Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 57 (1966)

Heft: 10

Artikel: Die Netzkommandoanlage des Elektrizitätswerkes der Stadt Lausanne

Autor: Fromentin, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916599

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: 14.12.2025

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

Erfahrungen mit Netzkommandoanlagen

Bericht über die 29. Diskussionsversammlung des VSE vom 13. Mai 1965 in Zürich und vom 9. Juni 1965 in Lausanne (Fortsetzung aus Nr. 22, 23, 24 (1965) und 2, 3, 4, 9 (1966).

Die Netzkommandoanlage des Elektrizitätswerkes der Stadt Lausanne

von *M. Fromentin,* Lausanne

DK 621.398:621.316

1. Einleitung

Im nachfolgenden Bericht möchten wir vor allem einige Probleme der Montage und des Betriebes einer Netzkommandoanlage in einem ausgesprochen städtischen Netz behandeln. Unsere Erfahrungen in Lausanne sind noch verhältnismässig neu, da die ersten Betriebsversuche erst anfangs 1963 durchgeführt worden sind. Da wir also auf diesem Gebiet noch nicht über eine eigene langjährige Erfahrung verfügen, werden wir uns darauf beschränken, vor allem die bei der Einrichtung einer solchen Anlage auftauchenden Fragen zu behandeln. Diese einleitenden Bemerkungen erklären auch, warum unser Referat kein abgerundetes Ganzes bildet.

2. Beschreibung der beim EW der Stadt Lausanne installierten Netzkommandoanlage

Die in Lausanne installierte Netzkommandoanlage, Fabrikat Landis & Gyr, arbeitet mit einer einzigen, nicht regulierten Frequenz von 485 Hz und nach dem Impuls-Intervallverfahren. Die tonfrequenten Befehle werden über eine Paralleleinspeisung in jedem Unterwerk 50/6 kV auf der 6-kV-Seite eingespeist. Es handelt sich also um eine sogenannte dezentralisierte Einspeisung, mit allen Vorbehalten über die Relativität dieser Bezeichnung. Die verschiedenen Sendestationen werden über Steuerdrähte von der zentralen Betriebswarte in Pierre-de-Plan ferngesteuert. Mit der Fernsteuerung über Steuerdrähte können insgesamt 10 Sendestationen ferngesteuert werden. Die Befehle können an drei Gruppen von Stationen gegeben werden.

Die verschiedenen Sendestationen quittieren die erhaltenen Befehle; bei einer Unstimmigkeit wird die Sendung der betroffenen Station unterbrochen. Eine gleichzeitig eingeschaltete Meldelampe in der Betriebswarte Pierre-de-Plan zeigt an, in welcher Station die Störung aufgetreten ist.

Die Betriebswarte verfügt auch über eine Kommandobucht und eine Einrichtung für die automatische Befehlsdurchgabe.

Wer weitere Angaben über diese Anlagen wünscht, studiert mit Vorteil die zahlreichen Druckschriften und Unterlagen der Lieferfirma.

3. Die Sendestationen

Die Sendestationen bestehen aus den folgenden vier Hauptteilen:

1. Die Einspeisezelle (Ankoppelung)
2. Die Kommandotafel
3. Das Gestell mit den Impulsschützen
4. Die Generatorgruppen für Tonfrequenz

Da diese Elemente im allgemeinen als bekannt vorausgesetzt werden dürfen, treten wir auf Einzelheiten nur ein, wenn sie für das Verständnis einzelner Punkte unserer Erfahrungen nötig sind.

3.1. Die Einspeisezelle (Ankoppelung) (Fig. 1)

Die Einspeisezelle bildet die Kupplung zwischen dem Netz und dem Tonfrequenzgenerator. Beim Betrieb dieser

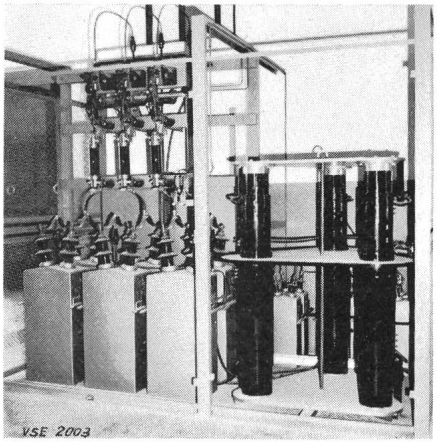

Fig. 1
Einspeisezelle für 25 MVA
Das Schutzgitter ist entfernt. Man sieht den Leistungsschalter, die Hochspannungskondensatoren, den Kopplungstransformator und im Hintergrund die Niederspannungskondensatoren.

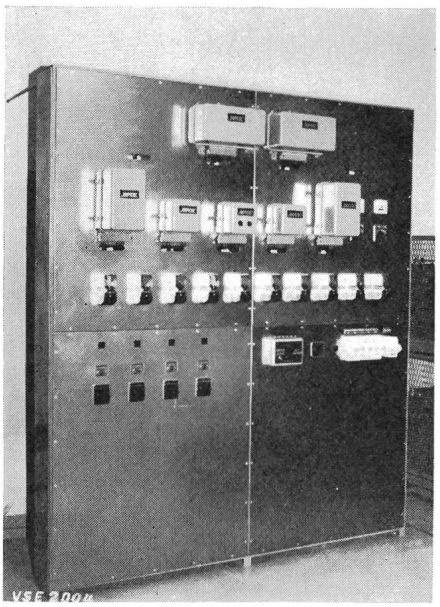

Fig. 2
Kommandotafel eines Senderaumes
Die Kommandotafel enthält alle zur Steuerung, zur Kontrolle und Überwachung der Anlage notwendigen Einrichtungen.

Ankoppelungen gab es nie Schwierigkeiten, ausgenommen bei einem Hochspannungskondensator, bei welchem einige Kesselschweissnähte teilweise porös waren.

3.2. Die Kommandotafel (Fig. 2)

Die Kommandotafel enthält alle notwendigen Einrichtungen für den automatischen Betrieb der Netzkommandoanlage und für die Überwachung der Befehls-Sendungen. Die effektive Betriebszeit der rotierenden Maschinen wird mit Betriebsstundenzählern erfasst. Impulszähler geben wertvolle Auskünfte über die Beanspruchung der Impulsschützen.

Falls eine Hochspannungssicherung schmilzt, öffnet sich automatisch ein Hochspannungs-Lasttrenner; damit wird eine Überlastung der Primärwicklung des Kuppeltransformators verhindert. Falls diese Störung auftritt, wird sie durch eine Meldelampe oberhalb des Impulszählers der betreffenden Zelle angezeigt. Ein solcher Fehler blockiert leider die ganze Anlage und die Befehle im Netz bleiben dann aus.

Mit Hilfe eines Umschalters kann von automatischer Befehlsgabe auf Handsteuerung umgeschaltet werden. Bei Handbetrieb werden die Befehle mit Hilfe eines kleinen Versuchssenders ins Netz gegeben. Bei der Umschaltung auf Handbetrieb werden alle Kontrollvorrichtungen ausgeschaltet, so dass man die Anlage mit einem Minimum von Elementen betreiben kann.

3.3. Das Gestell für die Impulsschütze (Fig. 3)

Je nach den örtlichen Verhältnissen sind die Leistungsschalter für die Generatoren und für die Befehlsgabe auf einem oder auf zwei Gestellen montiert.

Die Impulsschütze werden im Betrieb sehr stark belastet, denn sie müssen einen Strom von rund 150 A bei ca. 350 V Spannung und bei einer Frequenz von 485 Hz sehr oft unterbrechen. Eine Befehlsdurchgabe umfasst 26 Impulse von je 0,1 Sekunden Dauer.

Mit Rücksicht auf diese hohen Beanspruchungen sind zwei Schütze in Serie geschaltet, wobei der eine mit einem Nebenschlusswiderstand ausgerüstet ist. Die beiden Schütze werden gleichzeitig miteinander eingeschaltet, während beim Ausschalten der Widerstand eine bestimmte kurze Zeit in Serie geschaltet ist.

Die harte Arbeitsweise der Schütze erfordert ein massives und steifes Gestell. Für die Verbindungsleitungen müssen elastische Leiter verwendet werden.

Wir studieren gegenwärtig eine Lösung für eine elastische Montage dieser Gestelle, damit sich die Erschütterungen nicht auf die Wände des Gebäudes übertragen. Diese Lösung erscheint uns besser als die elastische Befestigung jedes einzelnen Schützes im Gestell.

3.4. Die Generatorgruppen für Tonfrequenz

Die Tonfrequenzgeneratoren sind rotierende Maschinengruppen, welche aus einem asynchronen Anwurfsmotor, einem asynchronen Hauptmotor und einem auf der gleichen Welle aufgekeilten, mit Wechselstrom erregten Generator bestehen.

An den Statorklemmen des Generators erhält man, abgesehen vom Schlupf, die resultierende Frequenz aus der Rotation des induzierenden Drehfeldes und aus der mechanischen Rotation des Rotors. Jede Maschinengruppe hat eine Leistung von 100 kVA.

Die Gruppen haben keine Frequenzregelung.

Wir besitzen zwei Generatorgruppen, von denen die eine als Reserve betrachtet werden kann, obwohl mit Hilfe einer vorhandenen Synchronisiervorrichtung ein Parallelbetrieb der beiden Maschinengruppen möglich wäre. Die Maschinengruppen haben bisher einwandfrei gearbeitet.

3.5. Der Betrieb der Sendestationen

Wir verzichten darauf, die Kinderkrankheiten zu erwähnen, wie sie bei jeder solchen Anlage bei der Inbetriebsetzung auftreten. Nach drei Betriebsjahren können wir sagen, dass die Sendestationen befriedigend arbeiten. Bei den Überwachungseinrichtungen haben wir einige Funktionsfehler festgestellt. Ferner sind einige Unterbrüche in den Verbindungsleitungen zu den Impulsschützen aufgetreten; dieser

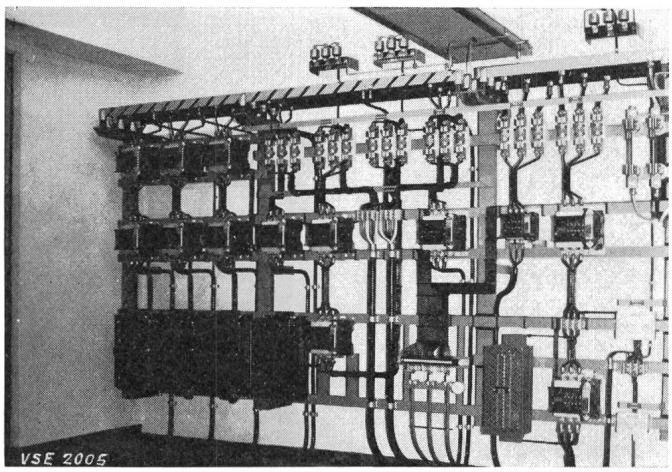

Fig. 3
Gestell für die Impulsschützen
Von links nach rechts sieht man 3 Gruppen mit je zwei Sendeschützen mit ihren Hilfswiderständen, einen Teil der Zentrale mit Synchronisationsvorrichtung für die beiden Generatoren und am rechten Rand das Erregungs- und Anlaßsystem derselben.

Fehler wurde behoben, indem wir die Verbindungen mit elastischen Leitern von 1,5 mm² ausgeführt haben. Bei einem Schütz ist auch ein Drahtbruch in einer Spule vorgekommen. Dreimal innert der drei Jahre gab es eine Störung, weil sich Schraubsicherungen gelöst hatten. Durch Plombieren der Sicherungen wurde diese Fehlerquelle eliminiert.

Eine interessante Störung soll hier noch erwähnt werden. Bei einem Erdschluss im 6-kV-Netz haben wir festgestellt, dass die Sendeanlage im betroffenen Netzteil nicht arbeiten konnte. Diese Erscheinung lässt sich wie folgt erklären: Für die Überwachung der Netzkommandoanlage werden die ins Netz abgegebenen Befehle über Spannungswandler abgenommen, welche in Sternschaltung an ein Netz mit isoliertem Nulleiter angeschlossen sind. Die geerdete Phase erhielt nun bei der genannten Störung das Potential Null. Für die Überwachungseinrichtung sah es nun so aus, als ob die Befehle nur auf zwei Phasen statt auf allen drei Phasen eingespeist worden wären, infolgedessen stellte sie die ganze Anlage ab. Die Behebung eines Erdschlusses erfordert für die Sucharbeiten und die notwendigen Umschaltungen ungefähr eine Stunde Zeit. Ein so langer Unterbruch in der Befehlsgabe ist z. B. für die Einschaltung der öffentlichen Strassenbeleuchtung nicht zulässig.

3.6. Bemerkungen über die Gestaltung von Überwachungs- und von Sicherheitsstromkreisen

Es ist ein Nachteil der Netzkommandoanlage, dass der Betriebsleiter wegen der grossen Wirkung der Anlage auf das Netz sehr stark von der Anlage abhängig wird. Nehmen wir als Beispiel die Strassenbeleuchtung, wo eine Störung der Netzkommandoanlage viel mehr Nachteile und Unannehmlichkeiten mit sich bringt als wenn bei der Einzelsteuerung nur eine einzelne Schaltuhr gestört ist.

Die Zuverlässigkeit der verschiedenen Teile für die Einspeisung der Netzkommandobefehle ist nicht grösser als z. B. die Bertriebssicherheit einer Schaltuhr. Eine Netzkommandoanlage muss deshalb mit besonderen Überwachungseinrichtungen ausgerüstet werden, wenn man für die Gesamtanlage eine hohe Betriebssicherheit erhalten will.

Bei jeder wesentlichen Störung sind im Laufe der Entwicklung der Netzkommandoanlagen zusätzliche Sicherheitsvorrichtungen zugefügt worden. Die Zahl und die Funktionen dieser Sicherheitseinrichtungen geben einen Überblick über die bisher gemachten Betriebserfahrungen. Die Anhäufung von solchen Sicherheitseinrichtungen führt aber nicht notwendigerweise zur optimalen Sicherheit, weil alle diese zusätzlichen Einrichtungen insgesamt nun viel komplizierter und empfindlicher sind und deshalb auch viel störungsanfälliger als die zu schützende eigentliche Netzkommandoanlage.

Tatsächlich sind in unserer Anlage die meisten Störungen an den Kontroll- und Sicherheitseinrichtungen aufgetreten. Das soeben erläuterte Beispiel mit dem Erdschluss im 6-kV-Netz zeigt, wie sogar ein ausserhalb der Netzkommandoanlage aufgetretener Fehler diese Anlage stillsetzen kann.

Man muss sich deshalb die sehr wichtige Frage stellen: Wann und unter welchen Bedingungen soll die Überwachungseinrichtung die überwachte Anlage stillsetzen können?

Nach unsern Erfahrungen sollte einzig die Aussendung eines konstanten Tonfrequenzsignals infolge Blockierung eines Impulsschützes das ganze Sendeprogramm abstellen können. Alle andern Fehler sollten nur durch Meldelampen erfasst und gesamthaft an die Befehlszentrale gemeldet werden. Es sind auf diesem Gebiet noch viele notwendige Verbesserungen fällig.

Der Betriebsleiter gewöhnt sich zwar an eine komplizierte Anlage, aber er schätzt es gar nicht, wenn die Anlage unregelmässig und unzuverlässig arbeitet. Ein Unterbruch wegen eines eindeutigen Defektes an einem bestimmten Anlageteil wird noch eher in Kauf genommen als eine schwer lokalisierbare intermittierende Störung z. B. infolge der Deformation einer Relaisfeder.

Bei den meisten Systemen von Netzkommandoanlagen werden die automatischen Funktionen durch konventionelle Elemente wie Relais mit Kontakten, durch Synchronmotoren usw. ausgeführt. Es muss an dieser Stelle noch besonders betont werden, dass wegen der raschen Schaltfolgen der verschiedenen Kontakte transitorische Vorgänge auftreten können.

Der heutige Entwicklungsstand der statischen logischen Kreise ermöglicht es, solche Kreise anstelle der bisherigen konventionellen Apparate einzubauen. Man könnte damit ganz bestimmt die Betriebssicherheit der Netzkommandoanlagen erhöhen, insbesondere bei den rasch arbeitenden Systemen. Man muss jedoch bei der Auswahl dieser neuartigen Elemente sehr vorsichtig sein, weil sie eine erhöhte Betriebssicherheit aufweisen sollen und gegen tonfrequente Impulse unempfindlich sein müssen.

Die grösste Schwierigkeit bei der Umstellung auf statische Kreise ergibt sich bei den Ausgangskreisen mit hoher Leistung, welche heute kaum zu vernünftigen Preisen erhältlich sind. Der Ersatz von Leistungsschaltern und besonders von Impulsschützen durch statische Elemete ist deshalb heute sowohl aus technologischen wie auch aus preislichen Gründen noch nicht gesichert.

Dagegen ist kein Grund vorhanden, die Tonfrequenzgeneratoren durch statische Elemente zu ersetzen. Es ist nämlich sehr schwer, etwas zu konstruieren, das einfacher, sicherer und billiger ist als eine Asynchronmaschine. Beiläufig sei daran erinnert, dass es sich um Einheiten mit Leistungen von rund 100 kVA handelt.

4. Der Einbau der Empfänger

Notwendigerweise müssen die Sendestationen fertig montiert sein, bevor man mit dem Einbau von Empfängern beginnen kann. Wir haben deshalb heute erst rund 1500 Empfänger im Betrieb. Gegenwärtig ist einzig die öffentliche Beleuchtung vollständig über die Netzkommandoanlage gesteuert, wofür rund 800 Empfänger benötigt werden.

Wir möchten uns hier in unserm Bericht über die Empfänger auf einige wichtige Punkte beschränken.

Die Empfänger arbeiten im Betrieb zu unserer Zufriedenheit. Bei ungefähr 2 % der Empfänger sind Funktionsfehler festgestellt worden. Die meisten Fehler sind in den ersten zwei Wochen nach der Montage der Empfänger aufgetreten. Man könnte daraus schliessen, dass es sich vor allem um ein

nachträgliches richtiges Einstellen der neuen Empfänger handelte.

Bis heute hatten wir keine Störungen wegen der Ausbreitung der tonfrequenten Impulse im Netz oder wegen transitorischen Erscheinungen. Unsere Messungen ergaben, dass die von Asynchronmaschinen erzeugten Störspannungen bei 485 Hz einen Wert von max. 0,5 Volt hatten, was bei einer Ansprechspannung der Empfänger von 2,3 V den Betrieb der Empfänger nicht stören kann.

Die Phasenschieberkondensatoren müssen in unserm Netz nach den entsprechenden Leitsätzen des SEV gesperrt werden.

5. Die öffentliche Beleuchtung und die Netzkommandoanlage

Die nach aussen am meisten auffallende Wirkung einer Netzkommandoanlage ist die gleichzeitige Ein- und Ausschaltung der gesamten öffentlichen Beleuchtung. Wir möchten deshalb zu dieser Anwendung einige Bemerkungen anbringen.

Das Ein- und Ausschalten der öffentlichen Beleuchtung wird durch eine Photozelle bestimmt. Diese Photozelle arbeitet verzögert und sie ist in der Nähe der Befehlswarte von Pierre-de-Plan montiert.

Der Aufstellungsort dieser Photozelle muss sehr sorgfältig gewählt werden. Ferner müssen eingehende Betriebsversuche durchgeführt werden, bevor man die Photozelle auf das Netz wirken lässt. Wir haben darauf verzichtet, die Photozelle durch eine astronomische Uhr zu überwachen. Nach unserer Ansicht schliesst das eine Organ das andere aus. Wenn z. B. die öffentliche Beleuchtung pro Jahr ungefähr zehnmal zu früh einschaltet und bald darauf wieder ausgeschaltet werden muss, so kann man dies u. E. als normal und als zulässig bezeichnen. Der Schaltwärter von Pierre-de-Plan hat u. a. die Aufgabe, das Arbeiten der Photozelle zu überwachen und wenn nötig die Strassenbeleuchtung von Hand einzuschalten.

Unsere Strassenbeleuchtung hat zwei verschiedene Schaltprogramme. Das eine Schaltprogramm wird von der Photozelle sowohl eingeschaltet als auch ausgeschaltet. Beim andern Schaltprogramm gibt die Photozelle nur den Einschaltbefehl am Abend; die Ausschaltung um 3 Uhr morgens ist auf der Programmscheibe fest eingestellt.

Die Steuerung der öffentlichen Beleuchtung mit der Netzkommandoanlage war in Lausanne ein voller Erfolg. Die gleichzeitige Einschaltung in der ganzen Stadt und die Anpassung der Einschaltzeiten an die jeweiligen Witterungsverhältnisse waren für unsere Strassenbeleuchtung ein wirklicher Fortschritt. Infolge der Einführung der Netzkommandoanlage konnten rund 800 astronomische Schaltuhren demontiert und das Personal für die Überwachung und Nachregulierung dieser Uhren eingespart werden.

Jede Medaille hat aber ihre Kehrseite. Falls infolge einer Störung der Netzkommandoanlage die öffentliche Beleuchtung falsch ein- oder ausgeschaltet wird, so gibt es heftige Reklamationen. Ferner haben wir festgestellt, dass die Einschaltung der Strassenbeleuchtung immer mehr als Anhaltspunkt für die Einschaltung der Beleuchtung der Motorfahrzeuge verwendet wird. Dieser Punkt ist bei Verkehrsunfällen besonders wichtig.

Es ist klar, dass der Betriebsleiter einer Netzkommandoanlage eine solche Verantwortung nicht übernehmen kann. Wir möchten deshalb daran erinnern, dass es folgende gesetzliche Vorschriften über die Beleuchtung der Motorfahrzeuge gibt:

Vom Beginn der Abenddämmerung an bis zur Tageshelle und wenn die Witterung es erfordert, müssen die Fahrzeuge beleuchtet sein (Art. 41, Abs. 1 des Strassenverkehrsgesetzes). Ferner müssen die Führer von Motorfahrzeugen und Fahrrädern in Tunnels wenigstens die Standlichter einschalten, auch wenn der Tunnel beleuchtet ist (Art. 39, Abs. 2 der Verordnung über die Strassenverkehrsregeln). Das Fahrzeug ist zu beleuchten, sobald die Gefahr besteht, dass die übrigen Strassenbenützer es sonst nicht rechtzeitig erkennen können (Art. 30, Abs. 1 der Verordnung über die Strassenverkehrsregeln).

Vom juristischen Standpunkt aus kann es als Begleitumstand gewürdigt werden, ob die Strassenbeleuchtung bei einem Verkehrsunfall ein- oder ausgeschaltet war. Der Betriebsinhaber einer Netzkommandoanlage kann aber für die rechtzeitige Ein- und Ausschaltung nicht haftbar gemacht werden.

Wir möchten nur noch nebenbei bemerken, dass sich ein ähnliches Problem ergibt, wenn die Netzkommandoanlage für Alarme, z. B. für die Feuerwehr oder für die Polizei, verwendet wird.

6. Die Steuerung der Heisswasserspeicher

Die Energie für elektrische Heisswasserspeicher kann in Lausanne nach 6 verschiedenen Programmen bezogen werden, nämlich mit 6 oder mit 9 oder mit 12 Stunden Aufheizdauer und entweder ganzjährig oder nur im Sommerhalbjahr. Ferner muss die Einschaltung der Heisswasserspeicher auf verschiedene Stunden verteilt werden, sodass sich insgesamt 32 verschiedene Schaltprogramme ergeben. In der Netzkommandoanlage hatten wir aber für die Heisswasserspeicher nur 25 Doppelbefehle zur Verfügung. Wir mussten also eine Lösung suchen, bei der die grosse Zahl von Schaltpro-

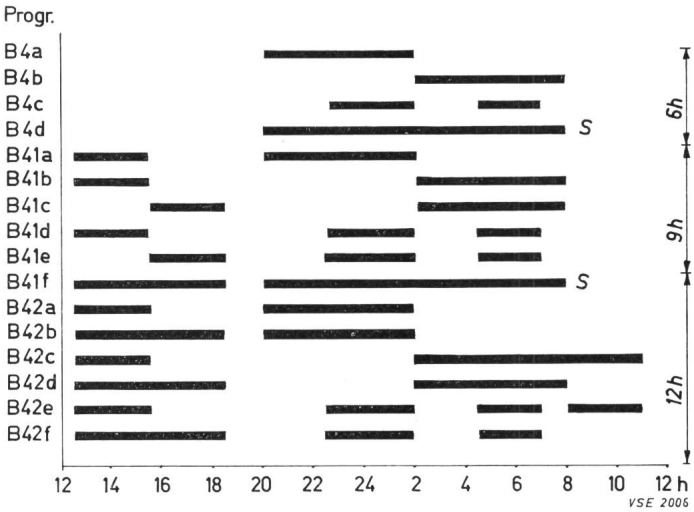

Fig. 4
Boilerprogramm
Die Figur zeigt die bei der SEL gebräuchlichen Boilerprogramme
S = Sonderfall

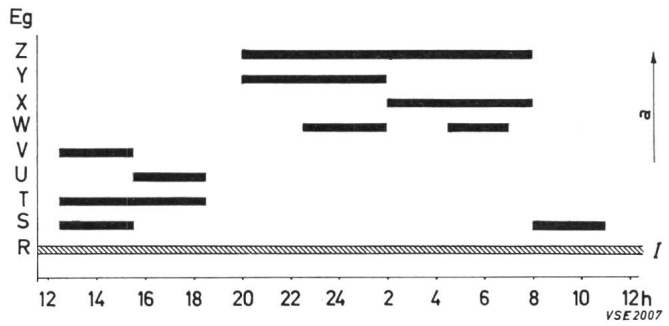

Fig. 5
Grundprogramme und zusätzliche Heizstunden
a = Programmablauf
I = Im Winter abgeschaltet, im Sommer eingeschaltet

grammen mit einer vernünftigen Zahl von Doppelbefehlen bewältigt werden konnte.

Hiezu verwendeten wir folgende Methode. Die Parallelschaltung von zwei Schaltkontakten gibt eine Summierung ihrer Einschaltzeiten, die Serieschaltung dagegen eine Untertrennung der beiden Einschaltzeiten. Nehmen wir zum Beispiel zwei Kontakte, von denen der eine von 6 bis 12 Uhr und der andere von 10 bis 18 Uhr eingeschaltet ist. Durch Parallelschaltung der beiden Kontakte erhält man eine Einschaltung von 6 bis 18 Uhr. Schaltet man die beiden Kontakte jedoch in Serie, so ergibt sich nur eine Einschaltung von 10 bis 12 Uhr.

Bezeichnet man mit n die Zahl der Grundprogramme, so kann man auf die erläuterte Weise insgesamt

$$P = 2^{2n}$$

Programme durch Kombination der Grundprogramme erhalten. Man sieht, dass es also möglich ist, mit einer beschränkten Zahl von Grundprogrammen eine grössere Zahl von Kombinationen zu erhalten. Für die Kombinationen sind verschiedene Lösungen möglich, deren Zahl aber durch verschiedene Zusatzbedingungen eingeschränkt wird.

In unserem Falle sind folgende Begrenzungen wirksam:

6.1 Einfache Empfänger

In einem Empfänger sollen nicht mehr als drei Grundprogramme kombiniert werden.

Man muss eine Lösung suchen, bei welcher der gleiche Empfängertyp möglichst oft verwendet werden kann.

6.2 Vereinfachung des Schaltschemas

Die Kombinationen werden durch Parallelschaltung von Schaltkontakten erhalten. Wir verzichteten auf die Verwendung von Umkehrkontakten, womit auch die Verwendung von komplementären Programmen ausgeschlossen war.

6.3 Verkürzung der Einschaltdauer

Nach unsern Lieferbestimmungen kann bei den Varianten mit 9 bis 12 Stunden Aufheizzeit die zusätzliche Heizzeit nötigenfalls sofort verkürzt werden. Die Verkürzung der Aufheizzeit muss deshalb mit der Netzkommandoanlage ohne Umstellung an den Empfänger verwirklicht werden können.

6.4 Verschiebung der Einschaltzeit

Der Beginn der Aufheizzeit muss ohne Änderung an den Empfänger verschoben werden können.

6.5 Verhinderung von zufälligen Ein- und Ausschaltungen

Bei der Zusammensetzung von 2 aufeinanderfolgenden Perioden ist es möglich, dass zuerst eine Abschaltung und sofort anschliessend eine Einschaltung erfolgt.

Man muss deshalb die Schaltfolge so festlegen, dass der Beginn der zweiten Periode vor dem Ende der ersten Periode kommt.

Die 16 Programme des Tarifs B 4 sind in Figur 4 dargestellt.

Die Programme des Tarifs B5 sind identisch, ausgenommen die Begrenzung auf das Sommerhalbjahr. Hiefür genügt es, einen Kontakt in Serie zu schalten, welcher im Sommer eingeschaltet und im Winter ausgeschaltet wird.

Die Figur 5 zeigt uns die verwendeten Programme und gibt zu folgenden Bemerkungen Anlass:

Die Programme W, X, Y, Z sind die Grundprogramme. Das Programm Z ist die Vereinigung der Programme Y und X. Dies ergibt sich aus der in 6.1 genannten Forderung.

Die Programme S, T, U, V stellen die zusätzlichen Heizstunden dar. Wenn man diese Programme unterdrückt, so können alle Aufheizzeiten auf 6 Stunden beschränkt werden und damit ist die Forderung 6.3 erfüllt.

Das Programm R, dessen Kontakt mit den andern in Serie geschaltet wird, ermöglicht die Unterscheidung zwischen den Tarifen B4 und B5.

Die Forderung 6.5 ist erfüllt durch die Schaltfolge von R nach Z bei jeder Emission der Befehle.

Die Tabelle I zeigt uns, wie beim Programm BA mit 8 Grundprogrammen 16 Kombinationen möglich sind.

Dieses System wird in Lausanne für die Steuerung der Heisswasserspeicher verwendet und arbeitet sehr befriedigend.

Vom theoretischen Standpunkt aus sind auch noch andere Lösungen möglich. Abgesehen von der Forderung 6.5 sind die gegebenen Beschränkungen meist praktischer Art.

Programmgestaltung mit 8 Grundelementen

Tabelle I

Tarif		Einschaltzeiten			Kombination
		Aufheizzeit 6 Stunden			
B 4	a	2000–0200			Y
	b	0200–0800			X
	c	2230–0200	0430–0700		
	d	2000–0800	(Sonderfall)		Z
		Aufheizzeit 9 Stunden			
B 41	a	2000–0200	1230–1530		Y+V
	b	0200–0800	1230–1530		X+V
	c	0200–0800	1530–1830		X+U
	d	2230–0200	0430–0700	1230–1530	W+V
	e	2230–0200	0430–0700	1530–1830	W+U
	f	2000–0800	1230–1830 (Sonderfall)		Z+T
		Aufheizzeit 12 Stunden			
B 42	a	2000–0200	0800–1100	1230–1530	Y+S
	b	2000–0200	1230–1830		Y+T
	c	0200–0800	0800–1100	1230–1530	X+S
	d	0200–0800	1230–1830		X+T
	e	2230–0200	0430–0700	0800–1100 1230–1530	W+S
	f	2230–0200	0430–0700	1230–1830	W+T

7. Der Einfluss der Netzkommandoanlage auf die Belastungskurve

Da wir heute weder über eine genügend lange Betriebserfahrung noch über eine genügend grosse Zahl von mit der Netzkommandoanlage gesteuerten Heisswasserspeichern verfügen, können wir noch keine statistischen Beziehungen über die Wirksamkeit der Netzkommandoanlage auf den Verlauf der Belastungskurve aufstellen.

Immerhin können wir sagen, dass unsere bisherigen Erfahrungen auf den ersten Blick eher enttäuschend waren. In einem bestimmten Netzgebiet hatten wir systematisch Netzkommandoempfänger eingebaut. Die Schaltprogramme für die Empfänger waren genau gleich wie für die bisherigen Schaltuhren. Es traten im Netzteil dann genau um 2.00 Uhr eine Reihe von Abschaltungen wegen Überlast auf, weil um diese Zeit eine neue Boilergruppe zugeschaltet wurde. Eine genauere Untersuchung des Netzteiles zeigte, dass die Aufheizzeiten schlecht verteilt waren. Eine neue Verteilung der Aufheizzeiten brachte sofort Abhilfe. Wir mussten wiederholt derartige Erfahrungen machen, die für uns auf den ersten Blick enttäuschend waren. Am Schluss ergab sich aber mit der neuen Verteilung der Schaltzeiten dann doch eine Verbesserung der Belastungskurve des Netzes.

Ein Vorteil der Netzkommandoanlage ist die Genauigkeit der Schaltzeiten. Wir mussten beim Schaltuhrenbetrieb manchmal Boiler feststellen, welche infolge eines Gangfehlers der zugehörigen Schaltuhr ausgerechnet während der Mittagsspitze eingeschaltet worden sind.

Wir sind der Meinung, dass die Beeinflussung der Belastungskurve mit Hilfe der Netzkommandoanlage mit oder ohne automatische Hilfseinrichtungen eine fragliche Angelegenheit ist und dass deren Bedeutung mit der Grösse des Netzes abnimmt.

Wir haben die Erfahrung gemacht, dass die Engpässe d. h. die Abschaltungen wegen Überlast, im Niederspannungsnetz viel häufiger vorkommen als im Hochspannungsnetz. Die Abschaltungen sind also auf eine bestimmte Netzstelle begrenzt. Ist es in diesem Falle sinnvoll, in einer ganzen Stadt die Verwendung gewisser elektrischer Apparate einzuschränken, nur weil in einer einzigen von insgesamt 400 Transformatorenstationen die Belastung in einem bestimmten Zeitpunkt zu gross wird? Dieses Problem muss offensichtlich nicht mit der Netzkommandoanlage, sondern auf einem andern Wege gelöst werden.

Ein weiterer Punkt ist die Tatsache, dass man in einem grossen Netze gar nicht mehr genau weiss, was im einzelnen vor sich geht. Im Falle des EW Lausanne werden nur die Belastungen im 125-kV-Netz und im 50-kV-Netz dauernd überwacht. Man kann deshalb nicht sagen, dass eine bestimmte Belastungsspitze von dieser oder jener Gruppe von Verbrauchsapparaten verursacht worden ist.

Bleibt noch die Möglichkeit der Lastabschaltung bei Betriebsstörungen. Die Wirksamkeit von derartigen Lastabschaltungen ist in erster Linie abhängig von der Zahl und der Leistung der durch die Netzkommandoanlage abschaltbaren Verbraucher. Eine solche Massnahme kann u. E. nur in Frage kommen, wenn an den Hochspannungsanlagen des Netzes eine schwere Störung auftritt. Man muss aber auch daran denken, dass bei Ausbleiben der 50-Hz-Netzenergie die Netzkommandoanlage auch nicht mehr funktioniert (50-Hz-Betätigung der Empfänger).

Zusammenfassend stellen wir also fest, dass die Bedeutung der Netzkommandoanlage für die Beeinflussung der Belastungskurve mit zunehmender Grösse eines Netzes stark abnimmt.

8. Die Zusammenarbeit von zwei Netzkommandoanlagen

8.1 Die Netzkommandoanlage an der EXPO in Lausanne

Wir möchten nachfolgend kurz über die Erfahrungen mit der Netzkommandoanlage der EXPO in Lausanne berichten.

Schon bei den ersten Vorstudien für die Landesausstellung (EXPO) zeigte sich, dass wegen der grossen Verschiedenheit der verschiedenen Beleuchtungsprogramme und wegen der in vielen Fällen notwendigen gleichzeitigen Ein- und Ausschaltung verschiedener Beleuchtungsanlagen eine Fernsteuerung eingerichtet werden müsse. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen entschloss man sich, für die EXPO das gleiche System anzuwenden wie beim EW der Stadt Lausanne. Die Anlage der EXPO ist in Fig. 6 dargestellt.

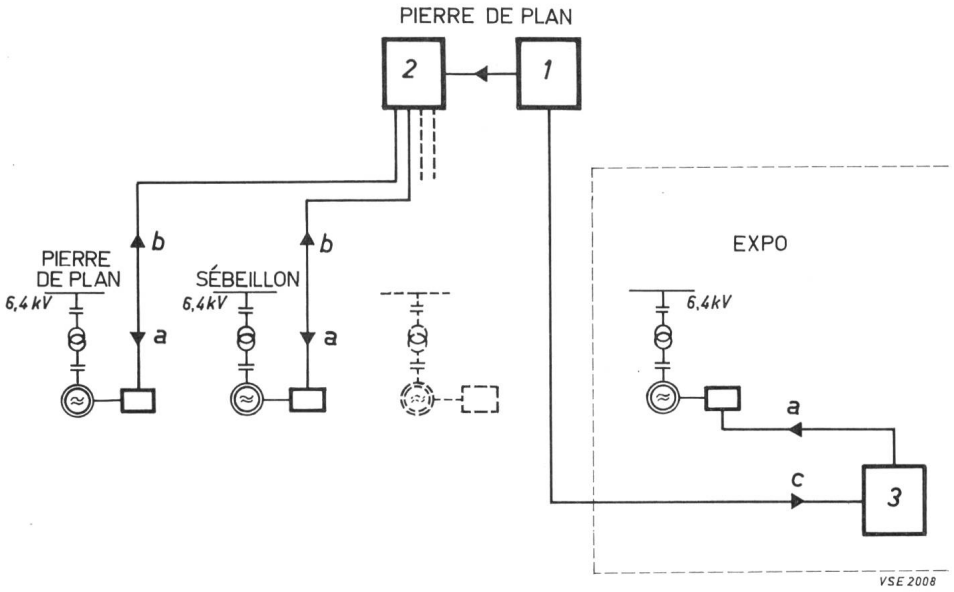

Fig. 6
Gleichzeitiger Betrieb der Rundsteuerungsanlage der EXPO und der SEL (Prinzipschema)

a = Befehl
b = Kontrolle
c = Sperrung

Die Landesausstellung verfügte über einen eigenen Programmgeber und hatte für sich 15 Doppelbefehle, die ihr vom EW Lausanne überlassen worden waren. Eine Sperrvorrichtung verhinderte die gleichzeitige Durchgabe eines Programms der EXPO und eines Programms des EW Lausanne. Dadurch wurde eine gegenseitige Beeinflussung der beiden Anlagen verhindert. Seit Beendigung der EXPO wird die Sendestation «EXPO» wieder von Pierre-de-Plan aus ferngesteuert. Die Anlage hat voll befriedigt.

8.2 Gegenseitige Beeinflussung der Netzkommandoanlagen von Pully und von Lausanne

In der Agglomeration Lausanne gibt es in einigen Gemeinden Elektrizitätsnetze, welche von den betreffenden Gemeinden selbständig betrieben werden. Einige dieser Gemeindenetze haben eine eigene Netzkommandoanlage. So hat das EW der Gemeinde Pully eine Netzkommandoanlage mit einer Frequenz von 600 Hz und mit einpoliger Einspeisung in das 380/220-Volt-Netz.

Diese Anlage ist im Jahre 1957 in Betrieb gekommen und hatte befriedigend gearbeitet, bis das EW Lausanne seine eigene Netzkommandoanlage in Betrieb nahm. Die Arbeitsweise der Empfänger von Pully wurde so falsch, dass wir vorerst den Betrieb unserer eigenen Netzkommandoanlage vorübergehend einstellen mussten.

Bei näherer Prüfung zeigte sich, dass die beiden Netze von Pully und Lausanne so stark zusammenhängen, dass sie technisch inbezug auf die Ausbreitung der Netzkommandos nicht auseinandergehalten werden konnten. Der Sendepegel von Lausanne schwankt zwischen 6 und 13 Volt, bei einer Frequenz von 485 Hz. Die genannten Spannungen liegen innerhalb der Ansprechkurve der 600-Hz-Empfänger von Pully. In enger Zusammenarbeit mit dem technischen Dienst des EW Pully und mit den beiden Lieferfirmen haben wir eine Liste für die möglichen Abhilfen zusammengestellt.

Die Liste sah so aus:

a) Verzicht auf das eine System zugunsten des andern
b) Frequenzwechsel bei einem der beiden Systeme
c) Einbau von Serie-Sperrkreisen in den Einspeisestellen
d) Einbau von Saugkreisen auf der Niederspannungsseite des Netzes von Pully.

Die letztgenannte Lösung kam als einfachste und billigste in Frage.

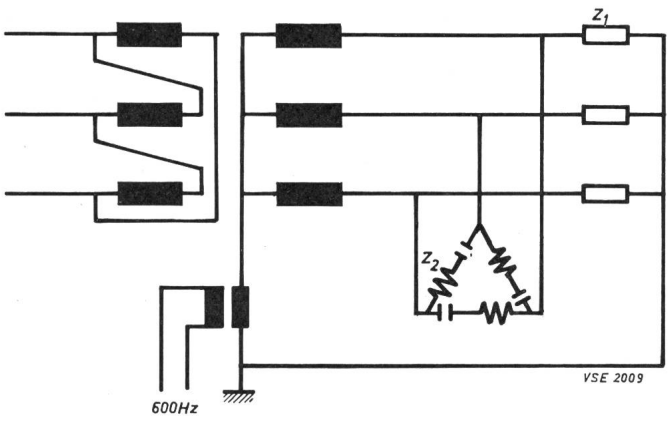

Fig. 7
Saugkreis
Z_1: Netzbelastung Z_2: Saugkreis

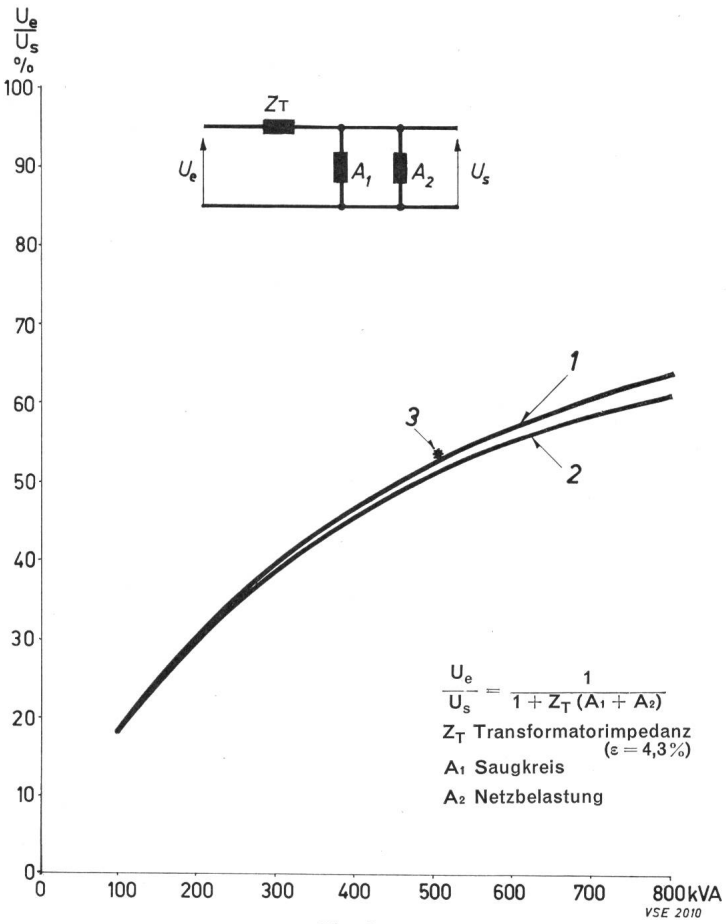

Fig. 8
Wirksamkeit des Saugkreises
1 im Leerlauf 2 bei Vollast cos φ = 0,8 3 Messpunkt

8.3 Funktionsweise und Einbau der Saugkreise

Der Saugkreis vermindert die Impedanz des Niederspannungsnetzes Pully gegenüber den 485-Hz-Störimpulsen des Netzes Lausanne. Der Sperrkreis wird durch drei LC Kreise gebildet, die in Dreieckschaltung auf der Sekundärseite der Verteiltransformatoren von Pully angeschlossen sind (Fig. 7).

Die Kreise sind auf eine nur wenig tiefere Frequenz als die Kommandofrequenz von Lausanne abgestimmt, so dass sie eine induktive Belastung bilden. Infolge der Streuinduktivität der Transformatoren ergibt sich somit ein Spannungsabfall. Diese Sperrkreise haben gar keinen Einfluss auf die 600-Hz-Anlage von Pully, weil diese ihre Befehle als drei einphasige Spannungen von gleicher Phasenlage und von gleicher Amplitude (mindestens theoretisch) abgibt. Der Sperrkreis ist also eine Verbindung zwischen Punkten gleichen Potentials für die Befehle Pully. Für 50-Hz ist der Saugkreis eine kapazitive Last.

Die Figur 8 zeigt, dass der Saugkreis auch noch bei Transformatoren von 600 kVA richtig arbeitet. Die in Pully störenden Spannungen von 485 Hz der Anlage von Lausanne werden um 56 % reduziert.

Der Einbau der Saugkreise bringt natürlich eine zusätzliche Belastung für die Sendestation der Netzkommandoanlage. Bei den heute vorhandenen Verhältnissen wird der Sendestrom um ca. 20 % erhöht.

Die drei Induktivitäten und die drei Kondensatoren des Saugkreises sind in einem Eisengestell eingebaut. Parallel zu den Sicherungen eingebaute Glimmlampen melden ein allfälliges Durchbrennen einer Sicherung.

Im Netze Pully sind seit 2 Jahren 15 derartige Einrichtungen eingebaut worden und sie haben in jeder Beziehung befriedigt.

9. Schlussbetrachtung

Die wenigen Probleme, die wir heute im Zusammenhang mit den Möglichkeiten und Anwendungen einer Netzkommandoanlage besprechen konnten, zeigen bereits, dass es sich nicht nur um rein technische Fragen handelt.

Wir konnten nur einige Fragen erörtern und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Ob man nun für oder gegen eine Netzkommandoanlage eingestellt ist, muss man zugeben, dass sie einen Schritt in Richtung der unaufhaltbaren zunehmenden Automatisierung aller Vorgänge bildet. Das heisst mit andern Worten, dass eine Netzkommandoanlage nicht nur nach rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten beurteilt werden kann.

Anderseits muss aber auch betont werden, dass der Einbau einer Netzkommandoanlage nicht alle Probleme des Betriebsleiters löst. Im Gegenteil. Im Anfang bringt eine Netzkommandoanlage dem Betriebsleiter eine Reihe von neuen Sorgen. Diese Erfahrung haben alle Inhaber solcher Anlagen gemacht. Es ist unbedingt notwendig, dass man die Grenzen der Anwendungsmöglichkeit einer Netzkommandoanlage in Abhängigkeit von der Grösse und vom Aufbau eines Netzes genau untersucht, damit sie ein wertvolles Werkzeug und nicht ein Spielzeug wird. Diese Gefahr ist aber sehr gross.

In unserm Bericht haben wir auf einen systematischen Aufbau verzichtet, um auf einige besonders wichtige Fragen besonders einzugehen, welche sich bei einer Netzkommandoanlage in einem städtischen Netz stellen.

Adresse des Autors:
Michel Fromentin, Techniker, c. o. EW Lausanne, route de Genève 32, 1000 Lausanne.

Übersetzung ins Deutsche: *P. Troller,* Dipl. Ing., 4000 Basel.

Der Gaszwang auf dem Prüfstand des Juristen

(Hinweis auf ein aktuelles Rechtsgutachten)

von *F. Wanner,* Zürich

Im nachstehenden Aufsatz von Herrn *Dr. Wanner* werden die wichtigsten Ergebnisse eines Rechtsgutachtens über den «Gaszwang» wiedergegeben und kommentiert.

DK 351.824.11:342.7

Der von der Stadt Bern im Sommer 1965 im Zusammenhang mit dem Beitritt zur Mittelland-Gasverbund AG eingeführte Gaszwang wirft verschiedene Rechtsfragen auf. Als Kuriosum mag dabei erwähnt werden, dass der Beitritt zum Gasverbund durch eine Volksabstimmung im Dezember 1963 sanktioniert wurde, während die Einführung des Gaszwanges auf dem Verordnungsweg, also ohne Befragung des Gemeindeparlamentes oder des Souverains, mit Wirkung ab 1. September 1965 erfolgte. Es ist verdienstlich, dass der Verband Schweiz. Elektrizitätswerke (VSE) die mit dem Gaszwang aufgeworfenen Fragen durch ein Rechtsgutachten untersuchen liess, weil ja nicht ausgeschlossen ist, dass die mit dem Gasverbund angestrebte Gasexpansion und besonders die in den Verträgen übernommenen Abnahmeverpflichtungen in andern Städten und Gemeinden zu ähnlichen «absatzfördernden» Massnahmen wie in Bern führen können. Das Gutachten des VSE wurde von Dr. jur. Erich Zimmerlin, alt Stadtammann von Aarau, einem bekannten schweizerischen Verwaltungsfachmann und Kenner des Verwaltungsrechtes, erstattet. Es trägt den Titel «Rechtsgutachten über den Gasbenutzungszwang». Wenn auch die Untersuchung von den in der Stadt Bern geschaffenen Verhältnissen ausgeht, so erhellt doch ihre gesamtschweizerische Bedeutung.

Die vom Gemeinderat der Stadt Bern erlassene «Verordnung über die Sicherstellung einer wirtschaftlichen Gasversorgung» will gestützt auf die Gemeindeordnung vom 30. Juni 1963 die Rechtsgrundlage schaffen für eine Einschränkung der Lieferung von elektrischer Energie als Wärmeträger zu Gunsten des Gaswerkes. Diese wirtschaftliche Zielsetzung ist in Artikel 1, Absatz 1 der Verordnung über den Gaszwang wie folgt umschrieben: «Zur Sicherstellung einer im Gesamtinteresse liegenden wirtschaftlichen Gasversorgung kann die Stadt Bern die Lieferung elektrischer Energie als Wärmeträger für die Zwecke des Kochens, Waschens und der Warmwasserbereitung im Rahmen der nachfolgenden Richtlinien ablehnen und statt dessen Gas zu den reglementarischen Bedingungen zur Verfügung stellen.» In Abs. 2 von Art. 1 wird eine Ausnahme gemacht für Haushaltapparate bis höchstens 3,8 kW Anschlusswert, die über Steckkontakte an das elektrische Verteilnetz angeschlossen werden, und für Kleinboiler bis zu 50 Litern. Art. 2 enthält sodann nähere «Richtlinien», die für die Abgrenzung der Elektrizitäts- und der Gasversorgung massgebend sein sollen. Laut Ziffer 1 dieser «Richtlinien» wird keine elektrische Energie für die Zwecke des Kochens, Waschens oder der Warmwasserbereitung abgegeben, wenn Liegenschaften zu diesen Zwecken mit Gas versorgt sind. Gemäss Ziff. 2 ist bei Neuüberbauungen «in angemessener Weise Gas als Wärmeträger einzusetzen, dies immer unter der Bedingung, dass die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit für das Gaswerk gewahrt sind». Ziffer 3 schreibt vor, dass in Wohnbauten, «für welche die Stadt den Boden zur Verfügung stellt oder eine Finanzhilfe gewährt», als Wärmeträger grundsätzlich Gas geliefert wird. In Ziffer 4 der «Richtlinien» findet sich schliesslich eine Bestimmung über die Versorgung industrieller und gewerblicher Unternehmen, die sich nach den Bedürfnissen zu richten hat. «Wo der