

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 21 (1930)
Heft: 24

Artikel: Die Kontinuität von Kraftwerksbetrieben im Lichte der Statistik
Autor: Leuch, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058285>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 24.12.2024

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des
Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des
Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke

REDAKTION
Zürich 8, Seefeldstr. 301

Secrétariat général de
l'Association Suisse des Electriciens et de
l'Union de Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.
Zürich 4, Stauffacherquai 36/38

Editeur et Administration

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der
Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et
sans indication des sources

XXI. Jahrgang
XXI^e Année

Bulletin No. 24

Dezember II 1930
Décembre II 1930

Die Kontinuität von Kraftwerksbetrieben im Lichte der Statistik.

Von H. Leuch, dipl. Ingenieur, Zürich.

621.311.1.00.4(001)

Der Autor bespricht die zweckmässig angelegte Störungs-Statistik als geeignetes Mittel um die Kontinuität von Kraftwerksbetrieben verschiedenster Art zu überwachen und dem Betriebsleiter Kenntnis von den häufigsten und schädlichsten Störungsursachen und -folgen zu geben. Er streift andere Verfahren und verneint die Möglichkeit, die Kontinuität jedes Werksbetriebes während einer Betriebsperiode durch eine einzige Zahl in Form eines Betriebskoeffizienten richtig zu charakterisieren. Als Beispiel einer Störungs-Statistik wird diejenige des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich erläutert, welche seit 1927 geführt wird. Ferner werden die mit diesem individuell ausbaubaren System gemachten Erfahrungen mitgeteilt.

L'auteur montre comment une statistique des perturbations, convenablement tenue, permet de surveiller la continuité d'exploitation des centrales d'électricité les plus diverses et de tenir l'exploitant au courant des causes de perturbation les plus fréquentes et les plus nuisibles. Il effleure d'autres procédés et arrive à la conclusion qu'il n'est pas possible de caractériser correctement la continuité de service de chaque centrale pendant une période déterminée, au moyen d'un coefficient d'exploitation unique. Comme exemple, l'auteur explique la statistique des perturbations du Service de l'électricité de la Ville de Zurich, tenue à jour depuis 1927, et fait part des expériences acquises avec ce système.

A. Einleitung.

Die Verbundenheit aller unter Spannung stehenden Teile, ihr gleichartiges Verhalten im Betrieb, die rasche und allumfassende Ausbreitung der Zustandsänderungen sind Charakteristika der elektrischen Betriebe. Die Elektrotechnik ist eine Wissenschaft; ein Kraftwerksbetrieb ist aber eher einem Lebewesen vergleichbar, welches sich nicht in starre Formeln kleiden lässt. Wegen der gegenseitigen Abhängigkeit der Betriebszustände verschiedener Teile desselben Betriebs und der Raschheit der allgemeinen Auswirkung an sich auch noch so geringfügiger Fehler ist der möglichst rasche Ausschluss betriebsuntüchtig gewordener Anlageteile vom übrigen Betrieb zur Aufrechterhaltung seiner Kontinuität ausserordentlich wichtig. Die Ausserbetriebsetzung schadhafter Anlageteile muss bei der grossen Ausdehnung der heutigen Kraftwerksbetriebe den Sicherheitsvorrichtungen überlassen bleiben. Es ist wirtschaftlich nicht denkbar, jedem kleinsten Teil (z. B. jedem einzelnen Isolator) einer elektrischen Anlage ein Sicherheitsorgan zu seiner Ueberwachung beizugeben, wohl aber werden volle Einheiten (z. B. Maschinengruppen, ganze Leitungsstrecken) durch elektrische Empfindungsorgane im Betrieb fortlaufend kontrolliert. Der Ueberwachungsapparat kann dazu geschaffen sein, eingetretene Schadhaftheit entweder nur dem Wartepersonal anzuzeigen oder gleich die Abtrennung vom Betrieb selbst-

tätig einzuleiten. In beiden angenommenen Fällen wird es selten möglich sein, nur den schadhafte Anlageteil und diesen ohne Beeinträchtigung des übrigen Betriebs an geeignet angeordneten Trennstellen loszulösen. Solche unerwartete Eingriffe in den Betrieb haben meistens Störungen seiner Kontinuität zur Folge, die je nach dem aufgetretenen Schaden, dem Funktionieren der Sicherheitseinrichtungen, dem Ausbau, der Ausdehnung und der Bedeutung der betroffenen Anlage- oder Netzgebiete kleineren oder grösseren technischen und wirtschaftlichen Schaden nach sich ziehen. Es wird wohl allgemein als erstrebenswertes Ziel für die Betriebsleute dargestellt, einen Betrieb frei von unerwarteten Unterbrechungen oder Schwankungen zu führen. Dieses Ziel ist wohlbegründet durch die heutige Bedeutung der elektrischen Licht-, Kraft- und Wärmeanwendung in allen Teilen menschlichen Handelns. Naturgemäss sind mit zunehmender Verbreitung der Elektrizität auch die an sie gestellten Qualitätsforderungen der Käufer gestiegen und zu diesen gehört im Rahmen von Reglementen und Tarifen auch die Kontinuität der Energieversorgung.

Solange es von vornherein nicht gelingt, Betriebe praktisch vollkommen störungsfrei zu führen, ist es ein hohes Ziel der verantwortlichen Betriebsleiter, der Kontinuität grösste Aufmerksamkeit zu widmen und alle jene Fälle genau zu erforschen, in denen sie unterbrochen worden ist. Nur auf diese Weise wird es möglich sein, die Schwächen des Betriebs herauszufinden. Weil sie von Werk zu Werk sehr verschieden sein können, bedarf es besonderer Hilfsmittel, um alle inneren und äusseren Einflüsse daraufhin zu prüfen, welche am einen oder andern Ort besonders häufig oder in lästiger Form auftreten. Dies führt zu Untersuchungen über Ursachenhäufung und Abhängigkeit von natürlichen und technischen Bedingungen, sowie über Gründe, welche im besondern von menschlichen Lebensgewohnheiten abhängen.

In Kraftwerks-Unternehmungen ist es bisher schon üblich gewesen, den Umfang des Betriebs von der produktiven, wie von der verkaufstechnischen Seite dauernd statistisch zu überwachen. Weniger gebräuchlich sind Statistiken über die Betriebssicherheit. Immerhin führen viele Unternehmen in ihren Jahresberichten jene Fälle kurz auf, welche die Kontinuität ihres Betriebs gestört haben. Die Ursachenangabe ist aber oft sehr allgemein gehalten oder lückenhaft und erlaubt meistens nicht, daraus viele Schlüsse zu ziehen. Sehr oft handelt es sich um niedrige Zahlenwerte, so dass das Gesetz der grossen Zahlen auch nicht annähernd als erfüllt gelten darf. Gelegentlich sind bei genauerem Nachforschen die Unterlagen dieser statistischen Angaben nicht zuverlässig oder nicht umfassend und es fehlt oft die Einheitlichkeit der Beurteilung der Einzelfälle. Um Vergleiche von Werk zu Werk über Dauer, Umfang und Bedeutung der Störungen anzustellen, sind die Angaben meistens nicht verwendbar.

In der Literatur sind nur wenige zusammenfassende Darstellungen über Betriebsstörungen zu finden. Sie alle stammen nicht von Betriebsleuten und verfolgen deshalb nicht den Zweck, Werksbetriebe vom allgemeinen Standpunkt aus zu analysieren, sondern dienen dazu, spezielle Untersuchungen zu stützen. Sie haben jedoch die Form von Statistiken, ein Zeichen, dass dieser Untersuchungsweg auch auf diesem Gebiet Eingang gefunden hat.

Das Wort Statistik stammt aus dem Lateinischen (Staat). In der Staatenkunde bestand schon früh das Bedürfnis, sich für die äussere Politik über die Hilfsquellen und inneren Verhältnisse der Staaten zu orientieren. Waren es ursprünglich hauptsächlich die nationalen Verhältnisse, welche sich in Zahlen bemessen und in zweckmässige Uebersicht bringen liessen, so sind heute in Industrie, Handel und Verkehr, eigentlich in allen Gebieten, Statistiken ein allgemein gebräuchliches Mittel, um über Art, Umfang und Entwicklung geschäftlicher Tätigkeit oder natürlicher Ereignisse unterrichtet zu bleiben. Statistiken sind nach der Art ihrer Unterlagenbeschaffung und deren Verarbeitung dazu bestimmt, etwas zu analysieren, sei es fortlaufend oder einmalig. Sie haben nur Wert, wenn sie auf wahren Unterlagen beruhen und richtig aufgebaut sind. Statistiken sind Zusammenstellungen, durch die

man Tatsachen festzulegen pflegt, welche mangels Uebersichtlichkeit der Materie nicht leicht herauszubekommen sind. Gelegentlich werden Statistiken angelegt, um bestimmte Geschehnisse, ihre Häufigkeit oder periodische Wiederkehr zu ermitteln. Alle jene Ereignisse, welche einer dem Menschen unbekanntem oder überhaupt keiner Gesetzmässigkeit unterworfen sind, ferner diejenigen, deren Eintreten oder Ausbleiben von zum voraus nicht bestimmbareren Faktoren abhängt und endlich die Folgen menschlicher Gewohnheiten bilden Stoff für statistische Untersuchungen. Bei der Analyse unbekannter Zusammenhänge leisten zuverlässige Statistiken sehr wertvolle Dienste; sie verfehlen aber ihren Zweck, wenn sie künstlich aufgebaut werden, um blosser Behauptungen zu beweisen. Sie haben keinen Selbstzweck; sie sind Wegweiser und bedürfen der Erläuterung, zumindest durch deutliche Darstellung.

B. Aufgaben und Ziele der Störungsstatistik.

Die Leiter gut geführter Betriebe der Elektrizitätserzeugung, -Fortleitung und -Verteilung pflegen sich von Zeit zu Zeit darüber Rechenschaft abzulegen, unter welchen Einflüssen ihr Betrieb bezüglich der Kontinuität am häufigsten oder am härtesten zu leiden hat. Sie gehen dabei darauf aus, die Güte ihres Betriebes dadurch zu verbessern, dass sie Massnahmen gegen die unangenehmsten Störeinflüsse ergreifen. Nicht zuletzt mögen auch wirtschaftliche Gründe dazu drängen, den schädlichsten Störungen zu begegnen. Zwar übernehmen im allgemeinen die Lieferwerke für den ihren Käufern durch Betriebsstörungen entstandenen ideellen oder reellen Schaden keine Haftung. Man darf sich aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass dieser, insbesondere in gewissen Industrien, bedeutenden Umfang annehmen und den Wert der nicht verkauften elektrischen Energie bedeutend übersteigen kann. Betriebsstörungen haben keine nützlichen, sondern im allgemeinen nur schädliche Eigenschaften. Es liegt daher sowohl im Interesse des Verkäufers wie des Käufers elektrischer Energie, wenn die überraschend eintretenden Störungen im einzelnen von äusserst kurzer Dauer sind, oder in Zeiten fallen, in welchen der beidseitige wirtschaftliche Schaden möglichst klein ausfällt.

Man hat schon darüber gesprochen, einen Masstab zu schaffen, um die Betriebsicherheit verschiedener Unternehmen vergleichen zu können. Dieser Wunsch mag einem lobenswerten Eifer entspringen, die Betriebssicherheit durch Wettbewerb zu heben. Dabei zeigen sich aber bedeutende Schwierigkeiten; es besteht nämlich heute noch kein allgemein anerkanntes Mass für die Güte eines Elektrizitätswerksbetriebs, welches unter Berücksichtigung der Mannigfaltigkeit der Betriebe in bezug auf ihre innere Struktur und die Schwere der Folgen von Betriebsstörungen, Vergleiche unter verschiedenen Unternehmen zuliesse. Der für das Betriebsjahr gültige Sicherheitsfaktor müsste mit dem technischen Aufwand des Unternehmens in Beziehung gebracht werden, damit er wirklich charakteristisch werde; das Ziel der Vergleichbarkeit dieser Zahlenwerte wäre nicht erreicht, wenn Werke mit kleinen Anlagen denjenigen mit grossen in dieser Beziehung gleichgestellt und wenn der Umfang von Reserveanlagen usw. ausser Betracht fallen sollte. Bedenkt man, wie verschieden die zu Beginn der Störung herrschenden Verhältnisse je nach der Zeit sein können, so findet man eine Mannigfaltigkeit, welche sich kaum in eine gerechte Zahlenbewertung zwingen lässt.

Es liegt aber gleichwohl im Bestreben der Leiter kleiner und grosser Werke, von Zeit zu Zeit über die Konstanz des eigenen Betriebs und die Ursachen seiner allfälligen Herabminderung ausführlichen Aufschluss zu erhalten. Jedem Leiter bleibt es dann überlassen, je nach der Ausführlichkeit der Aufklärung eingetretener Störungen den Ursachen für die Zukunft zu steuern und damit die Kontinuität des Betriebs zu verbessern. Für die Ueberwachung der Betriebskontinuität ist es wichtig, ein geeignetes Mittel zu besitzen. Eine zweckmässig ausgestaltete Statistik kann diese Lücke ausfüllen. Dieses Mittel hat den Vorteil, den Werksorganen von der Verfolgung der Betriebsentwicklung in technischer und finanzieller Hinsicht geläufig zu sein. Die

Statistik der Störungen erfüllt nicht den Wunsch, von Werk zu Werk kommentarlos vergleichbare Unterlagen zu liefern; sie verschafft hingegen für jedes einzelne Unternehmen weit wertvollere Aufschlüsse über Einzelheiten, welche vollkommen verloren gingen, wenn man die Güte eines Betriebs am Jahresende in einer Zahl als Sicherheitsfaktor ausdrücken wollte. Damit die Statistik der Störungen zuverlässige Resultate ergebe und die in bezug auf die Betriebssicherheit schwächsten Stellen des Betriebs aufzeige, muss sie zweckentsprechend aufgebaut sein; sie muss einer Reihe von Anforderungen genügen, um mit ihrer Hilfe einige hier zusammenfassend wiedergegebene Ziele erreichen zu können:

a) Innerhalb jedes Betriebs soll die Statistik der Störungen in übersichtlicher Weise über möglichst viele Einzelheiten von Ursachen und Folgen periodisch Aufschluss geben.

b) Aus der Statistik der Störungen sollen ersichtlich sein: die Ursachen und die Folgen von Störungen im einzelnen und in ihrer Gesamtheit bezüglich:

Jahres- und Tageszeit des Beginns,
Dauer,
betroffene Gebiete.

c) Die Statistik der Störungen muss häufig unter gleichen oder ähnlichen Umständen sich wiederholende Störungen zwangsläufig aufzeigen.

d) Die Statistik der Störungen muss den Hauptzweck verfolgen, technische oder organisatorische Schwächen aufzudecken, welche Betriebsstörungen verursachen oder deren Dauer verlängern.

e) Die Statistik der Störungen soll in längeren Perioden die Verbesserung oder Verschlechterung der Kontinuität in der Belieferung der verschiedenen Käuferkategorien nachweisen (gilt für Gross- und Kleinverkauf).

f) Die unmittelbare Vergleichbarkeit der Endergebnisse der Statistik der Störungen von Werk zu Werk ist in einzelnen Fällen vielleicht wünschbar aber kein Hauptziel, weil der technische Aufwand, die Betriebsart und die wirtschaftliche Bedeutung von Anlage zu Anlage allzu verschieden sind.

C. Aufbau eines Systems der Statistik.

Ausgehend von den im vorangehenden Abschnitt erwähnten Zielen und mit Rücksicht auf die Vielgestaltigkeit der Verhältnisse, unter denen Störungen des Betriebs entstehen, macht sich das Bedürfnis geltend, die untersuchenswerten Einzelheiten der Störungen einem möglichst zwangsläufig arbeitendem System zur Auswertung übergeben zu können. Ist einerseits die Schematisierung der Unterlagen-sammlung Grundbedingung für den Aufbau einer richtigen Statistik, so darf sie bei der Auswertung nur einen gewissen Grad erreichen. Es muss dem Auswertenden unbenommen bleiben, aus den Unterlagen versteckte Zusammenhänge herauszulesen, welche nach der Anlage der Grundlagensammlung nicht notwendigerweise an den Tag gekommen wären. Die Aufstellung des Unterlagen-Sammlungssystems wird naturgemäss die zwangsläufige Auswertung nur nach denjenigen Richtungen vorsehen, in welchen untersuchenswerte Zusammenhänge zum voraus vermutet werden.

Das Unterlagen-Sammlungssystem darf aber nicht allzu starr sein; es muss zu geeigneter Zeit, z. B. jeweilen bei Abschluss einer Sammlungsperiode, leicht den neuen Bedürfnissen angepasst werden können. Wie im vorhergehenden Abschnitt auseinandergesetzt worden ist, muss das Sammlungssystem von Werk zu Werk individuell ausgestaltet sein, wenn es überhaupt zu einer Vereinheitlichung unter mehreren Werken kommt. Selbstredend wäre bei Anwendung eines dem nachfolgend beschriebenen ähnlichen System, den Anhängern der Vergleichbarkeit schon der wesentlichste Teil der Arbeit abgenommen, nämlich die Angleichung der statistischen Unterlagen.

Bevor hier ein System erläutert wird, das der Verfasser vor einigen Jahren versuchsweise entwickelt und seither angewendet hat, sei nochmals daran erinnert, dass der Hauptzweck aller Untersuchungen über Unterbrechungen der Kontinuität des Betriebs das Hauptziel verfolgen müssen, die Schwächen des Betriebes aufzudecken, mögen sie technischer, organisatorischer oder anderer Natur, z. B. von Lebensgewohnheiten der Menschen abhängig sein.

Ziffern sind zweifellos ein einfaches Mittel zur Rubrizierung der statistisch zu untersuchenden Einzelheiten der Störungen. Der Verfasser hat in Würdigung der grossen Anzahl notwendiger Rubriken einen Zahlenrahmen aufgestellt, welcher gestattet, jede Störung gleich nach abgeschlossener Untersuchung anhand einer Leit-
tafel mit einigen wegweisenden Zahlen zu versehen. Diese Rubriknummern führen bei der Bearbeitung die gleichartigen Umstände zwangsläufig zusammen. Dieser Gedanke ist in zwei Beziehungen angewendet worden. Einerseits sorgen diese Zahlen dafür, dass alle Störungen mit gleichartigen Verhältnissen in den Ursachen und andererseits, dass die gleiche Netze betreffenden Störungen bei der Bearbeitung zusammengefasst werden. Diese Zwangsläufigkeit wird dadurch erreicht, dass dreistellige Zahlen für die Rubrizierung vorgesehen sind. Im Anwendungsbeispiel sind die Einer für 10 nach Stromsystem und Spannung unterschiedene Netze reserviert. Es ist ohne weiteres möglich, in kleineren Werken die Einer z. B. für die Kennzeichnung örtlich verschiedener Netzgebiete gleicher oder verschiedener Spannung zu verwenden. Für das hier weiter erläuterte Anwendungsbeispiel musste ein Tausendersystem eingeführt werden, weil das Bedürfnis bestand, allein die Ursachen in 21 Rubriken zu unterteilen und für die Untersuchung der technischen Folgeerscheinungen weitere 14 Rubriken benötigt wurden. Im Aufbau liegt die grosse Anpassungsfähigkeit dieses Zahlensystems; es kann beliebig geformt, ausgedehnt oder zusammengefasst werden sowohl bezüglich der Ursachen und technischen Folgeerscheinungen, als auch bezüglich der Netze. Wesentlich ist aber, dass beim Aufstellen der Leit-
tafel (Nummernschlüssel) das Hauptgewicht auf eine weitgehende Aufteilung in die je nach den Bedürfnissen und früheren Erfahrungen vermutlich am häufigsten gebrauchten Rubriken gelegt und mit der Nummernzuteilung dort etwas sparsamer verfahren werde, wo eine seltene Verwendung gewisser Leitnummern zu erwarten ist; die unnötige Schaffung von Rubriken erschwert die Uebersicht bei der Bearbeitung.

In der Untersuchung bezüglich der Häufung von Störungen in gewissen Quartalen, an bestimmten Wochentagen und zu verschiedenen Tageszeiten wurde das Dezimalsystem naturgemäss nur zu einem Teil ausgenützt. Die Leit-
tafel (Tabelle I) ist in folgende allgemein gültige Teile gegliedert:

I. Art der Ursache.

- a) Innere
 - b) Aeussere
 - c) Nicht feststellbar, unaufgeklärt.
- } Einflüsse auf die werkseigenen Anlagen.

II. Ort der Ursache.

- a) Werke, Stationen, Schaltposten.
- b) Leitungen.
- c) Bezüger (in werksfremden Anlageteilen).
- d) Nicht feststellbar, unaufgeklärt.

III. Technische Folgeerscheinungen.

A. Mittelbare, durch Werkeingriffe ;

B. Unmittelbare.

- a) Werke, Stationen, Schaltposten.
- b) Leitungen.
- c) Bezüger (in werksfremden Anlageteilen).
- d) Nicht feststellbar, unaufgeklärt.

Leitafel zur Klassierung der Störungen.

Tabelle I.

	Spannungsklassen									
	Maschinen-Spannung	Übertragungs-Spannung	Zwischen-Spannung	Kraft-Netze	Licht-Zwischen-spannung	Licht-Netze	Einheits-Netze	Strassenbahnen	Öffentliche Beleuchtung	Fremde Anlagen
	7—12 kV	50— 150 kV	6 kV	500 V	2 kV	2×110 2×220 V	220 380 V	500— 1500 V		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
I. Art der Ursache:										
<i>a) innere</i>										
1. Bauart, Material, Einbauweise, Alter	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
2. Veränderte Benützung gegenüber Neu-zustand	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
3. Falsche Handhabung und Pflege durch Werk	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
<i>b) äussere</i>										
1. Gebrauch der Anlage durch Bezüger	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
2. Bauarbeiten in der Nähe bestehender Anlagen	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
3. Unvorsichtigkeit, Böswilligkeit	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169
4. Natur-Erscheinungen	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
5. Andere Arten	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
<i>c) nicht feststellbar, unaufgeklärt</i>	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
II. Ort der Ursache:										
<i>a) Werke, Stationen, Schaltposten</i>										
1. Generatoren	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219
2. Transformatoren	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229
3. Umformer, Gleichrichter	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
4. Schalter, zugeh. Schutzorgane (Relais)	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249
5. Sicherungen	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259
6. Messanlagen, Wandler, Uhren	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269
7. Trenner und Leitungen in Stationen	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279
8. Besondere Schutzorgane (Kondensa-toren, Drosselspulen)	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289
9. Andere Anlageteile	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
<i>b) Leitungen</i>										
1. Freileitungen	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319
2. Kabelleitungen (incl. Muffen, Endverschl.)	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329
<i>c) Bezüger (Grenze: Hausanschluss)</i>	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359
<i>d) Nicht feststellbar, unaufgeklärt</i>	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
III. Technische Folgeerscheinungen:										
<i>A. Mittelbare, durch Werkseingriffe (Entlastungsschaltungen)</i>										
400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	
<i>B. Unmittelbare</i>										
<i>a) Werke, Stationen, Schaltposten</i>										
1. Generatoren	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419
2. Transformatoren	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429
3. Umformer, Gleichrichter	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439
4. Schalter, zugeh. Schutzorgane (Relais)	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449
5. Sicherungen	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459
6. Messanlagen, Wandler, Uhren	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469
7. Trenner und Leitungen in Stationen	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479

Leittafel zur Klassierung der Störungen.

Tabelle I (Fortsetzung)

	Spannungsklassen									
	Maschinen-Spannung	Uebertragungs-Spannung	Zwischen-Spannung	Kraft-Netze	Licht-Zwischen-spannung	Licht-Netze	Einheits-Netze	Strassenbahnen	Oeffentliche Beleuchtung	Fremde Anlagen
	7-12 kV	50-150 kV	6 kV	500 V	2 kV	2×110 2×220 V	220 380 V	500-1500 V		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8. Besondere Schutzorgane (Kondensatoren, Drosselspulen)	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489
9. Andere Anlagenteile	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499
<i>b) Leitungen</i>										
1. Freileitungen	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519
2. Kabelleitungen	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529
<i>c) Bezüger</i>	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559
<i>d) Nicht feststellbar, unaufgeklärt</i>	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599
IV. Dauer der Störung (Minuten) (vom Eintritt bis zur Versorgung des letzten beteiligten Bezügers)	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819
V. Zeit des Beginns.										
<i>a) Jahreszeiten (Quartale)</i>					<i>c) Tageszeiten</i>					
Oktober bis Dezember	820					A. vorwiegend Industriebelastung, 7-12, 14-17 ¹⁾ Uhr				840
Januar bis März	821					B. vorwiegend Lichtbelastung 17-23 Uhr				841
April bis Juni	822					C. veränderliche Belastung, 6-7, 12-14, 23-24, 14-17 ²⁾ Uhr				842
Juli bis September	823					D. Nachtbelastung, 0-6 Uhr				843
<i>b) Wochentage</i>										
Montag	830									
Dienstag	831									
Mittwoch	832									
Donnerstag	833									
Freitag	834									
Samstag	835									
Sonntag	836									
					¹⁾ ohne Samstag. ²⁾ nur Samstag.					

Zeitschema für die Klassierung unter Punkt V c.

	Tageszeit																																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Uhr												
Montag bis Freitag	D 843		C 842		A 840		C 842		A 840		B 841		C 842																									
Samstag	D 843		C 842		A 840		C 842		B 841		C 842																											
Sonntag	D 843		C 842		B 841		C 842																															

IV. Dauer der Störungen in Minuten.

V. Zeit des Beginns der Störungen.

a) Jahreszeit (Quartal).

b) Wochentag.

c) Tageszeit.

Eine Störung hat im allgemeinen nur eine als Veranlassung wirkende Ursache, die sich an einem bestimmten Ort befindet. Jede Störung soll deshalb unter I und II je einmal rubriziert werden. Der technischen Folgeerscheinungen kann es dagegen in jedem Falle eine beliebige Anzahl geben. Die Zeit des Beginns wird unter Va bis Vc je einmal nach jeder Hinsicht eingereiht.

In der Unterteilung der in I bis III jeweilen unter *a* bis *d* aufgeführten Klassierungstitel ist man vollkommen frei; die gezeigte weitere Gliederung soll nur als ein Beispiel aufgefasst werden, welches in mehrjähriger Anwendung erprobt worden ist. Im nächsten Abschnitt werden aus dieser Untersuchungszeit einige spezielle Ergebnisse mitgeteilt.

Um einwandfreies statistisches Unterlagenmaterial zu erhalten, muss selbstverständlich definiert werden, was eine Betriebsstörung ist. Jede solche muss untersucht und nach gleichbleibenden Grundsätzen nach dem Nummernschlüssel rubriziert werden. Die Ueberarbeitung des während längerer Sammlungszeit aufgelaufenen Materials bringt dann die Früchte der statistischen Arbeit.

D. Praktische Ergebnisse der Statistik der Störungen.

Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ) hat die Störungsstatistik im Jahre 1927 nach dem beschriebenen System eingerichtet und laufend fortgeführt. Als Störung wird jede wesentliche Beeinträchtigung der normalen Energieversorgung von mindestens einem Grossbezüger oder von mehr als einem Kleinbezüger (Hausanschluss) betrachtet. Damit wird die grosse Zahl unbedeutender lokaler Versorgungsstörungen innerhalb der Gebäude vorerst von der statistischen Untersuchung ausgeschlossen und dafür das Hauptgewicht auf die allgemeinen Betriebsstörungen mit meistens grösserer Ausdehnung gelegt. Für jede solche Betriebsstörung wird von der betreffenden Betriebsabteilung eine Meldung ausgefertigt, welche der Direktion als Orientierung und Unterlage für die Untersuchung dient. Die Untersuchungsergebnisse werden in Berichten niedergelegt, welche nach bestimmtem Schema gegliedert und möglichst knapp gehalten sind. Dies erleichtert das spätere Wiederfinden von Einzelheiten im Störungsverlauf oder einmal herausgeschälter Lehren organisatorischer, bau- oder betriebstechnischer Natur. Bei Abfassung des Berichtes werden die Rubriknummern auf dem dafür vorbereiteten Meldebogen eingetragen. Im allgemeinen ist die Klarheit über die Gründe, den Verlauf und die Folgen von Störungen bei Abschluss des Berichtes wenige Tage nach der Störung am grössten. Selbstverständlich bleiben einzelne Fälle trotz der genauen Untersuchung in bezug auf die Ursache unaufgeklärt oder müssen durch Vermutungen ergänzt werden. Alle diese nicht mit Sicherheit ergründeten Störungen werden als unaufgeklärt rubriziert. Es ist zur Erreichung möglichst grosser Einheitlichkeit der Unterlagen als zweckmässig erachtet worden, die Rubrizierung aller Fälle stets von ein und derselben Person vornehmen zu lassen. Dieser fällt es leicht, die zwischen den einzelnen Untertiteln aufgestellten Rubrizierungsgrenzen gleichmässig zu berücksichtigen und für den Ausbau der Leittafel (Nummernschlüssel) Erfahrungen zu sammeln.

Einige schweizerische Werke mit ähnlichen Betriebsverhältnissen sind im Frühjahr 1928 über die statistischen Sammlungsgrundsätze unterrichtet worden. Obschon bearbeitetes Material vorliegt, ist leider die Scheu, gesammelte Erfahrungen zum Nutzen aller bekannt zu geben, in anderen Werken noch sehr gross. Im Einvernehmen mit dem Verfasser sind die Grundzüge des hier behandelten Systems der Störungsstatistik im Bericht von Herrn M. Dutoit, Olten, am dritten Kongress der

Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'énergie électrique, welcher im September 1930 in Brüssel stattgefunden hat¹⁾, dargelegt worden.

Es war angezeigt, an Stelle der absoluten Zahlen von Störungen nur relative Werte in diesen Aufsatz aufzunehmen. Dabei büsst zwar die Uebersichtlichkeit ein, weil gebrochene Zahlen entstehen. Um die bei Prozentrechnungen häufig notwendigen weiteren Stellen nach dem Komma möglichst zu unterdrücken, sind alle relativen Werte auf 1000 bezogen (‰). Die beim EWZ mit diesem System der statistischen Verarbeitung während dreier Jahre gesammelten Erfahrungen sind gut. Sie stützen sich auf gegen 200 bearbeitete und rubrizierte Fälle. Obwohl auf diese für das Herauslesen von Gesetzmässigkeiten bescheidene Anzahl das Gesetz der grossen Zahlen nicht anwendbar ist, dürfte es doch möglich sein, mit Hilfe der bei den Untersuchungen gesammelten wertvollen Erfahrungen brauchbare Schlüsse daraus zu ziehen und Beweise zu erbringen.

Die Diskussion der Ursachen, die Dauer der Störungen und ihres Beginns ist im Zusammenhang mit dem Vorhergesagten so umfangreich, dass die Besprechung der technischen Folgeerscheinungen auf einen späteren Artikel verschoben werden muss.

Die Tabellen und Diagramme sind aus den im EWZ in einer Periode von drei Jahren gesammelten Unterlagen aufgebaut worden. Zu ihrem leichten Verständnis sind bisweilen Erläuterungen baulicher oder organisatorischer Natur eingefügt. Die mit den genannten Vorbehalten ermittelten Ergebnisse sind nur teilweise erklärlich; zum Teil mögen sie auf Zufallswerten beruhen. Die Verallgemeinerung der gewonnenen Einsicht ist nicht ohne weiteres zulässig. Eine kurze Anlagenbeschreibung sei zum leichteren Verständnis des folgenden vorausgeschickt²⁾.

Während der Beobachtungszeit besass das EWZ ein Grundwerk in rund 150 km Entfernung vom Konsumschwerpunkt; die Uebertragung der Energie erfolgt durch zwei mit 50 kV betriebene Doppelleitungen. Entwicklungsgeschichtlich damit verbunden ist die Besonderheit in der Speisung des Lichtnetzes mittels rotierenden Umformern, die über eine Momentanreserve in Form von Akkumulatorenbatterien verfügen. Als Drehstrom-Winterspitzenwerk stand noch ein Akkumulierwerk in rund 40 km Entfernung vom Verbrauchsschwerpunkt zur Verfügung. Ein Drehstrom-Zwischenspannungsnetz von 6 kV übernimmt die Hauptverteilung ins Stadtinnere und in die Vororte. An Gebrauchsspannungsnetzen waren vorhanden: ein Drehstromnetz für Kraftabgabe mit 500 V, ein Einphasen-Wechselstromnetz für Beleuchtungszwecke mit 2×110 , bzw. 220 V und ein Dreiphasennetz mit Normalspannung 380/220 V in den Aussenbezirken als ausgesprochenes Haushaltsnetz. Die nicht normalen Spannungswerte von 125/220 V sind mit kleinen Netzen ebenfalls vertreten. Verschiedene Strassenbahnen mit rund $20 \cdot 10^6$ kWh Gleichstrom-Jahresverbrauch werden mit ca. 550 V gespeist. Die öffentliche elektrische Beleuchtung ist nur an wenigen Orten als selbständiges Netz ausgebildet. Im allgemeinen werden die Einzellampen von der Tarifschaltuhr des nächsten Gebäudes gesteuert. Als fremde Anlagen werden nur solche betrachtet, welche zeitweise oder dauernd dem EWZ Energie liefern, aber nicht in dessen Besitz sind.

I. Art der Ursache.

a) Anzahl Störungen gleicher Art der Ursache in den 3 Beobachtungsjahren (Fig. 1). Die Ergebnisse der 3 Jahre stimmen in folgenden Ursachenarten überein:

Auf 0 bis 50 ‰ genau bei

Klasse 120/9: Veränderte Benützung gegenüber Neuzustand.

130/9: Falsche Handhabung und Pflege durch Werk.

160/9: Unvorsichtigkeit, Böswilligkeit.

Auf 50 bis 100 ‰ genau bei

Klasse 150/9: Bauarbeiten in der Nähe bestehender Anlagen.

170/9: Naturerscheinungen.

¹⁾ Siehe Seite 819.

²⁾ Siehe Bulletin SEV 1930, No. 6, S. 209.

Bemerkenswert wegen der relativen Häufigkeit pro Jahr ist Klasse 120/9, weil sie im Mittel der 3 Jahre die minimale Anzahl von 31,2‰ aller Ursachen-Arten, und 110/9, weil sie bei gleicher Grundlage die Maximalzahl von 207‰ aufweist.

Am nächsten beim 3-jährigen Mittel aller Störungen

$$\frac{1000 \text{ ‰}}{8 \text{ Klassen}} = \frac{125 \text{ ‰}}{\text{Klasse}}$$

liegt Klasse 170/9 mit 127,5‰. Dieser Ausgleich innerhalb dreier Jahre der einwandfrei durch Naturerscheinungen ausgelösten Störungen scheint kein zufälliges Ergebnis zu sein, obschon die einzelnen Jahre bis 65‰ (1929: 93,7‰ und 1930: 158,7‰) voneinander abweichen. Diese Erkenntnis ist verfolgenswert. In der Kurve der dreijährigen Mittel (Fig. 1, 2 und 3) sind diejenigen Werte durch dickeren Strich hervorgehoben, welche aus Jahreswerten ermittelt sind, welche weniger als 100‰ voneinanderabweichen.

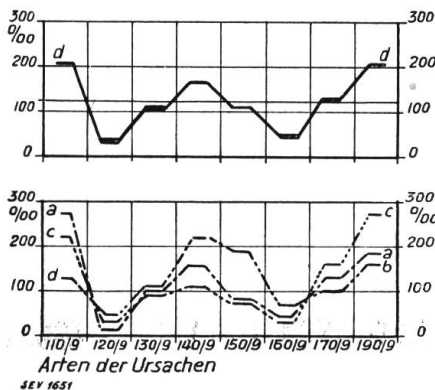


Fig. 1.

Anzahl Störungen gleicher Art der Ursache.

Kurve a: 1928, ‰ pro 1 Jahr.
Kurve b: 1929, ‰ pro 1 Jahr.
Kurve c: 1930, ‰ pro 1 Jahr.
Kurve d: Mittel pro Klasse, ‰ pro 3 Jahre.

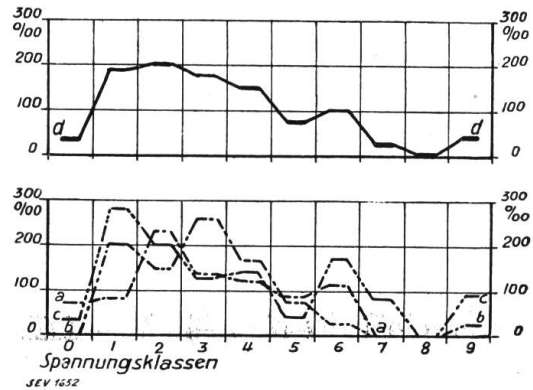


Fig. 2.

Anzahl Störungen pro Spannungsklasse.

b) Anzahl Störungen (Arten der Ursachen) pro Spannungsklasse. (Fig. 2.)

In der Ursachenhäufigkeit stehen folgende Spannungsklassen hervor:

Klasse 8: Öffentliche Beleuchtung, weil sie mit 0‰ beteiligt ist (Minimum).

Klasse 2: Zwischenspannung 6 kV, weil sie die maximale Häufigkeit von 198,3‰ im 3-jährigen Mittel aufweist und weil zudem die einzelnen Jahreswerte nicht mehr als 100‰ voneinander abweichen (76,2‰).

Von den 3 wichtigsten und ausgedehntesten Verteilnetzen fällt das Einphasen-Wechselstromnetz auf (Klasse 5) mit 72,2‰ gegenüber den beiden andern (Klasse 3 mit 179,6‰ und Klasse 6 mit 105,5‰) wegen geringerer Störungshäufigkeit trotz grösster Ausdehnung. Ausserdem weichen die drei Jahresergebnisse in Klasse 5 höchstens 52,4‰ voneinander ab. Dieses Ergebnis belegt die gleichmässig geringe Anzahl von Störungsursachen, welche das Einphasen-Wechselstrom-Niederspannungsnetz im Verlauf mehrerer Jahre aufweist. In der Dauer aller Störungen im Verlauf der drei Beobachtungsjahre verzeichnet dieses Netz von den drei Niederspannungsnetzen Klassen 3, 5 und 6) die geringste Gesamtzeit. Auch im zugehörigen Einphasen-Wechselstrom-Hochspannungsnetz (Klasse 4; 2 kV) liegen die extremen Jahreswerte nur 45‰ auseinander. Das Dreiphasen-Normalspannungsnetz 380/220 V weist im dreijährigen Mittel eine Störungshäufigkeit auf, welche dem Mittel aus den 10 Spannungsklassen sehr nahe liegt.

Die Extremwerte der Arten von Ursachen in den Jahren 1928, 1929 und 1930. Tabelle II.

	Auf Rubrik Nr.		entfallen von allen Störungen des Jahres ‰	
Maximale Werte 1928	114 und 146		je 73	
Maximale Werte 1929	149		94	
Maximale Werte 1930	171		142,8	
	Minima		Maxima	
	Klasse	‰	Klasse	‰
Im Total pro Spannungs-kategorie 1928	8	0	2	232,5
Im Total pro Spannungs-kategorie 1929	1,7 und 8	0	3	265,5
Im Total pro Spannungs-kategorie 1930	7,8 und 9	0	1	285,8
Im Total pro Art der Ursache 1928	120/9	15	110/9	276
Im Total pro Art der Ursache 1929	120 9	46,8	140/9	219
Im Total pro Art der Ursache 1930	120/9 und 160/9	je 31,8	190/9	269,9

Legende der Rubrik-Nummern.

114 = Bauart, Material, Einbauweise, Alter in der Lichtzwischen-spannung 2 kV.
146 = Gebrauch der Anlage durch Bezüger im Einheitsnetz 380/220 V.
149 = Gebrauch der Anlage durch Bezüger in fremden Anlagen.
171 = Naturerscheinungen in 50 bis 150 kV-Uebertragungsspannung.
110/9 = Bauart, Material, Einbauweise, Alter.
120/9 = Veränderte Benützung gegenüber Neuzustand.
140/9 = Gebrauch der Anlage durch die Bezüger.
160/9 = Unvorsichtigkeit, Böswilligkeit.
190/9 = Nicht feststellbar, unaufgeklärt.
1 = Uebertragungsspannung 50–150 kV.
2 = Zwischen-spannung 6 kV.
3 = Kraftnetz 500 V.
7 = Strassenbahnen.
8 = Oeffentliche Beleuchtung.
9 = Fremde Anlagen (Werke),

Ausserdem sind wegen niedriger Anzahl von Ursachen folgende Spannungs-klassen bemerkenswert:

Klasse 0: Maschinenspannung (7 bis 12 kV) mit im dreijährigen Mittel 34,7‰ bei Abweichung der extremen Jahreswerte um 72,5‰.

Klasse 7: Strassenbahnen (500 bis 1000 V) mit im dreijährigen Mittel 28,8‰ bei Abweichung der extremen Jahreswerte um 86,5‰.

Klasse 9: Fremde Anlagen mit im 3-jährigen Mittel 41‰ bei Abweichung der extremen Jahreswerte um 94‰.

II. Ort der Ursache.

a) Anzahl Störungen gleichen Orts der Ursache in den 3 Beobachtungsjahren (Fig. 3).

Die Ergebnisse der Jahre stimmen in folgenden Ursachenorten überein:

Auf 0 bis 50‰ genau bei

Klasse 210/9 Generatoren

220/9 Transformatoren

230 9 Umformer, Gleichrichter

240/9 Schalter, zugehörige Schutzorgane (Relais)

250/9 Sicherungen

260/9 Messanlagen, Wandler, Uhren

270/9 Trenner und Leitungen in Stationen

280/9 Besondere Schutzorgane (Kondensatoren, Drosselspulen)

290/9 Andere Anlageteile

390/9 Nicht feststellbar, unaufgeklärt.

Auf 50 bis 100‰ genau bei

Klasse 320/9 Kabelleitungen.

Die Klasse 280/9 (besondere Schutzorgane) weist in allen 3 Jahren den Wert Null auf. Es muss aber betont werden, dass an solchen Schutzeinrichtungen nur ein Minimum vorhanden ist. Diese Ursachenklasse ist auf Grund früherer Erfahrungen geschaffen worden; sie soll weiter bestehen bleiben, denn ihr Nichtgebrauch gibt dem ihrem Wert gegenüber skeptisch eingestellten Betriebsmann eine gewisse Beruhigung. Die Arten von Ursachen, welche in je einem Jahr mit minimaler Häufigkeit wirklich vorgekommen sind, figurieren in Klassen 260/9 (Messanlagen, Wandler, Uhren) und 290/9 (Andere Anlageteile). Die maximale Häufigkeit von Ursachenorten fällt auf Klasse 320/9 (Kabelleitungen). Kabelleitungen vereinigen auf sich im 3-jährigen Mittel zusammen den beträchtlichen Anteil von 396,8⁰/₁₀₀. Auf die die zweitgrösste Häufigkeit aufweisende Klasse 310/9 (Freileitungen) muss hier hingewiesen werden. Die Häufigkeit weicht von Jahr zu Jahr in dieser Klasse um 159⁰/₁₀₀ ab. Wegen des der mittleren Häufigkeit aller angeführten Ursachenorte (im 3-jährigen Mittel) am nächsten liegenden Wertes, muss die Klasse 240/9 (Schalter, zugehörige Schutzorgane) hervorgehoben werden. Wesentlich über dem Mittelwert aller erwähnten Ursachenorte liegen das 3-jährige Mittel der Klassen 350/9 (Bezüger) und 390/9 (nicht feststellbar, unaufgeklärt).

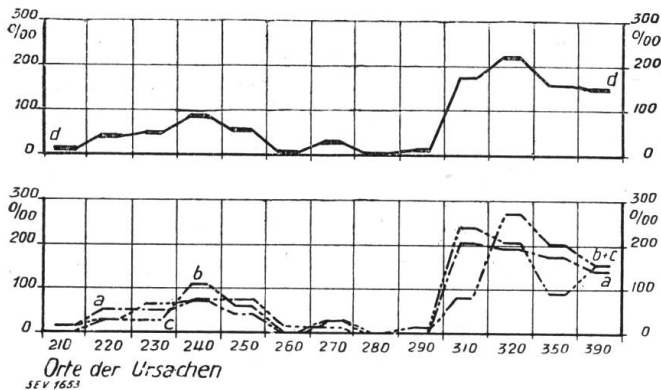


Fig. 3.
Anzahl Störungen gleichen Orts der Ursache.
Kurve a: 1928, ⁰/₁₀₀ pro 1 Jahr.
Kurve b: 1929, ⁰/₁₀₀ pro 1 Jahr.
Kurve c: 1930, ⁰/₁₀₀ pro 1 Jahr.
Kurve d: Mittel pro Klasse, ⁰/₁₀₀ pro 3 Jahre.

Die Klasse 280/9 (besondere Schutzorgane) weist in allen 3 Jahren den Wert Null auf. Es muss aber betont werden, dass an solchen Schutzeinrichtungen nur ein Minimum vorhanden ist. Diese Ursachenklasse ist auf Grund früherer Erfahrungen geschaffen worden; sie soll weiter bestehen bleiben, denn ihr Nichtgebrauch gibt dem ihrem Wert gegenüber skeptisch eingestellten Betriebsmann eine gewisse Beruhigung. Die Arten von Ursachen, welche in je einem Jahr mit minimaler Häufigkeit wirklich vorgekommen sind, figurieren in Klassen 260/9 (Messanlagen, Wandler, Uhren) und 290/9 (Andere Anlageteile). Die maximale Häufigkeit von Ursachenorten fällt auf Klasse 320/9 (Kabelleitungen). Kabelleitungen vereinigen auf sich im 3-jährigen Mittel zusammen den beträchtlichen Anteil von 396,8⁰/₁₀₀. Auf die die zweitgrösste Häufigkeit aufweisende Klasse 310/9 (Freileitungen) muss hier hingewiesen werden. Die Häufigkeit weicht von Jahr zu Jahr in dieser Klasse um 159⁰/₁₀₀ ab. Wegen des der mittleren Häufigkeit aller angeführten Ursachenorte (im 3-jährigen Mittel) am nächsten liegenden Wertes, muss die Klasse 240/9 (Schalter, zugehörige Schutzorgane) hervorgehoben werden. Wesentlich über dem Mittelwert aller erwähnten Ursachenorte liegen das 3-jährige Mittel der Klassen 350/9 (Bezüger) und 390/9 (nicht feststellbar, unaufgeklärt).

Die Häufigkeit weicht von Jahr zu Jahr in dieser Klasse um 159⁰/₁₀₀ ab. Wegen des der mittleren Häufigkeit aller angeführten Ursachenorte (im 3-jährigen Mittel) am nächsten liegenden Wertes, muss die Klasse 240/9 (Schalter, zugehörige Schutzorgane) hervorgehoben werden. Wesentlich über dem Mittelwert aller erwähnten Ursachenorte liegen das 3-jährige Mittel der Klassen 350/9 (Bezüger) und 390/9 (nicht feststellbar, unaufgeklärt).

Die Extremwerte der Orte von Ursachen in den Jahren 1928, 1929 und 1930. Tabelle III.

	Auf Rubrik Nr.	entfallen von allen Störungen des Jahres ⁰ / ₁₀₀	
Maximale Werte 1928	352	88,1	
Maximale Werte 1929	323	142,9	
Maximale Werte 1930	311	190,7	
	Minima (0 ⁰ / ₁₀₀) Klasse	Maxima Klasse ⁰ / ₁₀₀	
Im Total pro Spannungs-klasse 1928	8	2	220,5
Im Total pro Spannungs-klasse 1929	0 7 8	3	301,6
Im Total pro Spannungs-klasse 1930	7 8 9	1	285,9
Im Total pro Ort der Ursache 1928	260/9 280/9 290/9	310/9	205,8
Im Total pro Ort der Ursache 1929	210/9 260/9 280/9	320/9	269,9
Im Total pro Ort der Ursache 1930	280/9 290/9	310/9	238,4

Legende der Rubrik-Nummern.
 311 = Freileitungen für 50 bis 150 kV Uebertragungsspannung.
 323 = Kabelleitungen im Kraftnetz 500 V.
 352 = Bezüger (ausserhalb des Werkseigentums) im Zwischenspannungsnetz 6 kV.
 210/9 = Generatoren.
 260/9 = Messanlagen, Wandler, Uhren.
 280/9 = Besondere Schutzorgane (Kondensatoren, Drosselspulen).
 290/9 = Andere Anlageteile.
 310/9 = Freileitungen.
 320/9 = Kabelleitungen.
 0 = Maschinenspannung 7-12 kV.
 1 = Uebertragungsspannung 50-150 kV,
 2 = Zwischenspannung 6 kV.
 3 = Kraftnetz 500 V.
 7 = Strassenbahnen.
 8 = Oeffentliche Beleuchtung.
 9 = Fremde Anlagen (Werke).

b) Anzahl Störungen (Orte der Ursache) pro Spannungsklasse.

Diese Betrachtung führt zu den gleichen Ergebnissen, wie sie unter *I b*) aufgeführt sind, weil im allgemeinen jede Art der Ursache bezüglich der Spannungsklasse gleich eingereicht wird wie deren Ort (Fig. 2).

III. Zeit des Beginns und Dauer der Störungen.

a) Pro Quartal (Fig. 4, 5 und 6).

Hier muss vorausgeschickt werden, dass die betrachteten 3 Geschäftsjahre jeweils vom 1. Oktober bis 30. September laufen und der Kürze wegen mit demjenigen Jahr bezeichnet sind, in welchem 3 Quartale liegen (1930 statt 1929/30).

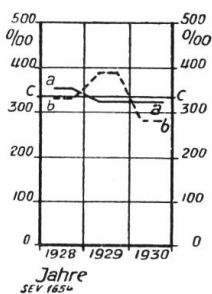


Fig. 4.

Anzahl und Dauer der Störungen im Mittel aus 1928, 1929 und 1930.

Kurve a: Anzahl.
Kurve b: Dauer.
Kurve c: Mittel pro Jahr.

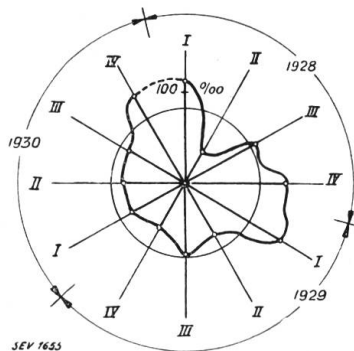


Fig. 5.

Anzahl der Störungen pro Quartal in 1928, 1929 und 1930.

I 1. Oktober bis 31. Dezember.
II 1. Januar bis 31. März.
III 1. April bis 30. Juni
IV 1. Juli bis 30. September.

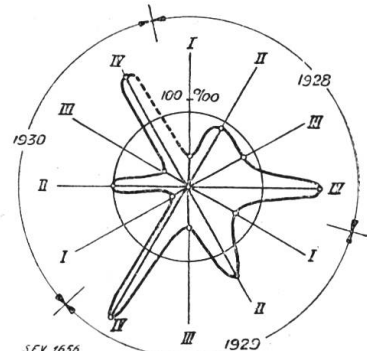


Fig. 6.

Dauer aller Störungen pro Quartal in 1928, 1929 und 1930.

Die Uebereinstimmung der 3 Jahre bezüglich der Anzahl Störungen ist auf 25 ‰ genau erreicht. Die Anzahl Störungen pro Jahr zeigt eine schwach fallende Tendenz. Dieser Abfall äussert sich in der Dauer noch ausgesprochener von 1929 gegen 1930 (107,8 ‰) (Fig. 4). 1929 waren die Netzstörungen von verhältnismässig langer Dauer zahlreich, 1930 dagegen die Gewitterstörungen mit kurzer Dauer. Im 3-jährigen Mittel pro Quartal (Fig. 5) beträgt der Unterschied der Extremwerte der Anzahl 139 ‰, und zwar zwischen dem 1. Quartal (820 Oktober bis Dezember mit 309 ‰) und dem 2. Quartal (821 Januar bis März mit 170 ‰). Die grössten Unterschiede in der Anzahl Störungen pro Quartal weist das Jahr 1928 auf, während 1930 dasjenige ist, welches in den 4 Quartalen die gleichmässigste Verteilung besitzt. Die grösste Häufigkeit, bezogen auf alle 3 Jahre, tritt auf im 1. Quartal 1928 und im 4. Quartal 1930, die kleinste im 2. Quartal 1928 und die dem Mittel aus allen 12 Quartalen (83,3 ‰) am nächsten liegende im 3. Quartal 1928 (88 ‰).

In der Dauer (Fig. 6) ergeben sich in den Jahren und Quartalen wesentlich grössere Unterschiede als in den Anzahlen. Dies ist erklärlich, weil die Anzahl eine primäre, die Dauer aber eine sekundäre Erscheinung ist, welche von der Raschheit der Behebung, also vom Menschen abhängig ist. Während Fig. 5 für die Anzahlen von Quartal zu Quartal eine gleichmässigere Verteilung ergibt, zeigt Fig. 6, dass Quartale mit grosser und kleiner Dauer aufeinanderfolgen.

b) Pro Wochentag.

Prüft man die Uebereinstimmung der Beteiligung der Wochentage an der Anzahl Störungen in den 3 Jahren (Fig. 7), so findet man, dass diese in keiner Klasse innerhalb 0 bis 50 ‰ liegt, hingegen zwischen 50 und 100 ‰:

in Klasse 3: Donnerstag
 4: Freitag
 5: Samstag.

Der Dienstag zeichnet sich dadurch aus, dass die extremsten Jahreswerte 406‰ von einander entfernt liegen. Montag, Mittwoch und Sonntag zeigen mittelgrosse Abweichungen. Ueber die Dauer (Fig. 8) lässt sich nichts zusammenfassendes sagen,

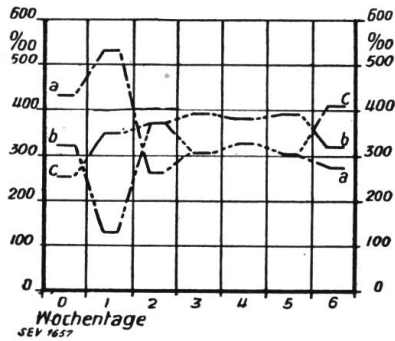


Fig. 7.

Anzahl der Störungen pro Wochentag
 Kurve a: 1928, ‰ pro 3 Jahre.
 Kurve b: 1929, ‰ pro 3 Jahre.
 Kurve c: 1930, ‰ pro 3 Jahre.

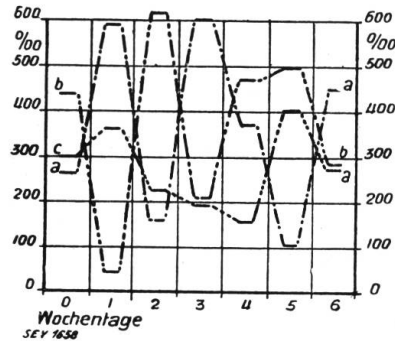


Fig. 8.

Dauer aller Störungen pro Wochentag.
 0 = Montag 4 = Freitag
 1 = Dienstag 5 = Samstag
 2 = Mittwoch 6 = Sonntag
 3 = Donnerstag

denn die Jahreswerte der einzelnen Wochentage zeigen Unterschiede von wenigstens 174‰ (Sonntag) bis höchstens 551‰ (Dienstag). Die Erklärung hierfür kann in ungleicher Verteilung auf die Tageszeiten, ungleich rascher Meldung an das Werk, in ungleich rascher Behebung der Störungen, sowie in ungleicher Ausdehnung und Schwere liegen.

Fig. 9 dient dazu, um festzustellen, ob Anzahl oder Dauer der Störung an einem Wochentag im Verlauf der 3 aufeinanderfolgenden Jahre eine bestimmte Tendenz zeige. In der Anzahl der Störungen zeigt fallende Tendenz nur der Montag, steigende der Sonntag und veränderliche jeder andere Wochentag. Die Dauerwerte für Donnerstag und Samstag sind in den 3 Jahren vollkommen gleich. In der Dauer weisen nur Donnerstag und Sonntag fallende Tendenz auf; die Dauer aller andern Wochentage schwankt um den Mittelwert von 333‰ pro Jahr.

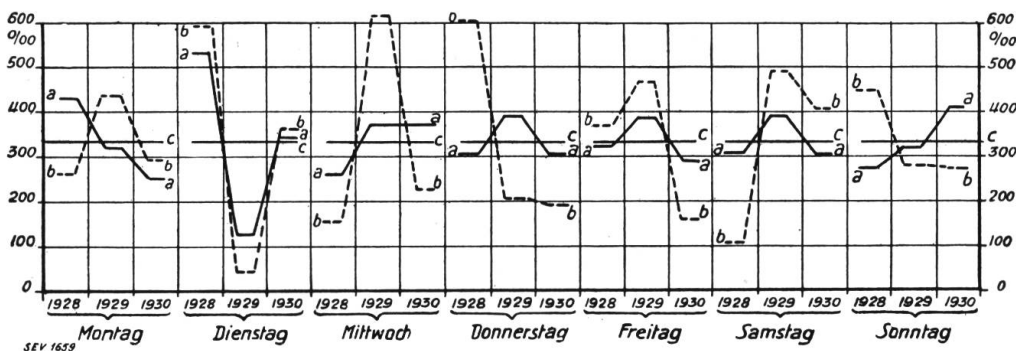


Fig. 9.

Anzahl und Dauer der Störungen pro Wochentag in 1928, 1929 und 1930.
 Kurve a: Anzahl.
 Kurve b: Dauer.
 Kurve c: Mittel pro Jahr.

Das Bild ändert sich wenig, wenn man anstatt der Störungen jedes Wochentages in 3 Jahren alle eines Jahres gleich Tausend setzt (Fig. 10 und 11). In diesem Fall liegen die extremen Jahreswerte der Anzahl innerhalb 0 bis 50‰ :

in Klasse 3: Donnerstag
 4: Freitag
 5: Samstag;
 zwischen 50 und 100⁰/₁₀₀:
 in Klasse 0: Montag
 2: Mittwoch
 6: Sonntag.

Bemerkenswert ist der gleichmässige Verlauf der Kurven 1928, 1929 und 1930 in Figur 10 von Mittwoch bis und mit Sonntag. Auch in dieser Darstellung (Fig. 11) ist die Dauer aller Störungen wenig durchsichtig. Jedenfalls sind Störungen an Samstagen und Sonntagen im allgemeinen von längerer Dauer, als bei Beginn zu gleicher Tageszeit an anderen Wochentagen, weil das Aufgebot des Bereitschaftspersonals aus organisatorischen Gründen etwas zeitraubender ist.

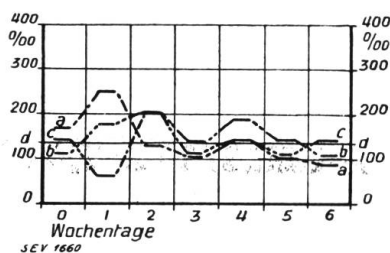


Fig. 10.

Anzahl der Störungen pro Wochentag und 1 Jahr.

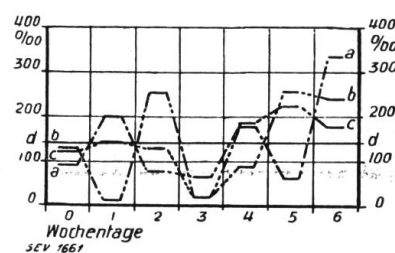


Fig. 11.

Dauer der Störungen pro Wochentag und 1 Jahr.

Kurve a: 1928.
 Kurve b: 1929.
 Kurve c: 1930.
 Kurve d: Mittel pro Wochentag.

c) Pro Tageszeit.

Es muss vorausgeschickt werden, dass die 4 Tageszeitklassen mit Rücksicht auf die gesamte Werksbelastung im Laufe des Jahres und nicht im Hinblick auf den Charakter einzelner Netze aufgestellt worden sind. Ihre Anteile an der Woche sind nicht genau je 42 Stunden (250⁰/₁₀₀), sondern die Klasse A (vorwiegend Industrielast) ist um 3 Stunden länger (268⁰/₁₀₀) und Klasse C (veränderliche Belastung) um 3 Stunden kürzer (232⁰/₁₀₀) als ein Wochenviertel.

Die 3 untersuchten Jahre weisen in dieser statistischen Betrachtungsweise eine beachtenswerte Übereinstimmung auf. In die Anzahl Störungen, welche in der Zeit veränderlicher Belastung (Klasse 2) begonnen haben, teilen sich die 3 Beobachtungsjahre gleichmässig (absolut und relativ). Aber auch in den anderen Tageszeitklassen treten von Jahr zu Jahr keine grösseren Abweichungen als 26⁰/₁₀₀ auf. Man darf den grossen Einfluss der Tageszeit auf das Eintreten einer Störung als hierdurch bewiesen betrachten. Die Höchstzahl von Störungen tritt in der Beleuchtungszeit ein. Hiezu muss allerdings bemerkt werden, dass die Tageszeitklassen im Sommer und Winter die gleichen Grenzen besitzen. Dadurch fallen in gewitterreichen Jahren die nach 17 Uhr auftretenden Gewitterstörungen in die Tageszeitklasse 2 (vorwiegend Beleuchtungslast), obschon sie für diese nicht absolut charakteristisch sind. Wegen der schwächeren Anlagenbeanspruchung während der Nacht weist diese Klasse (3) in allen 3 Jahren die minimale Anzahl Störungen auf (Fig. 12). In den Klassen 0 und 1 (vorwiegend Industrie- und Beleuchtungslast) zeigt sich deutlich eine von Jahr zu Jahr fallende Tendenz.

Bei der Untersuchung der Dauer aller Störungen in den verschiedenen Tageszeitklassen (Fig. 13) findet man für 1929 eine Kurve von gleichem Charakter wie für die Anzahl. Eine von Jahr zu Jahr fallende Tendenz ist nur in Klasse 3 (Nachtlast) feststellbar. In allen 3 Jahren liegen die Werte der Klasse 2 (vorwiegend

veränderliche Last) über dem Mittel pro Tageszeitklasse. Fig. 14 stellt die aus den 3 Jahreskurven herausgeschälten Mittelkurven der Anzahl und Dauer aller Störungen der 3 Jahre dar. Stellt man hier die Frage, ob auch die meisten Arten und Orte der Ursachen in den Einphasen-Wechselstromnetzen liegen, weil diese zur Hauptbeleuchtungszeit am stärksten belastet sind, so erteilt Fig. 2 verneinende Auskunft (Spannungsklassen 4 und 5). Man darf daraus schliessen, dass die Störungen, welche zur Hauptbeleuchtungszeit eintreten, zum grösseren Teil nicht in den Einphasenwechselstrom-Netzen entstehen, noch sich dort auswirken. Die Tabelle IV gibt hierfür den Beweis. Darin sind alle Störungen, welche in den 3 Jahren während der

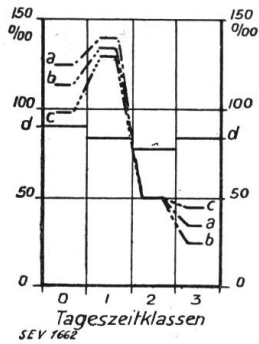


Fig. 12.
Anzahl der Störungen pro Tageszeitklasse.

Kurve a: 1928, ‰ pro 1 Jahr.
Kurve b: 1929, ‰ pro 1 Jahr.
Kurve c: 1930, ‰ pro 1 Jahr.
Kurve d: Mittel pro Klasse, ‰ pro 3 Jahre.

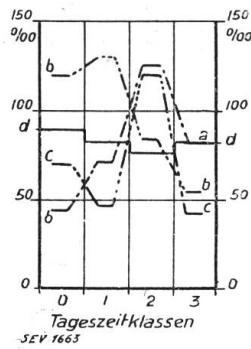


Fig. 13.
Dauer aller Störungen pro Tageszeitklasse.

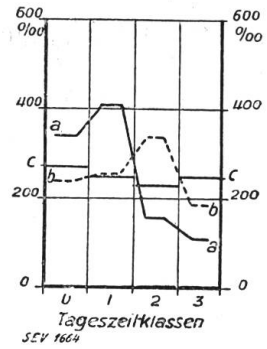


Fig. 14.
Anzahl und Dauer aller Störungen pro Tageszeitklasse; Mittel aus 1928, 1929 und 1930.
Kurve a: Anzahl.
Kurve b: Dauer.
Kurve c: Mittel pro Klasse.

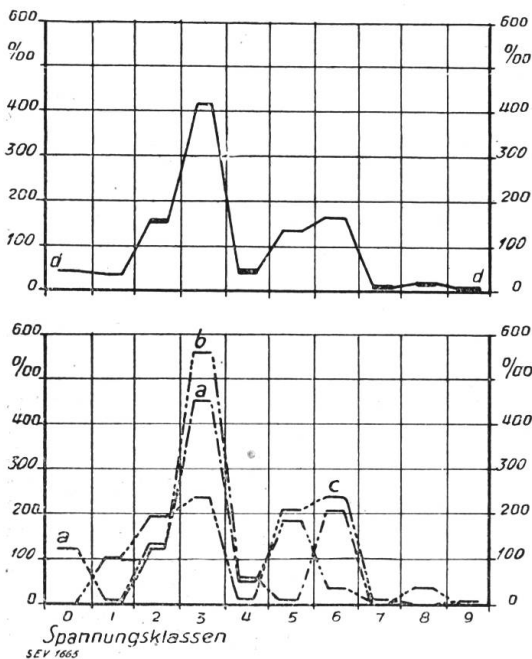


Fig. 15.
Dauer der Störungen pro Spannungsklasse.
Kurve a: 1928, ‰ pro 1 Jahr.
Kurve b: 1929, ‰ pro 1 Jahr.
Kurve c: 1930, ‰ pro 1 Jahr.
Kurve d: Mittel pro Klasse, ‰ pro 3 Jahre.

Geltungszeit der in der Leit Tafel definierten Klasse 841 (vorwiegend Beleuchtung) aufgetreten sind, gleich 1000 gesetzt. Von allen diesen Störungen mit der Leitnummer 841 sind 397 ‰, also die Minderzahl, in den Einphasen-Wechselstromnetzen entstanden. 513 ‰ dieser Störungen haben sich direkt oder indirekt im Einphasen-Wechselstrom-Niederspannungsnetz ausgewirkt. 385 ‰ Störungen hatten im Hochspannungsnetz ihren Ausgang und 359 ‰ wirkten sich sowohl im Einphasen-Wechselstrom Hoch- und Niederspannungsnetz aus. In dieser Tabelle sind die gleichen Zahlen für in einer der Spannungsklassen 4 und 5 während der Jahre 1928 und 1930 entstandenen Störungen bemerkenswert. Bei dieser zusammenfassenden Betrachtungsweise zeigen sich die Annehmlichkeiten dieses Statistikaufbaues mittels Leitnummern. Auf alle einschlägigen Fragen antwortet eine rasch zusammengestellte Tabelle.

d) Pro Spannungsklasse.

Fig. 15 gibt ein Bild der auf die einzelnen Spannungsklassen entfallenden Dauer (in ‰ der gesamten Dauer pro Jahr). Die sehr

hohe Dauer aller Störungen (Mittelkurve, oben) des Zwischenspannungsnetzes 6 kV (Klasse 3) ist deshalb erklärlich, weil es mit selbstauslösenden Schaltern versehen ist, während die Sekundärnetze fast ausschliesslich nur Sicherungen besitzen. Wegen

Störungen mit Leitnummer 841 (während vorwiegend Beleuchtungslast entstanden) in den Jahren 1928, 1929 und 1930 und die bei der Entstehung und der Auswirkung beteiligten Spannungsklassen.
Tabelle IV.

Jahr	Von den Störungen mit Nr. 841 ‰	sind entstanden in Spannungsklassen			und haben betroffen Netze der Spannungsklassen			
		4 ‰	5 ‰	Total ‰	4 ‰	5 ‰	beide ‰	Total ‰
1928	346	102,5	38,5	141	90	141	77	231
1929	333	64	51	115	103	128	90	231
1930	321	102,5	38,5	141	192	244	192	436
Total	1000	269	128	397	385	513	359	898

Dauer aller Störungen in den einzelnen Spannungsklassen in den Jahren 1928, 1929 und 1930 (in ‰).
Tabelle V.

Jahr	Spannungsklassen 810/9										Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1928	39,6	1,1	43,2	149	19,4	2,7	69,7	3,6	—	1,4	329,7
1929	—	0,5	48,6	218	18,1	72,1	13,3	—	14,5	3,7	388,8
1930	—	30,0	55,6	66,7	2,7	58,5	67,7	—	—	—	281,5
Total	39,6	31,6	147,4	433,7	40,2	133,6	150,7	3,6	14,5	5,1	1000

Anzahl Störungsbeginne pro Spannungsklasse in Funktion der Wochentage in den Jahren 1928, 1929 und 1930 (in ‰).

Tabelle VI.

Jahr	Wochentage 830/6							Jahr	Wochentage 830/6						
	0	1	2	3	4	5	6		0	1	2	3	4	5	6
Spannungsklasse 0								Spannungsklasse 5							
1928	143	—	143	143	143	—	143	1928	50	—	—	—	50	—	50
1929	—	—	—	—	—	—	—	1929	50	50	—	100	50	—	100
1930	—	—	—	143	—	—	143	1930	150	50	150	—	100	50	—
$\Sigma=1000$	143	—	143	286	143	—	286	$\Sigma=1000$	250	100	150	100	200	50	150
Spannungsklasse 1								Spannungsklasse 6							
1928	100	33	—	33	33	—	—	1928	50	200	—	50	—	150	150
1929	—	—	67	67	67	67	—	1929	50	—	50	—	—	—	50
1930	67	167	33	67	33	—	167	1930	50	50	50	—	—	50	50
$\Sigma=1000$	167	200	100	167	133	67	167	$\Sigma=1000$	150	250	100	50	—	200	250
Spannungsklasse 2								Spannungsklasse 7							
1928	—	71,4	95,2	95,2	47,6	23,8	—	1928	—	333	167	—	333	167	—
1929	95,2	71,4	71,4	23,8	47,6	23,8	—	1929	—	—	—	—	—	—	—
1930	—	71,4	47,6	47,6	71,4	71,4	23,8	1930	—	—	—	—	—	—	—
$\Sigma=1000$	95,2	214,2	214,2	166,6	166,6	119,0	23,8	$\Sigma=1000$	—	333	167	—	333	167	—
Spannungsklasse 3								Spannungsklasse 8							
1928	52,6	52,6	52,6	—	52,6	26,3	26,3	1928	—	—	—	—	—	—	—
1929	52,6	—	105,2	78,9	105,2	105,2	26,3	1929	—	—	—	—	1000	—	—
1930	26,3	—	131,5	26,3	26,3	26,3	26,3	1930	—	—	—	—	—	—	—
$\Sigma=1000$	131,5	52,6	289,3	105,2	184,1	157,8	78,9	$\Sigma=1000$	—	—	—	—	1000	—	—
Spannungsklasse 4								Spannungsklasse 9							
1928	154,0	154,0	—	—	38,5	38,5	—	1928	—	250	250	—	—	—	—
1929	38,5	—	38,5	38,5	115,5	77	77	1929	—	—	500	—	—	—	—
1930	—	38,5	38,5	38,5	77	38,5	—	1930	—	—	—	—	—	—	—
$\Sigma=1000$	192,5	192,5	77	77	230	154	77	$\Sigma=1000$	—	250	750	—	—	—	—

Anzahl Störungsbeginne pro Spannungsklasse in Funktion der Tageszeiten
in den Jahren 1928, 1929 und 1930 (in ‰).

Tabelle VII.

Jahr	Tageszeitklasse 840/3				Jahr	Tageszeitklasse 840/3			
	0	1	2	3		0	1	2	3
Spannungsklasse 0					Spannungsklasse 5				
1928	143	286	—	286	1928	—	150	—	—
1929	—	—	—	—	1929	100	150	100	—
1930	—	143	—	143	1930	50	300	50	100
$\Sigma = 1000$	143	429	—	429	$\Sigma = 1000$	150	600	150	100
Spannungsklasse 1					Spannungsklasse 6				
1928	100	33	33	33	1928	—	300	150	150
1929	134	100	33	—	1929	—	100	—	50
1930	134	267	100	33	1930	100	—	150	—
$\Sigma = 1000$	368	400	166	66	$\Sigma = 1000$	100	400	300	200
Spannungsklasse 2					Spannungsklasse 7				
1928	190,4	95,2	47,6	—	1928	333	500	167	—
1929	142,8	142,8	47,6	—	1929	—	—	—	—
1930	119,0	95,2	47,6	71,4	1930	—	—	—	—
$\Sigma = 1000$	452,2	333,2	142,8	71,4	$\Sigma = 1000$	333	500	167	—
Spannungsklasse 3					Spannungsklasse 8				
1928	157,8	—	78,9	26,3	1928	—	—	—	—
1929	210,4	131,5	26,3	105,2	1929	—	1000	—	—
1930	157,8	26,3	26,3	52,6	1930	—	—	—	—
$\Sigma = 1000$	526,0	157,8	131,5	184,1	$\Sigma = 1000$	—	1000	—	—
Spannungsklasse 4					Spannungsklasse 9				
1928	77	308,0	—	—	1928	500	—	—	—
1929	77	269,5	38,5	—	1929	—	—	500	—
1930	38,5	192,5	—	—	1930	—	—	—	—
$\Sigma = 1000$	192,5	770,0	38,5	—	$\Sigma = 1000$	500	—	500	—

deren Trägheit wirkten sich viele grössere Störungen der Sekundärnetze im nächst vorgelagerten Hochspannungsschalter aus.

Die Tabellen VI und VII geben zahlenmässige Antwort auf die Frage: Treten in einzelnen Spannungsklassen die Störungen besonders zahlreich an einzelnen Wochentagen oder zu bestimmten Tageszeiten auf? Tabelle VIII gibt diese Auskunft in Worten.

Tabelle VIII

In Spannungsklasse als der verursachenden	ist die höchste Anzahl Störungen entstanden	
	am Wochentag	zur Tageszeit
0 Maschinen-Spannung 7–12 kV	833 Donnerstag und 836 Sonntag	841 vorw. Beleuchtungslast
1 Uebertragungs-Spannung 50-150 kV	831 Dienstag	841 vorw. Beleuchtungslast
2 Zwischen-Spannung 6 kV	831 Dienstag und 832 Mittwoch	840 vorw. Industrielast
3 Kraftnetze 500 V	832 Mittwoch	840 vorw. Industrielast
4 Licht-Zwischenspannung 2 kV	834 Freitag	841 vorw. Beleuchtungslast
5 Lichtnetze 2 × 110 V und 2 × 220 V	830 Montag	841 vorw. Beleuchtungslast
6 Einheitsnetze 380/220 V	831 Dienstag und 836 Sonntag	841 vorw. Beleuchtungslast
7 Strassenbahnen 500–1500 V	831 Dienstag und 834 Freitag	841 vorw. Beleuchtungslast
8 Oeffentliche Beleuchtung	834 Freitag	841 vorw. Beleuchtungslast
9 Fremde Anlagen	831 Dienstag	840 vorw. Industrielast 842 veränderliche Last

In der Diskussion dieser Zusammenstellung muss auf folgendes hingewiesen werden:

Spannungsklasse 8: Die öffentliche Beleuchtung steht ihrer Bestimmung gemäss nur bei Dunkelheit im Betrieb. Naturgemäss beginnt die Hauptzahl der Störungen während dieser Stunden. Während der Tageszeitklasse 0 (vorwiegend Industrielast) beginnen die meisten Störungen im Zwischenspannungsnetz (6 kV Drehstrom), im Kraftnetz (500 V Drehstrom), oder sind Rückwirkungen aus fremden Erzeugeranlagen. Auffallenderweise sind der Dienstag und der Mittwoch die meist beteiligten Wochentage. Es ist ohne weiteres verständlich, dass in den durch den Industriebetrieb am stärksten beanspruchten Netzen die meisten Störungen während der gebräuchlichen Fabrikarbeitszeit (Tageszeitklasse 0) entstehen. Der Dienstag ist für das 380/220 V Netz (Drehstrom), sowie für die in Uebertragungsspannung und im Strassenbahnnetz entstandenen Störungen der schwarze Tag. In diesen Spannungsklassen tritt die Tageszeitklasse 1 (vorwiegend Beleuchtungslast) in Gemeinschaft mit dem Dienstag auf. Eine einleuchtende Erklärung für die starke Beteiligung des Dienstag und des Mittwoch an der Störungsentstehung kann auch mit menschlichen Eigenschaften oder Gewohnheiten nicht gegeben werden. Die aus anderen Untersuchungen gelegentlich als schwarze Tage hervorgehenden Montage und Freitage (Verkehrsstatistiken) sind nur an der Maximalzahl Störungen schuld, welche im Licht-Zwischenspannungsnetz (2 kV), im Strassenbahnnetz und in der öffentlichen Beleuchtung entstanden sind.

e) Beginn der Störungen gleicher Art der Ursache, untersucht nach Quartalen, Wochentagen und Tageszeiten.

Die Resultate dieser Untersuchungen sind in den Fig. 16 bis 23 als Mittel der 3 Jahre dargestellt. Es seien hier nur einige wenige ergänzende Bemerkungen angebracht:

Bauart, Material, Einbauweise, Alter (110/9, Fig. 16) treten als Störungsursache in allen 4 Quartalen und an allen Wochentagen in ziemlich gleichmässiger Verteilung auf. Auch die 3 Tageszeitklassen 0, 1 und 2 weichen in der Häufigkeit dieser Ursache wenig voneinander ab; hingegen sind nur wenige in der Nacht eingetretene Störungen auf diese Ursache zurückzuführen. Veränderte Benützung gegenüber Neuzustand (120/9, Fig. 17) tritt an Montagen, Dienstagen und Samstagen nie als Störungsursache auf, ebensowenig in der Tageszeitklasse 2 (Veränderliche Belastung). Interessant ist, dass sich falsche Handhabung und Pflege (130/9, Fig. 18) im vierten Quartal (823) an Freitagen (834) und bei vorwiegend Beleuchtungslast am meisten häufen. Die abstumpfende Wirkung der sommerlichen Wärme auf den Menschen und der an Freitagen allgemein gesteigerte Geschäftsdrang (Verkehrsunfälle) erklären dieses Ergebnis einigermaßen. Bei den in der Zeit veränderlicher Belastungen meist nach Programm vorgenommenen Schaltungen ist in 3 Jahren überhaupt keine Fehlschaltung vorgekommen. Die Klasse 140/9 (Gebrauch der Anlage durch die Bezüger) (Fig. 19) weist die grösste Häufung im ersten Quartal (820), an Dienstagen (831) und Mittwochen (832) während vorwiegend Industrie- (840) und Beleuchtungslast (841) auf. Die Gründe sind zu suchen in oft überanstrengten Betrieben und im aussergewöhnlichen Gebrauch der Anlagen am Tag und in den Abendstunden während der Vorweihnachtszeit. Zu Fig. 20 kann nur beigefügt werden, dass Bauarbeiten in der Nähe bestehender Anlagen (150/9) meistens durch Verletzen der in der Erde verlegten Kabel zu Störungsursachen werden. Die meisten Störungen dieser Art treten im Sommer während der normalen Tagesarbeitszeit (840, vorwiegend Industrielast) auf und es erscheinen der Mittwoch (832) und der Freitag (834) als diejenigen Tage, an welchen solche Unachtsamkeit am häufigsten schlimme Folgen hat. Vor Unvorsichtigkeit und Böswilligkeit (160/9, Fig. 21) als Störungsursache waren die Anlagen an Sonntagen und während der beschränkten Nachtzeit (843) vollkommen bewahrt. Alkohol und Nachtbubenstreiche spielen offenbar gegenüber den elektrischen Betrieben keine bedeutende Rolle. In dieser Beziehung erscheint aber der Mittwoch als besonders schwarzer Tag. Naturerscheinungen als Störungsursache (170/9, Fig. 22) treten am weitaus zahlreichsten im vierten Quartal (Juli bis September) und in

Beginn der Störungen gleicher Art der Ursache nach Quartalen, Wochentagen und Tageszeiten.

Quartale:
 I. 1. Okt. bis 31. Dez.
 II. 1. Jan. bis 31. März
 III. 1. April bis 30. Juni
 IV. 1. Juli bis 30. Sept.

Wochentage:
 Mo Montag
 Di Dienstag
 Mi Mittwoch
 Do Donnerstag
 Fr Freitag
 Sa Samstag
 So Sonntag

Tageszeiten:
 0 vorwieg. Industrielast
 1 vorwieg. Beleuchtung
 2 veränderliche Last
 3 Nachtlast

Quartale:
 I. 1. Okt. bis 31. Dez.
 II. 1. Jan. bis 31. März
 III. 1. April bis 30. Juni
 IV. 1. Juli bis 30. Sept.

Wochentage:
 Mo Montag
 Di Dienstag
 Mi Mittwoch
 Do Donnerstag
 Fr Freitag
 Sa Samstag
 So Sonntag

Tageszeiten:
 0 vorwieg. Industrielast
 1 vorwieg. Beleuchtung
 2 veränderliche Last
 3 Nachtlast

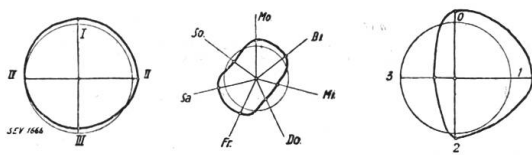


Fig. 16.

Mittel 1928, 1929 und 1930 für Ursachenklasse:
 110/9 = Bauart, Material, Einbauweise, Alter.

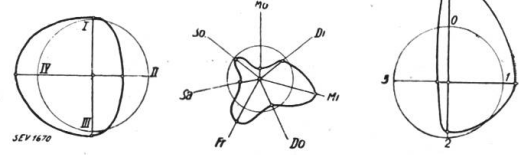


Fig. 20.

Mittel 1928, 1929 und 1930 für Ursachenklasse:
 150/9 = Bauarbeiten in der Nähe bestehender Anlagen.

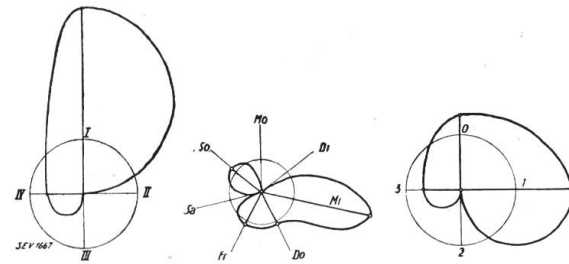


Fig. 17.

Mittel 1928, 1929, 1930 für Ursachenklasse:
 120/9 = Veränderte Benützung gegenüber Neuzustand.

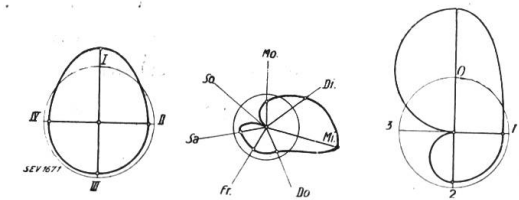


Fig. 21.

Mittel 1928, 1929 und 1930 für Ursachenklasse:
 160/9 = Unvorsichtigkeit, Böswilligkeit.

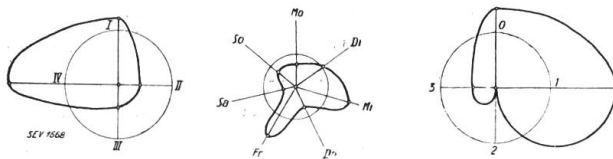


Fig. 18.

Mittel 1928, 1929 und 1930 für Ursachenklasse:
 130/9 = Falsche Handhabung und Pflege durch Werk.

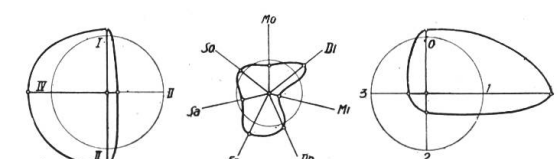


Fig. 22.

Mittel 1928, 1929 und 1930 für Ursachenklasse:
 170/9 = Natur-Erscheinungen.

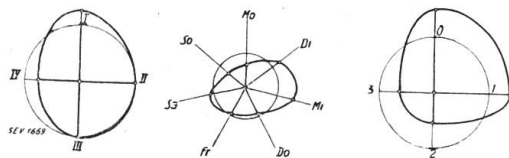


Fig. 19.

Mittel 1928, 1929 und 1930 für Ursachenklasse:
 140/9 = Gebrauch der Anlage durch Bezüger.

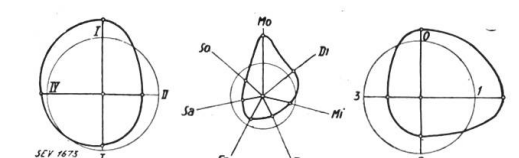


Fig. 23.

Mittel 1928, 1929 und 1930 für Ursachenklasse:
 190/9 = Nicht feststellbar, unaufgeklärt.

der Tageszeitklasse 2 auf (täglich 17 bis 23 Uhr). Der Mittwoch zeichnet sich in dieser Beziehung durch die Minimalzahl aus. In dieser Klasse figurieren nur die nicht abwendbaren Naturerscheinungen, hauptsächlich Gewitter, welche tatsächlich meistens gegen den Abend oder in der Nacht auftreten. Spätnacht-Gewitter sind wenig zahlreich und in der Regel ohne sehr schädlichen Einfluss auf die elektrischen Anlagen.

Diese Untersuchungen und Hinweise auf die Zusammenhänge liessen sich bedeutend weiter ausdehnen und vermehren.

IV. Anzahl Störungen und betroffene Spannungsklassen.

a) Pro Monat.

Aus Fig. 24 bis 26 erkennt man, dass die Anzahlen der Störungen und der betroffenen Spannungsklassen in den einzelnen Jahren ähnlichen Kurvenverlauf aufweisen. Im Sommer 1930 wirkt sich die Schwere der durch zahlreiche in den

Uebertragungsleitungen (Spannungsklasse 1) verursachten Gewitterstörungen durch eine Steigerung der Anzahl betroffener Spannungsklassen aus. Weil mit Ausnahme der Einphasennetze (Spannungsklassen 4, 5 und teilweise 8) alle übrigen von der Drehstromübertragung abhängig sind, können diese grossen Ausdehnungen netz- bau- und betriebstechnisch erklärt werden.

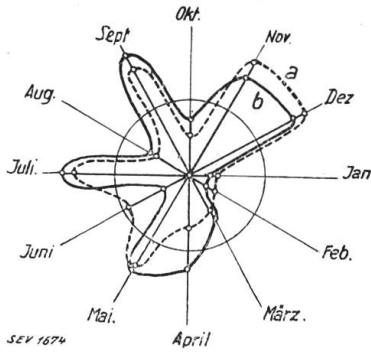


Fig. 24.
Anzahl Störungen und betroffene Spannungsklassen pro Monat 1928

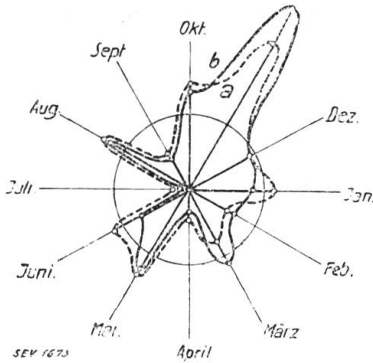


Fig. 25.
Anzahl Störungen und betroffene Spannungsklassen pro Monat 1929
Kurve a: Anzahl Störungen.
Kurve b: Anzahl betroffene Spannungsklassen.

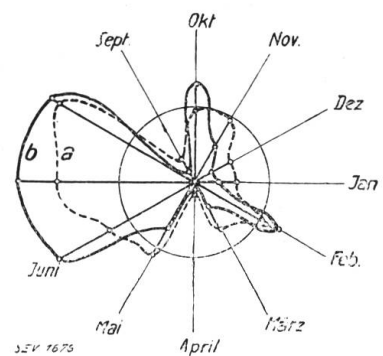


Fig. 26.
Anzahl Störungen und betroffene Spannungsklassen pro Monat 1930

Tabelle IX.

In allen 3 Jahren liegen	unter dem Mittel im Monat	über dem Mittel im Monat
die Anzahl Störungen	März und April	Mai
die Anzahl betroffener Spannungsklassen	Januar	keinem

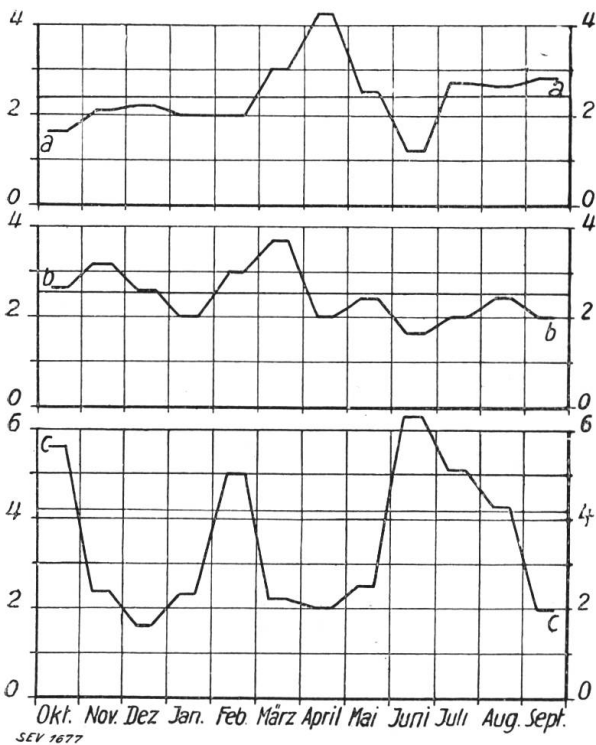


Fig. 27.
Anzahl betroffene Spannungsklassen pro Störung.
Kurve a: 1928.
Kurve b: 1929.
Kurve c: 1930.

Ein deutliches Abfallen sowohl der Anzahl Störungen wie der Anzahl betroffener Spannungsklassen ist um das Neujahr feststellbar. Die Erklärung liegt auf der Hand: die höchste Belastung jedes Geschäftsjahres und damit die stärkste Anlagenbeanspruchung tritt kurz vor Weihnachten auf.

b) Anzahl betroffene Spannungsklassen pro Störung (Fig. 27).

Die Geschäftsjahre 1928 und 1929 weisen wenig von einander abweichende Mittelwerte für die auf jede Störung entfallende Anzahl betroffener Spannungsklassen auf (2,42 für 1928 und 2,57 für 1929). Im dritten und vierten Quartal des Jahres 1930 sind einige Störungen sehr grosser Ausdehnung eingetreten, so dass das Jahresmittel für 1930 auf 4,2 heraufgedrückt worden ist. Eine Gesetzmässigkeit für die Ausdehnung der Störungen in den einzelnen Monaten ist in der verhältnismässig kurzen Untersuchungszeit von drei Jahren nicht erkennbar.

c) Anzahl der Fälle, in welchen die Niederspannungsverteilstnetze von Störungen betroffen wurden.

Die Tabelle X beweist, dass das Einphasen-Wechselstromnetz (Spannungsklasse 5) von den drei Niederspannungs-Verteilnetzen in allen drei Jahren die niedrigste Anzahl von Störungen erlitten hat und somit das betriebssicherste

Anzahl der Fälle, in welchen die Niederspannungs-Verteilnetze von Störungen betroffen wurden in den Jahren 1928, 1929 und 1930.

Tabelle X.

Jahr	Spannungsklassen			Total ‰
	3 ‰	5 ‰	6 ‰	
1928	123,5	55,8	115,5	294,8
1929	143,4	67,8	87,7	298,9
1930	151,3	115,5	139,5	406,3
Total	418,2	239,1	342,7	1000

Gebrauchsspannungsnetz ist. Der Grund liegt in der Art seiner Speisung durch rotierende Umformer, welche durch Akkumulatorenbatterien in Betrieb gehalten werden, auch wenn die normale Drehstromzufuhr unterbrochen wird. Im Jahre 1930 sind die Störungen in den Drehstrom-Niederspannungsnetzen (Spannungsklassen 3 und 6) wegen zahlreicher Gewitter besonders fühlbar geworden, während ein wiederkehrender Schaden an einem Umformer der ältesten Bauart auch die Störungszahl des Einphasen-Wechselstromnetzes empfindlich gesteigert hat.

V. Häufigkeit der Ursachen, bezogen auf die Ausdehnung der Anlagen.

Im Anschluss an die kurze Beschreibung am Anfang dieses Kapitels (Seite 801) sei zur allgemeinen Einschätzung der Betriebssicherheit die Ausdehnung der Anlagen angegeben, auf welche im Mittel der drei Jahre eine Störungsursache entfällt. Vorweg sei nachdrücklich darauf hingewiesen, dass das Einphasen-Wechselstromnetz als das betriebssicherste auch aus dieser Untersuchung hervorgeht. In ihm entfällt jährlich eine Störung auf etwa 2190 Hausanschlüsse, während im Drehstrom-Haushaltsnetz 380/220 V auf rund dreimal weniger Hausanschlüsse jährlich eine Störung kommt (Tab. XI). Dieses Ergebnis steht im Einklang mit demjenigen der Abschnitte I b und IV c. Wenn hier von der für Bezüger und Werk gleich unangenehmen Zahl von rund 200 Störungen berichtet wird, welche im Verlauf der drei Jahre einge-

Anzahl Orte von Störungsursachen bezogen auf die Ausdehnung der Anlagen am Ende des Geschäftsjahres 1929; Mittel aus den Jahren 1928, 1929 und 1930.

Tabelle XI.

Nr.	Pro Jahr entfällt ein Ort der Ursache	in Spannungsklasse auf							n
		0	1	2	3	4	5	6	
210/9	Generatoren	35	—	—	—	—	—	—	Stück
220/9	Transformatoren	frei	3	51	288	—	frei	270	Stück
230/9	Umformer, Gleichrichter	—	—	78	—	—	—	—	Stück
270/9	Trenner und Leitungen in Stationen	—	—	80	frei	frei	1266	frei	Stationen
310/9	Freileitungen	47	32	13	38	—	frei	100	km
320/9	Kabelleitungen	frei	frei	49	111	183	467	158	km
350/9	Bezüger	—	—	11	1125	—	35000	5800	Hausanschlüsse
	Total aller Störungen pro Abgabe-Netz	—	—	—	243	—	2190	612	Hausanschlüsse

treten sind, so darf man nicht ausser Acht lassen, dass das Werk in derselben Zeit rund $600 \cdot 10^6$ kWh an die Bezüger abgegeben hat. Auf rund $3 \cdot 10^6$ kWh gelieferter Energie ist im dreijährigen Mittel eine Störung eingetreten. Das Bestreben der Werksleitung geht naturgemäss dahin, die Zahl der Störungen trotz der Absatzsteigerung nicht anwachsen zu lassen, sondern zu vermindern, um damit die Betriebssicherheit zu heben.

E. Zusammenfassung.

Obschon die untersuchte Anzahl von etwa 200 Störungen für eine derartig weitläufige Untersuchung kein zu sicheres Fundament liefert, kann zusammenfassend gesagt werden, dass in mehreren Gegenüberstellungen von Jahr zu Jahr, oder von Klasse zu Klasse, überraschend gute Uebereinstimmungen gefunden worden sind. Dies trifft weit mehr zu für die Anzahl der Ursachen als für die Dauer der Störungen. Wahrscheinlich ist diese Erscheinung nicht auf Zufälligkeiten zurückzuführen; ihre Begründung liegt wohl in einer gewissen Gesetzmässigkeit der Zusammenhänge, welche Störungen hervorbringen. Für die Dauer der Störungen ist hingegen der Mensch mitverantwortlich. Es dürfte hiemit auch dargelegt sein, welche Dienste das erläuterte System des Statistikaufbaues in der zahlenmässigen Erforschung beliebiger Zusammenhänge zu leisten vermag. Wenn diese weiter verfolgt wird, ist es unter Berücksichtigung der jeweiligen Verhältnisse möglich, viele heute als Zusammenspiel von Zufälligkeiten betrachtete Umstände näher zu ergründen. Bedeutendes Interesse würde die Veröffentlichung ähnlicher Untersuchungsergebnisse aus andern Werken des In- und Auslandes bieten. Der weitgehende offene Austausch von Bau- und Betriebserfahrungen dürfte ein wertvoller Baustein sein für die Errichtung des Bollwerks gegen die Betriebsstörungen.

Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique

Verfügung

des eidgenössischen Post- und Eisenbahndepartements über die vorläufige Verteilung der Geschäfte aus dem Gebiete der Wasser- und der Elektrizitätswirtschaft auf die Abteilung Rechtswesen und Sekretariat, das Amt für Wasserwirtschaft und das Amt für Elektrizitätswirtschaft¹⁾.

(Vom 1. November 1930.)

621.311(494)

Das eidgen. Post- und Eisenbahndepartement, gestützt auf

den Bundesratsbeschluss vom 28. Oktober 1930 über die vorläufige Verteilung der Geschäfte aus dem Gebiete der Wasser- und der Elektrizitätswirtschaft auf die Dienstabteilungen des eidgenössischen Post- und Eisenbahndepartements,

beschliesst:

Einzigster Artikel. Die Geschäfte aus dem Gebiete der Wasser- und der Elektrizitätswirtschaft werden auf die verschiedenen Dienstabteilungen des eidgenössischen Post- und Eisenbahndepartements vorläufig wie folgt verteilt:

I. Eidgenössisches Amt für Wasserwirtschaft.

Dem Amt für Wasserwirtschaft werden zugewiesen alle Arbeiten des Bundes aus dem Gebiete des Wasserwirtschaftswesens, nämlich:

a) Studien und Erhebungen über die Verhältnisse der schweizerischen Gewässer unter dem Gesichtspunkte der Abwendung von Schaden, den sie verursachen könnten, so-

wie ihres Ausbaues für die Gewinnung von Wasserkraften und für die Schifffahrt; statistische Verarbeitung dieser Studien und Erhebungen (Hydrographie);

- b) Nutzbarmachung der Wasserkraften: technische und wirtschaftliche Vorbereitung der Nutzbarmachung; Prüfung der Projekte; Konzessionserteilung; statistische Arbeiten über den Ausbau der Wasserkraften, das Leistungsvermögen der Wasserkraftanlagen und deren Produktionsmöglichkeit auf Grund der Wasserführung;
- c) Fluss-Schifffahrt: technische und wirtschaftliche Vorbereitung der Fluss-Schifffahrt mit Einschluss der Bauausführung;
- d) Regulierung der Seen zur Verhütung von Hochwasser, zur Kraftnutzung und zur Schifffahrt;
- e) Vorbereitung und Vollziehung der Gesetze und Verordnungen über das Wasserwirtschaftswesen; Vorbereitung von Verträgen mit dem Auslande in Verbindung mit dem Politischen Departement und Ueberwachung ihrer Vollziehung; Prüfung von Projekten für die Ableitung von Wasser ins Ausland.
- Die Tätigkeit und die Befugnisse des Amtes für Wasserwirtschaft stützen sich insbesondere auf folgende Vorschriften:
- a) Bundesverfassung, Art. 24 bis, Absätze 1 bis 6, sowie Art. 24^{ter}, ferner Art. 23, wenn er in Verbindung mit den vorerwähnten Bestimmungen der Bundesverfassung und der zugehörigen Gesetzgebung anzuwenden ist;

¹⁾ Siehe Eidg. Gesetzessammlung 1930, No. 36.