

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 68 (1950)  
**Heft:** 24

**Artikel:** Berechnung des Belastungsausgleichs in Verteilanlagen  
**Autor:** Kummer, W. / Henzi, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-58031>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

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

kam. Dieser bei den üblichen Bauweisen überhaupt nicht berücksichtigte thermische Einfluss wird bei der Kernring-Auskleidung durch eine entsprechende Erhöhung des Spanndruckes auf einfache Weise unschädlich gemacht.

Im April 1949 wurden die Versuche eingestellt, nachdem inzwischen in zureichendem Masse nachgewiesen war, dass die Elastizität der Kernring-Auskleidung und des Gebirges im wesentlichen erhalten bleibt. Prof. Dr. Ing. O. K. Fröhlich kam als Experte des Bundesministeriums für Energiewirtschaft und Elektrifizierung zum Ergebnis, dass die Vorspannung während der Versuchsdauer nur um 11,6 % nachgelassen hat und dass im Dauerbetrieb die Verringerung der Vorspannung kaum über 25 % hinausgehen dürfte.

Daraus geht hervor, dass die Erprobung erfolgreich und damit der Versuchszweck erreicht war.

#### VI. Zusammenfassung

Durch die Erfindung der Kernring-Auskleidung ist das Druckstollen-Problem praktisch gelöst und die Möglichkeit

geschaffen, auch in schlechtem Gebirge, sowie bei hohen Drücken ohne Stahl mit den einfachen Baustoffen Zement, Sand und Kies eine wasserdichte Stollenröhre herzustellen. Nach den bei der beschriebenen Erprobung des Verfahrens gewonnenen Erfahrungen kommt für die Anwendung der Druckbereich bis mindestens 20 atü in Frage, während mit den üblichen Bauweisen schon bei Drücken über 5 bis 7 atü das Risiko grosser Wasserverluste in Kauf genommen werden musste. Die wirtschaftliche Überlegenheit der Kernring-Auskleidung ist in allen Fällen gegeben, bei denen man nicht mit einer einfachen Betonverkleidung das Auslangen findet und besondere Massnahmen für die Erzielung ausreichender Wasserdichtigkeit erforderlich werden.

Im Zeitpunkt der Berichterstattung machen schon zwei Gesellschaften von der Kernring-Auskleidung beim Bau von Druckstollen und Druckschächten Gebrauch. Auch andere Unternehmungen des In- und Auslandes haben bereits ernstes Interesse für die Anwendung der neuen Bauweise bei verschiedenen in Vorbereitung stehenden Bauvorhaben.

## Berechnung des Belastungsausgleichs in Verteilanlagen

DK 519.24 : 62

### Zuschrift

Ing. R. Henzi, Zürich, hat auf S. 161 dieses Jahrgangs (am 1. April 1950) ein Gegenstück zum gleichbetitelten Aufsatz von Ing. H. Schellenberg, Zürich, gegeben (SBZ 1947, S. 195), in dem er dem Problem unter Benutzung der klassischen Formeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung, aber ohne Zuhilfenahme des Begriffs und der Kurven der Leistungsschwankung, gerecht wurde. Dies war möglich, weil es sich analog wie bei entsprechenden Problemen im Telephondienst, insbesondere um Fragen des *Ausbaus bestehender Anlagen* handelte, wobei für eine kleine Anzahl von an die Anlage angeschlossenen Apparaten die Formel von Bernoulli genauere Resultate liefert als die Formel von Poisson; analog verwenden ja auch die Ingenieure des Telephondienstes die Formel von Bernoulli bei wenig Teilnehmern mit langer Gesprächsdauer statt der dem Normaldienst besser gerecht werdenden Formel von Poisson. Ing. R. Henzi macht zutreffend darauf aufmerksam, dass für die Formel von Poisson drei Voraussetzungen erfüllt sein müssen, erstens eine grosse Anzahl der angeschlossenen Apparate, zweitens eine kleine Einzelwahrscheinlichkeit für die Benützung des einzelnen Apparates und drittens eine konstante Energieaufnahme pro Apparat im Falle seiner Benützung, so dass jeder Apparat entweder mit der selben Intensität vollbelastet oder gar nicht benützt wird. Für die von H. Schellenberg nach der vom Schreibenden ausgearbeiteten Methode der Vorausberechnung des Belastungsausgleichs ist aber neben der schliesslich allein noch benützten Formel von Poisson die Erweiterung der Grundlage durch die Einführung eines der Erfahrung zu entnehmenden Zahlenwertes im relativen Zeitmass erforderlich, weil nur so allgemein gültige Kurven des Schwankungsverhältnisses der Leistung, bzw. des dieser Grösse reziproken Belastungsfaktors, erhältlich sind, wie sie für die *Projektierung von Neuanlagen* als wünschbar erscheinen; in einem kürzlich in der SBZ (Nr. 7, S. 75 des lfd. Jgs.) erschienenen Aufsätzchen «Ueber glockenförmige Häufigkeitskurven im Dienste der Vorausberechnung und der Nachkalkulation technischer Vorgänge» hat der Schreibende diese Sachlage neuerdings klargelegt. Was nun die von R. Henzi erwähnten drei Gültigkeitsbedingungen der Formel von Poisson betrifft, so sind die zwei ersten beim Projektieren, wo in der Regel eine grössere Betriebszeit, insbesondere ein volles Betriebsjahr, in Betracht fällt, ohne weiteres erfüllt; zur dritten Gültigkeitsbedingung hat sich der Schreibende unlängst in einem Aufsätzchen «Die Berechnung des Belastungsausgleichs in zentral gespeisten Energieversorgungen und ihre Beziehung zur Quantentheorie» auf S. 11 des «Bulletin des SEV» 1950, geäussert, auf das hier verwiesen wird; es sei hier lediglich noch bemerkt, dass mit dem Begriff des homogenisierten Abnehmers auch Teilbelastungen von Anschlussleitungen berücksichtigt sind.

Ueber weitere, mit der Anwendung von Wahrscheinlichkeitsformeln auf die Technik im Zusammenhang stehende Probleme verweist der Schreibende auf seine, 1933 im «Bulletin technique de la Suisse Romande» erschienene Arbeit «Sur l'application du calcul des probabilités dans les projets de l'in-

génieur»; über den im Buchhandel erschienenen Sonderabdruck dieser Arbeit wurden die Leser der SBZ durch eine Rezension in Bd. 102, S. 221 (28. Oktober 1933) orientiert.

Ungeachtet der obenstehenden Klarstellungen begrüsst der Schreibende den Aufsatz von R. Henzi als verdienstvollen Beitrag der Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf technische Probleme.

W. Kummer

\*

### Antwort

1. Grundsätzlich ist jede Rechnungsmethode, die zur Nachkontrolle von Netzen dient, auch zur Berechnung von neuen Netzen anwendbar. Wohl bestanden die ersten Aufgaben, die den Verfasser auf die oben angeführte Untersuchung führten, in der Nachkontrolle von Netzteilen, d. h. in der Prüfung, ob bei einer vorhandenen Zuleitung der Anschluss eines oder mehrerer Apparate möglich ist oder nicht. Das konnte aber nur dadurch geschehen, dass die Dimensionierung bestimmt wurde wie für eine neue Anlage, wobei die Abnehmerzahl als bekannt vorausgesetzt wird.

2. Die Ausführungen des Rezensenten hinsichtlich des Anwendungsbereiches der Poissonschen Verteilung decken sich völlig mit den meinigen. Der Ingenieur hat sich ja bei der Anwendung jeder Theorie stets zu vergewissern, ob die Voraussetzungen in dem in Frage stehenden Fall erfüllt sind.

3. Jede Theorie benötigt gewisse Grundwerte, die aus der Praxis zu beziehen sind. Bei grossen Abnehmerzahlen (in der mathematischen Statistik spricht man allgemein von «Kollektiven») kann man sicher mit einem «homogenisierten Abnehmer» oder («mittleren» Abnehmer) rechnen, weil hier ein weitgehender Ausgleich erfolgt. Bei der Anwendung dieses Begriffes auf Teilbelastungen bei Anschlussleitungen ist aber grösste Vorsicht geboten. Belastungsmessungen über die Gasabgabe in Häusern und Häusergruppen, die in Zürich und Basel durchgeführt wurden, zeigen eine ausserordentlich grosse Streuung der Werte für die tägliche Belastungsspitze. Die in Bild 2 meiner Arbeit dargestellten und theoretisch begründeten Verhältnisse werden hier durch die Praxis voll und ganz bestätigt. Bei kleinen Abnehmerzahlen hat man es nicht mehr mit einem «homogenisierten» Abnehmer zu tun, sondern man wird hier mit gelegentlichen «anspruchsvollen» Abnehmern und mit entsprechend grösseren Einzelwahrscheinlichkeiten  $p$  rechnen müssen. Weitere Messungen werden hier Klarheit bringen.

4. Der Hauptzweck meiner Veröffentlichung lag gerade darin, einerseits den Fall der «inhomogenen» Abnehmer zu behandeln (d. h. Gruppen von Apparaten von verschiedenem Belastungscharakter) und eine allgemein gültige Rechnungsmethode herauszuarbeiten, die für die verschiedensten technischen Gebiete verwendbar sein sollten, sowie den Belastungsausgleich bei Apparaten variabler Belastung.

5. Es ist und bleibt das Verdienst von Professor Dr. W. Kummer, als einer der ersten auf die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei technischen Problemen hingewiesen und praktische Methoden gefunden zu haben und dies schon vor mehreren Jahrzehnten, zu einer Zeit, als nur ganz

wenige Telefonspezialisten diese mathematische Disziplin zur Berechnung von Telefonnetzen und Wähleranlagen benützten. Inzwischen haben sowohl die Wahrscheinlichkeitsrechnung als auch die ihr verwandte mathematische Statistik

eine mächtige Entwicklung durchgemacht. Beide Disziplinen sind heute dem Studenten und dem in der Praxis stehenden Ingenieur sowohl durch gute Literatur, als auch durch Vorlesungen an den Hochschulen zugänglich. R. Henzi

## Streifzug durch die technischen Probleme bei der Förderung und Verwertung der Ruhrkohle

Von Dr.-Ing. W. HARTMANN, Gutehoffnungshütte, Oberhausen-Sterkrade

DK 622.33 (43)

(Schluss von S. 315)

### 14. Verbrauch der Kohle

Im Jahre 1938 wurden im Ruhrgebiet 127 Mio t Steinkohle gefördert, wovon 29,4 Mio t exportiert wurden. Heute ist, gemessen an der Januar-Förderung 1949, mit etwa 100 Mio t zu rechnen. Die Ausfuhr dürfte, gemessen nach den geltenden Bestimmungen, etwa bei 20 % liegen. Tabelle 2 gibt einen Ueberblick über die Inlandverwendung.

#### a) Eisen erzeugende Industrie

Der Hauptverbraucher des Inlandbedarfes ist die Eisen erzeugende Industrie. Sie verbraucht Steinkohle in Form von Koks für die Hochöfen und in Form von Gas für die Siemens-Martin-Oefen. Die besondere Eignung der Ruhr-Fettkohle für die Herstellung eines dichten und festen Hochofenkokes war die Voraussetzung für den Aufbau der Ruhrisenindustrie. Das Verhältnis von Erz zur Kohle ist abhängig vom Eisengehalt des Erzes. Zur Erzeugung einer Tonne Roheisen werden bei hochwertigen Erzen, z. B. Minette- und Schweden-Erzen 1,0 t Koks verbraucht, bei deutschen Erzen 1,5 t Koks.

Der heutige Mangel an Koks und Energie, die beide von der Kohle abhängig sind, bildet den Engpass für die Eisenerzeugung. 1948 wurden im Ruhrgebiet rd. 4,2 Mio t Roheisen gegenüber 12,9 Mio t im Jahre 1938 erzeugt.

Die enge Verflechtung zwischen Kohle und Eisen ist durch die Verbundwirtschaft bedingt. Die Zechen liefern den Hüttenwerken Koks, Gas und Strom. Die Hüttenwerke liefern ihrerseits das überschüssige Gichtgas für die Beheizung der Koksöfen.

Die Abhängigkeit der Hütte vom Koks (Fettkohle wird immer rarer) führt dazu, den kokslosen Hochofen zu entwickeln. Verschiedene Ansatzpunkte liegen hierfür vor, so bringt z. B. die Benutzung von mit Sauerstoff angereicherter Luft schon eine Koksersparnis. Infolge des geringeren Stick-

stoffgehaltes ergeben sich höhere Temperaturen und ein heizkräftigeres Gichtgas. Man denkt auch an die Verwendung reduzierender Gase, wie Kohlenoxyd, das durch Vergasung von minderwertigen Brennstoffen mittels Sauerstoff erzeugt werden kann.

#### b) Kokereien

Die Kokerei ist normalerweise der Zeche angegliedert. Die Koksproduktion des Ruhrgebietes für das Jahr 1948 betrug 18,9 Mio t, während im Jahre 1938 33,5 Mio t erzeugt wurden, Tabelle 3. Gleichzeitig betrug die Koksgaserzeugung 1938 14,2 Mrd m<sup>3</sup> und wird heute etwa die Hälfte betragen. An der Erzeugung waren 96 Kokereien mit rd. 10 000 Oefen beteiligt. Bei der Vergasung einer Tonne Kohle fallen 0,73 t Koks und 350 m<sup>3</sup> Gas mit einem oberen Heizwert von 4200 kcal pro Nm<sup>3</sup> an. Etwa die Hälfte dieser erzeugten Gasmenge wird für die Unterfeuerung der Koksöfen benötigt. Durch die Verbundwirtschaft mit den Eisenhütten lässt sich durch Bereitstellung von Gichtgas (10 % des Unterfeuerungsgases) die verfügbare hochwertige Koksgasausbeute steigern. Bei dem chronischen Gasmangel Mitteleuropas ist dieses ein Hauptproblem der Gaswirtschaft.

Die Hauptverbraucher des Koksgases sind die Eisenhütten für ihre Stahlwerke (Siemens-Martin-Oefen) und die Eisen verarbeitende Industrie für die Schmieden; dann folgt die Chemische Industrie und im weiten Abstand die Spitzendekung für die öffentlichen Gaswerke (Bild 44) [12].

Zur Verteilung des Gases (Bild 45) dient das 1700 km lange Ferngasnetz mit einem Gasdruck von 8 bis 10 atü und Leitungsdurchmessern von 300 bis 800 mm, das in die Verbrauchs-Schwerpunkte führt [13].

Der Transport grosser Gasmengen ist trotz der Verdichtungsarbeit sehr wirtschaftlich. Der Export von Kokereigas

Tabelle 2. Kohlenförderung des Ruhrgebietes 1938 und Aufteilung des Inlandverbrauchs

	Mio t	%
Förderung . . . . .	127,0	100
Eigenverbrauch der Zechen . . . . .	25,2	19,7
Inlandverbrauch . . . . .	72,4	57,0
Ausfuhr . . . . .	29,4	23,0
Aufteilung des Inlandverbrauchs in % . . . . .	1938	1948 <sup>1)</sup>
Eisenerzeugung . . . . .	31,4	10,0
Verkehr . . . . .	16,2	20,4
Wasser-, Gas- und Elektrizitätswerke . . . . .	9,8	25,0
Hausbrand und Kleingewerbe . . . . .	28,2	10,0
Uebrigere Industrien . . . . .	14,4	31,0
Besatzung . . . . .	—	3,6

<sup>1)</sup> Vom 1. Januar bis 1. August

Tabelle 3. Erzeugungsziffern der Ruhrkokereien in Mio t

Jahr	1938	1948
Koks . . . . .	33,500	18,900
Rohbenzol . . . . .	0,406	0,190
Rohteer . . . . .	1,262	0,674
Ammoniak <sup>1)</sup> . . . . .	0,055	0,046
Gas Mrd m <sup>3</sup> . . . . .	14,2	5,2 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> In Tonnen Stickstoff. <sup>2)</sup> 1947

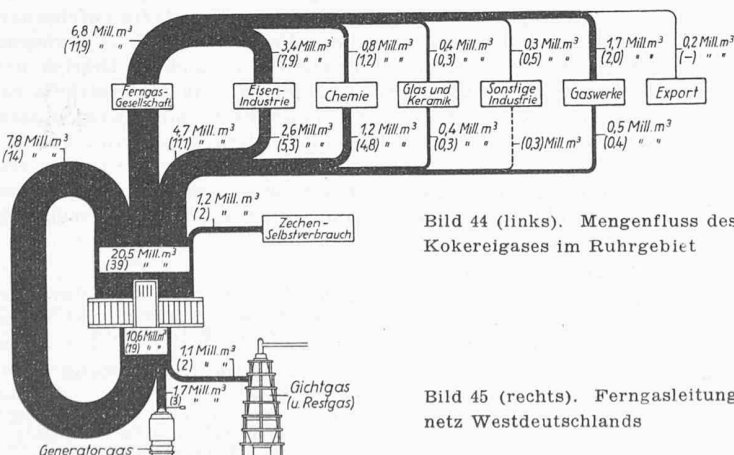


Bild 44 (links). Mengenfluss des Kokereigas im Ruhrgebiet

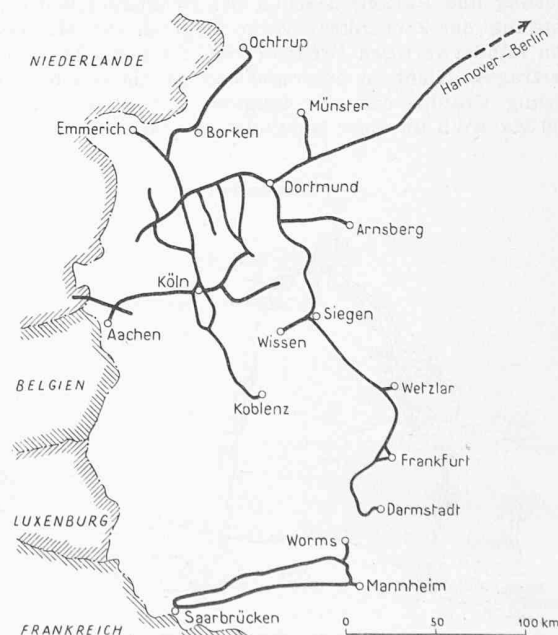


Bild 45 (rechts). Ferngasleitungsnetz Westdeutschlands