

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	63/64 (1914)
Heft:	11
Artikel:	Ueber zusätzliche Triebwerkbeanspruchung durch Lagerspiel bei Kurbelgetrieben elektrischer Lokomotiven
Autor:	Kummer, W.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-31521

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: 22.02.2026

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

Ueber zusätzliche Triebwerkbeanspruchung durch Lagerspiel bei Kurbelgetrieben elektrischer Lokomotiven.

Von Prof. Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.

Im Anschluss an unsern, im März dieses Jahres in der „Schweiz. Bauzeitung“ veröffentlichten Aufsatz „Ueber Triebwerkbeanspruchung bei elektrischen Lokomotiven, mit besonderer Berücksichtigung des Kurbelantriebs“¹⁾), der die Vergleichung der Triebwerkbeanspruchung des Lokomotiv-antriebes bei Kurbelgetrieben einerseits und bei Getrieben mit nur rotierenden Konstruktionsteilen anderseits bezeichnete, und zur Ermöglichung dieses Vergleichs von idealen Annahmen über die zu vergleichenden Triebwerksteile aus gehen musste, haben wir nunmehr auf die Behandlung derjenigen dynamischen Vorgänge einzutreten, welche bei der Ausführung von Kurbelgetrieben für besonders leistungsfähige Lokomotiven zu neuen und ungeahnten Schwierigkeiten Anlass geboten haben, und deren Entstehung vorwiegend in Unvollkommenheiten der Dimensionierung und Formgebung, sowie der technischen Ausführung und Instandhaltung begründet ist.

In dieser Hinsicht haben beispielsweise die Torsion ungenügend dimensionierter Triebwellen, Stichmassfehler im Getriebe, sowie namentlich das durch Fehler oder Abnutzung entstandene *Lagerspiel* bedenkliche Störungen bereitet. In sehr vielen Fällen konnte das Auftreten von Brüchen im Triebwerk auf durch das Lagerspiel verursachte Schwingungerscheinungen aus dem Grunde zurückgeführt werden, weil diese Erscheinungen bei Unterdrückung des Lagerspiels verschwanden; da wo das Lagerspiel selbst nicht hinreichend zu beseitigen war, konnte etwa durch besondere Massnahmen sein gefährlicher Einfluss herabgesetzt werden. Untersuchungen über den Einfluss des Lagerspiels auf die Beanspruchungen beim Kurbelgetriebe elektrischer Lokomotiven waren daher unumgänglich notwendig geworden. Vor Kurzem sind in deutschen Fachzeitschriften bezügliche Arbeiten einerseits von *J. Buchli*, Baden, und anderseits von *A. Wichert*, Berlin, erschienen²⁾, denen bereits eine wesentliche Klärung der Verhältnisse zu verdanken ist. In der nachstehenden Arbeit wollen wir versuchen, das bisher mehr nur allgemein physikalisch erörterte Thema analytisch anzugehen.

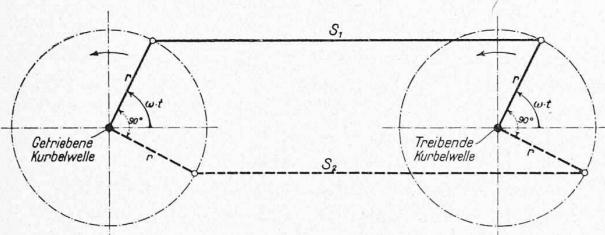


Abb. 1. Schema des normalen Parallelkurbelgetriebes.

In unserer früheren Arbeit haben wir zur analytischen Formulierung des durch Abbildung 1 in seiner einfachsten Anwendung dargestellten Parallelkurbelgetriebes, für die Zerlegung einer konstant vorausgesetzten Triebkraft P bzw. der ihr identisch gleichen Gesamtstangenkraft S in die Einzelstangenkräfte S_1 und S_2 den allgemeinen Ausdruck:

$$S_1 = S \sin(\omega t) - S' \cos(\omega t)$$

$$S_2 = S \cos(\omega t) + S' \sin(\omega t)$$

erhalten, wobei S' als unbestimmte Grösse bezeichnet werden musste, von der zunächst nur gesagt werden konnte, dass sie für Drehwinkel (ωt) von 45° zu 45° den Wert null annimmt. Aus unserm Ausdruck folgt ohne weiteres:

$$S_1^2 + S_2^2 = S^2 + S'^2$$

¹⁾ Band LXIII, Seiten 156, 169 und 177.

²⁾ Auf Seite 380 von Band LXIII der «Schweiz. Bauzeitung» haben wir bereits auf die zwei Arbeiten hingewiesen. Seither haben sich in der «Elektrotechnischen Zeitschrift» auf Seite 923 und 924 laufenden Bandes die zwei Autoren in einer Kontroverse weiter zum Thema geäussert.

welche Beziehung dahin gedeutet werden kann, dass über der konstanten Kraft S ein Kräfteviereck mit rechten Winkeln zwischen S_1 und S_2 einerseits und zwischen S und S' anderseits für alle Drehwinkel (ωt) bestehe, ausser für jene mit $S' = 0$. Der Sonderfall, dass vorübergehend oder ständig $S' = 0$ ist, liefert über der konstanten Kraft S ein rechtwinkliges Dreieck der Kräfte S , S_1 , S_2 und mit:

$$S_1^2 + S_2^2 = S^2$$

das Minimum der Resultierenden aus S_1 und S_2 . Wegen der Beziehung:

$$S = S_1 \sin(\omega t) + S_2 \cos(\omega t),$$

die für $S' = 0$ zu:

$$S = S \sin^2(\omega t) + S \cos^2(\omega t)$$

wird, sind S_1 und S_2 bei ständigem Verschwinden von S' in Abhängigkeit von (ωt) durch rein harmonische Funktionen, gemäss Abbildung 2, gegeben.

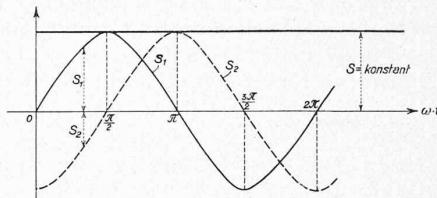


Abb. 2. Idealer Verlauf der Stangenkräfte.

Lokomotivantriebs bei Kurbelgetrieben einerseits und bei Getrieben mit nur rotierenden Konstruktionsteilen anderseits. Diesem Idealfall kann ein wirkliches Kurbelgetriebe nur dann nahe kommen, wenn es hinreichend reibungsfrei und ohne Lagerspiel läuft, genau passend und hinsichtlich Form und Material gleichmässig gebaut ist, und zudem noch gewissen Bedingungen in Bezug auf die auftretenden elastischen Deformationen entspricht. Bei Vorhandensein eines irgendwie erheblichen Lagerspiels ist rein sinusförmiger Charakter der Stangenkräfte S_1 und S_2 völlig ausgeschlossen. Nur insofern als auch beim wirklichen Kurbelgetriebe noch mit genügender Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse von einer konstant übertragenen Gesamtstangenkraft S gesprochen werden kann, hat der analytische Ansatz:

$$S_1 = S \cdot \sin(\omega t) - S' \cdot \cos(\omega t)$$

$$S_2 = S \cdot \cos(\omega t) + S' \cdot \sin(\omega t)$$

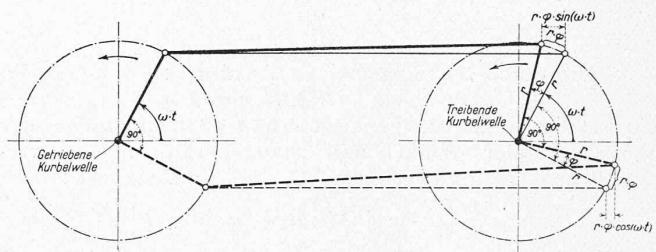


Abb. 3. Deformationsbild für idealen Verlauf der Stangenkräfte.

formell noch Berechtigung¹⁾). Auf Grund der Studie von *G. L'Hoest* „Note sur le fonctionnement des bielles d'accouplement“²⁾ ist aber, auch beim Vorliegen einer an sich konstanten Triebkraft, eine tatsächliche Konstanz der Gesamtstangenkraft S völlig ausgeschlossen, wenn das Lager-spiel in Berücksichtigung gezogen wird.

Aus der genannten Arbeit von *L'Hoest* ergibt sich, dass beim idealen Kurbelgetriebe mit:

$$S_1 = S \sin(\omega t), \quad S_2 = S \cos(\omega t)$$

die Stangenkräfte S_1 und S_2 unter Zugrundelegung der Deformation in der Stangenrichtung und bei Einführung des reduzierten Nachgiebigkeitsgrades γ durch:

$$S_1 = \frac{1}{\gamma} \cdot s \cdot \sin(\omega t); \quad S_2 = \frac{1}{\gamma} \cdot s \cdot \cos(\omega t)$$

¹⁾ Vergl. unsere Fussnote auf Seite 170 von Band LXIII.

²⁾ Bulletin des internationalen Eisenbahnkongressverbandes 1912, Band XXVI, Seite 889—902.

darstellbar sind. Die Grösse s kann ihrerseits durch den Kurbelkreishalbmesser r und den Voreilungswinkel φ der treibenden Kurbelwelle gemäss:

$$s = r \cdot \varphi$$

ausgedrückt werden. Die Zulässigkeit dieser Darstellungsweise kann ohne weiteres aus Abbildung 3 entnommen werden. Wird nun das Lagerspiel der Kurbelzapfen mit dem für jede Kurbel konstanten Betrag a in Berücksichtigung gezogen, während im übrigen die Verhältnisse des idealen Kurbelgetriebes aufrecht bleiben sollen, so ist, nach den Untersuchungen von L'Hoest, für die Stangenkräfte S_1 und S_2 zu schreiben:

$$S_1 = \frac{1}{\gamma} [r \cdot \varphi \cdot \sin(\omega t) \mp a]$$

$$S_2 = \frac{1}{\gamma} [r \cdot \varphi \cdot \cos(\omega t) \mp a]$$

Dabei gelten im Klammerausdruck von S_1 z. B. das Vorzeichen „minus“ für Stangenkräfte an Kurbeln im ersten und zweiten Quadranten, das Vorzeichen „plus“ für Stangenkräfte an Kurbeln im dritten und vierten Quadranten. Im weitern gelten die Ausdrücke für S_1 und S_2 auch nur für:

$$r \cdot \varphi > \frac{a}{\sin(\omega t)} \text{ bzw. } r \cdot \varphi > \frac{a}{\cos(\omega t)}$$

da im entgegengesetzten Fall die Berührung zwischen Zapfen und Stangenlagern aufhört.

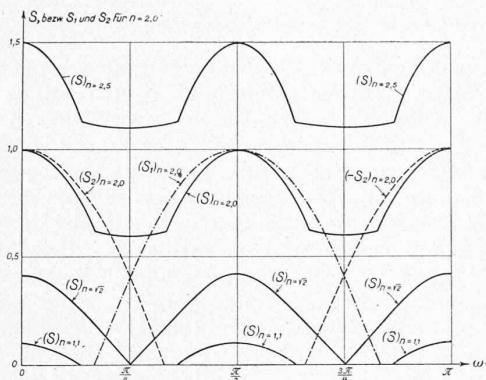


Abb. 5 a. Verlauf der Stangenkräfte nach den Formeln von L'Hoest bei Berücksichtigung des Lagerspiels für die

$$\text{Ansätze: } \frac{1}{\gamma} \cdot r \cdot \varphi = 1 \text{ und } \frac{r \cdot \varphi}{a} = n = 1, 1, = \sqrt{2}, = 2,0, = 2,5.$$

Die durch den allgemeinen Ausdruck:

$$S = S_1 \sin(\omega t) + S_2 \cos(\omega t)$$

dargestellte Gesamtstangenkraft erhält dann angesichts der Vorzeichen der Winkel und Stangenkräfte in den verschiedenen Quadranten den vollständigen Ausdruck:

$$S = \pm \frac{1}{\gamma} \{ [r \cdot \varphi \sin^2(\omega t) - a \sin(\omega t)] + [r \cdot \varphi \cos^2(\omega t) - a \cos(\omega t)] \}$$

Auf den genannten, von L'Hoest aufgefundenen Beziehungen über den Einfluss des Lagerspiels auf den Charakter der Stangenkraft in Abhängigkeit vom Drehwinkel fussen nun auch die schon erwähnten physikalischen Betrachtungen von J. Buchli und A. Wichert über die dabei herrschenden Beanspruchungsverhältnisse. Mit Hülfe der Ansätze:

$$r \cdot \varphi > \frac{a}{\sin(\omega t)} \text{ bzw. } r \cdot \varphi > \frac{a}{\cos(\omega t)}$$

durch die die Gültigkeitsgrenzen des Ausdrückes für S festgelegt sind, hat A. Wichert in seiner Studie¹⁾ in anschaulicher Weise durch ein Schaubild (Abbildung 4) den Einfluss des Lagerspiels auf den Eingriff der Stangen verständlich gemacht. Er äussert sich diesbezüglich folgendermassen:

„Die Grenzwerte $\frac{a}{\sin(\omega t)}$ und $\frac{a}{\cos(\omega t)}$ von $r \cdot \varphi$, d. h. die Werte, bei denen gerade noch innige Berührung zwischen

¹⁾ Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen 1914, Seite 327.

Kurbelzapfen und Stangenlagern vorhanden ist, kann man als Ordinate in Abhängigkeit von (ωt) als Abszisse auftragen, wodurch man Abb. 4 erhält, die insofern interessant ist, als sie bereits erkennen lässt, in welcher Weise die Eingriffe der Stangen beider Triebwerksseiten einander ablösen. Der Deutlichkeit halber sind die Zonen von $r \cdot \varphi$, innerhalb derer die vordere Seite an der Drehmomentsübertragung beteiligt ist, in der Abbildung senkrecht schraffiert worden und die, innerhalb derer die hinten liegenden Stangen im Eingriff sind, wagrecht. Wo doppelte Schraffur vorhanden ist, sind auch beide Seiten im Eingriff, wo keine, da wird auch kein Drehmoment übertragen. Die Schnittpunkte beider Kurvengruppen müssen offenbar da liegen, wo $\frac{a}{\sin(\omega t)} = \frac{a}{\cos(\omega t)}$, d. h. bei $(\omega t) = \frac{1}{4} \cdot \pi, \frac{3}{4} \cdot \pi, \frac{1}{4} \cdot \pi$ usw. Unterhalb dieser Schnittpunkte, d. h. für alle Werte $a < r \cdot \varphi < \frac{a}{\sin 45^\circ}$ hört die Drehmomentsübertragung stellenweise vollständig auf, während oberhalb derselben, d. h. für alle Werte $r \cdot \varphi > \frac{a}{\sin 45^\circ}$ abwechselnd die eine, bald beide, dann die andere Seite des Triebwerks an der Drehmoments-Uebertragung teilnimmt.“

Wegen der sich hieraus offenbar ergebenden Unstetigkeit des Vorganges hält A. Wichert eine mathematische

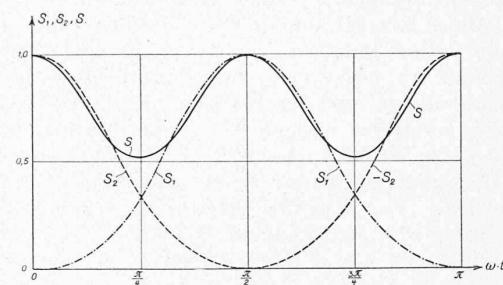


Abb. 5 b. Ersatzkurven für die Stangenkräfte $(S_1)_{n=2}$, $(S_2)_{n=2}$, $(S)_{n=2}$ gemäss der Abb. 5 a mit Hülfe der Funktionen $S_1 = C [\sin^3(\omega t) + D \sin(\omega t)]$ und $S_2 = C [\cos^3(\omega t) + D \cos(\omega t)]$, wobei hier einfach $C = 1$ und $D = 0$ gesetzt wurde.

Behandlung des Problems für vollständig ausgeschlossen und beschreitet den Weg rein physikalischer Interpretation auf Grund graphischer Darstellung von charakteristischen Grössen. In der Tat zeigt die Darstellung der Einzelstangenkräfte und der Gesamtstangenkraft auf Grund der behandelten Ansätze den unstetigen Charakter dieser Grössen. In Abbildung 5a sind einzelne solche Grössen für verschiedene Verhältniswerte $n = \frac{r \cdot \varphi}{a}$ veranschaulicht.

Nun kann man aber für grössere Werte von n doch an näherungsweise für die Gesamtstangenkraft eine analytische Funktion auffinden, die sowohl diese Gesamtstangenkraft S , als auch die mit ihr gemäss:

$$S = S_1 \sin(\omega t) + S_2 \cos(\omega t)$$

festgelegten Einzelstangenkräfte S_1 und S_2 genügend genau befriedigt, um damit rechnen zu dürfen. Die in Abbildung 5a

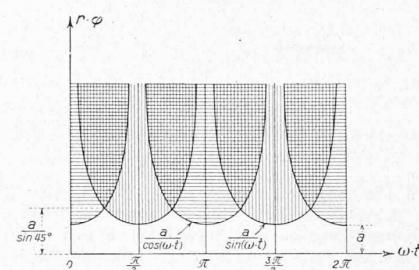


Abb. 4.
Einfluss des Lagerspiels
auf den Eingriff der
Stangen
(Abb. nach A. Wichert,
E. K. B. 1914, S. 327).

veranschaulichten Kurven für S werden nämlich bei grössern Werten von n einigermassen befriedigt durch den Ansatz:

$$S = C \cdot [D + \sin^4(\omega t) + \cos^4(\omega t)]$$

in dem C und D Konstante bedeuten (Abbildung 5b). Die Zerlegung in S_1 und S_2 kann man dann vornehmen gemäss:

$$S = C \cdot [D \cdot (\sin^2(\omega t) + \cos^2(\omega t)) + \sin^4(\omega t) + \cos^4(\omega t)]$$

$$S = C \cdot \{ [\sin^3(\omega t) + D \cdot \sin(\omega t)] \sin(\omega t) +$$

$$+ [\cos^3(\omega t) + D \cdot \cos(\omega t)] \cos(\omega t) \}$$

$$= S_1 \cdot \sin(\omega t) + S_2 \cdot \cos(\omega t)$$

wobei also folgt:

$$S_1 \cdot \sin(\omega t) = C \cdot [\sin^3(\omega t) + D \sin(\omega t)] \cdot \sin(\omega t)$$

$$S_2 \cdot \cos(\omega t) = C \cdot [\cos^3(\omega t) + D \cos(\omega t)] \cdot \cos(\omega t)$$

Nun können wir unsere analytische Untersuchung der sich gemäss solchen Charakters der Stangenkräfte einstellenden Beanspruchungsverhältnisse, entsprechend der Rechnungsweise in unserer früheren Arbeit über „Triebwerkbeanspruchung bei elektrischen Lokomotiven“, d. h. die Ermittlung der sich aus dem Austausch der Energie der Massenträgheit und derjenigen der Massenelastizität ergebenden Schwingungen, vornehmen. (Schluss folgt.)

Schweiz. Maschinen-Industrie im Jahre 1913.

(Schluss von Seite 119.)

Zu den vorstehenden statistischen Angaben, sowie über diejenigen betreffend den Bezug von Rohmaterial, Hilfsstoffen und Brennmaterialien äussert sich der Bericht wie folgt:

„Man kann das Bild, das uns die Tabelle „Uebersicht des Verkehrs in Maschinen, Maschinenteilen, Eisenkonstruktionen“ im Berichtsjahre bietet, nur mit gemischten Gefühlen betrachten. Die Entwicklung der Gesamteinfuhr- und Ausfuhrziffern ist zwar eine erfreuliche. Während die Einfuhr gegenüber dem Vorjahr einen Rückgang um 3867120 Fr. oder um 6,3% aufweist, verzeichnet die Totalausfuhr eine Vermehrung um 6424034 Fr., d. h. 6,1%. Gegenüber 1911 ist eine Zunahme der Ausfuhr um 19% zu verzeichnen. Die aktive Maschinenbilanz des Landes, die 1912 mit 44,1 Mill. Fr. gegenüber 1911 stabil geblieben war, ist im Berichtsjahr auf 54,4 Mill., also um 10,3 Mill. gestiegen. Die Betrachtung der Anteile der verschiedenen Absatzgebiete veranlasst uns jedoch, etwas Wasser in den Wein zu gießen. Es ergibt sich, dass die Steigerung unserer Exportziffer in ihrem ganzen Umfang den günstigen Absatzverhältnissen in einem einzigen Exportland, nämlich Russland, zu verdanken ist. Sieht man von der Vermehrung ab, die der russische Export aufweist, so ist in unserem Auslandsabsatz sogar ein kleiner Rückgang zu verzeichnen. Ganz empfindliche Ausfälle verzeichnet der Absatz nach den Grenzländern, ausgenommen Frankreich. Er betrug im Jahr 1912 35,1 und im Jahr 1913 nur noch 29,6% des gesamten Exportes. Das Weichen der Konjunktur im zweiten Halbjahr kommt in diesen Ziffern bereits zum Ausdruck. Die Mehrausfuhr wird im übrigen in der Hauptsache von zwei Posten: dynamo-elektrische Maschinen und Dampfkraftmaschinen bestreitten.“

„Im weitern ist zu bemerken, dass die Erhöhung der Ausfuhrziffer zum Teil auf die Wertsteigerung zurückzuführen ist, dem Gewichte nach hat der Export sich nur um 2,7% vermehrt. Auf der andern Seite ist der Rückgang der Einfuhr zum Teil auf die Wertverminderung zurückzuführen. Der Rückgang des Importes beträgt effektiv nur 2,4%.“

Die Durchschnittswerte der Ein- und Ausfuhr stellen sich für die letzten acht Jahre wie folgt:

Im Jahre	für Einfuhr	für Ausfuhr
1906	Fr. 122,10	Fr. 165,22
1907	Fr. 123,52	Fr. 165,22
1908	Fr. 131,38	Fr. 172,69
1909	Fr. 131,75	Fr. 175,55
1910	Fr. 141,13	Fr. 175,68
1911	Fr. 141,95	Fr. 187,63
1912	Fr. 144,05	Fr. 185,93
1913	Fr. 138,30	Fr. 192,04

Die vergleichende Uebersicht betreffend den Bezug von Rohmaterialien und Hilfsstoffen deutet ebenfalls an, dass wir uns auf

einem absteigenden Teil der Konjunkturkurve bewegen. Bei sämtlichen Metallpositionen, mit Ausnahme der roh vorgearbeiteten Maschinenteile, ist gegenüber dem Vorjahr eine Abnahme der Bezüge zu konstatieren. An Roheisen wurden 145151 q oder rund 10% weniger eingeführt als im Vorjahr. Bei den Eisenhalbfabrikaten: Stabeisen, Blech, Draht, Röhren, Schienen etc., die im letzten Jahr allerdings eine starke Erhöhung der Bezüge erfahren haben, beträgt die Mindereinfuhr ebenfalls 10% = 307401 q. Einen stärkeren Ausfall verzeichnet die Einfuhr von Grauguss in Stücken bis zu 500 kg, von welchen im Jahre 1913 59416 q oder 38% weniger aus dem Ausland bezogen wurden als im Jahre 1912. Die Einfuhr von roh vorgearbeiteten Maschinenteilen hat dagegen, wie erwähnt, eine Zunahme und zwar um 15374 q oder 27% aufzuweisen. Nur unwe sentlich abgenommen hat die Einfuhr von Barren- und Altkupfer, dagegen beträgt die Mindereinfuhr von Kupferhalbfabrikaten: Draht, Blech, Röhren zirka 6% gegenüber dem Vorjahr.

Der Bezug von *Brennmaterialien*, bei welchem nicht allein die industriell-gewerbliche Konjunktur von Einfluss ist, weist eine kleine Vermehrung auf. Der Import von Kohlen und Koks stieg um 855911 q oder um zirka 3½%. Die Briketteinfuhr, welche im Vorjahr eine Verminderung um zirka 10% verzeichnete, hat im Berichtsjahr wiederum eine stärkere Zunahme erfahren. Sie erhöhte sich um 1041282 q, d. h. um 12%. Die Anteile der Einfuhr länder weisen nur geringe Verschiebungen auf. Bei den Kohlen besteht die unverkennbare Tendenz, dass sich das Verhältnis von Jahr zu Jahr zugunsten Deutschlands als bevorzugtesten Lieferanten verschiebt.“

Alle vorstehenden Zahlenangaben sind im Bericht ausführlich spezifiziert und, insbesondere was Maschinen-Ein- und Ausfuhr betrifft, durch Sonderberichte aus den verschiedenen Fabrikationszweigen erleuchtet.

Miscellanea.

Zur Geschichte der Entdeckung der Radioaktivität. Zur Richtigstellung der Behauptung, die Entdeckung der Becquerel-Strahlung sei nicht den französischen Gelehrten Becquerel und Curie zuzuschreiben, sondern sie komme eigentlich Professor Walkhoff zu, veröffentlichte Professor Dr. H. Sieveking in Karlsruhe, der am 31. August auf einer Reise plötzlich gestorben ist, in der „Frank. Ztg.“ vor einiger Zeit folgende historische Zusammenstellung:

„Bekanntlich hat Röntgen im Jahre 1895 die neue Art von Strahlen entdeckt, die jetzt seinen Namen trägt. Die Eigenschaft der Röntgenstrahlen, Fluorescenz zu erregen, veranlasste verschiedene Beobachter, nach ähnlichen Strahlungen zu suchen, die von bekannten Stoffen ausgehen möchten, in erster Linie solchen, die unter dem Einfluss des Lichtes stark phosphoreszieren. Auf den innern Zusammenhang zwischen Strahlung einerseits, Fluorescenz und Phosphorescenz andererseits soll Poincaré besondern Nachdruck gelegt haben. Auch Becquerel folgte der gleichen Ueberlegung und liess eine Anzahl von Uransalzen, deren Phosphorescenz er früher untersucht hatte, in schwarzes Papier gewickelt, auf photographische Platten einwirken. Die Kristalle wurden zuerst dem Licht ausgesetzt, dann in eine doppelte Lage schwarzen Papiers gewickelt und getrennt noch durch eine dünne Silberplatte auf die photographische Platte gelegt. Nach einigen Stunden wurde entwickelt und es zeigte sich eine Schwärzung der Platte. Bald erkannte Becquerel, dass die vorherige Belichtung unnötig sei, dass die Strahlung vom Uran und dessen Salzen dauernd ausgehe. Damit war eine neue fundamentale Eigenschaft der Materie erkannt. Aus dieser Feststellung entwickelte sich die Erkenntnis der Radioaktivität. Auf Anregung von Becquerel hat Frau Curie, unterstützt von ihrem Gatten, die neue Strahlung systematisch untersucht. Sie erkannte, dass in den Uranverbindungen ein stärker strahlendes Prinzip enthalten sei. Die chemische Zerlegung der Pechblende führte zur Entdeckung des Radiums und des Poloniums. Die ersten Publikationen darüber folgen in ununterbrochener Reihe bis zum Jahre 1898. Frau Curie trennte das Radium vom Barium durch fraktionierte Kristallisation der Chloride. Giesel erkannte, dass sich das Bromid besser hierzu eigne. In Deutschland hat Giesel zuerst grössere Mengen von Radiumsalz dargestellt. Vor allem hat er die Flammenreaktion des Radiums gezeigt und ferner dem berühmten deutschen Forscherpaar Elster und Geitel das Material für viele Versuche geliefert. Die Strahlen des Radiums haben auch das mit den Röntgenstrahlen