

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 75/76 (1920)
Heft: 7

Artikel: Aus der Praxis der Metallographie
Autor: Zschokke, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-36506>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

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

INHALT: Aus der Praxis der Metallographie. — Das Tageslicht und sein Mass. — Ideenwettbewerb für die kantonale st. gallische Land- und Hauswirtschaftliche Schule in Flawil. — Eisenbetonschwellen für Schmalspurbahnen. — Schweizerische Maschinen-Industrie im Jahre 1919. — Miscellanea: „Landolthaus und Landesmuseum“. — Forschungsbau auf dem Gebiet des Bauingenieurwesens. Umgekehrter Hartguss.

Schweizerischer Verein von Gas- und Wasserfachmännern. Die Station für drahtlose Telegraphie von Bordeaux. Internationale Flugverbindungen. Zum Direktor des Gas- und Wasserwerks St. Gallen. Elektrifizierung der schwedischen Staatsbahnen. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Protokoll; Eingabe an den Schweiz. Schulrat; Stellenvermittlung.

Band 76.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 7.

Aus der Praxis der Metallographie.

Von Bruno Zschokke, Prof. an der E. T. H.

Adjunkt der Eidg. Materialprüfungsanstalt.

Die ausserordentlich nutzbringenden und vielseitigen Dienste, die seit etwa zwei Dezennien die Metallographie und speziell die makroskopische und mikroskopische Gefüge-Untersuchung bei der Herstellung, der Verarbeitung und der Prüfung der verschiedensten Metalle geleistet hat, sollten eigentlich keiner besondern Erwähnung und Begründung mehr bedürfen. Dennoch muss festgestellt werden, dass dieses neueste Hilfsmittel zur Prüfung und Charakterisierung der Eigenschaften der Metalle und ihrer Legierungen, das im Ausland schon lange vollauf gewürdigt wird, bei uns noch immer nicht überall jene Beachtung gefunden hat, die es verdient; erst in den allerletzten Jahren haben unsere schweizerischen metallurgischen Grossindustrien damit begonnen, ihre Prüfungslaboratorien auch mit allen Requisiten zur mikroskopischen Untersuchung der Metalle auszurüsten. Diese letztere Erscheinung ist zu einem guten Teil jedenfalls auf den Umstand zurückzuführen, dass der Weltkrieg, wie auf allen andern Gebieten der Warenproduktion, so auch auf dem Gebiete der Metall- und Maschinenindustrie, die Preise der Rohmaterialien, wie die der Fertigprodukte, ganz ausserordentlich gesteigert hat, und dass, zufolge dieser gewaltigen Preissteigerungen, Erzeuger wie Verbraucher ein gegen früher noch weit höheres Interesse daran haben, dass die von ihnen gelieferten, bzw. gekauften Waren hinsichtlich der Materialqualität allen Anforderungen entsprechen, um eine möglichst lange Lebensdauer aufzuweisen. Richtige Qualitätsvorschriften, die diesen Anforderungen Rechnung tragen, können aber nur in voller Kenntnis der Eigenschaften der Metalle aufgestellt werden. Eine tiefere, auf gründlicher wissenschaftlicher Forschung beruhende Erkenntnis der technischen Eigenschaften der Metalle und ihrer Legierungen fehlt aber vielfach noch weiten Kreisen unserer Gewerbetreibenden und Industriellen der Metallbranche. Diese Lücke auszufüllen dient in weitem Masse die wissenschaftliche *Metallkunde* oder *Metallographie*.

einzig Mittel, um in die vielfach dunklen Ursachen des Verhaltens der Metalle in der Praxis Klarheit zu bringen. Wo immer möglich sollen also die mechanischen, physikalischen, chemischen und metallographischen Untersuchungs-Methoden Hand in Hand arbeiten und sich ergänzen.

Es kann nicht Aufgabe dieser Zeilen sein, irgendwie auf die theoretisch wissenschaftlichen Grundlagen der Metallographie, auf die Lehre von den flüssigen und festen Lösungen, auf stabile und labile Gleichgewichtszustände von Metall-Legierungen, auf die Erstarrungskurven flüssiger und die innern Umwandlungsvorgänge in bereits erstarrten Metallen und Metallgemischen, sowie auf die Arbeitsmethoden und Hilfsapparate der Metallographie näher einzutreten. Ueber alle diese Verhältnisse geben die bereits sehr reichhaltigen Lehrbücher und die zahllosen Veröffentlichungen in Fachzeitschriften alle wünschenswerten Aufschlüsse. Es soll hier vielmehr lediglich versucht werden, an Hand einer Reihe von typischen Beispielen aus dem metallographischen Laboratorium der Eidg. Materialprüfungsanstalt den Interessenten vor Augen zu führen, wie vielseitig die praktischen Anwendungsgebiete der Metallographie sind.

Ganz allgemein dient einmal die Metallographie zur Klarlegung des Gefügebauens der Metalle und Metall-Legierungen überhaupt; denn wenn uns auch die chemische Gesamtanalyse über die Art und Menge der in einer Legierung enthaltenen Elemente genau unterrichtet, so lässt sie uns vollständig darüber im Unklaren, in welcher Weise sich diese Elemente zu chemisch und kristallographisch genau charakterisierten Gefüge-Elementen kombinieren. In diesem Falle ist die mikroskopische Analyse einfach unentbehrlich; überdies gibt sie uns aber auch klaren Aufschluss darüber, ob das Kleingefüge über den ganzen Querschnitt irgend eines Gebrauchstücks von gleicher oder ungleichmässiger Beschaffenheit ist, was z. B. für die Eigenschaften von nach dem Zementierungsprozess oder Glühfrischen behandelten Eisenstücken von grösster Wichtigkeit ist. Im weiteren gibt sie uns Aufschluss über das Vorhandensein und die Natur von sogen. „Saigerungs-“ oder Entmischungs-Erscheinungen beim Erstarren der flüssigen Metalle, über Lunkerbildung, Blasen, oxydische und Schlackeneinschlüsse, über

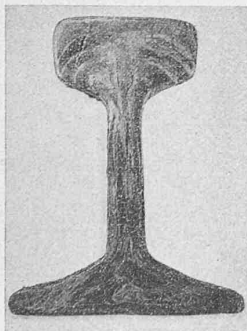


Abb. 1.

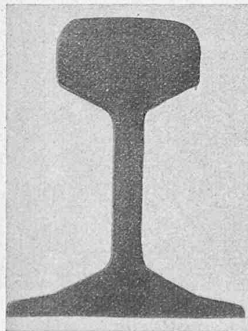


Abb. 2.

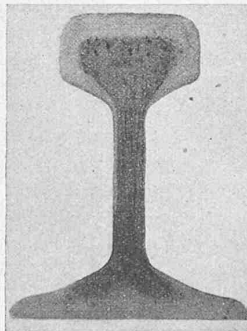


Abb. 3.

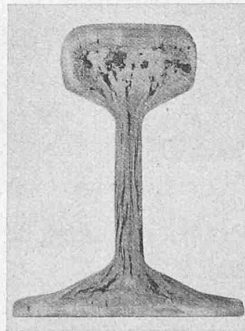


Abb. 4.

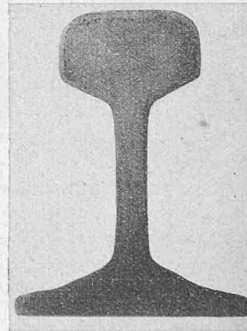
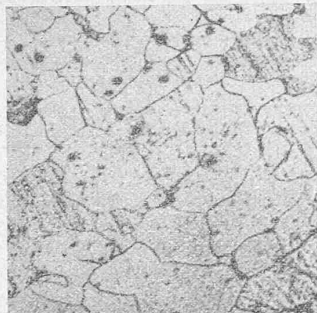
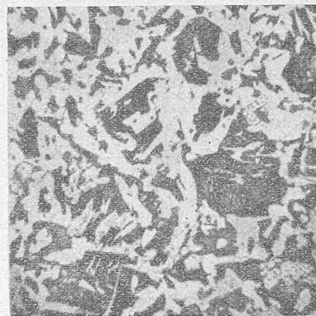


Abb. 5.

Im engeren Sinne des Wortes umfasst diese Wissenschaft allerdings nur die makroskopische und mikroskopische Gefüge-Untersuchung der Metalle; sie kann daher nicht als eine für sich abgeschlossene Wissenschaft betrachtet werden, die sich ausserhalb die bis jetzt gebräuchlichen Untersuchungsmethoden stellt, sondern sie ist in der Mehrzahl der Fälle einfach ein weiteres Hilfsmittel, um die viel ältern mechanischen, physikalischen und chemischen Untersuchungs-Methoden wirksam zu ergänzen; in manchen Fällen allerdings, wo alle andern Methoden versagen, ist sie oft das

die Art der mechanischen Bearbeitung und der thermischen Behandlung der Metalle (z. B. das Kaltrecken, das Ausglühen von Stahlforguss), über das Härten (Abschrecken) und das Anlassen (Vergüten) von gewissen Konstruktions- und Werkzeugstählen, über die Folgen des Ueberhitzens und Verbrennens, über die Ursachen von Rissbildungen und vorzeitigen Brüchen in den verschiedensten Konstruktionsteilen, von Explosionen von Druckgefässen, über die Art und Güte von Schweißungen, über die Ursachen von chemischen Korrosionen und viele andere Dinge.

Abb. 8. $V = 160$.Abb. 9. $V = 160$.Abb. 10. $V = 130$.

Die nachstehenden Beispiele mögen das Gesagte illustrieren:

Abbildung 1 zeigt einen Schnitt durch eine alte *Eisenbahnschiene* aus *Schweisstahl*, wahrscheinlich aus den fünfziger Jahren stammend, mit der typischen Struktur des Schweiseseisens (der Schnitt ist poliert und geätzt mit Jod-Jodkaliumlösung).

Die Abbildungen 2 bis 5 sind Schnitte durch verschiedene *Eisenbahnschienen* aus *Flusstahl* (Thomas- oder Siemens-Martinstahl) und zwar zeigt Abbildung 2 eine Schiene von tadelloser Gefügebeschaffenheit, frei von Saigerungserscheinungen, größeren Schlackeneinschlüssen unganzen Stellen und Randblasen, Abbildung 3 eine fehlerhafte Schiene mit stark phosphorhaltigem (dunklem) Korn und heller Randzone, Abbildung 4 eine stark fehlerhafte, im Betrieb gebrochene Schiene mit unganzen Stellen und zahlreichen schwärzlichen groben Schlackeneinschlüssen in Kopf, Steg und Fuss, und Abbildung 5 eine Eisenbahnschiene von ziemlich homogener, regelmässiger Gefügebeschaffenheit, die jedoch im Kopf, nahe der Lauffläche, einen deutlichen Kranz von verwalzten Randblasen aufweist; derartiges Material ist im Betrieb der mechanischen Abnutzung durch die Reibung der Radreifen in weit stärkerem Masse ausgesetzt als blasenfreies Material.

In den Abbildungen 6 und 7 sind Querschnitte durch *Stösse von Tramwayschienen* wiedergegeben, die nach dem *Goldschmidt'schen Verfahren* verschweisst wurden. In Abbildung 6 ist schon die Schiene selber von recht mangelhafter Gefügebeschaffenheit und zeigt starke Saigerungs-Erscheinungen; die Verschweissung der Schiene mit dem

aus dem Eisenoxyd der Schmelzmasse reduzierten Eisen ist zum Teil sehr unvollständig. Dagegen ist in Abb. 7 das Schienenmaterial von tadelloser homogener Beschaffenheit, die Verschweissung der Schiene mit dem Eisen der Schmelzmasse ist nahezu überall vollständig.

Die *Mikrostruktur* von verschiedenem *Schienenmaterial* ist aus den Abbildungen 8 bis 10 ersichtlich.

Die Abbildung 8 (160-fache lineare Vergrösserung)

zeigt eine in einem Tunnel verlegte Schiene (Thomasmaterial aus dem Jahr 1889), die im Betrieb allmählich eine ganz abnormal starke, bleibende Durchbiegung (in der Mitte 81 mm!) zeigte. Die Mikrostruktur des Materials weist fast ausschliesslich Ferrit auf. Bei der chemischen Analyse ergab sich die folgende Zusammensetzung: 0,081 % C, 0,014 % Si, 0,066 % P, 0,225 % Mn und 0,060 % S. Nachstehend sind ferner die Resultate der Zerreissproben zusammengestellt:

	Zugfestigkeit	Dehnung	Kontraktion	
Kopf	3,27 t/m ²	1,4 %	3,0 %	Bruchfläche grobkristallinisch
	2,88 t/m ²	0,8 %	1,5 %	
Steg	4,27 t/m ²	25,3 %	52,5 %	
	4,26 t/m ²	26,8 %	48,5 %	
Fuss	3,55 t/m ²	28,7 %	66,5 %	
	3,61 t/m ²	30,0 %	67,0 %	

Mikrostruktur, chemische Analyse und Zerreissproben zeigen übereinstimmend, dass es sich gar nicht um Schienenstahl, sondern um *weichstes Flusseisen* handelt! Offenbar ist seinerzeit auf dem betreffenden Hüttenwerk durch Unachtsamkeit ein Block weiches Flusseisen zu Schienen verwalzt worden.

Abbildung 9, ebenfalls eine 160-fache lineare Vergrösserung, betrifft ein Schienenmaterial aus dem Jahr 1871. Die Mikrostruktur zeigt teils lamellaren Perlit, teils dichten Sorbit und nur sehr wenig Ferrit (weisse Adern). Die chemische Zusammensetzung ist 0,789 % C, 0,026 % Si, 0,101 % P, 0,26 % Mn und 0,03 % S. Die Zerreissproben ergaben die folgenden Resultate:

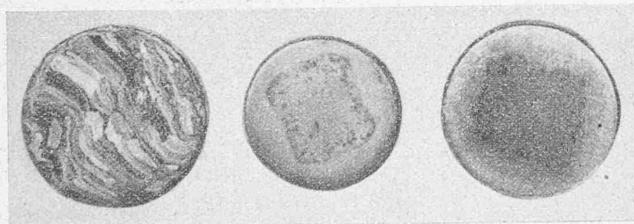


Abb. 11.

Abb. 12.

Abb. 13.

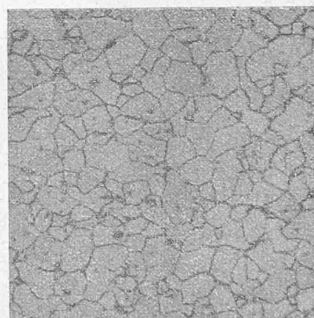
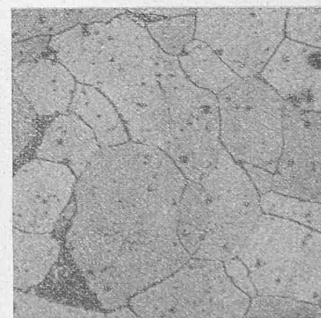
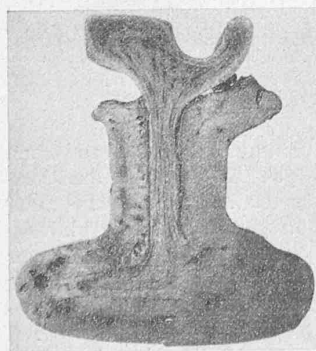
Abb. 14. $V = 160$.Abb. 15. $V = 160$.

Abb. 6.

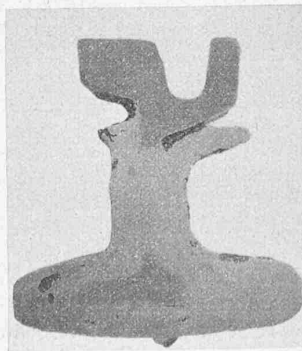
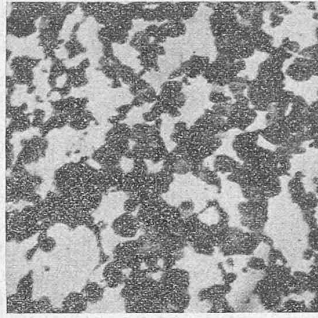
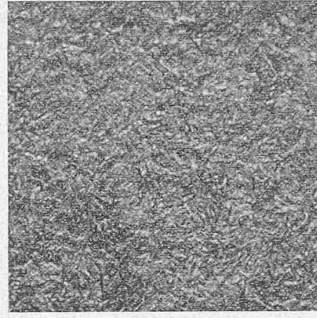


Abb. 7.

	Zugfestigkeit	Dehnung	Kontraktion
Kopf	6,67 t/m ²	1,25 %	0 %
Steg	7,40 t/m ²	2,40 %	3 %
Fuss	6,59 t/m ²	1,20 %	1 %

Das Material ist entsprechend dem sehr hohen Kohlenstoff-Gehalt *hart* und zeigt auffallend schlechte Dehnungs- und Kontraktionsziffern. Alle Umstände deuten darauf hin, dass es zu kalt gewalzt wurde. Demgegenüber zeigt Abb. 10 einen *normalen Schienenstahl* (Perlit dunkel, Ferrit weiss).

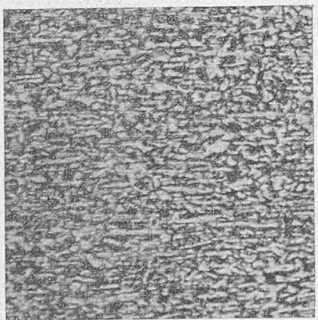
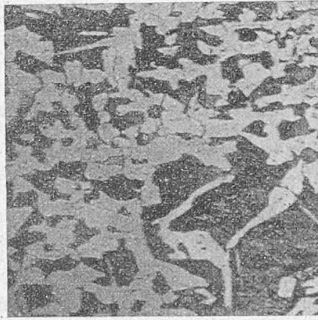
Strukturbilder von Schweiss- und Flusseisen in Rund-eisenform geben die Abbildungen 11 bis 13. Die beiden

Abb. 18. $V = 160$.Abb. 19. $V = 160$.Abb. 20. $V = 160$.Abb. 21. $V = 550$.

Flusseisenproben (Abbildungen 12 und 13) zeigen im Kern sehr starke und scharf ausgeprägte Saigerungszonen; ihre viereckige Form rührt von dem viereckigen Querschnitt der Coquille her, in die das Flusseisen vergossen wurde.

Die Wirkung des Glühens auf die Struktur von Flusseisen zeigen die Abbildungen 14 bis 17. In Abbildung 14 ist gewalztes, normales Flusseisen mit ausschliesslicher Ferritstruktur wiedergegeben, und Abbildung 15 zeigt dasselbe Material, durch längeres Glühen bei 1200° überhitzt; das Material hat auffallende grobkristallinische Struktur und die Merkmale sogen. „Ueberhitzungsprädigkeit“ (geringe Biegezahl). Weiter zeigt Abbildung 16 Flusseisen von einem Kettenglied einer im Betrieb gebrochenen Gallschen Kette. Die Struktur ist auffallend feinkörnig und zeigt deutliche Parallelschichtung mit Streckung der Ferrit-Körner, ein Beweis, dass das Blech bei zu niedriger Temperatur, d. h. etwa bei 700° oder sogar unterhalb dieser fertig gewalzt wurde. Der Verlauf der Saigerungstreifen auf dem makroskopischen Bilde zeigt überdies, dass sowohl die ganzen Kettenglieder als auch die zwei Löcher derselben gestanzt worden sind. Beide Momente, Kaltwalzung und Stanzen der Glieder und Löcher haben im Material Kaltsprödigkeit erzeugt, die auch bei der Schlagbiegeprobe durch die geringen Biegezahlen deutlich zum Ausdruck kam. Die Abbildung 17 zeigt in der gleichen Vergrösserung dasselbe Material, bei 950° C ausgeglüht; es hat wieder die normale Gefügebeschaffenheit, ohne Parallelschichtung.

Aus den Abbildungen 18 bis 21 sind weiter die Strukturverhältnisse von gehärtetem Steinbohrer Stahl ersichtlich (gewöhnlicher Kohlenstoffstahl von 0,946 % C; 0,146 % Si; 0,025 % P; 0,307 % Mn; 0,027 % S), bei

Abb. 16. $V = 160$.Abb. 17. $V = 160$.

vier verschiedenen Temperaturen in Wasser von gewöhnlicher Temperatur abgeschreckt. Jeder Temperatur bzw. jedem Gefügebild entsprechen bestimmte Härteeigenschaften. Abbildung 18 zeigt den Stahl im Anlieferungszustand; er besteht ausschliesslich aus lamellarem Perlit (eutektische Mischung). Eine milde Härtung bei einer Abschrecktemperatur von 900° bewirkt die Bildung von Troostit (Abb. 19), eine normale Härtung bei einer Abschrecktemperatur von 1000° eine martensitartige Struktur (Abbildung 20), eine schroffe Härtung von 1200° an eine austenitartige Struktur (Abb. 21, 550-fache Vergrösserung). (Schluss folgt.)

Das Tageslicht und sein Mass.

Von Baurat A. Burckhard, Hamburg.

Die Sonne, die Quelle des Tageslichtes, ist von der Erdoberfläche durch eine Lufthülle, die Atmosphäre, getrennt, die sich wie eine dünne Kugelschale um die Erde legt. Lichttechnisch wirkt die Atmosphäre wie ein durchscheinender Diffusor, ähnlich einer Milchglasglocke, die aber nicht die Lichtquelle, sondern das beleuchtete Objekt umgibt (vergl. Abbildung 1). Würde die Atmosphäre die Sonnenstrahlen durchlassen, ohne sie zu zerstreuen, so würde uns die Sonne wie ein Licht von überwältigender Leuchtkraft in dunkler Nacht erscheinen. Namentlich im Freien würde die Beleuchtung aller Uebergänge entbehren, alle Gegenstände würden in grellem Licht oder in tiefem Schatten liegen. Die Atmosphäre wirkt aber als Lichtzerstreuer nicht vollkommen und nicht gleichmässig. An einen vollkommenen Lichtzerstreuer stellt man folgende Anforderungen: 1. Er darf keinen Lichtstrahl unmittelbar durchlassen; 2. Er muss das Licht nach dem Cosinusetz ausstrahlen.

An diesen Anforderungen gemessen, zerstreut die Luft am vollkommensten bei Nebel oder bedecktem Himmel, am unvollkommensten bei klarem Himmel, der einen grossen Teil der Sonnenstrahlen unmittelbar durchlässt. Wir sprechen dann davon, dass „die Sonne scheint“. Lichttechnisch unterscheiden wir zwischen Besonnung und Beleuchtung, obwohl beide nur dem Grade nach, nicht dem Wesen nach verschieden sind. Für die mit der Besonnung zusammenhängenden bautechnischen Fragen spielt die Besonnungsdauer eine Hauptrolle, d. h. die Dauer des möglichen Sonnenscheins, zu deren Bestimmung die Kenntnis der jeweiligen Sonnenstellungen erforderlich ist. Für die Beleuchtung ist es namentlich Lamberts photometrisches Grundgesetz, das uns die Möglichkeit einer Theorie des

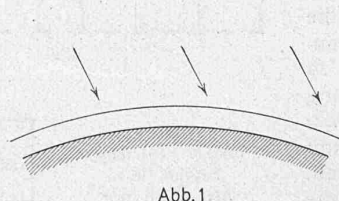


Abb. 1

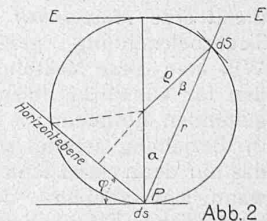


Abb. 2

Tageslichtes eröffnet. Nach Lamberts Gesetz erhalten wir für den Lichtstrom dH , den ein Flächenstück ds einem andern dS zustrahlt (Abb. 2)

$$dH = \frac{i \cdot ds \cdot dS \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}{r^2} \quad (1)$$

worin r die Entfernung der beiden Flächenelemente von einander, α und β die Neigung der Normalen auf ds und dS gegen ihre Verbindungslinie und i die Flächenhelle des Flächenstückes ds bezeichnen. Dieses Gesetz gilt mit einigen Abweichungen nicht nur für selbstleuchtende Körper, sondern auch für diffus durchscheinendes und für diffus