

Über Diffusion und Metallpressungen.

Mit Tafel II.

Vortrag, gehalten auf der Jahresversammlung des Vereins
in Siegen.

Von

Dr. Hof, Professor am Reform-Realgymnasium zu Witten.

Meine verehrten Damen und Herren!

Schichtet man zwei mischbare Flüssigkeiten, z. B. Wasser und Spiritus, über einander, so beobachtet man sehr bald, dass dieselben sich gegenseitig durchdringen. Diesen Vorgang nennt man Diffusion. Um ihn besser verfolgen zu können, gibt man für gewöhnlich der einen Flüssigkeit, z. B. dem Wasser, eine intensivere Färbung. Nicht mischbare Flüssigkeiten, wie Wasser und Öl, zeigen keine Diffusion.

Auch Gase diffundieren. Leitet man in ein oben offenes Gefäss Kohlenstoffdioxyd, im gewöhnlichen Leben Kohlensäure genannt (darstellbar aus Marmor und Salzsäure), so füllt dieses infolge seines hohen spezifischen Gewichtes bald das Gefäss an, wovon man sich durch Eintauchen eines brennenden Holzspans, der in der Kohlensäure erlöschen muss, überzeugen kann. Unterbricht man die Gaszuleitung und taucht nach einiger Zeit den brennenden Span wieder ein, so brennt er weiter, ein Beweis, dass die Kohlensäure ganz oder zum grössten Teile entwichen und von aussen atmosphärische Luft an ihre Stelle

getreten ist. Diese Diffusion von Kohlensäure und atmosphärischer Luft ist im Haushalte der Natur von grösster Wichtigkeit. Denn ohne sie würde das beim Atmungsprozess aller Lebewesen, bei den vielen Gährungs-, Verwesungs- und Verbrennungsprozessen in Unmengen entstehende schwere Kohlensäuregas trotz der Tätigkeit der Pflanzen in einer solchen Höhe über dem Erdboden sich ablagern, dass jedes organische Leben unmöglich wäre. Gefördert wird die Vermischung der atmosphärischen Luft und der Kohlensäure freilich in hohem Masse durch die Luftströmungen.

Aber nicht nur flüssige und gasförmige Körper diffundieren, sondern auch Metalle, wie Spring, der Präsident der Brüsseler Akademie, durch eine Reihe von Versuchen festgestellt hat. Jedoch wie nur mischbare Flüssigkeiten Diffusion zeigen, so auch nur solche Metalle, welche in geschmolzenem Zustande mischbar sind, welche sich legieren lassen. Höchst wahrscheinlich wird sich auch noch bei andern festen Körpern Diffusion feststellen lassen, vorausgesetzt dass dieselben mischbar sind oder chemisch aufeinander reagieren. So dürfte die Bildung des Schwefelsilbers bei der Berührung von Silber und Schwefel sich einfach durch Diffusion erklären lassen. Vielleicht ist auch die Bildung von Mineralien in der Kontaktzone von Gesteinen und Mineralien und die im Verlaufe von Jahren zwischen den Mauersteinen durch den Mörtel entstehende innige Verbindung auf Diffusion zurückzuführen. Weitere Untersuchungen werden hierüber wohl genügend Aufschluss geben. — Spring verfuhr bei seinen Untersuchungen in der Weise, dass er legierbare Metalle in Form von Platten mit angeschliffenen und polierten Flächen aufeinander legte. Je nach der Länge der Einwirkung der Platten aufeinander erhielt er an der Berührungsstelle eine mehr oder weniger dicke Schicht der betreffenden Metalllegierung. Nahm er Kupfer- und Zinnplatten, so entstand Bronze, bei Kupfer und Zink Messing. Beschleunigt wurde die Diffusion durch Wärme, wie er nachwies, indem er

die Metallplatten in einen geheizten Ofen legte, oder durch Druck. Setzte er z. B. ein inniges Gemisch von Kupfer- und Zinkpulver einem hohen Druck (bis zu 10000 kg pro qcm) aus, so erhielt er ein derbes Messingstück. In gleicher Weise stellte er auch noch andere Metallegierungen dar. Man könnte nun annehmen, dass bei einem so hohen Druck eine solche Wärme entstände, dass die einzelnen Metalle schmelzen müssten und im geschmolzenen Zustande sich zu einer Legierung vereinigten. Spring wies jedoch durch sehr einfache Versuche nach, dass nur sehr wenig Wärme sich entwickelt, ja dass in den meisten Fällen, wie sich auch berechnen lässt, die Temperatursteigerung nur einen Bruchteil eines Grades ausmachen kann. Die ausführlicheren Angaben über diese Spring'schen Versuche sind zu finden in: Bulletin de l'académie royale de Belgique, classe des sciences 1899 p. 790 oder in: Naturwissenschaftliche Rundschau 1900 Nr. 23: W. Spring, die Plasticität der festen Körper und ihre Beziehung zur Bildung der Gesteine. Ich kann diese Veröffentlichungen zum Studium nur warm empfehlen, zumal sie auch Aufschluss geben über die Bildung mancher Gesteine.

Nachdem wir so festgestellt haben, wie verschiedene Metalle, übereinander geschichtet oder hohem Druck ausgesetzt, sich zu einander verhalten, dürfte die Frage sich ergeben: Wie verhalten sich nun Stücke aus demselben Metall, wenn man sie in Spring'scher Weise behandelt? Dabei werden zwei Fälle zu unterscheiden sein. Erstens haben die Platten aus demselben Metall verschiedene, zweitens gleiche Temperaturen. Haben die Metallplatten verschiedene Temperatur, so wird Diffusion eintreten, haben sie aber dieselbe Temperatur, so findet keine Diffusion statt, da keine Ursache zur Wanderung der Moleküle von der einen Platte zur andern vorhanden ist. In beiden Fällen erhält man aber, wenn man die Platten einem genügend hohen Druck aussetzt, ein einziges zusammenhängendes Stück, das erste Mal infolge von Diffusion und Annäherung der Oberflächenmoleküle, das zweite

Mal nur aus dem zweiten Grunde, infolge der durch den Druck zur Kohäsion gesteigerten Adhäsion. Um dies letztere genauer zu untersuchen, setzte ich Späne ein und desselben Metalls von gleicher Temperatur verschieden hohem Druck aus. Ich erhielt dabei je nach dem verwendeten Material sehr verschiedene Resultate. Die Späne wurden in einer gehärteten Stahlmatrize mit cylindrischer Bohrung von 5 cm Durchmesser, in welche ein massiver, gehärteter Stahlcylinder genau passte, durch eine Spindel- presse mit messbarem Druck bis zu 50000 kg zusammen- gepresst. Kupfer-, Stahl-, Eisen-, Rotguss-späne lieferten selbst bei dem mir zur Verfügung stehenden höchsten Druck von 50000 kg nur lose zusammenhängende Press- stücke, die sich durch Schlagen mit einem Hammer wieder zertrümmern liessen. Anders aber gestalteten sich die Re- sultate bei den geschmeidigeren Metallen, wie Blei und Aluminium. Da mir aber diese in Form von Spänen in grösserer Menge nicht zur Verfügung standen, wohl aber die des weissen Lagermetalls, so beschränkte ich meine Versuche auf diese. Das weisse Lagermetall, welches zu Achsenlagern für Fahrzeuge aller Art, Pressen u. s. w. in grossen Mengen verwendet wird, hat eine sehr ver- schiedene Zusammensetzung. Im vorliegenden Falle be- steht es aus 83 Teilen Zinn, 6 Teilen Kupfer und 11 Teilen Antimon, ist also eine recht wertvolle Legierung. In diesem Glascylinder (Nr. 1 der Abbildung) befinden sich 250 gr solcher Späne, wie sie bei der Nachbearbeitung der gegossenen Achsenlager erhalten werden. Setzte ich 250 gr dieser Späne in der vorerwähnten Matrize einem Druck von 10000 kg aus, so erhielt ich ein Pressstück (Nr. 2 der Abbildung), welches nur losen Zusammenhang zeigte und noch die einzelnen Späne deutlich erkennen liess. Wurden 250 gr Späne einem Druck von 30000 kg aus- gesetzt, so war das Gefüge des neuen Pressstücks (Nr. 3 der Abbildung) dichter; es waren aber auch jetzt noch stellenweise die einzelnen Späne erkennbar. Erst bei einem Druck von 50000 kg wurde ein Pressstück (Nr. 4)

erhalten, welches, wie ein Schnitt (Nr. 5) durch dasselbe zeigt, ein vollständig homogenes Gefüge besitzt. — Durch diese Versuche dürfte erwiesen sein, dass Kohäsion nichts weiter ist als stark gesteigerte Adhäsion.

Um nun festzustellen, ob die Späne des weissen Lagermetalls auch seitwärts dem Drucke ausweichen, wurden sie, nachdem die cylindrische Bohrung der Matrize an dem einen Ende cylindrisch erweitert worden war, von der schmalen Seite der Matrize aus einem Druck von 50 000 kg ausgesetzt. Das erhaltene Pressstück (Nr. 19) zeigte genau die Form der Bohrung und auch im Innern ein vollkommen homogenes Gefüge. Es dürfte also wohl möglich sein, durch Pressen fertige Lagerschalen herzustellen. Diese werden den gegossenen gegenüber manche Vorzüge besitzen. Sie werden dichter und deshalb widerstandsfähiger sein; sie werden billiger und in grösserer Menge und auf Vorrat hergestellt werden können; sie bedürfen nach dem Verlassen der Presse nicht mehr der Bearbeitung und sind leicht auswechselbar. Dass sie dichter sind als die gegossenen geht daraus hervor, dass ein cylindrisches Gussstück aus weissem Lagermetall, wie der Poren wegen zu erwarten ist, sich noch zusammendrücken lässt. In der Praxis bearbeitet man oft die gegossenen Lagerschalen mit Hämmern, um sie dichter und widerstandsfähiger zu machen. Dass die Presse schneller und billiger arbeitet als noch so flinke Former und Giesser, bedarf wohl keines Beweises. Dass die Gussstücke der Nachbearbeitung bedürfen, weiss ein Jeder, der einmal ein Gussstück aus weissem Lagermetall oder einem andern Material gesehen hat. Ein Pressstück zeigt aber genau die Form der Matrize. Es lässt sich, wie ich Ihnen durch dieses Stück (Nr. 20) beweisen kann, direkt vernickeln. Und endlich dürfte auch ohne weiteres einleuchten, dass es viel bequemer und weniger zeitraubend ist, eine abgenutzte Lagerschale durch eine fertig mit Schmierrillen gepresste zu ersetzen, als das Lager auszugiessen und den Guss der Achse anzupassen.

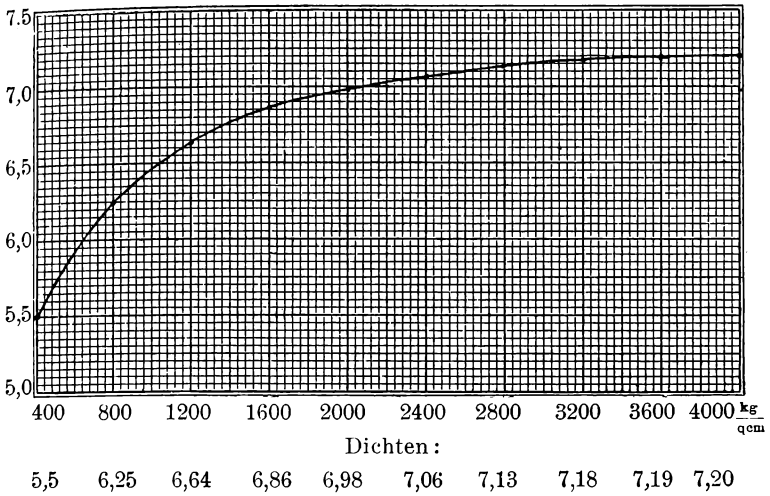
Bestimmt man bei den vorliegenden Pressstücken die spezifischen Gewichte und relativen Dichten, so erhält man ganz interessante Ergebnisse. Zum Zwecke der Bestimmung des spezifischen Gewichts, d. h. des Gewichtes von 1 ccm eines jeden einzelnen Stückes, hat man nur nötig, das absolute Gewicht desselben, welches durch die Wage ermittelt wird, durch das Volumen (die Dimensionen werden mit der Schubleere gemessen) zu dividieren. Man erhält für

Nr.	Gepresst mit	Absolutes Gewicht	Durchmesser des Pressstücks	Höhe desselben	Spez. Gewicht
2	10000 kg	259,3 gr	5,03 cm	2,30 cm	5,67 $\frac{\text{gr}}{\text{ccm}}$
3	30000 "	254,6 "	"	1,87 "	6,85 "
4	50000 "	254,05 "	"	1,78 "	7,15 "

Nebenbei will ich hier erwähnen, dass das spezifische Gewicht eines Körpers ebensogut eine benannte Zahl ist wie das absolute Gewicht. Es hat immer die Benennung $\frac{\text{gr}}{\text{ccm}}$ (gelesen Gramm per Kubikcentimeter).

Lässt man die Benennung $\frac{\text{gr}}{\text{ccm}}$ weg, so bezeichnet die unbenannte Zahl die relative Dichte des betreffenden Körpers, das ist diejenige Zahl, welche angibt, wieviel mal so viel Masse in 1 ccm desselben enthalten ist als in 1 ccm Wasser. Da aber in 1 ccm Wasser die Masse von 1 gr steckt, in 1 ccm der Körper Nr. 2, 3 und 4 aber bezüglich die Massen von 5,67, 6,85 und 7,15 gr, so sind 5,67, 6,85 und 7,15 die relativen Dichten dieser Pressstücke. Vergleicht man die Differenzen der relativen Dichten ($6,85 - 5,67 = 1,18$) und ($7,15 - 6,85 = 0,30$) mit den Druckdifferenzen ($30\,000\text{ kg} - 10\,000\text{ kg} = 20\,000\text{ kg}$) und ($50\,000\text{ kg} - 30\,000\text{ kg} = 20\,000\text{ kg}$), so erkennt man ohne weiteres, dass diese nicht proportional sind, sondern dass man in der Praxis bei fortschreitendem Druck schliesslich einmal an die Grenze der Dichtigkeitszunahme kommen wird, man also das Maximum der Dichtigkeit

erreicht hat. Dieses erhellt auch aus der Dichtigkeitskurve, die entsteht, wenn man den jedesmaligen Druck der Presse als Abscisse und die zugehörige Dichte als zugehörige Ordinate in ein rechtwinkliges Coordinatensystem einträgt. Um für diese Kurve möglichst viele Punkte zu erhalten, habe ich 10 kleinere Pressstücke hergestellt mit einem Durchmesser von 4,04 cm und einem Druck, beginnend mit 5000 kg auf den betreffenden Querschnitt und bei jedem folgenden Stück steigend um 5000 kg. Ich erhielt die folgende Dichtigkeitskurve, welche in den letzten Punkten kaum noch steigt.



Auch über die jedesmalige Leistung der Presse, d. h. den Druck auf 1 qcm Querschnitt, geben uns die vorliegenden Pressstücke und ein kleineres Pressstück (Nr. 7 der Abbildung), mit 4,04 cm Durchmesser und mit 50 000 kg Druck hergestellt, Aufschluss. Stück Nr. 2, mit einem Durchmesser von 5,03 cm, also einem Querschnitt von rund 20 qcm, ist durch 10 000 kg Druck erzeugt worden. 1 qcm wurde also mit $\frac{10\,000\text{ kg}}{20} = 500\text{ kg}$ gedrückt. Die

Leistung der Presse betrug mithin $500 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$ (gelesen 500 kg pro qcm) oder 500 Atmosphären, da die atmosphärische Luft bekanntlich auf jedes Quadratcentimeter unserer Erdoberfläche einen Druck von rund 1 kg ausübt.

Stück Nr. 3: 20 qcm Querschnitt gepresst mit 30 000 kg.

$$\text{Leistung der Presse: } \frac{30\,000 \text{ kg}}{20 \text{ qcm}} = 1500 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}} = 1500$$

Atmosphären.

Stück Nr. 4: 20 qcm Querschnitt gepresst mit 50 000 kg.

$$\text{Leistung der Presse: } \frac{50\,000 \text{ kg}}{20 \text{ qcm}} = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}} = 2500$$

Atmosphären.

Stück Nr. 7: $12\frac{1}{2}$ qcm Querschnitt gepresst mit 50 000 kg.

$$\text{Leistung der Presse: } \frac{50\,000 \text{ kg}}{12\frac{1}{2} \text{ qcm}} = 4000 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}} = 4000$$

Atmosphären.

Auch lässt sich mit Hilfe der Pressstücke durch das bekannte Looser'sche Doppelthermoskop nachweisen, dass die Wärmeleitung direkt proportional der Dichtigkeit und dem Querschnitt und umgekehrt proportional der Höhe ist. Zu dem Zweck habe ich noch einige Pressstücke (Nr. 6, 8 und 9 der Abbildung) hergestellt, von denen Nr. 6 mit Nr. 4 gleiche Höhe und gleichen Querschnitt hat, aber verschiedene Dichtigkeit. Nr. 7 und 8 haben gleiche Dichtigkeit und gleichen Querschnitt, aber verschiedene Höhe, und endlich Nr. 2 und 9 haben gleiche Dichtigkeit und gleiche Höhe, aber verschiedenen Querschnitt.

Auch in Bezug auf das elektrische Leitungsvermögen einer Substanz dürften weiter Untersuchungen wohl Beziehungen zur Dichte ergeben.

Interessant für den einen oder andern unter Ihnen, meine Herren, dürften nun auch die Schmelzversuche sein, die ich mit dem fertigen, massiven Schmelzprodukt, meinen Pressstücken und den ungepressten Spänen angestellt habe. Im allgemeinen erhält man, wenn man Metallspäne niederschmilzt,

infolge der leichter möglichen Oxydation derselben einen grösseren Abbrand als beim Niederschmelzen massiver Stücke. Bei dem vorliegenden Material aber ist es ziemlich einerlei, ob man massive Gussstücke oder Pressstücke oder Späne niederschmilzt. Die Erklärung hierfür liegt nach meiner Meinung darin, dass die Späne eher geschmolzen sind (bei etwa 250°), als die Bestandteile derselben in grösserer Menge oxydieren können. Die Folge dieser Versuche dürfte wohl sein, dass diejenigen Werke, unter ihnen auch die Eisenbahn-Verwaltungen, welche grössere Mengen von Spänen des weissen Lagermetalls hervorbringen, diese in Zukunft selbst niederschmelzen und nicht mehr an die Händler verkaufen, die ihnen das ausgeschmolzene Metall zum beinahe doppelten Preis wieder verkaufen oder verkaufen lassen, zu dem sie die Späne eingekauft haben. Sollte aber beim Niederschmelzen der Späne der eine oder andere Bestandteil der Legierung in grösserer Menge abbrennen als die andern, so dass das ausgeschmolzene Metall nicht mehr dieselbe Zusammensetzung und nicht mehr ganz dieselben Eigenschaften hat wie die ursprüngliche Legierung, so wird eine chemische Analyse genügen, um die Differenz festzustellen und zu ermitteln, wieviel man von dem am meisten abgebrannten Bestandteile zuzusetzen hat, um die ursprüngliche und die beabsichtigte Zusammensetzung zu erhalten.

Im Zusammenhang mit meinen direkten Metallpressungen stehen nun noch einige Versuche, die ich Ihnen noch kurz vorführen möchte.

Dieses Stück (Nr. 10 der Abbildung) ist ein Pressstück aus Stahldrehspänen, unter 50 000 kg Druck hergestellt. Es wurde bis zur Weissglut erhitzt und dann in einer Matrize durch eine schwache Stanzenpresse zusammengedrückt (Nr. 11). Die einzelnen Teile sind, wie zu erwarten war und wie Schnitt und Bruch (Nr. 12) zeigen, innig verschweisst.

Dieses Stück (Nr. 13) ist ein mit 50 000 kg Druck hergestelltes Pressstück von Kupferdrehspänen. Es wurde

gut rotglühend gemacht und dann ebenfalls durch die eben erwähnte Stanzenpresse in einer Matrize zusammengeschlagen (Nr. 14). Schnitt und Bruch (Nr. 15) durch das Stück Nr. 14 beweisen auch hier ein inniges Verschweissen der einzelnen Kupferspäne. Also auch Kupfer lässt sich, entgegengesetzt der bisherigen Annahme, zusammenschweissen. Man muss nur ein Ausweichen der Kupferstücke, welche zusammengeschweisst werden sollen, unmöglich machen.

In gleicher Weise habe ich auch Rotguss zusammengeschweisst. Vielleicht gelingt es durch kombiniertes Giessen und Pressen Dampföhne herzustellen, welche frei von Poren und infolgedessen vollständig dampfdicht sind.

Zum Schluss lege ich Ihnen hier noch einige Briketts aus Schwefelkiesabbränden und Purple ore vor (Nr. 16 und 17). Diese Materialien lassen sich aber nicht durch Druck allein zu einer halt- und verhüttbaren Masse zusammendrücken, sondern ausser Druck ist ein Bindemittel nötig. Organischer Natur darf dieses aber nicht sein, weil die organische Substanz beim Verhütten verbrennen und das Pressstück wieder in Staub zerfallen würde. Ich habe als Bindemittel den Niederschlag benutzt, der entsteht, wenn man auf die zu brikettierende und mit einer Lösung von Magnesiumsulfat (Kieserit) getränkte Masse eine Sodalösung einwirken lässt. Es bildet sich hierbei basisches Magnesiumkarbonat und Natriumsulfat, welches letzteres durch Ablassen der Lauge wiedergewonnen und wieder in Soda verwandelt werden kann, $2 \text{MgSO}_4 + 2 \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{MgCO}_3, \text{MgH}_2\text{O}_2 + 2 \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2$. Ob dieses Brikettierungsverfahren sich in der Zukunft bewähren wird, müssen weitere Versuche ergeben.

Auch granulirte Hochofenschlacke lässt sich auf die eben angegebene Weise binden (Nr. 18). Man wird jedoch keine Schlackensteine nach diesem Verfahren fabrizieren können, da die Herstellungskosten im Vergleich zu dem jetzt allgemein gebräuchlichen zu hoch sind. Vielleicht gelingt es aber, nach meiner Methode billige Platten für Belag und Täfelungen herzustellen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [60](#)

Autor(en)/Author(s): Hof

Artikel/Article: [Über Diffusion und Metallpressungen 91-100](#)