

# ORGAN

für die

## FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

in technischer Beziehung.

Fachblatt des Vereines deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Neue Folge. LVII. Band.

Die Schriftleitung hält sich für den Inhalt der mit dem Namen des Verfassers versehenen Aufsätze nicht für verantwortlich. Alle Rechte vorbehalten.

2. Heft. 1920. 15. Januar.

### Der Schutzwagen.

J. Jahn, Professor in Danzig.

Die Eisenbahnbau- und Betriebs-Ordnung bestimmt in § 57, 1 b), daß der erste Wagen in Reisezügen mit mehr als 50 km/st Geschwindigkeit von Reisenden frei zu halten sei. Auf die geringfügigen Ausnahmen, die im Absatze 1 a) zugelassen sind, kommt es hier nicht an. Dieselbe Vorschrift enthält § 164 der »Technischen Vereinbarungen«.

Der Gedankengang, der zur Schaffung dieser Bestimmung geführt hat, ist durchsichtig. Wenn aber untersucht werden soll, ob sie sich ebenso schmiegsam, wie die anderen Vorschriften der Bau- und Betriebsordnung, den stetig wechselnden Bedingungen des Eisenbahndienstes angepaßt hat, so muß man jenem Gedankengange scharfen Ausdruck verleihen.

Wenn die Spitze des fahrenden Zuges von einem Unfälle betroffen wird, der hier eine plötzliche starke Verzögerung bewirkt, so ruft die lebendige Kraft der Fahrzeuge einen vom Zugschlusse bis zur Spitze ständig zunehmenden Druck hervor. Die Kraft, die in dieser Weise auf ein einzelnes Fahrzeug wirkt, ist gleich jener Verzögerung mal Masse der hinter dem betrachteten Fahrzeuge folgenden Wagen. Die Kraft hat also ihren Höchstwert am Vorderende der Lokomotive, und von den Wagen ist der zunächst hinter der Lokomotive laufende den größten Kräften ausgesetzt. Die Zerstörungen werden hier bei gleich widerstandsfähiger Bauart aller Wagen am größten sein. Also stellt man einen Wagen an diesen Platz, der mit möglichst wenigen Menschen und mit gar keinen Fahrgästen besetzt ist. So gelangt der Gepäckwagen an seinen Platz.

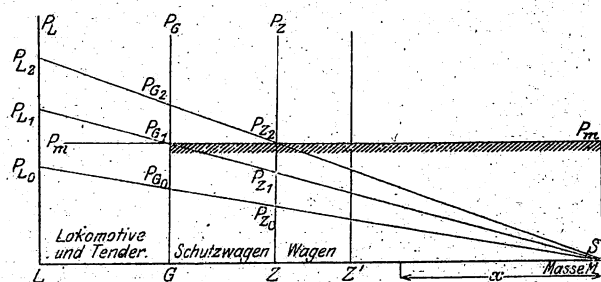
Wenn ein Zug auf seinem Laufe die Fahrriichtung wechselt, so stellt man an das eine Ende den Gepäck-, an das andere den Post-Wagen; beide wechseln sich also in der Rolle des Schutzwagens ab. Verschiebewegungen sind dann nicht erforderlich, um bei jeder Fahrriichtung einen Schutzwagen zu haben.

Bei Zügen, die ohne Wechsel der Fahrriichtung durchgeführt werden, oder die zwar die Fahrriichtung wechseln, aber einen Gepäck- und einen Post-Wagen mitführen, wird sich gegen die Bestimmungen über den Schutzwagen kaum etwas einwenden lassen. Tunlich wenige Mitfahrende sollen gefährdet werden. Überschätzen darf man aber diese Sicherung nicht. Nach dem eingangs Gesagten ist sie überhaupt nur bei einer gewissen Art von Unfällen wirksam. Früher dachte man dabei wohl an Zusammenstöße auf offener Strecke. Diese sind bei unserm hoch

entwickelten Sicherungswesen seltener geworden. Häufiger findet ein Auffahren auf einen im Bahnhofs, oder vor dem Einfahrtsignale haltenden Zug statt. Da hat denn der Schutzwagen seine Pflicht zu tun. Der auffahrende Zug hat einen solchen, der getroffene Zug aber führt ihn an der Spitze, wo er in diesem Falle nichts nützt. Die Unglücksfälle, die sich durch Auffahren eines Zuges auf einen andern ereignen, nehmen heute einen beklagenswert breiten Raum in der Zusammenstellung der Unglücksfälle ein. Wir sollen hieraus aber nicht schließen, daß jeder Zug auch am Schlusse einen Schutzwagen führen soll, eine Forderung, die gelegentlich in der Presse erhoben wird. Es wird sich nämlich noch zeigen und leuchtet auch ohne Weiteres ein, daß ein solcher überzähliger Wagen, der sonst der Beförderung nicht dient, die Massenkräfte, die im Falle eines Zusammenstoßes auf die vor ihm laufenden Wagen wirken, in schädlicher Weise erhöht. Wohl aber sollen wir schon aus dieser Betrachtung schließen, daß ein Umsetzen des als Schutzwagen benutzten Gepäck- oder Post-Wagens bei Wechsel der Fahrriichtung nicht verlangt werden sollte. Es kann sich sonst ereignen, daß man ihn grade da fortnimmt, wo die Gefahr droht. Dieses Umsetzen des Schutzwagens wird noch von andern Gesichtspunkte aus zu betrachten sein.

bleiben wir zunächst bei dem Schutzwagen, der zu der eingangs geschilderten Wirkung kommt, der also an der Spitze eines auffahrenden Zuges läuft.

Abb. 1.

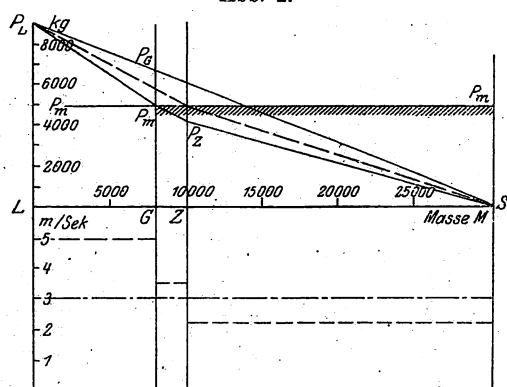


Eine Vorstellung der Wirkungsweise des vordern Schutzwagens gibt Textabb. 1.  $L, G, Z, Z', \dots$  sind die Massen der Lokomotive und der Wagen der Reihe nach bis zum Schlusse  $S$ , in  $G$  berühren sich die Puffer der Lokomotive und des Schutzwagens. Auf den Loten  $LP_L, GP_G, ZP_Z$  werden die Massen-

kräfte  $P$  aus einer gewaltsam von der Lokomotive ausgehenden Verzögerung gemessen. Die Wagerechte  $P_m$  bezeichnet einen Grenzwert  $P_m$  dieser Kraft, dessen Überschreitung die Zerstörung des von ihr betroffenen Wagens zur Folge hat. Der entsprechende Wert für die Lokomotive ist sehr viel grösser und kann außer Betracht bleiben. Wenn die Lokomotive auf einen andern Zug auffährt oder entgleist, so äußert sich dies in einer ihr aufgezwungenen Verzögerung  $dv : dt$ . So lange kein Ineinanderschieben der Wagen erfolgt, werden alle Teile des Zuges in gleichem Masse durch den Rückdruck der Puffer jedes vorlaufenden Wagens verzögert. Im Abstände  $x$  vom Schlusse hat dieser Druck den Wert  $P = \text{Verzögerung} \times \text{Masse des auflaufenden Zugteiles}$ . Ist  $m$  die Masse des Zuges auf seine Längeneinheit, so ist  $P = (dv : dt) \cdot m \cdot x$ , an den vorderen Puffern der Lokomotive  $P_L = (dv : dt) \cdot m \cdot l$ , dargestellt beispielweise durch  $LP_{L0}, LP_{L1}, LP_{L2}$ . Der Verlauf der Kraft ist also für einen bestimmten Wert der Verzögerung durch eine von  $S$  ausgehende Gerade, beispielweise  $SP_{L0}, SP_{L1}, SP_{L2}$  dargestellt,  $GP_{G0}, GP_{G1}, GP_{G2}$  stellen die an den Vorderpuffern des Schutzwagens wirksamen Kräfte dar. Dabei ist die Wirkung der Pufferfedern vernachlässigt.

Der Schutzwagen steht also da, wo am ehesten eine Überschreitung der Kraft  $P_m$  zu befürchten ist.  $SP_{L1}$  ist die äußerste Lage, die die Gerade der Verzögerungskräfte annehmen darf, wenn keine Zerstörungen im Zuge eintreten sollen. Wird die Gerade steiler, so wird zunächst das Vorderteil des Schutzwagens in Trümmer gehen. Wenn sie endlich die Lage  $SP_{L2}$  hat, so geht der Schutzwagen vollständig, und zwar nur er allein, in Trümmer. Die Wirkung des Schutzwagens geht aber noch etwas weiter. Wenn nämlich die verzögernde Kraft am Vorderende der Lokomotive stoßweise so schnell auf den in Textabb. 2 eingetragenen Wert  $P_L$  steigt, daß die Zerstörung des Schutzwagens

Abb. 2.



nicht mit ihrem Anwachsen gleichen Schritt halten kann, so scheint die Gerade  $SP_L$  zu lehren, daß nun auch weitere Wagen in den Bereich der Zerstörung fallen, und doch können diese in Folge der Zertrümmerung des Schutzwagens unter Umständen diesem Schicksale entgehen. Die Linie der Verzögerungskräfte verläuft nämlich während der Zerstörung des ersten Wagens nicht nach der Geraden  $SP_L$ .  $M_L, M_G, M_Z$  bedeuten die Massen der Lokomotive, des Schutz- oder Gepäck-Wagens und der übrigen Wagen,  $M_Z$  wird als »Zugrest« bezeichnet,  $M_L + M_G + M_Z$  heißt  $M$ . Ferner bedeuten  $dv_L : dt, dv_G : dt, dv_Z : dt$  die Verzögerungen dieser drei Zugteile. Da sich der

Zug bei der Zerstörung des Gepäckwagens in einander schiebt, so werden die Verzögerungen für jene drei Zugteile verschieden. Die verzögernden Kräfte  $LP_L, GP_G, ZP_Z$  sollen in der Rechnung mit  $P_L, P_G, P_Z$  und der Grenzwert wieder mit  $P_m$  bezeichnet werden. Die verzögernde Kraft am Vorderende der Lokomotive ist also  $P_L$ . Zwischen Lokomotive und Gepäckwagen kann sie in dem Augenblicke, da die Zerstörung am Vorderende dieses Wagens beginnt, seine Widerstandskraft, also den Wert  $P_m$  nicht überschreiten. An den hintern Puffern des Gepäckwagens muß sie einen Wert  $P_Z < P_m$  haben, denn es ist ja eine Größe  $P_m - P_Z > 0$  für die Verzögerung des Gepäckwagens erforderlich (Textabb. 2). Für die Verzögerungen von Lokomotive, Gepäckwagen und Zugrest folgen die drei Gleichungen:

$$\text{Gl. 1) } \dots \dots \dots \frac{dv_L}{dt} = \frac{P_L - P_m}{M_L},$$

$$\text{Gl. 2) } \dots \dots \dots \frac{dv_G}{dt} = \frac{P_m - P_Z}{M_G},$$

$$\text{Gl. 3) } \dots \dots \dots \frac{dv_Z}{dt} = \frac{P_Z}{M_Z}.$$

Die Beziehung zwischen der gleichmäßigen Beschleunigung  $g$ , dem Wege  $s$  und der Zeit  $t$  lautet  $s = gt^2 : 2$ . Für die Verzögerung eines Körpers, der sich bis zum Auftreten der verzögernden Kraft mit der Geschwindigkeit  $v_0$  bewegte, gilt sinngemäß  $s = v_0 t - (dv : dt) \cdot (t^2 : 2) = s_1 - s_2$ . Der Weg, den er nach dem Auftreten der verzögernden Kraft zurücklegt, ist gleich dem Wege  $s_1$ , den er bei unverminderter Geschwindigkeit zurücklegen würde, vermindert um den entgegengesetzt gerichteten Wert  $s_2$ , den ihm die verzögernde Kraft aufzwingt. Von den Vorgängen, die sich beim Ineinanderschieben der Zugteile abspielen, gewinnt man ein deutlicheres Bild, wenn man den Weg  $s_1 = v_0 t$  unberücksichtigt läßt, also von der eben behandelten Gleichung nur den Teil  $s_2 = (dv : dt) \cdot (t^2 : 2)$  benutzt. Man kann das tun, denn  $s_1$  ist für alle Zugteile gleich und hat nichts mit dem »Ineinanderschieben«, also mit Bewegungen zu tun, die die Zugteile gegen einander ausführen.  $P_L$  wird in dieser vereinfachten Vorstellung eine äußere Kraft, die den anfänglich stillstehenden Zug mit solcher Gewalt zurückschiebt, daß der Gepäckwagen dem Drucke nicht standhalten kann. Wenn nun die Lokomotive bei diesem Vorgange um den Weg  $s_L$  zurückgedrückt wird, so wird sich dieser Weg nicht mit seinem vollen Werte auf die übrigen Fahrzeuge übertragen, weil der Gepäckwagen zusammen gepreßt wird, so daß die Entfernungen zwischen den Schwerpunkten der Lokomotive, des Gepäckwagens und des Zugrestes vermindert werden. Die Schwerpunkte des Gepäckwagens und Zugrestes werden also in der gleichen Zeit nur die kleineren Wege  $s_G$  und  $s_Z$  zurücklegen. Hierbei nähert sich die Lokomotive dem Zugreste um  $s_L - s_Z$ . Wenn der Schwerpunkt des Gepäckwagens seine Lage in der Mitte des in Trümmer gehenden Wagens beibehält, so ist der Schwerpunktweg  $s_G = (s_L - s_Z) : 2$ . Diese Gleichung enthält eine Annahme, die nur erfüllt wäre, wenn dem Schwerpunkte des Gepäckwagens seine Bahn zwangsläufig vorgeschrieben wäre. Das könnte bei einer Versuchsvorrichtung erreicht werden, wird aber bei einem in Trümmer gehenden Fahrzeuge nur angenähert zutreffen. Danach sind die Gl. 4) bis 7) zu bewerten, die für

ganz beliebige Werte von  $P_L$ ,  $P_m$  . . . der Wirklichkeit nicht mehr genau entsprechen können, bei Einsetzung mittlerer, den Verhältnissen des Eisenbahnbetriebes entsprechender Werte aber eine gute Vorstellung von den Vorgängen geben.

Wendet man nun die Gleichung  $s_z = (dv : dt) \cdot (t^2 : 2)$  auf Lokomotive, Gepäckwagen und Zugrest an, so erhält man die drei Gleichungen  $dv_L : dt = 2s_L : t^2$ ;  $dv_G : dt = 2s_G : t^2 = (s_L - s_Z) : t^2$ ;  $dv_Z : dt = 2s_Z : t^2$ .

Setzt man diese Werte in Gl. 1) bis 3) ein, so erhält man

$$\text{Gl. 4) } \dots \dots \dots \frac{2s_L}{t^2} = \frac{P_L - P_m}{M_L}$$

$$\text{Gl. 5) } \dots \dots \dots \frac{s_L + s_Z}{t^2} = \frac{P_m - P_Z}{M_G}$$

$$\text{Gl. 6) } \dots \dots \dots \frac{2s_Z}{t^2} = \frac{P_Z}{M_Z}$$

Führt man die Werte von  $s_L$  und  $s_Z$  aus Gl. 4) und 6) in Gl. 5) ein, so findet man

$$\text{Gl. 7) } \dots \dots P_Z = \frac{M_Z P_m (2M_L + M_G) - P_L M_G}{M_G + 2M_Z}$$

Während also die Verzögerungskräfte im Zuge durch die Gerade  $SP_L$  in Textabb. 2 dargestellt wären, wenn keine Zerstörungen im Zuge vorkämen, so verläuft sie nun nach der gebrochenen Linie  $P_L P_m P_Z S$ , die weit unter jener Geraden liegt. Diese Linie lehrt zweierlei:

1. Die Verzögerungskräfte im Zugreste werden durch die Zerstörung des Gepäckwagens verringert, sie fallen selbst an der Spitze dieses Zugteiles unter die Zerstörungsgrenze.

2. Die Verzögerung der Lokomotive wird vergrößert, denn auf sie wirkt jetzt als verzögernde Kraft nicht  $LP_L - GP_G$ , sondern  $LP_L - GP_m$ . Die Lokomotive dringt also weniger tief in das Hindernis ein. Der Schutzwagen schützt also nicht nur den Zugrest, sondern auch die Gegenstände, auf die die Lokomotive auffährt. Wenn dies ein haltender Zug ist, so ist das ein Vorteil, wenn es sich aber um ein anderes Hindernis, etwa ein Sandgleis oder einen Schwellenstapel handelt, so ist diese zweite Schutzwirkung gleichgültig. In jedem Falle stehen ihr bedenkliche Wirkungen auf die Lokomotive selbst gegenüber. Die starken verzögernden Kräfte vergrößern die Gefahr für die Mannschaft; die Kohlen werden mit größerer Gewalt vom Tender auf den Führerstand geschleudert. Werkzeugkästen oder gar der ganze Wasserbehälter des Tenders suchen sich mit vergrößerter Wucht von ihren Unterlagen loszulösen und gegen den Führerstand zu gleiten.

Ein Zahlenbeispiel möge die Wirkung veranschaulichen.

Die Gewichte der Lokomotive, des beladenen Gepäckwagens und des Zugrestes seien 80, 20, 200 t, also  $M_L = 8000$ ,  $M_G = 2000$ ,  $M_Z = 20000$ , die ganze Masse also  $M = 30000 \text{ kg sek}^2/\text{m}$ .

Der äußerste Widerstand  $P_m$  des Gepäckwagens werde aus der Tragfähigkeit seiner auf Knickung beanspruchten Längsrahmen berechnet, nämlich aus zwei E-Eisen von 10 m Länge 260 mm Höhe und  $I_{kl} = 317 \text{ cm}^4$ . Um der Verstärkung durch Nebenteile Rechnung zu tragen, soll Einspannung an beiden Enden angenommen werden. Dann ist

$$P_m = 2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot J_1 : l^2 = \sim 50000 \text{ kg.}$$

Das ist etwa die Druckkraft, die bei größter Anstrengung von drei E-Lokomotiven ausgeübt werden kann. Endlich wird

die hemmende Kraft am Vorderende der Lokomotive, die größer als  $P_m \cdot M : (M_G + M_Z) = 50000 \cdot 30000 : 22000 = 68000 \text{ kg}$  sein muß, wenn es zur Zerstörung des Gepäckwagens kommen soll, für den betreffenden Zeitpunkt zu  $P_L = 90000 \text{ kg}$  angesetzt. Dann ergibt sich nach Gl. 7)

$$P_Z = \frac{20000 \cdot 50000 (2 \times 8000 + 2000) - 90000 \times 2000}{8000 \cdot 2000 + 2 \times 20000} = \sim 43000 \text{ kg.}$$

Die Textabb. 2 zeigt diese Zahlenwerte. In die untere Hälfte sind auch die Verzögerungen eingetragen. Wenn keine Zerstörungen vorkämen, so wäre die Verzögerung nach der Geraden  $SP_L$  im ganzen Zuge gleichmäßig  $dv : dt = P_L : M = 90000 : 30000 = 3 \text{ m/sek}^2$ .

Aus der Zerstörung ergeben sich drei verschiedene abnehmende Werte für die drei Zugteile

$$\text{Aus Gl. 1) folgt } \frac{dv_L}{dt} = \frac{90000 - 50000}{8000} = 5 \text{ m/sek}^2,$$

$$\text{» Gl. 2) » } \frac{dv_G}{dt} = \frac{50000 - 43000}{2000} = 3,5 \text{ m/sek}^2,$$

$$\text{» Gl. 3) » } \frac{dv_Z}{dt} = \frac{43000}{20000} = 2,15 \text{ m/sek}^2.$$

Gl. 1) bis 7) gelten streng genommen nur für einen Zeitpunkt ohne meßbare Dauer. In gleichem Maße, wie der Gepäckwagen von vorn her beginnend zusammengepreßt wird, können die Teile wieder einer größeren Kraft als  $P_m$  Widerstand leisten. Alle Zwischenlagen durchlaufend gelangt die Linie der Verzögerungskräfte schließlic etwa in die gestrichelte Lage der Textabb. 2. Die Kraft hat nun in jedem Punkte des Gepäckwagens die Gerade  $P_m P_m$  überschritten, er ist zu einem dichten Trümmerhaufen geworden. Im nächsten Augenblicke beginnt die Zerstörung des nächsten Wagens, falls nicht die lebendige Kraft des Zuges inzwischen verbraucht ist.

Dafs der Gepäckwagen also einen gewissen Schutz bietet, ist augenfällig. Seine Rolle ist nicht nur die, dafs er für einen andern Wagen, der sonst dort stehen würde, geopfert wird, sondern er vermindert auch die zerstörenden Kräfte im Zugreste, indem er in Trümmer geht. Man darf aber diesen Schutz nicht überschätzen, er wirkt nur während der wenigen Augenblicke, in denen die Zerstörung vor sich geht. Letzten Endes ist diese Zerstörung ein Vernichten der gefährlichen lebendigen Kraft des Zuges. Eine zahlenmäßige Bewertung dieses Schutzes kann schätzungsweise durch Ermittlung der Anteile lebendiger Kraft gewonnen werden, die von der in die Trümmer eindringenden Lokomotive, und die durch Zerstörung des Gepäckwagens vernichtet werden. Wenn man, wie oben, eine plötzlich auf den Wert  $P_L$  anwachsende Widerstandskraft an der Spitze des Zuges annimmt, so sind jene Anteile  $P_L s_L$  und  $P_m (s_L - s_Z)$ . Jener Annahme haftet für die jetzt beabsichtigte Rechnung aber zu viel Willkürliches hinsichtlich der Größe von  $P_L$  an, eine bessere Annäherung an die Wirklichkeit muß gesucht werden. Man wird die Kraft nur in seltenen Fällen, etwa wenn die Lokomotive auf ein Sandgleis gerät, wie die Kraft  $P_m$  unveränderlich ansetzen dürfen. Die Widerstände, die die Lokomotive beim Auffahren auf eine Wagenreihe findet, sind anderer Art, als die beim Zusammenpressen des einzelnen Schutzwagens entstehenden. Eine schnell zunehmende Zahl von Fahrzeugen wird an der

Zerstörung beteiligt, immer zunehmende Massen werden beschleunigt, und vor der Lokomotive bäumt sich ein Trümmerberg von zunehmender Höhe auf. Die Kraft  $P_L$  am Vorderende der Lokomotive kann man also  $= C s_L$  setzen, worin  $C$  einen Festwert und  $s_L$ , wie bisher, den Weg der Lokomotive vom Auftreffen auf das Hindernis an gerechnet bedeutet. Dann ist die die aufgenommene Arbeit darstellende Fläche ein Dreieck von der Länge  $s_L$  und der Höhe  $C s_L$ ; jene Arbeit hat also den Wert  $C s_L^2 : 2$ . Sie soll berechnet werden bis zu dem Augenblicke, in dem die Zerstörung des Gepäckwagens beendet ist. Dann möge der Weg  $s_{L1}$  zurückgelegt sein. Die Arbeit ist dann also  $C s_{L1}^2 : 2$ . Weiter ist die Kraft an den hinteren Puffern  $= P_m$  geworden\*). Die Kraft  $P_L$  am Vorderende der Lokomotive muß jetzt mindestens  $P_m \cdot M : M_Z$  sein. Wenn die Kraft  $P_L$  am Vorderende der Lokomotive sehr schnell ansteigt, kann sie erheblich größer sein, wie auch im obigen Beispiele angenommen wurde, es soll aber mit jenem niedrigsten Werte gerechnet werden. Dann ist  $P_L = C \cdot s_{L1} = P_m \cdot M : M_Z$ ;  $s_{L1} = M \cdot P_m : M_Z \cdot C$ . Die Arbeit hat also den Wert  $C \cdot s_{L1}^2 : 2 = (P_m^2 : 2 C) \cdot (M : M_Z)^2$ . Der Wert von  $C$  entzieht sich unmittelbarer Berechnung, man kann ihn aber so wählen, daß er nicht in schroffem Widerspruche mit Erfahrungen steht. Ein Zug von 300 t der Masse  $M = 30\,000 \text{ kg sek}^2/\text{m}$  fahre mit 40 km/st oder 11 m/sek auf einen haltenden Zug auf. Er komme auf  $s_L$  m zum Halten. Schwere Zerstörungen im fahrenden Zuge brauchen bei dieser Geschwindigkeit noch nicht angenommen zu werden. Es würde also gelten  $C s_L^2 : 2 = M v^2 : 2$ ;  $s_L = \sqrt{M : C} \cdot v$ . Ist nun  $C = 3000 \text{ kg/m}$ , so ergibt sich der Weg, den der Zug noch zurücklegt, ehe er in den Trümmern zum Halten kommt, zu  $s_L = \sqrt{10} \cdot 11 = 35 \text{ m}$ . Da keine Bremsung angenommen wurde, so erscheint dieser Wert wohl annehmbar, also soll  $C = 3000 \text{ kg/m}$  eingeführt werden.

Die Arbeit bei Zerstörung des Gepäckwagens ist gleich der Kraft  $P_m$  an seinen vorderen Puffern mal Weg dieser Kraft. Der Weg ist die Verkürzung  $\zeta$  des Wagens durch Zusammenpressung auf eine so geringe Länge, daß die Trümmer wieder einen höhern Widerstand leisten können. Bei einem 10 m langen Gepäckwagen wird man eine Zusammenpressung von 6 m annehmen können. Die Arbeit zur Zerstörung des Gepäckwagens ist also  $6 \cdot P_m$ , und das Verhältnis  $\eta$  dieser Arbeit zu der am Vorderende der Lokomotive geleisteten ist

$$\eta = \zeta P_m \cdot \frac{P_m^2}{2C} \left( \frac{M}{M_Z} \right)^2 = \frac{2 \zeta C}{P_m} \left( \frac{M_Z}{M} \right)^2$$

Mit den früher benutzten Zahlenwerten lautet dieser Ausdruck

$$\eta = \frac{2 \times 6 \times 3000}{50\,000} \left( \frac{M_Z}{M} \right)^2 = 0,72 \left( \frac{M_Z}{M} \right)^2$$

Darin ist  $M_Z : M$  ein echter Bruch. In dem oben benutzten Zahlenbeispiele ist

$$M_Z = 20\,000, M = 30\,000 \text{ kg sek}^2/\text{m}; (M_Z : M)^2 = (2 : 3)^2 = 0,435; \text{ also } \eta = 0,72 \times 0,435 = 0,31.$$

Wenn also ein Zug auf einen andern auffährt, so wird an der Lokomotive ein großer Betrag lebendiger Kraft verzehrt, indem sie sich in die Trümmer hineinschiebt, bevor die Zerstörungen im Zuge einsetzen. Dann folgen gleichzeitig weitere große Arbeitsanteile vor der Lokomotive und verhältnismäßig

\*) S. 21 und Textabb. 2.

kleine bei Zerstörung der einzelnen Wagen des Zuges. Dieses Ergebnis findet seine Bestätigung in der Beobachtung, daß ein auffahrender Zug häufig schwere Zerstörungen in dem getroffenen Zuge hervorruft, während seine eigenen Fahrzeuge glimpflich davon kommen. Dann war an den Vorderpuffern des Gepäckwagens der Grenzwert  $P_m$  nicht erreicht worden.

Je kleiner  $M_Z : M$  ist, um so kleiner wird  $\eta$ . Man sieht wohl gelegentlich ganz kurze Züge mit Schutzwagen und verhältnismäßig schwerer Lokomotive; beispielweise  $M_L = 8000$ ,  $M_G = 2000$ ,  $M_Z = 6000 \text{ kg sek}^2/\text{m}$ . Dann ist  $(M_Z : M)^2 = (6 : 16)^2 = 0,14$ ;  $\eta = 0,72 \times 0,14 = \sim 0,1$ . Der Schutzwagen verdient seinen Namen dann kaum noch. Die Lokomotive vernichtet den Hauptanteil der lebendigen Kraft und dann folgt tropfenweise die Vernichtung verhältnismäßig kleiner Anteile, indem ein Wagen nach dem andern in Trümmer geht, wobei die Zerstörungsarbeit an der Spitze des Zuges ihren Fortgang nimmt. Ein Tropfen macht wenig aus. Es ist ein großer Zufall, wenn in einem solchen Falle die lebendige Kraft grade nach Zerstörung des Schutzwagens aufgebraucht ist.

Wenn auch diese Untersuchungen die Erwartungen etwas herabstimmen, die man für den Fall eines Unglückes auf die Wirksamkeit des Schutzwagens setzt, so liegt doch zunächst noch kein Anlaß zur Änderung der Bestimmungen vor, so lange die Züge ihre Fahrt ohne Wechsel der Richtung vollenden, oder aber bei Wechsel der Fahrriichtung einen Gepäck- und einen Post-Wagen führen. Anders liegen die Dinge, wenn ein Zug ohne Postwagen hinten unterwegs die Fahrriichtung wechselt, oder wenn Gepäck und Post in einem Fahrzeuge vereinigt sind, oder wenn auch kein Gepäckwagen mitgeführt zu werden braucht. Diese Fälle treten hauptsächlich bei zwei recht verschiedenen Zuggattungen ein, nämlich bei:

A) weit durchlaufenden Reisezügen mit Richtungswechsel, wie in Hannover, Braunschweig, Kassel und Dirschau\*).

B) Zügen des Nahverkehrs, wie Vorortzügen Danzig-Zoppot\*). An jedem Ende der Fahrt wechselt der Zug seine Richtung und seine Nummer, er erscheint im Fahrplane als neuer Zug. Sachlich ist er derselbe geblieben, denn seine Zusammensetzung hat sich nicht geändert; meist wird er auch mit derselben Lokomotive und Mannschaft hin und zurück befördert, auch sind an den Enden nur so kurze Aufenthalte vorgesehen, wie sie für langsame Reisezüge auf größeren Zwischenstationen vorkommen. Diese Aufenthalte genügen nur eben zum Ein- und Aussteigen der Reisenden, zur Behandlung der Post und des Gepäcks und zum Umsetzen der Lokomotive. Bei sehr einfachen Verhältnissen bedürfen die dann nur aus wenigen Wagen bestehenden Züge des Nahverkehrs keines besondern Gepäckwagens.

Es gibt drei Verfahren bei Zügen dieser beiden Gattungen, den Forderungen der Eisenbahnbau- und Betriebs-Ordnung zu genügen:

1. Umsetzen des Gepäckwagens oder vereinigten Post- und Gepäck-Wagens;

\*) Die Strecken werden nur zur Erläuterung der Zuggattungen aufgeführt. Mit den nun folgenden Schilderungen von Betriebsmaßnahmen, Schwierigkeiten und Störungen soll keine tatsächliche Angabe über Verfahren und Vorkommnisse auf diesen Strecken gemacht sein.

2. Sperren des vorn laufenden Reisewagens für die Fahrgäste auf dem Streckenabschnitte, auf dem der Gepäckwagen hinten läuft, oder wenn ein Gepäckwagen fehlt;
3. Mitführen eines unbeladenen Wagens als Schutzwagen auf dem Abschnitte, auf dem der Gepäckwagen hinten läuft, oder wenn ein Gepäckwagen fehlt.

1. Das Umsetzen des Gepäckwagens ist ein zeitraubendes Geschäft und kann bei starker Belastung der Gleisanlagen zu großen Verspätungen führen. Es wird deshalb selten bei den Zügen der Gattung A, häufig aber bei den Zügen der Gattung B ausgeführt, weil die Gleisanlagen auf Vorortbahnhöfen schon in Rücksicht auf das Umsetzen der Lokomotive für solche Bewegungen eingerichtet sind. Die Verschiebebewegung zum Umsetzen des Gepäckwagens ist aber gleichwohl ziemlich umständlich, da der Gepäckwagen zunächst an die andere Seite der Lokomotive gebracht werden muß. Die Lokomotive geht zunächst vom Zuge, um über die Weiche am Ende des Kopfgleises auf das Nachbargleis zu gelangen. Nun wird der Gepäckwagen von Hand an das Ende des Kopfgleises geschoben; die Lokomotive rückt darauf über die Weiche auf das Kopfgleis vor, um sich dann mit dem Gepäckwagen an das andere Ende des Zuges zu setzen. Während beim Umsetzen der Lokomotive allein eine Entkuppelung und eine Kuppelung vorzunehmen sind, verlangt die Mitnahme des Gepäckwagens die Verdoppelung dieser Vorgänge; auch die Schlauchkuppelung der Luftbremse muß an zwei Stellen gelöst und wieder verbunden werden. Das Verschieben des Gepäckwagens von Hand kommt dazu; ist viel Gepäck auszuladen, so entstehen leicht Verzögerungen. Aus dem schon in Bewegung gesetzten Wagen werden noch Gepäckstücke heraus geworfen, Bedienstete verlassen und besteigen den fahrenden Wagen. Er soll schnell an das andere Ende des Zuges umgesetzt werden, weil es dort noch Gepäck einzuladen gibt. Die Lokomotive muß aber vielleicht noch Wasser nehmen, bevor sie die Rückfahrt antritt. Sie stößt also den Wagen gegen den Zug hin ab. Das ist zwar verboten, aber es geschieht.

Man kann nicht von »Gefahren« solcher Betriebsvorgänge sprechen, aber ebenso wenig von Gefahren, die durch die Umstellung des Gepäckwagens an die Zugspitze beseitigt werden. Der Gegensatz, der klar zu stellen ist, wird am besten durch eine Frage beleuchtet. Wenn der Betrieb Jahrzehnte hindurch auf zahlreichen Strecken in der geschilderten Weise fortgeführt wird, wird dann die Zahl der durch den Schutzwagen vor Schaden Bewahrten größer, oder kleiner sein, als die Zahl der durch das Umsetzen Geschädigten? Der Schutz, den der erste Wagen bietet, ist, wie gesagt, ein beschränkter. Gegen diesen Schutz sind die Gefahren des An- und Abkuppelns und des Abstolzens abzuwägen. Diese Vorgänge spielen sich in großer Hast ab, wenn starker Gepäck- und Post-Verkehr zu bewältigen ist, diese Hast steigert die Gefährdung, und zwar nicht nur unmittelbar für die beim Verschieben Tätigen, sondern auch für den Zug und seine Insassen. Die umständliche Verschiebebewegung wird gelegentlich Verspätungen zur Folge haben, jede Verspätung bedeutet eine Gefährdung des betroffenen und anderer Züge. Das Versäumen der Kuppelung der Bremse zwischen dem Gepäck- und den nachfolgenden Wagen liegt nahe. Die Bremsprobe

ist zwar vorgeschrieben, aber die Eile befördert das Vergessen. Die Folgen sind grade im Vorortverkehre mit seinen Kopfgleisen unübersehbar, wenn der Zug nicht in Zwischenstellen anhält. Man kann kaum im Zweifel sein, daß die gestellte Frage zu Gunsten unveränderter Stellung des Schutzwagens, vereinfachter Betriebsführung, ungestörter Abwicklung des Gepäck- und Post-Verkehres und schonender Ausnutzung der Bediensteten zu entscheiden ist.

2. Das Sperren des vorn laufenden Reisewagens für Fahrgäste auf dem Streckenabschnitte, auf dem der Gepäckwagen hinten läuft, kann nur dann in Frage kommen, wenn die Besetzung des Zuges auf diesem Abschnitte den Ausfall an Plätzen erträglich macht. Man macht von diesem Verfahren im Vorortverkehre zu Zeiten schwachen Verkehrs Gebrauch. Man ändert sonst die Zusammensetzung der Vorortzüge meist nicht in Anpassung an die stündlich wechselnde Verkehrstärke, um das Verschieben zu sparen. Das Verfahren macht also die Mitführung eines Leerwagens als Schutzwagen und bei Vorortzügen das Umsetzen des Gepäckwagens überflüssig. Die Türen des betreffenden Reisewagens müssen verschlossen werden. Bei der Schnelligkeit, mit der sich das Aus- und Einsteigen an Zwischenhalten besonders der Vorortstrecken vollzieht und bei der Selbstständigkeit, zu der die Fahrgäste im neuzeitlichen Verkehre erzogen sind, würde der Schutzwagen sonst kurzer Hand besetzt werden.

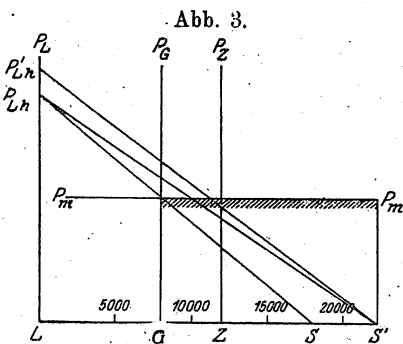
Die Wirksamkeit eines solchen Wagens als Schutzwagen ist die durch Textabb. 1 und 2 dargestellte. Wenn man aber die erzielte Sicherung gegen die Nachteile des Verfahrens abwägt, so ist das Ergebnis besonders ungünstig. Zunächst ist die Voraussetzung, »Schwäche des Verkehrs auf dem betreffenden Streckenabschnitte oder zur betreffenden Stunde«, recht unsicher. Erfüllt sie sich nicht, so bemängeln die Reisenden die Nichtbesetzung eines Wagens bei Überfüllung der anderen. Nicht mit Unrecht! Vermehrt denn diese Maßnahme die Sicherheit so erheblich, daß man dafür andere Gefahren schaffen darf? Jede Überfüllung schafft gewisse Gefahren. Wer seinen Platz an der Tür eines überfüllten Abteiles hat, kann hinaus stürzen, wenn die Tür nicht richtig geschlossen oder das Schloß schadhaf ist. Federbruch und Heißlaufen drohen bei Überlastung. Bei einem Unfälle ist die Bergung Verwundeter aus überfüllten Abteilen schwieriger, als aus regelrecht besetzten. Eine recht bedenkliche Gefährdung einzelner Fahrgäste wird durch den Leerwagen als Schutzwagen grade im Nahverkehre in folgender Weise hervorgerufen. Ein verspäteter Fahrgast springt entgegen dem Verbote noch auf, wenn der Zug schon in Bewegung ist, und zwar auf den nächsten erreichbaren Wagen. Dies wird je nach der Richtung, aus der er den Bahnsteig erreichte, der erste oder der letzte, in der Hälfte aller Fälle also der Schutzwagen sein. Zwar trägt dieser ein Schild mit der Aufschrift »Schutzwagen«; das wird aber in der Eile übersehen oder mit dem üblichen Richtungsschild verwechselt. Auf dem Trittbrette des Schutzwagens vor verschlossener Tür ist seine Lage eine recht heikle, mag er wieder abspringen oder auf dem Trittbrette bleiben. In einem beobachteten Falle, in dem es sich um ein Mädchen handelte, mußte der Zug wieder angehalten werden. Völliger Schluß der Bahnsteigsperre, wenn die Abfahrt eines



Zuges unmittelbar bevorsteht, ist undurchführbar, weil der Schaffner die Fahrbereitschaft eines etwa verspäteten Zuges und bei Dauerkarten die Richtung, in der der Ankommende fahren will, meist nicht kennt; auch entsteht die Verspätung des Fahrgastes oft erst auf dem Wege von der Sperre zum Zuge. Warnende Zurufe schaden, da sie die Entschlußkraft im Augenblick der Gefahr lähmen. Diese Erwägungen zeigen den gesperrten Reisewagen als Schutzwagen in bedenklichen Lichte; er schafft mehr »Gefahren«, als er bannt.

3. Das Mitführen eines unbeladenen Wagens als Schutzwagen auf dem Streckenabschnitte, auf dem der Gepäckwagen hinten läuft, ist hauptsächlich bei Zügen der Gattung A üblich. Man stellt dann den Gepäckwagen so, daß er auf dem längern Abschnitte vorn läuft, auf dem kürzern läuft ein unbeladener Wagen, etwa ein Wagen III. Klasse hinter der Lokomotive.

In der Darstellung (Textabb. 3) spielt ein solcher Schutzwagen eine recht sonderbare Rolle; seine Einstellung verlängert



den Zug um SS'. Ohne den Schutzwagen hätte im dargestellten Falle, wenn eine Kraft  $P_L$  unmittelbar vor Stillstand mit ihrem Höchstwerte  $P_{Lh}$  an der Spitze der Lokomotive wirkt, keine Zerstörung im Zuge stattgefunden, weil zwischen Lokomotive und erstem

Wagen nur eine Kraft  $P_m$  erreicht wird. Nach Einstellung des Schutzwagens nimmt die Gerade der Verzögerungskräfte die Lage  $S'P_{Lh}$  an, wenn man dieselbe Kraft  $P_{Lh}$  an der Spitze der Lokomotive als wirksam annimmt. Schön hieraus folgt, daß nun Zerstörungen eintreten müssen. Außerdem wird  $P_{Lh}$  größer, weil die lebendige Kraft des Zuges durch die Einstellung des Leerwagens vergrößert ist.  $P_{Lh}$  erreicht seinen Höchstwert unter den oben\*) gemachten Voraussetzungen unmittelbar bevor der Zug zum Halten kommt. In diesem Augenblicke muß die von  $P_L$  geleistete Arbeit gleich der verzehrten lebendigen Kraft des Zuges sein. Ist  $s_h$  der Weg, den der Zug bis zum Stillstande zurücklegt und wächst  $P_L$  nach dem Gesetz  $P_L = Cs$  bis auf  $P_{Lh}$ , so gilt  $P_{Lh} \cdot s_h : 2 = C \cdot s_h \cdot s_h : 2 = M \cdot v^2 : 2$ . Für  $M$  ist, da der Zug zunächst noch ohne Schutzwagen läuft,  $M_L + M_Z$  einzusetzen, also ist  $s_h = \sqrt{(M_L + M_Z) : C} \cdot v$  und  $P_{Lh} = Cs_h = \sqrt{C(M_L + M_Z)} \cdot v$ . Wird ein weiterer Wagen der Masse  $M_G$  eingesetzt, so folgt  $P'_{Lh} = \sqrt{C(M_L + M_G + M_Z)} \cdot v$ . Also muß statt  $LP_{Lh}$  in Textabb. 3 eine im Verhältnisse  $\sqrt{(M_L + M_G + M_Z) : (M_L + M_Z)}$  größere Kraft  $LP'_{Lh}$  an der Spitze der Lokomotive eingezeichnet werden, und die Gerade  $SP'_{Lh}$  ergibt den endgültigen Verlauf der Kräfte, die nun unbedingt zur Zerstörung des Schutzwagens führen. Durch das Einstellen eines überzähligen Schutzwagens werden also stärkere Zerstörungen in dem stehenden Zuge und auch an der Lokomotive des auffahrenden Zuges hervorgerufen werden, ferner hat die Wahrscheinlichkeit von Zerstörungen im auffahrenden

\*) S. 22.

Zuge zugenommen, die freilich zunächst nur den überzähligen Schutzwagen betreffen werden. Solche Zerstörungen schaffen aber neue Gefahren durch Brand, Entgleisung über den gebildeten Trümmern, Verlegen des Nachbargleises und andere. Über die Verringerung des Höchstdruckes auf den ersten mit Reisenden besetzten Wagen ist Folgendes zu sagen. In einem Zuge, der eines Gepäckwagens bedarf, sei dieser beliebig eingereiht, der erste Wagen hinter der Lokomotive also mit Reisenden besetzt. Der Druck auf ihn ist nach Textabb. 1  $P_{Lh} \cdot (M_G + M_Z) : M$ . Durch die Einstellung des Gepäckwagens vorn fällt der Druck auf  $P_{Zh} = P_{Lh} \cdot M_Z : M$ , also im Verhältnisse  $\epsilon = M_Z : (M_G + M_Z)$ . Bei Verwendung eines überzähligen Schutzwagens verändert sich aber auch  $P_{Lh}$ . Vor seiner Einstellung ist der Höchstwert auf den ersten mit Fahrgästen besetzten Wagen

$$P_{Zh} = P_{Lh} \cdot M_Z : (M_L + M_Z) = \sqrt{C(M_L + M_Z)} \cdot v \cdot M_Z : (M_L + M_Z) = \sqrt{C} : (M_L + M_Z) \cdot v \cdot M_Z$$

nach der Einstellung

$$P'_{Zh} = P'_{Lh} \cdot M_Z : (M_L + M_G + M_Z) = \sqrt{C(M_L + M_G + M_Z)} \cdot v \cdot M_Z : (M_L + M_G + M_Z) = \sqrt{C} : (M_L + M_G + M_Z) \cdot v \cdot M_Z$$

Der Druck hat jetzt nur im Verhältnisse  $\epsilon' =$

$$= \sqrt{(M_L + M_Z) : (M_L + M_G + M_Z)}$$

abgenommen;  $\epsilon'$  ist weit ungünstiger als  $\epsilon$ .  $\epsilon'$  liegt dem Werte 1 näher, weil es aus  $\epsilon$  durch Vergrößerung von Zähler und Nenner um dieselbe Größe  $M_L$  entsteht, und weil von dem so vergrößerten echten Bruche die Wurzel in Frage kommt.

Der überzählige Schutzwagen vermehrt also einerseits nach Obigem die Gefahren für die Lokomotive und den haltenden Zug, vermindert sie andererseits für den mit Reisenden besetzten Zugrest zahlenmäßig nur um einen geringfügigen Betrag, und diese Verringerung kann leicht durch die Folgen seiner eigenen Zertrümmerung aufgehoben werden. Die Verhältnisse treten um so schroffer hervor, je schwerer der Schutzwagen im Verhältnisse zum Zuggewichte ist. Sie sind in Textabb. 3 für  $M_L = 8000$ ,  $M_G = 4000$ ,  $M_Z = 10000$  kg sek/m<sup>2</sup>, also für einen recht krassen Fall, dargestellt.

Wenn man trotz dieses sehr fragwürdigen Schutzes durch einen überzähligen Wagen dessen Einstellung mit dem Hinweise auf Gefahren begründet, in die von sehr vielen Zügen vielleicht einmal einer gerät, so kann dem entgegen gehalten werden, daß jede Achse, jeder Radreifen mehr auch eine Gefahr mehr bedeute, da sie brechen können. Da der Wagen nur bis dahin mitläuft, wo die Fahrrichtung wechselt, so sind Verschiebungen für Ein- und Abstellen des Wagens erforderlich; besonders das unbequeme Abstellen kann »Gefahren« schaffen. Der Wagen muß von einem Hauptgleise während eines kurzen Aufenthaltes oder unmittelbar nach Weiterfahrt des Zuges in das oft weit entfernte Abstellgleis geschafft werden. Das Gleis soll vielleicht sogleich von einem andern Zuge benutzt werden. Das Verschieben geht in Hast vor sich; die Verschiebelokomotive muß wichtige Gleise kreuzen. Hier liegt die Entscheidung ebenso klar wie früher\*); zu betonen ist besonders, daß die Einschränkung der Verschiebewegungen in den Hauptgleisen auf das unbedingt nötige Maß die Betriebsicherheit viel mehr erhöht, als das Mitführen von Schutzwagen.

\*) S. 23.

Bevor eine Neufassung des § 57 der Eisenbahn- und Betriebs-Ordnung vorgeschlagen wird, muß noch die in der Presse nach Unfällen aufgeworfene Frage eines zweiten Schutz-wagens am Zugschlusse erörtert werden. Diese Forderung kommt auf Grund einseitiger Überlegungen zu Stande. Gewiß kann man beim Auffahren eines Zuges auf einen zweiten bedauern, daß dieser am Schlusse keinen Schutzwagen, besser noch eine Reihe von Schutzwagen, geführt habe. Für jeden andern Unfall wird durch einen solchen Wagen aber die Gefährdung des Zuges erhöht, denn in den Darstellungen rückt S um die Länge des Schutz-wagens nach rechts, die Gerade der Verzögerungskräfte ergibt also für jeden Wagen eine entsprechende Erhöhung dieser Kraft. Außerdem erreicht die Kraft am Vorderende der Lokomotive grössere Werte, weil der Zug mit vermehrter lebendiger Kraft tiefer in die Trümmer eindringt. Man würde also sinn-widerig durch Einstellung eines besondern Schutz-wagens am Schlusse einen Zustand verschärfen, den man durch Verweisung des Gepäck-wagens an die Zugspitze zu mildern sucht.

Eine Umarbeitung des § 57 der Eisenbahn- und Betriebs-Ordnung sollte nach den folgenden Gesichtspunkten erfolgen:

1. Unverändert bleiben die Bestimmungen für:

- A) Züge, die mit Geschwindigkeiten bis zu 50 km/st verkehren;
- B) Züge, die ihre ganze Fahrt ohne Wechsel der Fahr-richtung zurücklegen, einen mit Reisenden nicht besetzten Wagen für regelmässige Beförderungen, wie Post und Gepäck, mitführen und am Ende der Fahrt abgestellt oder wenigstens von der Begleitmannschaft verlassen werden;
- C) Züge, die die Fahr-richtung unterwegs wechseln, und zwei oder mehr mit Reisenden nicht besetzte Wagen für regel-mässige Beförderungen mitführen;
- D) dienstliche Sonderzüge;

E) Eisenbahn- und Post-Beamte und für die Benutzung der Aborte durch Reisende.

2. Für Reisezüge, die von einer Lokomotive gezogen werden, mit mehr als 50 km/st fahren, ihre Fahr-richtung unterwegs wechseln und nur einen mit Reisenden nicht besetzten Wagen für regelmässige Beförderungen mitführen, ist dieser Wagen so einzustellen, daß er während des grössern Teiles der Fahrt zwischen der Lokomotive und den mit Reisenden besetzten Fahrzeugen läuft. Sind beide Teile der Fahrt gleich gross, so kann beliebig die eine oder die andere Fahr-richtung als maßgebend betrachtet werden\*).

3. Reisezüge, die mit mehr als 50 km/st fahren und eine Reihe von Hin- und Herfahrten ausführen, ohne am Ende der einzelnen Fahrt abgestellt und von der Begleitmannschaft verlassen zu werden, werden wie die Züge zu 2) behandelt, Hin- und Herfahrt gelten als eine Fahrt mit Wechsel der Richtung.

#### Zusammenfassung.

Es wird empfohlen, für solche Züge, die unterwegs die Fahr-richtung wechseln oder ohne Änderung der Zusammensetzung und ohne inzwischen abgestellt zu werden, über eine Strecke hin- und zurückfahren, die Bestimmungen über die Einstellung eines Schutz-wagens zu mildern. Die Einhaltung der jetzigen Bestimmungen für solche Züge zwingt zu Verschiebebewegungen mit dem Schutz-wagen, zur Einstellung leerer Wagen als Schutz-wagen, oder zur vorübergehenden Sperrung von Reisewagen für die Benutzung durch Fahrgäste. Die Gefährdungen, die aus diesen Massnahmen erwachsen, überwiegen die Sicherung, die ein Schutz-wagen bieten kann.

\*) Dieser Zusatz ist wegen der Verweisung auf 2) unter 3) erforderlich.

## Bildung des Gefüges beim Erstarren und seine Verbesserung durch Glühen des Eisens.

F. Märtens, Ingeniör in Elberfeld.

Hierzu Texttafel A.

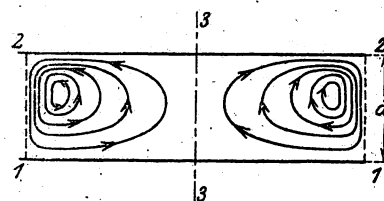
Die Art der Erstarrung eines Metalles oder eines Metall-gemisches, wie der flüssige Stoff in den Kristallzustand eintritt und zum Fertig- oder Vor-Zustand erstarrt, hat große Bedeutung für seine späteren Eigenschaften. Hierbei können Fehler entstehen, die durch keine Nachbehandlung zu beseitigen sind, andere können wieder gehoben werden.

Das aus dem Schmelzflusse hervorgehende Metall erstarrt zu einem Kristallhaufen, der durch Aufbau und Korn die Eigen-schaften beeinflusst, daher bestimmten Vorschriften genügen muß. Zur Größe der Kristalle steht die Zähigkeit in umge-kehrtem Verhältnisse. Für Gestalt und Größe der Kristalle ist das Bestreben des Metalles, Mittelpunkte der Kristallisation zu bilden, neben der Geschwindigkeit des Fortschreitens der Kristallbildung maßgebend.

Kurz vor dem Erstarren scheint allgemein eine Zellen-bildung einzutreten, indem sich die Masse, wie bei ungliederten Stoffen: Gelatine, Leim, flüssigem Walrate, in einzelne Schaum-kammern teilt, in denen sich die Bildung von Kristallkörnern bei weiterer Unterteilung vorbereitet. Osmond hat beim Abkühlen einer auf der Warmplatte ausgebreiteten Schicht von flüssigem Walrate an der Luft die in Abb. 1, Texttaf. A dar-

gestellte Zellenschicht erhalten. Brenard hat bewiesen, daß in diesen Zellen nach Textabb. 1 Wirbelströme auftreten. In

Abb. 1.



d: Dicke der Walratschicht.

1 1: Erwärmte Metallplatte.

2 2: Freie Oberfläche der Walratschicht.

3 3: Achse der Zelle.

wie Osmond beim Walrate, auch beim Erstarren von Zink Zellenbildung erhalten (Abb. 2, Texttaf. A).

Nach neueren Forschungen kommen für den Aufbau der Stoffe Beziehungen der Chemie und Physik in Frage.

Die Unterschiede der Gewichte der Atome, 1 für Wasserstoff, 4 für Helium bis 226,4 für Radium, 227 für Aktinium, 232,15 für Thorium und 238,5 für Uran, deuten darauf hin, daß auch in den physikalischen Eigenschaften der Elemente

der Zellenmitte ist die Flüssigkeit in Ruhe. Diesen Vorgängen entspricht der dunkle Zellkern und Zellumfang, entsprechend den Stellen verschiedener Bewegungsrichtung, die das auffallende Licht verschieden stark zurückwerfen.

Cardaut hat ähnlich,

erhebliche Unterschiede bestehen. Während die leichteren Gase bilden, bei denen sich die Abstände der Moleküle leicht durch Druckänderung ändern, die schließlich durch hohen Druck und Abkühlen flüssig werden können, sind die schweren mit Masse überladen, unbeständig und zerfallen unter Aussendung von Strahlen. Die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen bestehen aus fortgeschleuderten Teilchen, die  $\gamma$ -Strahlen jedoch sind Wellenbewegungen, wie die Röntgen-Strahlen und das Licht.

Die  $\alpha$ -Strahlen bestehen aus Heliumatomen mit zwei positiv elektrischen Ladungen, deren Anfangsgeschwindigkeit beim Abschleudern ungefähr 5% der Lichtgeschwindigkeit beträgt, die  $\beta$ -Strahlen sind Elektronen, Teilchen mit negativer Elektrizität, deren Masse 4,1844 mal kleiner ist, als die Masse des Heliumatoms der  $\alpha$ -Strahlen, die also im Vergleiche zu der Atommasse als masselos anzusehen sind. Nach Wilson kann man die Bahnen der Strahlen sichtbar machen, indem man die Ausstrahlung eines radioaktiven Körpers in einem mit übersättigtem Wasserdampf gefüllten Kasten erfolgen läßt. Die  $\alpha$ -Strahlen, die auf ihrem Wege die Gasatome in Ionen, Atomkerne ohne Elektronen, spalten, die für den übersättigten Wasserdampf Anlaß zum Niederschlagen geben und so die Strahlen erkennbar machen, zeichnen gerade Bahnen, die an ihren Enden gelegentlich abgebogene Spitzen zeigen, nämlich wenn sie mit verminderter Geschwindigkeit gegen einen Atomkern prallen. Die  $\beta$ -Strahlen zeigen in den seltenen Fällen, in denen ihre Bahn sichtbar wird, eine Reihe unzusammenhängender Nebeltropfen in meist gewundener Form, die  $\gamma$ -Strahlen treten als breite Bänder von Wellen in die Erscheinung, und zwar erst als Folge abgeleiteter  $\beta$ -Strahlen, die allein das Band sichtbar machen.

Zunächst ist also nachgewiesen, daß die schweren Atome aus Elektronen und Heliumatomen aufgebaut sind, und daß die Heliumatome beim Zerfallen des Schwermetalles von den Elektronen fortgeschleudert werden. Diese Erscheinungen haben zur Kernlehre von Rutherford geführt, nach der sich um einen positiv geladenen Atomkern gleichstark negativ geladene Elektronen nach Art der Planeten um die Sonne bewegen. Aus der Stärke des Abstofsens zwischen dem positiv geladenen Atomkerne und dem gleichfalls positiv geladenen Heliumatome, wie sie bei den  $\alpha$ -Strahlen beobachtet wurde, kann man die Zahl der Kernladungen des abstofsenden Atomes feststellen.

Dabei hat sich gezeigt, daß sich die der Ladung des Atomkernes entsprechende Anzahl von Elementarladungen mit großer Genauigkeit mit der Ordnungszahl deckt, die dem Elemente in der nach den Atomgewichten geordneten Reihe zukommt, und die Hälfte des chemischen Atomgewichtes beträgt. So besteht das Wasserstoffatom aus einem Kerne mit einer positiven Kernladung und aus einem Elektron, das nur immer eine negative Ladung enthalten kann. Zu jeder positiven Kernladung\*) gehört ein umlaufendes Elektron, dessen Fliehkraft der Anziehung des Kernes das Gleichgewicht hält. Zwei solcher Wasserstoffatome mit je einer Kernladung und je einem zugehörigen Elektron vereinigen sich zu einem Wasserstoffmolekül,

in dem die Bahnebene der beiden Elektronen in der Mitte der Verbindungslinie der Atomkerne rechtwinkelig zu dieser steht, so daß sich der Halbmesser der Bahn der beiden Elektronen zum Abstände der Atomkerne wie  $\sqrt{3}:1$  verhält. Das Sauerstoffmolekül enthält zwei Atomkerne mit je zwei positiven, also zusammen vier Ladungen und vier negative Elektronen.

Man darf nun folgern, daß die Ordnung im Aufbaue des Atomes auch zu geordnetem Aufbaue der Stoffteile in sich zu Molekülen und unter sich zu Molekülgruppen führen muß, indem sich unter dem bestimmten Kräftespiele, das im Atome zur Geltung kommt, ein bestimmtes Gleichgewicht der Atome zu einander einstellt, dem eine bestimmte Lagerung der Atome gegen einander entspricht. Hierauf werden die Gesetze der chemischen Vorgänge, der Lösung-, Mischung-, Osmose- und Kolloid-Erscheinungen und der Kristallbildungen zurück zu führen sein.

Während die Moleküle in Gasen und Dämpfen mit großen Geschwindigkeiten in allen Richtungen durch einander fliegen, ohne daß anziehende oder abstofsende Kräfte in nennenswerter Weise zwischen ihnen auftreten, liegen sie bei den Flüssigkeiten so dicht an einander, daß die anziehenden Kräfte einen losen Zusammenhang zwischen ihnen bewerkstelligen\*), daher die Änderung des Rauminhaltes beim Niederschlagen; bei den festen Körpern sind sie in den Kristallen bei noch engerer Lagerung durch die anziehenden Kräfte starr verbunden. Der Übergang der Metalle aus dem festen in den dampfförmigen Zustand dürfte nach den neuen Forschungen auf dem Zerfallen der Moleküle in ihre Atome unter der Einwirkung der Wärme beruhen, so daß im Gaszustande alle Metalle einatomig sind. Schwefel hat beispielweise bei 500° ein sechsatomiges, bei 1000° nur noch ein zweiatomiges Molekül. Die den Zusammenschluß der Atome zu Molekülen im festen und flüssigen Zustande bewirkenden Kräfte müssen demnach durch entsprechende Gegenkräfte ausgeschaltet sein. Die Lage der Atome und der Atomverbände in den Molekülen zu einander wird bestimmt einmal durch veränderliche Kräfte K, die auf die Sättigung des Raumes mit Masse hinwirken, dann durch ebenfalls aus dem Wesen der Massenteile entspringende elektrische, chemische oder Flieh-Gegenwirkungen W, die mit der Annäherung der Atome zunehmen; denn erst anpaßfähige, also bei veränderlichen äußeren Beeinflussungen gesetzmäßig änderungsfähige Innenkräfte setzen sich mit den äußeren Einwirkungen zu einem Kräftespiele zusammen, das die Grundlage einer Lebensform bildet\*\*).

Die Lehre von der Bewegung der Gase greift zu der Annahme, daß schon das Atom elastisch ist. Das bleibe dahin gestellt, jeden Falles sind Atomgruppen durch den Einfluß der veränderlichen Kräfte W\*\*\*) elastisch. Die Kräfte K und ihre Gegenkräfte W zwischen zwei Atomen A sind in Textabb. 2 dargestellt. Das Abschleudern von Massenteilchen bei den

\*) Kräfte K und Gegenkräfte W (Textabb. 2) sind denn annähernd gleich.

\*\*) Vergleiche die zweitfolgende Fußnote: Entwicklungsmechanik.

\*\*\*) Die Kräfte K und W können durch Federn, die Drehungen von Atom und Elektron durch gekreuzte elastische Riemen veranschaulicht werden.

\*) Statt der elektrischen Ladung denke man sich eine Drehung des Atomes um seine Achse, indem man der positiven Ladung Rechtsdrehung beilegt, nach Herz. Einer doppelten Ladung entspricht dann eine doppelt schnelle Umdrehung des Kernes.



Martens, Bildung des Gefüges beim Erstarren.

Abb. 1. Zellenbildung in flüssigem Wärrate.

Abb. 3. Aufnahme eines elektrischen Funkens.

Abb. 2. Zellenbildung in Zink.

Abb. 4. Gefüge eines Messing mit 73% Cu und 27% Zn.

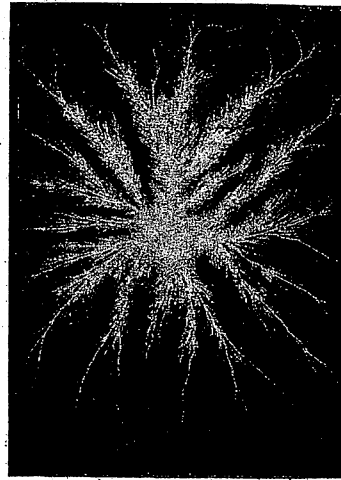
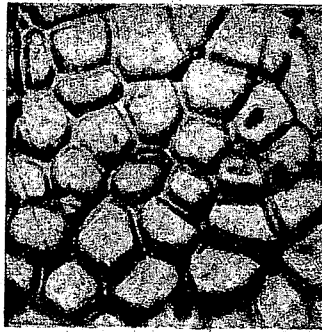
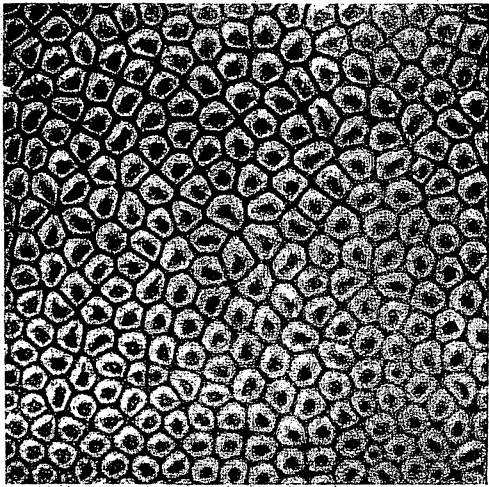


Abb. 5. Gefüge von Thomaseisen, im Blocke erstarrt.

Abb. 6. A ungeglüht. 0,20 C. 0,74 Mn.

Abb. 7. A bei 850° gegläht. 0,15 C. 0,75 Mn.

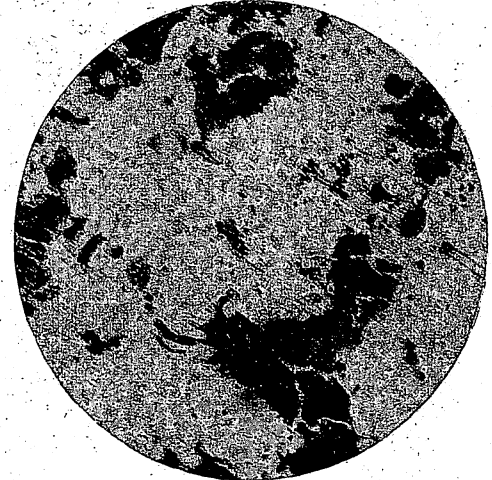
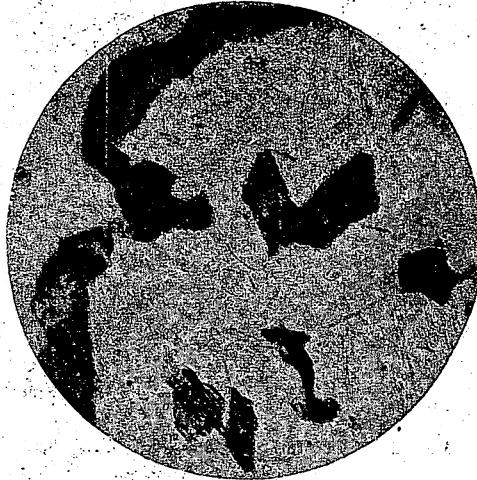
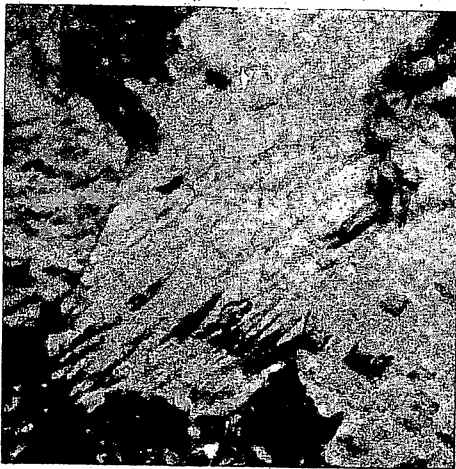


Abb. 8. A bei 390° gegläht. 0,20 C. 0,65 Mn.

Abb. 9. A bei 910° gegläht. 0,16 C. 0,73 Mn.

Abb. 10. B ungeglüht. 0,44 C. 0,77 Mn.

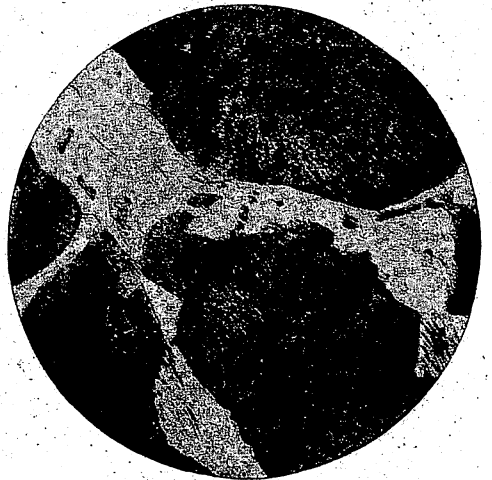
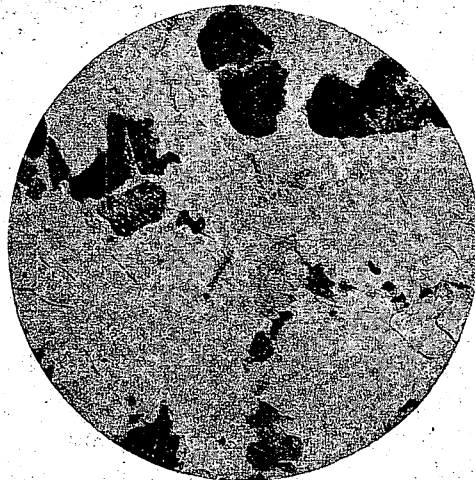
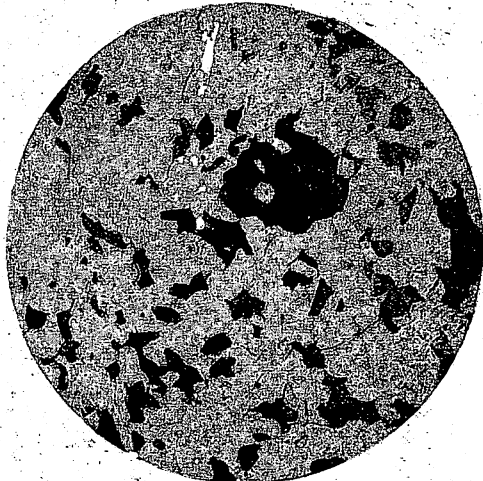


Abb. 11. B bei 910° gegläht. 0,44 C. 0,81 Mn.

Abb. 12. D ungeglüht. 0,19 C. 0,15 Si. 0,073 P.

Abb. 13. C bei 950° gegläht. 0,21 C. 0,65 Mn.

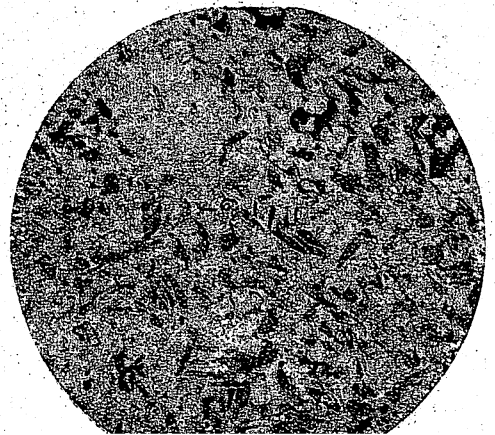
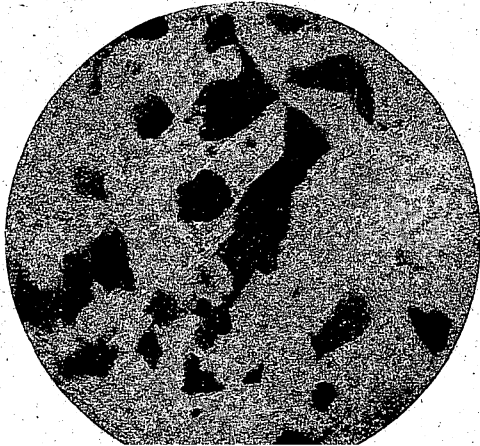
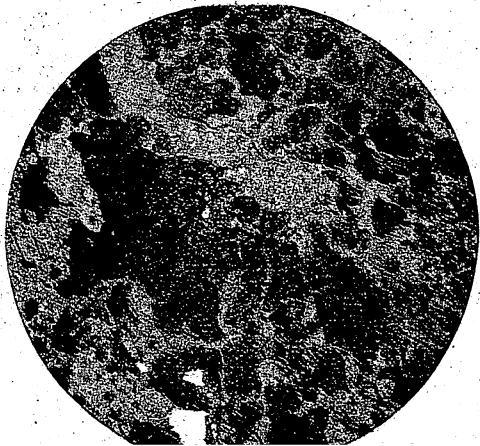


Abb. 14. C gegläht. 0,20 C. 0,64 Mn.

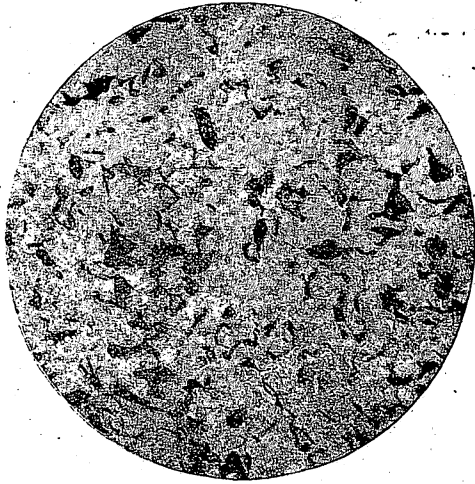


Abb. 15. C bei 950° gegläht. 0,22 C. 0,68 Mn.  
0,14 Si. 0,074 P.

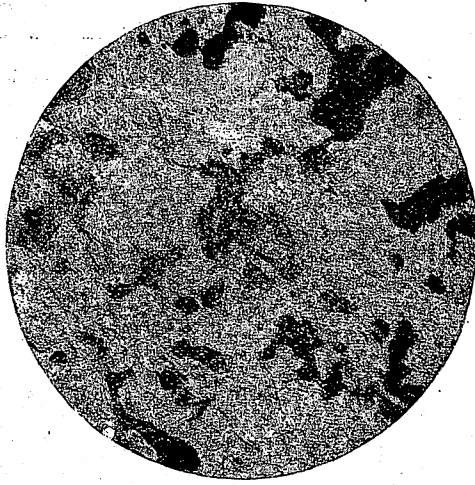


Abb. 16. Stahlgufs, roh gegossen, ungegläht.  
0,37 C.

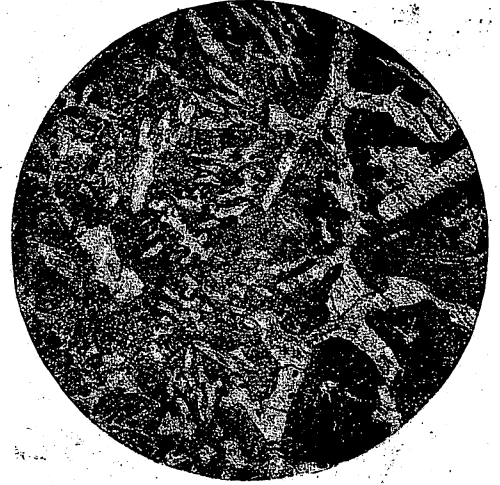


Abb. 17. Stahlgufs bei 800° gegläht. 0,37 C.

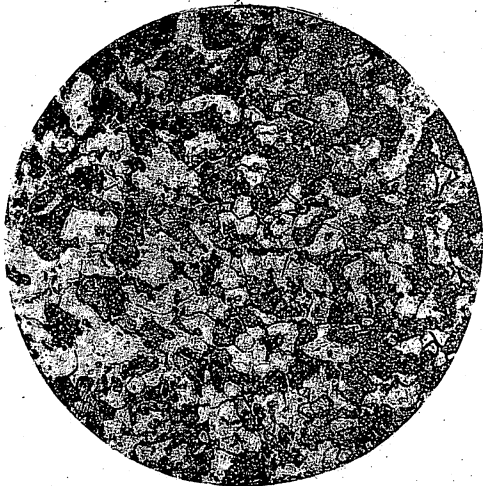


Abb. 18. Stahlgufs bei 900° gegläht. 0,37 C.

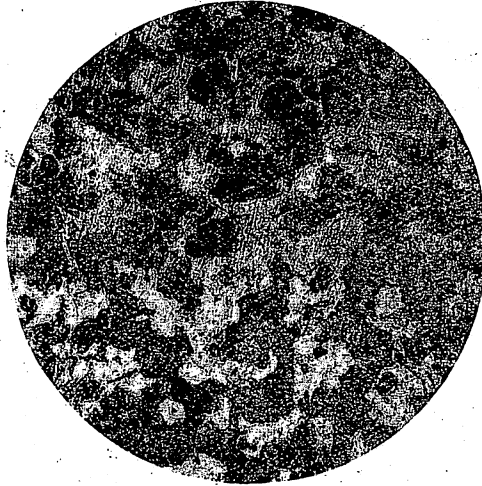


Abb. 19. Stahlgufs bei 1000° gegläht. 0,37 C.

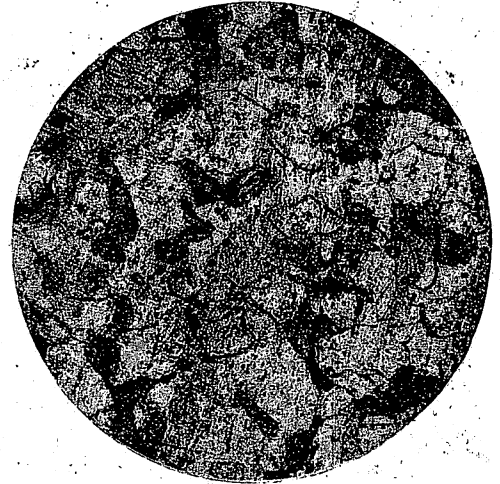


Abb. 20. Stahlgufs, ungegläht. 0,19 C.



Abb. 21. Stahlgufs bei 800° gegläht. 0,19 C.

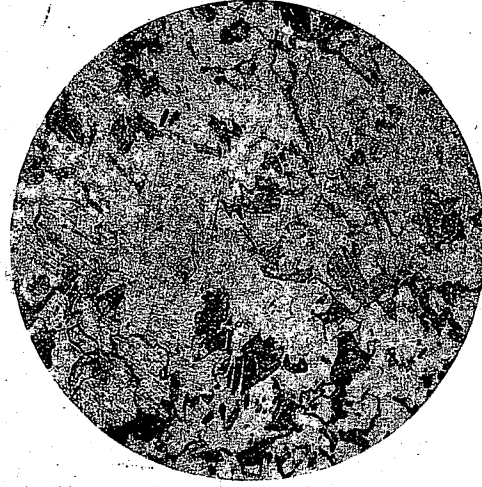


Abb. 22. Stahlgufs bei 900° gegläht. 0,19 C.

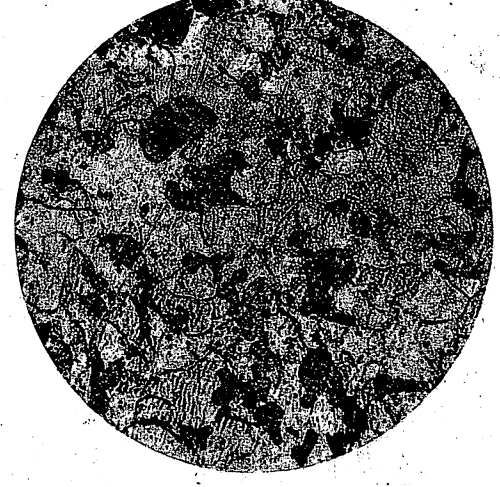


Abb. 23. Stahlgufs bei 1000° gegläht. 0,19 C.

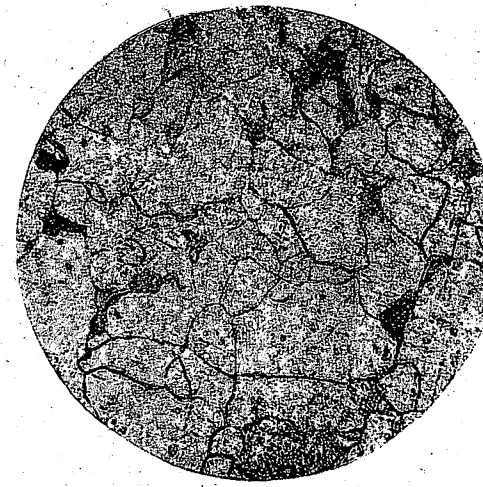


Abb. 24. Schlagprobe. 90 qmm.

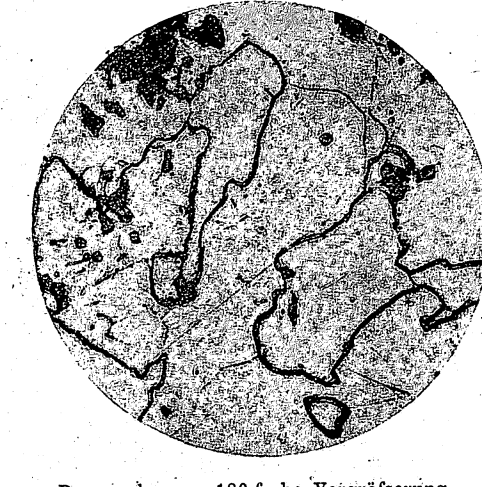
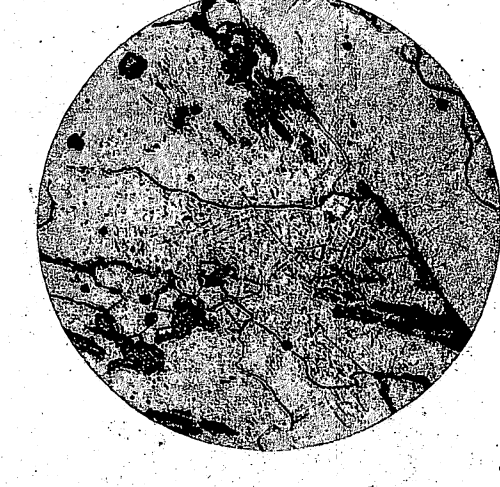


Abb. 25. Schlagprobe. 30 qmm.



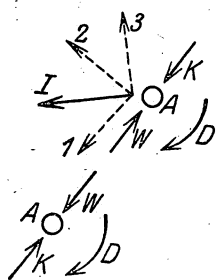
Bemerkung: 180 fache Vergrößerung.

Schwermetallen Radium und Mesotorium in Gestalt der Leistung durch  $\alpha$ -Strahlung und der damit verbundene Zerfall der radioaktiven Stoffe, bei Radium in 1733 Jahren um die Hälfte, gibt über die Gewalt der Gegenkräfte, bei hohem Grade der Sättigung des Raumes mit Masse, aber auch über die Größe der Sättigungskraft  $K$  einen Anhalt. Ob und wie weit der Zerfall durch Kälte unterbunden werden kann, ist, so weit bekannt, noch nicht untersucht worden. Da die Kräfte  $K$  und  $W$  im Gleichgewichte sind, kann das eine Atom um das andere kreisen.

Neben den erwähnten Kräftewirkungen ist bei der Besprechung der bei der Kristallbildung mitwirkenden Einflüsse auch noch auf Eigendrehung  $D$  der Atome, und die Planetenbewegung nach Rutherford zu verweisen. Hiermit sind die inneren Kräfte, also auch die chemischen, abgegrenzt bis auf die mit den Begleiterscheinungen von Wärme und Licht verbundenen Pendelschwingungen, die eine wellenartige Zu- und Abnahme der  $W$ -Kräfte mit Zu- und Abnahme der Massendichte zur Folge haben.

Eine auf äußere Umstände zurück zu führende Zusatzkraft  $I$  (Textabb. 2) würde mit drei der Richtung nach von der Ordnung der Atome abhängigen Seitenkräften zur Wirkung kommen.

Abb. 2.



$D$  = Eigendrehung des Atomes oder Kreisung eines oder mehrerer Nebenatome, Helium.

Die Kraft  $I$  würde mit der Seitenkraft 1 verstärkend auf die Kraft  $K$  und mit den Seitenkräften 2 und 3 in den Verbindungslinien nach benachbarten Atomen verstärkend auf die in diese Richtungen fallenden, der Größe nach unter sich gleichen Sättigungskräfte  $K$  wirken, wobei die Atome in verschiedenem Maße, entsprechend der Verschiedenheit dieser Drucke  $K$ , einander genähert und beim Erstarren des Metalles eingelagert werden. Die so entstehende »Anisotropie« bildet das Kennzeichen der Kristalle.

Nun machte vor etwa dreißig Jahren O. Lehmann\*) in Karlsruhe mit Hilfe des von ihm ersonnenen Kristallisationsmikroskopes die Beobachtung, daß bei den Kristallen des Ammoniumnitrates bei Über- oder Unterschreitung bestimmter

\*) O. Lehmann: Über fließende Kristalle, 1889: Cholesterylbenzoat. Über kristallinische Flüssigkeiten, 1890. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Verlag G. Fischer, Jena, 1914, Abschnitt: Kristallchemie-Kristalle, S. 1074; Band III: Entwicklungsmechanik und Entwicklungsphysiologie der Tiere, Lebensbedingungen der Zelle, deren Abtötung beispielweise durch Manganentziehung und Elektrizitätsproduktion bei Pflanzen.

Wärmegrade fünf von einander verschiedene Formen auftretend, die nur auf chemischen Änderungen, also auf Änderung der Größe der Kräfte  $W$  (Textabb. 2) beruhen können. Sie dürften mit dem an den Metallen festgestellten, oben erwähnten Zerfallen der Moleküle bei höheren Wärmestufen im Zusammenhang stehen, womit dann auch eine Umlagerung der Atome einsetzen muß. Auch hier werden Kraftänderungen mit bestimmten Trägheitserscheinungen verbunden sein, wie sie in der »Quanten«-Theorie vorausgesetzt werden.

Durch die Beobachtung der flüssigen Kristalle mit dem Kristallisationsmikroskope sind weitere Aufschlüsse über die Kristallbildung gefunden. Zähflüssige Kristalle des Jodsilbers und sauren Ammoniumoleates, schleimigflüssige des Ammoniumoleathydrates, flüssige walzenförmige des Para-Azoxyzimtsäureäthylesters und tropfbarflüssige kugelförmige des Para-Azoxypheoles sind beobachtet. Alle Kristalle haben die Eigenschaften des Wachsens und des Fließens, sie fließen in einander, wobei sich aus verschiedenen Richtungen zusammen stoßende, frei schwebende Einzelkristalle zunächst unter Spitzenberührung vor dem Zusammenfließen längs zu einander stellen. Die flüssigen walzenförmigen Kristalle sehen dem Nadelgefüge des Martensit durchaus ähnlich. Bei Kristallen des Para-Azoxyzimtsäureäthylesters tritt Kristallteilung mit Tropfenbildung, Abplattung des Tropfens, dann Knospen-, später Wurmbildung ein.

Zur nähern Erklärung der Kristallbildung leiten einige weitere grobsinnliche Betrachtungen über, die über die richtenden Kräfte zwischen den sich zusammen lagernden Teilchen Aufschluß geben.

Abb. 3, Texttaf. A zeigt das Lichtbild eines elektrischen Funkens. Diesen Funken kann man als Bild einer Kristallisation um einen Kern auffassen: die innere Spannung oder der Kerndruck sendet Druckstrahlen aus. Derselbe Vorgang spielt sich ab bei der Diffusionswirkung, dem osmotischen Druck und dem molekularen Dampfdrucke von flüssigen und festen Lösungen.

Von diesen Druckstrahlen werden weitere Strahlenbüschel durch Druckverzweigung abgedrängt, die einer gegenseitigen Berührung nahe kommen und sich zu Druckebenen zusammenschließen. Diesen Ebenen würden gewisse Häufungsebenen im Kristalle entsprechen, womit sich auch zwanglos die äußere Umgrenzung des Vorganges wie in Abb. 3, Texttaf. A durch die rechteckige Begrenzung des Ganzen ergibt. Das Einwachsen anderer Kristalle in die Stellen zwischen den Drucklinien wird ebenfalls durch dieses Bild leicht verständlich.

Auch bei der Bildung von Eisblumen am Fensterglase kann man beobachten, daß eine Kristallader gleich den Druckstrahlen des elektrischen Funkens plötzlich lang hervorschießt, und daß sich an diese Kristallflächen anbauen, die gleichsam abgedrückt von den ersten Adern erscheinen, die Nadelbildung gleicht der des Martensitgefüges im Eisen.

Zum Vergleiche hiermit ist in Abb. 4, Texttaf. A die Kristallhäufung von Messing aus 73% Kupfer und 27% Zink wiedergegeben.

Liegt auf der kalten Glasscheibe nur ein feiner feuchter Hauch, so erstarrt dieser zu einem milchig aussehenden Überzuge aus kleinen gleichartigen, würfelförmigen Kristallen. Die



Erstarrung ist hier plötzlich eingetreten, weil die Abschreckung einer dünnen Schicht schneller und gleichmäßiger erfolgt. Bei Abkühlung bis in die Nähe des Gefrierpunktes und geringem Feuchtigkeitsgehalt kann man auf der Glasscheibe weit auseinanderliegende kleinere Kristallgruppen beobachten, entsprechend der Bildung von Kristallisationskeimen einer erstarrenden Flüssigkeit.

Ähnlich wie sich die Kristallform unter dem Kerndrucke bildet, entstehen bei der Ausbreitung einer dünnen Schicht Teeröl auf Wasser pflanzenartige Gebilde, die durch den Ausbreitungsdruck innerhalb der Ölschicht hervorgerufen werden.

Die in Gasen und Flüssigkeiten beweglichen Moleküle werden in festen Körpern in bestimmten Lagen festgehalten. Da sie aber einen gewissen Wärmegrad, also einen bestimmten Schwingungszustand, ein gewisses Arbeitsvermögen, besitzen, befinden sie sich nicht in Ruhe, führen vielmehr Schwingungen um ihre Ruhelage aus, die einzige mögliche Bewegung in diesem Zustande. Plank hat nun nachgewiesen, daß das Arbeitsvermögen dieser Schwingungen, das in dem Wärmegrade des Körpers zum Ausdruck kommt, nicht beliebig größer oder kleiner werden kann, sondern daß es von schwingungsfähigen Atomen nur in bestimmten Beträgen aufgenommen wird, die »Elementarquanta« der »Quanten«-Theorie.

Der geringste Betrag an Arbeitsvermögen, der aufgenommen werden kann, ist der Grundbetrag  $h \cdot n$ , das »Elementarquantum«, worin  $n$  die Schwingungszahl in 1 sek,  $h$  ein Festwert ist. Größere Beträge können nur als ganzzahliges Vielfaches dieses Grundbetrages, nie als Bruchteil davon aufgenommen werden.

Hiermit wird eine gewisse Trägheit zum Ausdruck gebracht, die das schwingende Atom dem Bestreben entgegensetzt, durch allmähliche Wärmezufuhr eine Änderung des Schwingungszustandes zu erreichen, das heißt, seine Atomwärme zu steigern. Diese Trägheit ist um so größer, je schwerer das Atomgewicht ist. Gleiche Trägheitserscheinungen können auch bei den Veränderungen der gegenseitigen Lage der Moleküle auftreten, wie sie etwa beim Übergange aus einem in einen andern Zustand, aus dem flüssigen, dem ungegliederten oder auch zähflüssigen in den kristallinen stattfinden. Damit stehen die Erscheinungen der gebundenen Wärme, der Unterkühlung, Überhitzung und Übersättigung im Zusammenhang, und ist auch die Erscheinung genügend erklärt, daß die Geschwindigkeit der Abkühlung bei der Kristallisation Einfluss auf die Art der Kristallbildung ausübt.

Wenn sich der Wärmezustand der flüssigen Schmelze der Erstarrung nähert, werden sich einige Moleküle zu Molekülgruppen vereinigen, wobei sich zunächst immer wieder so viele Gruppen auflösen, wie sich neu bilden. Einige solcher Gruppen bleiben schließlich beständig und bilden die Kerne für die Kristalle. Besondere Beobachtungen an den von O. Lehmann entdeckten »flüssigen Kristallen« des Cholesterylbenzoat und des ölsäuren Kalium und ölsäuren Ammonium, auch die »scheinbar lebenden Kristalle« im Para-Azoxymizsäureäthylester lassen darauf schließen.

Die Kristallisation setzt zunächst nur an vereinzelten Keimen an. Bis die Bedingungen aber auf möglichst viele Stellen übergehen, kann längere Zeit verstreichen, deren Dauer

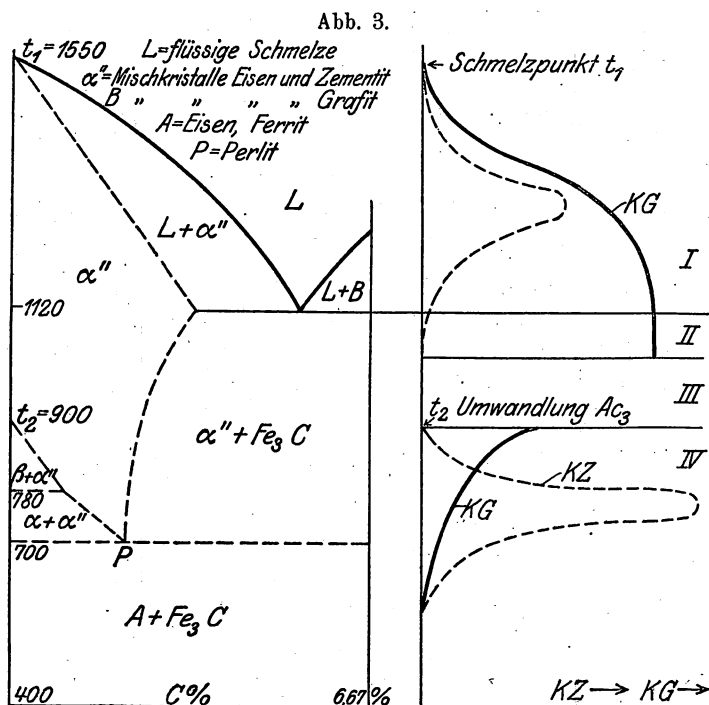
von den fisikalischen Eigenschaften des Stoffes abhängt. Bei jeder Kristallbildung wird Wärme frei, die sich der flüssigen Schmelze mitteilt und die die weitere Kristallbildung beeinflusst. Die Strahlung des Bades und die Aufnahmefähigkeit für Wärme wird hierbei mitsprechen. Für die letztere kann, wenigstens im Bereiche der Metalle vom leichtesten Lithium bis zum schwersten Uran, das von Dulong und Petit 1818 gefundene Gesetz benutzt werden: Die Atomwärme, die spezifische Wärme vervielfältigt mit dem Atomgewichte, im festen Zustande ist für alle Elemente = 6,4.

Von Mitscherlich wurde 1819 nachgewiesen, daß chemisch verschiedene Stoffe in gleicher Gestalt kristallisieren können. Wenn sie sich dabei gegenseitig zu überwachen vermögen, indem jeder Stoff die Kristalle des andern überziehen kann, und wenn sie gleichzeitig aus beiden Stoffen bestehende Mischkristalle bilden können, dann nennt man die Stoffe »isomorph«.

Das Kristallisationsvermögen, die Gestalt der Kristalle, die Geschwindigkeit der Kristallbildung und das Wachstum der Kristalle hängen von der Leitfähigkeit für Wärme ab, die die Erstarrung beeinflusst, und von dem innern Aufbaue der Metallflüssigkeit.

Die Zahl der Kristallisationskerne, die sich in der Raumeinheit während der Zeiteinheit bilden, die »Kernzahl  $K Z$ «, ist beim Schmelzpunkte zunächst unendlich klein, nimmt bei Unterkühlung in einem kurzen Wärmebereiche bis zu einem Höchstwerte zu und wird ebenso schnell wieder unendlich klein\*).

Die Geschwindigkeit der Bildung von Kristallen » $K G$ « (Textabb. 3) von den Keimpunkten aus wird durch die Strecke



gemessen, um die sich der wachsende Kristall in der Zeiteinheit in die Schmelze vorschiebt.

\*) Tammann: Über die Abhängigkeit der Zahl der Kerne, die sich in verschiedenen unterkühlten Flüssigkeiten bilden, von der Temperatur. Zeitschrift für fisikalische Chemie 1898, Band 25, S. 442.

Die Gestalt der Kristalle ist eine Folge der Geschwindigkeiten beim Kühlen und bei der Bildung der Kristalle, und der bei der Kristallisation eintretenden Druckverhältnisse in einer Schmelze.

In Textabb. 3 sind rechts die Kernzahlen K. Z. gestrichelt, die Geschwindigkeiten der Bildung von Kristallen K. G. ausgezogen dargestellt, die Höhen geben die Wärmestufen an.

Im Bereiche I wächst K. G. schnell, K. Z. ist verhältnismäßig klein, daher werden sich nur wenige und große Kristalle bilden.

Im Bereiche II hat K. G. einen festen Höchstwert. Die Kristalle nehmen die zwischen ihnen vorhandene Schmelze auf und die dabei frei werdende Wärme hält den Zustand an der Grenze der Kristallisation einige Zeit aufrecht.

Im Bereiche III setzt die weitere Kristallbildung aus, die Kristalle schrumpfen ein und innere Druckspannungen entstehen. Diese lösen sich im Bereiche IV aus; weiter setzt eine neue Kristallbildung ein, indem sich bei rasch abnehmender Geschwindigkeit K. G. und bei schnell zu einem hohen Werte ansteigender Kernzahl K. Z. ein Haufwerk von sehr vielen, kleinen Kristallen bilden kann, wenn der Wärmezustand im Bereiche IV und mit ihm die Geschwindigkeit K. G. schnell abnimmt.

Während diese Umbildung der Kristalle beim Eisen erfolgt, tritt gleichzeitig das Eisenkarbid aus der Lösung und scheidet sich im Ferrite unter Bildung von Perlitgefüge in Platten aus.

Das aus dem Bereiche I hervorgehende Gefüge heißt Erstarrungsgefüge, das im Bereiche IV entstandene Umwandlungsgefüge.

Wird der Wärmezustand im Bereiche IV durch Wärmezufuhr von außen längere Zeit aufrecht erhalten oder durch Wärmeentziehung unterbunden, so kann man eine beliebige Kerngröße zwischen Grob- und Fein-Korn herstellen und so das die Eigenschaften des Baustoffes bestimmende Gefüge erreichen.

Um das Umwandlungsgefüge zum Erstarrungsgefüge in Beziehung zu setzen, was für die Beurteilung des Vorganges der Erstarrung oft nötig wird, macht man beide Gefüge dadurch sichtbar, daß man durch Erzeugung von Ätzfiguren, bei Eisen mit 20% Salpetersäure oder wässriger Kupferammoniumchloridlösung, die aus dem Erstarrungsgefüge stammende Kernbildung heraushebt, in die sich das Umwandlungsgefüge eingliedert, da sich alle Flächen eines Kristalles, auch Spaltflächen, bei dieser Behandlung durch ein besonderes Ätzgefüge ausprägen. Abb. 5, Texttaf. A zeigt diese Unterschiede im Erstarrungsgefüge an Thomasflußeisen.

Die hier gekennzeichneten Vorgänge nach Textabb. 3 treffen in dieser Form nicht bei allen Metallen zu, da die Eigenschaft, Umwandlungsgefüge zu bilden, nicht allgemein ist, sie sind aber in dieser Form vollständig anwendbar auf Eisen und daher auch mit dem Erstarrungsbilde des Eisens in Textabb. 3 links, dem sogenannten Ct-Bilde, in dem die Gehalte an Kohlenstoff als Längen, die Wärmezustände als Höhen aufgetragen sind, in Beziehung gesetzt.

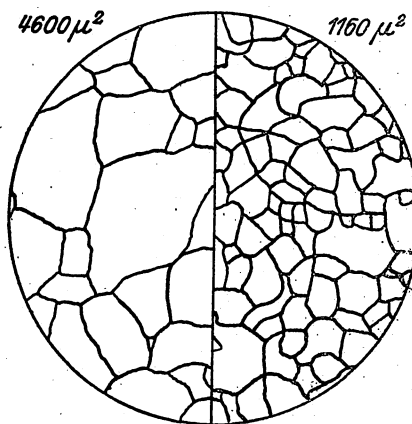
Die Linie  $t_2P$  gibt den Wärmezustand des Eisens an, bei dem sich das Umwandlungsgefüge bildet und bis zu dem das

Eisen erhitzt werden muß, um eine Kornverfeinerung zu erlangen. Dieser Zustand sinkt mit zunehmendem Gehalte an Kohlenstoff. Die Anwesenheit der weiteren Beimengungen des Eisens muß aber mitberücksichtigt werden; nach Versuchen von Osmond erniedrigt 1% Mangan den Wärmegrad, bei dem das Umwandlungsgefüge einsetzt, den Haltepunkt  $Ae_3$ , um etwa 70°. Nach dem Wärmezustande beim Glühen und der Kühlgeschwindigkeit richtet sich die durchschnittliche Korngröße, wobei folgende Regel gilt: die Kristalle bilden sich nach dem Bestreben, die Summe aller Begrenzungsflächen der Körner zu einem kleinsten Werte zu machen, tunlich großes Korn wird also angestrebt. Je länger der Wärmezustand bestehen bleibt, bei dem die Bildung des Umwandlungsgefüges vor sich geht, je langsamer also die Abkühlung durch den Bereich der Umwandlung erfolgt, desto besser kann dem Bestreben, große Kristalle zu bilden, Genüge geschehen. Die kleinste und günstigste Kernbildung tritt auf, wenn die Glühwärme nicht weit über den Umwandlungspunkt gesteigert wird. Dieser liegt bei weichem, an Kohlenstoff und Mangan armem Eisen bei etwa 900°, bei hartem in der Nähe von 700°\*).

Mit dem Beginne der Ausscheidung von Ferrit aus dem Perlite, wobei das Eisenkarbid in Lösung geht, tritt also erst die Möglichkeit der Bildung des Umwandlungsgefüges auf. Aus Textabb. 3 links ist der Wärmegrad zu entnehmen, bei dem die Ausscheidung von Ferrit gemäß dem Gehalte an Kohlenstoff einsetzt, und zwar ohne Berücksichtigung der Beimengungen an Mangan, Silizium, Schwefel und Fosfor, die im Verhältnisse ihres Gehaltes in Rechnung gestellt werden können.

Die Versuche sollen Aufschluß darüber geben, wie mannigfaltig durch äußere Einflüsse auf die Gefügebildung und die Entmischung eingewirkt werden kann, und in wie weiten Grenzen die Eigenschaften des Stahles hierbei geändert werden können. Die äußeren Einflüsse werden dahin gerichtet sein, dem Bestreben des Stahles, bei genügend hoher Erhitzung und sehr verzögerter Abkühlung einem Höchstwerte in der Entmischung und Größe der Kristalle zuzustreben, durch Regelung der Einwirkung der Wärme in geeigneter Weise entgegen zu treten.

Abb. 4.



100 fach.

Erhitzung auf 1120° C in 50 Minuten.

Abkühlung auf 680° C in

7 st 40 min | 1 min 15 sek

\*) Die „American Society for Testing Materials“ empfiehlt bei 0,75% Mangangehalt:

Kohlenstoff %	Glühwärme
0,12	925 bis 875 ° C
0,12 bis 0,29	870 bis 840 „
0,30 bis 0,49	840 bis 815 „



Denn obwohl der einzelne Kristall starke elastische und bleibende Formänderungen gut vertragen kann, ohne zu spalten, wobei Fließen des Stoffes unter hohem Drucke eintritt, so setzt doch feineres Korn wegen seiner gleichmäßigen Gestaltung und guten Lagerung den äußeren Einflüssen mehr Zähigkeit und größern Widerstand entgegen.

Beispielweise wird in Glüh- und Schweiß-Öfen eingebautes Eisen mit der Zeit sehr grobkörnig und brüchig. Durch geeignete Wärmebehandlung kann es wieder feinkörnig und brauchbar werden.

Textabb. 4 zeigt den Unterschied in der Korngröße bei einem weichen Kesselbleche, das verschiedener Glühbehandlung ausgesetzt wurde. Die durchschnittliche Kornfläche ist im ersten Falle  $1160 \mu^2$ , im zweiten  $4600 \mu^2$ , dem entsprechen durchschnittliche Durchmesser von etwa 0,03 und 0,07 mm, da die übliche Einheit der Korngröße  $\mu = 0,001 \text{ mm}$ ,  $\mu^2 = 10^{-6} \text{ qmm}$  ist. Die Ausdehnung der Eisenkristalle steigt bis zu mehreren Millimetern.

(Schluß folgt.)

## Nachrichten von sonstigen Vereinigungen.

### Zwischenstaatlicher Eisenbahnverband.

(Schweizerische Bauzeitung 1919 II, Bd. 74, Heft 13, 27. September, S. 162.)

Der zwischenstaatliche Eisenbahnkongress-Verband wurde durch belgisches Gesetz vom 10. November 1918 unter Zwangsverwaltung gestellt, weil ein Teil seines Vermögens Untertanen feindlicher Staaten gehörte. Nachdem der Zwangsvollstrecker Auflösung und Abrechnung der Gesellschaft angeordnet hat, haben die dem Verbands angehörigen Eisenbahnverwaltungen von 35 europäischen und außereuropäischen Ländern beschlossen, ihr Vermögen einem auf den Grundlagen des bisherigen Verbandes gegründeten »Zwischenstaatlichen Eisenbahnverband« zu übertragen. Diese Länder sind: Ägypten; Argentinien; Belgien und Tochterstaat; Bolivien; Brasilien; Chile; China;

Costa-Rica; Cuba; Dänemark; Dominikanische Republik; Ecuador; Frankreich, Algerien, Tunis und Tochterstaaten; Großbritannien und Irland, Indien, Schutz- und Tochter-Staaten; Griechenland; Haiti; Italien; Japan; Luxemburg; Mexiko; Niederlande und Tochterstaaten; Nikaragua; Norwegen; Paraguay; Peru; Portugal und Tochterstaaten; Rumänien; Salvador; Schweden; Schweiz; Serbien; Siam; Spanien; Uruguay; Vereinigte Staaten von Nordamerika. Die Satzungen des aufgelösten Verbandes sind nicht geändert, man hat ihnen nur folgenden Satz hinzugefügt: »Der ständige Ausschuss bestimmt durch schriftliche Abstimmung mit Mehrheit von drei Vierteln der Stimmen aller seiner Mitglieder die Länder, auf die sich der Verband erstreckt.«

B—s.

## Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

### Bahn-Unterbau, Brücken und Tunnel.

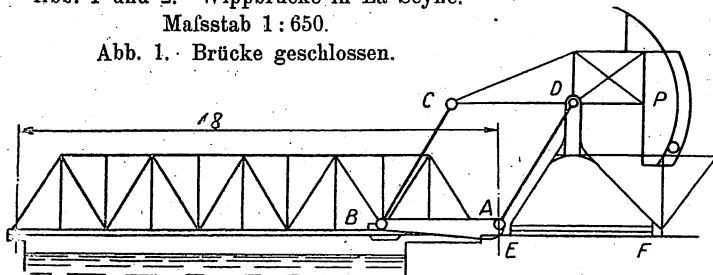
#### Wippbrücke in La Seyne.

(Génie civil; Engineer 1919 I, Bd. 127, 23. Mai, S. 502, beide mit Abbildungen.)

Die neue, die Werke der »Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée« in La Seyne an der Bucht von Toulon mit der Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn verbindende Zweigbahn überschreitet die ungefähr 33 m weite Einfahrt in den Hafen von La Seyne auf einer Wippbrücke von 42 m Stützweite (Textabb. 1 und 2), deren Überbau um den wagerechten Bolzen A an einem Ende drehbar ist. Der Überbau ist in den vorderen Füßen des Bockes EDF gelagert und wird durch das Gewicht P aus Grobmörtel in einem Stahlblechgehäuse am Ende der

Abb. 1 und 2. Wippbrücke in La Seyne.  
Maßstab 1:650.

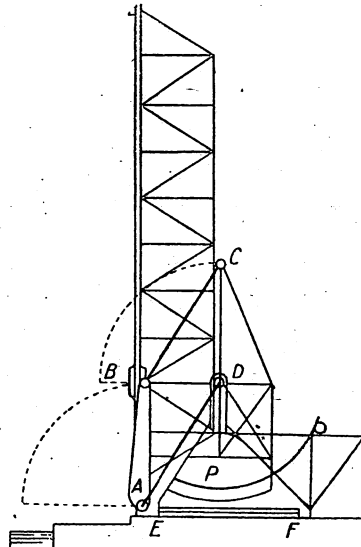
Abb. 1. Brücke geschlossen.



Wippe CDP gegengewogen, die auf einem in Zapfenlagern D an der Spitze des Bockes drehbaren Querbalken ruht, und deren Ende C durch Kuppelstangen mit dem Gelenke B am Überbaue verbunden ist. Das Gegengewicht ist so angeordnet, daß die Linie durch seinen Schwerpunkt und durch die Mitten der Bolzen in C gleiche Richtung mit der durch den Schwerpunkt

des Überbaues und durch die Mitten der Bolzen in A hat, so daß in allen Stellungen des Überbaues Gleichgewicht herrscht.

Abb. 2. Brücke offen.



kann. Wenn die Brücke geschlossen ist, wird das Triebwerk aus der Zahnstange ausgerückt, damit sich der Überbau bei Überfahrt von Zügen durchbiegen kann. Beide Bewegungen der Brücke mit der Triebmaschine dauern je 3 min, in Notfällen tritt eine Verbrennungs-Triebmaschine, dann auch Handantrieb ein.

Das Getriebe für die Bewegung der Brücke ist auf einer Bühne hinter dem Bocke über dem Geleise angeordnet. Die elektrische Triebmaschine von 70 PS betätigt durch Vorgelege zwei in Zahnstangen an der Außenseite des Gegengewichtes greifende Zahnräder. Das Vorgelege hat eine Vorrichtung zum Ausgleichen der Beanspruchung der beiden Zahnräder. Rechte und linke Bremsen arbeiten in entgegengesetzten Richtungen, so daß die Geschwindigkeit der bewegten Brücke beim Öffnen oder Schließen geregelt werden

Die Grundstellung des Überbaues ist die offene, in der die Obergurte der Hauptträger den die Spitzen der beiden Böcke verbindenden Querbalken berühren und durch zwei durch Triebwerk betätigte Klauen gegen unbeabsichtigte Bewegung gesichert werden. Besondere Widerlager nehmen jedes mögliche Spiel auf und dienen als Buffer zur Aufnahme von Stößen durch Wind. Die Klauen werden vom Maschinenhause aus betätigt.

Obgleich das elektrische Triebwerk die Geschwindigkeit des Überbaues gegen das Ende des Weges in jeder Richtung vermindert, sind für beide Bewegungen Luftbremsen vorgesehen.

Die im April 1917 fertig gestellte Brücke hat seitdem ungestört gearbeitet. B—s.

#### Fels-Ausbruch mittels des elektrischen Lichtbogens und mittels der Azetilenflamme.

Die »Südkalifornische Edison-Gesellschaft« in Los Angeles hat, wie wir der Zeitschrift »The Engineer« entnehmen, Versuche über Felsausbruch in Tunneln mit Gleich- oder Wechselstrom-Lichtbogen und verschiedenen Arten von Gas-Flammen ausgeführt.

Wesentlich für die Verwendung des elektrischen Lichtbogens war, daß er beträchtlich an den Elektrodenenden fortgeschleudert wurde. Man fand, daß der Dreiwellenstrom wegen größerer Dichtigkeit des magnetischen Feldes als bei Einwellen- oder Gleich-Strom den Lichtbogen am weitesten fortschleudert. Als geeignetste Stromdichte für Kohlenelektroden wurden 44 Am/qcm bei Arbeitsgängen bis 30 min, und 22 Am/qcm bei

dauernder Arbeit gefunden. 50 mm starke Kohlen wurden auf einem Halter befestigt, der sie bis auf 50 mm Abstand auseinander zog.

Der geeignetste Dreiwellenstrom war der von 450 Am und 40 V an den Elektroden, das Höchstgewicht an Ausbruch betrug ungefähr 0,45 kg/min, das entspricht 18 KW oder annähernd 1,5 kg/KWst. Einwellenstrom leistete etwas weniger, mit Gleichstrom von 500 Am und 30 V oder 15 KW wurden 4,5 kg/min Fels abgetragen, oder 18 kg/KWst.

Auch Versuche mit verschiedenen Schweiß- und Schneide-Flammen von Sauerstoff mit Azetilen, Knallgas und Sauerstoff mit Leuchtgas sind ausgeführt. Sauerstoff mit Azetilen ergab die größte Hitze an der Spitze der Flamme. Wurde sie über den Fels hin bewegt, so brach dieser unter der ungleichen Erwärmung weg. Wenn aber die ganze Flamme ohne Überschufs oder Mangel an Sauerstoff brannte, so schmolz der Fels, es entstand eine glasige und undurchdringliche Oberfläche. Kostet der Sauerstoff 36 Pf./cbm, so betragen die Kosten an Sauerstoff rund 12 Pf. für 1 kg Felsen.

Eine weitere Verwendung der Flamme\*) betrifft die Auswechslung des Drehzapfens einer Drehbrücke, der sich festgefahren hatte. Man arbeitete zu diesem Zwecke in den den Königstuhl tragenden Granitblock eine 1200 mm lange, 230 mm breite und 100 mm tiefe Grube mit dem Schneidbrenner ein und nahm den Königstuhl seitlich heraus. W. T.

\*) Engineering News Record, Band 21, August 1919.

### Maschinen und Wagen.

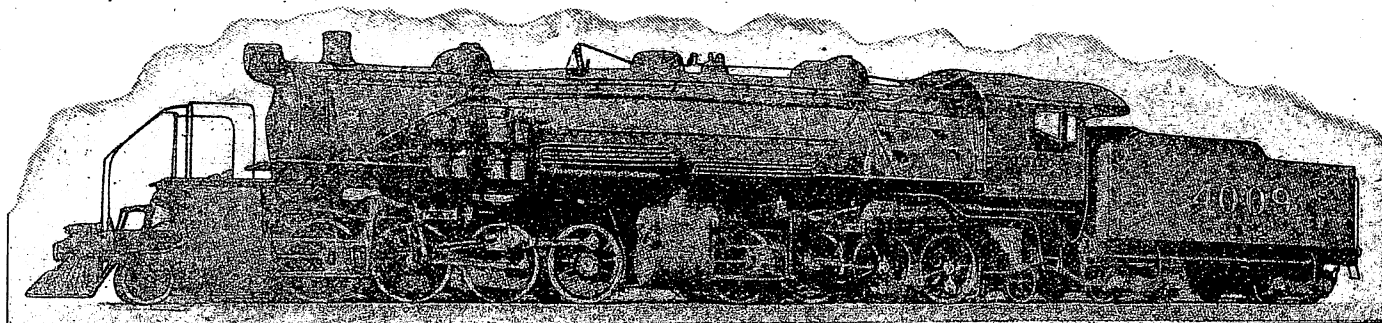
#### 1D + D1. IV. T. F. G-Lokomotive der amerikanischen Südbahn, Werkziffer 50000 der Baldwin-Werke in Philadelphia.

(Génie civil 1919, Mai, Bd. LXXIV, Nr. 21, Seite 422. Mit Lichtbild.)

Die Lokomotive (Textabb. 1) gehört zu einer Lieferung von zwölf Lokomotiven für die 111 km lange Linie Appalachia—

Bristol mit Steigungen bis zu 34‰. Der Rahmen ist in zwei Teilen aus Vanadiumstahl gegossen, die Räder sind aus Stahl geschmiedet und gewalzt, die Laufachsen nach Bissel angeordnet. Der Langkessel hat vier Schüsse, zur Dampfverteilung dienen Kolbenschieber nach Ragonnet, die Dampfkolben bestehen aus Stahl.

Abb. 1. 1D + D1. IV. T. F. G-Lokomotive der amerikanischen Südbahn.



Die Hauptverhältnisse sind:

Durchmesser der Zylinder, Hochdruck d . . .	635 mm
» » » , Niederdruck d <sub>1</sub> . . .	990 »
Kolbenhub h . . . . .	760 »
Durchmesser der Kolbenschieber . . . . .	350 »
Kesselüberdruck . . . . .	15 at
Durchmesser des Kessels, kleinster 2030, größter	2395 mm
Feuerbüchse, Länge . . . . .	1500 »
Heizfläche der Feuerbüchse und Heizrohre . . .	464 qm
» des Überhitzers . . . . .	117 »

Heizfläche im Ganzen H . . . . .	581 qm
Rostfläche R . . . . .	7,7 »
Durchmesser der Triebräder D . . . . .	1400 mm
» » Laufräder . . . . .	830 »
Triebachslast G <sub>1</sub> . . . . .	170 t
Betriebsgewicht der Lokomotive G . . . . .	194 »
» des Tenders . . . . .	79,5 »
Fester Achsstand . . . . .	4720 mm
Ganzer » . . . . .	17130 »
Zugkraft $Z = 2 \cdot 0,75 \cdot p \cdot (d^{em})^2 h : D$ . . .	= 49256 kg

Verhältnis H : R . . . . .	=	75,45
» H : G <sub>1</sub> . . . . .	=	3,42 qm/t
» H : G . . . . .	=	2,99 »
» Z : H . . . . .	=	84,78 kg/qm
» Z : G <sub>1</sub> . . . . .	=	289,74 kg/t
» Z : G . . . . .	=	253,89 »

Von der unsern weit abweichende Ausbildung der Zugvorrichtung bedingt die große Zugkraft von fast 50 t. Auffallend ist auch die Ausnutzung der Reibung mit rund 290 kg/t, also der Reibziffer 1:3,45, des Doppelten des bei uns Üblichen.

Die Baldwin-Werke wurden 1832 gegründet, sie bedeckten 3,6 ha, hatten 3000 Arbeiter und konnten gleich 500 Lokomotiven im Jahre bauen; die stärksten hatten 1 D-Bauart und wogen 50 t. 1904 wurden von 15800 Beschäftigten 2000 Lokomotiven gebaut. Durch allmähliche Vergrößerung und Einrichtungen für Gießerei und Schmieden in Eddystone bei Chester, Pennsylvanien, wuchs die Fläche auf 205 ha. Zur Zeit sind 21500 Beschäftigte vorhanden und trotz Wachstums der Stärke und Abmessungen der Lokomotiven werden jährlich 3000 Lokomotiven gebaut.

In Eddystone befinden sich eine große Gießerei mit Formerei, Schmieden, eine Kupferschmiede, Werkstätten für Räder, Federn, Roste und zwei Werkstätten für Zusammenbau. Die Werkstätten haben 42 km Geleise und verbrauchen im

Ganzen 13000 KW. Dazu kommen zwei 1915 errichtete Anlagen zur Herstellung von Gewehren und Schießbedarf, doch sollen auch diese ferner dem Baue von Lokomotiven dienen.

Die Baldwin-Werke verbrauchen täglich rund 830 t Stahl, 1560 hl Petroleum und 400 t Kohlen.

1861 wurde die 1000., 1899 die 10000., 1905 die 25000. und 1918 die 50000. Lokomotive geliefert. In den letzten dreizehn Jahren wurden also ebensoviele Lokomotiven gebaut, wie in den 73 früheren. —k.

#### 1 D. II. T. I. G-Lokomotive der italienischen Staatsbahnen.

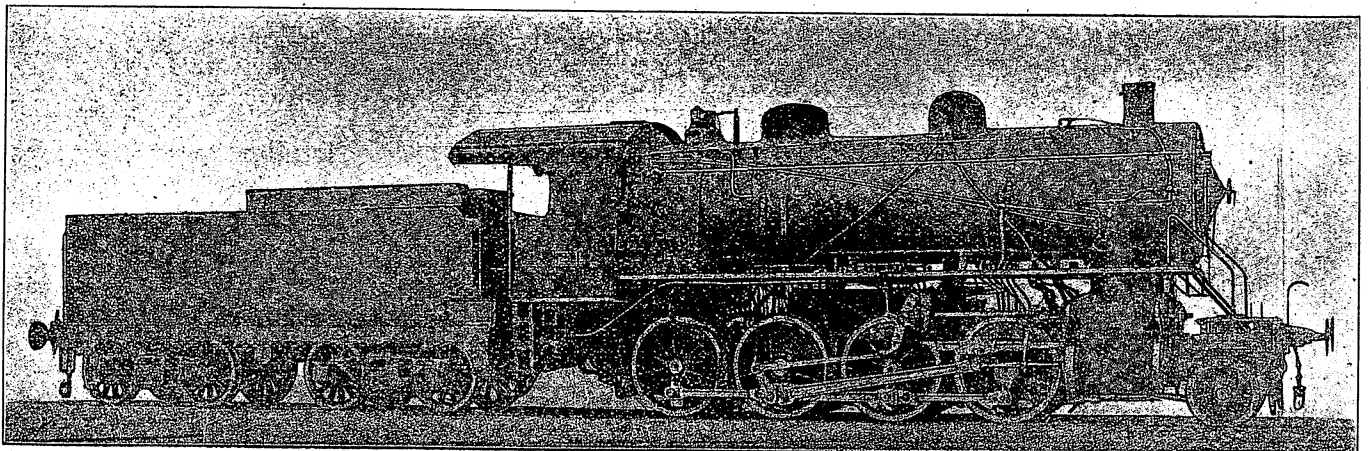
(Railway Age 1919, Mai, Bd. 66, Nr. 20, S. 1219. Mit Lichtbild.)

Die Lokomotive (Textabb. 1) gehört zu 400, die die Amerikanische Lokomotivgesellschaft seit 1916 für italienische Bahnen lieferte. Die Hauptverhältnisse sind:

Durchmesser der Zylinder d . . . . .	540 mm
Kolbenhub h . . . . .	699 »
Durchmesser der Triebräder D . . . . .	1370 »
Triebachslast G <sub>1</sub> . . . . .	58,06 t
Betriebsgewicht G . . . . .	66,23 »
Zugkraft Z . . . . .	15150 kg
Z : G <sub>1</sub> . . . . .	= 260,9 kg/t
Z : G . . . . .	= 228,7 »

—k.

Abb. 1. 1 D. II. T. I. G-Lokomotive der italienischen Staatsbahnen.



### Besondere Eisenbahnarten.

#### Elektrischer Ausbau der Paris-Orleans-Bahn.

(Génie civil, 1919, Bd. 74, S. 4; Elektrotechnische Zeitschrift, Oktober 1919, Heft 43, S. 509.)

Die Paris-Orleans-Bahn beabsichtigt, auf ihren Gebirgstrecken unter Ausnutzung der Wasserkräfte der oberen Dordogne und einiger Zuflüsse bei Bort elektrischen Betrieb einzuführen. Das für den Ausbau in Betracht kommende Netz im Umkreise von 200 km um Bort umfaßt etwa 3000 km Streckenlänge. Für den Bau sind 15 bis 20 Jahre nötig. Die am Mont d'or im Massiv central vorhandenen Wasserkräfte würden bei vollem Ausbaue dauernd 73500 kW ergeben, die einer Abgabe von jährlich 500 Millionen kWst entsprechen. Für die Fahrleitung ist Drehstrom von 3000 V geplant. Rückgewinnung des Stromes wird angestrebt, die nur bei Strecken mit über 10% Neigung Vorteile verspricht, sich daher bei überwiegenden Neigungen von 10 bis 35% und regem Güterverkehre gut bezahlt macht.

Die Zugbildung bietet bei schnellen und langsamen Reise-

zügen da keine Schwierigkeiten mehr, wo, wie am Lötschberge, eine Lokomotive weitgehenden Anforderungen genügt. Schwierigkeiten ergeben sich dagegen bei Güterzügen mit mehreren Lokomotiven, zumal Mehrfachsteuerung wegen der durchgehenden Steuerleitungen nicht verwendet werden kann. Für das Zusammenarbeiten kommen nur folgende Verfahren in Betracht:

- Der Führer der Schiebelokomotive arbeitet in Übereinstimmung mit dem der Zuglokomotive. Hierzu ist Geschick der Führer und sichere Übertragung der Zeichen zwischen beiden Lokomotiven nötig, die mit den üblichen Mitteln nicht zu erzielen ist. Ingenieur Parodi benutzt Wechselstrom zu Hörzeichen durch einen Draht am Zuge und durch die Schienen als Rückleitung für die Zeichengeber auf den Führerständen;
- Die Schiebelokomotive arbeitet nur beim Anfahren, auf der Bergfahrt und beim Bremsen unter Rückgewinnung von Strom, sonst läuft sie leer mit.

Versuche mit diesen beiden Verfahren an 685 und 910 t schweren Zügen aus 50 und 70 Wagen hätten befriedigende Ergebnisse.

Ein weiterer Vorschlag geht dahin, die Leistungen durch Einstellen einer dritten Lokomotive in der Mitte der Güterzüge weiter zu erhöhen; damit könnte die Leistung eingleisiger Strecken verdreifacht, an Kosten für Führer und Bremser gespart und die Sicherheit von Zügen ohne durchgehende Bremse beträchtlich erhöht werden. Bei Dampftrieb braucht ein 220 t schwerer Güterzug auf der Strecke Clermond-Ferrand-Tulle zwei Mann auf der Lokomotive und vier Bremser. Ein 700 t schwerer, drei solche Züge ersetzender elektrischer Zug hätte nur je einen Führer und Schaffner auf den Endlokomotiven und einen Führer in der Mitte nötig; statt  $3 \cdot 6 = 18$  würden also nur 5 Mann nötig sein. Zur Unterstützung der Lokotivbremse könnte man noch drei bis vier Wagen im Zuge mit Luftbremse versehen, die von vorn zu bedienen sind.

Bei den Wirtschaftsberechnungen werden 208 elektrische Lokomotiven 360 Dampflokomotiven gleichgesetzt. Durch Schaubilder werden Beziehungen zwischen dem wirtschaftlichen Ertrage und der Neigung in ‰ und der jährlichen Leistung in Millionen tkm aufgestellt, gültig für bestimmte Abschnitte der Strecke und bestimmte Grundpreise für 1 kWst. Weitere

Untersuchungen zeigen, dass 1 kWst gleiche Leistung am Radumfang ergibt, wie 2,6, 1,6 oder 1,1 kg Steinkohle auf viel befahrenen Bergstrecken mit 25, 10 oder 6 bis 10 ‰ Steigung. Dieses Verhältnis sinkt unter 1 kg Steinkohle auf Flachlandstrecken, wie die von Paris nach Bordeaux. Da die Wasserkräfte Frankreichs sehr beschränkt sind, empfiehlt es sich nicht, elektrischen Betrieb auf solchen Strecken einzuführen; chemische und Hütten-Werke sind wirtschaftlich vorteilhaftere Verbraucher.

Außer der französischen Südbahn und der Paris-Orleans-Bahn arbeitet auch die Paris-Lyon-Mittelmeerbahn Pläne zur Einführung elektrischen Betriebes aus. Hier kommen hauptsächlich die Wasserkräfte der französischen Alpen in Frage. Die Quelle schließt mit dem Bemerkten, dass die Dampflokomotive an Wirtschaft nie mit großen Kraftwerken wetteifern könne, die den Strom mit Dampfturbinen erzeugen. Die Dampflokomotiven sind der Gegenstand unablässiger neuer Verbesserungen seit 100 Jahren. Die elektrische Lokomotive läßt nach erst 25 Jahren ihrer Entwicklung hinsichtlich ihrer Wirtschaft kaum noch Verbesserungen erwarten, da die Antriebsmaschinen und Abspanner gegen 90 ‰ Nutzwirkung erreicht haben, und die Steuerungen allen Ansprüchen in wirtschaftlicher Hinsicht genügen.

A. Z.

### Übersicht über eisenbahntechnische Patente.

#### Vorrichtung zum Reinigen von Fensterscheiben.

(D. R. P. 307 286, J. Röhl in München.)

Zum Reinigen der Fensterscheiben von Eisenbahnwagen klemmt man den Wischer zwischen beweglichen Muttern auf zwei neben einander liegende Schraubenspindeln. Um den Wechsel der Drehrichtung dieser Spindeln zu vermeiden, erhalten sie nach der Erfindung Rechts- und Links- oder Doppel-Gewinde, so daß der Wischer bei gleichbleibender Drehbewegung hin und her oder auf und ab bewegt wird.

B—n.

#### Selbstentlader mit schwenkbarem Boden und Klappwänden.

(D. R. P. 306 602, H. Böhrer in Dudweiler an der Saar.)

Von bekannten Einrichtungen: Drehboden, Pendelwänden, Haltdaunen und Drehbegrenzung, unterscheidet sich die Neuerung, indem vorn und hinten an der untern Kante der Seitenwände je eine Verbindungstange in Drehbolzen so vorgesehen ist, daß diese bei wagrecht liegendem Boden die Seitenwände zusammenhält. bei zum Entleeren gestelltem Boden die Seitenwand an der Entladeseite zur Vergrößerung der Öffnung so abklappt, daß eine größere Winkelstellung eingenommen wird, als bei der durch Lenker hochgeführten andern Seitenwand. Ferner sind unter dem Boden, senkrecht über dessen Drehachse, gebogene Gelenkhebel an einem gemeinsamen Bolzen so gelagert, daß der Hebel an der Entladeseite beim Kippen des Bodens dessen Hub begrenzt; zugleich geht der andere, die Schwingbewegung des Bodens mitmachende mit hoch, so wird die Seitenwand auch bei gekipptem Boden mit diesem zusammen gehalten.

B—n.

#### Achsenverschiebung an Eisenbahnfahrzeugen nach Göldner.

(D. R. P. 306 909, Henschel und Sohn in Kassel.)

Bei Rückstellvorrichtungen, bei denen die Achsen in ihren Lagern längs verschiebbar sind, ist immer ein Achsenpaar zwangsläufig verbunden. Der Drehzapfen liegt dabei außerhalb der Achsen, wodurch für den Verband des Fahrzeuges ungünstige Hebelanordnungen erforderlich werden. Auch bei anderen bekannten Bauarten werden das Gewicht des Fahrzeuges

stark vergrößernde Mittel angewendet. Die Erfindung zeigt nun zwar auch die Merkmale der bekannten Vorrichtungen, benutzt jedoch als Mitnehmer einen in der Ebene der Radachse angeordneten Zapfen, und macht die Achsen unabhängig von einander, wie die Achsenverschiebung nach Göldner verlangt. Bisher war es nicht möglich, diese mit einer Rückstellvorrichtung auszustatten. Denn die Art der Verschiebung setzte eine unverschiebbare Führung der Achslager selbst voraus, während die Achse ohne Widerstand ihre Seitenverschiebung ausüben konnte.

B—n.

#### Stoßfang für frei fallende Fenster von Eisenbahnwagen.

(D. R. P. 307 247, J. Pintsch, A.-G. in Berlin.)

Frei fallende Fenster erleiden beim Herablassen Stöße, die zu Beschädigungen führen können. Gummipuffer werden bald hart, Blattfedern auf dem Boden des Fensterschlitzes mindern zwar den Stoß, greifen aber mit der Zeit die untere Fensterkante an. Nach der Erfindung werden nun unten im Fensterschachte Fangfedern angeordnet, die eine auf den untern Seitenrahmen des Fensters wirkende Klemme so anlegen, daß der Stoß fast ganz aufgehoben wird, bevor er auf die Fangfedern wirkt.

B—n.

#### Als Laderampe dienende Schiebetür für Güterwagen.

(D. R. P. 307 313, E. Schröder in Zürich.)

Schiebetüren für Güterwagen mit zwei in der Ruhelage hinter einander befindlichen, von der Türfüllung aufgenommenen Platten, von denen die eine zwecks Verlängerung der Rampe über die andere gleiten kann, sind bekannt. Die Neuerung schafft eine billige und zweckmäßige Behelfsrampe zum Verladen schwerer Lasten. Die Tür trägt an der Außenseite der beim Aufklappen außen befindlichen Platte in deren Längsrichtung angeordnete, röhrenförmige Verstärkungen, und in diesen wieder bewegliche Verstärkungen. Diese sind am einen Ende durch eine Querstange verbunden und gleiten beim Niederklappen der Platten selbsttätig abwärts, damit die Querstange das untere Ende der zum Gleiten eingerichteten Platte unterstützen kann.

Dann kann nahe dem freien Ende der gelenkig an der Türfüllung befestigten Platte ein sich über deren ganze Breite erstreckender Querbalken angebracht sein, der mit drehbaren oder mit herausziehbaren und der Höhe nach einstellbaren Trägern versehen ist. Schliesslich kann man an der mit rohrartigen Gliedern versehenen Platte quer verbindende Bänder anbringen.

B-n.

#### Schlafwagen.

D. R. P. 307492, Aktiengesellschaft für Eisenindustrie und Brückenbau, vormals J. C. Harkort in Duisburg.

Man hat vorgeschlagen, in Schlafwagen die über einander liegenden Betten von getrennten Räumen aus zugänglich zu machen, deren Trennwand so abgesetzt werden sollte, dass ihr oberer Teil an der hintern Längskante des Oberbettes endigt, während der untere Teil von der vordern Längskante des Oberbettes abwärts führt. Die Erfindung will nun die Betten vermehren, ohne dass grössere Nutzlänge der Wagen nötig wird. Dabei muss allerdings zugestanden werden, dass in Abteilen II. Klasse bis drei Betten untergebracht werden, während die

Abteile I. Klasse ein Bett enthalten. Die beiden Querwände eines für zwei Betten bestimmten Abteiles sind abgestuft, die Stufen liegen in verschiedenen Höhen und bilden an der einen Wand das untere, an der andern das obere Bett. Abteile dieser Art können mit solchen für ein Bett und mit den üblichen für zwei Betten über einander in wechselnder Folge angeordnet werden. Dadurch wird eine besonders wirksame Ausnutzung der verfügbaren Länge des Schlafwagens erzielt.

B-n.

#### Deckstoff für Eisenbahnwagen.

(D. R. P. 304672, M. Rogler in Düsseldorf.)

Statt getränkten, gestrichenen und künstlich gerunzelten Segeltuches wird Drahtgeflecht verwendet, das mit einer dauernd nachgiebigen, den Draht gegen Rost schützenden Füllmasse behandelt, dann gestrichen wird. Das zubereitete Geflecht kann auch mit Segeltuch, Nessel oder Papiermasse belegt werden. Diese Deckung soll geschmeidig bleiben, stofssicher und wetterbeständig sein.

B-n.

## Bücherbesprechungen.

**Die Ausbildung und Einrichtung der durchgehenden Güterzugbremse.** Erweiterter Sonderdruck aus Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1919, Nr. 1010 und folgende.

Generaldirektor Oppermann in Hannover trägt in dem Heft alle Veröffentlichungen und sonstigen Aktenstücke zusammen, die sich auf die Forderung der Anerkennung der Tatsachen beziehen, dass der Grundgedanke der heutigen Verbundbremse bereits in seinen älteren Patenten vertreten sei\*). Der Streit ist kaum schlagend zu entscheiden, da die Entscheidung von der Bewertung des Verhältnisses des Wertes der einzelnen Schritte zu dem des schliesslich Erreichten abhängt, diese aber grossen Teiles Ansichtssache ist. Davon abgesehen, hat das Heft den grossen Wert, die Grundlagen der Entwicklung der Verbundbremse vereinigt darzubieten, und so rein sachlich zur Erleichterung des Überblickes beizutragen.

**Die flüssigen Brennstoffe.** ihre Gewinnung, Eigenschaften und Untersuchung von Dr. L. Schmitz, Chemiker. Zweite, erweiterte Auflage. Berlin, J. Springer, 1919, Preis 10 M.

Das Buch behandelt die flüssigen Heizstoffe im alten Aufbau nach chemisch-technischer, wie nach geschäftlicher Beziehung gleich eingehend; in letzterer Beziehung teilt es die amerikanischen Lieferbedingungen als die auf reichster Erfahrung beruhenden im Wortlaute mit. Die Bedeutung der Darstellung ist um so grösser, als die flüssigen Heizstoffe immer weitere Gebiete erobern und bestimmt scheinen, zur Lösung der Frage der Beschickung der stetig wachsenden Rostflächen der Dampflokomotiven beizutragen, für die bei uns bereits zwei Heizer nötig geworden sind, in Amerika drei nicht mehr genügen, so dass man zur Beschickung durch Maschinen oder zu flüssigem Heizstoffe greifen musste.

**Organisation und Selbstkostenberechnung von Maschinenfabriken.** Von Dipl.-Ing. F. Meyenberg, Berlin. Zweite durchgesehene und erweiterte Auflage. Berlin, J. Springer, 1919, Preis 10 M.

Die bewährte Gestaltung der ersten Auflage\*\*) ist unter Berücksichtigung der inzwischen erfolgten Entwicklung beibehalten, ohne dass die besonderen, für die Dauer nicht massgebenden Einflüsse und Neugestaltungen, die der Krieg bedingte, im Einzelnen zu voller Darstellung gebracht wären. Immerhin strebt das Buch danach, dem kommenden Geschlechte die Notwendigkeiten vorzuführen, die der Krieg und seine Folgen in besonders helles Licht gestellt haben, um den weit

\*) Organ 1917, S. 292 und 402; 1918, S. 107.

\*\*) Organ 1914, S. 86.

reichenden Irrlehren der Neuzeit mit ihren Gefahren entgegen zu wirken.

Auch die neue Auflage behandelt besonders eingehend das Verhältnis von Erzeugung und Verteilung der Güter, das bisher die scharfe Trennung zwischen Techniker und Kaufmann ergab, neuerdings aber von dem Gesichtspunkte aus beurteilt wird, dass nur von der gegenseitigen Durchdringung bei verständnisvoller Zusammenarbeit gedeihliche Entwicklung erwartet werden kann. Ebenso umfassend wird die Stellung des Arbeiters, besonders die Lohnfrage in ihrer vielseitigen Gestaltung erörtert, wobei die Arten der Festsetzung des wirtschaftlich richtigen Satzes beurteilend gesichtet werden.

Das Buch bietet eine treffliche Anleitung für den angehenden Leiter grosser Werke; es dürfte auch in der zweiten Auflage rasche Verbreitung finden.

**Die Verkehrsmittel in Volks- und Staatswirtschaft.** Von Dr. E. Sax, o. ö. Professor der politischen Ökonomie i. R. Zweite, neu bearbeitete Auflage. Band I. Allgemeine Verkehrslehre. Berlin, J. Springer, 1918, Preis 10 M.

Der 198 Achtelseiten starke Band strebt die Lösung der Aufgabe an, die starke Einwirkung der vom Verkehre geschaffenen Möglichkeiten der Beeinflussung der Erzeugung und Verteilung von Gütern durch Aufdecken der inneren Zusammenhänge klar zu stellen. Nach einer die Aufgabe feststellenden Einleitung werden behandelt: die wirtschaftliche Entwicklung unter dem Einflusse der Verkehrsmittel und ihrer Vervollkommnung, die wirtschaftliche Charakteristik der Verkehrsmittel, die Begründung der Gemeinwirtschaft im Verkehrswesen, die Verwaltung der Verkehrsmittel, und in einem Anhang: die Gemeinwirtschaft in der Wasser, Gas- und Elektrizitäts-Versorgung und der Luftverkehr.

Die Bearbeitung zeugt von Beherrschung der Fragen des Verkehres, wie der Wirtschaft und ihrer gegenseitigen Beziehungen, die mehrfach neu klar gestellt werden.

**Statische Tabellen, Belastungsangaben und Formeln zur Aufstellung von Berechnungen für Baukonstruktionen.** Gesammelt und berechnet von F. Boerner. Sechste durchgesehene Auflage. Berlin, W. Ernst und Sohn, 1919, Preis 7,0 M.

Unsere aus langjähriger Benutzung\*) erwachsene Wertschätzung des nützlichen und bequemen Hilfsbuches wird durch das Erscheinen zahlreicher Auflagen als zutreffend bestätigt. Wir empfehlen es den Fachgenossen auch dieses Mal aus voller Überzeugung von der Zweckmässigkeit.

\*) Organ 1915, S. 20.