

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

2522

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297325

Maßnahme der Wirtschaftlichkeit  
Handlicher Elektrizitäts-Versorgung.

x x x

1201



**Steigerung der Wirtschaftlichkeit  
ländlicher Elektrizitäts-Versorgung.**



# Steigerung der Wirtschaftlichkeit ländlicher Elektrizitäts-Versorgung.

## Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

von

Diplom-Ingenieur **Walter Reisser**  
aus **Stuttgart**

Von der Kgl. Technischen Hochschule zu Charlottenburg  
genehmigt am 3. Juli 1913.

Referent: Professor Dr.-Ing. W. Reichel.

Korreferent: Professor Dr.-Ing. M. Kloss.



*B3e5 17*

**Stuttgart**

Druck von Greiner & Pfeiffer

1913.

xxx

1201

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 2522



Akc. Nr. 1522/49

## Inhalts-Verzeichnis.

### I. Teil: Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch rationelle Ausnutzung der vorhandenen elektrotechnischen Errungenschaften.

	Seite
I. Kapitel . . . . .	1
A. Einleitung; Arbeitermangel auf dem Lande . . . . .	1
B. Einführung von Maschinen; die Elektrizität als Energiequelle; Konkurrenz des Gases . . . . .	2
C. Allgemeine Anwendungen der Elektrizität . . . . .	4
1. Beleuchtung . . . . .	4
2. Motorbetrieb . . . . .	4
3. Elektrizität zu Wärmezwecken (Heizen und Kochen) . . . . .	5
Zusammenfassung des I. Kapitels . . . . .	6
II. Kapitel. Konsumtive Wirtschaftsfaktoren. Anwendung der Elektrizität auf dem Lande . . . . .	7
A. Beleuchtung; Kosten derselben . . . . .	7
B. Kraftbetrieb in der Landwirtschaft . . . . .	7
Transportable Motoren, Dreschen und Pflügen . . . . .	9
C. Elektrischer Betrieb in Landindustrie und Kleingewerbe; ländliche Handwerkergergenossenschaften . . . . .	11
Zusammenfassung des II. Kapitels . . . . .	13
III. Kapitel. Produktive Wirtschaftsfaktoren. Die Strombeschaffung und Stromverteilung . . . . .	14
A. Über Zentralen im allgemeinen . . . . .	14
B. Die Lebensbedingungen der Elektrizitätswerke und die sie beeinflussenden Faktoren . . . . .	15
1. Beurteilung der Elektrizitätswerke an Hand von Statistiken . . . . .	15
2. Die Kostenfrage der Elektrizitätswerke . . . . .	16
a. Veränderliche Kosten . . . . .	16
Anwendung der verschiedenen Antriebsarten . . . . .	16
b. Feste Kosten . . . . .	18
Das Anlagekapital . . . . .	19
Abschreibungen der Elektrizitätswerke . . . . .	20
Die Betriebskosten . . . . .	20
Die Selbstkosten . . . . .	21
Einnahmen der Elektrizitätswerke aus Stromverkauf und Installationsgewinn . . . . .	22
Die Bruttorentabilität . . . . .	22
3. Ausnutzung der Zentralanlagen . . . . .	23
Benutzungsdauer . . . . .	23
Anwendung der Wärmespeicher . . . . .	24
4. Die Verluste . . . . .	25
5. Zur Tarifffrage der Elektrizitätswerke . . . . .	26
a. Der Pauschaltarif . . . . .	28
b. Zählertarife . . . . .	32
c. Sondertarife für Spezialzwecke . . . . .	33
d. Amortisationstarife . . . . .	35
Zusammenfassung des III. Kapitels . . . . .	36

	Seite
IV. Kapitel. Organisatorische Wirtschaftsfaktoren. In welcher Form sollen die Elektrizitätswerke für ländliche Bezirke finanziert und betrieben werden? . . . . .	37
Kleinkraftwerke oder Großzentralen? . . . . .	38
Private oder behördliche Unternehmungen? . . . . .	39
Die Gesellschaftsformen . . . . .	40
Eigene Zentrale oder Anschluß an fremdes Werk? . . . . .	40
Unparteiische Beratungsstellen . . . . .	41
Zusammenfassung des IV. Kapitels . . . . .	41
<b>II. Teil: Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Verbesserung der elektrotechnischen Einrichtungen.</b>	
I. Kapitel. Wahl der Zentralengröße, Stromart und Spannung . . .	43
II. Kapitel. Maßnahmen zur Erweiterung des Versorgungsgebiets einer Kleinzentrale . . . . .	46
III. Kapitel. Freileitungsberechnung . . . . .	48
A. Unter Zugrundelegung des zulässigen Spannungsabfalls . . . . .	49
Einfluß von Selbstinduktion, Kapazität und Korona . . . . .	49
B. Unter Zugrundelegung des höchstzulässigen Effektverlustes . . . .	54
IV. Kapitel. Die Transformatorenverluste und Maßnahmen zur Verminderung derselben . . . . .	55
A. Wahl der Transformatorengröße . . . . .	56
B. Transformatoren mit hochlegierten Blechen . . . . .	56
C. Anwendung von Schaltvorrichtungen . . . . .	58
1. Anwendung von Transformatoren mit Umschaltung geteilter Wicklungen . . . . .	59
2. Automatische Zu- und Abschaltung von Transformatoren . . . .	62
a. Bei Transformierung auf Gebrauchsspannung (bis 500 Volt) . .	63
b. Transformierung in eine Zwischenspannung . . . . .	64
Zusammenfassung des II. Teils . . . . .	67
Schlußbetrachtungen . . . . .	68
Literaturnachweise . . . . .	71
Verzeichnis der Anlagen und Tabellen . . . . .	VII
Anlagen.	
Tabellen.	

## Verzeichnis der Anlagen und Tabellen.

### Anlagen.

	Seite
1. Installations- und Betriebskosten für elektrische Beleuchtung . . . . .	73
2. Leistung, Kraftbedarf und Stromkosten des elektrischen Pflügens . . .	74
3. Anschaffungskosten der Elektromotoren für landwirtschaftliche Betriebe	75
4. Erläuterung der Tabelle 4 . . . . .	76
5. Betriebsergebnisse einer kleinen Stadtzentrale mit Fernversorgung . .	79
6. Beispiel einer Beisteuer-(Amortisationstarif-)Anlage . . . . .	85
7. Ungefähre Anlagekosten einer Kleinzentrale . . . . .	87
8. Beispiel für die Rentabilität einer kleinen Zentrale mit Fernversorgung	89
9. Berechnung der Spannungserhöhung einer Leitung durch Kapazität . .	92
10. Automatische Zu- und Abschaltung von Transformatoren bei Wandlung direkt in Gebrauchsspannung . . . . .	93
11. Automatische Zu- und Abschaltung bei Transformierung von Hoch- spannung in eine Zwischenspannung . . . . .	94

### Tabellen.

1. Angaben über Kraftbedarf, Bedienungspersonal der gebräuchlichsten land- wirtschaftlichen Maschinen . . . . .	96
2. Kraftbedarf, Leistung, Stromverbrauch und Stromkosten der gebräuch- lichsten landwirtschaftlichen Maschinen . . . . .	100
3. Der Elektromotor in Landindustrie und ländlichem Kleingewerbe . . .	101
4. Betriebsstatistik einiger Elektrizitätswerke . . . . .	—
5. Prozentsätze für Reparaturen, Instandhaltung und Erneuerung . . . .	102
6. Rentabilitätsberechnung für Transformatoren mit gewöhnlichen und le- gierten Blechen . . . . .	—
7. Verluste in Transformatoren mit Umschaltung geteilter Wicklungen . .	103
8. Rentabilitätsberechnung für Transformatoren mit Umschaltung geteilter Wicklungen . . . . .	—

---



## I. Teil.

# Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch rationelle Ausnutzung der vorhandenen elektrotechnischen Errungenschaften.

### 1. Kapitel.

#### A. Einleitung.

Unsere fortschreitende Kultur bringt eine stetig steigende Wertschätzung der Arbeit des Menschen mit sich; diese verteuert sich also mehr und mehr, und es muß deshalb alles darangesetzt werden, die Menschenkraft als mechanische so gut wie möglich entbehrlich zu machen. Dies geschieht durch Maschinen, bei denen der Mensch nichts weiter zu tun hat, als deren Tätigkeit auszulösen; es tritt also die physische Kraftentfaltung immer mehr gegen die geistige Betätigung zurück.

Erst die Anwendung der Maschinen ermöglicht die heutige Intensität von Gewerbe, Handel und Industrie, infolge deren an günstig gelegenen Orten Zentralpunkte in Gestalt von Städten sich gebildet haben, wo die Intelligenzen einen ausgedehnten Wirkungskreis fanden und sich an diesen Stellen günstigster Existenzbedingungen zusammendrängten.

Durch diese Konzentrationsbewegung nach den Städten werden jedoch den ländlichen Bezirken viele einheimische Arbeitskräfte entzogen, was sich um so mehr bemerkbar macht, als durch die große Bevölkerungszunahme in Deutschland (56 % seit 1871) die Nachfrage nach Nahrungsmitteln naturgemäß ganz erheblich gewachsen ist.

Die Größe der dadurch entstandenen Leutenot geht deutlich aus dem im preußischen Landesökonomiekollegium am 11. Februar 1911 mit vollem Ernst gemachten Vorschlag hervor, chinesische Kulis einzuführen, falls die Hilfsquellen aus Italien, Galizien, Rußland usw. nicht mehr ausreichen sollten. Die Tatsache, daß die Arbeiterschaft die Lust an der einfachen ländlichen Arbeit mit ihrem Zwange verloren hat und sie auch schwerlich wiedergewinnen wird, erklärt sich dadurch, daß die Bewertung und dementsprechend die Bezahlung der

industriellen Arbeit eine ungleich höhere ist, als die der ländlichen, ferner ist die tägliche Arbeitszeit in den industriellen Betrieben im allgemeinen kürzer, auch sind die körperlichen Anstrengungen bei größerer Bewegungsfreiheit geringer als bei der Landarbeit.

Es liegt im nationalen wie landwirtschaftlichen Interesse, sich von den ausländischen Arbeitern frei zu machen; wenn andererseits einheimische Kräfte nicht zur Verfügung stehen, wird man bestrebt sein müssen, so viel Menschenarbeit wie möglich durch die Maschine zu ersetzen.

## B. Einführung von Maschinen.

Es handelte sich zunächst aber nur um die Herstellung von kraftsparenden ländlichen Arbeitsmaschinen, welche jedoch des teuren menschlichen oder tierischen Antriebs bedurften. Ein maschineller Antrieb war seither in Ermangelung wirtschaftlich arbeitender Kleinmotoren erschwert. Die Petroleum-, Benzin- und Spiritusmotoren konnten nicht endgültig Wandel schaffen; sie bedeuteten jedoch eine Besserung gegen früher und haben vielfach Verwendung gefunden. Ihrer allgemeinen Einführung stehen die bedeutenden Anschaffungskosten, der Raumbedarf, die Feuergefährlichkeit und die Notwendigkeit einer sorgfältigen Bedienung hindernd im Wege.

Die Vorteile der durch die Maschinen ermöglichten intensiveren Betriebsformen machen sich erst bei Vorhandensein einer billigen Antriebskraft voll geltend. Diese Erkenntnis hat bei den industriellen Produktionszweigen zur Zusammenziehung in Industriezentren geführt. Die an die Scholle gebundene Landwirtschaft kann naturgemäß diesen Konzentrationsprozeß nicht mitmachen und muß ihr in anderer Weise eine billige, universelle Kraft geboten werden.

### Die Elektrizität als Energiequelle.

Hier ist die Elektrizität berufen, helfend einzugreifen. Außer den Landwirten sind es besonders die Gewerbetreibenden und Handwerker auf dem Lande, die unter dem Mangel billiger Kräfte leiden, da sie außer stande sind, bei teurer Betriebskraft auch nur annähernd die Konkurrenz der Fabriken mit ihren Dampfmaschinen auszuhalten.

Daß die Bedeutung der Elektrizität auch an maßgebender Stelle erkannt wird, geht aus den Worten des Herrn Landrats **Strahl** (Kempen) gelegentlich der außerordentlichen Hauptversammlung der Landwirtschaftskammer für die Rheinprovinz am 7. April 1909 (siehe L.-N. 4) hervor, wo dieser die Notwendigkeit darlegt, die jetzt zahlreich in die Industrie abwandernden Familien auf dem Lande festzuhalten, und billige Elektrizität als ein Mittel zu diesem Zweck betrachtet.

Ferner äußert sich Herr Ökonomierat Dr. R a b e (Halle) auf der XXXVII. Plenarversammlung des Deutschen Landwirtschaftsrats 1909 über diesen Punkt (L.-N. 5) und betont besonders, daß vor allem der mittlere Bauernstand Schwierigkeiten bei der Einstellung von Hilfskräften hat.

Der kapitalkräftige Großbetrieb wird naturgemäß am ehesten für die Einführung von Neuerungen zu haben sein, weshalb sich das Interesse der elektrotechnischen Großfirmen hauptsächlich diesen zuwendet. Vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus jedoch haben gerade die mittleren und kleineren Betriebe eine Unterstützung am nötigsten, insbesondere der kleine Bauer, der für die verschiedenen Arbeiten nur eigene Leute benützt, da der geringe Ertrag seines Bodens die Haltung von Dienstpersonal nicht gestattet, muß mittelst Elektrizität imstande sein, sich die Arbeiten in Stall und Hof wesentlich zu erleichtern.

Es muß daher besonders diesen eine billige Strombezugsmöglichkeit geboten werden, dann ist die Elektrizität infolge ihrer Vielseitigkeit berufen, die Gegensätze zwischen Stadt und Land zu mildern, somit sozusagen ländliche Verhältnisse an die städtischen anzunähern.

### Konkurrenz des Gases.

Als Konkurrent tritt der Elektrizität nur in gewissem Sinne das Gas entgegen, jedoch wird sich infolge der fortschreitenden Verbesserung der elektrischen Apparate im Verein mit einer modernen und großzügigen Preispolitik der Elektrizitätswerke das Bild mehr und mehr zu Ungunsten der Gaswerke verschieben; in dieser Hinsicht bemerkenswert sind die Ergebnisse der von F. R o ß (E. T. Z. 1911, S. 407 u. f.) auf die Gasanstalten und Elektrizitätswerke von großen Städten mit über 100 000 Einwohnern ausgedehnten statistischen Betrachtungen. Daß der Konkurrenzkampf zwischen Gas und Elektrizität seitens der Gaspartei oft mit nicht ganz einwandfreien Mitteln geführt wird, ist bekannt; besonders in bezug auf die Feuergefährlichkeit der beiden Energieträger ließen sich hierfür Beispiele anführen.

Soll eine Stadt oder größere Gemeinde, sowie deren Umgegend mit Energie versorgt werden, so bedeutet die Erbauung eines gemeinsamen Gas- und Elektrizitätswerks eine ideale Lösung, da sich in diesem Falle ein sehr rationelles Zusammenarbeiten erzielen läßt. In derartigen Anlagen wird die Elektrizität mittelst Gasmotoren erzeugt, so daß das Gaswerk am Elektrizitätswerk einen ständigen Abnehmer hat. Die Gasmotorenanlage kann derart eingerichtet werden, daß sie entweder mit Kokssauggas oder mit Leuchtgas arbeiten kann, was besonders dann von Wert ist, wenn der bei der Gasfabrikation gewonnene Koks in der betreffenden Gegend schwer abzusetzen ist.

Ist eine solche kombinierte Anlage nicht durchzuführen, und ist man vor die Entscheidung gestellt, ob ein Gaswerk oder ein Elektrizitätswerk erbaut werden soll, so dürfte im allgemeinen dem letzteren wegen seiner größeren Vielseitigkeit der Vorzug zu geben sein.

Bevor wir zur Besprechung der direkt in Zahlen auszudrückenden Wirtschaftsfaktoren übergehen, seien die Imponderabilien kurz besprochen, die den elektrischen Betrieb vor jedem anderen auszeichnen, und daher sozusagen als indirekte konsumtive Wirtschaftsfaktoren anzusehen sind.

## C. Allgemeine Anwendung der Elektrizität.

### Beleuchtung.

Der elektrischen Beleuchtung wird von gegnerischer Seite der Vorwurf gemacht, daß sie viel teurer sei als jede andere Beleuchtungsart. Aber abgesehen davon, daß dies infolge der Verbesserung und Verbilligung der Metallfadenlampen bei gerechter Beurteilung nicht zutrifft, sprechen für sie eine ganze Reihe von Vorzügen, wie beispielsweise größte Bequemlichkeit der Handhabung, geringe Wärmeentwicklung etc. Besonders auch in hygienischer Hinsicht ist das elektrische Licht vorzuziehen (siehe hierüber auch Schlesinger E. T. Z. 1911, S. 944).

### Motorbetrieb.

Da sich viel kleinere, wirtschaftlich arbeitende Elektromotoren bauen lassen, als dies bei anderen Motoren der Fall ist, ist es ermöglicht, Transmissionen zu vermeiden, und Einzel- oder Gruppenantrieb einzuführen, wodurch der hohe Kraftbedarf der Transmission mit ihren Lagern, Riemen und bisweilen auch Zahnrädern und den damit verbundenen Gefahren und Störungen vermieden wird.

Bei gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben mit intermittierendem Kraftbedarf wird der Elektromotor infolge seiner einfachen Inbetriebsetzung nicht unnötig im Gange sein, im Gegensatz zu Gas- und Benzinmotoren, bei denen gewöhnlich die Mühe des Anlassens gescheut wird, so daß bei diesen mit nicht unbedeutendem Leerlauf gerechnet werden muß.

Den letzteren gegenüber besitzt der Elektromotor noch die Vorteile minimaler Bedienungskosten, großer Einfachheit, geringen Platzbedarfs, längerer Lebensdauer und geringerer Abschreibungskosten infolge seines niederen Anschaffungspreises.

Seine Anpassungsfähigkeit an den jeweiligen Kraftbedarf macht ihn ferner zur wirtschaftlichsten Kraftquelle, was bei vergleichenden Kostenaufstellungen zu berücksichtigen ist. Der Gewerbetreibende auf dem Lande hat nur selten Gelegenheit, seine Motoranlage dauernd

voll zu belasten, da er sie aber für die Maximallast ausreichend bemessen muß, lassen sich große Ersparnisse erzielen, da der Energieverbrauch des Elektromotors in weiten Grenzen ziemlich genau proportional der abgegebenen Leistung ist, während Wärmemotoren bei geringerer Last und Vollast beinahe gleichviel Brennstoff brauchen und auch bei Leerlauf hohe Verbrauchszahlen aufweisen; der moderne Elektromotor hingegen besitzt einen nur geringen Leerlaufstrom und Wirkungsgrade bis 90 % und darüber.

In Fällen, wo ein größerer Elektromotor bei lang andauernder, gleichmäßiger Belastung in wirtschaftlicher Hinsicht mit einer Explosionsmaschine nicht mehr zu konkurrieren imstande wäre, wird das Elektrizitätswerk, das ein Interesse daran hat, derartige Konsumenten zu gewinnen, stets besondere Vergünstigungen durch Sondertarife etc., insbesondere außerhalb der Zeit des Lichtkonsums, einräumen; bei einem Strompreis von 12—14 Pfennig pro KWstd. kann der Elektromotor mit jedem Wärmemotor konkurrieren.

### **Elektrizität zu Wärmezwecken (Heizen und Kochen).**

Der Wirkungsgrad der modernen Heiz- und Kochapparate beträgt bis über 95 % und läßt sich kaum noch verbessern; es ist daher nur möglich, mit den bisher gebräuchlichen Methoden ernstlich in Konkurrenz zu treten, wenn man nicht mit den üblichen Kraft- oder Lichttarifen zu rechnen hat. Da der Bedarf zu Kochzwecken in der Hauptsache gerade in die Zeit fällt, wo der übrige Konsum zurücktritt, und somit jede Stromabgabe zur besseren Ausnutzung der Anlagen beiträgt, ohne die Betriebskosten wesentlich zu erhöhen, so liegt es im Interesse des Elektrizitätswerks, durch zweckentsprechende Tarifbildung eine Wendung zum Besseren herbeizuführen. Der Strompreis zu diesen Zwecken sollte nicht höher als auf 6 bis 8 Pfennig für die KWstd. außerhalb der Beleuchtungszeit festgesetzt werden, da nur bei billigem Strompreis eine weitergehende Anwendung der Elektrizität zu Koch- und Heizzwecken wirtschaftlich durchführbar ist.

Die unerreichte Bequemlichkeit, Feuersicherheit, Freiheit von jeder Rauch- und Rußbildung, sowie die Unabhängigkeit von Kaminen sind Eigenschaften, die das elektrische Heizen und Kochen vor jeder andern Art auszeichnen. Besonders da, wo nur wenig Wärme kurze Zeit benötigt wird, ist der elektrische Kochapparat anzuwenden; auch in ländlichen Gegenden, wenn ein Anheizen des im allgemeinen ziemlich großen Herds sich nicht lohnen würde.

Zum Zwecke elektrischer Warmwasserversorgung und Raumheizung schlägt Ingenieur Rittershausen Wärmespeicher vor, bei denen Wasser in einem wärmeisolierten Behälter bis annähernd auf Siedetemperatur erhitzt und auf diese Weise Wärme aufgespeichert wird,

die dem Konsumenten jederzeit zur Verfügung steht. Für die Raumheizung tritt der elektrische Wärmespeicher an Stelle der mit Gas oder Kohlen geheizten Zentralheizungskessel, da es aus Wirtschaftlichkeitsgründen nicht möglich ist, den mit Gas oder Kohlen geheizten Zimmerofen ohne weiteres durch einen elektrischen Ofen zu ersetzen. Es kann dem Konsumenten gleichgültig sein, wann das Aufladen seines Wärmespeichers erfolgt; das Elektrizitätswerk ist daher in der Lage, den Strom in Zeiten schlechter Belastung zum Aufladen dieser Apparate zu verwenden, und infolge der somit erzielten guten Ausnutzung seiner Anlagen den Strom zu sehr billigen Preisen zu liefern. Erfahrungen über die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen liegen der Neuheit der Sache wegen noch nicht vor; des großen Interesses für die Ausnutzung der Anlagen eines Elektrizitätswerks halber wird in dem diesbezüglichen Kapitel noch einmal darauf zurückgegriffen werden.

Hingewiesen sei ferner noch auf das elektrische Bügeln, das von vielen Überlandzentralen durch Spezialtarife besonders unterstützt wird; ein Beispiel eines solchen ist unten wiedergegeben. Des weiteren seien erwähnt elektrisch beheizte Leimkocher, Lötkolben etc.

Diese Anwendungen sind jedoch von untergeordneter Bedeutung gegenüber elektrischem Licht und elektrischer Kraft, auf deren weitergehende Verwendung in ländlichen Verhältnissen im nächsten Kapitel noch näher einzugehen sein wird; es werden dort die Erfolge betrachtet, die der elektrische Betrieb auf dem Lande seither zu verzeichnen gehabt hat, sowie die Vorzüge, Mittel und Wege beleuchtet, denen er seine Einführung verdankt.

### **Zusammenfassung des ersten Kapitels.**

Der große Aufschwung von Handel und Industrie hat eine immer mehr fortschreitende Entvölkerung des platten Landes gezeitigt, was sich in immer größer werdendem Arbeitermangel äußert. Da jede Abhängigkeit vom Ausland, sei es durch Einfuhr von Lebensmitteln oder durch Einstellung ausländischer Arbeiter, eine Gefahr bedeutet, sucht man durch Anwendung von Arbeitsmaschinen intensivere Betriebsformen einzuführen, die Ersparnisse an menschlichen Arbeitskräften erzielen lassen. Ein rationeller Betrieb dieser Maschinen erheischt eine möglichst universelle mechanische Kraft, die in der Elektrizität erblickt wird. Auch auf die indirekten konsumtiven Wirtschaftsfaktoren bei den verschiedenartigen Anwendungen der Elektrizität wurde kurz hingewiesen.

---

## 2. Kapitel.

# Konsumtive Wirtschaftsfaktoren. Anwendung der Elektrizität auf dem Lande.

### A. Beleuchtung.

Die im ersten Kapitel angeführten allgemeinen Vorteile der elektrischen Beleuchtung gelten naturgemäß auch in ländlichen Verhältnissen; besonders für letztere wertvoll ist die Möglichkeit, infolge der besseren Beleuchtung den Betrieb, Scheunen etc. ohne Furcht vor Feuersgefahr auch in Zeiten der Dunkelheit benützen zu können. Die Ableuchtung dunkler Ecken und Winkel geschieht mittelst Handlampe in vollkommener Weise. Im Vergleich zur früheren Petroleumbeleuchtung kann man mit viel geringeren Bedienungs- bzw. Reinigungskosten rechnen, da außer Staubreinigung keine Wartung nötig ist.

Seit Einführung der haltbaren Metall *d r a h t* lampen lassen sich die Vorteile des geringen Stromverbrauchs auch hier ausnützen, besonders da diese dauernd im Preise sinken.

### Kosten der elektrischen Beleuchtung.

Die für die elektrische Beleuchtung aufzuwerfenden Kosten setzen sich zusammen aus den einmaligen Kosten für Installation und Beleuchtungskörper etc. sowie den laufenden Unkosten für den elektrischen Strom, worüber im Anhang (Anlage 1) Zahlen gegeben sind. Die Abschreibungskosten sind außer Betracht gelassen worden, da diese infolge der an die elektrische Beleuchtung gestellten höheren Ansprüche nicht mit den entsprechenden Ausgaben bei Petroleumbeleuchtung in Parallele gesetzt werden können.

Die Ökonomie der Metallfadenlampe kann wohl nicht mehr wesentlich verbessert werden; es lassen sich jedoch weitergehende Ersparnisse durch rationelle Anordnung der Brennstellen erzielen; in dieser Hinsicht ist die elektrische Beleuchtung jeder anderen weit überlegen.

### B. Kraftbetrieb in der Landwirtschaft.

Es liegt in der Natur der ländlichen Verhältnisse, daß dem Kraftbetrieb in der Landwirtschaft eine ungleich höhere Bedeutung zukommt wie der Beleuchtung. Da bereits vor Anwendung der Elektrizität

ländliche Arbeitsmaschinen vorhanden waren, seien zunächst diese der Betrachtung unterzogen.

Wo die Tätigkeit derselben einsetzen kann und muß, geht aus der folgenden, von Prof. Backhaus für das Jahr 1903 aufgestellten Tabelle hervor, nach der sich die 7,5 Mill. Mark betragenden Unkosten der Landwirtschaft im Königreich Preußen prozentual wie folgt zusammensetzten (zitiert bei L.-N. 3):

1. Grundrenten . . . . .	12	Proz.
2. Abgaben und Lasten . . . . .	2,7	„
3. Unterhaltung, Verzinsung und Amortisation des landwirtschaftlichen Inventars . . .	8,7	„
4. Landwirtschaftliche Hilfsstoffe (Saatfrucht, Kunstdünger, Kraftfutter) . . . . .	13,1	„
5. Gespannkosten . . . . .	14,4	„
6. Arbeitslöhne . . . . .	49,1	„
	Insgesamt 100	Proz.

Diese Tabelle zeigt, daß die Gespannkosten und Arbeitslöhne den Löwenanteil der ganzen Unkosten ausmachen (sie betragen zusammen 63,5 %). Die Forderung möglichst billigen Betriebs erheischt das Herunterdrücken dieser Posten durch Heranziehen sämtlicher verfügbaren technischen Hilfsmittel. Letztere sind in erster Linie die landwirtschaftlichen Maschinen; das Bestreben, sie möglichst wirtschaftlich zu betreiben, führte zur Verwendung elektrischer Energie in landwirtschaftlichen Betrieben.

Um an Zahlen den schon längst durch die Praxis erwiesenen Vorteil maschinellen Betriebs im allgemeinen zu zeigen, seien im Anhang in Tabellen von Prof. Dr. G. Fischer (Menzel und v. Lengerkes Landwirtschaftlicher Kalender 1910, Verlag Paul Parey, Berlin) einige Angaben über die gebräuchlichen landwirtschaftlichen Maschinen, deren Antrieb, Kraftbedarf, Leistung, Bedienungspersonal etc. gegeben (siehe Anhang, Tab. 1).

Daß der elektrische Antrieb bei allen landwirtschaftlichen Maschinen, an denen er sich anbringen läßt, wirtschaftlich ist, darf wohl angenommen werden, läßt sich aber mangels mehrjähriger Erfahrungen nicht einwandfrei feststellen, auch kommt die Mehrzahl der angeführten Maschinen nur für Großbetriebe in Frage. Bei der weitaus größten Zahl mittlerer und kleiner Wirtschaften kommt außer der Häckselmaschine, dem Heuaufzug und der Schrotmühle nur noch die Dreschmaschine in Betracht.

Zunächst seien noch einige Eigenschaften des Elektromotors erwähnt, welche denselben gerade in der Landwirtschaft vor allen andern Antriebsarten auszeichnen (indirekte konsumtive Wirtschaftsfaktoren).

### Transportable Motoren.

Das geringe Gewicht des Elektromotors gestattet, ihn transportabel auszuführen, so daß ein und derselbe Motor für die verschiedensten Arbeiten Verwendung finden kann. Man wird also nur da, wo es sich um regelmäßige und dauernde Arbeit handelt, also beispielsweise in der Molkerei und event. zum Betrieb der Häckselmaschine und Schrotmühle fest montierte Motoren anwenden; für unregelmäßige, sich nur in Zwischenräumen wiederholende Arbeiten sind transportable, je nach Größe fahr- oder tragbare, vorzuziehen. Diese können auf Tragen oder Schleifen montiert werden, jene werden in Wagen eingebaut, deren Kasten sie vor den Einflüssen der Witterung schützt.

Ein transportabler Motor von 2 Pferdestärken beispielsweise kann folgende Leistungen verrichten: Er kann Wasser und Jauche pumpen, die verschiedenen Putzmühlen, Häcksel- und Rübenschneidemaschinen, Holzsägen sowie Getreidereinigungsmaschinen etc. antreiben.

Die Möglichkeit der transportablen Ausführung stellt ein wesentliches wirtschaftliches Moment dar, indem die einzelnen Motoren besser ausgenutzt sind und zuweilen mehrere Motoren und somit deren Abschreibungskosten erspart werden können.

### Elektrisches Dreschen.

Eine Hauptaufgabe in der Landwirtschaft erfüllt der Elektromotor im Antrieb der Dreschmaschine. Je nach Größe derselben kommen Motoren mit 3 bis 20 PS in Anwendung, für die kleinste Maschine ohne besondere Getreideputz- und Reinigungsapparate genügt schon eine Motorgröße von 3 PS. — Gegenüber der Verrichtung dieser Arbeit mit Hilfe von Göpeln und Dampflokomobilen bringt der Elektromotor noch den Vorteil der Unabhängigkeit von Ort und Zeit, was bei der Abhängigkeit des Landwirts von den Witterungsverhältnissen eine große Annehmlichkeit darstellt.

Der Ausdrusch kann auf dem Hofe, in der Scheune und auf dem Felde vorgenommen werden. In letzterem Falle fällt außerdem noch der Transport von Wasser und Kohlen, den die Lokomobile erheischt, fort, was eine Ersparnis an Leuten und Gespannen bedeutet.

Vergleicht man die verschiedenen Antriebsarten unter Berücksichtigung von Verzinsung, Löhnen, Stromkosten, Abschreibungen und Ausgaben für Betriebsmaterialien, so erhält man an Kosten für die Drescharbeit pro Zentner erdroschenen Kornes:

Flegeldrusch . . . . .	ca.	45 Pfg.
Göpeldrusch . . . . .	„	30—35 „
Mietdrusch mit Lokomobile . . . . .	„	25—30 „
Dreschen mit eigener Lokomobile . . . . .	„	20—30 „

Dreschen mit 20 pferdigem, fahrbarem Elektromotor bei 20 Pfg. pro KWstd. . . . ca. 20—25 Pfg.

Der Elektromotor stellt also den wirtschaftlichsten Antrieb dar; eine weitere Steigerung der Wirtschaftlichkeit dürfte sich mit den heute zu Gebote stehenden Mitteln kaum erreichen lassen.

### Elektrisches Pflügen.

Eine an die Gespanne besonders hohe Anforderungen stellende Arbeit ist das Pflügen. Infolge dieser Erkenntnis werden schon seit mehreren Jahren die zuerst in England gebräuchlichen Dampfpflüge angewendet, die aber nur unter für sie besonders günstigen Verhältnissen rationell zu arbeiten imstande sind. Am besten geeignet sind sie für schweren Boden und große Flächen, doch verbietet ihr hoher Preis den meisten Betrieben deren Anschaffung. Es haben sich infolgedessen besondere Genossenschaften gebildet, die Dampfpflüge an die einzelnen Grundbesitzer vermieten. Da diese Genossenschaften ca. 50% aller vorhandenen Pflugsätze besitzen, ist anzunehmen, daß die Einführung und Popularisierung des Elektropfluges auf demselben Wege zu erfolgen hat, wenn auch der Kostenaufwand für einen Elektropflug bedeutend geringer ist wie für einen Dampfpflug. Der Grund, daß gegenwärtig nur ca. 40 Elektropflüge in Deutschland vorhanden sind, ist u. a. darin zu erblicken, daß der Maschinenpflug sich bis jetzt nur für große Betriebe eignet und bei hügeligem Gelände wenig günstig ist. Auch können die Elektropflüge nur an größere Zentralen angeschlossen werden, die imstande sind, die starken, plötzlich auftretenden Stöße der Pflugarbeit aufzunehmen. Bei großen Überlandzentralen, in deren Bezirk sich Ökonomien mit großen Verhältnissen befinden, wird die Stromabgabe für Pflugarbeit jedenfalls noch eine wichtige Rolle zu spielen berufen sein, besonders wenn bei billiger Kraft auch Pflüge für kleinere Leistungen gebaut werden, was auch für süddeutsche Verhältnisse von Wert sein wird.

Einige Zahlen über Leistung und Stromverbrauch der elektrischen Pflüge befinden sich im Anhang (Anlage 2).

Weiter auf die Frage des Elektropflügens einzugehen, ist hier leider nicht möglich, auch sind die bisher gemachten Erfahrungen noch nicht genügend, um ein abschließendes Urteil zu gestatten; doch wird sich der Elektropflugbetrieb noch bedeutend rationeller gestalten lassen, wenn nicht nur die mechanischen und elektrischen Einrichtungen noch weiter verbessert werden, sondern auch deren Ausnutzung durch Antrieb der leichtbeweglichen Geräte, wie beispielsweise des Kultivators, der Egge, event. sogar der Kartoffel- und Rübenerntemaschinen, gesteigert wird.

Über Kraftbedarf, Leistung, Stromverbrauch und Stromkosten der sonst noch gebräuchlichen Maschinen finden sich im Anhang, Tab. 2, nähere Angaben; es ist dort eine zusammengefaßte Übersicht über die verschiedenen landwirtschaftlichen Arbeiten, die mit Hilfe der Elektrizität verrichtet werden können, gegeben.

Außer den in Tab. 2 wiedergegebenen laufenden Ausgaben sind auch die einmaligen für Anschaffung und Installation der Motoren von Interesse; im Anhang, Anlage 3, sind sie ungefähr angegeben.

Der niedrige Anschaffungspreis des Elektromotors kommt nicht nur beim Pflügen, sondern in landwirtschaftlichen Betrieben überhaupt besonders zur Geltung, und zwar deshalb, weil die für Verzinsung und Amortisation aufzuwendenden Kosten um so mehr ins Gewicht fallen, je geringer die Benutzungszeit einer Maschine ist, und die direkten Kosten für Betriebsmaterial etc. diesen indirekten ganz anders gegenüberstehen als beispielsweise in industriellen Betrieben, wo infolge der langen Benutzungszeiten diese letzteren gegenüber den direkten zurücktreten.

### **C. Elektrischer Betrieb in Landindustrie und Kleingewerbe.**

Gerade hier, wo die kleinen Verhältnisse die Anstellung von Hilfskräften verbieten, wo nur der Meister selbst bzw. seine Familienmitglieder den ganzen Betrieb darstellen, ist eine derartige, jederzeit bereitstehende Arbeitskraft wie der Elektromotor nicht nur eine willkommene Hilfe, sondern bei dem heute immer stärker werdenden Arbeitermangel und der Konkurrenz der Fabrikarbeit oft geradezu Existenzbedingung.

Die Einfachheit des Betriebes ist ein wesentlicher Faktor gegenüber dem Explosionsmotor; auch fallen beim Elektromotor Fundamente und Kühlwasser fort.

Da sich der elektrische Betrieb in das Kleingewerbe rascheren Eingang verschafft hat wie in die Landwirtschaft, verfügt man hier über bedeutendes Erfahrungsmaterial und langjährige Betriebsergebnisse.

Die wichtigsten Betriebe sind: Bäckereien, Metzgereien, Schreinereien, Drehereien, Schlossereien, Schmieden, Wäschereien, Mahlmühlen, Sägemühlen, Ziegeleien, Brauereien, Brennereien, Stellmachereien sowie selbständige Molkereien, die nicht zu einem Gute gehören, und die eine immer größere Bedeutung gewinnenden ländlichen Handwerker-genossenschaften. Über die ersteren habe ich an Hand von Umfragen die Tab. 3 (siehe Anhang) aufgestellt, auf die letzteren sei im folgenden kurz hingewiesen.

### Holzhandwerker-genossenschaften.

Um zu vermeiden, daß an einem mittleren Platze eine Reihe komplett eingerichteter Maschinenanlagen für Holzbearbeitung anzutreffen sind, die zusammengerechnet einen ganz ansehnlichen Kapitalwert ausmachen, vereinigen sich jetzt die ortsansässigen Handwerker zu einer Genossenschaft, die in einem zweckentsprechenden Raume die für das Handwerk notwendigen Maschinen erwirbt und betreibt und sie der Benutzung der einzelnen Genossenschaftsmitglieder verfügbar hält.

Auf diese Weise ergibt sich infolge des hohen Benutzungsfaktors eine ungleich höhere Ausnutzung der Maschinen und des investierten Kapitals, somit ein wirtschaftlicherer Betrieb, als dies der Fall ist, wenn sich jeder einzelne Handwerker eigene Maschinen anschafft, da die Montierung der maschinenbearbeiteten Teile den größten Teil der Zeit in Anspruch nimmt, abgesehen davon, daß sich eine derartige Zentralwerkstätte vollkommener einrichten läßt. Die leichte und korrekte Meßbarkeit der Elektrizität ermöglicht die Abwälzung der direkten Betriebskosten auf die einzelnen Mitglieder ohne Schwierigkeit, die indirekten (Kapitalzinsen, Abschreibung und Instandhaltung) werden in passender Weise umgelegt.

### Dreschgenossenschaften.

In entsprechender Weise schließen sich auch gelegentlich Landwirte zu einer Dreschgenossenschaft zusammen, da der einzelne meist nicht in der Lage ist, einen zur Herstellung von marktfähiger Verkaufsware geeigneten modernen Dreschsatz mit Getreidereinigungseinrichtungen, Strohpressen etc. anzuschaffen.

Der Betrieb mit Elektromotor, der mit Anlaßapparaten und Zähler zusammen auf einen Wagen montiert wird, ist seiner Einfachheit halber der Dampflokomobile vorzuziehen. Die Verrechnung erfolgt analog wie bei den Holzhandwerken.

### Molkereigenossenschaften.

Diese gestatten besonders in Orten ohne Bahnanschluß eine bequeme Verwertung der Milch und entheben den Landwirt der Umstände und Kosten für den Transport zur nächsten Bahnstation, was ein Äquivalent für den niedereren von der Genossenschaft gezahlten Preis darstellt.

Die mit diesen Geschäftsformen erzielten Resultate befriedigten fast ausnahmslos und gaben immer wieder Veranlassung zu Neugründungen, und es beweisen die Antworten auf verschiedentlich gehaltene Umfragen, daß die anfangs gehegten Erwartungen sich erfüllt haben, wenn sie nicht sogar übertroffen wurden.

Von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung ist, daß die Betriebe derartiger Genossenschaften eine längere und gleichmäßigere Benutzung aufweisen, wie die entsprechenden Einzelbetriebe; sie können sich daher günstigere Stromlieferungsbedingungen erwirken, als dies dem Einzelnen möglich wäre.

### **Zusammenfassung des 2. Kapitels.**

Es werden die konsumtiven Wirtschaftsfaktoren der Elektrizitätsversorgung von Landwirtschaft und Kleingewerbe erörtert, die wirtschaftlichen Vorteile von elektrisch Licht und Kraft gegenüber anderen Beleuchtungs- bzw. Antriebsarten, speziell in ländlichen Verhältnissen, geschildert und die Kosten für Einrichtung, sowie Zahlen über Kraftbedarf, Leistung, Stromverbrauch und Stromkosten der gebräuchlichsten landwirtschaftlichen Maschinen angegeben. Während die Frage des elektrischen Dreschens und des Antriebs der verschiedenen Mühlen, Reinigungs- und Futterbereitungsmaschinen als gelöst zu betrachten ist, läßt sich dies vom elektrischen Pflugbetrieb noch nicht sagen; eine weitere Steigerung der Wirtschaftlichkeit ist durch technische Verbesserungen sowie weitergehende Ausnutzung der vorhandenen Einrichtungen zu erzielen, welchem Zweck auch die ländlichen Handwerker-genossenschaften dienen.

---

### 3. Kapitel.

## **Produktive Wirtschaftsfaktoren. Die Strombeschaffung und Stromverteilung.**

### **A. Über Zentralen im Allgemeinen.**

Wie bei der Einführung von technischen Neuerungen überhaupt, so wurde auch in der Elektrotechnik an eine wirtschaftliche Konkurrenz erst dann gedacht, als die rein technischen Fragen bis zu einem gewissen Grade wenigstens als gelöst betrachtet werden konnten. Erst dann, als auf Grund wissenschaftlicher Untersuchungen größere Sparsamkeit beim Bau der Maschinen erzielt, sowie höhere Wirkungsgrade erreicht werden konnten, begann man an einen Wettbewerb auch in wirtschaftlicher Hinsicht mit den seither gebräuchlichen Methoden zu glauben.

So kam es, daß die Erkenntnis der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Elektrizitätsversorgung erst dann zutage trat, als die Möglichkeit gegeben war, mittels hochgespannten Drehstromes den Aktionsradius eines Werkes wirtschaftlich über ein sehr großes Gebiet auszudehnen, so daß die Nutznießer nicht mehr auf Einzelguts- und Nachbarschaftszentralen angewiesen sind, sondern sich an Überlandzentralen anschließen können. Die Überlegenheit dieser Überlandzentralen liegt darin, daß sie im allgemeinen den Strom billiger liefern können wie Einzelgutszentralen, es sei denn, daß das Elektrizitätswerk einem vorhandenen Unternehmen als Nebenbetrieb angegliedert werden kann, wie beispielsweise in Württemberg im Anschluß an Mühlen, die infolge der Konkurrenz der an Großschiffahrtswegen erbauten Dampfmühlen nicht mehr recht rentierten. Solche Stromerzeugenanlagen werden mit den vorhandenen Wasserkraften im Nebenamt betrieben und vom Besitzer selbst überwacht. Das Versorgungsgebiet einer solchen Anlage ist naturgemäß ein beschränktes; es wird meist Gleichstrom mit entsprechender Akkumulatorenbatterie verwendet. Der Müller schränkt nun zu Zeiten des größten Energiekonsums den Mahlbetrieb ein, um die Wasserkraft der Stromerzeugung nutzbar zu machen, während bei geringer Tagesbelastung der Mahlbetrieb meist voll aufrechterhalten werden kann und somit eine rationelle Ausnutzung der Wasserkraft erzielt wird.

Solche Anlagen sind in Gegenden mit mittleren und kleinen Wasserkraften, wie z. B. in Württemberg, von keineswegs zu unterschätzender Bedeutung, besonders wenn sich zwecks günstiger Ausnützung und zum gegenseitigen Ausgleich mehrere solcher Mühlen zusammenschließen und auf ein gemeinschaftliches Drehstromnetz arbeiten. In solchen Fällen bildet dann der eine die Reserve für den anderen; um in Zeiten der Wasserklemme gedeckt zu sein, wird eine gemeinsame Dampfreserve erstellt. Ein komplizierter Verwaltungsapparat fällt fort, ferner sind die zur Bedienung der Maschinen erforderlichen Hilfskräfte größtenteils schon vom Hauptbetrieb her vorhanden, falls die Werke nicht schon so weit vergrößert werden mußten, daß besondere Maschinisten nötig wurden und sich bezahlt machten, namentlich dann, wenn von diesem Personal auch die laufenden Installationen mit vorgenommen werden.

Die Frage, ob eine große Überlandzentrale, die ganz oder größtenteils mit Dampf arbeiten muß, oder mehrere kleine, die vorhandene Wasserkraft ausnützen und sich des Dampfes nur als Reserve bedienen, die wirtschaftlich bessere Lösung bedeutet, ist nicht ohne weiteres zu beantworten; hier sei zunächst von betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten die Rede, denn zur Erzielung eines rentablen Betriebs muß in erster Linie unter Ausnutzung aller verfügbaren Mittel auf eine billige Produktion hingewirkt werden.

## **B. Die Lebensbedingungen der Elektrizitätswerke und die sie beeinflussenden Faktoren.**

### **1. Beurteilung der Elektrizitätswerke an Hand von Statistiken.**

Die für die anzustellenden Untersuchungen geeignetste Statistik ist die der Vereinigung der Elektrizitätswerke, in der zwar nur wenige und größere Werke landwirtschaftlichen Charakters mit ausführlichen Angaben vertreten sind, was wohl seinen Grund darin hat, daß der Betrieb der kleinen Werke meist in der Hand von Leuten liegt, die außerdem noch andere Verrichtungen auszuüben haben und denen es an Zeit und Interesse fehlt, sich mit statistischen Aufzeichnungen abzugeben.

Zuweilen wollen auch die Verwaltungen von Elektrizitätswerken keine Betriebsergebnisse an die Öffentlichkeit kommen lassen, oder es sind die Zahlen der Statistiken über die finanziellen Verhältnisse der Werke manchmal etwas „frisiert“, denn ein schlecht gehendes Werk wird die ungünstigen Zahlen im Interesse des Vertrauens, das es genießt, nicht veröffentlichen, ein zu gut gehendes läßt sich deshalb nicht gern hinter die Kulissen schauen, weil seitens der Konsumenten ein Druck auf die Preise ausgeübt werden könnte.

Bei den technischen Angaben trifft jedoch diese Befürchtung im allgemeinen nicht zu, so daß diese wohl als richtig angesehen werden können.

Die angeheftete Tabelle 4, auf die im folgenden des öfteren zurückgegriffen werden muß, ist zusammengestellt aus der erwähnten Statistik vom Jahre 1909 bzw. 1909-10 und enthält in der Hauptsache Werke mit ländlichem Versorgungsgebiet, denen zum Vergleich einige Werke mit gemischter Versorgung und einige typisch industrielle gegenübergestellt wurden.

Eine Erläuterung dieser Tabelle 4 findet sich Anhang, Anlage 4; es ist dort die Einteilung der Werke in 3 Gruppen:

I. mit vorwiegend industrieller Versorgung,

II. mit gemischter Versorgung,

III. mit vorwiegend landwirtschaftlicher Versorgung,

sowie die Charakteristiken der einzelnen Werke und der einzelnen Spalten der Tabelle 4 begründet.

## 2. Die Kostenfrage der Elektrizitätswerke.

Die Selbstkosten für den Strom setzen sich aus folgenden Faktoren zusammen:

a) Veränderliche, vom Konsum abhängige Kosten:

Herstellung des Stromes selbst, also

Kosten für Brennmaterial,

„ „ Schmier- und Putzmaterial,

„ „ Instandhaltung der Maschinen, Reparaturen.

b) Feste, vom Konsum unabhängige Kosten:

Ausgaben für Gehälter und Löhne, Verwaltungsunkosten, Steuern, Versicherung, Mieten etc., Kosten für Amortisation und Verzinsung des Anlagekapitals.

Alle diese Posten sind naturgemäß möglichst niedrig zu halten; die Mittel und Wege sind nach den jeweiligen Verhältnissen verschieden; die letzteren sind daher vor jeder Gründung gewissenhaft zu prüfen.

Was zunächst

### a. die veränderlichen Kosten

anbetrifft, so interessieren in erster Linie die Brennstoffkosten, die je nach der

Anwendung der verschiedenen Antriebsarten verschieden sind.

In Beziehung auf die reinen Herstellungskosten sind die reinen Wasserkraftanlagen am günstigsten, da bei ihnen die Kosten für Brennmaterial in Wegfall kommen, womit aber nicht gesagt sein soll, daß der Ausbau einer Wasserkraft immer rentabel ist. Ein Wasserbau ist gewöhnlich kostspielig, er kann aber unter Umständen so teuer werden, daß die Ausgaben zur Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals oder der Instandhaltung der Wasserbauten höher zu stehen kommen, als die Ausgaben für Kohlen etc. bei einer Wärmekraftanlage.

Sind Wasserkräfte nicht vorhanden, so kommen Dampfmaschinen und -turbinen, die Gasmaschinen und Dieselmotoren in Frage; die älteste von diesen, die Dampfmaschine, hat ihre dominierende Stellung trotz der Konkurrenz der jüngeren behauptet.

Aus einer Tabelle von Hoppe (L.-N. 7) ist deutlich das Vorherrschen des Dampfbetriebes ersichtlich; von 1338 bestehenden Werken verwenden 910 ganz oder teilweise Dampf. Bei kleineren Werken ist die Anwendung der Verbrennungsmotoren ständig im Steigen begriffen, besonders bevorzugt werden Dieselmotoren.

Zu bemerken ist, daß man bei Wasserkraft meist für eine Reserve sorgen muß, welche naturgemäß die Anlagekosten erhöht und durch die damit bedingten höheren Ausgaben für Verzinsung und Amortisation die Herstellungskosten der elektrischen Energie verteuert.

Wird auf Betriebssicherheit Wert gelegt, so erübrigt sich die Aufstellung von Reserveanlagen nur in seltenen Fällen, wobei es nicht genügt, einen reichlich bemessenen Maschinensatz aufzustellen, vielmehr sollen mehrere Maschinensätze vorgesehen werden, um bei Defektwerden einer Maschine mit der anderen den Betrieb fortzusetzen.

Wo Wasserkräfte nicht zur Verfügung stehen, wird, wie schon erwähnt, vorzugsweise Dampfkraft angewendet. Hier hat die Elektrizität durch die Verwendung hochgespannten Wechsel- bzw. Drehstroms einen großen Umschwung hervorgerufen, indem die Kohlen von ihrer Produktionsstätte nicht mehr auf dem kostspieligen Weg des Bahn- oder Schiffstransports an die Stätte des Kraftkonsums befördert werden; es wird vielmehr das Elektrizitätswerk an die Kohlengrube gelegt und die Kraft mittelst Hochspannung durch verhältnismäßig dünne Drähte an die Verwendungsstelle geleitet.

Hierdurch ist man in der Lage, arme Brennstoffe auszunützen, deren Bahnversand sich nicht lohnen würde; es sei hier an die Ausnützung der Braunkohle und des wegen seines hohen Wassergehalts nicht rentabel transportierbaren Torfs erinnert. Ebenso wird seit einigen Jahren das früher unbenutzte Hochofengichtgas zur Elektrizitätserzeugung ausgenutzt.

Die Vorteile eines solchen Betriebs liegen auf der Hand, da eine derartige, mit den vollkommensten Einrichtungen ausgerüstete Zentrale natürlich mehr als der einzelne imstande ist, alle auf eine Produktionsverbilligung gerichteten Umstände auszunützen, was sich bereits bei den Anlagekosten zeigt; denn sind bei kleineren Werken für das installierte Kilowatt je etwa 1000 Mark und noch mehr erforderlich, so kostet eine moderne Zentrale mit vollendeter Ausrüstung nur ca. 300 Mark für das installierte Kilowatt (s. Jutzi, L.-N. 8 sowie Tabelle 4, Spalte 14).

Derartige Großzentralen können oft selbst bei Betrieben mit gleichmäßigem Konsum deren Selbstherstellungskosten unterbieten; sie sind auch im Gegensatz zu kleinen Zentralen imstande, Betriebe mit starken Belastungsstößen anzuschließen, wie z. B. Bahnen, elektrische Pfluganlagen u. dgl. m.

Eine unter sehr günstigen Bedingungen arbeitende und diese gewissenhaft ausnützende Überlandzentrale ist das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk in Essen, über dessen Organisation in L.-N. 8 nähere Angaben gemacht sind.

Daß unter günstigen Umständen, wie bei der Versorgung eines außerordentlich industriereichen, dicht bevölkerten Gebietes die Rentabilität der Werke nichts zu wünschen übrig lassen muß, ist selbstverständlich. Die Verallgemeinerung dieser Resultate seitens der elektrizitätsfreundlich gesinnten Partei ist aber ebenso einseitig, wie die Verallgemeinerung der Resultate einer falsch angelegten Zentrale seitens der Gegenpartei.

Die Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke reiht die veränderlichen Kosten in folgende Rubriken ein, die in Tabelle 4 für die betrachteten Werke aufgeführt sind, und zwar enthält

Spalte 17 die Kosten für Brennmaterial bzw. bezogenen Strom,

Spalte 18 die Ausgaben für Schmiermaterial,

Spalte 20 die Ausgaben für Unterhaltung, Packungs- und Dichtungsmaterial; was hierunter nicht unterzubringen war, findet sich in

Spalte 21: Sonstiges. In Tabelle 4 sind die Werte jeweils auf die nutzbar abgegebene KWstd. reduziert.

Aus verschiedenen Statistiken und Jahrgängen hat Hoppe in L.-N. 7 interessante Zahlen zusammengestellt, doch würde es zu weit führen, diese hier zu wiederholen.

Zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Herunterdrücken der veränderlichen Kosten wird, abgesehen von technischen Verbesserungen der Zentraleinrichtungen, die rationelle Ausnutzung der vorhandenen Energieträger des betreffenden Gebiets in möglichst weitgehendem Maße anzustreben sein.

#### b. Die festen Kosten.

Diese zerfallen, wie schon erwähnt, in die Ausgaben für Gehälter und Löhne, die Verwaltungskosten, Steuern, Versicherung, Mieten, sowie in die Kosten für Amortisation und Verzinsung des Anlagekapitals (Kapitalunkosten).

Über die ersteren läßt sich nichts allgemeines sagen; statistische Angaben finden sich in Tabelle 4, Spalte 19 und 21, sowie bei Hoppe, L.-N. 7.

Von besonderem Einfluß sind nun die Kosten für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals, die stets einen großen Teil der Unkosten ausmachen und daher im Interesse der Rentabilität praktisch nieder gehalten werden müssen.

Zum Vergleich ist es zweckmäßig, das Anlagekapital auf das Kilowatt Zentralenleistung zu reduzieren, was bei den folgenden Betrachtungen auch durchgeführt ist. Bei solchen Vergleichen sei die oben angegebene Gruppeneinteilung beibehalten.

Vergleicht man die Mittelwerte für das Anlagekapital pro KW Zentralenleistung aus Tabelle 4, denen noch von Meier (L.-N. 9) gefundene Werte gegenübergestellt seien, so erhält man als

Anlagekosten pro KW Zentralenleistung:

Mittelwerte der	nach Meier	aus Tab. 4
Gruppe I	1039 M.	900 M.
„ II	1340 „	1325 „
„ III	2043 „	1936 „*)

Aus vorstehenden Zahlen ist zu ersehen, daß die landwirtschaftlichen Zentralen mit den höchsten Anlagekosten zu rechnen haben. In Tabelle 4 weisen die Zentralen Derenburg (2006), Buttstädt i. Th. (3094), Crottorf (3889) und Oberhausen-Herbolzheim (2195) die höchsten Kosten auf. Es rührt dies daher, daß dieselben ein weitverzweigtes, geringbevölkertes landwirtschaftliches Gebiet versorgen; auch die Jahresverlustziffern (40,3; 49,8; 35,0; 38,5 siehe Spalte 12, Tabelle 4) reden eine sehr deutliche Sprache.

Die Notwendigkeit langer, schlecht ausgenützter Leitungsnetze ist ein sehr wunder Punkt bei landwirtschaftlichen Überlandzentralen. Um deren Einfluß auf die Rentabilität einer Zentrale nicht zu sehr fühlbar werden zu lassen, sollten die Leitungskosten in einem angemessenen Verhältnis zu den Gesamtkosten des Werkes stehen; sie sollten nicht mehr als 40—50% des Anlagekapitals betragen (siehe auch L.-N. 9). Spalte 28 in Tabelle 4 zeigt diesen Prozentsatz für die angeführten Zentralen.

Wegen des großen Einflusses der Kapitalunkosten auf die gesamten Gestehungskosten des Stromes muß man mit einem möglichst niederen Kapital auskommen, also eine möglichst billige Anlage erstellen, wodurch jedoch die dauernden Wirtschaftsfaktoren, wie Betriebskosten, Unterhaltungskosten etc. nicht ungünstig beeinflußt werden dürfen, denn in einem solchen Falle werden die gemachten Ersparnisse durch die späteren Mehrausgaben wieder illusorisch gemacht. Beispielsweise ist es ganz verkehrt, eine billige Maschine zu erstellen, die aus Gründen

\*) Bei Berechnung dieses Mittelwertes wurde 11) Aachen unberücksichtigt gelassen, da dieses Werk den Strom von anderen Zentralen bezieht und somit mit beträchtlich niedrigeren Anlagekosten zu rechnen hat.

der Billigkeit womöglich noch recht knapp bemessen wird, unwirtschaftlich arbeitet, bald abgenutzt ist und infolge ungünstiger Charakteristik mehr Bedienung erfordert, als dies bei einer für die betreffenden Verhältnisse passend gewählten Maschine der Fall gewesen wäre. Hingegen sollte man sich bei der baulichen Ausführung der Zentralen möglicher Einfachheit befleißigen und auf unnötigen Komfort verzichten.

Die Kosten für die Verzinsung des Anlagekapitals sind von dem jeweiligen Zinsfuß abhängig, die Höhe der Abschreibungen richtet sich nach der voraussichtlichen Lebensdauer der abzuschreibenden Gebäude, Maschinen, Werkzeuge etc.

### Abschreibungen der Elektrizitätswerke.

Bei Bestimmung der Lebensdauer als Unterlage zur Berechnung der Abschreibungen darf nicht vergessen werden, daß die Einrichtungen teilweise veralten und deshalb schon vor Ende der voraus ermittelten Lebensdauer erneuert werden müssen. Es wäre bei Maschinen und Zubehör zu erwägen, anstatt Lebensdauer erzeugte Kilowattstunden zu Grunde zu legen, was allerdings die Rechnung schwieriger gestalten, aber die Verhältnisse vielleicht besser treffen würde.

Auf die Höhe der Abschreibungen kann auch die Dauer eines etwaigen Konzessionsvertrages einwirken. Beträgt dieselbe beispielsweise 30 Jahre, so muß nach dieser Zeit das ganze Werk für den Besitzer mit 0 zu Buche stehen, wenn im Konzessionsvertrag der Passus aufgenommen ist, daß das Werk nach dieser Zeit kostenlos in den Besitz der Gemeinde übergeht, wie dies bei Konzessionserwirkungen aus den Jahren 1898 bis 1905 oft zu finden ist.

Über die Höhe der Abschreibungen sind im „Kalender für Elektrotechniker“ sowie bei Hoppe (L.-N. 7) Tabellen wiedergegeben. Ich habe in Tabelle 5 durch Umfragen ermittelte Erfahrungswerte zusammengestellt, wobei die Sätze nicht nur insgesamt, sondern auch für Reparaturen bzw. Instandhaltung sowie Erneuerung getrennt aufgeführt sind, was für die Projektierung praktisch ist.

Die Ausgaben für Brennmaterial, Schmiermaterial, Gehälter und Löhne, Unterhaltung etc. (Tabelle 4, Spalten 18 bis 20) bilden zusammen mit der Rubrik „Sonstiges“ (Spalte 21) die reinen

### Betriebskosten,

die, auf die nutzbar abgegebene KWstd. bezogen, in Spalte 22 der Tabelle 4 aufgeführt sind. In diesen sind die Kapitalunkosten noch nicht enthalten. Sie betragen im Mittel für die einzelnen Gruppen:

bei vorwiegend industrieller Versorgung (Gruppe I)	3,93 Pf.
„ gemischter „ ( „ II)	5,58 „
„ vorwiegend landwirtschaftl. „ ( „ III)	13,85 „

welchen Zahlen wegen der wenigen in Betracht gezogenen Werke keine allgemeine Bedeutung beigelegt werden darf; sie können vielmehr nur zum Vergleich dienen.

Trotz der geringen Zahl der betrachteten Werke weisen diese Zahlen die Charakteristik der betreffenden Verhältnisse auf; während in industriellen Gebieten die Erzeugungskosten elektrischer Energie niedriger sind als in landwirtschaftlichen und dementsprechend sich auch der Verkaufspreis niedriger stellt, hat man in landwirtschaftlichen Gebieten mit höheren Erzeugungskosten und dementsprechend höheren Verkaufspreisen zu rechnen. Dabei sind aber die Kapitalunkosten noch nicht einmal in Betracht gezogen. Wenn man berücksichtigt, daß die landwirtschaftlichen Zentralen infolge ihres ausgedehnten Leitungsnetzes auch höhere Aufwendungen für Amortisation und Verzinsung zu machen haben, so verschiebt sich das Bild noch mehr zu Ungunsten der letzteren.

Die

### Selbstkosten

für den Strom werden gebildet aus den Betriebskosten + Kapital- und Verwaltungskosten; ihre zahlenmäßige Bestimmung wurde aus den oben erwähnten Gründen der Ungenauigkeit der finanziellen Angaben der Statistiken nicht durchgeführt.

### Einnahmen der Elektrizitätswerke.

Den verschiedenen Ausgaben der Elektrizitätswerke stehen die Einnahmen gegenüber, die in folgende Posten zerfallen:

Einnahmen für Licht- und Kraftstrom,

Einnahmen für Zählermiete,

Nutzen aus Installationen und Materialverkauf.

In Beziehung auf die

### Einnahmen für Strom

unterscheiden sich die großen städtischen Werke besonders scharf von den ländlichen. Die städtischen Werke sind auch bei bedeutendem Kraftanschluß vorwiegend Lichtwerke, sie müssen infolgedessen ihr Augenmerk darauf richten, aus dem Lichtstrom ihre Haupteinnahmen zu erzielen. Den Kraftstrom geben sie, vom Kleinmotorenbetrieb abgesehen, oft zu Preisen ab, die annähernd bei Selbstkosten liegen.

Auf dem Lande hingegen ist der Lichtstromverbrauch ganz minimal gegenüber dem Kraftstromverbrauch. Ein höherer Kostenansatz für Lichtstrom würde nur zu möglichst sparsamer Benutzung der elektrischen Beleuchtung führen, ohne dem Werk eine Mehreinnahme zu bringen. Hier ist es Sache eines geschickt gewählten Krafttarifs, den infolge des geringen Lichtbedürfnisses entstandenen Ausfall zu decken.

Die Tarifffrage wird weiter unten noch näher zu betrachten sein; die Stromeinnahmen hängen natürlich nahe mit dem für die Kilowattstunde erzielten Grundpreise zusammen.

Die Verzinsung und Amortisation der zur Strommessung nötigen Zähler geschieht durch die den Konsumenten auferlegte

#### Zählermiete.

Um den Betrag hierfür möglichst nieder zu halten, verwendet man bei Gleichstromwerken an Stelle der Wattstundenzähler Ampere-stundenzähler mit Wattstundeneichung, was bei kleineren Anschlüssen und praktisch konstanter Netzspannung unbedenklich ist. Der

#### Installationsgewinn

spielt besonders bei landwirtschaftlichen Überlandzentralen eine große Rolle. Bei der in ländlichen Bezirken erwiesenermaßen ziemlich schlep-pend vor sich gehenden Anschlußbewegung sind die Stromeinnahmen in den ersten Jahren eigentlich nie imstande, die bedeutenden Unkosten zu decken, hier muß mit Installationsgewinn gerechnet werden. So ermöglichten bei der Leitungszentrale Herrenberg in Württemberg, die in den ersten Jahren nicht unter günstigen Bedingungen gearbeitet hat, die Installationsgewinne gleich eine, wenn auch bescheidene, Abschreibung von 3%.

Für die in Tabelle 4 erwähnten Werke sind in Spalte 16 die Gesamteinnahmen, bezogen auf die nutzbar abgegebene Kilowattstunde, angegeben. Sie betragen:

bei vorwiegend industrieller Versorgung (Gruppe I)	7,75 Pf.
„ gemischter „ ( „ II)	12,97 „
„ vorwiegend landwirtschaftl. „ ( „ III)	21,15 „

#### Die Bruttorentabilität.

Als Differenz der Einnahmen und Betriebskosten eines Elektrizitätswerks erhält man den die Kapitalkosten nicht berücksichtigenden Bruttoüberschuß, der jedoch für die Rentabilität eines Elektrizitätswerkes nicht bestimmend ist. In Tabelle 4 finden sich in Spalte 23 Angaben über den Bruttoüberschuß, ausgedrückt in Prozenten des Anlagekapitals, als Mittelwerte für die einzelnen Gruppen ergeben sich:

bei vorwiegend industrieller Versorgung (Gruppe I)	9,88%
„ gemischter „ ( „ II)	7,07%
„ vorwiegend landwirtschaftl. „ ( „ III)	4,37%

Bei Berechnung des Mittelwertes für Gruppe III ist 11) Aachen, Landkreis, nicht berücksichtigt worden, da es sich hier um eine reine Leitungszentrale ohne eigene Erzeugungsanlage handelt; ein derartiges

Ergebnis ist nur unter besonders günstigen Umständen möglich. Jedenfalls ist die Folgerung berechtigt, daß bei der Möglichkeit eines günstigen Strombezugs aus einer anderen Zentrale unter Umständen eine bessere Rentabilität resultiert, als wenn eine eigene Zentrale erstellt werden müßte.

### 3. Ausnutzung der Zentralanlagen.

#### Benutzungsdauer.

Die Herunterdrückung der Selbstkosten allein ist nicht ausschlaggebend. Wesentlicher ist eine möglichst gute Ausnutzung der vorhandenen Einrichtung, d. h. eine gleichmäßige Belastung. Denn ebenso wie eine Werkzeugmaschine nur dann Geld verdient, wenn sie regelmäßig im Gange ist, weshalb man durch mehrschichtigen Betrieb ihre Ausnutzung zu erhöhen bestrebt ist, kann eine Zentrale nur dann mit ihrem bestmöglichen Nutzeffekt arbeiten, wenn sie gut belastet ist. Insbesondere bei einer kleinen Anlage muß der „Belastungsfaktor“ (erzeugte Leistung dividiert durch die Leistungsfähigkeit; heißt gelegentlich auch Ausnutzungs- oder Benutzungsfaktor) ein hoher sein, um sie überhaupt lebensfähig zu machen. Sein Wert beläuft sich bei den heutigen Elektrizitätswerken auf etwa 10 bis 30% (siehe Tabelle 4, Spalte 11).

Gerade in landwirtschaftlichen Betrieben ist es mit der Benutzungsdauer schlecht bestellt, was mit ein Grund der schlechten Rentabilität einiger Überlandzentralen ist, die ländliche Bezirke zu versorgen haben.

Es ist leicht einzusehen, daß eine Zentrale, die nur mit einer Gemeinde oder wenigen Tagesbetrieben arbeitet, eine sehr ungleiche Belastung aufweisen kann; es wird sich also darum handeln, für die Zeit der geringsten Belastung günstige Abnehmer heranzuziehen.

In welcher Weise dies durch zweckentsprechende Tarifbildung geschehen kann, wird weiter unten in dem diesbezüglichen Abschnitt noch kurz beleuchtet werden. Für eine gleichmäßige Belastung und gute Ausnutzung ist die Versorgung möglichst verschiedenartiger Betriebe am günstigsten, auch wirkt die Abgabe von Energie zu Heiz-, Koch- und chemischen Zwecken sowie der Anschluß einer Bahn auf eine Verbesserung der Ausnutzung hin. Sehr gute Resultate in dieser Hinsicht ergeben sich durch das Zusammenarbeiten von Stadt und Land, worauf später noch zurückzukommen sein wird.

In Tabelle 4 ist in Spalte 8 die Benutzungsdauer des gesamten Anschlußwertes einer Zentrale im Jahresmittel:

abgegebene Kilowattstundenzahl

Anschlußwert in KW

in Spalte 9 die der gesamten Leistungsfähigkeit:

abgegebene Kilowattstundenzahl

Leistungsfähigkeit in KW

und in Spalte 10 die der maximal abgegebenen KW:

$$\frac{\text{abgegebene Kilowattstundenzahl}}{\text{maximal abgegebene KW}}$$

angegeben.

Die Mittelwerte von Spalte 10 Tab. 4 seien Werten von Meier (L.-N. 9) gegenübergestellt. Sie betragen:

	Tab. 4	Meier
für Gruppe I	3110	2445
„ „ II	2935	1770
„ „ III	1846	1127

In Gleichstromwerken läßt sich die Wirtschaftlichkeit durch Verbesserung der Ausnutzung der vorhandenen Maschinen mittelst Akkumulatorenbatterien erhöhen, da man in der Lage ist, zu Zeiten schwachen Konsums die Maschinen stillzusetzen und somit die Löhne für die Nachtschichten zu ersparen. Sie ermöglichen ferner eine gleichmäßige Belastung der Maschinen, indem die von den letzteren gelieferte, nicht im Netz verbrauchte Energie zum Aufladen derselben benutzt werden kann. Auch bildet eine richtig bemessene Akkumulatorenbatterie bei Maschinenstörung eine jederzeit betriebsbereite, selbsttätig einspringende Momentreserve.

Eine neue Art der Akkumulierung, wo die Energie in heißem Wasser aufgespeichert wird, ist die oben gestreifte Anordnung der von Rittershausen vorgeschlagenen

#### W ä r m e s p e i c h e r.

Sie unterscheidet sich von der Akkumulierung in Akkumulatoren außerdem dadurch, daß sie nicht im Elektrizitätswerk, sondern beim Konsumenten vorgenommen wird. Wie erwähnt, ist ein wesentlicher Punkt der, daß das Elektrizitätswerk die Aufladezeiten festsetzen und sich somit eine gleichmäßige Belastung den ganzen Tag bzw. die Nacht über verschaffen kann. Infolge der guten, auf diese Weise erreichbaren Ausnutzung ist das Werk in der Lage, den Strom zu diesem Zweck annähernd zum Gestehungspreis abzugeben, da die Generalunkosten durch den anderweitigen Konsum gedeckt werden.

Zur Einschaltung der Wärmespeicher wurden Schaltuhren ähnlich den Treppenhausbeleuchtungshuhren vorgeschlagen. Meine Ansicht ist die, daß die Einrichtung ihren Zweck nur dann restlos erfüllt, wenn das Werk in der Lage ist, von der Zentrale aus diese Einschaltung zu bewerkstelligen. Zu diesem Zwecke halte ich besondere Heizleitungen für geeignet, von denen jede einen bestimmten Bezirk des Ortes versorgt, so daß an jeder solchen Leitung je nach Größe der Wärmespeicher 10 bis 30 Konsumenten angeschlossen wären. Da jeder Wärmespeicher mit einem automatischen Ausschalter versehen ist, der bei beendigter

Ladung den Strom unterbricht, ist man mit Hilfe eines in die Leitung gelegten Amperemeters oder dergleichen imstande, festzustellen, ob die Ladung beendet ist oder nicht. Sind die Apparate einer Leitung aufgeladen, so wird eine andere eingeschaltet; durch Kombination verschiedener Leitungen wäre man dann imstande, eine stetige Belastung der Zentrale zu erreichen. Die Größe der Speicher ist so zu bemessen, daß sie so lange genügend heißes Wasser behalten, bis die Reihe des Aufladens wieder an sie kommt, was durch den Verbrauch des Konsumenten gegeben ist.

Ob derartige Anordnungen die auf sie gesetzten Hoffnungen erfüllen werden, bleibt abzuwarten; sie sind als produktive Wirtschaftsfaktoren zu betrachten, da sie durch Verbesserung der Zentralenausnutzung auf Produktionsverbilligung hinwirken.

Zur Beurteilung der Ausnutzung eines Elektrizitätswerks ist die Zahl der nutzbar abgegebenen Kilowattstunden pro Mark Anlagekapital von Interesse. In Tabelle 4 Spalte 15 sind die betreffenden Werte angegeben. Man erhält für die verschiedenen Gruppen im Mittel

	Jährliche KWstd. pro Mk. Anlagekapital aus Tab. 4 Sp. 15 Nach Tab. v. Meier	
Gruppe I	2,21	1,49
„ II	1,19	0,61
„ III	0,41	0,25

Auch hier zeigen sich wieder die ungünstigeren Verhältnisse der ländlichen Zentralen.

#### 4. Die Verluste.

Einen außerordentlichen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit einer Zentrale üben die Verluste aus, die in den Leitungen und Zählern, bei Hochspannungsanlagen hauptsächlich in den Transformatoren auftreten. Besonders unter den letzteren leiden viele Überlandzentralen für ländliche Bezirke; die schlechten Resultate der Überlandzentrale Derenburg wurden 1910 in der Generalversammlung des Werks auf die Transformatorenverluste zurückgeführt.

Eswein führt in L.-N. 10 ein interessantes Beispiel einer anscheinend falsch disponierten Anlage vor, wo bei einer Ortschaft der Strom vor dem Transformator gemessen wird, so daß diese also die Verluste bezahlt, die im angeführten Falle 43<sup>0</sup>/<sub>100</sub> betragen.

Diese Verluste fallen dem Werk zur Last, wenn, wie dies gewöhnlich der Fall ist, hinter dem Transformator gemessen wird.

Wie ungünstig schlecht belastete Leitungen und Transformatoren ein Werk beeinflussen, zeigt die Leitungszentrale Herrenberg in Württemberg. Hier betrug in Kilowattstunden:

	im Jahr 1907	1908	1909
Stromeinkauf . . . . .	262 564	788 215	1 154 812
Stromverkauf . . . . .	110 050	392 982	638 500
Somit Verlust	<u>152 514</u>	<u>395 233</u>	<u>516 312</u>
In Prozent	58,09	50,14	44,70

(Entnommen aus dem Flugblatt „Die Oberschwäbischen Elektrizitätswerke“.)

Durch eine kleine Rechnung läßt sich die Größe der Verluste anschaulich vor Augen führen. Eine kleine Ortschaft habe einen Transformator, der, um den Anforderungen der Dreschkampagne zu genügen, zu 15 KW bemessen sei. Es sei nun die sehr günstige Annahme gemacht, daß er so viel Strom brauche, daß der jährliche Verbrauch dem eines 500std. vollbelasteten Betriebes gleichkommt. Dies entspricht einer Abgabe von  $500 \cdot 15 = 7500$  KWstd. Nimmt man nun den ständigen Leerlaufverlust mit 20% an, welche Zahl eher zu niedrig als zu hoch gegriffen ist, so erhält man 0,3 KW, das sind im Jahre (8760 Stunden)  $8760 \cdot 0,3 = 2628$  KWstd. In Prozenten der abgegebenen Energie wäre dies

$$\frac{2628 \cdot 100}{7500} = 35\% \text{ Verlust,}$$

wozu noch die Kupferverluste kommen würden.

In Tabelle 4 Spalte 12 finden sich Zahlenangaben, die ein ungefähres Bild von der Größe der Verluste unter verschiedenen Verhältnissen geben.

Ist die Belastung mehr ausgeglichen, so machen sich naturgemäß die Verluste weniger fühlbar; da dies aber bei rein landwirtschaftlicher Versorgung nicht zutrifft, so kann man sagen, daß eine rein landwirtschaftliche Überlandzentrale stets unrentabel ist. Ist es möglich, neben der Landwirtschaft auch Industrie zu versorgen, so werden die Verhältnisse naturgemäß viel besser, während rein industrielle Werke, wie z. B. das schon mehrfach erwähnte Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk in Essen, stets am besten abschneiden.

Um Rentabilität herauszuwirtschaften, genügt es nicht, wirtschaftlich zu arbeiten, denn es gibt viele wirtschaftlich arbeitende und trotzdem unrentable Zentralen; vielmehr kommt es darauf an, auch bei geringem Stromkonsum Einnahmen zu haben, die eine solche zulassen.

Diese scheinbar widersinnige Aufgabe zu erfüllen, ist nun Sache des Tarifs.

##### 5. Zur Tarifffrage der Elektrizitätswerke.

Bei Festsetzung der Tarife wird oft der Fehler gemacht, daß der Strompreis nur auf Grund der Selbstkosten kalkuliert wird, während stets die Wertschätzung der Elektrizität seitens des Konsumenten

als Basis dienen sollte, da 10 bis 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Ersparnis den früheren Methoden gegenüber in den meisten Fällen genügt, eine Neuerung zur Einführung zu bringen.

Ergeben sich bei Kalkulation nach Selbstkosten höhere Werte pro Kilowattstunde als auf Grund der Wertschätzung, so sollte von dem Bau einer Zentrale überhaupt abgesehen werden.

In ländlichen Bezirken hat man in der Hauptsache mit landwirtschaftlichen und kleingewerblichen Betrieben zu rechnen; Großabnehmer, gleichviel ob industriellen oder landwirtschaftlichen Charakters, sowie größere, den Strom selbst verteilende Ortschaften, Straßenbahnen, Bahnhöfe etc. erfordern meist Spezialtarife, die sich nach der Höhe des Konsums richten müssen.

Für die hier in der Hauptsache ins Auge gefaßten ländlichen Verhältnisse ist der Tarif so einfach wie möglich zu wählen, da einem komplizierten Tarif mit Benutzungsdauerrabatten etc. seitens des ländlichen Konsumenten, der ohnehin alles, was aus der Stadt kommt, mit Mißtrauen ansieht, gewöhnlich kein großer Glaube entgegengebracht wird. Schon ein Zähler an und für sich wird mit argwöhnischen Augen angesehen, da der Bauer dessen Angaben nicht kontrollieren kann wie beispielsweise die Gewichte bei einer Wage. Daß sich hier das Praktischste mit dem für den Betrieb Vorteilhaftesten deckt, zeige folgendes Beispiel:

Zwei gleich große Zentralen seien einander gegenübergestellt, und zwar möge die eine nur Landwirtschaft, die andere nur Kleingewerbe bzw. Kleinindustrie (von eigentlicher Industrie kann man in ländlichen Verhältnissen im allgemeinen nicht sprechen) versorgen. Die Maximalbelastung sei bei beiden Werken dieselbe, infolgedessen müssen auch die maschinellen Anlagen und die erforderlichen Reserven gleich groß bemessen sein, also ist auch gleiches Anlagekapital erforderlich.

Die Benutzungsdauer der gewerblichen Anlage sei nun bei täglich vierstündiger Arbeit im Jahr (300 Tage)  $300 \cdot 4 = 1200$  Stunden. Da die Motoren aber nur in seltenen Fällen voll belastet sein werden, sei pro installierte PS mit 900 jährlichen Betriebsstunden gerechnet.

Die Benutzungsdauer landwirtschaftlicher Motoren ist nun erfahrungsgemäß nicht länger als 250 Stunden im Jahr (einschließlich Dreschperiode).

Wird nun der Strompreis für gewerbliche Motoren der Berechnung der landwirtschaftlichen zugrunde gelegt, so muß die landwirtschaftliche Zentrale gegenüber der gewerblichen naturgemäß einen wesentlichen Ausfall im Verhältnis der Benutzungsstunden haben. Dieses ist  $250:900 = 1:3,6!$

Bei Licht ist es dieselbe Sache. Der Landwirt ist Frühaufsteher, geht infolgedessen auch früh zur Ruhe und braucht wenig Beleuchtung, während der Gewerbetreibende zu seiner Arbeit Licht benötigt. Der Lichtbetrieb beeinflusst also wiederum den Konsum in für die ländliche Zentrale ungünstiger Weise. Auch für Heizstrom ist der Landwirt bisher kein Konsument; im Gewerbe kommt doch zuweilen ein Heizapparat (Leimkocher u. dgl.) zur Anwendung.

#### a. Der Pauschaltarif.

Dieses einfache Beispiel hat gezeigt, daß im landwirtschaftlichen Falle eine Verrechnung nach Zähler für die Zentrale nicht immer zu einem befriedigenden Resultat führen kann; es kann also in kleinen, rein landwirtschaftlichen Betrieben der Pauschaltarif nicht entbehrt werden. Dies geschieht aber nicht, um an Zählerkosten zu sparen, sondern nur aus dem Grunde, einen höheren Strompreis zu erzielen, als dies bei Zählerverrechnung möglich wäre.

Sind in einem Gebiet nun gewerbliche und landwirtschaftliche Anschlüsse vorhanden, wie dies im allgemeinen der Fall sein wird, so sind diese streng voneinander zu trennen, die landwirtschaftlichen vorwiegend pauschal und die gewerblichen nach Zähler zu verrechnen. Der Gewerbetreibende kommt hierbei besser weg, da er bei richtiger, für das Werk nicht nachteiliger Pauschalansetzung höher eingeschätzt werden müßte, als sein tatsächlicher Verbrauch beträgt; des weiteren käme bei Pauschalberechnung der große Vorzug des Elektromotors, sich dem jeweiligen Kraftverbrauch genau anzupassen, nicht zur Geltung. Der Landwirt aber kann in den weitaus meisten Fällen seinen Motorbetrieb ganz gut auf die Tagesstunden verlegen, was im übrigen bei Pauschalberechnung auch vielfach vom Elektrizitätswerk verlangt wird.

Eine weitere Annehmlichkeit für das Werk, die besonders in kleinen Verhältnissen geschätzt wird, ist die stets gleichmäßige Einnahme. Der Verbrauch eines Gewerbetreibenden bleibt sich das ganze Jahr hindurch so ziemlich gleich, der des Landwirts ist manchmal in den Sommermonaten so gut wie Null, da während der Zeit der Grünfütterung oder Weide auch der kleine Verbrauch des Futterschneidens wegfällt. Die Pauschalgebühr ist aber trotzdem jeden Monat zu bezahlen.

Ein weiteres Beispiel zeige die Vorteile des Pauschaltarifs:

In Süddeutschland beträgt der mittlere Grundbesitz eines Landwirts ca. 30 Morgen. Der durch Erfahrung ermittelte Pauschalsatz beträgt für Futterschneiden und Dreschen M. 1.20 bis M. 1.80 pro Jahr und Morgen. Der Anschlußwert eines landwirtschaftlichen Motors ist bei einem derartigen Betriebe (Futterschneider, event. noch kleine

Dreschmaschine) erfahrungsgemäß mit ca. 2 KW anzunehmen. Für Futterschneiden sei die günstige Annahme gemacht, daß in 250 Tagen pro Tag 10 Minuten geschnitten werde (ca. 100 Tage Grünfütterung). Dies ergibt  $250 \cdot 10/60 = 42$  Benutzungsstunden im Jahr. Der Kraftbedarf beim Futterschneiden beträgt ca. 2 PS, man erhält also im Jahre  $42 \cdot 2 = 84$  PS-Stunden.

Gedroschen wird erfahrungsgemäß pro 10 Morgen ein Tag (ein Tag = 10 Stunden), was bei der Größe des mittleren Grundbesitzes von 30 Morgen  $3 \cdot 10 = 30$  Betriebsstunden pro Jahr ausmacht, die sich je nach den örtlichen Verhältnissen und den zu Gebote stehenden Bedienungsmannschaften auf längere oder kürzere Zeit verteilen. Da der mittlere Kraftbedarf für kleine Hausdreschmaschinen wie angenommen kaum mehr als 3 PS beträgt, so ergibt sich ein Verbrauch von  $30 \cdot 3 = 90$  PS-Stunden im Jahr.

Zusammen für Futterschneiden und Dreschen hat man also einen Verbrauch von  $84 + 90 = 174$  PS-Std. = rund 130 KWstd. im Jahr. Dafür erhielte das Werk bei einem Strompreis von 20 Pf. pro KWstd. bei Zählerverrechnung  $130 \cdot 0,2 = 26$  M. Pauschal wurden bezahlt bei einem mittleren Preis von 1.50 M. pro Morgen und Jahr  $30 \cdot 1.50 = 45$  M. Dies auf die KWstd. umgerechnet ergibt, daß das Werk für die Kilowattstunde hätte 35 Pf. bekommen müssen, um dieselbe Einnahme zu erzielen.

Auch das Licht wird bei kleinen Anlagen bis ca. 5 Lampen oftmals pauschaliert, und zwar kostet ungefähr:

1	5-kerzige Kohlefadenlampe	im Mittel	M.	5.—	im Jahr
1	10- „	„	„	10.—	„ „
1	16- „	„	„	16.—	„ „
1	32- „	Metallfadenlampe	„	16.—	„ „

usw., wobei jedoch die Lampen noch je nach dem Raum, in dem sie installiert sind, event. verschieden angesetzt werden können.

Die erfahrungsgemäße Benutzungsdauer der auf dem Lande installierten Lampen liegt bei etwa 200 Stunden.

Es seien nun in einem Haushalt zwei 5kerzige, zwei 10kerzige und eine 16kerzige Kohlefadenlampe installiert, wobei es sich nur um dringend benötigte, daher regelmäßig brennende Gebrauchslampen handeln möge. Rechnet man nun bei den Kohlefadenlampen mit einem Verbrauch von 3,5 Watt pro Kerze, so erhält man für alle Lampen zusammen

$$2 \cdot 5 \cdot 3,5 + 2 \cdot 10 \cdot 3,5 + 1 \cdot 16 \cdot 3,5 = 35 + 70 + 56 = 161 \text{ Watt.}$$

Dies ergibt im Jahre  $0,161 \cdot 200 = 32,2$  KWstd., wofür man bei einem Lichtstrompreis von 50 Pf. pro KWstd. M. 16,1 bekommen hätte, wozu dann noch bei Zählerverrechnung eine im Verhältnis zum Verbrauch sehr hohe Zählermiete von mindestens M. 6.— hinzukommen würde.

Pauschal wurden aber bezahlt:  $2 \cdot 5 + 2 \cdot 10 + 1 \cdot 16 = 46$  M., was einem Kostenansatz von M. 1.43 pro KWstd. bei Zählerverrechnung entsprechen würde. Hieraus ist ersichtlich, daß auch noch bei bedeutend niedrigeren Sätzen pro Lampe die Pauschalberechnung der Zählerverrechnung vorzuziehen ist.

Bei größeren Anschlüssen lassen sich die Pauschalsätze nicht mehr durchführen, da sie das Werk, um sicher zu gehen, verhältnismäßig hoch ansetzen müßte, und somit die Anwendung der Elektrizität für den Konsumenten unwirtschaftlich werden könnte; man muß dann auch hier zum Zähler greifen. Die ungefähre Grenze der Pauschalberechnung wird bei einem Grundbesitz von über 100 Morgen und Motoren von über 5 PS liegen.

Um den Nachweis der Richtigkeit dieser Betrachtungen zu erbringen, habe ich Gelegenheit genommen, in einem Elektrizitätswerk die in Betracht kommenden Verhältnisse an Hand der Rechnungsbücher zu prüfen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind zusammengestellt im Anhang, Anlage 5: Betriebsergebnisse einer kleinen Stadtzentrale mit Fernversorgung.

Das betreffende Elektrizitätswerk nützt die Wasserkraft eines kleinen Flusses in Württemberg aus. In seinem Versorgungsgebiet liegen landwirtschaftliche Kleinbetriebe, ein landwirtschaftlicher Großbetrieb und ein kleines Städtchen von ca. 9000 Einwohnern. Dieses letztere liegt in der Nähe der Zentrale und wird von dieser mit Gleichstrom von  $2 \times 220$  Volt versorgt, die landwirtschaftlichen Betriebe und die Ortschaften erhalten Drehstrom von 3000 Volt, der in üblicher Weise auf die Gebrauchsspannung heruntertransformiert wird. Als Reserve dient eine Lokomobile von 80 PS, für die Gleichstromseite ist eine Akkumulatorenbatterie vorhanden. Die Wasserkraft diente ursprünglich nur zum Betrieb einer Kunstmühle; das Elektrizitätswerk wurde erst nachträglich eingebaut.

Es ist in diesem Beispiel (Anlage 5) gezeigt, daß bei einem KWstd.-Preis von 25 Pf. der Ansatz der Pauschale mit M. 1.20 pro Morgen und Jahr für die betreffende Gegend ein gerechter ist. Bei billigerem Strompreis würde auch die Pauschale entsprechend zu erniedrigen sein. Diese Preisansätze dürfen jedoch nicht ohne weiteres verallgemeinert werden, da nicht zu vergessen ist, daß außer dem Strompreis auch die Verhältnisse der Gegend, Bodenbeschaffenheit, Größe der Anbauflächen, Art des Anbaues usw. bei der Bemessung der Pauschale mitbestimmend sein müssen.

Den Einfluß der Größe der Anbaufläche bei gleichem Pauschalpreis zeige folgendes Beispiel:

Es handle sich um zwei Ortschaften mit je 10 Landwirten; die mittlere Anbauflächengröße sei im einen Fall 50, im anderen 20 Morgen.

Ist die Pauschale beispielsweise zu M. 1.20 pro Morgen festgesetzt, so hat man an jährlichen Einnahmen:

im ersten Fall . . . . .  $10 \times 50 \times 1,20 = 600 \text{ M.}$ ,

im zweiten Fall aber nur . . . . .  $10 \times 20 \times 1,20 = 240 \text{ M.}$ ,

wobei aber in beiden Fällen gleich viel und gleich große Motoren vorhanden sind, die sich nur durch verschieden lange Benutzung unterscheiden. Die Zentrale muß aber beide Male gleich groß sein, da der momentane Kraftbedarf bei gleichzeitigem Arbeiten in beiden Fällen derselbe ist. Ist also dem Pauschalsatz eine mittlere Anbaufläche von 50 Morgen zugrunde gelegt, und mit dieser Annahme die Rentabilitätsberechnung durchgeführt worden, so wird man bei einem mittleren Besitz von 20 Morgen bedeutend ungünstiger abschneiden.

War in vorstehendem von der Tarifbildung für landwirtschaftliche und kleingewerbliche Betriebe die Rede, so blieb noch eine Konsumentengruppe unberücksichtigt, nämlich die kleinen Lichtabnehmer, wie Arbeiter und sonstige kleine Leute, die drei bis vier Glühlampen installiert haben.

Gerade hier ist das für die Anlage aufzuwendende Kapital möglichst nieder zu halten, da diese Leute nicht in der Lage sind, viel für Installationskosten aufzuwenden, und bei Amortisationsanlagen das Werk ein Interesse daran hat, nicht viel Kapital hineinzustecken. Man wird also vor allem die Kosten für Zählapparate niedrig zu halten suchen, d. h. meist auf die Verwendung von Kilowattstundenzählern verzichten müssen.

Auch die billigeren, in Überlandzentralen so wie so nicht verwendbaren Amperestundenzähler sind noch zu teuer, und man wird in solchen Fällen ebenfalls auf Pauschalberechnung angewiesen sein. Ein gutes Mittel, einer unberechtigten Stromentnahme vorzubeugen, bilden die sogenannten

### Strombegrenzer,

die billig sind und deren Vorteile den aufzuwendenden Preis reichlich aufwiegen. Diese Limitatoren werden auf einen der verabredeten gleichzeitig brennenden Lampenzahl entsprechenden Stromwert eingestellt; die Berechnung des Pauschalpreises wird dann nicht auf Grund des Anschlußwertes, sondern des durch den Strombegrenzer festgelegten Grenzwerts vorgenommen. Das Werk hat also ein Mittel in der Hand, die Spitze der Belastungskurve in bestimmten Grenzen zu halten, was von großem Vorteil ist.

Bei Anwendung der Elektrizität zu Heiz- und Kochzwecken kann man mittelst Strombegrenzern erreichen, daß während des Lichtkonsums kein Strom zu anderen Zwecken entnommen wird, indem man jenen auf den Stromverbrauch des Heiz- bzw. Kochapparates einstellt, so

daß bei Hinzutreten von Glühlampen der Limitator in Funktion tritt und den Konsumenten veranlaßt, entweder Licht zu brennen oder zu heizen.

Durch diese Strombegrenzer werden dem Pauschaltarif gewissermaßen neue Wege eröffnet; sie vermögen seinen Hauptnachteil, die Möglichkeit des Betruges, stark abzuschwächen. Leider sind sie noch zu jungen Datums, um ihre Vorteile an mehrjährigen Betriebserfahrungen nachweisen zu können.

Wie schon erwähnt, gibt es eine Grenze der Anwendbarkeit des Pauschaltarifs. Wo diese liegt, kann nicht allgemein festgelegt werden; nur eine für jeden speziellen Fall unter Berücksichtigung der jeweiligen Verhältnisse genau aufgestellte Rechnung kann hierüber Auskunft geben; jenseits dieser Grenze muß zur Zählerverrechnung gegriffen werden.

#### b. Zählertarife.

Die Verrechnung von Licht und Kraft nach Einheitssätzen ist nicht zu empfehlen, da das Werk wegen der schlechten Ausnutzung der Lichtanlagen mit höheren Selbstkosten für Lichtstrom zu rechnen hat. Auch läßt sich der Lichtkonsum durch Erniedrigung der Preisansätze nicht in dem Maße beleben, wie dies durch billigen Kraftstrom beim Kraftkonsum der Fall ist. Soll anstatt je eines Zählers für Licht und Kraft nur einer verwendet werden, so hilft man sich durch eine außer dem Kilowattstundenverbrauch noch besonders zu bezahlende Pauschalgebühr für jede angeschlossene Lampe, welche Berechnungsart meines Erachtens sehr vorteilhaft ist.

Bei reinen Zählertarifen, die man für Betriebe mit höherer Benutzungsdauer anwenden wird, kann man den Konsumenten durch verschiedenartige Rabatte, wie Benutzungsdauerrabatt, Umsatzrabatt u. dgl., sowie Kombinationen derselben entgegenkommen, ferner können mittelst Doppeltarifs die Preise in für das Werk günstiger Weise abgestuft sowie auf eine gleichmäßige Tagesbelastung hingewirkt werden.

Entsprechend den von den Gaswerken eingeführten Münzgasmessern wurden auch

#### Zählerautomaten

mit Geldeinwurf auf den Markt gebracht, die sich jedoch bis jetzt vermutlich wegen ihres verhältnismäßig hohen Preises (ca. 100 M.) noch wenig Eingang verschafft haben. Sie werden sich dann besser einführen, wenn nicht nur der Mietspreis für den Automaten, sondern auch die Abschreibung der Installation im Strompreis inbegriffen ist, so daß die Einführung der elektrischen Beleuchtung ohne allzu sehr fühlbare Aufwendungen jedermann ermöglicht wird. Nach erfolgter

Abschreibung von Installation und Zähler kann dann der Preis entsprechend ermäßigt, d. h. für denselben Preis eine entsprechend höhere Strommenge abgegeben werden. Die Vereinfachung des Verrechnungs- und Kassenwesens sowie der Fortfall der Geldverluste wegen nicht einzutreibender Beträge bedeuten für das Werk nicht zu unterschätzende Vorteile (siehe auch E. T. Z. 1911, S. 895 u. f.).

Bei genossenschaftlichen Überlandzentralen wendet man gerne dem Charakter der Genossenschaften besonders Rechnung tragende Tarife an; auf ein Beispiel eines solchen ist im nächsten Kapitel bei Behandlung der Genossenschaften hingewiesen.

Ein guter Tarif muß folgenden allgemeinen Gesichtspunkten gerecht werden:

Zunächst muß ein solcher den Produktionsbedingungen elektrischer Energie Rechnung tragen, d. h. Einnahmen und Selbstkosten müssen in einem gesunden Verhältnis zueinander stehen.

Ferner muß er den Konsumtionsbedingungen Rechnung tragen, also den Besitz- und Absatzverhältnissen (lange andauernder oder intermittierender Betrieb) angepaßt sein.

Die Forderung möglicher Einfachheit zum Zwecke der Erleichterung des Abrechnungsgeschäfts und der Verständlichkeit für den Konsumenten wurde schon an anderer Stelle aufgeworfen und begründet.

Die Grundpreise müssen auf Grund gewissenhafter Berechnung und Überlegung an Hand von Erfahrungszahlen, nicht theoretischer Erläuterungen richtig festgesetzt werden; die untere Grenze ist gegeben durch die Selbstkosten plus Mindestgewinn, die obere durch die Wertschätzung der Elektrizität seitens der Konsumenten, bzw. durch die Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Licht- und Kraftquellen (Gas, Petroleum, Benzin etc.).

### c. Sondertarife für Spezialzwecke.

Die Vielseitigkeit in den Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität und die verschiedene Wertschätzung der von ihr verrichteten Leistungen bringt die Notwendigkeit mit sich, die Strompreise diesen Faktoren anzupassen. Großbetrieben gegenüber sind die Werke durch die Konkurrenz der anderen Energiequellen schon lange zu entgegenkommender Preispolitik verurteilt; erst das Bestreben der Schaffung einer guten Zentralenausnutzung wurde die Veranlassung dazu, auch kleineren Konsumenten bei für das Werk günstiger Stromabnahme Spezialtarife zu gewähren, um den Verbrauch auch zu Heiz- und Kochzwecken zu beleben.

Ob zu diesem Zwecke Zähler- oder Pauschaltarife besser sind, kann nicht allgemein entschieden werden. Man beachte, daß bei Verwendung von Elektrizität zu anderen Zwecken als für Beleuchtung

die Pauschalierung meist bedenklich ist, da bei Verwendung zu anderen Zwecken die Elektrizität sozusagen direkt Werte schafft und somit die Versuchung zum Mißbrauch bedeutend größer ist, im Gegensatz zur Beleuchtung, wo der Konsument kein Interesse daran hat, unnötig Licht brennen zu lassen.

Ein sicherer, wenn auch etwas teurerer Weg ist der, zur Berechnung des Verbrauchs eines Bügeleisens oder anderer Heizapparate einen sogenannten

#### Vergütungszähler

einzubauen. Dieser ist ein gewöhnlicher Zeitzähler, der die Benutzungstunden des betreffenden Apparats registriert. Da man den Stromverbrauch des letzteren kennt, werden die entnommenen Kilowattstunden bestimmt, von dem am Hauptzähler angezeigten Gesamtverbrauch abgezogen und zum Kraft- bzw. Heiztarif berechnet. Bei Pauschalangaben erfolgt die Berechnung des Verbrauchs direkt nach den Angaben des Vergütungszählers.

Soll der Vergütungszähler nicht vom Konsumenten angeschafft oder durch die so wenig beliebte Zählermiete amortisiert werden, so können besondere Bedingungen vereinbart werden, die beispielsweise für

#### elektrisches Bügeln

etwa folgendermaßen formuliert werden könnten:

Der Konsument verpflichtet sich, mindestens 3 Jahre und jedes Jahr mindestens 120 Stunden elektrisch zu bügeln, so kostet die Stunde inkl. Zählermiete 8,5 Pf., vom dritten Jahre an nur noch 4,5 Pf.

Diesen Sätzen ist der Preis von 10 Pf. pro KWstd. und eine Abschreibung des Vergütungszählers binnen 3 Jahren zugrunde gelegt; da der Verbrauch für Bügeln aber in eine Zeit fällt, in der dem Werk jede Stromabgabe von Vorteil ist, läßt sich dieser Preis noch ermäßigen, auch kann die Abschreibung event. auf einen längeren Zeitraum ausgedehnt werden. Der Preis des Vergütungszählers ist mit 14 M. angenommen.

Die Berechnung der Kosten für die Gebrauchsstunde kann, da bei den kleinen in Betracht kommenden Werten die Verzinsung vernachlässigt werden kann, nach folgender Formel vorgenommen werden:

$$K = \frac{w}{1000} \cdot a + \frac{P}{t \cdot s}$$

wo  $K$  = Kosten für die Gebrauchsstunde,

$a$  = Preis der Kilowattstunde in Pfennig,

$w$  = Verbrauch des Eisens in Watt,

$P$  = Preis des Vergütungszählers,

$t$  = Abschreibungszeit des Zählers in Jahren,

$s$  = Zahl der garantierten jährlichen Benutzungstunden.

Kann die KWstd. zu Bügelzwecken z. B. für 4,5 Pf. abgegeben werden, so kostet bei Abschreibung des Zählers in 6 Jahren und 120 garantierten Benutzungsstunden im Jahr die Benutzungsstunde eines 450-Watt-Eisens:

$$K = \frac{450}{1000} 4,5 + \frac{14}{6 \cdot 120} = 2,02 + 1,95 = \text{rd. } 4 \text{ Pfg.}$$

Bei der Verrechnungsart mittelst Vergütungszähler ist eine Stromhinterziehung so gut wie ausgeschlossen; sie läßt sich ohne weiteres auf alle Verbrauchsarten mit praktisch konstantem Stromverbrauch ausdehnen, wobei für Apparate mit gleichem Wattverbrauch ein und derselbe Zähler verwendbar ist.

Dieses für Bügeln durchgeführte Beispiel läßt sich natürlich auch auf andere Anwendungsgebiete der Elektrizität übertragen.

#### d. Amortisationstarife.

Diese Tarife stellen nicht nur eine Gegenleistung für den gelieferten Strom dar, sondern es ist im Strompreis noch ein Betrag zur Verzinsung und Tilgung der Installation des Konsumenten mit enthalten. Hierdurch soll auch kleineren Leuten, für die die einmaligen Installationskosten eine zu schwere Belastung bilden, die Einführung der Elektrizität erleichtert werden.

Das Elektrizitätswerk wird in solchen Fällen die Installation ganz oder teilweise auf seine eigenen Kosten vornehmen, so daß der Konsument außer einer event. kleinen Beisteuer und den Kosten der Beleuchtungskörper nur den Strom zu bezahlen hat.

Am besten erhellt dies aus einem Beispiel: Es ist der Fall der Besteueranlagen, der im Anhang, Anlage 6, beschrieben ist; die Zahlen-  
daten verdanke ich dem Elektrizitätswerk Schorndorf (Wilhelm Reisser, Stuttgart).

Zur Erleichterung der Anschaffung von Elektromotoren werden solche zuweilen vom Elektrizitätswerk oder dem betreffenden Unternehmer mietweise überlassen oder auf deren Kosten probeweise in Betrieb gestellt. Nach Ablauf der Probezeit wird der betreffende Handwerker die Vorzüge elektrischen Betriebs kennen gelernt haben und sich zur Anschaffung oder Miete entschließen.

In ähnlicher Weise, wie angeführt, lassen sich für die verschiedensten Verhältnisse auch bei Pauschalverrechnung Amortisationsbedingungen aufstellen, es wird durch Heranziehung der verschiedenartigsten Abnehmer eine gleichmäßigere Belastung der Zentralen erzielt und damit auf eine die Wirtschaftlichkeit steigernde gute Ausnutzung derselben hingewirkt.

### Zusammenfassung des 3. Kapitels.

Die im letzten Kapitel geschilderten Vorzüge elektrischen Betriebs ergeben nur bei entsprechenden Strompreisen wirtschaftliche Vorteile. Es müssen also niedere Stromselbstkosten angestrebt werden, um einen die Konkurrenz mit anderen Beleuchtungs- und Antriebsarten ermöglichenden Verkaufspreis zu erzielen. Es ist besonders darauf zu sehen, daß nicht zu teuer gebaut wird, da die Kosten für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals einen großen Teil der Selbstkosten ausmachen. Über die Höhe der Abschreibungen sind Angaben gemacht. Im Interesse größter Betriebssicherheit und Verbilligung der Reserveanlagen wird der Zusammenschluß mehrerer Werke empfohlen. Von großem Einfluß auf die Rentabilität eines Elektrizitätswerks ist die Ausnutzung desselben. Man wird also darauf sehen müssen, durch Anschluß von Betrieben mit langer und gleichmäßiger Benutzung, vorwiegend Tagesbetrieben, die Wirtschaftlichkeit zu steigern. Die landwirtschaftlichen Zentralen weisen die ungünstigsten Verhältnisse auf, was an Hand statistischer Angaben bewiesen wird.

Von größter Bedeutung als produktiver Wirtschaftsfaktor ist ferner die Tarifrage; es wird an Hand von Beispielen und Erfahrungszahlen gezeigt, daß für ländlichen Kleinbesitz nur der Pauschaltarif zu befriedigenden Ergebnissen führen kann, daß aber für mittleren und Großbesitz sowie gewerbliche Zwecke zum Zähler gegriffen werden muß. Zur Verhütung der Entnahme unberechtigter Stromwerte in Pauschalanlagen werden die sogenannten Strombegrenzer empfohlen. Bei Zählertarif kann den Minderbemittelten der Elektrizitätsbezug durch Aufstellung von Selbstverkäufern (Automaten) erleichtert werden. Demselben Zwecke dient ferner die Ausführung von Amortisationsanlagen, bzw. die mietweise Überlassung von Motoren mit teilweiser Vergütung der bezahlten Miete bei Ankauf.

Auch wird an Hand eines Beispiels für elektrisches Bügeln gezeigt, wie durch vorteilhafte Strombezugsbedingungen auf die Verallgemeinerung der Elektrizitätsbenutzung hingewirkt und hierdurch die Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätsversorgung erhöht werden kann.

---

#### 4. Kapitel.

### Organisatorische Wirtschaftsfaktoren.

#### **In welcher Form sollen die Elektrizitätswerke für ländliche Bezirke finanziert und betrieben werden?**

Steht die Tatsache fest, daß die Elektrizität für ein bestimmtes Gebiet ein unbedingtes wirtschaftliches Erfordernis darstellt, so ist es Sache dieses Gebietes, sich diese zu verschaffen. Es werden hier also die Kreise, Provinzen, Kommunen etc. die Elektrizitätsversorgung entweder selbst durchzuführen oder irgendwie zu unterstützen haben, da für sie die allgemeine wirtschaftliche Hebung des ganzen Gebiets, nicht aber die Erzielung einer möglichst großen Rentabilität des Elektrizitätswerks ausschlaggebend ist. Hier zeigt sich die scharfe Trennung volkswirtschaftlicher und kapitalistischer Tendenzen. Das Privatkapital wird sich zur Finanzierung eines Unternehmens nur dann hergeben, wenn Aussicht auf einen finanziellen Erfolg vorhanden ist; ein charakteristisches Beispiel hierfür bieten die großen amerikanischen Zentralen am Niagarafall, die den Strom naturgemäß äußerst billig erzeugen und von denen man annehmen müßte, daß sie infolgedessen in besonders weitgehendem Maße auch Landwirtschaft versorgen würden. Dies ist aber nicht der Fall, da diese Werke lieber den Strom weiter weg leiten, um bessere Konsumenten wie die Landwirtschaft anschließen zu können. Hierzu kommt allerdings noch, daß die dortigen Wirtschaften meist so bedeutend sind, daß sie ihre eigenen Zentralen haben; auch sind dort sehr viel Dampfplüge in Anwendung.

Die Provinzen bzw. Gemeinden hingegen müssen danach trachten, durch Verbesserung der wirtschaftlichen Verhältnisse die Steuerkraft der Bürger zu heben und auf diese Weise indirekt ihre Einnahmen zu erhöhen. Bietet die Einführung der Elektrizität ein Mittel zu diesem Zweck, so wird einer Finanzierung mittelst öffentlicher Gelder zuzustimmen sein, ist dies nicht der Fall, so ist es ein großes Unrecht, den einzelnen Nutznießern der Elektrizität deren Vorteile auf Kosten der Allgemeinheit zugänglich zu machen.

Die Entscheidung hierüber hängt nun von den speziellen Verhältnissen jedes Landes ab, ebenso, in welcher Weise die Elektrizitäts-

versorgung zu geschehen hat und ob — vom wirtschaftlichen Standpunkte aus — der Bau einer Überlandzentrale die beste Lösung bildet.

Einige Beispiele mögen dies zeigen:

Betrachtet man ein Land wie die Schweiz oder Schweden, welche von der Natur mit reichen Wasserkraften bedacht sind, so ist eine Nutzbarmachung dieser natürlichen Schätze unter allen Umständen geboten, besonders da sich große Kräfte mit verhältnismäßig geringeren Kosten, auf die Pferdekraft bezogen, nutzbar machen lassen. Die Anlagekosten pro Kilowatt Zentralen-Leistung sinken mit wachsender Größe der Werke, und wo große natürliche Energiemengen zur Verfügung stehen, ergibt sich die Anlage möglichst großer Werke als beste Lösung.

Dasselbe gilt für das norddeutsche Tiefland, mit dem Unterschied, daß man hier mit Ausnahme der Ausnutzung von Talsperren, aus denen sich ebenfalls große Energiemengen gewinnen lassen, auf die Herstellung der Elektrizität mittels Kohlen angewiesen ist. Auch hier sind große Zentralen berechtigt, da sie durch Frachtersparnis bzw. Erstellung in nächster Nähe von Brennstofflagern und beste Ausnutzung die billigsten Produktionskosten (s. 3. Kapitel) gewährleisten.

Ganz anders ist es hingegen in den süddeutschen Staaten Bayern und Württemberg. Große Wasserkraften sind nicht vorhanden, dafür aber viele kleinere und mittlere. Wollte man auch hier Großzentralen errichten, so wäre man hauptsächlich auf Dampfzentralen angewiesen, die aber in diesen Gebieten zufolge der bedeutenden Transportkosten für die Kohle ungleich kostspieliger im Betrieb werden würden.

Dazu kommt noch, daß schon viele kleine, rentierende Zentralen vorhanden sind, die entweder aufgekauft werden müßten, oder deren Versorgungsgebiet für die Überlandzentralen verloren ginge, da sie durch Konzessionsverträge auf Jahrzehnte hinaus Stromlieferungsmonopol besitzen, während andererseits die vorhandenen Wasserkraften brach gelegt würden.

Des weiteren bilden die Besitzer dieser kleineren Werke meist ansehnliche örtliche Steuerzahler, deren Existenz bei Verwirklichung großer Pläne gefährdet würde; es ist daher sehr fraglich, ob der erzielte volkswirtschaftliche Effekt für den Staat befriedigend werden würde, insbesondere, da die Großzentralenbewegung vom Großkapital ausgeht, das natürlich in erster Linie darauf bedacht ist, selbst nicht zu kurz dabei zu kommen. Damit soll nun keineswegs gesagt sein, daß den von privater Seite zu Erwerbzwecken gegründeten Zentralen keinerlei volkswirtschaftliche Bedeutung beizumessen sei, im Gegenteil können sie durch die Ermöglichung intensiverer Betriebsformen mittels Elektrizität viel zur wirtschaftlichen Hebung der betreffenden Gegend beitragen.

Die Erkenntnis bricht sich immer mehr Bahn, daß bei der großen Bedeutung der Elektrizitätsversorgungsfrage die Öffentlichkeit ihr notwendigerweise das größte Interesse entgegenbringen muß, und daß die betreffenden Gemeinden, Kreise etc. in irgend einer Weise die Hand in den Elektrizitätsunternehmungen ihres Gebiets haben sollten, um nicht in ihren Entschliebungen, beispielsweise zwecks Anschlusses an eine unter günstigeren Bedingungen arbeitende Zentrale, behindert zu sein.

Falsch wäre es jedoch, in das entgegengesetzte Extrem zu verfallen und die Privatinitiative gänzlich ausschalten zu wollen, da der Privatunternehmer unternehmungslustiger, beweglicher und in geschäftlichen Dingen vielfach auch geschickter ist, als dies bei einem bürokratischen Regiment der Fall sein kann. Ebensowenig sollte einzelnen Gemeinden die Elektrizitätsversorgung überlassen werden, da diese nur ihre speziellen Interessen wahren, und in der Regel eine befriedigende Lösung der Elektrizitätsversorgung nur bei Zusammenfassung eines größeren, event. mehrere Gemeinden umfassenden, für die Zentrale günstigen Absatzgebietes möglich ist. Es darf also nicht jede Gemeinde analog der Gas- und Wasserversorgung „in falsch verstandenem, aber so wohlthuendem Selbständigkeitsgefühl (L.-N. 4)“ ihr eigenes Werkchen bauen, sondern soll sich einem großzügigeren Unternehmen anschließen, das beispielsweise mehrere Gemeinden mittelst eines Gemeindeverbandes zusammenfassen und an dem auch die Industrie beteiligt sein kann.

Hierüber finden sich in L.-N. 8 interessante Auslassungen von Jutzi und dem Oberbürgermeister der Stadt Hagen, die die Bedeutung der Privatindustrie auch beim Zusammenarbeiten mit Behörden charakterisiert.

Wie gewöhnlich, so ist auch hier der goldene Mittelweg die beste Lösung. Die Gemeinden sollten sich nicht durch Privatunternehmungen das Heft aus der Hand nehmen lassen, andererseits aber auch nicht durch Fernhalten derselben auf deren Vorteile verzichten. Der Oberbürgermeister der Stadt Hagen hat ein Zusammenarbeiten in Form der Aktiengesellschaften empfohlen, wobei er die Verhältnisse seiner vorwiegend industriellen Gegend im Auge hatte. Unter anderen Verhältnissen werden sich andere Gesellschaftsformen finden, die dem Charakter des Versorgungsgebietes angepaßt sind.

Hierzu bemerkt Vietze in L.-N. 13 sehr richtig, daß in erster Linie für die Wahl der Gesellschaftsform naturgemäß deren Verbreitung bestimmend ist, da das Vertrauen zum Unternehmen wesentlich von der Kenntnis und Erfahrung der Interessenten mit der Organisation der gewählten Gesellschaftsform abhängt.

In den letzten Jahren erfreuen sich die genossenschaftlichen Überlandzentralen einer stets steigenden Beliebtheit, und zwar haben sie

meist die Form der „eingetragenen Genossenschaft mit beschränkter Haftpflicht“, die sich von den anderen Gesellschaftsunternehmungen in der Hauptsache dadurch unterscheiden, daß sie nicht vom Großkapital abhängig sind, sondern auch die Minderbemittelten sich durch Übernahme von Geschäftsanteilen beteiligen können.

Den genossenschaftlichen Überlandzentralen wird der Vorwurf gemacht, daß für das Werk besonders günstige Abnehmer nicht dieselben Ermäßigungen genießen könnten, wie solche von einem Privatwerke eingeräumt werden könnten. Diesem Nachteil läßt sich jedoch begegnen; einen Weg hierzu bietet der von Vietze angegebene Anteiltarif (siehe L.-N. 13).

Dieser Tarif widerspricht scheinbar der früher aufgestellten Forderung möglicher Einfachheit, es ist dies jedoch nicht der Fall. Er kann natürlich nur auf Zählerverrechnung angewendet werden, während die landwirtschaftlichen Kleinkonsumenten, denen es am schwersten fallen würde, sich in einen etwas komplizierten Tarif einzuarbeiten, auch bei genossenschaftlichen Überlandzentralen aus den angeführten Gründen pauschal angeschlossen werden sollten. Ihr geringer Verbrauch würde ja so wie so nicht hinreichen, sie in den Genuß der Vergünstigungen dieses Tarifes zu setzen; auch für diese Abnehmer können nach Maßgabe etwa übernommener Anteile abgestufte Pauschalsätze zur Anwendung kommen.

Infolge der Unterstützung der genossenschaftlichen Überlandzentralen seitens der öffentlichen Meinung sind auch tatsächlich viele Unternehmungen auf dieser Basis gegründet worden, leider nicht immer zum Nutzen der Beteiligten. Da eine rein landwirtschaftliche Zentrale nach den seither gemachten Erfahrungen schwerer auf einen finanziellen Erfolg rechnen kann, wird auch eine genossenschaftliche landwirtschaftliche Überlandzentrale keine leichte Existenz haben; denn wenn sie auch nicht auf das Herauswirtschaften von Überschüssen angewiesen ist, so ist es doch sehr fraglich, ob ein ganz und gar nicht lebensfähiges, nur durch fortgesetzte Zuschüsse am Leben zu erhaltendes Unternehmen für die Genossen wirtschaftliche Vorteile bieten kann.

Es muß darauf gesehen werden, nur wirtschaftliche Unternehmungen zu gründen; das können aber derartige Orts- oder Nachbarschaftszentralen nur sein, wenn sie, wie in dem Beispiel am Anfang des dritten Kapitels, die Elektrizität im Nebenbetrieb herstellen können. Ist die Anschlußmöglichkeit an ein bestehendes Werk vorhanden, so ist, zunächst wenigstens, die Gründung einer Strombezugs- bzw. Leitungsgenossenschaft zu befürworten und vom Bau einer eigenen Zentrale abzuraten; hat ein mehrjähriger Betrieb ergeben, daß die Einnahmen eine solche rentabel machen können, so ist es immer noch Zeit, an einen Bau heranzutreten, doch nur, wenn unter Berücksichtigung des

vorhandenen Konsums die entsprechend höheren Kapital-, Verwaltungs- und Betriebskosten herauszuwirtschaften sind.

Natürlich muß diese Möglichkeit schon bei Abschluß des Stromlieferungsvertrages mit dem ursprünglichen Stromlieferanten berücksichtigt werden; eventuell kann dann ein Gegenseitigkeitsvertrag an dessen Stelle treten.

Diese Verhältnisse richtig zu beurteilen ist, wie schon weiter oben angeführt, den Landwirten selbst im allgemeinen unmöglich. In dieser Erkenntnis haben einige Provinzen bzw. der Verband der landwirtschaftlichen Genossenschaften Elektroingenieure angestellt, die die Aufgabe haben, durch unparteiische Beratung bei den verschiedenen Arbeiten, wie Gründungen, Projektierungen sowie Kontrolle der Preise und Rentabilitätsberechnungen die Beteiligten vor falschen Maßnahmen und daraus resultierenden Verlusten zu schützen. Mustergültig ist in dieser Hinsicht die auf Veranlassung von Ökonomierat Dr. R a b e (Halle) vom Verband der landwirtschaftlichen Genossenschaften gegründete elektrotechnische Abteilung für die Landwirtschaft der Provinz Sachsen, die bereits bei mehreren, zusammen das halbe Gebiet der Provinz umfassenden, ca. 1500 Ortschaften mit Strom versorgenden Überlandzentralen die dauernde Beratung ausübt (s. L.-N. 13, Vorwort).

Das Bestehen derartiger unparteiischer Beratungsstellen liegt jedoch nicht nur im Interesse der Landwirtschaft, sondern auch in dem der Elektroindustrie, da schlecht rentierende, die Überlandzentralenbewegung in Mißkredit bringende Unternehmungen vermieden werden. Sie sollen den Landwirten kostenlos zur Verfügung stehen und bedeuten „ein weiteres erfolgreiches Bemühen um eine organisierte und verallgemeinerte Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft“ (A.E.G.-Zeitung).

#### Zusammenfassung des 4. Kapitels.

Da das Großkapital nur dann ein Interesse daran hat, Zentralen zu bauen, wenn ein Gewinn zu erwarten ist, manchmal aber die Einführung der Elektrizität ein Erfordernis der wirtschaftlichen Hebung eines Bezirks sein kann, müssen die betreffenden Gegenden zur Selbsthilfe greifen und von sich aus ganz oder teilweise die Finanzierung und den Betrieb einer elektrischen Zentrale durchführen. Dies kann auf dem Wege der Gründung irgend einer für die betreffenden Verhältnisse geeigneten Gesellschaft, z. B. einer Aktiengesellschaft, einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung, eines Gemeindeverbands oder einer Genossenschaft geschehen. Besonders die letztere Form gewinnt immer mehr an Bedeutung; die Genossenschaft erzeugt den Strom entweder selbst oder bezieht ihn von einem bestehenden Werk (Strom-

bezugs- bzw. Leitungsgenossenschaft). Um dem Unternehmen ein festes Rückgrat zu geben, ist eine Beteiligung der Gemeinden, Kreise bzw. der Provinz in irgendwelcher Form anzustreben. In solchen Gesellschaften können die verschiedensten Interessen und Konsumentengattungen vertreten sein. Durch Zusammenarbeiten der Einzelnen ist die Elektrizitätsversorgung in vielen Fällen bedeutend rationeller zu bewirken, als bei Einzelversorgung. Als ein Mittel zur Vermeidung von verfehlten Gründungen wird die Schaffung unparteiischer Beratungsstellen empfohlen.

---

## II. Teil.

# Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Verbesserung der elektrotechnischen Einrichtungen.

### 1. Kapitel.

## Wahl der Zentralengröße, Stromart und Spannung.

Nachdem im wirtschaftlichen Teil der vorliegenden Abhandlung in der Hauptsache die organisatorischen Gesichtspunkte beleuchtet wurden, die einer Erhöhung der Wirtschaftlichkeit bzw. Rentabilität der Überlandzentralen dienlich sein können, soll nun die technisch-wirtschaftliche Seite der Elektrizitätsversorgung ländlicher Bezirke näher untersucht werden.

Wie bereits oben gesagt, ist es nicht immer von vornherein sicher, ob der Bau einer großen Überlandzentrale die beste Lösung der Elektrizitätsversorgungsfrage eines bestimmten Gebietes darstellt, sondern es ist dies vielmehr unter Berücksichtigung der jeweiligen Produktions- und Konsumtionsverhältnisse, wie Ausnutzungsmöglichkeit vorhandener Wasserkräfte, etwaiger Brennstoffkosten, Größe des Versorgungsgebiets etc. durch eine an Hand von Erfahrungszahlen bzw. Betriebsresultaten ähnlicher Anlagen aufgestellte Rechnung zu entscheiden. Hierbei wird es sich oft zeigen, daß der Unternehmer der Zentrale ein für sich besseres Resultat erzielt, wenn er sich mit der Versorgung eines beschränkten Gebiets begnügt und beispielsweise eine ihm zu Gebote stehende Wasserkraft rationell ausnützt.

Es handelt sich also um Entscheidung der Frage: Ist es vorteilhafter, einer kleinen Zentrale mit beschränktem Versorgungsgebiet oder einer Überlandzentrale mit großem Aktionsradius den Vorzug zu geben oder — technisch ausgedrückt — um die Wahl der günstigsten

### Zentralengröße, Stromart und Spannung.

Handelt es sich um die Versorgung einer einzelnen Ortschaft und deren nächster Umgebung und es kommt Überlandversorgung auch

in kleinem Umfange nicht in Frage, so wird sich Gleichstrom stets als vorteilhafteste Stromart erweisen, gleichviel, ob die Stromerzeugung mittels Wasser, Dampf oder Explosionsmaschine vorgenommen wird, und zwar wegen der Anwendungsmöglichkeit von Akkumulatorenbatterien.

Die weiteren Vorteile des Gleichstroms, nämlich die bequeme Regulierung der Gleichstrommotoren, fallen gerade bei ländlichen Versorgungen weniger ins Gewicht, so daß sie für eine Bevorzugung dieser Stromart nicht ausschlaggebend sein können; vom Standpunkte der Konsumenten aus wäre eher dem Drehstrom mit Rücksicht auf die Einfachheit der Motoren der Vorzug zu geben.

Hinsichtlich der Beleuchtung sind beide Stromarten als gleichwertig zu erachten, da der geringere Nutzeffekt der gewöhnlichen Wechselstrombogenlampe im vorliegenden Fall nicht in Betracht kommt.

In welcher Weise derartige, einem vorhandenen Betriebe (Mühle, Molkerei, Ziegelei etc.) angegliederte Kleinzentralen rationell betrieben werden können, wurde am Anfang des dritten Kapitels kurz erörtert. Man wird tagsüber einige Stunden lang die Ladung der Batterie vornehmen, die Abendbeleuchtungsspitze mit Maschine und Batterie zusammen nehmen, während der Nachtbetrieb und die geringe Tageslast von der Batterie allein übernommen wird.

Da derartige Kleinzentralen für die vorliegenden Untersuchungen von besonderem Interesse sind, sollen neben ihren bereits betrachteten wirtschaftlichen Lebensbedingungen auch ihre technischen Voraussetzungen eingehender betrachtet werden; außer einer Rentabilitätsberechnung seien daher im folgenden die Ausführungsformen eines solchen Werks kurz wiedergegeben.

Die zu untersuchende Anlage sei an einen vorhandenen Mühlenbetrieb mit Wasserkraft angegliedert, das Bedienungspersonal sei also schon vorhanden bzw. die Wartung werde vom Besitzer des Stammbetriebs selbst versehen. Daß eine ganz genaue Rentabilitätsberechnung nicht möglich ist, ergibt sich aus der Natur der Sache, da es kaum möglich sein dürfte, die Kosten für Stammbetrieb und Elektrizitätswerk genau zu trennen.

Als Antriebskraft diene eine Turbine, die an Stelle des früheren Wasserrades getreten ist.

Es ist nun die Größe der vorzusehenden Maschine und der Akkumulatorenbatterie zu ermitteln. Letztere soll so bemessen werden, daß sie imstande ist, den halben Bedarf ca. 3 Stunden lang zu übernehmen.

Die Gesamtleistung der Zentrale richtet sich nach dem gesamten Anschlußwert, wobei zu berücksichtigen ist, daß dieser nie ganz in

Anspruch genommen wird; man kann annehmen, daß für Beleuchtung 40—60%, für Kraft 30—50% des Installationswertes gleichzeitig benötigt werden.

Zu versorgen sei ein Dorf von ca. 500 Einwohnern, in dem 170 Glühlampen und 21 PS Motoren angeschlossen sind, woraus sich als Anschlußwert und hieraus als Zentralenleistung ergibt:

Für Licht:

Anschlußwert . . . . .	6,8 KW
nötige Zentralenleistung ca. . . . .	4,0 KW

Für Kraft (1 PS Nutzleistung = 900 Watt Anschlußwert):

Anschlußwert . . . . .	18,9 KW
nötige Zentralenleistung . . . . .	9,0 KW

Es werde also eine Maschine von 13,5 KW Leistung gewählt, deren Spannung zum Zwecke der Akkumulatorenladung bis ca. 165 Volt (entsprechend der höchsten Ladespannung pro Zelle von 2,75 Volt) erhöht werden kann, so daß kein Zusatzaggregat erforderlich ist.

Die Batteriegröße errechnet sich nach obigen Angaben wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{Gesamtbedarf: } & 4 + 9 = 13,0 \text{ KW,} \\ \text{die Hälfte hiervon} & \quad 6,5 \text{ KW,} \end{aligned}$$

entspricht ca. 54 Ampere bei 110 Volt; die Batterie muß also bei dreistündiger Entladung eine Kapazität von

$$3 \cdot 54 = \text{ca. } 162 \text{ Amperestunden}$$

besitzen. Es werde also Type J 6 der Akkumulatorenfabrik Hagen mit 162 Amperestunden garantierter Kapazität gewählt.

Das Verhältnis Akkumulatorenleistung:Maschinenleistung ist dann, da der maximale Entladestrom der angenommenen Batterie 54 Ampere beträgt

$$\frac{54 \cdot 110}{13500} = 0,44,$$

was als günstig zu bezeichnen ist.

Gewählt ist die Anordnung eines Doppelzellenschalters, wobei 20 Schaltzellen erforderlich sind. Es können natürlich auch andere Schaltungen event. mit Zusatzaggregat gewählt werden, doch würde es zu weit führen, diese alle einer Kritik zu unterziehen.

Zur Aufstellung der Rentabilitätsberechnung sind nun die Kosten und Einnahmen von Interesse. Die Einzelnachweise hierüber finden sich im Anhang, Anlage 7.

Unter Zugrundelegung dieser Daten ergibt sich folgende

**Rentabilitätsberechnung.****Einnahmen.**

Licht + Kraftstrom = 2720.— + 1317.50 = M. 4037.50.

**Ausgaben.****Abschreibungen.**

Gegenstand	Wert M.	Abzuschreiben %	Betrag M.
Turbinenanlage . . . . .	6000.—	5	300.—
Dynamomaschinenanlage	1200.—	5	60.—
Akkumulatorenbatterie .	2550.—	10	255.—
Schaltanlage . . . . .	1050.—	3,5	37.—
Freileitungsnetz . . . . .	7500.—	3,5	248.—

**Sonstiges.**

Reparaturen, Schmiermaterial . . . . . 300.—

Gesamtausgaben: 1200.—

Gesamteinnahmen . M. 4037.50

Gesamtausgaben . . „ 1200.—

Überschuß . . . . . M. 2837.50

Dies entspricht, da das Anlagekapital insgesamt laut obiger Aufstellung M. 18 300.— beträgt, einer Verzinsung von ca. 15%.

Es geht hieraus hervor, daß solche Kleinzentralen sehr gut rentieren können, auch wenn die Verhältnisse nicht ganz so günstig liegen wie im vorliegenden Falle, was auch von den Besitzern solcher Werke bestätigt wird; vorausgesetzt ist natürlich, daß diese Werke an bestehende Betriebe angegliedert und vom Besitzer bzw. dessen sowieso vorhandenem Personal überwacht werden, welche Personen auch die laufenden Reparaturen und Installationen event. übernehmen können.

## Maßnahmen zur Erweiterung des Versorgungsgebiets einer Kleinzentrale.

Tritt an eine Kleinzentrale, wie vorstehend beschrieben, die Aufgabe heran, auch weiter entfernt liegende Konsumenten mitzuversorgen, die mit Gleichstrom nicht mehr erreichbar wären, so läßt sich dies ohne großen Kostenaufwand und ohne viel umfangreichere Einrichtung auf folgende Weise erreichen.

Jeder Gleichstrommaschine kann durch Anbringung von Schleifringen, wie solche zum Zwecke der Spannungsteilung bei Gleichstrom-Dreileitersystem Verwendung finden, Wechselstrom entnommen werden. Dieser Wechselstrom, der ein- oder mehrphasig abgenommen werden kann, wird in einem Transformator auf die nötige Übertragungsspannung gebracht und dem weiter entfernten Verbraucher zugeführt.

Dabei ist nun allerdings zu beachten, daß die Periodenzahl dieses Stromes nicht immer gerade 50 ist, sie wird vielmehr in den meisten Fällen darunter liegen, doch hat dies bei Motorbetrieb gar nichts und bei Licht nicht viel zu sagen, wenn nur die Grenze von 25 Perioden nicht unterschritten wird, unter der die Glühlampen in sehr unangenehmer, ja unerträglicher Weise flimmern. Wird bereits bei der Projektierung mit dem Anschluß von Licht an die Wechselstromseite gerechnet, so dürfte es eigentlich immer möglich sein, die Maschine so zu wählen, daß das Produkt aus Polzahl und Umdrehungszahl möglichst nahe an 6000 herankommt; man wird also bei einer Polzahl von 4, 6, 8 Polen die ungefähren Umdrehungszahlen 1500, 1000, 750 wählen.

Wird ein Dreileiter-Gleichstromnetz vorgesehen, so läßt sich der Transformator ohne weiteres zur Spannungsteilung verwenden; bei Einphasenstrom erhält die Unterspannungswicklung eine Anzapfung in der Mitte, während bei Drehstrom und Sternschaltung der Nullleiter einfach an den Sternpunkt gelegt wird.

Die Frage, ob besser Ein- oder Dreiphasenstrom zur Anwendung gelangt, ist zunächst Sache der Rechnung; bei Ausführung dieser wird sich im allgemeinen zeigen, daß Drehstrom vorzuziehen ist, denn abgesehen von dem schlechteren Wirkungsgrad des Einphasenmotors ( $6\frac{1}{2}\%$  niedriger als bei Drehstrom im Falle des folgenden Beispiels) sowie dessen höherem Preis, ist die Leitung bei Einphasenstrom bedeutend schlechter ausgenutzt als bei Drehstrom. Die Einphasenleitung stellt sich auch in der Anlage kaum billiger als die Drehstromleitung, da bei Zugrundelegung derselben Verluste der Gesamtquerschnitt der ersteren größer wird wie bei der letzteren, die Ersparnis der dritten Leitung (Isolatoren, Montage) fällt nicht ins Gewicht.

Bei größeren, erweiterungsfähigen Versorgungsgebieten sollte aber nur Drehstrom von möglichst 50 Perioden verwendet werden, da hier einmal der Zeitpunkt kommen wird, wo sich die Aufstellung einer besonderen Drehstrommaschine lohnt und die zur Erweiterung nötigen Apparate, Transformatoren etc. normal sind; ferner sollte stets im Auge behalten werden, daß, wenn einmal eine Überlandzentrale ihre Arme in das Gebiet der Kleinzentrale erstreckt, bei entsprechendem Strompreis ohne weiteres an diese angeschlossen werden kann.

Eine Anordnung, wie vorstehend skizziert, besitzt noch folgende Annehmlichkeit: Soll nachts die Kraftmaschine abgestellt werden, so ist es bei Vorhandensein einer lösbaren Kupplung zwischen dieser und der Dynamomaschine möglich, letztere von der Batterie zu speisen und als Gleichstrom-Wechselstrom-Einankerumformer laufen zu lassen, welcher Modus besonders bei Dampf- oder Verbrennungsmotorzentralen mit schlechter Nachtbelastung von wirtschaftlicher Bedeutung sein

dürfte. Im allgemeinen hat ein derartiger Umkehrbetrieb den Nachteil, daß bei induktiver Last (Asynchronmotoren) infolge der feldschwächenden Wirkung der wattlosen Ströme eine Steigerung der Tourenzahl eintritt, die die angeschlossenen Motoren mitmachen, was naturgemäß nicht zulässig ist. Bei größeren Einankerumformern wird dies durch eine direkt gekuppelte Erregermaschine vermieden, die das Feld auf der richtigen Stärke erhält.

Im vorliegenden Falle ist dies jedoch technisch ohne Bedenken, da die nachts vorhandene Belastung nur aus Glühlampen besteht, somit induktionslos ist.

Im Anhang, Anlage 8, ist ein Beispiel für die Rentabilität einer solchen Zentrale angeführt, es wird gezeigt, unter welchen Umständen eine solche möglich ist.

Eine derartige Anordnung würde sich besonders eignen, wenn z. B. ein Pumpwerk, das bekanntlich eine hohe Benutzungsdauer (über 2000 Stunden jährlich) bei ziemlich konstantem Verbrauch aufweist, an ein entfernter liegendes Gleichstromwerk anzuschließen wäre.

Das Schaltungsschema (bekannter Art) einer derartigen Anlage mit Zusatzmaschine und Einfachzellenschalter ist in Abb. 1 wieder-

gegeben; die eingetragene Überspannungsschutzvorrichtung besteht aus Spulenableitern mit Dämpfungswiderständen, und muß in gleicher Weise an der Empfangsstelle vorgesehen werden.

Bevor wir zur Betrachtung weiterer Möglichkeiten bei rationaler Elektrizitätsversorgung ausgedehnter Gebiete übergehen, sei kurz von der Berechnung von Freileitungen im allgemeinen die Rede, da diesen infolge ihres großen Kapitalanteils an den Gesamtanlagekosten eine hohe

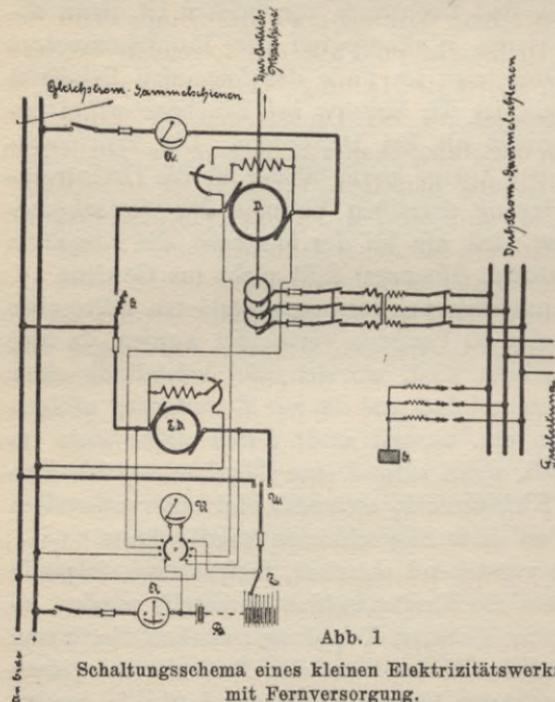


Abb. 1

Schaltungsschema eines kleinen Elektrizitätswerks mit Fernversorgung.

Bedeutung zukommt. Es seien die einfachsten Methoden dieser Berechnungen gekennzeichnet, da die sonst üblichen Formeln meist

umständlich zu handhaben, unübersichtlich und dabei nicht viel genauer sind.

Der zulässige Spannungsabfall hat sich nach den Anforderungen bzw. der Art des Konsums, dem Verwendungszweck, gelegentlich auch nach dem aus wirtschaftlichen Gründen zulässigen Energieverlust zu richten.

Während in Haupt- und Speiseleitungen aus wirtschaftlichen Gründen bis zu 15% Spannungsabfall bei maximaler Belastung zugelassen werden müssen, dürfen bei Verteilungsleitungen, an die Glühlampen angeschlossen sind, größere plötzliche Spannungsschwankungen von mehr als 2% nicht auftreten. Bei ruhiger, also nicht plötzlich wechselnder Belastung kann indessen auch mehr zugelassen werden; insbesondere bei Metallfadenlampen, die in dieser Hinsicht bedeutend günstiger sind wie Kohlefadenlampen. Ist die Belastung sehr ungleichmäßig, wie z. B. wenn außer Licht noch Bahnen, Aufzüge u. dgl. zu versorgen sind, so sind diese möglichst nahe an der Zentrale vom Lichtbetrieb zu trennen.

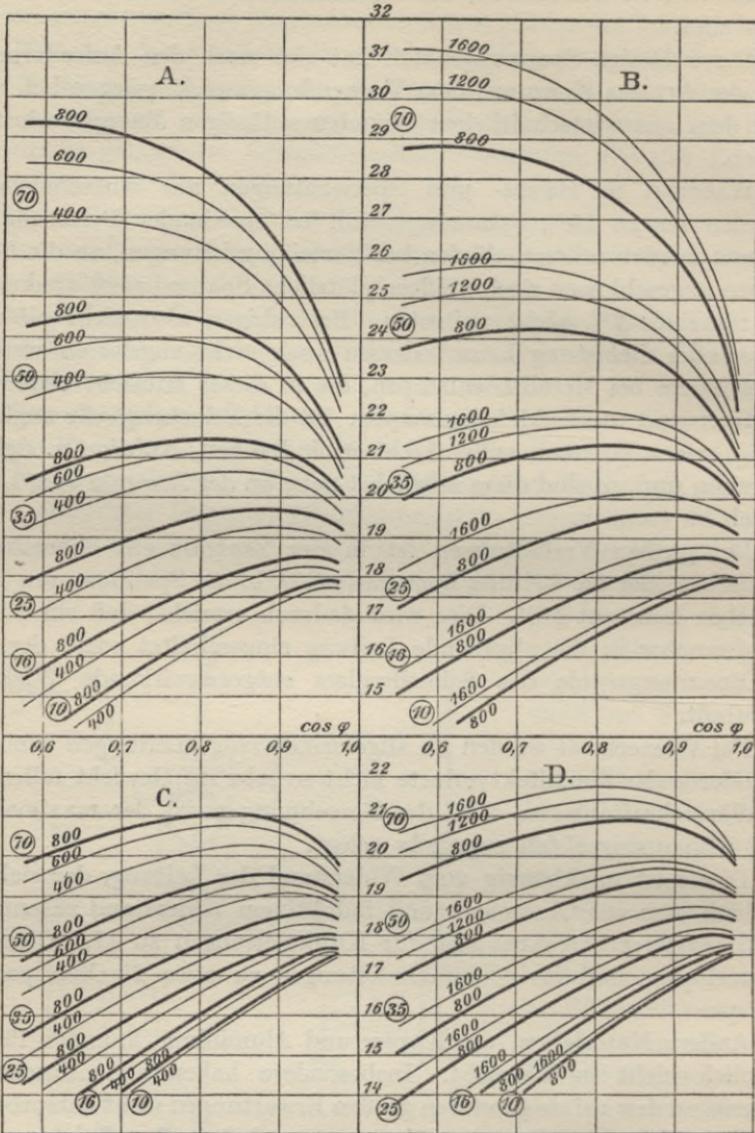
Bei großen Verhältnissen ist in der Zentrale ein Schnellregler vorzusehen, der die Leitung kompensiert, d. h. die Spannung am Ende derselben konstant hält. Dies wird dadurch erreicht, daß ein Stromtransformator in die abgehende Leitung eingeschaltet wird, der eine der Spannungsspule des Schnellreglers entgegenwirkende Wicklung beeinflusst.

Bei Wasserkraft werden im allgemeinen lange Leitungen benötigt; da andererseits die Effektverluste nicht so sehr ins Gewicht fallen wie bei Wärmekraftanlagen, wird der Berechnung meist der maximal zulässige Spannungsabfall zugrunde gelegt.

Dieser ist unabhängig vom Widerstand der Leitung, der sich bei Wechselstrom aus Ohmschem und induktivem Widerstand zusammensetzt. Ersterer berechnet sich für Kupferleitungen zu 17,5 Ohm pro km und qmm und für Aluminiumleitungen zu etwa 29 Ohm pro km und qmm.

Andere Materialien, wie Kupfer und Aluminium, kommen für gewöhnlich nicht in Betracht. Insbesondere haben alle Aluminiumlegierungen den auf sie gesetzten großen Erwartungen nicht entsprochen. Aluminiumleitungen kommen übrigens nur bei großen Leistungen in Frage, da bei dünneren Leitungen wegen Winddruck und Eisbelastung zu viel Durchhang zugelassen werden muß, um innerhalb der zulässigen Beanspruchungsgrenzen zu bleiben; was in diesem Falle an Leitungsmaterial gespart würde, käme an den höheren und folglich teureren Leitungsträgern wieder herein.

Der induktive Widerstand (Induktanz) läßt sich nach der bekannten Formel bestimmen:



- A. Frequenz 50. Drahtabstand 400–800 mm. 25–70 gmm 7teilige Drahtseile.  
 B. Frequenz 50. Drahtabstand 800–1600 mm. 25–70 gmm 6teilige Drahtseile.  
 C. Frequenz 25. Im übrigen wie unter A.  
 D. Frequenz 25. Im übrigen wie unter B.

Abb. 2.

Spannungsabfall einer Freileitung in Volt/km bei 1 Amp/qmm in Funktion von  $\cos \varphi$  für verschiedene Drahtabstände und Querschnitte bei 25 und 50 Perioden.

$$(1) R = 2\pi \cdot n L, \text{ wo } n = \text{Periodenzahl,} \\ L = \text{Selbstinduktion.}$$

Die Selbstinduktion pro Draht ist:

$$(2) L = (4,605 \cdot 10 \log \frac{a}{r} + 0,50) 10^{-4} \text{ Henry/km,} \\ \text{wo } a = \text{Leiterabstand,} \\ r = \text{Leiterradius.}$$

Der Spannungsabfall  $e$  ist dann

$$e = J \cdot W \cdot \cos \varphi + J \cdot R \cdot \sin \varphi \\ (3) = J (W \cos \varphi + R \sin \varphi)$$

wo  $J$  = Stromstärke in Amp,  
 $W$  = Ohmscher Widerstand,  
 $R$  = Induktiver Widerstand.

Mit dieser Formel läßt sich der Spannungsabfall mit für die Praxis genügender Genauigkeit verhältnismäßig leicht berechnen. Da die Rechnung jedoch immerhin etwas umständlich zu handhaben ist, wurden mehrfach Methoden ausgearbeitet, die einfacher auf den Spannungsabfall zu kommen gestatten. Sie gehen meist von der Überlegung aus, daß für jeden Querschnitt für einen mittleren Drahtabstand der Spannungsabfall berechnet und dieser Wert für sämtliche Drahtabstände verwendet werden kann, ohne daß die Abweichungen bei extremen Werten allzu große werden.

Bei der hier angewandten, von N. Forssblad in der E.T.Z. 1911, Heft 47, S. 1185 u. f., angegebenen Methode läßt sich auch diese Fehlerquelle ausschalten, da die Kurven dieser Methode für verschiedene Drahtabstände aufgetragen sind und für zwischenliegende Werte interpoliert werden kann. Die Kurven zeigen direkt den Spannungsabfall in Volt/km für eine Strombelastung von 1 Amp/qmm in Funktion von  $\cos \varphi$  für verschiedene Drahtabstände und Querschnitte.

Durch diese Kurven, die in Abb. 2 wiedergegeben sind, wird das Berechnen sehr vereinfacht, auch beim Projektieren dürften sie ein willkommenes Hilfsmittel darstellen.

## Einfluß der Kapazität.

Die Kapazität der Leitungen kann im allgemeinen vernachlässigt werden, solange die Leitungsspannung 60 000 Volt nicht übersteigt.

Der Kapazitäts-(Lade-)Strom einer Leitung hat eine Spannungserhöhung gegen die Empfängerstation zur Folge. Diese beträgt, wenn man sich die Kapazität in der Mitte der Leitung angebracht denkt, welche Annahme praktisch zulässig ist:

$$e_k = J_k \cdot \frac{R}{2} \dots \dots \dots (4)$$

wo  $J_k$  = Kapazitätsstrom,

$\frac{R}{2}$  = Induktiver Widerstand der halben Leitung.

Der Wert der Induktanz  $R$  läßt sich mit Hilfe der Formeln (1) und (2) berechnen, für den Ladestrom gilt:

$$J_k = \frac{2,41}{10 \log \frac{a}{r}} \left( \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \right) E_{\text{Volt}} \cdot l_{\text{km}} \cdot 10^{-8} \text{ Amp.}$$

Diese umständliche Rechnung durchzuführen ist aber nicht notwendig, wie durch die nachstehende Rechnung gezeigt werden soll.

Setzt man in Formel (4) die entsprechenden Werte für  $J_k$  und  $R$  ein, so erhält man:

$$e_k = \frac{2,41}{10 \log \frac{a}{r}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot E \cdot 1 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \left( 4,605 + 10 \log \frac{a}{r} + 0,5 \right) 10^{-4} \text{ Volt}$$

Zusammengefaßt gibt

$$e_k = 0,475 \cdot 10^{-10} \cdot E \cdot l^2 \cdot n^2 \cdot \left( 4,605 + \frac{0,5}{10 \log \frac{a}{r}} \right)$$

Drahtabstand und Querschnitt treten in dieser Formel nur im Nenner und als Logarithmus auf, es ist also ersichtlich, daß der Einfluß dieser Größen auf das Gesamtergebn nur ein geringer sein kann; es kann infolge der geringen Abweichungen unbedenklich ein konstanter Mittelwert für den Klammerausdruck gewählt werden, er wurde bestimmt zu 4,80.

Damit ist

$$e_k = 0,475 \cdot 4,8 \cdot E \cdot l^2 \cdot n^2 \cdot 10^{-10} \text{ Volt}$$

Für die normale Periodenzahl 50 und 100 km Leitungslänge erhält man also für je 100 Volt als Kapazitätsspannungserhöhung:

$$e_k = \frac{2,28 \cdot 100 \cdot 100^2 \cdot 50^2}{10^{10}} = 0,57 \text{ Volt}$$

oder anders ausgedrückt:

Die durch die Kapazität hervorgerufene prozentuale Spannungserhöhung einer Freileitung ist für den in Betracht kommenden Bereich von dem Drahtabstand und Drahtquerschnitt praktisch unabhängig; sie nimmt quadratisch mit der Übertragungslänge und Periodenzahl zu und beträgt für 100 km und 50 Perioden 0,57% der Leitungsspannung.

Wie gering der Unterschied zwischen den Resultaten der exakten Rechnung nach den Formeln 1, 2, 4 und 5 und dieser Formel ist, zeigt ein im Anhang, Anlage 9, gegebenes Beispiel.

Die Formel genügt für die betrachteten Verhältnisse; bei ganz hohen Spannungen und großen Entfernungen ergeben sich Abweichungen

insofern, als die obigen Formeln zugrunde gelegte Annahme, daß die Kapazität als in der Mitte der Leitung angebracht angenommen wird, nicht mehr zulässig ist.

Infolge der durch den Kapazitätsstrom hervorgerufenen Spannungserhöhung wird also der Spannungsabfall gegen das Ende der Leitung kleiner, als wenn keine Kapazität vorhanden wäre; dieser Gewinn ist aber nur ein scheinbarer, da dieselbe Spannungserhöhung auch im Leerlauf vorhanden ist und die Spannungsschwankungen bei den Konsumenten naturgemäß genau denselben Wert haben wie sonst.

Der Vorteil, Kapazität in die Leitung zu bekommen, besteht also nur darin, daß der Leistungsfaktor ( $\cos \varphi$ ) günstiger wird, da die kapazitative Spannungserhöhung bei entsprechender Größe den induktiven Spannungsabfall in der Leitung zu kompensieren vermag, was natürlich nur bei der Übertragung großer Energiemengen auf große Entfernungen zu wirtschaftlicher Bedeutung gelangt.

Für die Dimensionierung einer Leitung mit Rücksicht auf den Spannungsabfall wird man, da die Spannungsschwankungen durch die Kapazität nicht verringert werden, diese nicht in die Rechnung einführen. Ihr Einfluß ist aber bei besonders hohen Spannungen (an der Grenze von 100 000 Volt) deshalb von Interesse, da die durch sie hervorgerufene Spannungserhöhung bei der Wahl des Übersetzungsverhältnisses der Transformatoren berücksichtigt werden muß.

Betrachten wir als Beispiel die Kraftübertragungsanlage Lauchhammer, wo die Entfernung 50 km und die Übertragungsspannung 100 000 Volt beträgt, so können wir an Hand des oben Gesagten als Kapazitätsspannungserhöhung berechnen:

$$\begin{aligned} e_k &= 0,57 \left( \frac{1 \text{ km}}{100} \right)^2 \text{‰} = 0,57 \left( \frac{50}{100} \right)^2 \text{‰} \\ &= \sim 0,15 \text{‰} \\ &= \underline{\text{ca. 150 Volt}} \text{ bei 50 Perioden,} \end{aligned}$$

was ohne weiteres vernachlässigt werden kann.

Anders würden sich die Verhältnisse gestalten, wenn die Kraftübertragung von den Viktoriafällen nach dem Grubendistrikt von Johannesburg zur Ausführung gelangen würde. Man hätte dort bei 50 Perioden und einer Leitungslänge von 950 km eine annähernde Spannungserhöhung von

$$0,57 \cdot \left( \frac{950}{100} \right)^2 = \underline{\text{ca. 45 ‰}}$$

zu erwarten, was wohl eine Übertragung mit der Periodenzahl 50 ausschließen dürfte. Bei 25 Perioden wäre die Spannungserhöhung

$$0,75 \cdot \left( \frac{950}{100} \cdot \frac{25}{50} \right)^2 = \text{ca. 11 ‰};$$

bei 12 Perioden

$$= \text{ca. 3 ‰}.$$

Die Berechnung der Kapazität von Kabeln erfolgt an Hand der für diese aufgestellten Formeln (solche sind z. B. wiedergegeben im „Deutschen Kalender für Elektrotechniker“), es darf aber nicht übersehen werden, daß die in den Formeln vorkommende Dielektrizitätskonstante eine sehr variable Größe ist, die sich zuverlässig nur durch direkte Messung feststellen läßt. Sie wird gegebenenfalls von der betreffenden Kabelfabrik ermittelt.

Die Kabelformeln bzw. Berechnungen sind hier als für unsere Betrachtungen nicht in Frage kommend nicht aufgeführt.

### **Korona-Verluste.**

Bei höheren Spannungen treten die sogenannten Koronaverluste auf, die eine direkte Effektausstrahlung in die Luft darstellen. Diese Ausstrahlung hängt von Drahtstärke und Drahtabstand ab und beginnt bei den üblichen Querschnitten und Abständen bei ungefähr 100 000 Volt. Sie ist zunächst unsichtbar, geht aber bei Steigerung der Spannung über eine bestimmte kritische Höhe in sichtbare Entladung über. Zur Berechnung der Koronaverluste existieren mehrere auf die elektrische Festigkeitslehre aufgebaute Formeln, die aber im allgemeinen nur für das Gebiet der sichtbaren Ausstrahlung gelten, also für ein Gebiet, in dem eine Wirtschaftlichkeit von vornherein ausgeschlossen ist. Somit braucht Korona nur insofern berücksichtigt zu werden, als man unterhalb der sichtbaren Grenze bleiben muß. Noch zu berücksichtigen ist jedoch, daß bei Leitungen, die in größerer Höhe über dem Meere verlaufen, die Festigkeitsgrenze der Luft im Verhältnis der geringeren Dichte sinkt. Diese Angaben genügen für praktische Berechnungen vollauf. Einige Formeln hierüber veröffentlichte Peek in den Proceedings Juli 1911.

Durch die Koronabildung ist also eine obere Grenze der Spannung gezogen, die nicht überschritten werden darf; andererseits ergibt sich die beste Ausnutzung der Leitung in der Nähe der Grenze. Des weiteren ist durch die zulässige Höhe der Effektverluste der maximale Strom gegeben, man wird also für einen bestimmten Querschnitt und eine bestimmte Spannung eine bestimmte Energiemenge erstellen, bei der die Übertragung am besten ausgenutzt ist. Bei ganz großen Verhältnissen mit hohen Spannungen auf weite Entfernungen kann dieser Punkt eine wirtschaftliche Bedeutung erlangen.

### **Leitungsberechnung unter Zugrundelegung des höchstzulässigen Effektverlustes.**

Ist mit hohen Stromgestehungskosten zu rechnen, so wird man der Berechnung einer Leitung nicht, wie oben, den höchstzulässigen Spannungsabfall, sondern den Effektverlust zugrunde legen, besonders

bei Leitungen, die eine hohe Ausnutzung aufweisen; man berechnet also die Leitung auf wirtschaftlichsten Querschnitt. Dabei müssen die Selbstkosten für den erzeugten Strom bekannt sein, die sich, wie eben näher durchgeführt, aus einem festen Preis pro KW Maximalabgabe bzw. Zentralenleistung und einem veränderlichen Preis für die KWstd. (Erzeugungskosten) zusammensetzen. Bei Wasserkraftanlagen kommt naturgemäß nur der erste Posten (die Kapitalunkosten) in Betracht.

Die Berechnung gestaltet sich insofern schwierig, als im allgemeinen nicht im voraus beurteilt werden kann, inwieweit die Maxima der einzelnen Belastungen zeitlich zusammenfallen und somit die Maximalabgabe und damit die Anlagekosten der Zentrale vergrößern. Die Kapitalunkosten spielen jedoch in den meisten Fällen die größte Rolle, da die durch Stromwärme in den Leitungen verloren gehenden KWstd. infolge der meist schlechten Ausnutzung niedrig ausfallen; man wird daher für gewöhnlich bei Berechnung einer Leitung auf Spannungsabfall auch den wirtschaftlichsten Querschnitt erhalten.

Für den wirtschaftlichen Querschnitt eine allgemeine Formel aufzustellen, hat m. E. keinen Zweck, da die Anlagekosten einer Leitung je nach den gegebenen Verhältnissen zu sehr variieren; auch läßt sich die Belastung nur in den seltensten Fällen genau bestimmen. Der geübte Projektteur sieht ohne weiteres, welche ungefähren Querschnitte in Betracht kommen und kann seine Berechnung für diese durchführen. Jedenfalls sind die Leitungsverluste unbedeutend im Verhältnis zu den Transformatorenverlusten, auf die nun eingegangen werden soll.

## **Transformatorenverluste und Maßnahmen zur Verminderung derselben.**

Bereits im ersten Teil wurde gezeigt, wie bedeutend die Magnetisierungsverluste in den Transformatoren sind und daß gerade in ländlichen Verhältnissen scharf mit denselben gerechnet werden muß, da sie sich um so mehr geltend machen, je schlechter die Ausnutzung ist. In Prozenten der Vollast sind sie ja an sich klein, da sie aber unausgesetzt verbraucht werden, machen sie einen großen Betrag des gesamten Jahresverbrauchs aus (bis zu 40% und darüber).

Eine Aufgabe von höchster wirtschaftlicher Bedeutung ist daher, diese Verluste so niedrig wie möglich zu halten. Zu diesem Zwecke sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

A. Richtige Dimensionierung der Transformatoren. Diese sind unter Berücksichtigung ihrer hohen Überlastbarkeit tunlichst klein zu wählen, da der prozentuale Verlust dann weniger ausmacht.

B. Unter näher zu beleuchtenden Umständen sind Transformatoren mit hochlegierten Blechen (geringen Eisenverlusten) von Vorteil.

C. Beschränkung der Verluste durch primäre und sekundäre Ausschaltung. Da diese aber im allgemeinen nicht durchführbar ist, zu Zeiten schlechter Belastung Umschaltung der Wicklungen oder auch Einschaltung eines kleinen Transformators an Stelle des großen, bzw. Zuschaltung eines größeren zu Zeiten höherer Last.

### A) Wahl der Transformatorengröße.

Bei der Wahl der Transformatorengröße ist die Verschiedenartigkeit der Anschlüsse sowie die Tatsache zu berücksichtigen, daß eigentlich nie der gesamte Anschlußwert in Anspruch genommen wird; je nach der Art der Anschlüsse genügt es, wenn der Transformator für 60—80% des Anschlußwertes berechnet wird. Unter Berücksichtigung einer Überlastbarkeit von ca. 30% auf einige Stunden kann die Leistung noch geringer gewählt werden.

In landwirtschaftlichen Versorgungsgebieten tritt die höchste Belastung zu Zeiten der Dreschkampagne auf; die Transformatoren sind also mit Rücksicht auf diese zu bemessen, wenn nicht vorgezogen wird, für diese verhältnismäßig kurze Periode einen zweiten Transformator vorzusehen, der von Hand zu- bzw. abgeschaltet wird. Es ist dann Sache der Rechnung, ob die Amortisation und Verzinsung des für diesen investierten Kapitals weniger ausmacht, als die größeren Verluste eines einzigen, entsprechend größeren Transformators; es hängt dies von den speziellen Umständen ab, eine allgemeine Angabe kann nicht gemacht werden.

Aus der Forderung möglichst verschiedenartiger Anschlüsse ergibt sich die Notwendigkeit, möglichst viele Abnehmer von ein und demselben Transformator zu versorgen, also Einzeltransformatoren zu vermeiden. Es liegt jedoch in der Natur der ländlichen Verhältnisse, daß dem nur selten entsprochen werden kann; man erhält meist viele, schlecht belastete, verhältnismäßig kleine Transformatoren, die den wundensten Punkt ländlicher Überlandzentralen bilden, wie aus dem Beispiel im ersten Teil zu ersehen ist.

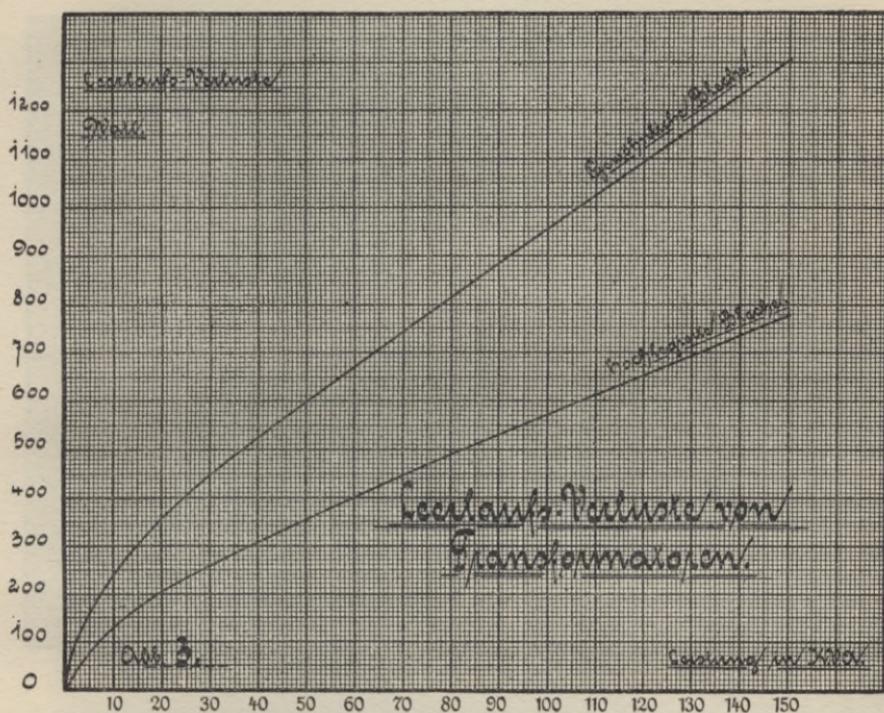
### B) Transformatoren mit hochlegierten Blechen.

Ob Transformatoren mit besonders geringen Eisenverlusten vorteilhaft sind, ist ebenfalls durch Rechnung zu entscheiden; ausschlaggebend sind naturgemäß die Gestehungskosten für die KWstd.

In Abb. 3 sind die Eisenverluste in den Transformatoren in Kurven aufgetragen; die Differenz zwischen der Kurve für gewöhnliche und derjenigen für hochlegierte Bleche stellt direkt die möglichen

Ersparnisse an Eisenverlust dar; es kommen jedoch je nach Fabrikat große Abweichungen vor.

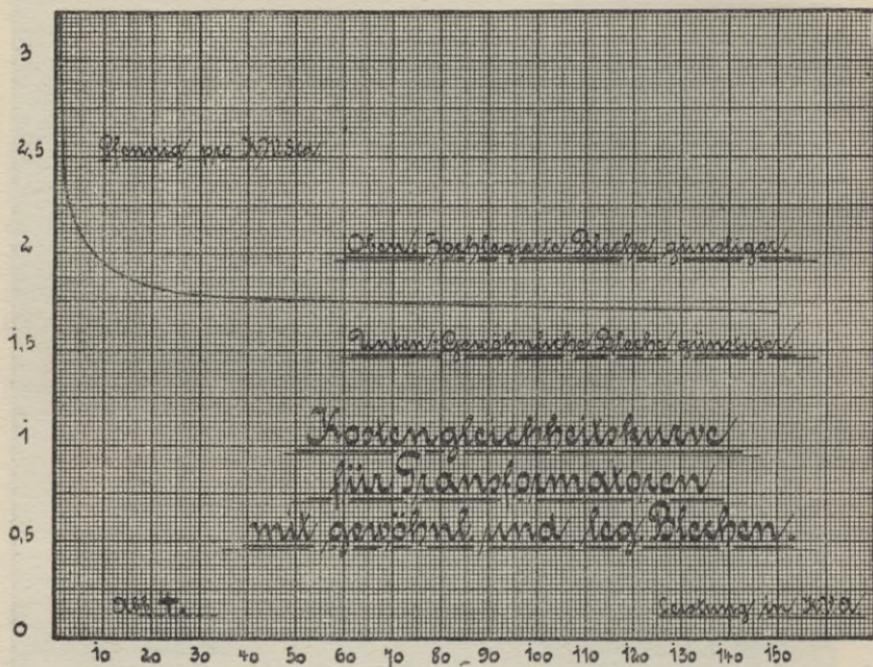
Es handelt sich also um die Entscheidung der Frage: Ist es möglich, bei den ins Auge gefaßten ländlichen Verhältnissen durch Anwendung der teuren Transformatoren Ersparnisse zu machen? Auf



diese Frage gibt Tab. 6 Auskunft, in der die möglichen Ersparnisse für verschiedene Transformatorgrößen bei 5, 10, 15, 20 Pf. Gestehungskosten pro KWstd. angegeben sind. Zugrunde gelegt sind die derzeitigen Preise für Drehstromtransformatoren mit einer Oberspannung von 6000 Volt.

Aus der Tab. 6 ist ersichtlich, daß bei kleinen Transformatorgrößen die Ersparnisse durch legierte Bleche geringfügig sind; bei verhältnismäßig geringen Gestehungskosten sind sie kaum imstande, den Mehraufwand für Verzinsung und Amortisation der höheren Anschaffungskosten zu decken; bei dem 1 KVA-Transformator sind die Kosten bei ca. 5 Pf. pro KWstd. ungefähr gleich. Man wird im Falle der Gleichheit naturgemäß dem normalen Transformator den Vorzug geben, da weniger Kapital zu investieren ist. Bei dem 150 KVA-Transformator liegt die (graphisch ermittelte) Kostengleichheit bei etwa 1,7 Pf. pro KWstd.

Aus Tab. 6 wurden nun auf graphischem Wege die Werte für die Kostengleichheit der Transformatoren mit gewöhnlichen und legierten Blechen ermittelt und an Hand derselben die in Abb. 4 wiedergegebene Kostengleichheitskurve aufgestellt, die ohne weiteres zu entscheiden gestattet, ob erstere oder letztere wirtschaftliche Vorteile bieten.



### C) Anwendung von Schaltvorrichtungen.

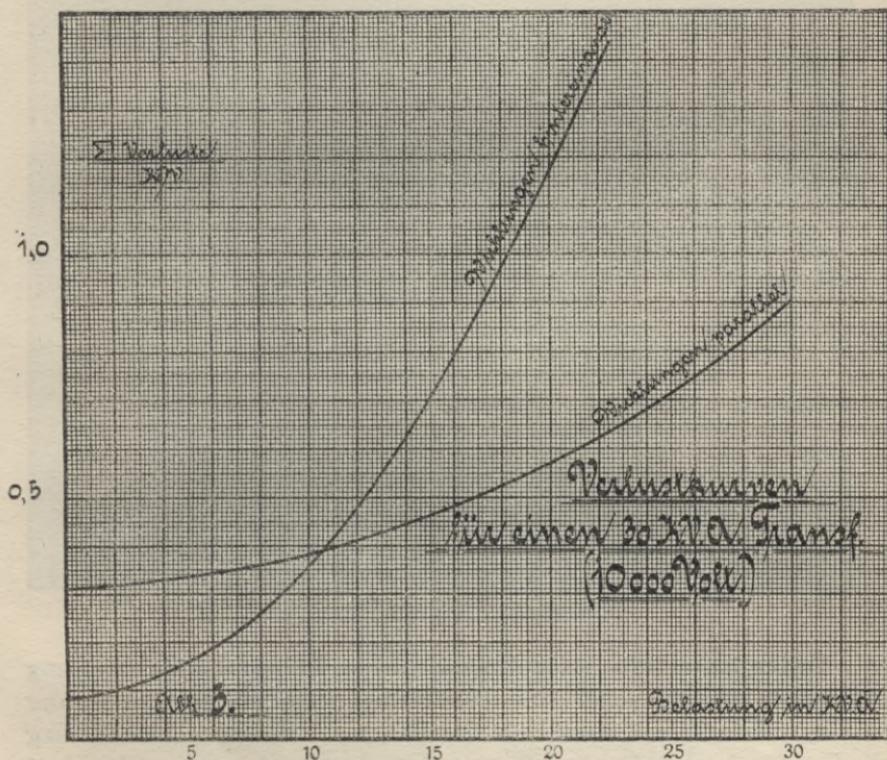
Wie bereits angedeutet, ist die vollkommene beiderseitige Abschaltung von Transformatoren nur in seltenen Fällen möglich, da im allgemeinen außer Kraft auch Licht angeschlossen ist und das Netz daher stets unter Spannung bleiben muß; die Aufgabe ist also entweder die, durch Umschalten der Wicklung eines Transformators die Verluste zu verringern oder zu einem kleinen, den geringen Bedarf deckenden Transformator bei Auftreten höherer Belastung einen größeren zuzuschalten. Bei größeren Fabrikanschlüssen mit bestimmten Hochbelastungsstunden z. B. kann diese Umschaltung von Hand erfolgen; dies sind aber Spezialfälle, die aus den allgemeinen Betrachtungen ausscheiden, man wird vielmehr auf Mittel und Wege bedacht sein müssen, diese Umschaltung automatisch zu bewirken.

Für diese automatische Vorrichtung ist es nun prinzipiell gleichgültig, ob die Wicklungen eines einzelnen Transformators umgeschaltet

oder Transformatoren zu- oder abgeschaltet werden; die nötigen Betätigungsapparate sind beide Male dieselben. Ein charakteristischer Unterschied liegt darin, daß im ersten Falle eine kurze Stromunterbrechung während der Zeit des Schaltvorganges unumgänglich ist, während eine solche im zweiten naturgemäß nicht auftritt.

**1. Anwendung von Transformatoren mit Umschaltung geteilter Wicklungen.**

Soll nur ein Transformator vorgesehen werden, so ist Ober- wie Unterspannungswicklung in je zwei gleiche, elektrisch symmetrische Teile zu trennen. Bei geringerer Belastung werden die beiden Teile der Ober- wie Unterspannungswicklung hintereinander, bei höherer hingegen parallel geschaltet. Das Übersetzungsverhältnis ändert sich

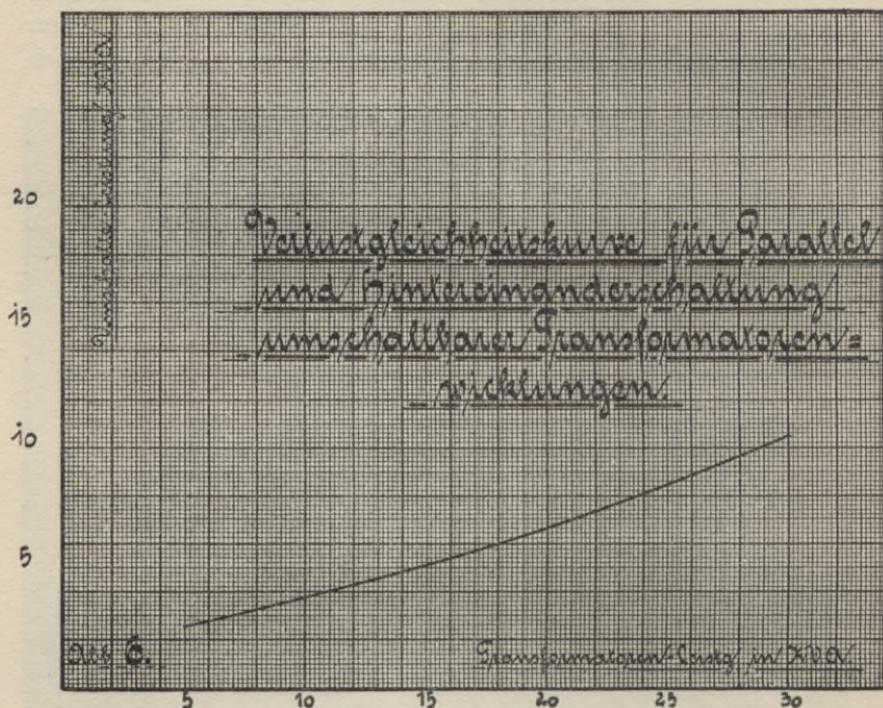


hierbei nicht; es ist nun zu untersuchen, in welcher Weise die Verluste dadurch beeinflusst werden.

Was zunächst die Kupferverluste anbelangt, so liegt auf der Hand, daß sie sich bei Hintereinanderschaltung und gleicher Strombelastung vervierfachen würden, da der Widerstand viermal so groß wird. Sie nehmen jedoch quadratisch mit dem Strom und somit mit der Belastung

ab, machen sich also, da die Umschaltung erst bei geringer Last vorgenommen wird, nicht allzu sehr geltend. Je mehr man sich dem Leerlauf nähert, desto weniger macht der Kupferverlust aus; für die wirtschaftliche Berechnung kann er daher außer Betracht gelassen werden.

Anders verhält es sich hingegen mit dem Eisenverlust. Bei Hintereinanderschaltung der Wicklungen ist die doppelte Windungszahl, somit nur die halbe Induktion vorhanden; es betragen daher die Eisenverluste etwas mehr als den vierten Teil; gerechnet wurde mit 28%.



Es fragt sich nun, bei welcher Belastungsgrenze die Umschaltung frühestens erfolgen darf. Die Ermittlung derselben geschah in der Weise, daß in Tab. 7 sowohl für Parallel- wie Hintereinanderschaltung die Summe der Kupfer- und Eisenverluste bestimmt und die Gleichheit der Verluste für beide Schaltungen auf graphischem Wege ermittelt wurde. Die Leistung, bei der die Verluste gleich groß sind, ergibt sich als Schnittpunkt der Verlustkurven für die beiden Schaltungen, die dadurch erhalten werden, daß die jeweiligen Verluste in Funktion der Leistung aufgezeichnet werden, wie dies in Abb. 5 für einen 30 KVA-Transformator geschehen ist.

Diese Schnittpunkte, durch eine Kurve verbunden, ergeben die in Abb. 6 wiedergegebene Verlustgleichheitskurve, aus der man für jede Transformatorgröße die Leistung ablesen kann, unterhalb der man mit der Hintereinanderschaltung bleiben muß, um geringere Verluste zu haben; sie ergibt sich zu ungefähr ein Drittel der Normalleistung. Bei Bestimmung der Schaltgrenze ist außerdem darauf zu achten, daß sie nicht auf einen Wert festgelegt wird, um den die Leistung öfters pendelt, um ein zu häufiges Schalten zu vermeiden; insbesondere, da jedesmal eine Stromunterbrechung mit nachfolgendem entsprechenden Stromstoß erfolgt. Aus demselben Grunde wird man größere Transformatoren als 30 KVA nicht umschaltbar einrichten, sondern

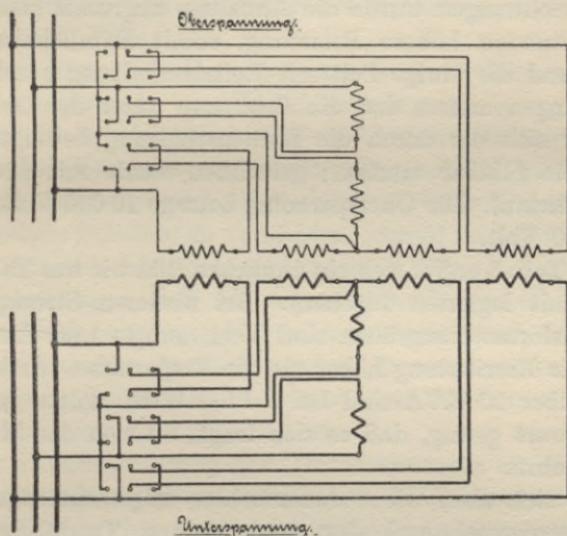


Abb. 7.

Schaltungsschema eines Transformators mit umschaltbaren Wicklungen (A/A Schaltung).

lieber die weiter unten näher beschriebene Zu- bzw. Abschaltung von Transformatoren vorsehen.

Zur technischen Ausführung der Anordnung (von den automatischen Steuerapparaten zunächst abgesehen) ist folgendes zu bemerken. Da es sich um die Umschaltung von verhältnismäßig geringen Energiemengen handelt, kann hochspannungsseitig auf Ölumschalter verzichtet werden; es genügt die Anwendung eines sechspoligen Trennumschalters, der mit dem sechspoligen Niederspannungsumschalter zu kuppeln ist. Diese Kuppelung wird derart eingerichtet, daß die Niederspannung ein wenig früher geschaltet wird wie die Hochspannung.

Auf die automatischen Einrichtungen zur Betätigung der Schalter wird weiter unten näher eingegangen werden.

Das Schaltungsschema eines umschaltbaren Transformators ist in Abb. 7 gegeben. Es wird sowohl der Hochspannungs- wie der Niederspannungsschalter am besten direkt mit dem Transformator zusammengebaut, um unnötig lange Leitungen zwischen diesem und den Schaltern zu vermeiden. Das Schema ist für -Schaltung aufgezeichnet, es läßt sich für andere Schaltungen in analoger Weise entwerfen.

Über die Wirtschaftlichkeit der Anordnung von umschaltbaren Wicklungen gibt Tab. 8 Aufschluß. Es sind dort die Mehrkosten für die nötigen Schaltapparate bestimmt und den bei verschiedenen Strompreisen möglichen Ersparnissen gegenübergestellt.

Den Berechnungen wurde die Annahme zugrunde gelegt, daß im Jahre 500 Stunden höhere Belastung, somit Parallelschaltung vorhanden ist, und die übrige Zeit mit Reihenschaltung gearbeitet wird. Hierbei ist angenommen, daß die Belastung unter der Grenze bleibt, über welcher sich die durch die Reihenschaltung bedingten höheren Kupferverluste fühlbar machen; gerechnet wurde mit 8260 Stunden absolutem Leerlauf. Die Oberspannung betrage 10 000 Volt, die Unterspannung 250 Volt.

Aus der Tab. 8 ergibt sich ein ähnliches Bild wie aus Tab. 6 (Transformatoren mit legierten Blechen). Bei niederen Strompreisen und kleinen Transformatorengrößen sind Verzinsungs- und Amortisationskosten für die Einrichtung höher als die Ersparnisse. Erst bei Transformatoren über 20 KVA sind bei 5 Pf.-KWstd. solche möglich. Sie sind auch derart gering, daß es sich fragt, ob sich der Mehraufwand an Kapital lohnt.

Es läßt sich also, wie vorauszusehen, allgemein sagen, daß bei niederen Stromgestehungskosten und kleinen Transformatoren der normale Transformator am billigsten ist. Die Anwendung der umschaltbaren Wicklungen beschränkt sich daher auf verhältnismäßig wenige Fälle, da in einer Überlandzentrale meist kleinere Transformatoren nötig sind; auch rechtfertigen die Gestehungskosten des Stromes nicht immer die teuren Einrichtungen.

## 2. Automatische Zu- und Abschaltung von Transformatoren.

Anders ist es jedoch bei Transformatoren in dichter besiedelten Gebieten, wo verhältnismäßig viele Konsumenten von ein und der selben Station aus versorgt werden. Hier können automatische Schalteinrichtungen sehr wohl gerechtfertigt sein, wie nun gezeigt werden soll. Besonders interessiert die automatische Zu- und Abschaltung eines größeren Transformators zu einem kleineren. Letzterer bestreitet den niederen Tages- und Nachtverbrauch, während ersterer zu Zeiten

größerer Last (zur Abendbeleuchtungsperiode etc.) hinzutritt. Besondere Bedeutung kann diese Anordnung in Netzen mit Zwischenspannung gewinnen, wo verhältnismäßig wenig Transformatorenstationen die Umformung der Übertragungsspannung auf die Verteilungsspannung besorgen. Hier haben wir es mit ziemlich großen Transformatoren zu tun, die nachts oft mit nichts anderem als dem Leerlaufstrom der auf die Gebrauchsspannung transformierenden Netztransformatoren belastet sind. Hier ist das Anlagekapital an sich bedeutend genug, um die Mehrbelastung durch die automatische Schaltvorrichtung nicht sehr fühlbar zu machen. Es ist natürlich für jeden einzelnen Fall durch Rechnung festzustellen, ob deren Anbringung Vorteile bietet; allgemein läßt sich nichts sagen, ich beschränke mich daher darauf, zwei Beispiele durchzuführen, die den Gang der Rechnung zeigen sollen, und zwar für folgende Fälle:

- a. Transformierung von Hochspannung direkt in Gebrauchsspannung,
- b. Transformierung in eine Zwischenspannung.

Zunächst ist es erforderlich, daß die Größenverhältnisse der Transformatoren den Konsumverhältnissen entsprechend gewählt werden, um einerseits möglichst viel an Leerlauf zu sparen, andererseits um ein allzu häufiges Schalten zu vermeiden, worauf im Interesse der Haltbarkeit der Schalter besonders zu achten ist. Bei Motorenanschlüssen ist zu berücksichtigen, daß der Anlaufstrom bedeutend höher ist als der normale Betriebsstrom. Die hierdurch sowie durch das Abschalten einzelner Verbraucher hervorgerufenen Stromschwankungen dürfen keine Betätigung der Schalter bewirken, was durch noch zu beschreibende Einrichtungen zu vermeiden ist.

Bei der Parallelschaltung von Transformatoren ist es zum Zwecke richtiger Leistungsverteilung erforderlich, daß einerseits die Übersetzungsverhältnisse bei Leerlauf gleich sind, und andererseits die Kurzschlußspannungen bis auf 10—15% übereinstimmen, da es sonst vorkommen kann, daß der eine Transformator nahezu leer läuft, während der andere bereits überlastet ist. Unter Umständen sind Drosselspulen vor die Transformatoren mit der geringeren Kurzschlußspannung vorzuschalten.

#### a) Automatische Zu- und Abschaltung bei Transformierung direkt auf Gebrauchsspannung.

Dieser Fall ist prinzipiell nicht neu; die Siemens-Schuckertwerke stellen seit mehreren Jahren einen speziell konstruierten Transformatorenschalter her, der ober- und unterspannungsseitig unterbricht, durch Federkraft ein- und durch einen Elektromagneten ausgeschaltet wird. Zur Steuerung des Schalters dient normalerweise ein Motorrelais, das je nach dem Verbrauchsstrom die Ein- bzw. Ausschaltung bewirkt.

In vollkommener Weise läßt sich die Steuerung durch Anwendung von Stromsteuer- und Verzögerungsrelais bewerkstelligen, wie dies unter b. näher beschrieben ist. Es ist im Anhang, Anlage 10, ein Beispiel gegeben für den Fall, daß ein Motorrelais zur Verwendung kommt. Es wird sich erübrigen, diese Einrichtung näher zu beschreiben, in Abb. 8 ist das Schaltungsschema hierfür gegeben.

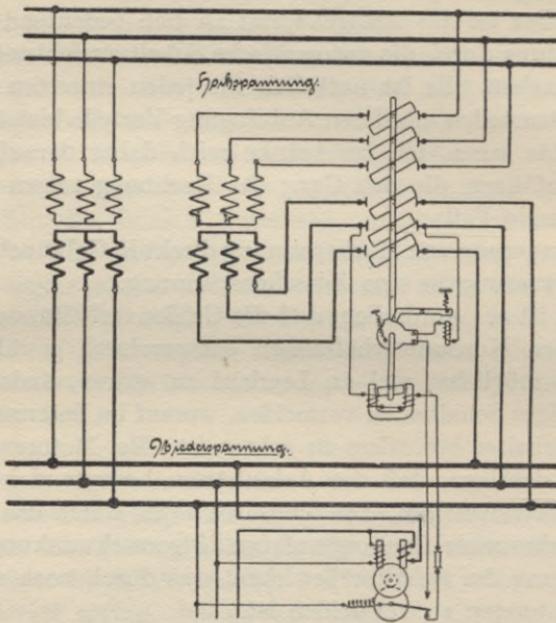


Abb. 8.  
Schaltungsschema des Transformatorenschalters  
mit Motorrelais.

### b) Transformierung von Hochspannung in eine Zwischenspannung.

Dieser Fall unterscheidet sich von dem vorhergehend beschriebenen dadurch, daß es sich im allgemeinen um größere Transformatoren und um Hochspannung ober- wie unterspannungsseitig handelt. Dementsprechend müssen auch die technischen Vorrichtungen geändert bzw. den höheren Anforderungen angepaßt werden.

Was zunächst die Schalter anbetrifft, so müssen diese als Ölschalter ausgebildet werden, die zu kuppeln und durch Schaltmotor zu betätigen sind. Ferner ist zu beachten, daß mit Rücksicht auf die Möglichkeit der Entstehung von Überspannungen beim Ein- bzw. Ausschalten größerer Transformatoren überspannungsseitig ein sogenannter Schutzschalter angeordnet werden muß. Dieser unterscheidet

sich von einem gewöhnlichen Ölschalter bekanntlich dadurch, daß Vorkontakte vorgesehen werden, die den Strom zunächst über einen entsprechend bemessenen Schutzwiderstand schicken, bevor der Stromschluß erfolgt. Der Bemessung dieses Schutzwiderstandes ist zugrunde zu legen, daß der beim Einschalten der Vorkontakte auftretende Strom die Hälfte bis ein Drittel des normalen Stromes beträgt. Da Leistung und Spannung gegeben sind, ist die Größe des Schutzwiderstandes leicht zu bestimmen. Der Schaltmotor wird in üblicher Weise ausgeführt.

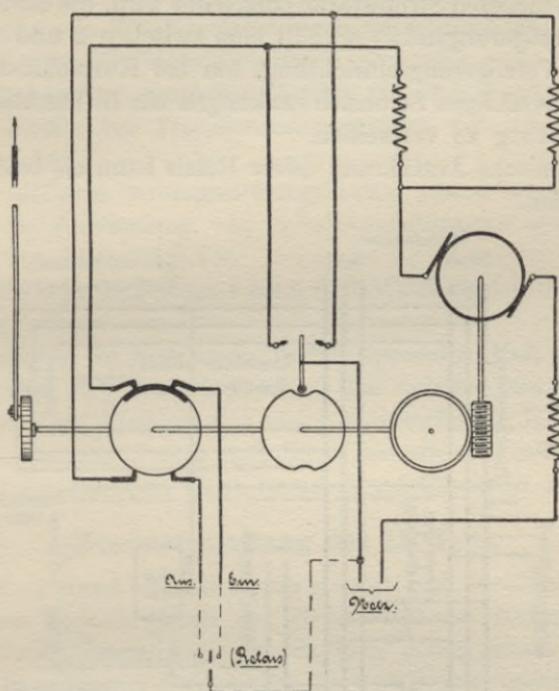


Abb. 9.

Schematische Darstellung eines Schaltmotors.

Er muß eine Einrichtung erhalten, die bewirkt, daß der Motor unabhängig vom Relais eine einmal angefangene Schaltbewegung ganz zu Ende führt; diese besteht aus einer auf der Kurbelscheibenwelle sitzenden Scheibe mit 2 Einkerbungen, wie in Abb. 9 schematisch angedeutet. Eine auf derselben Welle sitzende zweite Kontaktscheibe sorgt dafür, daß, wenn der Schalter z. B. in Einschaltstellung steht, eine Wiederholung desselben Kommandos wirkungslos bleibt, der Motor also erst wieder bei Ausschaltkommando in Aktion tritt und umgekehrt (s. Abb. 9). Dieselbe Scheibe bewirkt ferner, daß nach ausgeführtem Kommando die Steuerleitung stromlos wird.

Was nun die bereits mehrfach erwähnte automatische Steuerung an betrifft, so besteht diese aus 2 Relais, und zwar einem Maximalstromrelais und einem Verzögerungs- bzw. Zwischenrelais.

Das Maximalstromrelais hat nun die Aufgabe, beim Ansteigen des Stromes über einen bestimmten Betrag den Einschaltkontakt, beim Unterschreiten dieses Stromes den Ausschaltkontakt zu schließen. Um ein ständiges Spiel des Schaltmotors in der Nähe der Grenzstromwerte zu vermeiden, wird das Relais derart eingestellt, daß die Ausschaltung bei einer um 10—15% niederen Stromstärke eingeleitet wird, wie die Einschaltung.

Das Verzögerungsrelais enthält eine zwischen 2 und 15 Sekunden einstellbare Verzögerungseinrichtung, um bei Kurzschlüssen und sonstigen betriebsmäßigen Stromschwankungen ein In-Funktion-treten der Schaltvorrichtung zu vermeiden.

Die technische Ausführung dieser Relais kann als bekannt vorausgesetzt werden.

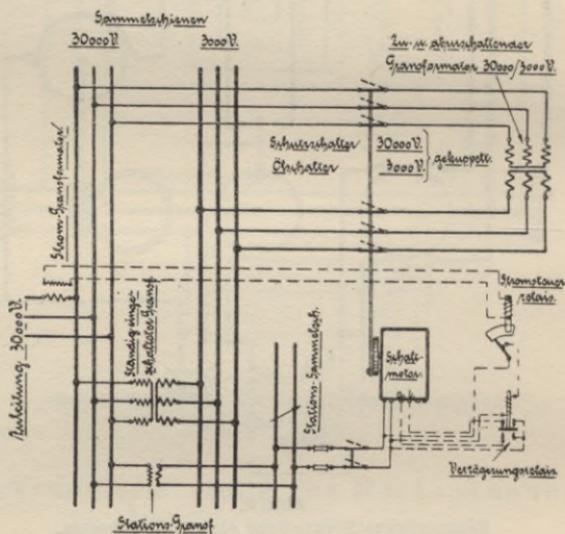


Abb. 10.

Automatische Zu- und Abschaltung von Transformatoren.

Ein Schaltungsschema der Anordnung ist in Abb. 10 für einen ab- bzw. zuzuschaltenden Transformator gegeben. Es steht natürlich nichts im Wege, auf dieselbe Art zwei Transformatoren zu schalten.

Die Betätigung des Maximalstromrelais geschieht durch einen Stromtransformator, der am besten in die Zuführungsleitung gelegt wird, falls nur eine solche vorhanden ist; liegt die Station in einer Ringleitung, so ist in jede abgehende Unterspannungsleitung ein Stromwandler zu legen, so daß das Relais durch den resultierenden Gesamtstrom beeinflußt wird.

Ein Beispiel für die Wirtschaftlichkeit der Anordnung ist im Anhang, Anlage 11, gegeben. Es ist für den Fall durchgeführt, daß ein 350 KVA-Transformator zu einem solchen von 50 KVA geschaltet werden soll.

Wie vorauszusehen, zeigt das Beispiel, daß hier selbst bei geringeren Strompreisen trotz der höher angesetzten Benutzungsdauer des großen Transformators Ersparnisse möglich sind. Die (graphisch ermittelte) Gleichheit der Ersparnisse und Mehrausgaben liegt bei einem Preise von ca. 2,3 Pf/KWstd.

Fassen wir also die Ergebnisse vorstehender Ausführungen über die Anwendung von Schaltvorrichtungen zur Verminderung der Transformatoren-Leerlaufverluste zusammen, so ergibt sich:

a. Bei hohen Stromgestehungskosten (10 Pf/KWstd. und darüber) lassen sich bereits bei Transformatorengrößen von 10 KVA an Ersparnisse erzielen.

b. Bei niederen Stromgestehungskosten (ca. 5 bis 6 Pf/KWstd.) lohnt sich die Anwendung von Schaltvorrichtungen erst bei Transformatoren von über 50 KVA.

c. Bei Strompreisen unter 4 bis 5 Pf/KWstd. dürfte im allgemeinen wenig zu verbessern sein.

Jedenfalls ist es notwendig, jeden speziellen Fall genau durchzurechnen. Man vergesse jedoch nicht, daß derartig fein einzustellende automatische Vorrichtungen mit vielen empfindlichen Kontakten auch gelegentlich versagen können und daher besonders in selten revidierten Transformatorenstationen nicht immer empfehlenswert sind.

### Zusammenfassung des II. Teils.

Es wird an Hand eines Beispiels gezeigt, daß auch kleine Zentralen gut rentieren können, wenn die Elektrizität im Nebenamt erzeugt wird, die Verwaltungs- etc. Kosten also gering sind. Auch Fernversorgung in geringem Umfang ist durchzuführen, indem der Gleichstrommaschine einer solchen Kleinzentrale mittels Schleifringen Drehstrom entnommen und hoch transformiert wird.

Ferner sind einfache Methoden der Freileitungsberechnung angegeben und der Kritik unterzogen, sowie gezeigt, inwieweit Selbstinduktion, Kapazität und Korona zu berücksichtigen sind.

Die Transformatorenverluste sind ihres großen Einflusses wegen möglichst herunterzudrücken. Als Mittel hierzu sind betrachtet: Richtige Wahl der Transformatorengrößen, Anwendung hochlegierter Bleche und besonderer Schaltvorrichtungen. Als Resultat der angestellten Rentabilitätsberechnungen wurde gefunden, daß die Grenze der rentablen Verwendung solcher Vorrichtungen bei Stromgestehungskosten von 4 bis 5 Pf/KWstd. liegt, daß sie jedoch bei kleinen Transformatoren wirtschaftliche Vorteile nicht bietet.

---

## Schlußbetrachtungen.

Zur Durchführung einer rationellen Elektrizitätsversorgung ländlicher Bezirke sind nicht nur die konsumtiven Wirtschaftsfaktoren durch Verbesserung der technischen Einrichtungen des Konsumenten (höhere Wirkungsgrade der Verbrauchsapparate, Einführung der Metallfadenlampen etc.) möglichst zu verbessern, sondern es ist die Wirtschaftlichkeit der Produktion und Verteilung durch Maßnahmen technischen und organisatorischen Charakters zu steigern, um einen billigen Strompreis zu erzielen. Ein solcher ist um so leichter zu erreichen, je besser die Ausnutzung (der Belastungsfaktor) einer Zentrale ist. In den Industriebezirken ist ohne weiteres eine solche gute Ausnutzung derselben gewährleistet, da der große Energiebedarf der Industrie sich über den ganzen Tag, zuweilen auch über die Nacht ziemlich gleichmäßig verteilen wird. Das Maximum des Lichtbedarfs der im Versorgungsgebiet liegenden Städte setzt in der Regel erst nach Arbeitsschluß der Fabriken ein, so daß auch zwischen Kraft und Licht gewissermaßen ein Ausgleich stattfindet, der gegebenenfalls durch Doppeltarife begünstigt werden kann. Die infolge der gleichmäßigen Ausnutzung niederen Stromselbstkosten setzen die Werke in den Stand, auch an weniger günstige Abnehmer, also beispielsweise die Landwirtschaft, den Strom zu billigen Preisen zu liefern. Mit ganz anderen Verhältnissen haben nun die ganz oder größtenteils Landwirtschaft versorgenden Zentralen zu rechnen. Während die Konsumstellen in den Städten meist nahe beisammen liegen und infolgedessen die Verteilungsleitungen verhältnismäßig kurz ausfallen, sind in ländlichen Bezirken oft kilometerlange Leitungen erforderlich, um einen Abnehmer mit einigen wenigen Kilowatt Anschlußwert, die noch dazu eine geringe Benutzungsdauer aufweisen, anzuschließen.

Zieht man ferner in Erwägung, daß die Maxima der jeweiligen Tages- oder Jahresbelastung bei der Landwirtschaft zeitlich zusammenfallen, und die diesen genügenden Maschinensätze während der übrigen Zeit sehr schlecht ausgenützt sind, so ist die schon des öfteren erwähnte Tatsache, daß rein landwirtschaftliche Zentralen seltener auf einen befriedigenden finanziellen Erfolg rechnen können, leicht erklärlich.

Das Bestreben muß also dahin gehen, alles, was für die Elektrizitätsbenutzung irgend in Frage kommen kann, zum Anschluß an das Werk heranzuziehen; besonders auch der sogenannte „kleine Mann“ muß durch günstige Strombezugs- und Installationsbedingungen, von denen einige Beispiele angeführt sind, als Abnehmer gewonnen werden.

Für die Steigerung der Wirtschaftlichkeit ist von besonderem Wert, daß die angeschlossenen Betriebe möglichst verschiedenartig sind, um einen gewissen Ausgleich in der Belastung zu erzielen. Je nach den gegebenen Verhältnissen wird sich zeigen, daß eine derartige gemischte Versorgung nur mit einer großen Überlandzentrale zu erreichen ist. Es wird zuweilen im Interesse der Wirtschaftlichkeit derselben erforderlich werden, bestehende Werke aufzukaufen, um sich deren Gebiet zunutze machen zu können, worüber sich Rathenau in L.-N. 15 eingehend äußert.

Rationell arbeitende Großzentralen können den Strom unter Umständen so billig erzeugen, daß jede Einzelanlage städtischer oder privater Natur nicht mehr konkurrenzfähig sein könnte; diese Anlagen würden vielmehr nur noch als Reserven beibehalten und der ganze Strombedarf von den Großzentralen bezogen werden.

In hierzu prädestinierten Gegenden, wie z. B. dem Oberschlesischen Industriebezirk oder dem Gebiet des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerks, ist diese Konzentration der Energieerzeugung schon größtenteils eingetreten, sie hat sich hier eigentlich von selbst als die günstigste Lösung der Elektrizitätsversorgungsfrage herausgebildet. Es wird sich jedoch nicht in allen Bezirken das tatsächliche wirtschaftliche Bedürfnis mit den Wünschen des die Großzentrale projektierenden Ingenieurs decken, und wird in solchen Fällen vorläufig die bisherige Art der Versorgung durch einzelne, das lokale Bedürfnis befriedigende Zentralen als wirtschaftlichste Lösung beibehalten werden müssen.

Wie im Teil I, 4. Kapitel, gezeigt, sind die nord- und süddeutschen Verhältnisse nicht unter gleichem Gesichtswinkel zu betrachten. Die Gründe, warum dies nicht möglich ist, sind in den Eigenarten der betreffenden Gegenden und ihrer Industrie- bzw. Produktionszweige begründet, worüber Beispiele in vorliegender Arbeit enthalten sind. Gegen die in letzter Zeit mehrfach umstrittene Idee eines Reichsstarkstrommonopols ließe sich einwenden, daß ein solches erst dann ernstlich in Betracht gezogen werden kann, wenn durch die einheitlich durchgeführte Elektrisierung der Eisenbahnen die Elektrizität so wie so schon ziemlich gleichmäßig über ganz Deutschland verteilt sein wird (siehe hierüber auch *W i n d e l* L.-N. 14).

Bis dahin wird durch möglichste Ausnutzung der zu Gebote stehenden Naturkräfte und Anwendung sämtlicher technischer Hilfsmittel — wie Verbilligung der Anlagen, besonders der Leitungen und Ver-

minderung der Transformatorenverluste (siehe II. Teil) — eine billige Produktion und wirtschaftliche Verteilung der elektrischen Energie anzustreben sein, um durch Einführung der durch eine billige universelle Energie im Verein mit wirtschaftlich arbeitenden Verbrauchsapparaten bedingten intensiveren Arbeitsformen unser gesamtes Wirtschaftsleben zu heben.

---

## Literatur-Nachweise.

1. Walle m, Die Elektrizität in der Landwirtschaft und deren Beziehungen zu Überlandzentralen; Vortrag, gehalten auf der XVIII. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zu Braunschweig 1910, abgedruckt in der E. T. Z. 1910, Heft 27 bis 30.
2. O sten, Über die ländlichen Besitzverhältnisse Preußens und die Elektrizität in der Landwirtschaft. E. T. Z. 1911, Heft 2 und 3.
3. K ro h n e, K., Die erweiterte Anwendung des elektrischen Betriebes in der Landwirtschaft. E. T. Z. 1908, Heft 39 bis 41.
4. Drei Vorträge über die Anwendung der Elektrizität auf dem Lande, gehalten von Landrat Strahl, Ingenieur Peterson, Professor Dr. Hansen bei Gelegenheit der außerordentlichen Hauptversammlung der Landwirtschaftskammer am 7. April 1909. Bonn 1910, Verlag der Landwirtschaftskammer für die Rheinprovinz.
5. Errichtung von elektrischen Überlandzentralen. Verhandlungen der XXXVII. Plenarversammlung des Deutschen Landwirtschaftsrats 1909. Berlin, Paul Parey.
6. Sie gel, G., Die Preisstellung beim Verkaufe elektrischer Energie. Berlin 1906, Julius Springer.
7. H o p p e, Fritz, Die Elektrizitätswerkbetriebe im Lichte der Statistik. Leipzig 1908, Johann Ambr. Barth.
8. J u t z i, W., Elektrizitätsversorgung und Gemeindeverwaltung. Berlin 1907, Franz Siemenroth.
9. M e i e r, R., Die Rentabilität von Überlandzentralen. Vortrag auf der XVIII. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zu Braunschweig 1910.
10. E s w e i n, Dr. R., Elektrizitätsversorgung und ihre Kosten, mit besonderer Berücksichtigung des Elektromotors. Berlin 1911, Franz Siemenroth.
11. N o c h i m s o n, Dr. M., Die elektrotechnische Umwälzung. Zürich 1910, E. Speidel.
12. B ü g g e l n, H., Landwirtschaftliche Überlandzentralen für kleinbürgerliche Betriebe. Stuttgart 1911, Konrad Wittwer.
13. V i e t z e, A., Ratgeber für die Gründung elektrischer Überlandzentralen. Berlin 1911, Julius Springer.
14. W i n d e l, Dr. rer. pol. Walther, Die Monopolisierung der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie. Berlin 1910, I. S. Preuß.
15. R a t h e n a u, Dr.-Ing. Emil, Aufgaben der Elektrizitätsindustrie. Sonderabdruck.  
Außerdem wurden noch folgende Werke einer Durchsicht unterzogen:  
G i l l e s, Dr. P., Die Elektrizität als Triebkraft in der Großindustrie und die Frage der Kraftversorgung im Rheinisch-Westfälischen Industriebezirk. Berlin 1910, R. Trenkel.  
K r ä t z e r, Dr. A., Keine Gemeinde, kein Anwesen ohne Elektrizität! Selbstverlag des Verfassers. Dillenburg 1910, Buchdruckerei E. Weidenbach.

- Z i p p, H., Alles elektrisch! Ein Wegweiser für Haus und Gewerbe. Berlin 1911, Julius Springer.
- Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke. Verschiedene Jahrgänge. Erscheinen in Dresden.
- Jahresbericht und Nachträge derselben Vereinigung.
- Elektrotechnische Zeitschrift, abgekürzt E. T. Z.
- Die Elektrizität.
- Elektrotechnischer Anzeiger.
- Verschiedene Tageszeitungen.
- Broschüren der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und der Siemens-Schuckertwerke über landwirtschaftliche Maschinen und Überlandzentralen.
- Nachrichten des Verbandes der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland.
- Deutscher Kalender für Elektrotechniker, verschiedene Jahrgänge.
-

### a) Installationskosten.

Unter der Voraussetzung, daß die Leitung bis zum Hausanschluß vom Stromlieferanten ausgeführt wird, kostet bei normalen Leitungslängen: **Anlage 1.**

Eine einzelne Lampe mit Ausschalterleitung in trockenen Räumen, ohne Beleuchtungskörper	M. 11.— bis 14.—
Mit einfachem Beleuchtungskörper (Deckenbeleuchtung oder Wandarm)	„ 13.— „ 18.—
Mit Einschaltung von zwei Stellen aus, ohne Beleuchtungskörper (Hotel- oder Treppenschaltung) mehr	„ 6.— „ 8.—
Ein Kronenanschluß mit Serienschaltung	ca. „ 21.— „ 24.—
Ein Steckkontakt bei vorhandener Installation	„ 8.— „ 9.—

Handelt es sich um Außenbeleuchtung oder um feuchte Räume, wie Brauereien, Brennereien, Ställe, Waschküchen und Keller, so kostet bei normalen Leitungslängen:

Eine einzelne Lampe inkl. Beleuchtungskörper	M. 17.— bis 24.—
Eine Handlampe mit ca. 5 m langem Handlampenkabel	„ 12.— „ 15.—

wobei aber Freileitungen und Kabel zwischen einzelnen Gebäuden und auf dem Hofe selbst nicht mit inbegriffen sind; im Preise eingeschlossen sind Verteilungssicherungen und die nötigen Steigeleitungen.

### b) Betriebskosten.

Die weiteren Unkosten werden gebildet durch die Auslagen für den elektrischen Strom. Unter Zugrundelegung eines Lichtstrompreises von 40 Pf. pro KWstd. erhält man als Ausgaben für die Brennstunde einer 25kerzigen

Kohlefadenlampe mit 3,5 Watt-Kerze	ca. 3,5 Pf.,
Metallfadenlampe „ 1 „ „ 1 „	„ „ „ „

Eine eben so helle Petroleumlampe würde in der Stunde ca. 1,8 bis 2 Pf. an Petroleum kosten, es ist also bei Anwendung von Metallfadenlampen die elektrische Beleuchtung um die Hälfte billiger als Petroleum.

**Anlage 2.** Über Leistungen, Kraftbedarf und Stromkosten des elektrischen Pflügens macht die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft folgende Angaben:

Der Stromverbrauch pro Morgen in KWstd. beträgt einschließlich der Verluste in dem beweglichen Anschlußkabel je nach Pfluggröße und Bodenart

bei 6'' Pflugtiefe	9—14 KWstd.
„ 9'' „	12—17 „
„ 14'' „	20—24 „

Kraftbedarf je nach erforderlicher Jahresleistung und Art des Pflügens 40—75 PS.

Ungefähr kann angenommen werden:

40 PS-Type für Güter bis 1200 Morgen	
50 „ „ „ „ 1600 „	
60 „ „ „ „ 2000 „	
75—90 „ „ „ „ über 2000 „	

Ungefähre Gesamtkosten pro Morgen in Mark:

	bei einer Pflugtiefe von		
	6''	9''	14''
Gespannpflug	3—4,5	5—6,5	10—12
Dampfpflug	5—8	6—9,5	8—12
Elektropflug	4—4,5	4,5—5,5	6,5—8

Hiernach wäre also elektrisches Pflügen im Durchschnitt 30% billiger als Dampfpflügen.

### Ungefähre Anschaffungskosten der Elektromotoren für landwirtschaftliche Betriebe.

Die ungefähren Sätze hierfür stellen sich wie folgt:

**Anlage 3.**

Normale Drehstrommotoren für Niederspannung kosten komplett mit Sicherung, Ausschalter, Anlasser, Befestigungsschrauben, Schienen und Montage:

Motor ½ PS	ca. M. 130.—
„ 1 „	„ „ 150.—
„ 2 „	„ „ 200.—
„ 3 „	„ „ 305.—
„ 5 „	„ „ 390.—
„ 7,5 „	„ „ 590.—
„ 10 „	„ „ 685.—

Die Motoren bis 2 PS sind mit Kurzschlußrotor, die größeren mit Anlaßschleifringrotor ausgestattet.

Die in obigen Preisen nicht inbegriffenen dreifachen Stromzuleitungen zu den Motoren kosten pro Meter fertig montiert ungefähr:

Für Motoren bis 2 PS . . . . .	M. 2.— bis 2.50
„ „ von 3 bis 7,5 PS . . . . .	„ 2.75 „ 3.60
„ „ von 10 PS . . . . .	„ 4.— „ 5.50

Die größeren, zum Dreschen verwendeten Motoren kosten komplett auf Wagen montiert mit Anschlußkabel ungefähr:

Motor von 30 PS	M. 1850.—
„ „ 20 „	„ 1550.—
„ „ 7,5 „	„ 850.—

Für den Anschluß sind dann noch 150 bis 200 M. anzunehmen.

Ein kleiner 2 PS-Motor mit angebautem Vorgelege, auf Tragbahre montiert, stellt sich mit Schalter, Sicherung, Steckkontakt und Anschlußkabel auf ca. M. 450.—.

### Erläuterung der Tabelle 4.

#### Anlage 4.

Nach Maßgabe der Art des Versorgungsgebiets ergibt sich folgende Gruppeneinteilung:

Überwiegend Industrie versorgen:

Gruppe I: 1. Dortmund, 2. Essen, 3. Gebweiler, 4. Oberschlesischer Industriebezirk.

Eine gemischte Versorgung weisen auf:

Gruppe II: 5. Altbach, 6. Hagen i. W., 7. Helmstedt, 8. Mauer a. Bober, 9. Isarwerke und 10. Straßburg i. E.

Überwiegend Landwirtschaft versorgen:

Gruppe III: 11. Aachen, Landkreis, 12. Achern i. Baden, 13. Buttstädt i. Thür., 14. Coschütz, 15. Crottorf i. Sa., 16. Derenburg, 17. Edenkoben, 18. Kohlscheid b. Aachen, 19. Krähwinklerbrücke, 20. Neuß a. Rhein und 21. Oberhausen-Herbolzheim.

Zur Charakteristik der angeführten Anlagen mögen folgende Angaben dienen:

1. Dortmund, westf. Verbandselektrizitätswerk. Versorgt die Landkreise Hörde, Hamm und Iserlohn.
2. Essen, Ruhr, Rhein.-Westf. Elektrizitätswerk. Zentrale erzeugt Drehstrom von 5000 Volt. Verteilung mit 5000 und 10 000 Volt.
3. Gebweiler. Eigene Dampfzentrale und Strombezug von den Kraftwerken Rheinfelden.
4. Oberschlesischer Industriebezirk. Rein industrielle Überlandzentrale; liefert außer Drehstrom von 3.6000 Volt noch 2.550 Volt Gleichstrom für die Straßenbahn.
5. Altbach. Die Hauptzentrale liegt in Altbach; sie arbeitet mit Wasser- und Dampfkraft. Die früheren Einzel-Dampfzentralen Eßlingen, Göppingen, Zuffenhausen, Pfullingen und Metzingen sind an das Netz angeschlossen und dienen als Reserve. Spannung: 10 000 Volt.
6. Hagen i. W., Elektrizitätswerk Mark. Drehstrom von 10 000 Volt wird erzeugt, für Großkonsumenten auf 3000, sonst auf 400/230 Volt transformiert.
7. Helmstedt. Eigene Zentrale auf Grube „Emma“, ferner Strombezug aus benachbartem Netz. Spannung 5000 Volt.
8. Mauer a. Bober. Zentrale an der Talsperre von Marklissa liefert

- Drehstrom von 10 000 Volt. In wasserarmen Zeiten Strombezug von den Niederschlesischen Elektrizitätswerken in Waldenburg.
9. München, Isarwerke. Wasserkraft mit Dampfreserve. Spannung 5000 und 17 000 Volt.
  10. Straßburg i. E. Vorzüglich angelegtes, zur Überlandzentrale ausgebautes Stadtwerk. Erzeugt werden 3000 Volt, die für die Stadt auf 123 Volt herunter- und für das Überlandnetz auf 12 000 Volt herauftransformiert werden.
  11. Aachen, Landkreis. Das Kreisamt kauft von 5 im Landkreise Aachen verteilten Hauptstationen Drehstrom von 5000 Volt Spannung. Kleinabnehmer erhalten 220 Volt, Großabnehmer direkt 5000 Volt.
  12. Achern i. Baden. Die Stadt wird mit Gleichstrom versorgt, über Land wird Drehstrom von 3.10 000 Volt verwendet.
  13. Buttstädt i. Thür. Buttstädt wird mit Gleichstrom, die übrigen Ortschaften mit 6500 Volt Drehstrom versorgt. Dampfkraft.
  14. Coschütz. Mittelst Dampf wird Zweiphasenstrom von 5000 Volt erzeugt. Die Maschinenstation einer Kohlenzeche wird zur Stromlieferung mit herangezogen.
  15. Crottorf i. Sa. Drehstrom 7000 Volt.
  16. Derenburg. Erzeugte Spannung 500 Volt, verteilt wird Hochspannung von 10 000 Volt. Dampfturbinen.
  17. Edenkoben. Drehstrom 3.5000 Volt.
  18. Kohlscheid b. Aachen. Zentrale erzeugt Gleichstrom für Bahnbetrieb, sonst Drehstrom von 3500 Volt.
  19. Krähwinklerbrücke. Wasser- und Dampfturbinen, Drehstrom von 5700 Volt.
  20. Neuß a. Rh. Der Kreis kauft Drehstrom von 5000 Volt und gibt ihn transformiert an die einzelnen Ortschaften ab.
  21. Oberhausen-Herbolzheim. Drehstrom von 3.8000 Volt.

Erläuterung der in der Tabelle aufgeführten Spalten:

Spalte 1 läßt den Charakter des Versorgungsgebietes erkennen, und zwar ist die Zahl der versorgten Ortschaften mit überwiegend geschlossener Bebauung unter a, mit überwiegend industriellem Charakter unter b, mit überwiegend landwirtschaftlichem Charakter unter c angegeben.

Spalte 2: Betrieb, ob derselbe privat, kommunal etc.

Spalte 3: Krafterzeugung mittels Wasser, Dampf, Gas etc.

Spalte 4: Gesamtleistungsfähigkeit des eigenen Werkes, gibt über die Größenordnung desselben Auskunft.

Spalte 5: Zahl der angeschlossenen Kilowatt.

Spalte 6: Nutzbar abgegebene Kilowattstunden.

Spalte 7: Gesamter Anschlußwert im Jahresmittel.

Spalte 8: Benutzungsdauer des gesamten Anschlußwertes im Jahr.

Spalte 9: Benutzungsdauer der Gesamtleistungsfähigkeit im Jahr.

Spalte 10: Benutzungsdauer der maximal abgegebenen Kilowatt im Jahr.

Spalte 11: An den Schienen abgegebene Energie in Prozent zu der Maximalabgabe · 8760 Std. (Belastungsfaktor).

Spalte 12: Jährlicher Energieverlust in Prozenten der erzeugten Energie.

Spalte 13: Gesamtanlagekosten in Mark.

Spalte 14: Kosten pro Kilowatt Zentralleistung. Diese Zahl ist sehr wichtig zur Beurteilung der „Billigkeit“ einer Anlage.

Spalte 15: Kilowattstunden pro Mark Anlagekapital.

Spalte 16, 17, 18, 19, 20, 21 und 22 befassen sich mit den Kosten, die zum Zwecke bequemer Vergleichung auf die nutzbar abgegebene Kilowattstunde reduziert sind. So zeigt

Spalte 16: die Gesamteinnahme.

Spalte 17: die Brennmaterialekosten bzw. die Kosten bei Strombezug aus fremden Werken. Wird Strom mittelst Wasserkraft erzeugt, so ist dies durch \* kenntlich gemacht.

Spalte 18: die Ausgaben für Schmiermaterial.

Spalte 19: die Ausgaben für Gehälter und Löhne.

Spalte 20: Unterhaltung, Packungs- und Dichtungsmaterial.

Spalte 21: Sonstiges.

Spalte 22: Die gesamten Kosten für die nutzbar abgegebene Kilowattstunde.

Spalte 23: Bruttoüberschuß in Proz. des Anlagekapitals.

Spalte 24: Anzahl der Hausanschlüsse.

Spalte 25: Anzahl der Zähler inkl. Automaten.

Spalte 26: Anzahl der Automaten.

Spalte 27: Anzahl der nach Pauschalsätzen zahlenden Abnehmer.

---

### Betriebsergebnisse einer kleinen Stadtzentrale mit Fernversorgung.

Der Tarif war, von Sonderbestimmungen abgesehen, die hier un- **Anlage 5.**  
berücksichtigt bleiben sollen, der folgende:

Für landwirtschaftlichen Kleinbesitz pauschal, und zwar

a. Kraft:

Für Futterschneiden und Dreschen pro Morgen und Jahr M. 1.20.

Für Schrotten wird pro Morgen und Jahr ein Zuschlag von 10 Pf. erhoben. Hierbei ist die Bestimmung getroffen, daß die landwirtschaftlichen Motoren nur während der Tagesstunden benützt werden dürfen, die aus einer bei jedem Konsumenten aufgehängten Betriebsstundentabelle ersichtlich sind.

b. Licht. Es kostet:

eine	5kerzige	Glühlampe	M.	6.50	im	Jahr
„	10	„	„	12.50	„	„
„	16	„	„	20.—	„	„

Hierbei sei gleich bemerkt, daß sich derartig gute Lichtpreise nicht unter allen Verhältnissen erzielen lassen.

Für landwirtschaftlichen Großbesitz sowie Kleingewerbe und Anschlüsse innerhalb der Stadt nach Zähler kostet die Kilowattstunde Licht M. 0.55, Kraft für ersteren M. 0.25, für letztere M. 0.30.

Es war nun aus den nach rein kaufmännischen Gesichtspunkten geführten Büchern folgendes zu entnehmen:

Für den ländlichen Kleinbesitz und den landwirtschaftlichen Großbetrieb

- die Gebietgröße in Morgen,
- die Anzahl und Kerzenstärke der angeschlossenen Glühlampen sowie
- die PS-Zahl der angeschlossenen Motoren.

Für die städtischen Verhältnisse:

- die Anzahl der angeschlossenen Glühlampen,
- die PS-Zahl der angeschlossenen Motoren.

Für eine Ortschaft des Versorgungsgebiets ergab sich folgende Tabelle.

Grundbesitz in Morgen	Anzahl der angeschlossenen Glühlampen mit Kerzenstärken			Angeschlossene Motoren PS
	16	10	5	
87	Zählerverrechnung			3
52	—	1	4	3
30	—	1	2	2
75	—	1	4	3
46	—	1	4	3
18	—	2	1	2
25	—	1	2	2
40	1	—	2	2
40	Zählerverrechnung			2
36	1	1	4	3
26	—	1	4	2
45	—	1	2	2
—	—	1	1	—
33	—	1	3	2
19	—	1	3	2
31	—	1	1	2
25	1	1	2	2
31	—	1	2	2
36	—	3	—	2
18	—	1	2	2
34	—	1	2	2
30	—	1	2	2
27	—	1	2	2
74	—	1	4	3
45	—	1	2	3
Zus. 923	3	25	55	55

NB. Man beachte die überwiegende Anzahl der 5kerzigen Glühlampen, ein Beweis für das geringe Lichtbedürfnis auf dem Lande.

Für Licht nach Pauschaltarif wurde also bezahlt im Jahr:

3	Lampen à 16	Kerzen à M. 20.—	. . . . .	= M. 60.—
25	„ „ 10	„ „ „ 12.50	. . . . .	= „ 312.50
55	„ „ 5	„ „ „ 6.50	. . . . .	= „ 357.50

zus. M. 730.—

Die installierten Kohlefadenlampen hatten also zusammen bei einem Verbrauch von 3,5 Watt pro Kerze einen Anschlußwert von

$$3 \times 16 + 25 \times 10 + 55 \times 5 = 773 \times 3,5 = 2000 \text{ Watt.}$$

Da 730 M. bezahlt wurden, so brachte ein angeschlossenes Lampenwatt

$$\frac{730,00}{2000} = 36,5 \text{ Pfennig.}$$

Ein nach Zähler zahlender Großkonsument hatte 18 10kerzige und 18 16kerzige Lampen installiert. Diese haben einen Anschlußwert von  $18 \times 10 \times 3,5 + 18 \times 16 \times 3,5 = 1640$  Watt. Da er für Licht 560 Kilowattstunden à 55 Pf. = 308 M. brauchte, so brachte in diesem Falle das Lampenwatt

$$\frac{308,00}{1640} = 18,8 \text{ Pfennig,}$$

wobei die Zählermiete nicht berücksichtigt ist.

Nach dem Pauschaltarif hätte er zahlen müssen:

$$18 \text{ Lampen à } 10 \text{ Kerzen} = 18 \times 12,5 \dots = \text{M. } 225.—$$

$$18 \text{ „ „ } 16 \text{ „} = 18 \times 20 \dots = \text{„ } 360.—$$

zus. M. 585.99

in welchem Falle er wohl von der Einführung des elektrischen Lichts Abstand genommen hätte.

Die Bestimmung der Einnahme pro angeschlossenes Lampenwatt war für den Stadtbezirk insofern schwieriger, als wohl die Lampenzahl, nicht aber deren Kerzenstärke bekannt war; es wurde deshalb mit einer mittleren Zahl von 10 Kerzen gerechnet. Ferner konnte nicht die ganze Jahreseinnahme wegen der sich stets verändernden Anschlüsse einwandfrei festgestellt werden; es wurde deshalb der September, der als Durchschnittsmonat angesehen werden kann, vom Jahre 1911 zugrunde gelegt, und somit der Jahresverbrauch annähernd festgelegt. Daß diese Annahme nicht sehr von der Wirklichkeit abweicht, zeigte die ziemlich gute Übereinstimmung der hier berechneten Jahreseinnahmen mit den wirklichen; der Unterschied betrug nur ca. 8% und ist durch die Nachinstallationen gegen Ende des Jahres gerechtfertigt.

Es waren 1050 Lampen angeschlossen, also

$$1050 \times 10 \times 3,5 = 36\,800 \text{ Watt,}$$

Verbraucht wurden im September 923 KWstd. Licht, also im Jahr

$$923 \times 12 = 11\,076 \text{ KWstd.}$$

Diese brachten  $11\,076 \times 0,55 = 6\,091,80$  M.

also brachte ein Lampenwatt  $\frac{6091,8}{36800} = 16,5$  Pfg.

Es brachte also ein angeschlossenes Lampenwatt

in landwirtschaftlichem Kleinbetrieb 36,5 Pf.

in landwirtschaftlichem Großbetrieb 18,8 „

in städtischen Verhältnissen 16,5 „

(Zählermiete unberücksichtigt.)

Aus diesen Zahlen ist instruktiv ersichtlich, daß man im Pauschaltarif ein Mittel in der Hand hat, aus den landwirtschaftlichen Lampen höhere Einnahmen pro angeschlossenes Watt zu erzielen, als dies bei Zählerverrechnung der geringen Benutzungsdauer wegen möglich wäre,

was vom kaufmännischen Standpunkt erforderlich ist. Der Unterschied zwischen den Lampen im landwirtschaftlichen Großbetrieb und denjenigen in der Stadt ist gering, weil für letztere schon ein Gaswerk vorhanden war, als die Elektrizität eingeführt wurde, und die Lampen mit langer Benutzungsdauer, wie Straßenbeleuchtung etc., an dieses angeschlossen sind; die Elektrizität aber hauptsächlich nur für gelegentliche Beleuchtung von Schlafzimmern, Kellern, Hotelzimmern u. dgl. Verwendung gefunden hat, während der landwirtschaftliche Großkonsument in der Hauptsache Gebrauchslampen installiert hatte.

Die zahlenmäßige Ermittlung der Benutzungsdauer konnte für die pauschal angeschlossenen Lampen nicht durchgeführt werden, da deren Kilowattstundenverbrauch in den Aufschrieben nicht enthalten war; für den Großkonsumenten ergab sich eine jährliche Benutzungsdauer der angeschlossenen Glühlampen von

$$\frac{\text{Verbrauch in KWstd.}}{\text{Anschlußwert in KW}} = \frac{560}{1,64} = 340 \text{ Stunden,}$$

für die in der Stadt angeschlossenen Lampen (größtenteils Gelegenheitslampen) eine solche von

$$\frac{11076}{36,8} = 300 \text{ Stunden.}$$

Noch interessanter wie für Licht gestalten sich die Verhältnisse für Kraft, besonders beim Vergleich der Klein- und Großbetriebe. Für die ersteren ergeben sich aus der Konsumtabelle (Seite 80) 55 PS in Motoren auf eine Gebietgröße von 923 Morgen.

Es wurde bezahlt nach Pauschaltarif (s. diesen S. 79)

$$923 \times 1,20 = \text{M. } 1107,60,$$

also brachte eine angeschlossene PS

$$\frac{1107,60}{55} = \text{M. } 21,50.$$

Der erwähnte Großbetrieb hat 3 Motoren zu 20, 3 und 1 PS, die alle drei fahr- bzw. tragbar eingerichtet sind. Mit diesen Motoren werden alle möglichen Arbeiten verrichtet, wie: Antrieb einer großen Dreschmaschine mit doppelter Reinigung und Strohpresse, ferner werden die Häckselmaschine, Schrotmühle, Haferquetsche, Kuchenbrecher, Getreidereinigungsmaschinen, wie Trieur etc., Holzsäge, die Mosterei usw. je nach Kraftbedarf mit dem einen oder anderen dieser Motoren betrieben.

Der Anschlußwert dieser Motoren beträgt 24 PS. Verbraucht wurden

im Jahrgang 1909/10	2031 KWstd. à 25 Pf.	= M. 507,75
und	1910/11 1831 KWstd. à 25 Pf.	= M. 457,75

Der Mehrverbrauch des Jahrgangs 1909/10 erklärt sich dadurch, daß dieser ein verhältnismäßig nasser bzw. fruchtbarer war, während der Jahrgang 1910/11 sich bekanntlich durch große Trockenheit auszeichnete.

Eine angeschlossene PS brachte also

$$\text{im Jahrgang 1909/10: } \frac{507,75}{24} = \text{M. 21.10}$$

$$\text{im Jahrgang 1910/11: } \frac{457,75}{24} = \text{M. 19.81}$$

bzw. es wurde bezahlt, da der Grundbesitz 365 Morgen einschließlich Pachtland betrug, pro Morgen:

$$\text{im Jahrgang 1909/10: } \frac{507,75}{365} = \text{M. 1.39}$$

$$\text{im Jahrgang 1910/11: } \frac{457,75}{365} = \text{M. 1.25,}$$

der Großbetrieb bezahlt also annähernd dasselbe pro Morgen wie der pauschal angeschlossene Kleinbauer, hat aber dafür auch die Möglichkeit, seine sämtlichen Arbeiten elektrisch zu verrichten, während jener nur Futter schneiden und dreschen darf.

Es hat sich somit gezeigt, daß für den landwirtschaftlichen Großgrundbesitz der Zählertarif seine Berechtigung hat, denn einerseits wäre die Aufstellung von Pauschalsätzen bei derartig vielseitiger Anwendung des elektrischen Stromes ziemlich schwierig, andererseits müßte sie das Werk, um sicher zu gehen, so hoch ansetzen, daß derselbe Fall eintreten könnte, wie schon für die Beleuchtung gezeigt wurde, daß der Konsument durch die Höhe der Kosten von der Einführung elektrischen Betriebes abgehalten werden könnte.

Für den Stadtbezirk wurde derselbe Weg zur Bestimmung des Kraftkonsums eingeschlagen, wie bei Licht, es wurde September 1911 als Durchschnittsmonat zugrunde gelegt.

Angeschlossen waren 56 Motoren mit zusammen 112 PS. Diese brauchten im September 1753 KWstd., also im Jahr

$$1753 \times 12 = 21\,036 \text{ KWstd.}$$

Diese brachten ein  $21\,036 \times 0,3 = \text{M. 6310.80}$   
also brachte eine PS

$$\frac{6310,8}{112} = \text{M. 56.30.}$$

#### Z u s a m m e n s t e l l u n g :

Es brachte eine angeschlossene PS

in landwirtschaftlichem Kleinbetrieb	M. 21.50
in landwirtschaftlichem Großbetrieb	„ 20.45
in städtischen Verhältnissen	„ 56.30

Der Pauschaltarif erlaubte also, aus dem kleinbäuerlichen Betrieb ungefähr dieselbe Einnahme pro Morgen zu erzielen, wie sich mittelst Zähler aus dem Großbetrieb ergab, trotz der viel schlechteren Motorausnutzung seitens des Kleinkonsumenten.

Die Benutzungsdauer betrug:

im landwirtschaftlichen Großbetrieb 1909/10

$$\frac{2031}{24 \times 0,8} = 105 \text{ Stunden}$$

in städtischen Verhältnissen

$$\frac{21036}{112 \times 0,8} = 234 \text{ Stunden.}$$

---

### Beispiel einer Beisteuer-(Amortisationstarif-)Anlage.

Der Anschluß geschieht, vorausgesetzt, daß das betreffende Haus bereits einen Hausanschluß besitzt, unter folgenden Bedingungen: **Anlage 6.**

1. Es wird die erste Lampenleitung kostenlos installiert, wenn der Besteller während dreier Jahre für mindestens 18 M. Strom jährlich abzunehmen sich verpflichtet.
2. Für jede weitere installierte Lampe sind mindestens drei Jahre lang 3 M. jährlich Beisteuer zu entrichten.
3. Sind die Gebühren 6 Jahre lang entrichtet worden, so geht die Installation in den Besitz des Konsumenten über.
4. Die Zählermiete beträgt 40 Pf. pro Monat.
5. Werden die monatlichen Stromrechnungen oder die fälligen Beisteuergebühren nicht pünktlich bezahlt, so ist das Elektrizitätswerk berechtigt, die Stromlieferung einzustellen.

Diesen Bedingungen ist ein Lichtstrompreis von 50 Pf. pro KWstd. zugrunde gelegt, der Stromverbrauch wird mittels eines Zählers gemessen, der, da es sich im vorliegenden Fall um ein Gleichstromwerk handelt, ein Amperestundenzähler sein kann. Dem Kostenansatz liegt folgende Überlegung zugrunde:

Es seien in einem Haushalt 4 Glühlampen installiert, was für die ins Auge gefaßten Verhältnisse genügen wird.

Der Konsument bezahlt also jährlich mindestens:

Stromgarantie . . . . .	M. 18.—
Installationsbeisteuer . . . . .	„ 9.—
zusammen	M. 27.—

Nun verbrauchten im Laufe eines Rechnungsjahres:

Ein Fabrikarbeiter . . . . .	45	KWstd.
„ Landwirt . . . . .	78	„
„ Privatmann . . . . .	39	„
„ Fabrikarbeiter . . . . .	<b>22</b>	„
„ Hafner . . . . .	52	„
„ Landwirt . . . . .	37	„
„ Privatmann . . . . .	74	„
„ Erdarbeiter . . . . .	65	„
„ Korbmacher . . . . .	35	„
„ Schuhmacher . . . . .	53	„
„ Metzger . . . . .	84	„
„ Ökonom . . . . .	81	„

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß das angenommene Minimum gerechtfertigt ist, da es nur von einem Abnehmer unterschritten wurde.

Hieraus ergibt sich ferner ein mittlerer Verbrauch von 55 KWstd.

Man erhält also folgende Rechnung für den ungünstigsten Fall, daß der Konsument gerade seine garantierte KWstd.-Zahl, also  $18:0,5 = 36$  KWstd. verbraucht:

Einnahmen des Werks . . . . . M. 27.—

Ausgaben:

Stromselbstkosten am Zähler bei 14 Pf.

pro KWstd. . . . .  $36 \times 0,14 =$  M. 5.04

Abschreibung der mit M. 45.— eingesetzten

Installationskosten binnen 3 Jahren:

33,3% von M. 45.— . . . . . = M. 15.—

5% Zins von M. 15.— . . . . . = „ —.75 „ 20.79

Also jährlicher Gewinn M. 6.21

Bei dem mittleren Verbrauch von 55 KWstd.:

Einnahmen:  $55 \times 0,5 = 27,5 + 9$  (Install.-Beist.) M. 36.50

Ausgaben:  $55 \times 0,14 = 7,70 + 15.— + 0,75$  „ 23.45

Ergibt einen jährlichen Gewinn von M. 13.05

Die Ausgaben bzw. Einnahmen für Zählermiete sind unberücksichtigt geblieben, da sie im obigen Falle eine Sache für sich sind und durch die Mieten ausgeglichen werden.

Nach Verlauf von 3 Jahren fallen bei Abschreibung der gesamten Installationskosten in dieser Zeit die Ausgaben für Abschreibung und Zins fort, so daß im ungünstigsten Fall M. 21.96, im Durchschnittsfall M. 28.80 Gewinn jährlich zu verzeichnen sind, wenn der Anschluß noch länger beibehalten wird.

Ist gesichert, daß der Konsument die Anlage mindestens 6 Jahre lang behält, so kann die Abschreibung auf diese Zeit ausgedehnt werden, und beträgt dann der jährliche Gewinn im ungünstigsten Fall M. 14.06; im Durchschnitt M. 20.90.

Für die

Anlage 7

**Anlagekosten**

der im Text betrachteten Kleinzentrale sind folgende Beträge in Ansatz zu bringen:

- I. Als Anteil am Wasser- und Turbinenbau werde ungefähr die Hälfte der gesamten Anlagekosten auf den elektrischen Teil in Ansatz gebracht. Dieser Anteil beträgt  
M. 6000.—
- II. **Dynamomaschinenanlage:**  
 1 Gleichstrom-Nebenschluß-Dynamomaschine, 13,5 KW 115 Volt, mit Spannungserhöhung bis ca. 165 Volt, ca. 1170 Umdrehungen pro Minute,  
 1 Nebenschlußregler,  
 1 Satz Gleitschienen sowie Verbindungsleitung zwischen Dynamo und Schalttafel inkl. Fracht und Montage M. 1200.—
- III. **Akkumulatorenbatterie:**  
 bestehend aus 60 Elementen, Type J 6, 162 garant. Amperestunden bei 3stündiger Entladung, max. Entladestrom 54 Amp., mit Zubehör, wie Polschuhen, Löt- und Packmaterial, Holzgestell, Säure, Montage, Fracht etc. . . . . M. 2550.—
- IV. **Zellenschalterleitungen**  
 mit Kupferleitung 16 qmm, Isolatoren, Befestigungs-, Klein-, Löt-, Isoliermaterial und Montage . . . . . M. 250.—
- V. **Schaltanlage**, bestehend aus:  
 1 Schalttafel aus Marmor mit  
 1 elektromagnetischen Stromzeiger bis ca. 150 Amp.,  
 1 elektromagnetischen Voltmeter bis ca. 170 Volt,  
 1 einpoligen Momenthebelschalter, 200 Amp.  
 1 einpoligen Minimalausschalter, 200 Amp.  
 3 Sicherungen; 1 à 125; 2 à 80 Amp.  
 1 einpoliger Momenthebelumschalter, 150 Amp.  
 2 einpolige Momenthebelschalter, 60 Amp.  
 1 Präzisionsstromzeiger, 80-0-80 Amp.  
 1 Doppelzellenschalter mit 20 Kontakten, 60 Amp.,  
 1 Voltmeterumschalter mit 3 Kontaktpaaren,  
 diverse Verteilungssicherungen und Schalter für Verteilungsleitungen . . . . . M. 800.—

## VI. Verteilungsnetz.

Es werde mit M. 300.— Leitungskosten pro angeschlossenes KW gerechnet; dies ergibt bei ca. 25 KW Anschlußwert M. 7500.—

Die jährlichen

**Einnahmen**

stellen sich ungefähr wie folgt.

## A. Für Licht:

Die Lampen werden nach Pauschaltarif zu den im Text angegebenen Sätzen verrechnet. Dies entspricht für die 170 Glühlampen unter Zugrundelegung 16kerziger Kohlefadenlampen bzw. entsprechender Metallfadenlampen einem Betrag von  $170 \times 16 = \dots$  M. 2720.—

## B. Für Kraft:

Bei einem Kraftstrompreis von M. 0,25 pro KWstd. erhält man, wenn folgende Motoren vorhanden sind, die Tabelle

Motoren für	Stück	mit zus. PS	Benutzungsdauer		PSstd. jährl.	Verbrauch KWstd. 1 PS = 900
			täglich	jährlich b. 300 Ar- beitstag		
Schlosserei mit						
Schmiede . . .	1	3	1,5	450	1350	1220
Schreinerei . . .	1	3	2	600	1800	1620
Fleischerei . . .	1	2	1	300	600	540
Bäckerei . . . .	1	1,5	2	600	900	810
Häckselmaschinen	6	12	$\frac{1}{3}$	100	1200	1080

Insgesamt KWstd. 5270

Dies ergibt eine jährliche Kraftstromeinnahme von  $5270 \times 0,25$   
= M. 1317,50

### Beispiel

für die Rentabilität einer kleinen Zentrale mit Fernversorgung.

Es liege die Aufgabe vor, an eine Zentrale von ähnlichen Größenverhältnissen wie im Beispiel Anlage 7 einen Motor von 6 PS Leistung in 3 km Entfernung vom Kraftwerk anzuschließen, was mit Gleichstrom nicht mehr durchführbar ist.

**Anlage 8.**

Es fragt sich also zunächst, ob Einphasen- oder Drehstrom gewählt werden soll. Die Spannung betrage 500 Volt, da derartig kleine Motoren normal nicht für höhere Spannungen erhältlich sind.

Die Berechnung des prozentualen Spannungsabfalls für verschiedene normale Querschnitte sei zunächst durchgeführt; sie erfolgte nach der Forssbladschen Methode (E. T. Z. 1911, H. 47, S. 1185). Auf diese sowie Leitungsberechnung im allgemeinen ist an anderer Stelle eingegangen (siehe S. 49).

Die zur Berechnung nötigen Daten des Motors sind:

	für Drehstrom	Einphasenstrom
Leistung	6 PS	6 PS
$\cos \varphi$	0,86	0,8
Wirkungsgrad $\eta$	84,5%	78%

Der in der Leitung auftretende Strom ist:

bei Drehstrom

$$\frac{736 \cdot N}{E \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{736 \cdot 6}{500 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,86 \cdot 0,845} = 7,02 \text{ Amp.}$$

bei Einphasenstrom

$$\frac{736 \cdot N}{E \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{736 \cdot 6}{500 \cdot 0,8 \cdot 0,78} = 14,15 \text{ Amp.}$$

Der Abstand der Drähte der Freileitung betrage 400 mm.

Die Forssbladsche Formel lautet nun für Drehstrom:

$$\text{Spannungsabfall } e_d = \frac{J}{q} \cdot k \cdot l \cdot \sqrt{3}$$

$$\text{für Einphasenstrom } e_e = \frac{J}{q} \cdot k \cdot l \cdot 2$$

wo

J = Stromstärke in Amp.,

q = Querschnitt in qmm,

k = Konstante aus der Forssbladschen Kurve (Abb. 2),

l = einfache Leitungslänge in km.

Es ergibt sich also:

bei Querschnitt 10 mm<sup>2</sup> für Drehstrom

$$e = \frac{J}{q} \cdot k_1 \cdot 1 \cdot \sqrt{3} = \frac{7,02}{10} \cdot 16,9 \cdot 3 \sqrt{3} = 61,7 \text{ Volt}$$

$$\text{oder } \frac{61,7 \cdot 100}{500} = 12,3 \%$$

bei Querschnitt 10 mm<sup>2</sup> für Einphasenstrom

$$e = \frac{J}{q} \cdot k_2 \cdot 1 \cdot 2 = \frac{14,15}{10} \cdot 16,3 \cdot 3 \cdot 2 = 138 \text{ Volt}$$

$$\text{oder } \frac{138 \cdot 100}{500} = 27,6 \%$$

bei Querschnitt 16 mm<sup>2</sup> für Einphasenstrom

$$e = \frac{J}{q_2} \cdot k_3 \cdot 1 \cdot 2 = \frac{14,15}{16} \cdot 17,4 \cdot 3 \cdot 2 = 92,3 \text{ Volt}$$

$$\text{oder } \frac{92,3 \cdot 100}{500} = 18,4 \%$$

Es ist also nur Drehstrom möglich, da höchstens 15% Spannungsabfall zugelassen werden können.

Nun soll untersucht werden, ob und unter welchen Bedingungen ein solcher Einzelanschluß rentabel ausgeführt werden kann, d. h. wieviel KWstd. verbraucht werden müssen, um das für den Anschluß investierte Kapital zu amortisieren und die Erzielung eines geringen Überschusses zu ermöglichen.

Daß eine Maschine mit Spannungserhöhung wie oben nicht gewählt werden kann, versteht sich von selbst, da die Drehstromspannung sich dann auch ändern würde bzw. während der Ladung die Drehstromseite abgeschaltet werden müßte; es muß vielmehr das Laden der Batterie mittelst Zusatzdynamomaschine geschehen, die am billigsten an die Hauptantriebsmaschine bzw. Transmission mit angehängt wird.

An Anlagekosten sind auszuwerfen für

1. Anbringung der Schleifringe an der Gleichstrommaschine . . . . .	M.	100.—
2. 1 Transformator, 72/562 Volt bei Vollast, $\cos\varphi = 0,8$ , ca. 5 KVA . . . . .	„	255.—
3. 1 dreipoliger Hebelschalter für Niederspannung . . . . .	„	25.—
4. 2 dreipolige Hebelschalter für Oberspannung . . . . .	„	60.—
5. Überspannungsschutz . . . . .	„	265.—
6. Montage (zum Teil), diverses Material . . . . .	„	60.—
	<u>M.</u>	<u>765.—</u>
7. Fernleitung, $3 \times 10 \text{ mm}^2$ Masten, 150 mm Zopf, 9 m Gesamtlänge, imprägniert . . . . .	M.	16.—
Aufstellen, Armieren pro Stück . . . . .	„	5.—
Isolatoren . . . . .	„	3.—
	<u>zus. M.</u>	<u>24.—</u>

Übertrag: M. 765.—

Nötig sind bei  $\frac{3000}{60} = 50$  Masten . M. 1200.—

60 m Abstand: 60 Drahtziehen pro km M. 150.— . . . „ 450.—

Kupfer  $3 \times 10 \times 3 \times 10 \times 1,90$ , ca. . . . „ 1600.—

Fernleitung insgesamt M. 3250.—

Gesamtkosten M. 4015.—

Wir haben also

Abschreibung 5% . . . . . ca. M. 200.—

Zins 5% . . . . . „ „ 200.—

Gewinn  $2\frac{1}{2}\%$  . . . . . „ „ 100.—

zusammen M. 500.—

was 2000 KWstd. bei M. 0.25 pro KWstd. entspricht. Der Motor müßte daher  $\frac{2000}{5,6} = \text{ca. } 380$  Stunden mindestens jährlich im vollbelasteten Betrieb sein, bzw. der Abnehmer müßte eine jährliche Abnahme von mindestens 2000 KWstd. bei M. 0.25 pro KWstd. garantieren, was bei einem industriellen Betrieb ohne weiteres möglich sein wird, besonders wenn noch Licht angeschlossen wird, was in obiger Aufstellung nicht berücksichtigt ist. Auch kann der Anschluß an die Bedingung geknüpft werden, daß die gesamte Einrichtung vom Stromlieferanten zu beziehen ist, so daß noch mit Installationsgewinn gerechnet werden kann.

### Berechnung der Spannungserhöhung durch Kapazität.

#### Anlage 9.

Beispiel: Spannung: 70 000 Volt,  
 Entfernung: 120 km,  
 Drahtabstand: 2 m,  
 Drahtalbmesser 4,7 mm entsprechend 70 mm<sup>2</sup>

Nach Formel (4) ist

$$e_k = J_k \cdot \frac{R}{2}$$

Der Kapazitätsstrom  $J_k$  berechnet sich nach Form (5) zu

$$\begin{aligned} J_k &= \frac{2,41}{10^{\log \frac{a}{r}}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot E_{\text{Volt}} \cdot l_{\text{km}} \cdot 10^{-8} \text{ Amp.} \\ &= \frac{2,41}{10^{\log \frac{2000}{4,7}}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 70000 \cdot 120 \cdot 10^{-8} = \underline{\underline{24,2 \text{ Amp.}}} \end{aligned}$$

Für R ergibt sich aus Formel (1)

$$R = l_{\text{km}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot L_{\text{Henry}} \text{ Ohm}$$

wo nach Formel (2)

$$\begin{aligned} L &= \left( 4,605 \cdot 10^{\log \frac{a}{r}} + 0,50 \right) 10^{-4} \text{ Henry/km} \\ &= \left( 4,605 \cdot 10^{\log \frac{2000}{4,7}} + 0,50 \right) 10^{-4} \text{ " " } \\ L &= \underline{\underline{12,5 \cdot 10^{-4} \text{ Henry/km}}} \end{aligned}$$

somit

$$R = 120 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 12,5 \cdot 10^{-4} \text{ Ohm}$$

$$R = \underline{\underline{47,1 \text{ Ohm}}}$$

Somit hat man für

$$e_k = J_k \cdot \frac{R}{2} = 42,2 \cdot \frac{47,1}{2}$$

$$e_k = \underline{\underline{570 \text{ Volt}}}$$

Nach der Angabe, daß die Kapazitätsspannungserhöhung für 100 km und 50 Perioden 0,57% der Leitungsspannung beträgt, erhält man:

$$e_k = 0,0057 \cdot 70000 \left( \frac{120}{100} \right)^2$$

$$e_k = \underline{\underline{575 \text{ Volt}}}$$

was mit hinreichender Genauigkeit mit dem exakten Resultat übereinstimmt.

## Beispiel a.

**Automatische Zu- und Abschaltung bei Transformierung  
direkt auf Gebrauchsspannung.****Anlage 10.**

Die Oberspannung betrage 10 000 Volt, die Verbrauchsspannung 220 Volt. Es seien vorhanden: 1 Transformator 15 KVA, 1 Transformator 100 KVA.

Angenommen ist, daß der 100 KVA-Transformator 500 Stunden jährlich im Betrieb sei. Der 15 KVA-Transformator liege ständig am Netz.

Ohne automatische Schaltung wäre der 100 KVA-Transformator allein notwendig. Er würde an Leerlauf brauchen bei einer Leerlaufenergie von 675 Watt:  $0,675 \cdot 8760 = 5920$  KWstd.

Bei Abschaltung des großen Transformators beträgt der Leerlauf bei einem Verbrauch des kleinen Transformators von 198 Watt:

Verbrauch des kleinen Transformators	$0,198 \times 8760 = 1740$ KWstd.
„ „ 100 KVA	„ $0,675 \times 500 = 337,5$ „
	zusammen <u>2077,5 KWstd.</u>

Es lassen sich also ersparen:

$$5920,0 - 2077,5 = \underline{3842,5 \text{ KWstd.}}$$

Diese kosten

bei 5 Pf./KWstd. . . . .	<u>M. 192.13</u>
„ 10 „ . . . . .	<u>„ 384.25</u>

An Mehrkosten stehen diesen Ersparnissen gegenüber:

Die Amortisation (10%) vom Preise des 15 KVA-Transformators (M. 640.—) . . . . .	M. 64.—
desgl. vom Preise des Transformator-Schalters (M. 305.—) „	30.50
desgl. vom Preise des Relais (M. 92.—) . . . . .	„ 9.20
	<u>zusammen M. 103.70</u>

Es verbleiben daher an reinen Ersparnissen pro Jahr:

bei 5 Pf.-KWstd. . . . .	<u>M. 100,17</u>
„ 10 „ . . . . .	<u>„ 282,55</u>

## Beispiel b.

**Transformierung von Hochspannung in eine Zwischenspannung.****Anlage 11.**

Die Oberspannung betrage 30 000 Volt, die Unterspannung 3000 Volt. Die Maximalleistung im Mittel 350 KVA, die mittlere Leistung außerhalb des Maximums 50 KVA. Es sind daher 2 Transformatoren vorhanden: 350 KVA und 50 KVA.

Unter der Annahme, daß der 50 KVA-Transformator um 80% auf kürzere Zeit überlastet werden kann, hat die Einstellung des Relais auf Einschaltung zu erfolgen für einen Strom von

$$\frac{\text{KVA}}{\text{KV}} \cdot 1,8 = \frac{50}{30} \cdot 1,8 = 3 \text{ Amp.}$$

Entsprechend den Angaben im Text hat die Wiederausschaltung bei einem Strom von 2,7 bis 2,55 Amp. zu erfolgen.

Es sei nun die Annahme gemacht, daß die hohe Belastung 1000 Stunden jährlich betrage, während dieser Zeit also der große Transformator im Betrieb sei. Der kleinere sei ständig am Netz, da dessen Abschaltung die Anordnung von unverhältnismäßig teuren und komplizierten Vorrichtungen bedingen würde.

Wäre nur der große Transformator vorhanden, so würde er an Leerlauf brauchen (Leerlaufenergie 2,35 KW):

$$2,35 \cdot 8760 = \underline{20\ 600 \text{ KWstd.}}$$

Bei Umschaltung beträgt der Leerlauf (Leerlaufenergie des 50 KVA-Transformators = 550 Watt)

$$\text{des kleinen Transformators} \quad . \quad . \quad 0,55 \times 8760 = 4\ 820 \text{ KWstd.}$$

$$\text{des großen Transformators} \quad . \quad . \quad 2,35 \times 1000 = 2\ 350 \quad ,,$$

$$\text{zusammen} \quad \underline{7\ 170 \text{ KWstd.}}$$

Es sind also erspart:

$$20\ 600 - 7170 = \underline{13\ 430 \text{ KWstd.}}$$

$$\text{Diese kosten bei 5 Pf.-KWstd.} \quad . \quad . \quad . \quad \underline{\text{M. } 671.50}$$

$$\text{,, 10 ,,} \quad . \quad . \quad . \quad \underline{\text{,, } 1343.-}$$

Diesen Ersparnissen stehen an Mehrkosten gegenüber Amortisation (10%)

vom Preise des kleinen Transformators (M. 1450.—)	M. 145.—
„ „ eines Ölschalters, 30 000 Volt (M. 650.—)	„ 65.—
„ „ eines Ölschalters, 3000 Volt (M. 135.—)	„ 13.50
„ „ des Schaltmotors (M. 530.—) . . . . .	„ 53.—
„ „ der Relais (M. 160.—) . . . . .	„ 16.—
	zusammen M. 292.50

(NB. Ein Ölschutzschalter müßte sowieso vorhanden sein; es ist also dessen Preis hier nicht in Betracht zu ziehen.)

An reinen Ersparnissen bleiben dann:

bei 5 Pf.-KWstd. . . .	M. 379.—
„ 10 „ . . .	„ 1050.50

Tabelle I. Zusammenstellung der wichtigeren in der Landwirtschaft verwendeten Maschinen und Geräte.

Name	Arbeitsbreite oder sonstige Größenangaben	Leistung für den zehnstündigen Arbeitstag	Normaler Kraftbedarf in Pf. beziehungsweise in PS eff.	Erforderliche Belegschaftszahl:	Ist der motorische Betrieb bereits ausgeführt?	Bemerkungen
<b>I. Maschinen, welche den Rohrertrag erhöhen:</b>						
a) für die Bestellung:						
Getreidereinigungsmaschine für Saatgut . . . . .	40 bis 70 cm	8 bis 16 t 7,5 bis 10 t 15 bis 20 t ca. 5 t ca. 12,5 t ca. 0,31 ha <sup>1)</sup>	1 bis 3 0,5 1,0 0,5 1,0 4 Pf.	1 bis 2 1 bis 2 1 bis 2 1 bis 2	ja ja ja —	1) Bei 36 cm Furchentiefe und trocken, schwerem Lehmboden.
Windfège . . . . .	—					
Trieur . . . . .	—					
Gespinnspflug . . . . .	1,2 bis 1,6 m	ca. 5 bzw. 7,5 ha <sup>1)</sup>	60 bzw. 90	4	ja	
Elektrischer Pflug, Zweimaschinen-System . . . . .	1,2 bis 1,6 m	ca. 3 bzw. 6 ha <sup>1)</sup>	40 bzw. 80	4	ja	
Desgl. Einmaschinen-System . . . . .	ca. 3 m	ca. 1,5 ha	3 Pf.	1	—	
Kultivator oder Grubber für Gespannbetrieb . . . . .	ca. 3 m	ca. 15 ha	30 bis 40	3	ja	
Desgl. für elektrischen Betrieb . . . . .	ca. 2 m	ca. 2 ha	2 bis 3 Pf.	1	ja	
Egge, mittlere Gartenegge, Gespannbetrieb . . . . .	ca. 2 m	ca. 3 ha	3 bis 5 Pf.	1	ja	
Walze für Gespannbetrieb . . . . .	1,8 bis 2 m	ca. 9 ha	2 bis 3 Pf.	2	nein	
Hackmaschine . . . . .	2 bzw. 4 m	ca. 4 bzw. 9 ha	ca. 2 bzw. 4 Pf.	2 bis 3	nein	
Drillmaschine . . . . .	2,5 bzw. 3,8 m	ca. 7 bzw. 15 ha	ca. 1 bzw. 2 Pf.	1 bis 2	nein	
Breitsämaschine . . . . .	—	ca. 30 t	1,5 bis 2 Pf.	1	ja	
Düngertrümmermaschine . . . . .	2 bzw. 4 m	ca. 5 bzw. 12 ha	1 bzw. 2 Pf.	2 bis 3	in Vorbereitung	
Pumpe für Be- und Entwässerungsanlagen . . . . .	je nach Bedarf und Förderhöhe					
b) für die Ernte:						
Heuwender . . . . .	1,5 bis 2 m	ca. 8 ha	1 Pf.	1	nein	
Mähmaschine mit Selbstbinder . . . . .	1,4 bis 1,8 m	ca. 3,8 ha	3 Pf.	1 bis 2	nein	
Grasmähmaschine . . . . .	1,3 bis 1,5 m	ca. 3,2 ha	2 Pf.	1	nein	
Gespannrechen . . . . .	2 bis 3,5 m	ca. 6 ha	1 Pf.	1	nein	
Kartoffelernemaschine . . . . .	einreihig	ca. 1 ha	2 Pf.	2 bis 3	nein	für mehrreihige Ausführung in Vorbereitung

	zweireihig vierreihig	1,7 bis 2 ha 4 bis 5 h	4 bis 6 Pf. u. mehr 16 bis 20	2 bis 3 3 bis 4	nein inVorbereitung	
Rübenheber für Gespinnbetrieb . . . . .	46 cm	1000 Garben von je 10kg, ca. 3,5 t Getreide	ca. 3 bis 4	4 bis 5	ja	Mit zweiteiligem Hordenschüttler.
D-egl. für motorischen Betrieb . . . . .	171 cm	1500 bis 2000 Garben ca. 5,7 t Getreide	6 bis 8	6 bis 8	ja	Mit fünfteiligem Hordenschüttler, doppelttem Putz- werk u. Entgran- ner.
Stiftendreschmaschine mit einfacher Reinigung . . . . .	171 cm	ca. 10 bis 15 t Getreide	ca. 25	16 bis 20	ja	Trommeldurch- messer 610 mm.
Breitdreschmaschine mit Schlag- leisten, fahrbar . . . . .	171 cm	ca. 30 bis 50 t Getreide	ca. 50 bis 90	20 bis 30	ja	Trommeldurch- messer 610 bis 660 mm.
Breitdreschmaschine mit Selbststein- leger, Siroppresse, Kaffe- und Kurz- strohgebläse . . . . .	—	ca. 30 t ca. 100 t	1 bis 2 3 bis 5	1 bis 2 1 bis 2	ja ja	
Biesendreschmaschine m. desgl. . . . .	—	je nach örtlichen Verhältnissen	ca. 3	2	ja	
<b>II. Maschinen, welche die Unkosten vermindern:</b>						
a) Hebevorrichtungen:						
Entladevorrichtung in der Scheune (Heu- und Strohaufzug) . . . . .	—	je nach Förderhöhe und Förderlast	ca. 1 ca. 0,5	2 1	ja ja	
Entladevorrichtung für ganze Fuder Elevator für Beförderung von Stroh, Heu und Getreide auf die Mieten oder den Boden in der Scheune . . . . .	bei 4 bis 5 m Förderhöhe	220 cbm				
Sackaufzug . . . . .	je nach Länge u. örtl. Verhältnissen	3 bis 5		1	ja	
Jauchepumpe . . . . .	30 m Förderlänge, 400 mm breit	ca. 3	ca. 3	1	ja	
b) Transportmittel:						
Transportrinne (Schüttelrinne) . . . . .	—	30 t Nutzlast	je nach Leistung 6 bis 12	1 bis 2 1 bis 2	ja ja	
Transportband . . . . .	—	—	ca. 5	1 bis 2	ja	Geschwindigkeit 3 Beck/m
Feldbahn . . . . .	—	ca. 5 t				
Spill zum Befördern schwerer Lasten Winde desgl. . . . .	—	ca. 15 t ca. 30 t ca. 18 t ca. 0,2 bis 0,4 t <sup>2)</sup> ca. 10 t	ca. 6 ca. 10 bis 12 ca. 3 bis 5 ca. 3,5 bis 4 4 bis 5	3 bis 5 3 bis 5 1 3	ja ja ja ja	
c) für die Verwertung:						
Grobstropfpresse . . . . .	—	ca. 20 t	6 bis 10	3	ja	
Glatstropfpresse mit Selbstbinder . . . . .	1500 mm breit					
Mahlmühle, einfacher Mahlgang . . . . .	1,5 m Durchm.					
Häckselmaschine für Verkaufsgut . . . . .	40 cm breite Schnittfläche					
Desgl. größeres Modell, einschließ- lich Sieb, Reinigungsvorrichtung und Elevator . . . . .	—					2) Je nach Getreid- deart u. Schärfe der Steine.

Reisser, Elektrizitätsversorgung.

Tabelle I. Zusammenstellung der wichtigeren in der Landwirtschaft verwendeten Maschinen und Geräte. (Fortsetzung.)

Name	Arbeitsbreite oder sonstige Größenangaben	Leistung für den zehnstündigen Arbeitstag	Normaler Kraftbedarf in Pfd. beziehungsweise in PS eff.	Erforderliche Bezeichnung, Leutzahl!	Ist der motorische Betrieb bereits ausgeführt?	Bemerkungen
<b>III. Die Maschinen d. Landindustrie:</b>						
a) Brenneimaschinen:						
Malzputzmaschine	bei 2860 l Maischraum	—	10 bis 15	3 bis 4	ja	
Garbottichkühlung						
Malzquetsche						
Wasserpumpe						
Schlepppumpe						
Kartoffelwäsche						
Vormaischbottich						
b) Molkerei:						
Milchkühler	—	—	je nach Leistung 2 bis 10	1 bis 3	ja	
Zentrifuge (Separator)	—	—				
Butterfaß	—	—				
Knete	—	—				
Presse	—	—				
Pumpe	—	—				
Wärmer	—	—				
c) Schneidemühle:						
Kreissäge	25 bis 50 cm D.	—	1 bis 7	1	ja	
Gattersäge	—	—	6 bis 8	1	ja	
d) Stellmachereimaschinen:						
Bandsäge	—	—	2,5 bis 3	1	ja	
Bohrmaschine	—	—				
Drehbank	—	—				
Radmaschine	—	—				
Schleifstein	—	—				
e) Ziegeleimaschinen:						
Tonschneider	—	ca. 60 cbm Ton	6 bis 10	2	ja	
Ziegelpresse	—	ca. 6000 Vollsteine	6 bis 8	4 bis 5	ja	
Torfpresse	—	ca. 30000 bis 40000 Soden	ca. 6	10 bis 12	ja	

f) Gutschmiede:								
Schleifstein	—	—	—	ca. 2	1 bis 2	ja		
Bohrmaschine	—	—	—					
Drehbank	—	—	—					
Bläser	—	—	—					
IV. Futterbereiungsmaschinen für die Viehzucht:								
Häckselmaschine	30 bis 40 cm	3 bis 7 Pferdehäcksel		2 bis 3	2 bis 3	ja		
Ölkuchenbrecher	22 bis 35 cm	ca. 15 t		ca. 0,75	1	ja		
Rübenschneider	—	ca. 6,5 t		ca. 2,5	1	ja		
Schrotmühle	160cm Mahlscheibendurchmesser	0,25 bis 0,5 t		2 bis 3	1 bis 2	ja		
Desgl.	600cm Mahlscheibendurchmesser	3 bis 3,5 t		7 bis 8	1 bis 2	ja		
Kartoffelquetsche	—	ca. 20 t		ca. 0,5 bis 1,0	1	ja		
Haferquetsche	8 bis 15 cm	ca. 2 t		ca. 2	1	ja		
g) Trocknungsanlagen zur Herstellung von Trockenfutter aus:								
a) Kartoffeln, Kartoffelkraut, Rübenaus, Lupinen, Erbsen usw.	Längender Trockentrommel 5, bis 7½ bis 13 m	ca. 11 bis 15 bis 35 t		20 bis 35	4 bis 6	ja	Trommel/durchmesser 1,2 bis 1,5 m	
b) Für Kartoffeln:	2,4 m	ca. 15 t		22 bis 27	7	ja	Trommel/durchmesser 0,85 m	
Walzentrockner	—	—						
Wasserpumpe für Trinkwasser und Stallversorgung	je nach Bedarf und Förderhöhe					ja		
V. Pflege der Tiere:								
Torfstreu-Reißwolf	—	75 bis 100 t		4 bis 5	1	ja		
Schafscherer	—	—		ca. 0,1	1	ja		
VI. Forstwirtschaft:								
Fahrbare Säge	in einem Schnitt	1 Stamm von 40 cm Durchmesser		ca. 6 bis 8	1	ja		

Es betragen Kraftbedarf, Leistung, Stromverbrauch und Stromkosten der gebräuchlichsten landwirtschaftlichen Maschinen bei Zugrundelegung eines Kraftstrompreises von 20 Pf. pro KWstd.:

Art der Maschine	Kraftbedarf PS	Leistung Ztr./Std.	Stromverbrauch KWstd./Ztr.	Stromkosten Pf./Ztr.
Dreschmaschine mit dreifacher Reinigung . . .	15—20	20—30	0,5—0,7	8—10
Häckselmaschine . . . . .	2—5	5—20	0,15—0,2	ca. 5
Schrotmühlen je nach Getreideart und Feinheit des Korns . . . . .	3—10	4—15	0,4—0,7	8—13
Rübenschneider . . . . .	1/2—1	30—40	1/80	1/4
Oelkuchenbrecher . . . . .	1	20—30	1/30	2/3
Düngermühlen . . . . .	1	50—60	1/60	1/3
Haferquetsche . . . . .	2—5			5—6
Getreidereinigungs- maschinen . . . . .	1/4	25—35	minimal	
Trieure . . . . .	1/8	10—12	"	
Molkereimaschinen . . . .	0,75—3	Der Betrieb des Separators, Butterfasses und Butterkneters erfordert für ein Quantum von 140—150 Liter Milch täglich für 16—18 Pf. Strom.		

Wasserpumpen 1—2 PS heben 1000 l auf 10 m Höhe um ca. 2 Pf.

Jauchepumpen 1 PS. Das Füllen eines Fasses von 1000—1500 Liter Inhalt in 6—8 Minuten kostet ca. 2 Pf.

Obige Tabelle ist zusammengestellt nach Erfahrungswerten der A.E.G. und S.S.W.

Tabelle III. Der Elektromotor in Landindustrie und ländlichem Kleingewerbe.

Betrieb	Angetriebene Maschinen	Totaler Kraftbedarf PS	Bemerkungen
1. Bäckereien . . . . .	Teigknetmaschine	1—2	Schnellere Fertigstellung der Backware Ersparnis an Personal, schnellere Arbeit bei geringerer Arbeitszeit
2. Metzgereien . . . . .	Fleischwolf, Blitzschneider	2—5	
3. Stellmachereien, Schreinerien, Wagenbau . . . . .	Kreis- und Bandsäge, Hobel-, Abricht- und Fräsmaschine, Universalmaschine	3—7 (10)	Handwerker können infolge höherer Leistungsfähigkeit sogar mit Großbetrieben konkurrieren
4. Schlossereien, Schmiedereien, mechanische Werkstätten für Metallbearbeitung . . . . .	Drehbänke, Bohrmaschinen, Schmirgelscheiben, Schleifstein, Schmiedefeuer-ventilator, Fall- bzw. Luftfederhammer	3—5 (10)	wie unter 3.
5. Wäschereien . . . . .	Waschmaschinen, Zentrifugentrockenmaschinen, Pumpen, Kastenmangel	2—3	Ersparnis an Hilfskräften möglich
6. Sonstige landindustrielle Einzelbetriebe			
a) Getreidemahlmühlen . . . . .	Mahlgang	3—5	pro Mahlgang bei Steinbetrieb inkl. Transporteinrichtung für das Mahlgut
b) Sägemühlen . . . . .	Autom. Walzenstühle Vollgatter 5—7 Blatt Hochgang 1—2 "	5—8 12—15 5—8	Holzstamm bis 50 cm Durchmesser
c) Brauereien . . . . .	Eisproduktion Mehrbedarf	3—6 10—15 2—4	ohne Kühlmaschinenbetrieb " " ohne Eisproduktion mit

Tabelle IV.

No.	Ort	1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	Bemerkungen																										
		Anzahl der Ortschaften, die mit Strom versorgt werden																															Betrieb kommunal oder privat	Kraft-erzeugungsmittels	Gesamt-leistungsfähigkeit des eigenen Werks KW	Am Ende des Jahres ange-schlossene Kilowatt	Nutzbar abgegebene Kilowattstunden	Gesamter Anschlußwert		Benutzungsdauer		Ausnutzungsfaktor bezogen auf die Maximalabgabe %	Jährlicher Energieverlust in % der erzeugten Energie	Gesamt-Anlagekosten M.	Kosten pro KW Zentral-leistg. M.	KWstd. pro M. Anlage-kapital	Kosten pro nutzbar abgegebene KWstd.							Brutto-überschuß in % des Anlage-kapitals	Anzahl der			Prozentualer Anteil der Leitungs-kosten am Gesamt-anlage-kapital %
		a	b	c																																		im Jahres-mittel KW	Benutzungs-dauer desselben im Jahr Std.	der Gesamt-Leistungsfähigkeit Std.	der maximal abge-gbenen KW Std.						Gesamt-Einnahme Pf.	<sup>1)</sup> Brennmaterial * Erzeugt Strom durch Wasserkraft <sup>2)</sup> Strom aus fremden Werken Pf.	Schmier-material Pf.	Ge-hälter und Löhne Pf.	Unterhaltung, Pak-kungs- u. Dich-tungs-ma-terial Pf.	Son-stiges Pf.	Insgesamt Pf.		Hausanschlüsse	bei den Ab-nehmern an-geschlossenen Zähler	nach Pauschal-sätzen zahlenden Abnehmer	
1	Dortmund { Westfäl. Verbands-Elekt.-Werk	3	12	4	privat	Dampf	15 000	22 828	20 529 767	—	—	1 686,4	2 480	27,3	18,6	8 470 443	565	2,43	a) 4,50 b) 5,70 c) 9,60	1,76	0,02	0,50	0,16	0,29	2,73	6,73	a) 104 b) 384 c) 255 743	136 610 409 1 155	5 14 9 28	—	—	36,3																										
2	Essen { Rheinisch-Westfäl. Elektrizitäts-Werk	—	—	—	privat	Dampf	22 400	66 641	69 009 674	59 094	1 167	3 879,0	4 042,0	49,6	26,2	27 873 126	1 244	2,74	8,44	—	0,03	0,54	0,45	0,53	3,91	11,23	9 706	13 794	423	—	—	44,3																										
3	Gebweiler . . . . .	—	12	10	privat	Dampf	1 375	2 800	2 500 000	2 200	—	700,0	2 078	37,5	30,0	1 463 697	1 080	0,77	12,00	4,10	0,20	1,40	0,10	1,00	6,80	—	1 529	1 529	—	—	—	—																										
4	Oberschles. Industriebezirk	—	34	—	privat	Dampf	34 967	10 402	3 528 117	34 169	2 110	2 368,3	3 842,8	43,9	12,9	24 812 505	710	2,90	6,29	0,88	0,30	0,61	0,39	0,36	2,27	11,69	5 525	7 819	—	5 201	—	31,3																										
	Mittelwerte Gruppe I . .										1 638	2 159	3 110	39,6	21,9	900	2,21	7,75							3,93	9,88						37,3																										
5	Altbach . . . . .	—	18	81	privat	Wasser und Dampf	9 282	13 164	5 914 708	11 067	535	954,6	2 344,2	26,2	33,14	13 862 925	1 493	0,43	16,56	<sup>1)</sup> * 2,83	0,04	1,91	1,12	1,26	7,16	3,75	b) 3 523 c) 4 313 7 836	3 210 4 457 7 767	—	—	658 1 633 2 291	—	39,1																									
6	Hagen i. W. { Elektrizitäts-werk Mark	12	22	34	kommunal	Dampf	6 000	14 500	12 098 241	—	—	2 221,0	3 028,0	33,5	9,2	8 362 557	760	1,54	7,14	1,90	0,30	0,57	0,35	0,30	3,14	5,76	1 722	1 905	247	—	—	51,6																										
7	Helmstedt . . . . .	1	4	14	privat	Dampf	500	1 893	2 042 395	1 776	1 150	4 082,0	4 600,0	49,0	9,6	825 127	833	2,47	a) 19,98 b) 3,02 c) 24,13 7,58	1,68	0,14	0,99	0,20	0,75	3,82	9,26	a) 382 b) 4 c) 364 750	462 4 387 853	—	—	1 — 10 11	—	52,7																									
8	Mauer a. Bober . . . . .	11	—	41	prov.	Wasser	2 200	6 428	2 752 469	4 986	552	1 560,0	1 850,0	18,6	43,1	3 668 000	1 667	0,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49,4																										
9	Isarwerke München . . .	10	9	34	privat	Wasser und Dampf	8 140	7 561	9 935 722	7 500	1 033	1 220,0	3 360,0	37,2	28,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 452	881	—	2 300	—	—																										
10	Straßburg i. E. . . . .	1	—	76	privat	Dampf und Dieselmotor	10 260	31 096	14 629 607	—	—	2 189,1	2 426,5	—	28,1	19 195 103	1 870	0,76	20,67	3,14	0,27	2,14	in Son-stiges ent-halten	2,65	8,21	9,49	a) 4 979 c) 7 759 12 698	15 156 7 869 23 025	—	—	—	—	58,3																									
	Mittelwerte Gruppe II . .										820	2 038	2 935	32,9	25,1	1 325	1,19	12,97							5,58	7,07						50,2																										
11	Aachen, Landkreis*) . .	—	—	32	kommunal	keine eigene Erzeugung	—	3 193	5 967 094	3 000	1 989	—	—	—	—	835 350	283	7,14	6,95	<sup>2)</sup> 4,16	—	0,62	—	—	4,78	15,50	1 024	1 064	—	—	—	—	68,2	reine Leitungs-zentrale																								
12	Achern, Baden . . . . .	—	—	29	privat	Dampf	1 250	1 907	785 060	1 523	515	703,2	1 902,1	20,5	13,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 389	2 979	—	8	—	—																										
13	Buttstädt i. Thür. . . . .	—	—	40	privat	Dampf	320	1 511	256 350	1 324	200	G.D. 1 304,0	2 056,6 1 846,7	14,5 21,1	17,4 49,8	989 947	3 094	0,26	29,10	9,23	1,50	8,30	0,91	5,32	25,30	1,01	794	982	—	4	—	59,2																										
14	Coschütz . . . . .	—	—	16	kommunal	Dampf	340	825	621 451	770	820	1 405,9	1 874,5	35,2	21,0	750 714	1 173	0,82	17,94	4,06	0,14	1,81	1,01	1,10	8,13	8,13	675	315	—	1 496	—	43,0																										
15	Crottorf i. Sachs. . . . .	—	—	31	privat	Wasser und Dampf	1 246	4 761	1 088 512	4 055	268	713	965	20,7	35,0	—	3 889	—	23,44	<sup>1)</sup> 1,69 <sup>2)</sup> 2,91	0,12	2,35	0,03	0,03	7,12	—	1 667	1 970	—	—	—	—	67,0																									
16	Derenburg . . . . .	—	—	49	privat	Dampf	1 340	2 864	487 431	2 092	228	608,0	1 960,0	22,4	40,3	2 769 924	2 006	0,18	32,40	8,50	0,95	16,7	—	5,4	31,5	1,08	1 180	1 437	—	—	—	—	67,8																									
17	Edenkoben*) . . . . .	1	—	18	privat	Dampf	1 250	1 901	1 543 266	1 655	808	1 504,0	2 500,0	2,9	19,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	a) 5 c) 1 275 1 280	10 1 439 1 449	—	—	3 — 3	—	—																									
18	Kohlscheid b. Aachen*) .	—	—	46	privat	Dampf	2 100	2 400	17 435 529	1 450	1 203	—	—	—	—	2 077 743	1 204	0,84	14,28	—	—	—	—	—	—	7,57	5,69	1 204	1 224	1	5	—	—																									
19	Krähwinklerbrücke . . .	—	—	42	privat	Wasser und Dampf	600	900	460 000	760	605	780,0	—	—	23,6	935 684	1 268	0,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	462	386	—	195	—	49,4																									
20	Oberhausen-Herbolzheim .	3	—	32	privat	Wasser und Dampf	950	2 429	578 868	2 161	268	958,0	1 958,0	23,1	38,5	2 085 656	2 195	0,28	a) 27,44 c) 37,99 35,34	3,64	0,31	3,89	0,22	0,99	9,03	6,84	a) 286 c) 2 402 2 688	323 2 619 2 942	—	—	15 6 21	—	49,2																									
	Mittelwerte Gruppe III . .										691	995	1 783	22,5	28,6	2 118	0,50	25,42							14,8	4,55						59,1																										

\*) Die Zentralen Aachen Landkreis, Edenkoben und Kohlscheid bei Aachen fallen durch ihre für landwirtschaftliche Verhältnisse sehr günstigen Zahlen auf. Es rührt dies daher, daß dieselben neben Landwirtschaft noch Industrie, gelegentlich auch Kleingewerbe versorgen, was bei Aufstellung von Vergleichen zu berücksichtigen ist. Infolgedessen sind auch die Mittelwerte der Gruppe III etwas zu günstig.

Technical description for transformer type 1000

No.	Primary winding		Secondary winding		No.
	Resistance	Inductance	Resistance	Inductance	
1	0.01	0.001	0.01	0.001	1
2	0.02	0.002	0.02	0.002	2
3	0.03	0.003	0.03	0.003	3
4	0.04	0.004	0.04	0.004	4
5	0.05	0.005	0.05	0.005	5
6	0.06	0.006	0.06	0.006	6
7	0.07	0.007	0.07	0.007	7
8	0.08	0.008	0.08	0.008	8
9	0.09	0.009	0.09	0.009	9
10	0.10	0.010	0.10	0.010	10

Technical description for transformer type 2000

No.	Primary winding		Secondary winding		No.
	Resistance	Inductance	Resistance	Inductance	
1	0.01	0.001	0.01	0.001	1
2	0.02	0.002	0.02	0.002	2
3	0.03	0.003	0.03	0.003	3
4	0.04	0.004	0.04	0.004	4
5	0.05	0.005	0.05	0.005	5
6	0.06	0.006	0.06	0.006	6
7	0.07	0.007	0.07	0.007	7
8	0.08	0.008	0.08	0.008	8
9	0.09	0.009	0.09	0.009	9
10	0.10	0.010	0.10	0.010	10

Technical description for transformer type 3000

No.	Primary winding		Secondary winding		No.
	Resistance	Inductance	Resistance	Inductance	
1	0.01	0.001	0.01	0.001	1
2	0.02	0.002	0.02	0.002	2
3	0.03	0.003	0.03	0.003	3
4	0.04	0.004	0.04	0.004	4
5	0.05	0.005	0.05	0.005	5
6	0.06	0.006	0.06	0.006	6
7	0.07	0.007	0.07	0.007	7
8	0.08	0.008	0.08	0.008	8
9	0.09	0.009	0.09	0.009	9
10	0.10	0.010	0.10	0.010	10

Technical description for transformer type 4000

No.	Primary winding		Secondary winding		No.
	Resistance	Inductance	Resistance	Inductance	
1	0.01	0.001	0.01	0.001	1
2	0.02	0.002	0.02	0.002	2
3	0.03	0.003	0.03	0.003	3
4	0.04	0.004	0.04	0.004	4
5	0.05	0.005	0.05	0.005	5
6	0.06	0.006	0.06	0.006	6
7	0.07	0.007	0.07	0.007	7
8	0.08	0.008	0.08	0.008	8
9	0.09	0.009	0.09	0.009	9
10	0.10	0.010	0.10	0.010	10

**Tabelle über die Prozentsätze,**  
welche für Reparaturen, Instandhaltung und Erneuerung in die  
Betriebskosten-Berechnungen eingesetzt werden sollen.

Gegenstand	Reparaturen und Instand- haltung	Erneuerung	Insgesamt
	%	%	%
Wasserbauten . . . . .	—	—	1—2
Gebäude etc. . . . .	1	1—1½	2—2½
Turbinen und Zubehör . . . . .	1	3—4	4—5
Dampfmaschinen, Kessel, Rohrleitungen etc. . . . .	2—2½	5—5½	7—8
Dynamomaschinen . . . . .	2—2½	4—4½	6—7
Apparate . . . . .	2½	7½	10
Akkumulatorenbatterie . . . . .	4—5	3—4	7—9
Wechselstrom-Gleichstromumformer . . . . .	2—2½	4—4½	6—7
Wechselstrom-Transformatoren . . . . .	2	3—4	5—6
Kabel, Verbindungsteile, Erd- und Pflasterarbeiten . . . . .	½—1	2½—3	3—4
Oberirdische Leitungsanlage . . . . .	2—2½	2—2½	4—5
Öffentliche Beleuchtung . . . . .	2½—3	4½—7	7—10
Hausanschlüsse . . . . .	2—2½	4—5½	6—8
Zähler . . . . .	3½	6½	10
Laboratoriums- und Werkstätten- einrichtung . . . . .	5½	9½	15
Bauleitung und Diverses . . . . .	—	4—5	4—5
Bei generellen Projekten sind folgende Durchschnittssätze zu wählen:			
Bei Gleichstromanlagen . . . . .	2	4—4½	6—6½
Bei Wechselstromanlagen . . . . .	2½	4¼—4¾	6½—7

Bemerkung: Die in der Tabelle angegebenen höheren Prozentsätze sind in denjenigen Fällen anzuwenden, in denen die Verhältnisse günstig liegen (große Zentralen, hohe Rentabilität). Bei der Position „Akkumulatorenbatterie“ sind die höheren Zahlen für Batterien im Werte von weniger als M. 2000.— zu wählen.

### Rentabilitätsberechnung für Transformatoren (6 000 Volt) mit gewöhnlichen und hochlegierten Blechen.

Tabelle VI.

Leistung KVA	Transformatoren mit gewöhnlichen Blechen												Transformatoren mit hochlegierten Blechen															
	Preis M.	Verzinsung und Amorti- sation jährlich 10 % M.	Leerlauf- energie in Watt	Jährlicher Leerlauf- Verbrauch KW-Std.	Kosten hierfür Mark bei Pfennig pro KW-Stunde				Jährliche Gesamtkosten Mark bei Pfennig pro KW-Stunde				Preis M.	Verzinsung und Amorti- sation jährlich 10 % M.	Leerlauf- energie in Watt	Jährlicher Leerlauf- Verbrauch KW-Std.	Kosten hierfür Mark bei Pfennig pro KW-Stunde				Jährliche Gesamtkosten Mark bei Pfennig pro KW-Stunde				Bei Anwendung legierter Bleche. Jährliche Ersparnisse in Mark bei Pfennig pro KW-Stunde			
					5	10	15	20	5	10	15	20					5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
1	270.—	27.—	55	482	24.10	48.20	72.30	96.40	51.10	75.20	99.30	123.40	350.—	35.—	31	270	13.50	27.—	30.50	54.—	48.50	62.—	65.50	89.—	2.60	13.20	33.80	34.40
3	330.—	33.—	105	920	46.—	92.—	138.—	184.—	79.—	125.—	171.—	217.—	430.—	43.—	59	517	25.85	51.70	77.55	103.40	68.85	94.70	120.55	146.40	10.15	30.30	50.45	70.60
5	380.—	38.—	150	1310	65.50	131.—	196.50	262.—	103.50	169.—	234.50	300.—	500.—	50.—	85	745	37.25	74.50	111.70	149.—	87.25	124.50	161.70	199.—	14.25	44.50	72.80	101.—
7,5	430.—	43.—	200	1750	87.50	175.—	262.50	350.—	130.50	218.—	305.50	393.—	580.—	58.—	112	980	49.—	98.—	147.—	196.—	107.—	156.—	205.—	254.—	23.50	62.—	100.50	139.—
10	470.—	47.—	250	2190	109.50	219.—	328.50	438.—	156.50	266.—	375.50	485.—	640.—	64.—	140	1225	61.25	122.50	183.75	245.—	125.25	186.50	247.75	309.—	31.25	79.50	127.75	176.—
25	690.—	69.—	425	3720	186.—	372.—	558.—	744.—	255.—	441.—	627.—	813.—	950.—	95.—	240	2100	105.—	210.—	315.—	420.—	200.—	305.—	410.—	515.—	55.—	136.—	217.—	298.—
50	1020.—	102.—	580	5080	254.—	508.—	762.—	1016.—	356.—	610.—	864.—	1118.—	1390.—	139.—	345	3020	151.—	302.—	453.—	604.—	290.—	441.—	592.—	743.—	66.—	169.—	272.—	375.—
70	1280.—	128.—	725	6350	317.50	635.—	952.50	1270.—	445.50	763.—	1080.50	1398.—	1740.—	174.—	430	3780	188.—	378.—	566.—	756.—	362.—	552.—	740.—	930.—	83.50	211.—	340.50	468.—
100	1590.—	159.—	925	8100	405.—	810.—	1215.—	1620.—	564.—	969.—	1374.—	1779.—	2180.—	218.—	550	4820	241.—	482.—	723.—	964.—	459.—	700.—	941.—	1182.—	105.—	269.—	433.—	597.—
150	2000.—	200.—	1310	11500	575.—	1150.—	1725.—	2300.—	775.—	1350.—	1925.—	2500.—	2720.—	272.—	780	6880	341.50	683.—	1024.50	1366.—	613.50	955.—	1296.50	1638.—	161.50	395.—	628.50	862.—

### Rentabilitätsberechnung für Transformatoren mit Umschaltung geteilter Wicklungen.

Tabelle VIII.

Leistung KVA	Für die automatische Umschaltung Mehrpreis in Mark							Jährliche Abschreibung hierfür 10 % M.	Leerlauf- energie bei // Schaltung in Watt	Energie- verbrauch ohne Umschaltung KW-Std.	Energieverbrauch mit Umschaltung			Minderverbrauch bei Umschaltung in Mark bei Pfennig pro KW-Stunde				Ersparnisse bei Umschaltung in Mark bei Pfennig pro KW-Stunde				
	Mehrpreis des Transfor- mators M.	6pol.Trenn- schalter M.	einf. 6pol. Niederspan- nungs- umschalter M.	Zusammen- bau M.	Schaltmotor M.	Betätigungs- und Steuerrelais M.	Total M.				500 Stunden Parallel- betrieb KW-Std.	8260 Stunden Hinterein- anderbetrieb KW-Std.	Total KW-Std.	an KW-Std.	5	10	15	20	5	10	15	20
5	70.—	120.—	60.—	15.—	220.—	120.—	605.—	60.50	92	806	46,0	212,5	258,5	547,5	27.37	54.75	82.12	109.50	-33.13	-5.75	11.62	49.—
7,5	70.—	120.—	60.—	15.—	220.—	120.—	605.—	60.50	120	1050	60,0	277,0	337,0	713,0	35.65	71.30	106.95	142.60	-24.85	5.80	41.45	82.10
10	70.—	120.—	60.—	15.—	220.—	120.—	605.—	60.50	150	1312	75,0	346,0	421,0	891,0	44.55	89.10	133.65	178.20	-15.95	28.60	73.15	117.70
15	80.—	120.—	60.—	15.—	220.—	120.—	615.—	61.50	198	1740	99,0	457,0	556,0	1184,0	59.20	118.40	157.60	236.80	-2.30	56.90	96.10	175.30
20	80.—	140.—	90.—	20.—	220.—	120.—	670.—	67.—	238	2085	119,0	550,0	669,0	1416,0	70.80	141.60	212.40	283.20	3.80	74.60	145.40	216.20
25	90.—	140.—	90.—	20.—	220.—	120.—	680.—	68.—	275	2410	137,5	635,0	772,5	1637,5	81.87	163.75	245.62	327.50	13.87	95.75	177.62	259.50
30	90.—	140.—	90.—	20.—	220.—	120.—	680.—	68.—	310	2715	155,0	716,0	871,0	1844,0	92.20	184.40	276.60	368.80	24.20	116.40	208.60	300.80



## Verluste in Transformatoren mit Umschaltung geteilter Wicklungen.

### Verluste bei parallelgeschalteten Wicklungen.

Leistg. KVA	Eisen- verlust KW	Kupferverlust in KW				Gesamtverlust in KW				
		bei Voll- last	$\frac{3}{4}$ Last	$\frac{1}{2}$ Last	$\frac{1}{4}$ Last	bei Voll- last	$\frac{3}{4}$ Last	$\frac{1}{2}$ Last	$\frac{1}{4}$ Last	Leer- lauf
5	0,092	0,124	0,070	0,031	0,008	0,216	0,162	0,123	0,100	0,092
7,5	0,120	0,166	0,093	0,044	0,010	0,286	0,213	0,164	0,130	0,120
10	0,150	0,248	0,139	0,062	0,016	0,398	0,289	0,212	0,166	0,150
15	0,198	0,345	0,194	0,086	0,022	0,543	0,392	0,284	0,220	0,198
20	0,238	0,446	0,251	0,111	0,028	0,684	0,489	0,349	0,266	0,238
25	0,275	0,520	0,293	0,130	0,033	0,795	0,568	0,405	0,308	0,275
30	0,310	0,600	0,337	0,150	0,038	0,910	0,647	0,460	0,348	0,310

### Verluste bei hintereinandergeschalteten Wicklungen.

Leistg. KVA	Eisen- verlust KW	Kupferverlust in KW				Gesamtverlust in KW				
		bei Voll- last	$\frac{3}{4}$ Last	$\frac{1}{2}$ Last	$\frac{1}{4}$ Last	bei Voll- last	$\frac{3}{4}$ Last	$\frac{1}{2}$ Last	$\frac{1}{4}$ Last	Leer- lauf
5	0,026	0,496	0,280	0,124	0,032	0,522	0,306	0,150	0,058	0,026
7,5	0,034	0,664	0,372	0,176	0,040	0,698	0,406	0,210	0,074	0,034
10	0,042	0,992	0,556	0,248	0,064	1,034	0,598	0,290	0,106	0,042
15	0,056	1,380	0,576	0,344	0,088	1,436	0,632	0,400	0,144	0,056
20	0,067	1,784	1,004	0,444	0,112	1,851	1,071	0,511	0,179	0,067
25	0,077	2,080	1,172	0,520	0,132	2,157	1,249	0,597	0,209	0,077
30	0,087	2,400	1,348	0,600	0,152	2,487	1,435	0,687	0,239	0,087

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

561





S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297325