Ueber die Röntgen'schen X-Strahlen

Autor(en): **Pernet, J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **27/28 (1896)**

Heft 7

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-82320

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Ueber die Röntgen'schen X-Strahlen. — Bestimmung der Belastungsgrenze bei Fachwerken mit abwechselnd lotrechten und schiefen Streben. — Elektr. Strassenbahnen. — Miscellanea: Londons Verkehrsverhältnisse und Verkehrsmittel. Testalin. Eidg. Polytechnikum. Elektr. Bahn auf die Schneekoppe. Wahl des Stadtbaurats von Berlin für den Hochbau. Eine Kraft- und Arbeitsmaschinen-Ausstellung. XII. Wanderversammlung des Verbandes deutscher Arch.- und Ing.-Vereine. — Konkurrenzen: Turmbau zur Kirche in St. Moritz. Primarschulhaus in Luzern. Rathaus in Dessau. Zwei evang. Kirchen f. d. Vorort Gross-Lichterfelde bei Berlin. Farbiges Plakat f. d. internat. Kunstausstellung in Dresden 1897. Evangel.-luther. Kirche in Kiel. Auszeichnungsmedaille d. Landesausstellung in Genf. Bebauungsplan in Genf. — Litteratur: Die Vierteljahrsschrift der naturforsch. Gesellschaft in Zürich. — Nekrologie: † Alfred Hafner. † Rud. Benedict. † Mariano Medina Contreras. — Vereinsnachrichten: Technischer Verein Winterthur. Stellenvermittelung.

Ueber die Röntgen'schen X-Strahlen.*)

Von Professor *J. Pernet.*

Zu Weihnachten 1895 erschien als Separatabzug aus den Sitzungsberichten der Würzburger physikalisch-medizinischen Gesellschaft eine vorläufige Mitteilung von Professor Wilhelm Konrad Röntgen: „Ueber eine neue Art von Strahlen."

Die kleine, nur zehn Druckseiten umfassende Schrift, die inzwischen bereits in dritter Auflage erschienen ist, enthielt in präciser und übersichtlicher Form eine solche Fülle durchaus neuer und überraschender Thatsachen, dass die Mehrzahl der Physiker sich veranlasst sah, vorläufig die eigenen Arbeiten ruhen zu lassen und ihre Thätigkeit dem neuerschlossenen Gebiete zuzuwenden, obschon, angesichts der von Professor Röntgen nach allen Richtungen hin sorgfältigst durchgeführten Arbeit, es sich zunächst nur um eine Bestätigung und Anwendung bereits vorliegender Resultate handeln konnte.

Unwillkürlich hatte sich Aller die Ueberzeugung bemächtigt, dass mit Hülfe der von Professor Röntgen entdeckten neuen Strahlen und auf dem von ihm bereits eingeschlagenen Wege zur Erzeugung von Schattenrissen des Knochengerüstes des menschlichen Körpers der operativen Heilkunde eine äusserst wertvolle Grundlage gegeben werden könne, wie eine solche bisher nur der Augenheilkunde durch Helmholtz aus der Konstruktion des Augenspiegels erwachsen war.

In weitesten Kreisen erfreute sich daher „die Photographie unsichtbarer und undurchsichtiger Körper" sofort der allgemeinen Beachtung, als eine der ersten unmittelbaren Anwendungen der Röntgen'schen Untersuchungen, die auch nach technischer Richtung hin zu grossen Hoffnungen berechtigen. Noch jetzt, nach zwei Monaten allseitiger angestrengter Thätigkeit, herrscht nicht nur in Fachschriften, sondern auch in der Tagespresse das Interesse hiefür in einem bis dahin in wissenschaftlichen Fragen noch nicht erreichten Masse, so dass der Forscher in kürzester Frist über die einschlägigen Arbeiten orientiert wird und jeder Tag neue Bestätigungen oder weitere Vervollkommnungen nach der technischen Seite hin mit sich bringt.

Bevor wir auf die Röntgen'schen Arbeiten näher eintreten, vergegenwärtigen wir uns kurz den Stand unserer Kenntnisse auf den betreffenden Gebieten zur Zeit des Erscheinens der Röntgen'schen Schrift.

Durch die klassischen Arbeiten von Hertz war der experimentelle Nachweis geführt worden, dass ausser den auf die Netzhaut unseres Auges wirkenden Wellenbewegungen des Aethers, die wir Licht nennen, den durch ihre chemische Aktion sich auszeichnenden *ultravioletten* Schwingungen, und den vorzugsweise durch ihre Wärmewirkungen erkennbaren *ultraroten* Vibrationen des Aethers, sich noch Wellen *elektrischer Kraft* anschliessen, die sich mit derselben Geschwindigkeit von 300 000 *km* pro Sekunde im Raume ausbreiten, deren Wellenlängen von Millimetern bis zu Metern variieren, während diejenigen der Lichtwellen nur zwischen 0,8 und 0,4 eines Tausendstelmillimeters betragen. Die Wellen elektrischer Kraft sind wie die Lichtwellen tranversal zur Fortpflanzungsrichtung, denn sie zeigen die Erscheinungen der Polarisation, sie können ferner gebrochen, reflektiert und gebeugt werden.

Die gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit deutet auf ein gemeinsames Medium, d. h. den Lichtäther hin. Dieser selbst wurde als eine gelatinöse Substanz gedacht, welche den Gesetzen der Schwerkraft so gut wie gar nicht unterworfen sei, leicht in Schwingungen gerate und einer Trennung nur einen äusserst geringen Widerstand entgegensetze. Ein solches hypothetisches Medium ist theoretisch auch longitudinaler Schwingungen fähig, doch gelang es bisher nicht, solche Aetherwellen experimentell nachzuweisen.

Professor Hittorf hatte bereits gezeigt, dass wenn die Entladungen eines Induktoriums durch eine stark evakuierte Röhre geleitet werden, in der Nähe der Stelle, an welcher die negative Elektricität durch ein tellerförmiges Metallplättchen (die sogenannte Kathode) in das Rohr eintritt, ein dunkler Raum entsteht. Bei hinreichender Verdünnung gehen von der Kathode Strahlen unbeeinflusst von der Lage des Anoden geradlinig durch das Rohr und erzeugen an einer der Kathode gegenüberliegenden Stelle, je nach der Natur des Glases, ein bläuliches oder grünliches Fluorescenzlicht. Die Kathodenstrahlen werden ferner durch einen zwischengeschobenen metallischen Körper reflektiert und durch einen Magneten aus ihrer geradlinigen Bahn zur Seite gelenkt.

Prof. Goldstein unterschied zwei Arten von Kathodenstrahlen, die blauen, ablenkbaren und die gelben, welche durch einen Magneten nicht beeinflusst würden. Er fand ferner, dass im Innern des Rohres die Kathodenstrahlen photochemische Wirkungen hervorriefen.

Nachdem Hertz, sowie die Professoren E. Wiedemann und Ebert die Beobachtung gemacht hatten, dass diese Kathodenstrahlen durch Blattmetalle durchzudringen vermögen, unternahm es Prof. Lenard, das Verhalten solcher aus der Röhre ausgetretener Kathodenstrahlen näher zu untersuchen. Er überzeugte sich, dass phosphorescenzfähige Körper hell aufleuchten, sogar in einer Entfernung von 6—8 *cm* von der Austrittstelle, während die Kathodenstrahlen selbst dem Auge unsichtbar bleiben. Sie gehen durch Aluminiumblech von 0,03 *mm* Dicke noch durch, während eine Quarzplatte von 0,5 *mm* Dicke, Metallbleche von derselben Dicke, sowie ein Karton von 0,3 *mm* alles Leuchten bereits verhinderten. Die Kathodenstrahlen zeigten sich ferner photographisch wirksam und konnten im Wasserstoff noch in 30 *cm* Entfernung in Luft, in 6 *cm* Entfernung durch die Erzeugung von Phosphorescenzwirkungen nachgewiesen werden, in stark verdünnten Gasen sogar bis auf etwa 135 *cm* Entfernung. Die Ablenkung einer und derselben Art von Kathodenstrahlen war unabhängig von dem Medium und dem Druck; dagegen giebt es wie Prof. Goldstein bereits beobachtet hatte, bei verschiedenen Gasdrucken auch verschiedene Arten von Kathodenstrahlen.

Während Crookes und mit ihm auch Prof. J. J. Thomson die Entstehung der Kathodenstrahlen auf die Bewegung von Gasteilchen zurückführte, hält Prof. Lenard wie Prof. Goldstein, Hertz und Prof. E. Wiedemann die Kathodenstrahlen für Vorgänge im Aether, also für transversale Schwingungen ähnlich denjenigen des Lichtes.

*) Gerne entspreche ich dem Wunsche der Redaktion, in dem Organe der Gesellschaft ehemaliger Studierender des eidgenössischen Polytechnikums über die Arbeiten *ihres Mitgliedes*, des Herrn Professor Röntgen, zu referieren, der hier in Zürich durch Professor Kundt der Physik zugeführt worden ist, hier die erste vielversprechende Probe seiner vorzüglichen Beobachtungsgabe ablegte und dessen liebste Jugenderinnerungen seinem eigenen Zeugnis zufolge mit Zürich innig verknüpft sind. Prof. Röntgen besuchte von 1865—1868 die mechanisch-technische Abteilung des eidgenössischen Polytechnikums, war von 1870—72 Assistent am physikalischen Institut der Universität zu Würzburg, von 1872—75 Assistent und Privatdozent an der Universität zu Strassburg, von 1875—76 ordentlicher Professor der Physik an der Akademie Hohenheim, von 1876—79 ausserordentlicher Professor an der Universität zu Strassburg, von 1879—88 Professor und Direktor des physikalischen Institutes an der Universität Giessen, seit 1888 Professor und Direktor des physikalischen Institutes an der Universität Würzburg.

Als nun Prof. Röntgen sich mit den Fluorescenzwirkungen der Kathodenstrahlen beschäftigte, machte er die Beobachtung, dass, trotzdem die hierbei benutzte Röhre durch dünnen schwarzen Karton vollständig eingeschlossen war, so dass weder ultrarote noch ultraviolette Strahlen durchdringen konnten, dennoch bei jeder Entladung ein starkes Aufleuchten eines mit Baryumplatincyanür bestrichenen Schirmes eintrat, selbst wenn dieser in 2 *m* Entfernung sich befand.

Eine nähere Prüfung ergab, dass alle Körper für diese Strahlen durchlässig seien, allerdings in sehr verschiedenem Grade. Während z. B. eine 15 *mm* dicke Aluminiumschicht die Wirkung zwar beträchtlich schwächte, doch keineswegs aufhob, erwies sich eine Bleiplatte von 1,5 *mm* Dicke praktisch als undurchlässig. Aus einer Reihe von Messungen resultierte, dass die Durchlässigkeit der verschiedenen Substanzen bei gleicher Dicke wesentlich von der Dichte abhänge. So fand Prof. Röntgen dieselbe Durchlässigkeit bei folgenden Dicken und Dichten:

	Dicke	relative Dicke	Dichte
Pt	0,018 *mm*	1	21,5
Pb	0,05	3	11,3
Zn	0,10	6	7,1
Al	3,50	200	2,6

woraus hervorgeht, dass keineswegs die gleiche Durchlässigkeit eintritt, wenn das Produkt aus Dicke und Dichte gleich ist.

Ausser der Fluorescenzwirkung entdeckte Prof. Röntgen auch eine starke chemische Wirkung. Trockenplatten erwiesen sich als sehr empfindlich für diese Strahlen. Hiezu kam noch die merkwürdige Eigenschaft der Strahlen, fast ungehindert durch Holz, Papier, ja sogar durch Staniolschichten hindurchzugehen. Ob die chemische Wirkung direkt, oder mittelbar durch das Fluorescenzlicht der Glasplatte, in der Gelatineschicht eingeleitet wird, lässt Prof. Röntgen noch unentschieden. Trotzdem die das Auge bildenden Medien für die Strahlen durchlässig sind, so bleiben die Strahlen dennoch dem Auge verborgen, sie wirken nicht auf die Retina.

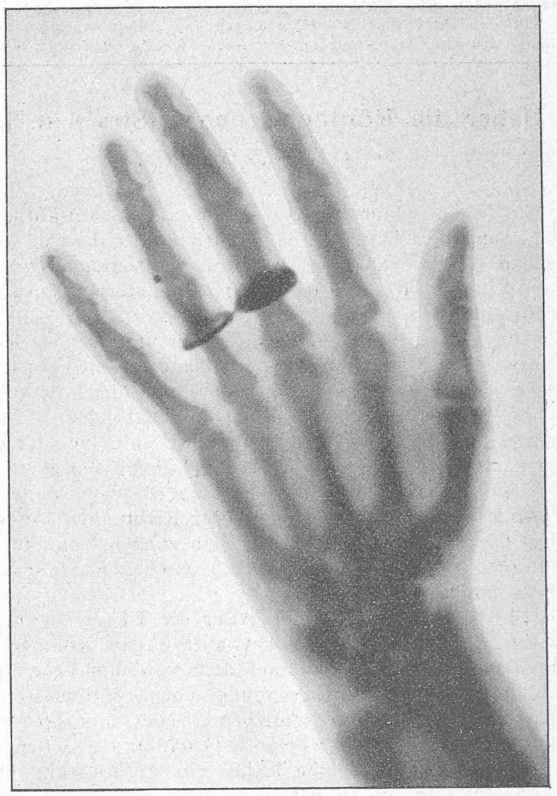
Eine Brechung der Strahlen durch Schwefelkohlenstoff, Hartgummi oder Aluminium konnte selbst bei einem brechenden Winkel von 30° nicht nachgewiesen werden. Jedenfalls würde der Brechungsexponent im Maximum nur 1,05 betragen können. Fein pulverisierte Körper zeigten sich im Gegensatz zu ihrem Verhalten dem Licht gegenüber als ebenso durchlässig wie eine kohärente Schicht. Infolge der fehlenden Brechung war es selbstverständlich, dass Linsen aus Hartgummi und Glas diesen neuen Strahlen gegenüber völlig wirkungslos waren. Auch ist keine merkliche Reflexion vorhanden.

Danach würde es erscheinen, als wenn diese Strahlen sich mit gleicher Geschwindigkeit in allen Körpern bewegen und zwar in einem überall vorhandenen Medium, in welchem die Moleküle eingebettet sind.

In Uebereinstimmung mit dem von Lenard bereits für die Kathodenstrahlen gefundenen Resultat hält Prof. Röntgen die Strahlen für Vorgänge im Aether und zeigt, dass die Strahlen diffus verlaufen. Die Intensitäten nehmen wie beim gewöhnlichen Lichte ab mit dem Quadrate der Entfernung von der Erregungsstelle.

Im allgemeinen sind jedoch die Körper für die X-Strahlen durchlässiger als für die Kathodenstrahlen. Eine fernere wesentliche Verschiedenheit liegt in der Tatsache, dass selbst in sehr kräftigen magnetischen Feldern eine Ablenkung der X-Strahlen *nicht* zu bemerken war, während Hertz und Prof. Lenard für die Kathodenstrahlen stets eine beträchtliche Ablenkung wahrgenommen haben. Da die X-Strahlen immer von der Stelle auszugehen scheinen, wo die Kathodenstrahlen die Glaswand treffen, so ist Prof. Röntgen der Ansicht, dass die neuen Strahlen durch die Kathodenstrahlen in der Glaswand des Entladungsapparates erregt werden. Eine solche Erzeugung findet aber nicht nur in Glas statt, sondern auch in Aluminium, wie bei einem durch ein 2 *mm* dickes Aluminiumblech abgeschlossenen Apparat beobachtet werden konnte.

Die neuen Strahlen bilden ganz regelmässige Schatten, wenn zwischen den Apparat und den fluorescierenden Schirm,



Aufnahme von Prof. Pernet. Phot. von R. Ganz in Zürich.

Damenhand in 1/2 der nat. Grösse.

oder die photographische Platte mehr oder weniger durchlässige Körper gebracht werden.

Von besonderem Interesse sind die von Prof. Röntgen aufgenommenen Photographien von den Schatten der Profile einer Thüre, der Knochen einer Hand, oder von einem Massensatze, der in einem Kästchen eingeschlossen war, und ferner von einer Bussole, bei welcher die Nadel von einem metallenen Kästchen umgeben war. Der Schattenriss zeigt deutlich die Nadel, sowie die Teilstriche und die Bezeichnungen der Himmelsrichtungen N, O, S, W, weil letztere mit wenig durchlässigen Oxyden geschwärzt sind. Die Anwendbarkeit der Methode von Prof. Röntgen zur Prüfung von Materialien erhärtet aus dem Schattenbild eines Metallstückes, in welchem die Gussfehler durch die X-Strahlen deutlich sichtbar gemacht worden sind.

Trotz sorgfältiger Untersuchungen hat Prof. Röntgen bis jetzt Interferenzerscheinungen der X-Strahlen nicht herbeiführen können.

Aus dem gesamten Verhalten der neuen Strahlen zieht nun Herr Professor Röntgen den Schluss, dass dieselben sowohl von den Kathodenstrahlen, als auch von den Lichtstrahlen verschieden seien und er wirft die Frage auf, ob die neuen Strahlen nicht *longitudinalen* Schwingungen im Aether zuzuschreiben seien?

Soweit meine Kenntnis reicht, sind bis jetzt alle von Prof. Röntgen gemachten Mitteilungen bestätigt worden. Niemand hat eine Brechung, eine Polarisation, eine Doppelbrechung oder Interferenz beobachten können. Man muss daher aus allen angeführten Thatsachen den Schluss ziehen, dass diese neuen Strahlen weder Kathodenstrahlen noch ultraviolette Strahlen sind.

Herr Perrin, der in den Laboratorien der Ecole Normale und der Sorbonne in Paris die Versuche des Herrn Prof. Röntgen bestätigte, hatte bereits im Dezember 1895 neue Versuche mit Kathodenstrahlen veröffentlicht und den Nachweis geliefert, dass die Kathodenstrahlen wirklich

negative Ladungen besitzen, während in der Nähe der Stelle, woselbst sie entstehen, auch die entsprechenden positiven Ladungen auftreten. Aus diesen Versuchen dürfte möglicher-

Aufnahme des physikalischen Staatslaboratoriums zu Hamburg

Hand in 1/2 der nat. Grösse.

weise der Hypothese einer materiellen Radiation, die von Crookes und Prof. J. J. Thomson vertreten wird, eine neue Stütze erwachsen.

Nach Ansicht des Herrn Perrin würde in der Nähe der Kathode das elektrische Feld hinlänglich stark sein, um eine grössere Zahl von Molekülen in Jonen aufzulösen.

Die *negativen* Jonen wandern alsdann der Region zu, wo das Potential wächst. Sie erlangen hierbei eine beträchtliche Geschwindigkeit und bilden alsdann die Kathodenstrahlen. Ihre elektrische Ladung und auch ihre Masse ist leicht bestimmbar unter Anwendung der Faraday'schen Cylinder.

Die *positiven* Jonen gehen in der entgegengesetzten Richtung und bilden ein diffuses Bündel, welches jedoch nicht als eine Radiation im korrekten Sinne des Wortes aufzufassen ist.

Daraus würde folgen, dass die X-Strahlen ihre Entstehung dem Anprall der negativ geladenen Molekeln gegen die Wand des Rohres verdanken. Manche der beobachteten Strömungserscheinungen dürften hierdurch ihre Erklärung finden.

Während die physikalische Natur dieser neuen Strahlen noch teilweise in Dunkel gehüllt ist, liegen anderseits schon eine Reihe wertvoller Anwendungen der Photographie undurchsichtiger bezw. halbdurchsichtiger Körper vor, welche die Anwendbarkeit der neuen Strahlen zur Konstatierung von Knochenverletzungen oder Deformationen durchaus bejahen. So gelang es z. B. dem berühmten Chirurgen des „Hôpital Trousseau" zu Paris, Herrn Lannelongue auf diesem Wege den Beweis zu führen, dass die Auflösung der Knochen vom Centrum ausgehe und nach und nach so weit fortschreite, dass nur noch papierdünne Hüllen übrig bleiben. Auch eine Photographie, aufgenommen von Prof. Puluj in Prag lässt die Zerstörung der Knochenmitten einer tuberkulösen Hand recht deutlich erkennen.

Während bei lebenden Objekten die Muskeln sehr durchsichtig sind und der Schattenriss einer lebenden Hand daher die äusseren Umrisse ziemlich gleichmässig begrenzt wiedergibt und nur die Knochen scharf und klar sich abheben, ist bei toten Objekten unter gleichen Verhältnissen die Muskulatur zu erkennen. Selbst Blutgefässe treten hervor, wenn dieselben nach dem Vorgange des Wiener physiologischen Institutes mit einer Mischung von Steinöl mit Kreide und Zinnober injiciert werden.

Die Abbildung auf S. 42 zeigt in halber natürlicher Grösse die vom Referenten unter Mitwirkung des Photographen Herrn Ganz ausgeführte Aufnahme der Hand einer Dame.*) Sehr schön hebt sich der schmale Fingerring von dem Finger ab und lässt sowohl einen Lichtschein als auch den Schatten auf dem Knochen der Hand erkennen. Andere Aufnahmen werden mit dieser vereinigt in zwangloser Folge unter dem Titel: „Die Röntgen'schen Strahlen im Dienste der Kunst, Wissenschaft und Technik" veröffentlicht werden und sollen sich auch auf das Gebiet der Materialuntersuchung erstrecken.

Von hervorragendem Interesse ist jedoch vor allem die angekündigte Publikation von 15 Photographien einer neuen Art von Strahlen, aufgenommen von Professor W. C. Röntgen, durch welche die klassischen Aufnahmen jedermann zugänglich gemacht werden sollen, sowie ferner die in Aussicht gestellte ausführliche Abhandlung von Professor Röntgen, deren Veröffentlichung alle Physiker mit grösster Spannung entgegensehen.

Bestimmung der Belastungsgrenze bei Fachwerken mit abwechselnd lotrechten und schiefen Streben.

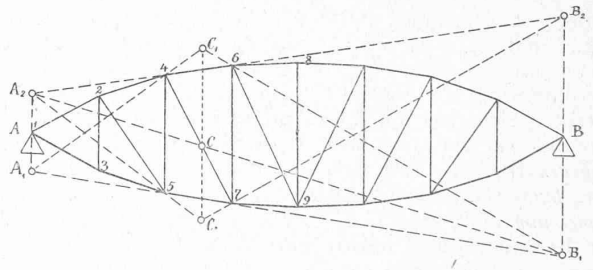
Die bekannte Culmann'sche Regel, nach der man diese Grenze findet, lautet für unten liegende Fahrbahn:

Man verlängert den vom Querschnitte getroffenen Obergurt bis zum Schnitte mit den Auflagervertikalen, verbindet diese Punkte mit den Endpunkten des vom Schnitte getroffenen Untergurts in der Weise, dass diese Verbindungslinien sich ausserhalb des Fachwerkes schneiden, dann ist der Schnittpunkt die gesuchte Grenze. Für oben liegende Fahrbahn vertauscht man die beiden Gurtungen miteinander.

Es giebt aber noch ein Verfahren, welches für specielle Fälle einfacher ist.

Wir wollen die Streben und die Pfosten getrennt behandeln.

Fig. 1.



I. Streben. Sei z. B. die Strebe 4—7, für welche wir die Belastungsgrenze finden wollen.

Wir nehmen an, die Fahrbahn sei oben. In diesem Falle verlängert man den Untergurt bis zum Schnitte mit den Auflagervertikalen A_1, B_1, verbindet dann A_1 mit 4, B_1 mit 6 und findet als Grenze den Punkt C_1. Man kann aber die Vertikale durch C_1 auch finden, wenn man den Ober-

*) Um zu zeigen, wie scharf und deutlich die Aufnahmen des Herrn Professor *Pernet* sind, stellen wir seiner Aufnahme die Abbildung einer Hand entgegen, welche am 17. Januar 1896 im physikalischen Staatslaboratorium in Hamburg gewonnen wurde. Diese ebenfalls auf die Hälfte reducierte Darstellung wurde bisher als eine der besten betrachtet, die mit den Röntgen'schen X-Strahlen erzielt worden sind. *Die Red.*