

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 62 (1971)
Heft: 18

Artikel: Die Wahrscheinlichkeit von Störungen und Schadensfällen in Mittelspannungsnetzen
Autor: Kuhnert, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915853>

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: 01.04.2025

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

37. Diskussionsversammlung des VSE vom 19./20. Januar 1971 in Luzern

Die Wahrscheinlichkeit von Störungen und Schadensfällen in Mittelspannungsnetzen

Von E. Kuhnert, Celle

In den Referaten des 1. Tages wurde über «Sicherheit und Betrieb von Mittelspannungsnetzen» von Homberger und über «Störungen im Lichte der Statistik» von Schindler berichtet.

Aus den Referaten folgt, dass es für den Betreiber eines elektrischen Versorgungsnetzes wichtig, ja ich möchte sagen, geradezu unerlässlich ist, Aufzeichnungen für eine Störungs- und Schadensstatistik zu machen. Da die Ereignishäufigkeiten erfreulicherweise sehr klein sind, ist die Erfassung aller Ereignisse in einem grösseren Gebiet erforderlich. Eine solche Zusammenfassung wurde, wie Herr Schindler schon sagte, in Deutschland 1963 erstmals systematisch aufgebaut [1]. Österreich führte ebenfalls seit einigen Jahren eine derartige Statistik [2].

Ich habe selbst viele Jahre in dem Arbeitskreis der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke, der diese Statistik betreut, mitgearbeitet und freue mich deshalb besonders, heute zu Ihnen über dieses Thema sprechen zu dürfen, und ich darf mich hierfür sehr herzlich bedanken.

Das Thema meines Referats möchte ich einerseits etwas erweitern, andererseits auch etwas beschränken.

Erweitern möchte ich es auf Netze aller Spannungsebenen und es nicht nur auf Mittelspannungsnetze beziehen, denn die grundsätzlichen Überlegungen sind nicht an eine bestimmte Spannungsebene gebunden.

Beschränken möchte ich das Thema auf die grundsätzlichen Überlegungen. Nicht behandeln werde ich die zahlenmässige Auswertung — das sei dem einzelnen Unternehmen vorbehalten, das bereits über eigene Aufzeichnungen verfügt.

Betriebssicherheit und Unfallgefahr

Der planende und projektierende Ingenieur bemüht sich ständig, die Betriebssicherheit seiner Anlage oder seines Gerätes so gross wie irgend möglich zu machen und die Unfallgefahr so klein wie möglich zu halten.

Im Bereich der Elektrotechnik und der Stromversorgung ist ein hoher Stand erreicht worden. Die bekannten Unfallstatistiken [3] weisen aus, dass die Unfallquote vergleichsweise gering ist und kein Zusammenhang mit dem Wachstum der Elektrizitätsverwendung besteht. Aus der eigenen Erfahrung wissen Sie alle, dass die Zuverlässigkeit in der

Elektrizitätsversorgung und damit auch die Betriebszuverlässigkeit aller Netzelemente ausserordentlich gut ist. In der Einführung zur Diskussionsversammlung im Herbst 1969 hat Berger über die Probleme der Sicherheit und des Schutzes elektrischer Netze gesprochen und gezeigt, durch welche Faktoren diese hohe Sicherheit erreicht worden ist. Er hat dabei bereits darauf hingewiesen, dass in Zukunft die Wahrscheinlichkeit einzelner Ereignisse in die Betrachtungen einbezogen werden soll, um Schutzmassnahmen nur dort zu treffen, wo Gefährdungen oder Schädigungen durch Starkstromanlagen nicht nur theoretisch möglich sind, sondern auch praktisch vorkommen und somit die für den Schutz zur Verfügung stehenden Mittel optimal zu verwenden.

Es geht hierbei nicht um die Möglichkeit Kosten einzusparen, sondern um das viel wichtigere Problem, die Schutzmassnahmen so zu gestalten, dass nicht an anderer Stelle neue Gefahren entstehen. Als Beispiel sei die Herabsetzung der Berührungsspannung an einem Freileitungsmast bei Erdkurzschluss durch eine grossflächige Potentialsteuerung genannt. Solange der betreffende Mast im freien Gelände steht, ist diese Schutzmassnahme physikalisch wirksam — praktisch ist sie nicht wirksam, wenn die Wahrscheinlichkeit eines Erdkurzschlusses und die Wahrscheinlichkeit der Berührung klein ist, so dass die Koinzidenz beider Ereignisse als Produkt beider Wahrscheinlichkeiten verschwindend klein ist. Dann wird der hypothetische Fall der gefährlichen Berührung mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit während der Lebensdauer der betrachteten Anlage nicht eintreten. Auf die Konsequenzen aus dieser Überlegung komme ich später noch zurück.

Steht der betrachtete Mast nicht im freien Gelände, sondern in einem Siedlungsgebiet, so muss berücksichtigt werden, dass durch die Potentialsteuerung an einem Mast seine Erderspannung praktisch nicht vermindert wird, sondern nur die räumliche Ausdehnung des Potentialtrichters erweitert wird [5, 6]. An fremden Anlagen (z. B. Nulleitern in Niederspannungsanlagen) können jetzt Berührungsspannungen als Potentialverschleppung auftreten.

Hier kann eine sorgfältig durchgeführte Analyse mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitskalküls die Entscheidung vorbereiten und klären, welche Massnahme zum Schutz von Personen und Anlagen notwendig und praktisch wirksam sind.

Erbacher hat vor etwa 10 Jahren erstmals in der Beeinflussungstechnik den Erwartungsfaktor definiert, der dann in die VDE-Bestimmungen 0228 aufgenommen wurde.

In mehreren Veröffentlichungen [7, 8, 9] habe ich darauf hingewiesen, dass bei der Beurteilung der Gefährdungsmöglichkeit die Anwesenheitswahrscheinlichkeit berücksichtigt werden muss. Dennhardt hat in seiner Arbeit [21] über die Optimierung der Modelle für elektrische Sicherheit die Struktur der Gefährdungsmodelle analysiert und dabei auf den Einfluss der Einwirkungsdauer auf die Wahrscheinlichkeit eines gefährdenden Ereignisses hingewiesen. Ähnliche Überlegungen wurden von Todd in Australien [10] angestellt und auf der bereits erwähnten Diskussionsversammlung haben Erbacher [11] und Homberger [12] das Problem erneut angesprochen.

Man wird in Zukunft nicht mehr daran vorbeikommen, Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen auf der exakten Grundlage der Mathematik für die Beurteilung der Notwendigkeit und der Wirksamkeit von Schutzmassnahmen zu verwenden.

Hierfür ist es notwendig, zuverlässige Unterlagen über das Betriebsgeschehen zu schaffen. Statistische Aufzeichnungen im Rahmen einer Globalstatistik nach dem Muster der VDEW und VEÖ genügen noch nicht, um *alle* Fragen einer optimalen Netzsicherheit zu beantworten. Abel und Höhne [13] und Ewelt [14] geben Empfehlungen zur Erweiterung bezüglich der Fehlerdauer, der Ausfallzeiten, der Verfügbarkeit bzw. Nichtverfügbarkeit von Anlagen und Geräten.

Die Fehlerdauer oder allgemeiner gesagt die Ereignisdauer ist für die Wahrscheinlichkeitsbetrachtung von ebenso grosser Bedeutung wie die Ereignishäufigkeit, da sich alle Vorgänge im vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuum abspielen. Jedes Ereignis ist einem bestimmten Ort und einem bestimmten Zeitpunkt zugeordnet. Die Wahrscheinlichkeit, als Quotient zweier Ereignishäufigkeiten ist dimensionslos, also orts- und zeitunabhängig. Die Dauer eines Zeitabschnitts oder die räumliche Ausdehnung eines Gebietes gehen in den Stichprobenumfang ein und bestimmen hiermit das Ergebnis. Hierauf soll jedoch an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Es sei nur erwähnt, denn bei der Auswertung der Datensammlung muss darauf Rücksicht genommen werden [15].

Anwendungsmöglichkeiten des statistischen Materials sind gegeben

- in der Betriebspraxis
- im Bereich der Planung
- im Bereich der Vorschriften.

In der Betriebspraxis wird häufig die Frage nach dem Ausfallrisiko bestimmter Anlagen gestellt, um die erforderliche Reserve angeben zu können. Hierher gehören alle Probleme der Sicherstellung der Stromversorgung [15] von der Erzeugung über die Fortleitung bis zur Verteilung.

So wie man seit vielen Jahren die Schäden und Störungen in Kraftwerken statistisch erfasst und als Wahrscheinlichkeitsgrösse bei der Bestimmung der erforderlichen Reserveleistung berücksichtigt, wird man in Zukunft auch die äquivalenten Überlegungen im Netzbetrieb anstellen müssen. Ein anschauliches Beispiel über die Anwendung von Wahrscheinlichkeitstheoretischen Berechnungen zur Störungsaufklärung gibt Kaiser. In seiner Dissertation ermittelt er damit die Ur-

sache von Erdschlusswischern bzw. Erdkurzschlüssen an 110-kV-Leitungen [16a, b].

Durch Korrelationsanalysen gelingt es, den Mäusebussard als Störungsursache zu erkennen, was wegen der geringen Ereignishäufigkeit durch direkte Beobachtungen bis dahin nicht gelungen war. Auch die Ursache für die sogenannten Sonnenaufgangs-Erdschlüsse, die lange Zeit auf unterschiedliche Abtrocknung betauter Isolatoren zurückgeführt wurde, muss heute als Einwirkung von Vögeln auf die Hochspannungsleitungen angesehen werden, zumindest in den entsprechenden Gebieten mit landwirtschaftlichen Monokulturen [16c]. In anderen Gebieten werden sich mit Hilfe solcher Analysen andere Ursachen eliminieren lassen, die dem direkten Zugriff oder der unmittelbaren Beobachtung nicht zugänglich sind [16d].

Im Bereich der Planung wenden wir die Methoden der mathematische Statistik und der Wahrscheinlichkeitsrechnung mit gutem Erfolg an bei der Auslegung der elektrischen Erzeugungs- und Übertragungsanlagen, bei der Lagerhaltung und bei der Lastprognose, sowohl im kleineren Bereich z. B. eines Niederspannungsnetzes (Gleichzeitigkeitsfaktor) als auch im grossen Bereich eines Verbundnetzes [17]. Hierüber liegen zahlreiche Veröffentlichungen vor, so dass wir uns dem dritten Anwendungsbereich im Vorschriftenwesen zuwenden wollen.

Im elektrotechnischen Vorschriftenwesen wird das Wahrscheinlichkeitskalkül leider noch viel zu wenig verwendet, obwohl gerade hier ein Anwendungsgebiet vorliegt, bei dem Risikoabschätzungen die Basis für alle Entscheidungen bilden.

Wir wissen alle, dass es eine absolute Sicherheit in der Technik nicht geben kann, und wir wissen, dass unsere gesamte Technik nur dann wirtschaftlich sein kann, wenn eine bestimmte Ausfallrate zugelassen wird.

Wie am Beispiel der Potentialsteuerungen bereits erwähnt, können Schutzmassnahmen Einwirkungen an der einen Stelle vermindern, an anderen Stellen entstehen dafür aber stärkere Einwirkungen.

Hier ist eine Risikoabschätzung erforderlich, um eine optimale Wirkung zu erzielen und das verbleibende Risiko auf das unvermeidbare Minimum zu begrenzen.

Zur Beurteilung, ob eine Schutzmassnahme erforderlich ist oder nicht, oder ob sie durch eine andere Massnahme zu ersetzen ist, sollte in den Sicherheitsvorschriften ein Grenzwert festgelegt werden. Als Grenzwert kommt der Wert (Zahlenwert) einer Wahrscheinlichkeit in Frage, aus der berechnet werden kann, welche Ereignishäufigkeit oder welche Ereignisdichte zulässig bzw. nicht zulässig ist.

Wohlgemerkt geht es hier nicht um die Frage, wieviele Unfälle zugelassen werden können. Selbstverständlich sollen alle technischen Einrichtungen so sicher wie möglich sein. Aber es ist die Frage zu beantworten, ob mit einem gefährdeten Ereignis überhaupt zu rechnen ist oder ob es innerhalb *der Zeit*, in der die Anlage betrieben wird, im statistischen Mittel nicht auftreten wird.

Von der juristischen Seite aus gesehen, muss jede *denkbare* Unfallursache ausgeschlossen werden. Ist jedoch «mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit» nicht mit dem Eintreffen eines Ereignisses zu rechnen, so können zusätzliche Massnahmen entfallen.

Für die Praxis heisst das: ein Gerät mit mehrfacher Sicherheit kann keine Gefahr darstellen — oder anders gesagt, das gefährliche Ereignis ist während seiner Lebensdauer nicht zu erwarten. Das heisst aber auch, dass der zeitliche Abstand bis zum gefährdeten Ereignis im statistischen Mittel grösser ist als die Lebensdauer des Gerätes. Aus diesen zeitlichen Abständen, die die Ereignisdichte charakterisieren, kann das Mass der Sicherheit definiert werden.

Es sollte vorgeschlagen werden, Schutzmassnahmen an einem Teil einer elektrischen Anlage erst dann zu fordern, wenn die eben definierte Sicherheit weniger als das zweifache ist, also das Ereignis im statistischen Mittel mindestens einmal in der doppelten Lebensdauer dieses Teils der Anlage zu erwarten ist.

Die Häufigkeit der Berührung oder die Dauer und die Anzahl der in der Nähe anwesenden Personen geht in die Ereignisdichte unmittelbar ein. Die Umweltbedingungen werden also exakt berücksichtigt und lassen die genaue Abgrenzung zu, unter welchen Bedingungen in sonst gleichen Anlagenteilen zusätzliche Massnahmen erforderlich sind.

Als Beispiel möchte ich hier die Freileitungsmasten anführen und die Frage beantworten, unter welchen Umständen zusätzliche Anforderungen an die Erdungsanlagen zu stellen sind, ob z. B. das Personal, das Arbeiten an den Erdungsanlagen durchführt, mit dem Auftreten von Erdspannungen rechnen muss.

Die mittlere Wahrscheinlichkeit für Erdkurzschlüsse an einem Mast einer 220-kV-Leitung beträgt etwa $1,3 \cdot 10^{-3}$, d. h. dass alle 770 Jahre an diesem Mast mit einem Erdkurzschluss aus unbekanntem Anlass zu rechnen ist. Anforderungen an die Erdungsanlage zur Einhaltung einer bestimmten Erdschaltung brauchen m. E. nicht gestellt zu werden, weil der zeitliche Abstand der Fehler aufgrund der kleinen Ereignisdichte sehr viel grösser ist als die zu erwartende Lebensdauer des Mastes.

Werden Arbeiten an dem betrachteten Mast jährlich einmal vorgenommen, wobei diese Arbeiten 1 Woche (also 5×8 Stunden) andauern sollen, so ist die Anwesenheitswahrscheinlichkeit $40 \text{ h} / 8760 \text{ h} \approx 5 \cdot 10^{-3}$.

Der Erdkurzschluss während der Arbeiten hat eine Wahrscheinlichkeit, die aus dem Produkt der Fehlerwahrscheinlichkeit und der Anwesenheitswahrscheinlichkeit gebildet wird. Hier beträgt sie also 10^{-6} .

Die Gesamtwahrscheinlichkeit ist so klein, dass auch längere Zeit oder mit einer grösseren Kolonne an der Leitung gearbeitet werden kann, ohne dass die Besorgnis einer Gefährdung entsteht.

Voraussetzungsgemäss darf der Fehler nicht durch die Arbeiten selbst eingeleitet werden. Hiergegen sind selbstverständlich die erforderlichen Sicherheitsmassnahmen zu ergreifen!

Die Arbeiten an Rohrleitungen im Beeinflussungsbereich geben hierfür ein weiteres Beispiel. Es sind Tausende von Kilometern Rohrleitung in der Trasse von Hochspannungsleitungen errichtet worden, ohne dass es dabei zu einer gefährdenden Beeinflussung gekommen ist. Ausser Betracht stehen hier die Fälle, bei denen ein Bagger oder Kran einen Leitungsfehler hervorgerufen hat. Gegen solche Einwirkungen sind m. E. strengere Bestimmungen, z. B. grössere Abstände und wirksamere Massnahmen an den Arbeitsgeräten

erforderlich, denn ihre Häufigkeit muss auch im Interesse einer sicheren Netzbetriebsführung erheblich reduziert werden.

Beim Arbeiten grösserer Kolonnen kann die Funktion der Berührungswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Anzahl der gleichzeitigen Berührungen mit Hilfe einer Poisson-Verteilung berechnet werden [8].

Erweitern wir das oben genannte Beispiel auf den Fall der Beeinflussung eines zur Hochspannungsleitung parallel laufenden Fernmeldekabels von 10 km Länge, so erkennen wir, dass die Beeinflussung durch Kurzzeitinduzierung mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 0,05 auftritt.

Das charakteristische Ereignis ist also innerhalb der Lebensdauer der Anlagen zu erwarten, so dass Schutzmassnahmen erforderlich sind. (Die Anwesenheitswahrscheinlichkeit des FM-Kabels ist gleich 1. Die Anzahl der Elemente, an denen möglicherweise ein Isolationsfehler auftreten kann, ist gleich der Anzahl der Isolatorketten im Beeinflussungsabschnitt. Die Zuverlässigkeit des gesamten Systems sinkt exponentiell mit zunehmender Anzahl von Elementen [15]).

Auswertung der Betriebsergebnisse

Die Auswertung der Betriebsergebnisse kann zu einer Veränderung in der Systematik des Aufbaues unserer Sicherheitsforderungen führen.

Das bekannte Beispiel aus dem Gebiet der Mittelspannungsnetze ist der Doppelerdschluss im gelöschten Netz. Bei Einhaltung der Löschgrenzen fordert die VDE-Bestimmung 0228/4.65 keine besonderen Massnahmen gegen die induktive Beeinflussung durch das homopolare Feld des Fehlerstromes [18]. Die Wahrscheinlichkeit einer unzulässigen Beeinflussung ist so gering, dass sie im praktischen Betrieb gleich Null gesetzt werden kann.

Aus eingehenden Untersuchungen und den Beratungen dieser VDE-Kommission ist abgeleitet worden, dass generell bei induktiver Kurzzeit-Beeinflussung die Massnahmen des Sachschutzes auch ausreichend sind für den Personenschutz in den Fernmeldeanlagen.

Die Bestimmungen können deshalb ganz erheblich vereinfacht werden. Wir sind sicher, dass dadurch auch ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit geleistet wird. Denn nur ein klar gefasstes und nicht zu umfangreiches Vorschriftenwerk bietet die Gewähr dafür, dass es in der täglichen Betriebspraxis angewendet wird.

Schlussbetrachtung

Schliessen möchte ich mit einem Ausblick auf zwei erst kürzlich erschienene Veröffentlichungen über die optimale Sternpunktbehandlung in Mittelspannungsnetzen [19] und Betriebserfahrungen mit der Sternpunktterdung im 110-kV-Netz der Bayernwerk AG [20] Aus beiden Arbeiten geht die Notwendigkeit hervor, auftretende Netzfehler so schnell wie möglich abzuschalten. Das Ziel wird durch vorübergehende bzw. dauernde Erdung des Netzsternpunktes erreicht.

In beiden Fällen wird das günstige Ergebnis dieser Massnahme gezeigt. In der Praxis wird also bereits der Weg beschritten, die Ereigniswahrscheinlichkeit durch Reduzierung der Einwirkungsdauer zu vermindern und dadurch die Sicherheit zu erhöhen.

Wir müssen die Wahrscheinlichkeitsanalysen in Zukunft stärker bei der Beurteilung von Schutzmassnahmen einsetzen. Nur so können wir fundierte Entscheidungen treffen, die alle Belange berücksichtigen in einer sich in allen Lebensbereichen verdichtenden Technik, im Sinne einer optimalen Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Mittel und im Sinne eines wohlverstandenen Umweltschutzes.

Bibliographie

- [1] VDEW-Störungs- und Schadensstatistik, Anleitung, VDEW.
- [2] *Stimmer*: Störungs- und Schadensstatistik, ÖVE, 1968.
- [3] Technischer Jahresbericht, Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln.
- [3a] *F. Gerlach*: Die Unfälle durch Starkstrom in den Ländern Niedersachsen und Bremen in den Jahren 1949 bis 1965. ETZ-B 18(1966), S. 729...736.
- [4] *K. Berger*: Sicherheit und Schutz elektrischer Netze. Bull. SEV 61(1969)4, S. 145...148.
- [5] *E. Kuhnert*: Erfahrungen mit der Sternpunktterdung im 110-kV-Netz der Bayernwerk AG. El. Wirtsch. 63(1964), S. 746...758.
- [6] *E. Kuhnert* und *G. Latzel*: Die Berechnung der Stromverteilung auf Erdseil, Maste und Erdrückleitung bei einpoligen Fehlern in Hochspannungsnetzen mit Sternpunktterdung. El. Wirtsch. 66(1967), S. 684...690.
- [7] *E. Kuhnert*: Wahrscheinlichkeit für eine Gefährdung des Personals bei Arbeiten an Freileitungsmasten. Techn. Bericht für die Sfb 22, 2, 1964.
- [8] *E. Kuhnert*: Die Betriebssicherheit elektrischer Anlagen und ihre Bedeutung für die Beeinflussungstechnik. ETZ-A 91(1970), S. 279...283.
- [9] *E. Kuhnert*: Die Betriebssicherheit elektrischer Netze. Techn. Bericht für die Sfb 29./30, 11, 70.
- [10] *B. C. Todd*: Die Wahrscheinlichkeit von Personengefährdung durch Niederfrequenzbeeinflussung und Potentialanhebungen von Umspannwerken. Australian Telecommunication Monograph Nr. 3 (1966).
- [11] *W. Erbacher*: Die Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit bei der Beurteilung von Beeinflussungsfragen. Bull. SEV 61(1970), S. 183...186.

- [12] *E. Homberger*: Die Erdung im modernen Hoch- und Niederspannungsnetz. Bull. SEV 61(1970), S. 187...191.
- [13] *G. Abel* und *L. Höhne*: Kennziffern zur Untersuchung des Betriebsgeschehens in Netzen der Öffentlichen Versorgung. El. Wirtsch. 66(1967), S. 650...654.
- [14] *P. Ewelt*: Zur Bestimmung der Versorgungssicherheit von Stromverteilungsnetzen. El. Wirtsch. 68(1969), S. 292...298.
- [15] *E. Kuhnert*: Probleme der Sicherstellung der Stromversorgung. Vortrag, gehalten am 17. 11. 1970 an der Technischen Universität in Hannover.
- [16a] *G. Kaiser*: Der Mäusebussard als Ursache der einpoligen Freileitungsfehler in 110-kV-Hochspannungsnetzen. ETZ-A 91(1970)6, S. 313...317.
- [16b] *G. Kaiser*: Der Mäusebussard als Ursache der einpoligen Freileitungsüberschläge in 110-kV-Netzen. Bedeutung dieser Störungen für den Betrieb und Massnahmen zu ihrer Verhütung. Der Maschinenschaden 43(1970)4, S. 153...156.
- [16c] *G. Kaiser*: Die Vorhersage von einpoligen Fehlern in 110-kV-Freileitungsnetzen. El.-Wirtsch., Sonderdruck 69(1970), S. 322...326.
- [16d] *G. Kaiser*: Beitrag zur jahres- und tageszeitlichen Verteilung von Erdblitzen in Bayern. ETZ-A 91(1970)8, S. 459...461.
- [17] *W. Schneider*: Die Planung optimaler Energieversorgungssysteme. El.-Wirtsch. 66(1967)11, S. 298...306.
- [18] VDE 0228/4.65. VDE-Verlag Berlin.
- [19] *M. Rüger* und *E. Stolte*: Optimale Sternpunktbehandlung in Mittelspannungsnetzen. El. Wirtsch. 69(1970)21, S. 565...570.
- [20] *R. Gampenrieder* u. a.: Betriebserfahrungen mit der Sternpunktterdung im 110-kV-Netz der Bayernwerk AG. El. Wirtsch. 69(1970)21, S. 570...576.
- [21] *A. Denhardt*: Zur Frage der Optimierung der Modelle für elektrische Sicherheit im Bereich der Informations- und Beeinflussungstechnik. ETZ-A 91(1970)5, S. 274...278.

Adresse des Autors:

Dr. E. Kuhnert, Geschäftsführer der Stromversorgung Ostthannover GmbH, Sprengerstrasse 2, D-34-Celle.

Probleme und Erfahrungen im Einsatz von Motorfahrzeugen

Von A. Meyer, Ittigen BE

Vorbemerkung

Die Transportrationalisierung hat in erster Linie in den der Transportabteilung über- oder vorgelagerten Abteilungen einzusetzen. Diese Dienststellen legen mit ihren Aufträgen gewissermassen den Rahmen fest, innerhalb dessen die Transportabteilung Personal und Fahrzeuge für den Betriebsablauf bereitzustellen hat. Unrationell wäre auf jeden Fall die Zuteilung der Fahrzeuge an einzelne Abteilungen; nur eine zentrale Transportabteilung vermag unnötige Leerfahrten und ungenügende Auslastungen zu vermeiden. Die Koordination all jener Massnahmen — des Betriebes wie des Ein- und Verkaufs — welche auf die Transportkosten von Einfluss sind, bildet deshalb eine vordringliche Aufgabe.

Voraussetzungen für Transportuntersuchungen

Die betriebswirtschaftliche Durchdringung der ausserbetrieblichen Transporte setzt dreierlei voraus:

1. Kenntnisse über die *Transportleistungen* der verschiedenen Transportmittel.

Die zu bewältigenden Transportaufgaben sind von Betrieb zu Betrieb unterschiedlich. Dementsprechend variieren die verlangten Transportleistungen, etwa vom Nahverkehr bis zum Fernverkehr, ausserordentlich stark. Aber auch das Leistungsvermögen der verschiedenen Transportmittel variiert quantitativ und qualitativ in weiten Grenzen. Zeitstudien über die Transportabläufe verschaffen diesbezüglich den notwendigen Einblick.

2. Kenntnisse über die *Transportkosten* der verschiedenen Transportmittel.

Bei Inanspruchnahme fremder Transportleistungen sind für die transportnachfragende Unternehmung die Transportkosten durch die Tarife der Transportunternehmungen gegeben (Bahnen, gewerbmässige Strassentransporteure). Dazu kommen noch die betriebseigenen Zusatzkosten, insbesondere in den Anfangs- und Endstufen der Transporte (Ladepersonal usw.). Bei werkeigenen Transporten mit Lastwagen und Lastenzügen wird die Erfassung der Kosten in der Betriebsabrechnung erforderlich.

3. Kenntnisse über die *Einsatzart*.

Die kosten- und leistungsmässigen Daten der Transportmittel müssen vorgängig jeder Transportstudie bekannt sein. Dazu ist eine sorgfältige Abklärung der Einsatzart nach Mengen, Distanzen und zeitlichen Erfordernissen, sowie nach den qualitativen Anforderungen an die Transporte nötig. Mit Hilfe von Verfahrensvergleichen lassen sich im konkreten Fall darauf aufbauend auf der Vollkosten- oder Grenzkostenbasis und u. U. unter Zuhilfenahme mathematischer Methoden (Linearprogrammierung) optimale Transportlösungen finden.

In der Einsatz-Planung von Regelzeiten ausgehen

Die Transportleistungen lassen im Ablauf des einzelnen Transportes grundsätzlich drei Arbeitsphasen erkennen:

- Auflad
- Bewegung (Hin- und Rückfahrt)
- Ablad.

Bei Sammeltransporten wiederholen sich die einzelnen Phasen an verschiedenen Lade- bzw. Abladestellen. Für homogene Transportleistungen können Zeit-Richtwerte ermittelt