

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 34 (1943)
Heft: 7

Artikel: Ueber die Lebensdauer von Motor-Isolatoren (Vollkern-Isolatoren) und deren Stückprüfung
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061726>

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: 17.05.2025

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

Winter zur Heizung der Schaltanlage benützt. Nach der Inbetriebsetzung des Unterwerkes wurden eingehende Geräuschmessungen durchgeführt; insbesondere wurde auch untersucht, wie gross der Einfluss der Eisensättigung auf die Stärke des Geräusches ist. Die Messungen haben ergeben, dass die Korkisolation nur geringe Wirkung hat. Den Einfluss der Sättigung zeigt Fig. 13; darin ist die gemessene Lautstärke in 9 Messpunkten, die alle

einen Abstand von 80 cm vom Transformatorkessel hatten, in Abhängigkeit von der Spannung bzw. von der Sättigung aufgetragen. Man erkennt, dass eine Senkung der Eisensättigung innerhalb wirtschaftlicher Grenzen das Geräusch nur unbedeutend vermindert; erst wenn mit der Sättigung auf 7000...8000 Gauss heruntergegangen wird, «brummt» der Transformator nicht mehr; d. h. erst dann hat man das Gefühl, der Transformator sei still.

Ueber die Lebensdauer von Motor-Isolatoren (Vollkern-Isolatoren)¹⁾ und deren Stückprüfung

Mitgeteilt von der *Motor-Columbus A.-G.*, Baden (Schweiz)

621.315.624.5

Auf Grund 20jähriger Erfahrung wird dargelegt, dass die Lebensdauer der Motor-Isolatoren ausserordentlich hoch eingeschätzt werden kann. Eine Begrenzung wird zunächst nur durch die Wetterbeständigkeit der Kappenverzinkung gegeben sein. Voraussetzung ist aber, dass eine zweckmässige Stückprüfung fehlerhafte Isolatoren vor der Montage ausscheidet.

La durée des isolateurs Motor est extrêmement élevée, ainsi que le prouve une expérience de 20 ans. Elle n'est guère limitée que par la résistance aux intempéries de la calotte galvanisée. Les isolateurs défectueux doivent toutefois être éliminés, avant leur montage, par un essai approprié.

Der Wunsch nach zuverlässigen Isolatoren mit hoher Lebensdauer besteht aus naheliegenden Gründen allgemein. Im besonderen sind es die Isolatoren für Freileitungen, welche diesem Verlangen genügen sollen. Hier stellt die Erfüllung des genannten Grundsatzes erhöhte Anforderungen, weil diese Isolatoren jahrein jahraus dem Wetter ausgesetzt sind. Speziell bei Gebirgsleitungen, welche bis in Höhenlagen von 2000 m und mehr gebaut werden, ist die Beanspruchung infolge der besonderen atmosphärischen Verhältnisse wesentlich erhöht. Beispielsweise seien die vermehrte Häufigkeit des Auftretens von Zusatzlasten an den Leitern mit den beim Abfallen sich bildenden Sprungwellenschlägen, die stärkere Temperaturwechselbeanspruchung und die grössere Temperaturdifferenz von Sonnen- und Schattenseite erwähnt. Nach C. Schröter «Kleiner Führer durch die Pflanzenwelt der Alpen» sind u. a. auf Berninahospiz (2300 m) am 13. 3. 1906 50,6° in der Sonne und — 11,9° im Schatten gemessen worden.

Um solchen Beanspruchungen auf die Dauer gewachsen zu sein, müssen wohl dem keramischen Teil der Isolatoren, als auch den Armaturen entsprechende Eigenschaften innewohnen.

Es soll der keramische Teil die auftretenden elektrischen, mechanischen und thermischen Beanspruchungen dauernd, ohne Veränderung seiner anfänglichen Eigenschaften, ertragen können. Durch passende Wahl der prozentualen Zusammensetzung der keramischen Masse (gewöhnlich Kaolin-Quarz-Feldspat) hat es der Keramiker in der Hand, die für eine gegebene Isolatorbauart geeignetste Mischung zu wählen, wobei besonders hohe thermische Unempfindlichkeit, mechanische Festigkeit oder elektrische Durchschlagsfestigkeit in Frage kommen.

Für die Motor-Isolatoren ist eine sowohl in mechanischer als auch thermischer Hinsicht hochwertige Masse erforderlich. Es ist aber zu beachten,

dass Uebertreibungen in der einen oder andern Richtung sich gegenseitig ungünstig beeinflussen. Auch die physikalischen Eigenschaften der Glasur, die namentlich bezüglich Dehnung der Masse des Isolators angepasst sein muss, sind von grosser Bedeutung. Es ist übrigens bemerkenswert, dass es den Porzellanfabriken durch die für Motor-Isolatoren eindeutig gestellte Aufgabe, Porzellan bewusst auf Zug zu beanspruchen, gelungen ist, die mechanischen Eigenschaften gegenüber dem früher gebräuchlichen Isolatoren-Porzellan in einem Masse zu verbessern, das alle Erwartungen übertraf.

Der Zusammenbau der Armaturen mit dem keramischen Teil bedingt, um vor Ueberraschungen geschützt zu sein, reifliche Ueberlegung und Erfahrung. Bei den Motor-Isolatoren handelt es sich um zwei einteilige Kappen, die üblicherweise aus Temperguss oder aus Schmiedeeisen mit Feuerverzinkung ausgeführt werden. Diese Kappen sind innen konisch erweitert und werden auf die konischen Enden des Isolatorschaftes entweder durch Vergiessen mit einer geeigneten Blei-Antimon-Legierung oder durch Aufzementieren befestigt. Für die zur Erreichung optimaler Festigkeit (auch bei Dauerlast) nötige Bemessung des Anzuges der Konen, der Dimensionierung der Kappen und deren Befestigung auf den Strunkenden bieten die Isolatorenfabriken, welche laufend Motor-Isolatoren herstellen, alle Gewähr. Umfangreiche Versuche, namentlich auch über zulässige Dauerlast, und langjährige Erfahrung haben hierüber Klarheit verschafft, so dass bei zuverlässiger Fabrikation Misserfolge ausgeschlossen sind.

Betriebserfahrungen an Isolatorstützen, die auf über 40 Jahre zurückgehen, zeigen, dass eine gute Feuerverzinkung nach dieser Zeitspanne noch vollständig intakt ist.

Der keramische Teil des Motor-Isolators weist, einwandfreie Qualität vorausgesetzt, eine aussergewöhnlich hohe Lebensdauer auf, da seine Wetterbeständigkeit kaum übertroffen wird. Die Streuung der die Qualität beurteilenden zahlenmässigen

¹⁾ Darunter sind auch die Stabisolatoren zu verstehen.

Werte ist bei keramischen Fabrikaten wohl fast allgemein grösser als z. B. bei Metallen. Daran sind verschiedene Faktoren beteiligt, nämlich Schwankungen in der Reinheit der Rohstoffe (diese werden aus in der Natur vorkommenden Lagern gewonnen), der Verarbeitungsprozess und das Brennen in den bisher üblichen Ofenarten. Die Keramikfabriken sind mit Erfolg bestrebt, die Gleichmässigkeit der Produkte zu fördern. Bei Betrachtung einer Fabrikationsserie liegt heute schon bei einem sehr hohen Prozentsatz der Stückzahl die Streuung in engen Grenzen. Um Gewähr für hohe Lebensdauer zu haben, ist es nun erforderlich, durch geeignete Prüfung jedes einzelnen Stückes (Stückprüfung) diejenigen Isolatoren auszuscheiden, welche ausserhalb des Rahmens der als zulässig erachteten Streuung liegen.

Zur Erreichung dieses Zweckes haben sich für Motor-Isolatoren im allgemeinen folgende Prüfmethoden als wirksam erwiesen²⁾.

A. Elektrische Stossprüfung:

Es können die in verschiedenen Ländern hierüber aufgestellten Normen zur Anwendung kommen.

B. Mechanische Zugprüfung in Ketten bis 15 und mehr Elemente

Prüflast: ca. 70 % der mittleren Bruchlast.

Dauer: 5 Minuten; während der vierten Minute werden die Isolatoren mit einem Haut- oder Holzhammer abgeklopft. Gewicht des Hammers: 0,5 kg.

Länge des Stieles: 25 cm.

Stärke der Schläge: Der Stiel wird leicht in der Hand gehalten und der Hammer aus 15 cm Höhe auf das Objekt fallen gelassen.

Für die folgenden bisher meistgebräuchlichen Strunkdurchmesser beträgt die Stückprüflast:

60 mm Strunkdurchmesser	4700 kg
65 mm »	5500 kg
70 mm »	6200 kg
75 mm »	7000 kg

Zur Zeit der Einführung der Motor-Isolatoren in die Praxis im Jahre 1919 wurden für die damals schon als notwendig erkannte Stückprüfung mit Zuglast für 75 mm Strunkdurchmesser 2500 kg angewendet mit nur 1 min Belastungszeit. Dank der Fortschritte, welche die Keramiker erreichten, und als Resultat von Versuchen und Betriebserfahrungen werden heute, wie oben ersichtlich, für den gleichen Strunkdurchmesser 7000 kg während 5 min und dazu noch Abklopfen angewendet. Die Stückprüflast ist also inzwischen auf das 2,8fache und deren Anwendungsdauer auf das 5fache gesteigert worden.

Man hört hin und wieder die Befürchtung, durch die Anwendung einer so hohen Prüflast könnten die Isolatoren Schaden nehmen, was sich im Betrieb unliebsam auswirken könnte. Die Erfahrung hat nun gezeigt, dass gerade durch die scharfe Stückprüfung vereinzelt vorgekommene Versager vermieden werden können.

Als Notwendigkeit ist auch erkannt worden, bei der stufenweisen Stückprüfung eines Isolators die

²⁾ Vergl. auch die Regeln für die Prüfung von Porzellanisolatoren, bestimmt zur Verwendung an Hochspannungs-Freileitungen. Publikation Nr. 155 des SEV und Bull. SEV 1940, Nr. 12, S. 277, und Nr. 20, S. 480.

höchste angelegte Prüflast nicht weniger als 5 min wirken zu lassen, da es gelegentlich vorkommt, dass der Bruch eines nicht gesunden Isolators erst gegen das Ende dieser Zeitdauer eintritt.

Um über allfällige, nicht vorauszusehende Veränderungen, welche nach langjähriger Betriebszeit an Motor-Isolatoren eintreten könnten, unterrichtet zu sein, wurden von Fernleitungen Isolatoren zu Prüfzwecken heruntergenommen. Im folgenden sind die Resultate aufgeführt:

a) 18 Isolatoren, welche seit Januar 1919 bis Oktober 1941 im Kraftwerk Gösgen in 8-kV- und 50-kV-Leitungen eingebaut und in Betrieb waren³⁾. Es sind dies die ersten in der Praxis verwendeten Motor-Isolatoren (Fig. 1). Zu beachten ist, dass

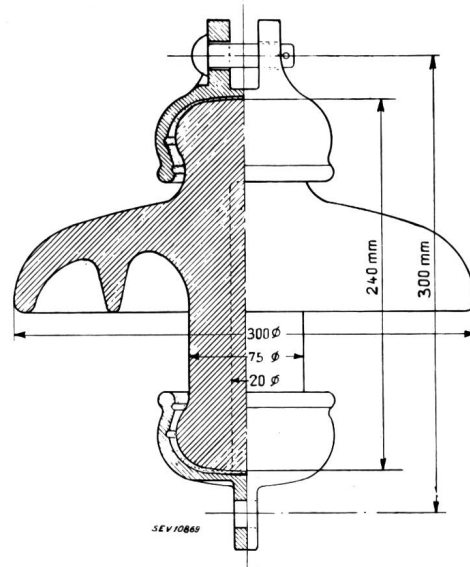


Fig. 1.
Erster in der Praxis verwendeter 50-kV-Motor-Isolator
(Fabrikation 1918)

diese Isolatoren im Jahre 1918 fabriziert wurden, also zu einer Zeit, in welcher die Porzellanfabriken noch nicht Gelegenheit gehabt hatten, auf Grund systematischer Forschung die Zugfestigkeit des Porzellans zu steigern. Die in dieser Hinsicht seither gemachten Fortschritte sind sehr bedeutend.

Im September 1942 wurden diese Isolatoren auf Zug geprüft. Als maximale Zuglast wurden 3500 kg gewählt.

Resultat:

11 Isolatoren bestanden	3500 kg 5 Minuten
1 Isolator Bruch bei	3500 kg nach 55 Sekunden, massiver Schaft
1 » » »	3500 kg beim Auffahren mit der Last, hohler Schaft
1 » » »	3400 kg beim Auffahren mit der Last, hohler Schaft
1 » » »	3300 kg beim Auffahren mit der Last, massiver Schaft
1 » » »	3000 kg nach 53 Sekunden, massiver Schaft
1 » » »	3000 kg nach 1 Minute 2 Sekunden, hohler Schaft
1 » » »	2650 kg beim Auffahren mit der Last hohler Schaft

18 Stück

³⁾ Bull. SEV 1931, Nr. 9, S. 201.

Eine Anzahl dieser Isolatoren wurde vergleichsweise mit einseitig hohlem Schaft ausgeführt, weil die liefernde Porzellanfabrik zu jener Zeit Schwierigkeiten bei der Herstellung und namentlich dem Brennen des vollen Kernes vermutete. Die Kappen bestehen aus unverzinktem Grauguss und sind mit Blei-Antimon-Legierung vergossen.

Eine Veränderung des Porzellans nach 22jähriger Betriebszeit ist nicht zu erkennen. Alle im Januar 1919 eingebauten, im gesamten 18, Isola-

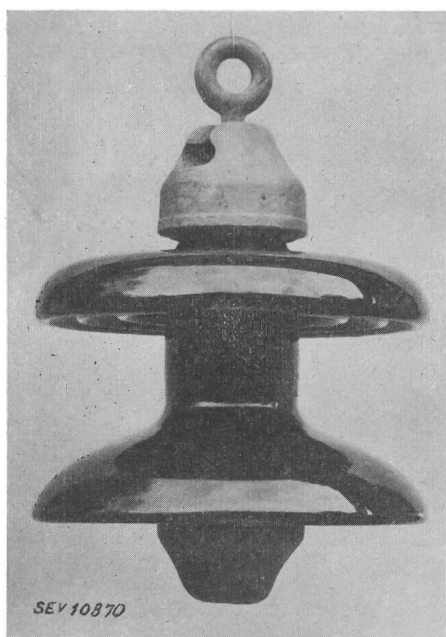


Fig. 2.

Motor-Isolator einer 150-kV-Kette der Gotthardleitung

toren sind mit rostigen Kappen, aber sonst in vollständig intaktem Zustande demontiert worden; sie hatten nie zu Klagen Anlass gegeben. Diese Isolatoren wurden vor dem Einbau im Jahre 1919 mit 2500 kg während 1 min geprüft.

b) 20 Isolatoren Typ Vk 4 (75 mm Strunkdurchmesser), welche im Jahre 1932 auf der Gotthardleitung (vorerst 150 kV) in ca. 2000 m Höhe als Abspannkette eingebaut worden waren, wurden im Juni 1942 nach 9jähriger Betriebszeit zu Versuchszwecken demontiert (Fig. 2). Sie wurden im August 1942 Stück für Stück wie folgt auf Zug geprüft: 7000 kg während 5 min, Abklopfen mit Hauthammer.

19 Stück bestanden diese Prüfung anstandslos.

1 Stück erlitt einen Strunkbruch bei 5750 kg am Rande der unteren Kappe. Dies ist vermutlich die Folge einer elektrischen Entladung, deren Spuren der Isolator aufweist. Die restlichen 19 Isolatoren haben eine nachfolgende Dauerzugprüfung mit 7000 kg während 30 Tagen einwandfrei bestanden.

Alle Isolatoren der Gotthardleitung⁴⁾ wurden bei der Abnahme in der Fabrik mit 6000 kg während 3 min und anschliessend mit 8000 kg während 1 min sowie vor dem Einbau in die Leitung mit 7000 kg

während 5 min und mit Abklopfen mit Hauthammer geprüft.

Trotzdem diese Isolatoren 9 Jahre in einer Gebirgsleitung, welche durch die Witterungsverhältnisse besonders schweren Beanspruchungen ausgesetzt ist, und die Leiter mit 230 mm² Kupferquerschnitt besitzt, in Betrieb waren, ist eine Veränderung ihrer ursprünglichen Eigenschaften, wie namentlich der mechanischen Festigkeit, bisher nicht zu erkennen. Die scharfe Stückprüfung vor dem Einbau hat sich somit bewährt und hatte offensichtlich in keiner Weise eine nachteilige Auswirkung auf die Lebensdauer der Isolatoren. Die Abnahmeprüfung in der Fabrik, wobei mit 8000 kg nur während 1 min geprüft wurde, ist immerhin nicht einwandfrei, weil erfahrungsgemäss die höchstangelegte Last mindestens 5 min gehalten werden muss. Dieser Umstand gab dann auch Veranlassung zu der Prüfung mit 7000 kg während 5 min und mit Abklopfen direkt vor dem Einbau, wobei ca. 1 % der Isolatoren ausgefallen ist.

c) 1062 Stück Motor-Isolatoren mit 75 mm Schaftdurchmesser, welche im Jahre 1931 in eine 70-kV-Leitung eingebaut wurden, wurden im Jahre 1939 einer Stückprüfung auf Zug unterworfen (Fig 3). Die Abnahmeprüfung in der Fabrik im Jahre 1931 wurde mit 5000 kg während 1 min und die Nachprüfung im Jahre 1939 mit 5000 kg während 4 min und mit 6500 kg während 1 min vorgenommen. Der Ausfall bei der Prüfung nach 8-



Fig. 3.

Motor-Isolator einer 70-kV-Leitung

jähriger Betriebsdauer mit viel schärferen Bedingungen als bei der Abnahme in der Fabrik betrug 6 Stück = 0,56 %. Von diesen 6 gebrochenen Isolatoren haben 2 Stück sichtbare Fabrikationsfehler in der Bruchstelle, diese gingen bei 3500 kg bzw. 6200 kg zu Bruch, die übrigen 4 Stück bei 6500 kg nach 0...50 s. Die Nachprüfung erfolgte am Fuss der Maste, wobei die Isolatoren sogleich wieder eingebaut wurden.

⁴⁾ Bull. SEV 1932, Nr. 25, S. 671.

Auch hier ist eine Veränderung der Festigkeit nach 8 Jahren Betrieb nicht eingetreten. Die ausgefallenen 6 Stück waren mit Fehlern behaftet und hätten die Abnahmeprüfung im Jahre 1931 nicht bestanden, wenn dieselbe statt, wie damals üblich, mit 5000 kg während 1 min, mit 6500 kg während 5 min vorgenommen worden wäre.

In Fortsetzung der obigen Versuche ist beabsichtigt, auch in Zukunft die Prüfung von Isolatoren, welche langfristig auf Leitungen im Betrieb waren, im Versuchsfeld durchzuführen.

Schlussfolgerung

Um bei allen Motor-Isolatoren fehlerhafte Stücke, wie solche bei der Fabrikation vorkommen können, auszumergen, ist bei der Abnahme die Stückprüfung sowohl elektrisch als auch besonders mechanisch auf Zug erforderlich.

Die Zuglast soll ca. 70 % der mittleren Bruchlast betragen und während 5 min angelegt bleiben. während der vierten Minute sind die Isolatoren abzuklopfen. Mit weniger scharfer Prüfung ist es bei serienmässiger Abnahme bis heute nicht möglich, ungeeignete Stücke bestimmt auszuschneiden. Langjährige Betriebserfahrung und Nachprüfungen von vielen Jahren in Betrieb gewesenen Isolatoren ergeben, dass keinerlei nachteilige Folgen durch scharfe Stückprüfung eintreten.

Die Lebensdauer dieser Isolatorenbauart kann, nachdem über 20jährige Erfahrungen vorliegen, als ausserordentlich hoch eingeschätzt werden; sie dürfte vermutlich vorerst durch die Wetterbeständigkeit der Kappenverzinkung begrenzt sein. Beobachtungen an Isolatorenstützen bei Fernleitungen, die bereits über 40 Jahre im Betrieb stehen, haben aber gezeigt, dass die Zinkhaut ihre Schutzwirkung in keiner Weise eingebüsst hat.

Energieverkauf und Belastungsausgleich

Von E. Kern-Zindel, Menziken

621.311.153.2

An Hand des Beispiels einer industriellen Gemeinde wird gezeigt, dass durch den freien Anschluss möglichst vielseitiger Verbraucher günstige Belastungsverhältnisse erzielt werden können. Auf Grund dieser Erfahrung stellt sich der Autor auf den Standpunkt, dass diese Methode derjenigen der Spitzenbrechung durch Sperrzeiten vorzuziehen ist.

L'exemple d'une commune industrielle montre que le raccordement libre de consommateurs aussi variés que possible permet de réaliser des conditions de charge favorables. L'auteur estime que cette méthode est préférable à celle de la limitation aux heures de pointes.

Ein möglichst gleichmässiger Energieverkauf ist das Bestreben jedes Elektrizitätswerkes. Je ausgeglichener die Belastungskurve ist, desto besser arbeitet das in den Anlagen investierte Kapital. Der gewünschte Ausgleich wird nicht nur in den Versorgungsgebieten der Ueberlandwerke gesucht, sondern auch bei der Versorgung einzelner Gemeinden und Städte. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus ist eine möglichst gleichmässige Energieabgabe aus jeder Transformatorstation und Niederspannungsverteilung erwünscht. In der Praxis gehen die Ansichten zur Erreichung eines Belastungsausgleiches wesentlich auseinander. In der Hauptsache gibt es zwei ganz verschiedene Methoden, um die Belastungskurven auszugleichen:

1. Durch den freien Betrieb möglichst vielseitiger Verbraucher.
2. Durch Einschränkungen in der Spitzenzeit.

Die erste Methode ist in jeder Beziehung der zweiten vorzuziehen. Sie soll, wenn immer möglich, angewendet werden. Der Anschluss und die freizügige Verwendung möglichst vielseitiger Verbraucher für Licht, Kraft und Wärme im Haushalt und in der Industrie ist die beste Grundlage für einen einfachen und natürlichen Ausgleich. Die Energieabgabe kann dadurch wesentlich gesteigert werden und Werbemassnahmen für den Anschluss neuer Verbraucher sind dabei am erfolgreichsten. Es entstehen einfache Tarife mit Hoch- und Niedertarifzeit nur bei der Kraft- und Wärmeenergieabgabe, aber ohne zwangsweise Sperrung von Haushaltsapparaten, etwa der Heisswasserspeicher und der

Uebergangsheizung. Treten örtliche Spitzenbelastungen, verursacht durch einzelne Grossverbraucher, auf, so wird ein Ausgleich früher oder später durch den Anschluss und Betrieb neuer Verbraucher gefunden. In grosszügiger Weise wird nach dieser Methode das Versorgungsgebiet eines Werkes, nicht nur im eigenen Interesse, planmässig ausgebaut.

Nach der zweiten Methode wird der Belastungsausgleich durch eine Reduktion der Spitzen gesucht. Durch komplizierte Tarife wird der Energiekonsum zur Spitzenzeit erschwert oder für einzelne Verbraucher gesperrt. Es sind bei jedem Bezüger teure und teilweise komplizierte Schalt- und Messapparate nötig. Alle diese Massnahmen werden aber von den Energiebezüger nicht begrüsst und nicht verstanden. In normalen Zeiten besteht die Aufgabe jedes Elektrizitätswerkes darin, möglichst viel Energie zu verkaufen und nicht durch alle möglichen Massnahmen die Benützungszeit der angeschlossenen Verbraucher einzuschränken. Bei dieser Methode der Spitzenangst ist eine produktive Werbung für den Anschluss neuer Verbraucher nicht möglich.

Durch ein Beispiel soll gezeigt werden, wie bei einer Industriegemeinde der Belastungsausgleich nach der ersten Methode erreicht wurde. Durch eine intensive Werbung wurde ab 1932 speziell der Anschluss von Kochapparaten und Energieverbrauchern in der Industrie, z. B. Glüh- und Schmelzöfen, gefördert. Tabelle I zeigt den Anschlusswert