerlöse der Stabeisenwerke verglichen mit denen anderer Länder die niedrigsten sind. Preisopfer bei der Ausfuhr und unzureichende Inlandspreise kennzeichnen die Lage der österreichischen Eisenindustrie.

Am 21. September brach im Hüttenwerke Donawitz ein Streik aus, der seinen Ausgang bei den Bauarbeitern nahm. Die im Donawitzer Werk arbeitenden Maurer und Zimmerer, welche daselbst das ganze Jahr hindurch ständig beschäftigt sind und die daher auch im Genusse der allen übrigen Arbeitern gewährten Sachbezüge stehen, hatten bereits vor mehreren Monaten Lohnforderungen gestellt und sie unter Hinweis auf die höheren Verdienste anderer Bauarbeiter begründet. Diese Lohnforderungen mußten abgelehnt werden, weil die Durchschnittslöhne der Donawitzer Bauarbeiter höher waren als die Löhne gleichwertiger Hüttenarbeiter und weil ein Vergleich der Verdienste ständig beschäftigter Arbeiter mit solchen von Saisonarbeitern unzulässig ist. Im August hatten auch die Donawitzer Hüttenarbeiter Lohnhöhungen im Ausmaße von etwa 20 % gefordert. Diesen Forderungen konnte mit Rücksicht auf die wirtschaftliche Lage nicht entsprochen werden. Am 17. Oktober ist der Ausstand beigelegt worden, nachdem für die niedrigsten Lohnklassen Erhöhungen zugestanden worden waren, die zum Teil durch den Eintritt der von der Regierung zugesagten Ermäßigung der Bruderlade-Provisionszuschüsse bedingt sind und die in dieser Ermäßigung ihren Ausgleich finden werden. Der durch den Streik hervorgerufene Erzeugungsausfall in Donawitz beträgt im ganzen ungefähr 33 100 t Roheisen und 24 000 t Rohstahl, wovon allerdings nur ein geringer Teil in das 3. Jahresviertel fällt.

Im einzelnen ist zu berichten, daß in Stab-, Form- und Bandeisen eine wesentliche Besserung des Inlandsgeschäftes nicht eingetreten ist. Die Stabeisenwalzwerke (namentlich die kleineren und mittleren) verlegten sich daher hauptsächlich auf die Ausfuhr nach dem Neuausland, wobei immerhin Verkaufspreise in Betracht kamen, die zwar keinen Gewinn, aber wenigstens ein Durchhalten ermöglichten.

Der Absatz der Edelstahlwerke war in der Berichtszeit in Oesterreich selbst schlecht. Auch die Ausfuhr nach Deutschland und der Tschechoslowakei hat nachgelassen. Das Geschäft mit dem europäischen Ausland ließ überhaupt viel zu wünschen übrig, während die geringe Besserung im Ueberseegegeschäfte angehalten hat.

Die Stahlgießereien wiesen keinen besonders günstigen Beschäftigungsgrad auf. Die betreffenden Firmen geben sich aber der Hoffnung hin, daß die von den österreichischen Bundesbahnen und der Gemeinde Wien zu vergebenden Lieferungen ausschließlich Inlandsfirmen zugehen werden. Der Beschäftigungsgrad der Graugießereien war mit Rücksicht auf den bedeutenden Bedarf an Bau- und Handelsguß als günstiger anzusprechen. Der von Anfang Juli bis Anfang September in den Eisen-

konstruktionswerkstätten währende Streik hat die Gießereien weder unmittelbar noch in seinen Auswirkungen berührt. Die Ausfuhr von Gießereierzeugnissen kommt wegen der Zollschranken derzeit nur in geringem Umfange in Betracht.

Die Eisen- und Stahlerzeugung war im dritten Jahresviertel ungefähr auf gleicher Höhe wie im zweiten Jahresviertel, der geringe Rückgang der Erzeugung ist auf den Donawitzer Streik zurückzuführen.

Ueber Erzeugung, Verkaufspreise und Löhne gibt nachstehende Zusammenstellung Aufschluß.

Erzeugung in t	Jahresviertel 1925		
	I.	II.	III.
Eisenerze	72 094	319 899	373 337
Stein- und Braunkohle	829 014	736 317	782 910
Roheisen	74 781	111 447	104 474
Stahl	103 642	125 262	116 290
Walz- u. Schmiedeware	77 729	94 437	88 581
Durchschnittlicher Verkaufspreis je t in Schilling:			
Braunkohle	16—56	16—56	16—52
Roheisen	177,50	175,00	168,30
Knüppel	230,00	226,00	217,50
Stabeisen	315,00	301,60	275,00
Formeisen	355,00	341,60	315,00
Grobbleche	330—350	330—350	275—300 ¹⁾
Walzdraht	287,00	296,50	296,50
Arbeiterverdienst je Schicht in Schilling:			
Gruppe:			
Kohle: Hauer	6,70	6,70	6,70
„ Arbeiter	4,56	4,56	4,56
Erz: Hauer	7,56	7,56	8,00
Eisen: Arbeiter	8,98	9,49	10,00
Stahl: Arbeiter	7,80	8,02	8,68

Aus der italienischen Eisenindustrie. — Selten wohl wurde das wirtschaftliche Leben in der italienischen Eisenindustrie so stark von politischen Ereignissen beeinflusst wie gerade in den letzten Wochen. Verschiedene Vorgänge waren es, deren Rückwirkungen oft hemmender, mehr aber fördernder Natur waren, so daß nach wie vor von einer Blütezeit gesprochen werden kann. Die Werke waren stets gut beschäftigt, konnten aber immerhin schon wieder zu verhältnismäßig kurzen Lieferfristen Aufträge entgegennehmen.

Das erste Ereignis, dessen Einfluß sich aber mehr auf den inneren Betrieb der Werke erstreckte, war die Aufhebung der Betriebsräte. An deren Stelle treten durchweg die Leitungen der faschistischen Arbeitergewerkschaften, die allein berechtigt sind, Wünsche der Arbeiter entgegenzunehmen und sie den wiederum allein dazu berechtigten Vertretern der Arbeitgeberverbände vorzutragen. Die eigentlichen Ausführungsbestimmungen dazu sind noch nicht bekannt, d. h. ob die jeweilige Ortsleitung der Gewerkschaft sich unmittelbar mit der Sache befaßt oder in jedem Werke wiederum Betriebsausschüsse, natürlich faschistische, bevollmächtigt. Jedenfalls herrscht auf diese Weise politisch einheitliche Richtung bei Arbeitgebern und Arbeitnehmern, was auf ungestörten und ruhigen Arbeitsfortgang nur günstig wirken kann.

Das zweite, vielleicht wichtigste Ereignis war der Abschluß der Schuldenverhandlungen mit Amerika. Diese mit großem Geschick für Italien günstig zu Ende geführten Verhandlungen haben als erste unmittelbare Folge ein starkes Ansteigen der Lira gezeitigt, was zunächst ein Sinken der Kohlenpreise nach sich ziehen wird, vor allem aber auch das Kapital wieder auf den Markt bringt, und zwar italienisches sowohl als auch ausländisches. Die Wirkungen auf die Werke können nur vorteilhaft sein, und schließlich wird auch die deutsche Industrie dabei ihren Nutzen haben, da die Kaufkraft der italienischen Industrie wieder neu gestärkt wird. Wie schon letzthin mitgeteilt, waren sämtliche an das Ausland zu vergebenden

¹⁾ Unverzollt.

Aufträge zurückgestellt worden, soweit sie nicht unerlässlich waren, nur um die Lira zu stützen. Hier wird unfehlbar eine Erleichterung eintreten.

Der Abschluß des Deutsch-Italienischen Handelsvertrages hat für die deutsche Maschinen- und Eisenindustrie keine Veränderungen von einschneidender Bedeutung gebracht; die vorhergegangene Unsicherheit hat manche Geschäftsabschlüsse behindert. Die Unterschrift dieses Vertrages wurde allgemein mit großer Freude begrüßt, da hierdurch ein stetiger Zustand eingetreten ist. Die wichtigsten, der deutschen Eisenindustrie gemachten Zugeständnisse sind nach dem „Sole“ vom 12. Nov. 1925 die folgenden:

	früher Lire je 100 kg	jetzt Lire je 100 kg
Chromeisens	12,80	11,20
Wolframeisens	28,80	21,60
Stahlblöcke, gewöhnl.	4,50	3,90
Stahlblöcke, besond.	9,—	8,40

für Sonderstahl in Stäben ermäßigt sich der auf gewöhnlichen Stahl erhobene Zuschlag von 4,— auf 3,— L.

Bei Stahldraht, von 75 bis 150 kg Festigkeit, ermäßigt sich der Satz für Drähte von 0,5 bis 1 mm Stärke von 34,50 auf 27,60 L. und für Drähte von 0,3 bis 0,5 mm Stärke von 49,— auf 42,— L.

Für kaltgewalzte Bleche aus Sonderstahl ermäßigt sich der auf den gewöhnlichen Stahl erhobene Zuschlag um 1,0 L.

Bei Maschinenguß tritt eine Ermäßigung des Koeffizienten von 0,8 auf 0,6, bei Schmiedestücken, zum Teil bearbeitet, von 0,5 auf 0,4, bei Schmiedestücken, ganz bearbeitet, von 0,5 bis 0,3 ein.

Außerdem werden Ermäßigungen auf die Erzeugnisse der Kleisenindustrie, Beschläge, Schösser, Ketten, Nadeln, Federn, Scheren, Nieten, Schrauben (die beiden letzteren, wenn in Kupfer) sowie auf Kupferdraht gewährt.

Bedeutender sind die Ermäßigungen auf dem Maschinenmarkt, wenn auch bei keiner einzigen Position in großer Höhe. Der Großmaschinenbau wird jedoch nur zum Teil berührt, die Zölle für elektrische Maschinen, Transformatoren, Pumpen und hydraulische Pressen bleiben unverändert. Ermäßigungen erfahren die folgenden Gruppen: Wasserturbinen, landwirtschaftliche Maschinen, Druckmaschinen und sonstige graphische Maschinen, Baummaschinen, Maschinen zur Bearbeitung und Gewinnung der Erze, zur Herstellung von Farben, Näh- und Stickmaschinen usw. Schließlich auch noch schwere Werkzeugmaschinen und ein Teil der Werkzeuge und Arbeitsgeräte.

Vom spanischen Erzmarkt. — Die gegenwärtige Lage des spanischen Erzmarktes entspricht derjenigen der Eisenindustrie in England und Deutschland. Es hat wohl kaum je eine Zeit gegeben, in der so wenig Geschäfte abgeschlossen wurden und so wenig Nachfrage bestand wie in den letzten Monaten, die sogar die schlimme Krise um das Jahr 1880 übertreffen. Die Käufer boten unglaublich niedrige Preise, die nicht einmal die Herstellungskosten deckten; aber selbst bei Verkaufsabsichten zu Verlustpreisen war wegen Mangels an Bedarf kein Geschäft möglich. Infolge dieser traurigen Lage sind selbst die bedeutendsten Gruben dazu übergegangen, nur drei Tage in der Woche zu arbeiten, während andere schon des längeren ihre Betriebe wegen Mangels an Absatzmöglichkeit geschlossen haben. Die Haldenbestände in Biscaya werden auf nicht weniger als 750 000 t geschätzt; während sich die Ausfuhr bis zum 10. Oktober 1924 auf 1 659 000 t stellte, wurden bis zur gleichen Zeit im Jahre 1925 nur 1 255 000 t verladen.

In allerjüngster Zeit scheint es jedoch, als ob sich auf dem englischen Eisen- und Stahlmarkt eine kleine Belebung bemerkbar mache, die sich teilweise auf den spanischen Erzmarkt in Bilbao überträgt. Wenn auch im allgemeinen nur kleine Verkäufe in Frage kommen, so bedeutet es doch nach der monatlichen Geschäftslosigkeit immerhin wieder einen erfreulichen Anfang, zumal da die Preise der getätigten Abschlüsse annehmbar sind. An Abschlüssen wurden gemeldet 5000 t Rubio I zu 21,50 Pes.,

3000 t gewaschenes Erz zu 17 Pes., 4000 t Röstert zu 20,50 Pes.

Gutehoffnungshütte, Aktienverein für Bergbau und Hüttenbetrieb, Nürnberg. — Die Annahme des Dawes-Gutachtens im August 1924 befreite die im besetzten Ruhrgebiete liegenden Betriebe der Gutehoffnungshütte Oberhausen, Aktiengesellschaft, von den Sonderlasten der Micumverträge. Die zerstörenden wirtschaftlichen Folgen des Ruhreinbruchs waren damit aber nicht beseitigt; sinkende Nachfrage, ungenügende Preise, von Monat zu Monat schlechter werdende Zahlungseingänge kennzeichneten vielmehr im abgelaufenen Jahre die Geschäfte des Gesamtunternehmens. Die von Reich, Staat und Gemeinden erhobenen Steuern und Abgaben wiesen gegenüber der Vorkriegszeit eine auf die Dauer unerträgliche Steigerung auf. Die Gutehoffnungshütte zahlte an Steuern

im Geschäftsjahr 1913/14 2 376 017 M

im Geschäftsjahr 1924/25 10 977 588 R.-M

Die sozialen Abgaben betragen

im Geschäftsjahr 1913/14 2 724 696 M

im Geschäftsjahr 1924/25 5 096 360 R.-M

Diese Verhältnisse nötigten zu einschneidenden Maßnahmen, wie: Herabsetzung der in den einzelnen Unternehmungen umlaufenden Kapitalien, Einschränkung der Erzeugung, weitere Verminderung des Arbeiter- und Beamtenstandes und schließlich Herabsetzung der Unkosten durch größte Sparsamkeit.

Nach der Festigung der Mark ist es gelungen, im rheinisch-westfälischen Kohlenbergbau und in der deutschen Eisenindustrie Erzeugung und Absatz wieder zu ordnen. Die Beteiligung der Gutehoffnungshütte Oberhausen, Aktiengesellschaft, beim Kohlensyndikat stellt sich vorläufig auf 5 198 400 t, und zwar auf 3 363 200 t Verkaufsbeteiligung und 1 835 200 t Verbrauchsbeteiligung.

Die Eisenindustrie hat eine völlige Neubildung ihres Verbandswesens vorgenommen. Die Gutehoffnungshütte Oberhausen, Aktiengesellschaft, verfügt in den neugebildeten Verbänden über folgende Beteiligungsziffern:

Rohstahl-Gemeinschaft 1 080 542 t

A-Produkten-Verband 319 408 t

Stabeisen-Verband 175 525 t

Walzdraht-Verband 157 160 t

Grobblech-Verband 165 184 t

Aus den inländischen Eisenhandelsgesellschaften ist die Firma Steffens & Nölle, Aktiengesellschaft, Berlin, ausgeschieden. Die Firma Steffens & Nölle, Essen, G. m. b. H., Essen, führt nunmehr die Bezeichnung „Eisenhandel Gutehoffnungshütte“.

Am 25. September erfolgte auf der Schachtanlage „Franz Haniel“ der Gutehoffnungshütte Oberhausen ein Wassereinbruch, der den im Ausbau befindlichen Schacht II zum Zusammenbruch brachte. Der Schacht I der genannten Anlage ist nicht in Mitleidenschaft gezogen. Auch ist es gelungen, die Wirkungen des Wassereinbruchs von den benachbarten Schachtanlagen fernzuhalten. Der Abschluß ergibt nach Abzug der allgemeinen Unkosten und Zinsen einen Gewinn von 339 518,52 M, so daß nach Abschreibungen von 319 978 M ein Reingewinn von 19 540,52 M verbleibt, der auf neue Rechnung vorgetragen werden soll. In der Bilanz erscheinen die Beteiligungen mit 93 186 530 M, die in der Hauptsache die Beteiligung bei der Gutehoffnungshütte Oberhausen A.-G. darstellt. Die Außenstände belaufen sich auf 4 872 891 M und andererseits die Schulden auf 10 635 488 M. Bei 80 Mill. M Aktienkapital betragen die Rücklagen 12 Mill. M.

Die Gutehoffnungshütte Oberhausen, A.-G., erzielte nach Abzug der allgemeinen Unkosten, Zinsen usw. einen Betriebsgewinn von 5 108 241,71 M. Bei 4 217 552,84 M Abschreibungen verbleibt ein Reingewinn von 890 688,87 M, der vorgetragen werden soll. Die Bilanz verzeichnet bei 60 Mill. M Aktienkapital und 6 Mill. M Rücklagen 68,4 Mill. M Schulden, darunter 29,06 Mill. M Bankverbindlichkeiten und 3,40 Mill. M Anzahlungen gegenüber 46,04 Mill. M Außenständen, 13,49 Mill. M Bankguthaben, 1,45 Mill. M Anzahlungen, 0,79 Mill. M Wechseln sowie 17,53 Mill. M Vorräten.

Buchbesprechungen.

Kropf, Alfred, Ingenieur-Chemiker, Stahlwerke Röchling-Buderus, A.-G., Wetzlar: Laboratoriumsbuch für den Eisenhütten- und Stahlwerks-Chemiker. Vollständige Neubearbeitung (2. Auflage) von M. Orthweys Laboratoriumsbuch für den Eisenhüttenchemiker. Halle (Saale): Wilhelm Knapp 1925. (XI, 104 S.) 8°. 5,20 R.-M., geb. 7 R.-M.

(Laboratoriumsbücher für die chemische und verwandte Industrien. Hrsg. von L. Max Wohlgenuth. Bd. 1.)

Der Herausgeber hat die Neubearbeitung dieses Bandes einem Praktiker übertragen, der so gründlich vorgegangen ist, daß man die erste Auflage, deren Mängel hier¹⁾ besprochen worden sind, in dem vorliegenden Buche kaum noch wiedererkennen kann. Äußerlich ist der Text durch Verdoppelung der Seitenzahl und engeren Druck etwa auf das 2½fache angewachsen. Der Inhalt ist vermehrt um Abschnitte über Probenahme, die Untersuchung von Flußspat, Lagermetallen, die Bestimmung von Sauerstoff, Stickstoff, Schlacke, Bor, Tantal, Uran und Zirkon in Stahl, eine Zahlentafel über den Höchstgehalt von schädlichen Beimengungen in Ferrolegierungen und Metallen und ein Verzeichnis der Lösungen. Die Abschnitte über die Untersuchung der flüssigen Brennstoffe, der Schmiermittel, des Teers und seiner Erzeugnisse sowie des Gaswassers enthalten lediglich Hinweise auf die entsprechenden übrigen Bände der Sammlung. Der Gesamtstoff ist so geordnet, daß nach der Probenahme die Untersuchung der Rohstoffe, Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse behandelt wird. In den einzelnen Abschnitten wird das Wesen der Verfahren knapp erörtert; darauf folgt eine kurze, jedoch genaue Angabe der erforderlichen Geräte und Lösungen und sodann eine meist sehr eingehende und zutreffende Beschreibung der Durchführung der Bestimmungen; endlich wird auf Besonderheiten aufmerksam gemacht. In den Abschnitten Kohlenstoff, Mangan, Phosphor, Schwefel, Kupfer, Nickel, Chrom, Wolfram, Vanadin werden neben den meist gewichtsanalytischen Leitverfahren auch die üblichen maßanalytischen Schnellbestimmungen besprochen. Bei Silizium, Phosphor, Schwefel, Zinn, Chrom, Wolfram, Vanadin, Titan und Uran wird zwischen der Behandlung säurelöslicher und säureunlöslicher Stoffe unterschieden. Wenn man davon absieht, daß die Bestimmung des Schwefels durch Verbrennung im Sauerstoffstrom sowie die Oberhofferschen Verfahren zur Sauerstoffbestimmung nicht erwähnt sind, darf man wohl sagen, daß das Buch dem derzeitigen Stande der analytischen Arbeit in den Eisenhütten- und Stahlwerkslaboratorien gerecht wird.

Dr. phil. *E. Schiffer*.

Schwarz, M. v., Dr.-Ing., a. o. Professor an der Technischen Hochschule in München: Eisenhüttenkunde. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 8° (16°). Bd. 2. Das schmiedbare Eisen. Mit 52 Abb. und 2 Taf. 1925. (176 S.) Geb. 1,25 R.-M.

In verhältnismäßig kurzer Zeit hat der Verfasser dem ersten Bande seiner Eisenhüttenkunde, der dem Roheisen galt²⁾, die vorliegende Fortsetzung folgen lassen. Der neue Band behandelt, in Form und Darstellungsart jenem ähnlich, sämtliche Verfahren der Stahlerzeugung unter Einschluß der Wärmebehandlung, sowie die hauptsächlichsten Verarbeitungs- und Prüfungsweisen des schmiedbaren Eisens. Ein Abschnitt ist ferner der Normung und den Eigenschaften der Baustähle, ein anderer wirtschaftlichen und statistischen Angaben über Stahl gewidmet.

Sg.

Bubnoff, S. von, Dr., Privatdozent, Breslau: Grundlagen der russischen Schwerindustrie. Berlin: Hermann Sack 1925. (69 S.) 8°. 2,30 G.-M. (Das heutige Rußland. [Hrsg. vom] Osteuropa-Institut in Breslau. H. 1.)

Vorliegende Untersuchung will rein sachlich, aus der geographischen und geologischen Eigentümlichkeit Ruß-

lands heraus, die Umstände klarlegen, die trotz allen Kommens und Gehens politischer Ereignisse ihre Forderung immer wieder geltend machen müssen und mit denen die jeweiligen Machthaber des Landes zu rechnen haben werden. Der Wert der Arbeit liegt nicht so sehr in der Zusammenstellung der in Deutschland schwer zu erlangenden statistischen Unterlagen aus der Zeit der Sowjetherrschaft, als in dem Grundgedanken: zu bestimmen, was Rußland mit seinen Bodenschätzen anzufangen vermag. Diese Frage hat eine über den engen, dem Büchlein gesteckten Rahmen, einen Einblick in die Lage des heutigen Rußlands zu gewähren, weit hinausgehende Allgemeinbedeutung; denn ihre Klarstellung räumt auf mit dem nebeligen Begriffe von den unermeßlichen Reichtümern Rußlands und zeigt wirtschaftlichen Kreisen und vorausschauenden Staatsmännern die Grenzen dessen, was im Höchstfalle bei richtiger Gestaltung wirklich erreicht werden könnte und was als aussichtslos bezeichnet werden muß.

Bei der Ausarbeitung seines Gegenstandes wendet sich der Verfasser naturgemäß in erster Linie den die Entwicklung der Schwerindustrie bestimmenden Triebkräften zu, und geht dabei zum Teil näher auf die Rohstoffvorkommen ein unter allgemeiner Kennzeichnung der Erze und ihrer Aufbereitungsmöglichkeiten. Wie es in der Natur der Dinge liegt, wurde dem Ural und dem Südbezirk eingehendere Betrachtung gewidmet, wobei wir sofort auf folgenschwere Gegensätze im Charakter der Gegenden stoßen: Am Ural sind die Brennstoff- und Verkehrsverhältnisse einer Entwicklung so ungünstig, daß sie hier geradezu eine Lebensfrage bilden, während in Südrußland im Gegenteil alles einem üppigen Aufblühen Vorschub leistet. Für den Nordbezirk werden die Versuche zum Aufbau einer eigenen Schwerindustrie immer wieder scheitern, und für Petersburg wird es immer gewinnbringender bleiben, Auslandskohle einzuführen. Der Zentralbezirk wird immer mehr metallverarbeitend und rohstoffeinführend werden. Der Südbezirk mit seinen üppig emporgeschossenen und mächtigen Anlagen führt den Verfasser zu volkswirtschaftlichen Betrachtungen über die Gefahren, die bei unwirtschaftsgemäßem Ausbau der einzelnen Vorkommen dem Ganzen drohen, und zu Vorschlägen, die dem Raubbau steuern und die vorzeitige Erschöpfung der Lager verhindern sollen.

Diesem Kern der Ausführungen sind eine Anzahl einschlägiger Fragen untergeordnet, z. B. der Manganüberschuß Rußlands und die Betriebsart der wichtigsten Gruben. Auch Sibirien wird in den Kreis der Betrachtungen gezogen; deutlich tritt dabei die Lage in Westsibirien zu Tage: wenig Erz, außergewöhnlich viel Kohle. Ebenfalls wird der Eisenverbrauch des europäischen Rußlands beleuchtet mit dem Ergebnis, daß auch für die Zukunft eine Beteiligung der russischen Industrie an der Weltwirtschaft kaum zu erwarten ist, und letzten Endes als unabweislich für die Zukunft Maßnahmen zur Befahrung des Ural mit sibirischer Kohle hingestellt werden. Die Erkenntnis dieser dereinstigen Notwendigkeit ist die Quintessenz des Gehaltes der Schrift. Doch wer wird das gewaltige Unternehmen ausführen, der Staat oder die Privatwirtschaft? Die Antwort liegt wohl in jenem dem Verfasser entschlüpften Stoßseufzer: Wird da, wo früher alle staatlichen Beginnen vollkommen versagten, der neue Staat erfolgreich vorgehen können? *Oswald Köhne*,

Giese, Fritz, Dr., Privatdozent an der Technischen Hochschule Stuttgart: Theorie der Psychotechnik. (Grundzüge der praktischen Psychologie. Bd. 1.) Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, Akt.-Ges., 1925. (VIII, 180 S.) 8°. 7,50 G.-M. (Die Wissenschaft. Bd. 73.)

Das Buch kann als die Ausfüllung einer wesentlichen Lücke bezeichnet werden. Gegenüber der Ueberzahl von wissenschaftlich-theoretischen, zum Teil oberflächlichen psychotechnischen Arbeiten ist es unbedingt notwendig, darauf hinzuweisen, daß Psychotechnik ohne theoretische Psychologie bloß Laborantenkunst ist, daß ein eingehendes Studium der wissenschaftlichen Aufgaben nötig ist, um für wirklich zuverlässigen praktischen Erfolg Bürgschaft zu leisten.

Professor Dr. *W. Poppelreuter*.

¹⁾ St u. E. 27 (1907). S. 1597.

²⁾ Vgl. St. u. E. 45 (1925), S. 406.

Vereins-Nachrichten.

Verein deutscher Eisenhüttenleute.

Aus den Fachausschüssen.

Dienstag, den 15. Dezember 1925, nachmittags 3 Uhr, findet in Düsseldorf, Gesellschaft Verein, Steinstr. 10/16, die

12. Vollsitzung des Walzwerksausschusses

statt.

Tagesordnung:

1. Geschäftliches.
2. Erfahrungen mit staubgefeuerten Stoßöfen auf dem Peiner Walzwerk. Berichtersteller: Dr.-Ing. Hochgesand, Peine.
3. Untersuchungen an elektrischen Glühöfen. Berichtersteller: Dr.-Ing. Stassinot, Dinslaken.
4. Verschiedenes.

Die Einladungen zu der Sitzung sind am 20. November an die beteiligten Werke ergangen.

Neu erschienen sind als „Berichte der Fachausschüsse des Vereins deutscher Eisenhüttenleute“¹⁾:

Ausschuß für Betriebswirtschaft.

Nr. 5. K. Rummel, Düsseldorf: Erhöhung der Wirtschaftlichkeit in den technischen Betrieben der Großeisenindustrie. Erhebliche Verbesserungen und Vergbilligungen durch Rationalisierung. Unterschied zwischen „niederer Betriebswirtschaft“ und einer höheren Stufe. Die erste ist wichtiger als die zweite. Zur Durchführung genügt gesunder Menschenverstand, Beobachtungsgabe und Zeit. Die wissenschaftliche Durchdringung der Aufgabe ist das Ziel der höheren Betriebswirtschaft. Uebersicht über das Gesamtgebiet in Form einer Tafel, aus der sich eine Anzahl Richtlinien ergibt. Grundbedingung für Rationalisierung ist eine Erziehung zur Zusammenarbeit, ein Opfer an persönlicher Machtfülle zugunsten des Gedeihens des Werkes. „In der Beschränkung zeigt sich erst der Meister, und das Gesetz nur kann uns Freiheit geben.“ (14 S.)

Maschinenausschuß.

Nr. 28. G. Neumann, Düsseldorf: Richtlinien für die Wahl und Anfertigung von Druck-, Mengen- und Gemischreglern mit besonderer Berücksichtigung der Verwendung in Gasbetrieben. Gleichdruckregler mit und ohne Relais. Gleichdruckregler mit Leitungskorrektur. Mengen- und Gemischregelung. Temperatur- und Heizwertregler und Regler für anderweitige Zwecke. (20 S.)

Stahlwerksausschuß.

Nr. 92. Dr.-Ing. H. Bansen, Rheinhausen: Einfluß der Vorwärmung von Gas und Luft auf den Gang des Siemens-Martin-Ofens. Abhängigkeit der Ofenleistung von der Vorwärmungstemperatur. Wärmeverteilung. Bilanz für das ganze Ofensystem und für den Oberofen. Verteilung der Abgase auf die Kammern. Gaszersetzung in der Kammer. Zugmessungen. (8 S.)

Nr. 93. Alfred Rotter und Erich Matejka, Witkowitz: Temperaturmessungen im Herdraum eines Talbot-Ofens. Zweck der Untersuchungen. Temperaturmessungen von Bad, Flamme und Gewölbe. Oertlicher und zeitlicher Temperaturverlauf im Oberofen. Auswertung der Versuchsergebnisse. (6 S.)

¹⁾ Zu beziehen vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Schließfach 664.

Nr. 94. Dr.-Ing. S. Schleicher, Geisweid: Die Zersetzung von Kohlenwasserstoffen, Teer und Kohlenoxyd im Siemens-Martin-Betrieb. Umsetzungen von Kohlenwasserstoffen in Kammer und Ofenkopf. Rußbestimmung im Gas des Ofenkopfes. Arbeitsweise. Untersuchungen über die Möglichkeit des Zerfalls von Kohlenoxyd. Versuchsanordnung. Ergebnisse. (7 S.)

Nr. 95. Dr.-Ing. Werner Heiligenstaedt, Rheinhausen: Die rechnerische Untersuchung des Wärmeaustausches in den Wärmespeichern des Siemens-Martin-Ofens. Grundlagen. Heizflächen und Speicherzahl. Wirkung veränderter Wärmeübergangsverhältnisse, veränderter Steinstärke, veränderter Kanalweite und des Steinmaterials auf die Leistung der Kammern. Einfluß der Beaufschlagung der Speicher, der Abgasverteilung und falscher Luft. Vorwärmung und Ofenleistung bei Mischgasbeheizung. (7 S.)

Nr. 96. A. Ziegler, Völklingen: Der Einfluß der Karburierung und des Wasserdampfgehaltes von Heizgasen auf den Wärmeübergang im Siemens-Martin-Ofen. Teerölzusatz in den Kammern und im aufsteigenden Gaskanal. Rußbildung im Gas. Einfluß des Wasserdampfes auf den Ruß. Untersuchung der Koksofenflamme im Laboratorium bei verschiedenem Benzol- und Wasserdampfzusatz. (4 S.)

Walzwerksausschuß.

Nr. 41. Dr.-Ing. G. Bulle, Düsseldorf: Reiseerfahrungen in amerikanischen Walzwerken. Allgemeines über Aufbau amerikanischer Walzenstraßen. Ausbildung und Betrieb der Block-, Halbzeug-, Träger-, Schienen-, Feineisen-, Rohr- und Drahtstraßen. Leistung und Brennstoffverbrauch der Walzwerksöfen. (12 S.)

Werkstoffausschuß.

Nr. 73. K. Schönert, Friemersheim, und G. Hannack, Köln: Kohlenstoff und Mangan im Wolfram-magnetstahl. Untersuchungen über den Einfluß des Kohlenstoffs und Mangans auf die magnetischen Eigenschaften mit Hilfe der Großzahlforschung. (3 S.)

Nr. 74. Dr.-Ing. Ernst Mayer, Darmstadt: Dauer- und Abnutzungsverfahren an einseitig gehärtetem Werkstoff. Dauerschlag- und Dauerbiegeversuch an einseitig gehärtetem Kohlenstoff- und Chromnickelstahl. Einfluß der Aufkohlung, des Härtens und Anlassens auf die Ergebnisse der Dauer- und Dauerbiegeversuche. Eignung der Dauerschlag- und Dauerbiegeversuche zur Prüfung einseitig gehärteten Werkstoffes. Abnutzungsverfahren mit Anwendung gleitender Reibung. Einfluß der Temperatur und Art des Abschreckens auf die Abnutzung. Zusammenhang zwischen Abnutzung und Ritzhärte. (5 S.)

Nr. 75. Martin Künkele, Ruhrort: Ein neues Aetzmittel zur Bestimmung sulfidischer Einschlüsse im technischen Eisen. Zweck der Bestimmung. Bisherige Unterscheidungsverfahren. Zusammensetzung und Anwendung eines neuen Aetzverfahrens. Wirkungsweise des Aetzmittels. (3 S. u. 1 Tafel.)

Nr. 76. Dr. phil. E. Steinhoff, Dortmund: Das Anfärbeverfahren als Hilfsmittel bei der Untersuchung von Schamottesteinen. Grundlagen. Abänderung des Aetzverfahrens. Auswahl besonders günstiger Farbstoffe. Allgemeines über den Färbegang. Verhalten der drei Farbstoffe gegenüber Schamottesteinen. Beschreibung des endgültig angewandten Verfahrens. Beispiele. (5 S.)

Nr. 77. Dr.-Ing. F. Leitner, Kapfenberg: Einfluß der Kokillenwandstärke auf den Gußblock. Erörterung des grundlegenden Schrifttums, Einfluß der Kokillenwandstärke auf Kristallitusbildung und Erstarrungszeit, Kokillenhaltbarkeit und Aufwärmung. (3 S. u. 1 Tafel.)

Bitte zahlen Sie sofort den Mitgliedsbeitrag gemäß ergangener Aufforderung.