Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 99/100 (1932)

Heft: 7

Artikel: Scheiben und Faltwerke und ihre Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Eisenbeton-Konstruktionen

Autor: Craemer,H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-45541

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: 12.07.2025

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

steuerten Pumpe eingespritzt, ohne Zuhilfenahme von Druckluft; die Brennstoff-Einspritzmenge wird entsprechend dem Drehmoment von einem hydraulischen Regulator eingestellt, wobei die Drehzahl beliebig zwischen 350 und 850 Uml/min reguliert werden kann. Die Schmierung geschieht unter Druck und ist automatisch. Für die Bedienung des Motors ist nur je ein Handrad in den Führerständen vorhanden, mit dem der Motor in Gang gesetzt und gestoppt wird, und das auch zur Regulierung der Drehzahl dient. Der Motor besitzt Wasserkühlung; eine Zentrifugalpumpe treibt das Wasser durch sechs auf dem Dach angeordnete Kühler hindurch. Angelassen wird der Motor mit Druckluft von 15 bis 28 at.

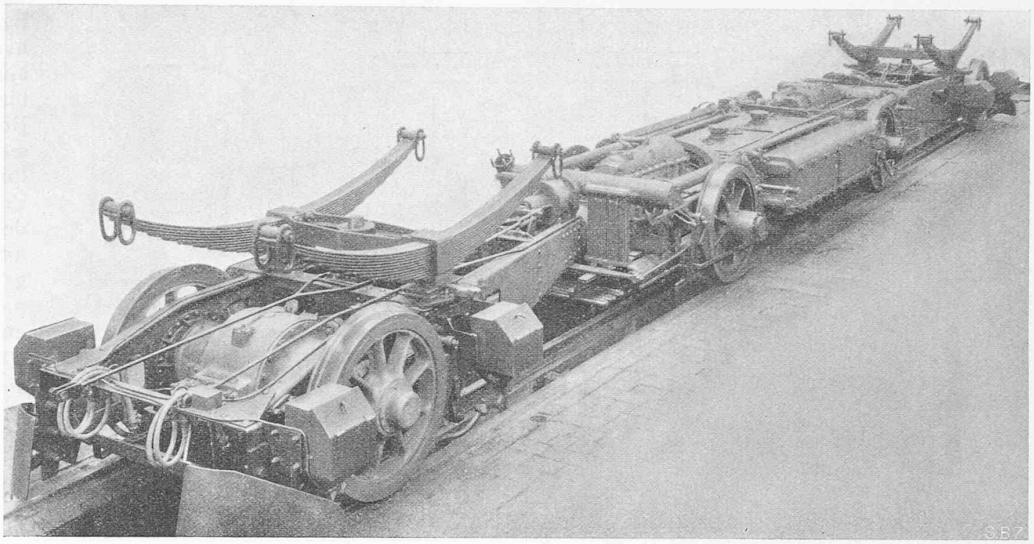

Abb. 4. Vollständiges Fahrgestell des 300 PS-Dieseltriebwagens, System „S. L. M. Winterthur".

Kraftübertragung. Unmittelbar an den Motor sind von beiden Seiten vierstufige Geschwindigkeitswechselgetriebe mit Oeldruckschaltung, System „S. L. M.-Winterthur" angeschlossen.[1]) Die Stufen dieser Getriebe werden durch besondere Verteilungshähne geschaltet, die durch Gestänge von den beiden Führerständen aus bedient werden. Die gleichnamigen Gänge der beiden Getriebe werden gleichzeitig eingeschaltet. Die Uebersetzungen sind so gewählt, dass die Geschwindigkeiten des Wagens bei normaler Motor-Drehzahl die folgenden sind:

I	II	III	IV	
etwa 13,7	26,5	45	71,5	km/h

Der vierte Gang der Getriebe ist ein direkter, d. h. die zu den Achsantrieben führenden Wellen drehen sich nach Einschaltung der betreffenden Kupplung mit der Motor-Drehzahl und ohne Zwischenschaltung von Zahnrädern. Die Kupplungen für den ersten, zweiten und dritten Gang sind im Innern der aus zwei Teilen zusammengeschraubten Zahnräder auf der Sekundärwelle eingebaut. Unter Einwirkung des zwischen ihre Innenflächen eingeführten Druckölles pressen sie sich innen an die Sekundärräder an und kuppeln diese dadurch mit der Sekundärwelle und mit dem Achsantrieb. Beim Einschalten eines Ganges sind alle übrigen Gänge automatisch ausgeschaltet. Die Zahnräder, die ständig im Eingriff sind, können nicht beschädigt werden. Das Antriebsaggregat, bestehend aus dem Motor und den beiden Wechselgetrieben, ist auf dem erwähnten zweiachsigen Laufgestell befestigt (Abb. 4). Die Bewegung von den Wechselgetrieben zu den Achsantrieben wird durch Wellen mit kräftigen Universalgelenken übertragen. An den Enden der Wechselgetriebe liegen Kugelköpfe, an die die Bisselrahmen der beiden Triebachsen angelenkt sind. Diese Rahmen sind aus Blech konstruiert und mit den eigentlichen Achsantriebgehäusen verbunden; in diesen sind die Triebachsen in Rollenlagern gelagert. Auf den Triebachsen befinden sich zu beiden Seiten einer Kupplung zwei grosse Kegelräder. Diese werden durch Ritzel angetrieben, die auf den Enden der Kardanwellen sitzen. Durch Verschiebung der Klauenkupplung (Luftdruckantrieb) zwischen den Kegelrädern wird die Fahrtrichtung gewechselt.

Die *Wagenbrücke* ist nach den üblichen Normen des Wagenbaues in Eisenkonstruktion hergestellt und besitzt an den Seiten Sprengwerke zur Versteifung der Längsträger. Sie ruht auf den Deichseln der Bisselgestelle durch vier starke Tragfedern, von denen je zwei in einer Traverse gefasst sind (Abb. 4). In der Mitte dieser Traverse befindet sich eine Kugelbüchse, die den am Deichselgestell befestigten Drehzapfen umfasst. Das Gewicht des Wagenkastens stützt sich über die Federbunde direkt auf seitliche Gleitbahnen ab.

Zubehör. Von den Primärwellen der beiden Getriebe werden angetrieben: ein dreistufiger Luftkompressor, der von der zweiten Stufe aus Druckluft für die Bremse liefert und von der dritten Stufe die Anlassluft; eine Licht-Dynamomaschine und eine kleine Dynamo für den Tourenzähler des Motors. Ferner sind am Untergestell vorgesehen vier Druckluftflaschen (wovon eine als Reserve), Oelkühler für das Motoröl, Sander und Bremsklotzaufhängung.

An *Bremsen* besitzt der Wagen eine automatische Westinghouse Druckluft-Bremse, sowie Handbremsen. Ausserdem kann in längeren Gefällen der Dieselmotor als Bremse herangezogen werden.

Die Ausrüstung der beiden *Führerstände* umfasst ein Handrad für die Bedienung des Motors, eine Kurbel für die Einstellung der Geschwindigkeiten des Wechselgetriebes, einen Hebel für das Wendegetriebe, einen Knopf für das Sanderventil, ein Führerbremsventil für die Luftbremse, einen Geschwindigkeitsmesser, ein Tachometer, sowie die Kontrollinstrumente für die Anlassluft und für die Wassertemperatur. Die ganze Apparatur ist so entworfen und angeordnet, dass der Wagen leicht von einem Mann bedient werden kann; daher ist eine Totmanneinrichtung vorgesehen, die im Notfall die Bremsen anzieht und die Getriebe vom Motor abschaltet.

[1]) Vergl. die Beschreibung in Band 93 S. 251* (18. Mai 1929).

Scheiben und Faltwerke und ihre Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Eisenbeton-Konstruktionen.

Von Dr. Ing. H. CRAEMER, Beratender Ingenieur, Frankfurt a. M., Privatdozent an der Techn. Hochschule Darmstadt.

Im Eisenbetonbau werden durch die monolithische Verbindung benachbarter Bauteile auch vom Lastangriff weiter ab gelegene Bauwerkteile zum Tragen herangezogen und so die Spannungen ausgeglichen, also vermindert. Bekannte Beispiele solcher Wirkungen sind der durch Verbindung von Platte und Balken entstehende Plattenbalken, der durchlaufende Balken und der Rahmen. Im letzten Jahrzehnt sind zu diesen Bauelementen solche mit räumlichem Kräftespiel getreten, wie Pilzdecke und vierseitig gelagerte Platte, und in neuester Zeit wird das Bestreben nach Erfassung der raumstatischen Zusammenhänge des Eisenbetons immer deutlicher. Einige Darlegungen in dieser Richtung sollen im Folgenden gegeben werden.

I. Seit langem bekannt ist die aussteifende Wirkung der Geschossdecken für die Fortleitung der Windkräfte.

Häufig kann hier die Decke als grosser wagrechter Träger herangezogen werden, der die auf ihn entfallenden Windlasten nach den hierfür als Auflager wirkenden Giebelwänden oder nach besonderen Windrahmen ableitet. Während also die Decke sonst — durch die senkrechten Lasten — aus ihrer Ebene herausgebogen wird, erhält sie hier Belastungen, die in ihrer Ebene wirken, sie bleibt daher eben und wirkt, wie es die höhere Statik nennt, als „Scheibe". Aehnliche Vorteile lassen sich ganz allgemein bei Aufnahme wagrechter Kräfte erzielen, so bei den Bremskräften der Brückenfahrbahnen, bei der Ableitung der Seitenschübe in den Laufbahnen für Koksausdrückmaschinen usw.

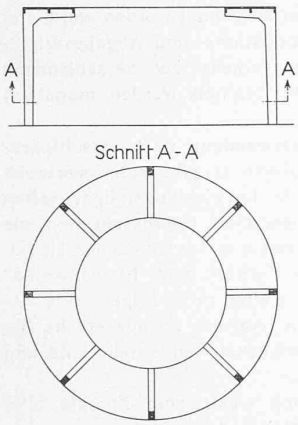

Abbildung 1.

Auch da, wo keine wagrechten Kräfte auftreten, lassen sich aus der Scheibenwirkung Vorteile ziehen. Abb. 1 zeigt schematisch die Rangkonstruktion eines Rundbaues. Es wäre nicht richtig, hier die Fundamente so zu bemessen, dass jeder einzelne Rahmen für sich allein kippsicher ist. Denn ein Vornüberneigen der Rahmen ist gar nicht möglich, da hierbei die ringförmige Decke zusammengepresst wird und sich somit der Bewegung der Rahmen widersetzt. Durch Ausnutzung der Scheibenwirkung ist es möglich, an Fundamentkosten wesentlich zu sparen.

II. Genau wie wagrechte Decken können und müssen natürlich auch lotrechte Eisenbetonwände zum Tragen herangezogen werden. Mancher unerklärliche Riss ist auf Nichtbeachtung dieser Wirkungen zurückzuführen. So z. B. war die in Abb. 2 bei a sichtbare Aussenwand eines um Balkonbreite zurückspringenden Geschosses in Eisenbeton ausgeführt worden, jedoch ohne dass man diese durch Eiseneinlagen mit dem darunter liegenden Unterzug verbunden hätte. Durch die Belastung der Decke und die dadurch hervorgerufene Einsenkung des Unterzuges kam nun die Fuge a zum Klaffen. Dieser Schaden, der zwar für die Standsicherheit des Gebäudes keine Bedeutung hatte, hätte vermieden werden können, wenn man die Decke unmittelbar an die Eisenbetonwand angehängt hätte; alsdann hätte diese Wand die Rolle des Unterzuges übernommen und letzterer wäre obendrein überflüssig geworden.

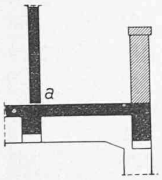

Abbildung 2.

Im vorliegenden Beispiel ist die Ersparnis durch Fortfall des Unterzuges bei a gewiss recht geringfügig. Anders ist dies besonders im Bunker- und Silobau. Hier sind meist sehr beträchtliche Lasten aus dem Füllgut zu übertragen und es ist durchaus falsch, wie man es immer wieder in Fachblättern und Handbüchern sehen kann, zu diesem Zweck nach Abb. 3 a riesige Balken von Stütze zu Stütze zu spannen. Denn die darüber befindliche Wand besitzt eine weit grössere Steifigkeit und kann die dem Balken zugewiesene Aufgabe mit ganz bedeutend geringern Spannungen erfüllen. Die einzig richtige Konsequenz ist es daher, nach Abb. 3b den Balken überhaupt fortzulassen.

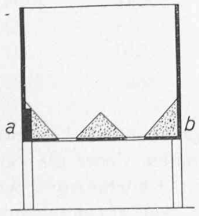

Abbildung 3.

Für den Statiker erhebt sich dann allerdings die Frage nach den Spannungen in der als Balken wirkenden Wand; denn, da deren Spannweite meist nicht viel grösser, oft (bei Schachtsilos) sogar wesentlich geringer ist als ihre Höhe, so gilt das Navier'sche Gesetz von der geradlinigen Verteilung der Biegespannungen nicht mehr. Für die wichtigsten Belastungsfälle hat daher der Verfasser Lösungen aufgestellt [1]), deren wichtigstes Ergebnis in Abb. 4 (Grösstspannung einer frei gestützten Scheibe) dargestellt ist. Nach Navier erhält man diese Grösstspannung bekanntlich zu $\sigma_{max} = p\,l^2/8 : b h^2/6 = 0{,}75\, p\,l^2/b h^2$ und zwar unabhängig vom Schlankheitsgrad $l:h$; es gilt dann also die Linie 2. Die vom Verfasser entwickelte Erweiterung der Navier'schen Theorie gibt hiervon abweichende Ergebnisse, die in Linie 1 in der Form $\sigma_{max} = \alpha \cdot \frac{p\,l^2}{b\,h^2}$ aufgetragen sind. Für $l:h = 2$, d. h. wenn die Spannweite das Doppelte der Trägerhöhe beträgt, lassen sich die Unterschiede zwischen 1 und 2 noch vernachlässigen. Bei quadratischen Scheiben dagegen, also für $h:l = 1$, erhält man die Spannungen nach Navier schon erheblich zu klein, und bei Verhältnissen $l:h = 0{,}5$ oder darunter, wie sie für Schachtsilos zutreffen, gibt die herkömmliche Biegungslehre nicht einmal einen qualitativ brauchbaren Anhalt.

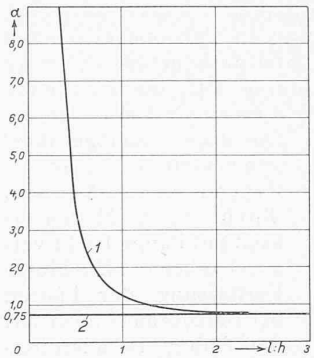

Abbildung 4.

Es liegt auf der Hand, dass gerade im Bunkerbau die Ersparnisse, die sich durch die konstruktive Verwertung von raumstatischen Erkenntnissen erzielen lassen, enorm sind. Beispiele, wo in Verkennung des wirklichen Kräftespiels mehrere 100 m³, ja über 1000 m³ Eisenbeton zuviel verbaut wurden, sind keine Seltenheit; der Leser mag hiernach die wirtschaftliche Tragweite des Vorstehenden selbst ermessen.

III. In zahlreichen Fällen mündet der Bunkerboden nicht, wie in Abb. 3, wagrecht in die Längswände ein, sondern ist als schräger Trichterboden an diese angehängt. Auch in diesen Fällen ist es zwecklos, nach Abb. 5 a das Gewicht des Schüttguts durch schwere Unterzüge auf die Stützen zu übertragen, denn auch hier übernehmen die Eisenbetonwände diese Aufgabe in weit einfacherer Weise; die Unterzüge können also nach Abb. 5 b fortgelassen werden. Ausser der lotrechten Seitenwand wirkt hier noch die Schrägfläche mit und es entsteht eine sehr vorteilhafte gegenseitige Beeinflussung zwischen beiden. Der Verfasser hat derartige Tragwerke, die aus mehreren, in verschiedenen Ebenen liegenden Scheiben bestehen, „Faltwerke" genannt und die Grundlagen für ihre Berechnung entwickelt [2]).

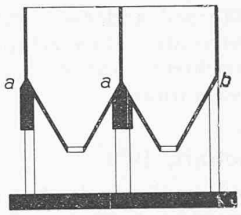

Abbildung 5.

Die beste Vorstellung über die statische Wirkungsweise gibt die Betrachtung des einfachen Satteldachs Abb. 6. Die Firstpfette kann sich hier nur senken, wenn sie gleichzeitig die beiden mit ihr fugenlos verbundenen Dachschrägen seitlich in der Pfeilrichtung auseinandertreibt. Hierdurch entstehen aber Spannungen in dem letzten, die ein erheblich höheres Tragvermögen besitzen als die Pfette selbst; die Firstpfette ist also überflüssig, tragend ist einzig und allein der aus den beiden miteinander verbundenen Schrägen bestehende, winkelförmige Träger. Die zahlreichen Veröffentlichungen, die sich mit der Berechnung von Firstpfetten befassen, gehen also am Wesentlichen vorbei.

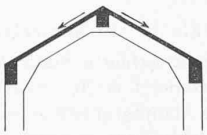
Abbildung 6.

Verwickelter als der des Satteldaches ist natürlich der Spannungszustand von Faltwerken, die aus mehreren

[1]) „Spannungen in wandartigen Balken". Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik 1930; „Spannungen in durchlaufenden Scheiben". Beton und Eisen 1932.

[2]) „Allgemeine Theorie der Faltwerke". Beton und Eisen 1931.

(z. B. in Abb. 5 aus sieben) einzelnen Scheiben bestehen; man findet hierüber alles nötige in der obengenannten Quelle. Ebenso wie in Abb. 6 sind auch in Abb. 7, einer sehr häufig ausgeführten Dachform, alle inneren Pfetten zwecklos. Dass hier die Dachhaut vermöge ihrer geknickten Form selbsttragend wirkt, lässt sich durch einen Modellversuch mit Pappe leicht veranschaulichen. Die blosse Fortlassung der Pfetten bei Dachformen nach Art der Abb. 7 ist allerdings zunächst nur ein negativer Schritt. Bei richtiger Erkenntnis des Kräftespiels in Faltwerken und zielbewusster Ausnutzung der sich hieraus ergebenden konstruktiven Möglichkeiten wird man zu ganz neuartigen Konstruktionsformen geführt. Ihre Bedeutung besteht einmal darin, dass durch das Zusammenwirken der einzelnen Dachteile ein Gesamtträger von ausserordentlichem Tragvermögen entsteht, der es erlaubt, mit wirtschaftlichen Mitteln auch grosse freie Spannweiten zu überdecken; so sind Stützweiten von 50 m und mehr verschiedentlich vom Verfasser entworfen worden. Aber auch bei mittleren Spannweiten, etwa um 30 m, fällt der Wegfall aller Pfetten und Zwischenträger für die Baukosten sehr günstig ins Gewicht, während anderseits die im Gegensatz zu gewölbten Konstruktionen ebenflächige Einschalung die Ausführung sehr erleichtert. Abb. 8 zeigt eine für diese Fälle geeignete Querschnittform.

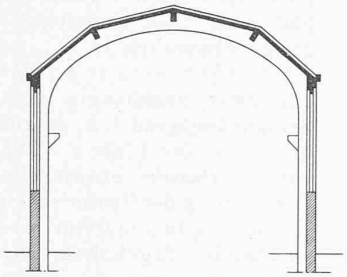

Abbildung 7.

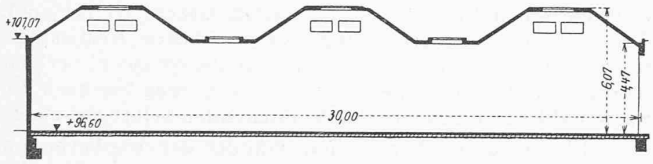

Abbildung 8.

Eidg. Amt für Elektrizitätswirtschaft, 1931.

Das verflossene Jahr ist das erste volle Berichtjahr des Amtes für Elektrizitätswirtschaft, das seine Tätigkeit am 1. Oktober 1930 aufgenommen hatte. Das Amt hat sich neben der Behandlung der laufenden Ausfuhrfragen hauptsächlich mit dem Ausbau der Statistik über die Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz befasst. Diese ersten Organisationsarbeiten können als beendet betrachtet werden. Die neuen statistischen Angaben gehen dem Amte regelmässig zu; sie bilden den Ausgangspunkt seiner Tätigkeit. Die Mitwirkung des Amtes bei der Beurteilung von Leitungsfragen ist in die Wege geleitet; sie soll im laufenden Jahre noch genauer bestimmt werden.

Erzeugung und Verwendung elektr. Energie in der Schweiz.

Die vom Amte für Elektrizitätswirtschaft geführte Statistik über die Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz (Energiestatistik) ist in folgende zwei Hauptgruppen unterteilt: 1. Elektrizitätswerke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung; 2. Bahn- und Industriewerke. Die erste Gruppe umfasst die Elektrizitätswerke, die Energie an Dritte verkaufen, und zwar Werke mit eigener Energieerzeugung wie auch solche ohne Eigenerzeugung (Wiederverkäuferwerke). Die zweite Gruppe betrifft Produzenten elektrischer Energie, die diese in der Hauptsache oder ausschliesslich für eigene Zwecke benötigen.

1. Elektrizitätswerke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung.

Die statistischen Erhebungen über die Erzeugung und Verwendung der Energie erstrecken sich auf alle Elektrizitätswerke, die über mindestens 500 kW selbsterzeugter oder bezogener Leistung verfügen. Es sind dies gegenwärtig 154 Unternehmungen, deren Energieerzeugung 99,5 % der gesamten Erzeugung für die allgemeine Elektrizitätsversorgung umfasst.

Die Energieerzeugung der kleinen Elektrizitätswerke ist in dieser Statistik nicht berücksichtigt. Sie beträgt aber nur zirka 0,5 % der Gesamterzeugung, liegt also innerhalb des Messfehlers bei der Feststellung der Energieproduktion der übrigen Werke.

Die 154 statistisch erfassten Elektrizitätswerke sind in zwei Gruppen unterteilt: in solche, die einen jährlichen Energieumsatz von 10 und mehr Millionen kWh (grosse Werke) und in solche, die einen Umsatz von weniger als 10 Millionen kWh (mittlere Werke) aufweisen. Die 55 grossen Werke erzeugen 96,5 %, die 99 mittleren Werke 3 % der Energie für die allgemeine Elektrizitätsversorgung.

Die neue Statistik ist auf der Grundlage der seit 1926 vom Verbande Schweizerischer Elektrizitätswerke geführten und auch den Behörden zugestellten Energiestatistik nach den Vorschlägen des Amtes für Elektrizitätswirtschaft weiter ausgebaut worden und bietet nun einen guten Einblick in die Produktions- und Abgabeverhältnisse und den gegenseitigen Energieverkehr der verschiedenen Elektrizitätswerke. Die Ergebnisse der Statistik werden monatlich veröffentlicht.

Die Unterteilung der Energieverwendung nach verschiedenartigen Abnehmergruppen (siehe Tabelle 1) gibt sehr wertvolle Aufschlüsse über den Stand und die Entwicklungsmöglichkeiten der Elektrizitätsversorgung. Es wird besonders interessant sein, die Entwicklung der beiden in mancher Hinsicht verschiedenen Hauptabnehmergruppen „Haushalt, Landwirtschaft und Kleingewerbe" einerseits und „Industrie" anderseits weiter zu verfolgen. Als Abgabe an die „Industrie" ist dabei die Abgabe an alle solche Betriebe erfasst worden, die dem Fabrikgesetz unterstellt sind und mehr als 20 Arbeiter beschäftigen.

Die Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie aller Elektrizitätswerke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung ist aus nachfolgender Tabelle ersichtlich.

	1929/30	1930/31
Energieerzeugung	Mill. kWh	
Hydraulische Erzeugung		
a) in Laufwerken		3009
b) in Speicherwerken:	3329	
aus natürlichen Zuflüssen		452
aus Speicherinhalt	182	208
Total	3511	3669
Thermische Erzeugung	11	5
Totale Erzeugung	3522	3674
Energieeinfuhr	31	8
Bezug (S. B. B. und Industrie)	129	105
Energieumsatz	3682	3787
Energieverwendung		
Haushalt, Landwirtschaft, Gewerbe	*)	1084
Allgemeine Industrie	*)	612
Chemische, metallurg. und therm. Industrie	*)	328
Bahnen: S. B. B.	*)	40
andere Bahnen	*)	158
	2197	2222
Energieausfuhr	897	1012
Totale nutzbare Abgabe	3094	3234
Antrieb von Speicherpumpen	78	32
Eigenverbrauch und Verluste	510	521
Energieumsatz	3682	3787

*) Im Bericht für das Vorjahr nicht gesondert angegeben.

Die Verwendung in der Schweiz hat gegenüber dem Vorjahre um 25 Millionen kWh oder zirka 1 % zugenommen. Ueber die Veränderung der Abgabe an die verschiedenen Abnehmergruppen können leider keine Angaben gemacht werden, weil entsprechende Vergleichszahlen für das Vorjahr fehlen. Die ersten Zahlen, die einen Vergleich erlauben, sind diejenigen für das IV. Quartal 1930 und das IV. Quartal 1931. Aus diesen geht hervor, dass die Energieabgabe für Haushalt, Landwirtschaft und Kleingewerbe zugenommen hat. Der Bezug der allgemeinen Industrie dagegen ist ungefähr gleich geblieben. Dies mag angesichts der bekannten Wirtschaftskrise auffallen. Es ist bei der Betrachtung dieser Zahlen aber zu bedenken, dass verschiedene von der Krise am stärksten betroffene Industriezweige zum Teil nur einen geringen Energiekonsum aufweisen (Uhrenindustrie), zum Teil über eigene Kraftwerke verfügen (Spinnereien, Webereien), deren Energieerzeugung nicht in dieser, sondern in der Statistik der „Bahn- und Industriewerke" erfasst wird. Die Zahlen