Erntehofdrusch und elektrische Energieversorgung

Von der

Fakultät für Landwirtschaft
der Technischen Hochschule München

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Landwirtschaft (Dr.agr.)
genehmigte Dissertation

Vorgelegt von

Diplomlandwirt
Horst E i c h h o r n
geb. zu Jena (Thüringen)

I. Berichterstatter: o.Professor Dr.Ing. W.G. Brenner
II. Berichterstatter: o.Professor Dr. Dr. Paul Rintelen

Tag der Einreichung der Arbeit: 12. Mai 1958
Tag der Annahme der Arbeit:

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist auf Anregung des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft entstanden. Die Durchführung wurde unter der wohlwollenden Förderung von Herrn Professor Dr.Ing. W.G. Brenner während meiner Tätigkeit als Assistent am Institut für Landtechnik in Weihenstephan vorgenommen.

Ich darf meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr.Ing. W.G. Brenner, für die Übertragung der Arbeit, für die wertvollen Anregungen und die ständige Unterstützung meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Ferner möchte ich Herrn Dr.W.Senke vom KTL-Büro Stuttgart für seine freundliche Beratung, sowie den Energieversorgungsunternehmen Schwaben, Franken, Ley und den Neckarwerken für ihre Mitarbeit und Förderung bei Durchführung der Untersuchungen ganz besonders danken.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A) Einleitung	
1. Schlepper und Elektrizität - ihre verschiedene Bedeutung für den Energiebedarf in der Landwirtschaft	3
2. Probleme der Stromversorgung in der Landwirtschaft	7
a) Elektrizität und Erntehofdrusch	7
B) Die elektrische Energieversorgung während der Getreideernte - Untersuchungen in 5 Ortschaften Süddeutschlands	11
I. Energieversorgung in Sauggart und Schöckingen	12
1. Natürliche und wirtschaftliche Voraussetzungen	13
2. Betriebswirtschaftliche Voraussetzungen	14
3. Die vorhandene elektrische Energieversorgung der landwirtschaftlichen Betriebe	17
a) Preistarife für die elektrische Arbeit	18
b) Die Anschlußwerte	2o
c) Energieverbrauchsmengen	23
4. Derzeitiger Ernteverlauf als Maßstab für die mögliche Entwicklung des Erntedrusches	25
a) Der Erntehofdrusch in Abhängigkeit von der elektrischen Energieversorgung	25
b) Erntebeobachtungen in Sauggart und Schöckingen	27
5. Zu erwartende Belastung der Ortsnetze durch Erntehofdrusch	29
II. Energieversorgung in Ebertsbronn und Wolpertshausen	
1. Die Betriebe und die vorhandenen Ortsnetze	33
2. Der Ernteverlauf mit seinen Rückwirkungen auf die Energieversorgung	36
a) Arbeitsweise der bäuerlichen Betriebe und ihr Einfluß auf die Tagesbelastungsspitzen	36
b) Auswirkung des Häckseldrusches auf die beiden Ortsnetze	37
3. Die Kosten der Ortsnetzverstärkung	44
a) Umstellung von 22o/127 V auf 38o/22o V	45
b) Aufwendungen für zusätzliche Ortsnetzverstärkungen	46

Seite

III. Energieversorgung in Sulzdorf 52

1. Die Ortschaft und ihre Betriebe 52

2. Leistungsfähigkeit und Inanspruchnahme des vorhandenen Ortsnetzes 55

a) Die Anschlußwerte 56

b) Stromverbrauch der Betriebe 63

3. Die Getreideernte in Sulzdorf mit ihren Rückwirkungen auf die Stromversorgung 66

a) Die verschiedenen Verfahren 66

b) Spannungsabfall und Ausweichmöglichkeiten 69

c) Methode zur Erfassung möglicher Energiebedarfsspitzen durch Erntehofdrusch 73

4. Die Ortsnetzbelastung - Folgerungen für elektromotorische Anschlüsse 74

a) Grundlagen zur Berechnung elektrischer Leistung 76

b) Vergleichende Leistungsmessungen 8o

C) Rückschlüsse 82

1. Folgerungen für die Energieversorgung 82

2. Ortsnetzbelastungen durch Heubelüftungsanlagen 86

3. Verminderung des Kraftbedarfs an Gebläsehäckslern und Häckseldreschern 9o

4. Mehrmotoren-Antrieb 95

5. Kompensation von Blindstrom 97

6. Automatische Schalteinrichtungen 98

Schlußbetrachtungen 1oo

Zusammenfassung 1o2

Literatur 1o5

Anhang

A. Einleitung

1. Schlepper und Elektrizität - ihre Bedeutung für den Energiebedarf in der Landwirtschaft

Der westdeutschen Landwirtschaft stehen zur Zeit für die Mechanisierung zwei große Energieformen zur Verfügung (Flüssiger Brennstoff und Elektrizität). Die Außenwirtschaft wird heute fast ausschließlich vom Einsatz des Schleppers beherrscht. In der Haus- und Hofwirtschaft spielt dagegen die elektrische Energie die Hauptrolle, da sie vor allem für den ortsgebundenen Verbrauch geeignet ist.

Schlepper und Elektrizität sind jedoch ihrem technischen Wesen nach grundverschieden. Der Schlepper hat sich als bewegliche Kraftquelle für alle Transport- und Feldarbeiten bewährt, und eines seiner Kennzeichen ist, daß er schlagartig als Spitzenbrecher einzusetzen ist. Neben den Anschaffungskosten sind die laufenden Betriebskosten verhältnismässig hoch. Er kann nicht wartungsfrei arbeiten und verursacht häufig größere Reparaturen. Die Elektrizität ist für die Technisierung der Hofarbeiten eine ideale Antriebsform, benötigt aber für einen guten Wirkungsgrad ausgeglichene Belastungsverhältnisse. Bei großer Ausnutzung arbeitet sie billiger als der Schlepper, kommt aber in der Gesamtanlage wesentlich teurer. Die Motoren sind geräuschlos und so gut wie wartungsfrei und weit weniger reparaturanfällig als der Schlepper. Ebenfalls lassen sie sich in kleinste Größen aufteilen und, vollautomatisch eingesetzt, bringt die Elektrizität erst die wirkliche Einsparung an Hilfskräften.

Die elektrische Energie hat aber ihre besonderen Eigenschaften, die sie von anderen Energieformen unterscheidet. Sie ist nicht ohne weiteres stapelbar, d.h. man kann sie nicht auf Vorrat erzeugen. Die EVU+) müssen zu jedem Zeitpunkt die elektrische Leistung bereithalten, die vom Abnehmer durch

+) Energieversorgungsunternehmen

Einschalten irgendeines Elektrogerätes verlangt wird. Weiter ist die Elektrizität weder mit den Sinnen wahrnehmbar, noch ist sie fertiges Gebrauchsgut. Sie muß dem Kunden und Abnehmer in jedem Falle bis ins Haus, und zwar bis zum Beleuchtungskörper, Elektromotor oder Elektrowärmegerät usw. geliefert werden. Kurzfristige und ungleichmäßige Spitzenbelastungen sind hierbei unwirtschaftlich und unerwünscht. Die Belastungskurven und -spitzen gehören daher zu den Grundfragen der Elektrizitätsversorgung.

Die Energie für den Schleppermotor läßt sich in Form von Brennstofflagern ohne besondere Unterhaltungskosten beliebig speichern und kann bei plötzlichem Bedarf in genügenden Mengen zur Verfügung stehen. Wegen der geringen Unterteilbarkeit der Schlepperkraft wird jedoch häufig die bereitstehende Energie nur unvollkommen ausgenutzt. Die installierte Schlepperleistung in der Bundesrepublik mit rund 6oo ooo Schleppern kann auf ca. 9 Millionen installierter PS veranschlagt werden.+) Infolge der wachsenden Anwendung des elektrischen Antriebes beläuft sich demgegenüber die in der Landwirtschaft installierte Elektroleistung bei annähernd 1,5 Millionen Elektromotoren auf etwa 6 Millionen PS (5, S.123).

Interessanter und aufschlußreicher im Hinblick auf die Benutzungsdauer ist der Vergleich wirklicher Ausnutzung beider Energieträger. Im Bundesdurchschnitt liegen die Schleppereinsatzstunden bei 5oo im Jahr, das sind z.B. für einen 15 PS Schlepper 7.5oo PS-Stunden. Bei voller Auslastung der zur Verfügung stehenden 9 Millionen PS könnte somit mit einer Arbeitsleistung von 4,5 Milliarden PS-Stunden gerechnet werden.+) Tatsächlich sind es aber nur 3,5 Milliarden geleistete PS-Stunden infolge der durchschnittlich geringer in Anspruch genommenen Schlepper-Leistung. Die verbleibenden 1 Milliarde PS-Stunden werden nicht genutzt und stehen als Reserve bereit für in bestimmten Zeiten des landwirtschaftlichen Jahreskreislaufes auftretende Energiespitzen neuer Arbeitsverfahren.

Der Verbrauch an Elektrizität in der Innenwirtschaft weist

+)(63, S. 472 f.)

in den letzten Jahren einen beträchtlichen Zuwachs auf. In Milliarden kWh wurden von der öffentlichen Versorgung 1953 im Bundesgebiet annähernd 1o5o kWh und 1954 bereits 113o kWh abgegeben (58). Als derzeitiger landwirtschaftlicher Verbrauch können 1,5 Milliarden kWh, das sind 2,o4o Milliarden PSh (Vergl. Schlepper: 4,5 bzw. 3,5 Milliarden PSh), angenommen werden. In diesen Zahlen sind sowohl die Energiemengen für den elektromotorischen Antrieb als auch für die elektrische Wärmeverwendung enthalten. Der größte Verbrauch - etwa 75% - entfällt immer noch auf die El.Antriebe, sodaß hierfür 1,5 Milliarden PSh im Jahr anzusetzen sind. Unter Berücksichtigung der 6 Millionen in der Landwirtschaft installierten Elektro-PS ergibt sich pro PS und Jahr eine Benutzungsdauer von 25o Stunden. Das Einsatzverhältnis von 5oo Schlepperstunden zu 25o Elektro-Stunden beträgt somit 2 : 1 und läßt schon mit Hilfe dieses Vergleiches die ungenügende Ausnutzung der Elektrizität in der Landwirtschaft klar werden, obwohl 6o% aller Arbeiten in der Innenwirtschaft anfallen. (64, S. 28o)

Die zahlenmäßige Gegenüberstellung von Schlepper und Elektromotor ist allerdings nur insoweit gerechtfertigt, solange sie als Energieträger betrachtet werden. Bei der geldmäßigen Aufschlüsselung und Durchrechnung wird offensichtlich, daß es sich eigentlich nur um bedingt vergleichbare Erzeuger mechanischer Energie handelt. Die Bemühungen der meisten landwirtschaftlichen Betriebe gehen dahin, einen Schlepper - ab 12 PS Motorleistung - mit einem Kostenanteil von DM 96.- bis DM 13o.- je PS bei 1ooo Arbeitsstunden im Jahr wirtschaftlich auszunutzen (43, S.165).

Dagegen kann die elektrische Kraft, fast beliebig unterteilt, mit dem E-Motor bis zur kleinsten Einheit herunter in jedem Wirtschaftsraum und unmittelbar an jede Arbeitsmaschine herangebracht werden. Zudem liegt der Kostenanteil mit nur DM 45.- bis DM 5o.- je PS und Jahr weit günstiger, wenn die Motoren 5oo Stunden im Jahr eingesetzt werden (43,S.167).

Allerdings verlangt der elektrische Betrieb immer hohe

Investierungskosten, in denen einmal anteilig die Kraftwerke und Hochspannungsnetze, dann die Dorfumspannanlagen und schließlich die örtlichen Leitungsnetze eingeschlossen sind. Diese spielen bei der ländlichen Elektrizitätsversorgung gegenüber den städtischen Anlagen eine wesentliche Rolle, da bei den letzteren die Leitungsverbindungen zwischen den einzelnen Stromverbrauchern meist sehr kurz sind und die Städte unter sich oft direkte Hoch- und Höchstspannungsleitungen besitzen. Dagegen muß die landwirtschaftliche Stromversorgung das ganze Land mit einem Netz von Primärleitungen mit nur ca. 3o - 5o.ooo V überziehen, an die sich dann die einzelnen Dorfnetze mit meist recht großen Abständen zwischen den einzelnen Abnehmern anschließen, also auf dem Lande sog. "extensive", in den Städten "intensive" Anordnung der Netze. Die in den Netzen und Verteilungsanlagen investierten Beträge sind doppelt so hoch wie die in den Erzeugungsanlagen.

Der Landwirt kann - verglichen mit der Industrie - leider nur ein schlechter Kunde der Elektrizitätswerke sein, da seine Grundlast gering ist, er aber andererseits zu bestimmten Jahreszeiten erhebliche Stromspitzen benötigt. Die Industrie verbraucht 64% der gesamten öffentlichen Stromerzeugung. Nach der Industrie folgen die anderen Verbrauchergruppen mit grossem Abstand. Unter ihnen nehmen der Haushalt mit etwa 13% und Handel und Gewerbe mit etwa 1o% eine bevorzugte Stellung ein. Der Verkehr und die öffentlichen Einrichtungen verbrauchen je etwa 4% und die Landwirtschaft nur 3% (42).

Die kostenmäßigen Unterschiede von Stadt und Land gehen nach JAEKEL (26, S.145) aus folgendem Berechnungsbeispiel hervor: Während bei städtischen Abnehmern die erstmaligen Kosten DM 25o.- betragen, liegen sie auf dem Lande bei DM 1o5o.-. In der Stadt sind für einen Abnehmer 2o m Niederspannungsleitung erforderlich, auf dem Lande dagegen 124 m. An eine Transformatorenstation werden in der Stadt 34o Abnehmer angeschlossen, auf dem Lande jedoch nur 8o. Je km Niederspannungsleitung werden in der Stadt 5o.ooo kWh abgesetzt, auf dem Lande dagegen nur 9.ooo kWh. Diese Zahlen sind zwar einem bestimmten Netz entnommen, haben aber darüber hinaus mit mehr oder weniger großen Abweichungen allgemeine Gültigkeit.

2. Probleme der Stromversorgung in der Landwirtschaft

Der Ausbau der Stromversorgungsnetze wurde zum Hauptteil nach dem ersten Weltkrieg vorgenommen. Die frühzeitige Ausstattung der bäuerlichen Betriebe mit elektrischer Kraft beginnt sich allerdings heute da und dort als Nachteil auszuwirken. Die Netze entsprechen oft nicht mehr den heutigen Anforderungen und vermögen in vielen ländlichen Gegenden den gewachsenen Bedarf an elektrischer Leistung nicht mehr zu decken. Das bedeutet, daß ohne Ausbau der Netze kaum auszukommen ist, selbst wenn nunmehr die Maschinen für die Hofwirtschaft bei hoher Arbeitsleistung einen möglichst geringen Kraftbedarf, also einen guten Wirkungsgrad haben. Wo die landwirtschaftlichen Betriebe dazu neigen, mit eigenen Maschinen zu arbeiten, ist diese Überlegung besonders im Hinblick auf Dreschmaschinen und Gebläsehäcksler anzustellen, denn der Kraftbedarf der anderen Hofmaschinen bewegt sich in bäuerlichen Betrieben in kleineren Grenzen, wofür die meisten elektrischen Versorgungsanlagen (220/380 Volt) genügen. Für den Drusch ergeben sich aber die Probleme ausreichender Energiebereitstellung.

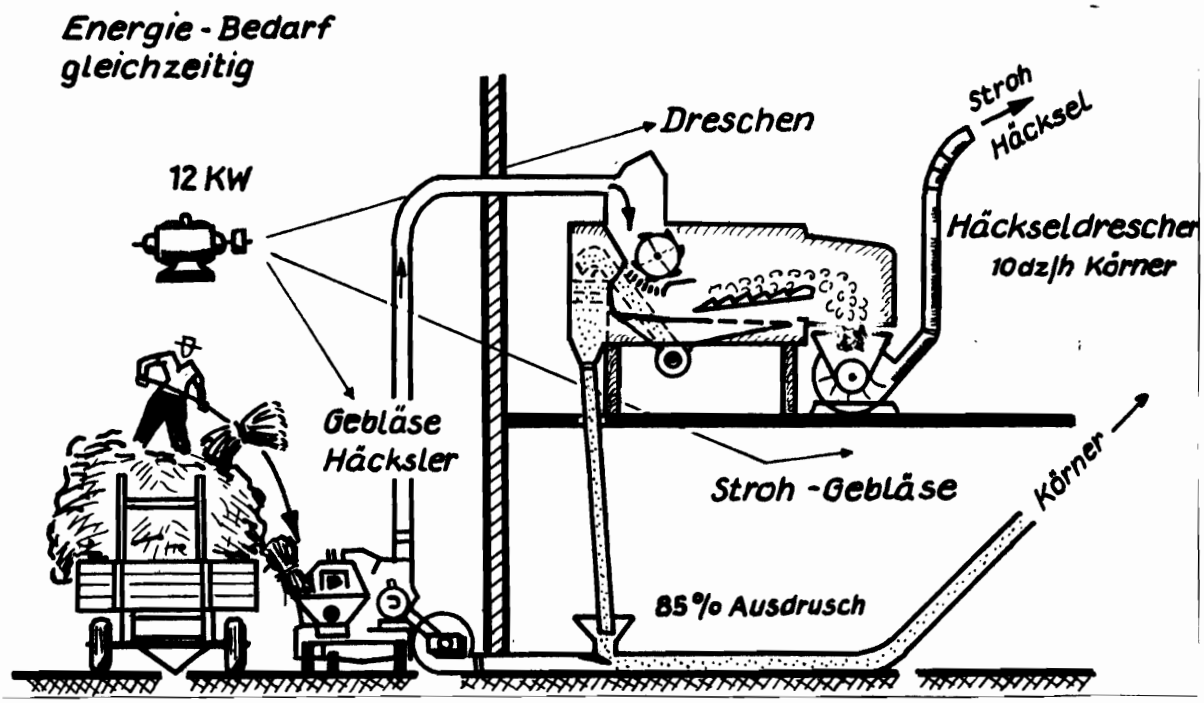
a) Elektrizität und Erntehofdrusch

Die bisher übliche arbeitsaufwendige Scheuneneinlagerung des Getreides, also Winterdrusch, wird von der gesamten Beratung und schon von einer Vielzahl landwirtschaftlicher Betriebe mehr und mehr abgelehnt. Das Ziel ist die Einführung des ErntedruschES mit der Verkürzung der Arbeitskette in der Getreideernte, die eine außerordentliche Arbeitsersparnis durch Wegfall des Einbansens, Herausholens der Garben und beim Häckseldrusch auch höhere Druschleistungen - bei vergleichbaren Maschinengrößen - ermöglicht, aber die Bereitstellung größerer Energiemengen erfordert (6).

Für den bäuerlichen Erntehofdrusch sind zwei Verfahren bereits in bedeutender Anwendung:

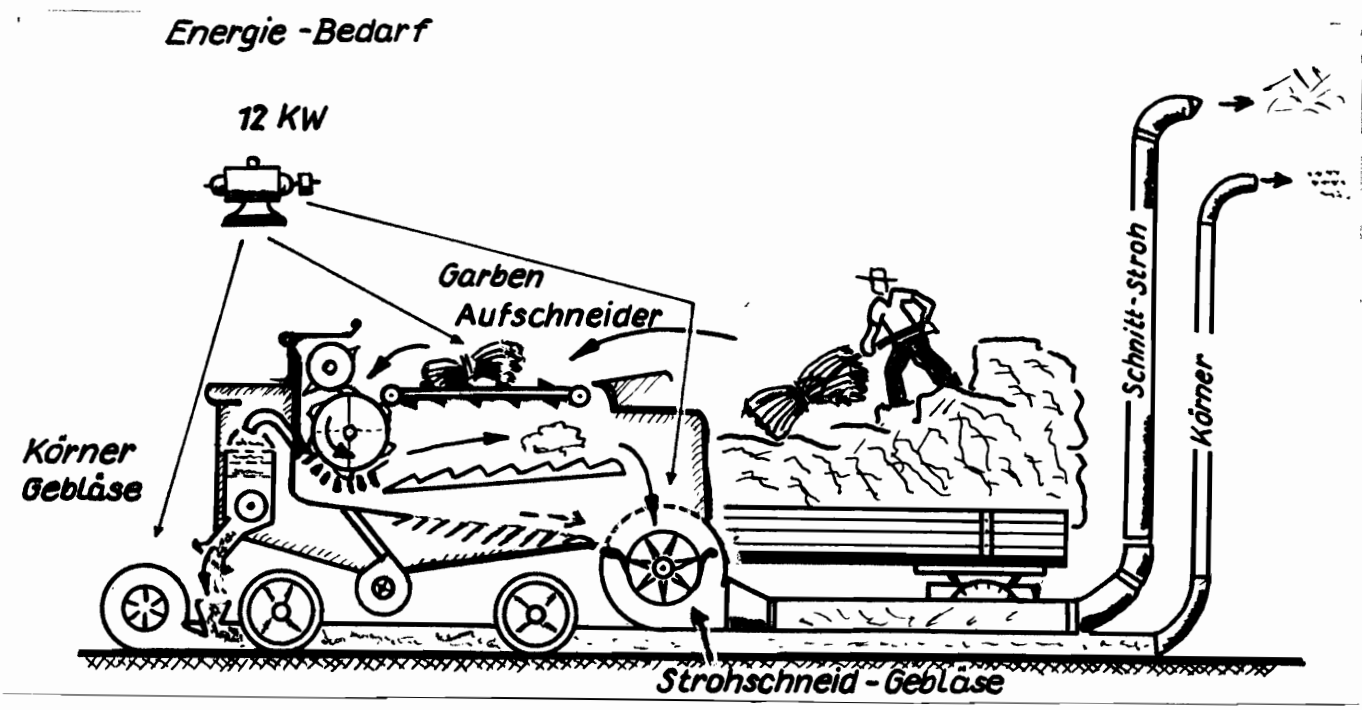
Der Häckseldrusch mit vorgeschaltetem Gebläsehäcksler (Abb.1)

Hier werden die Garben zuerst gehäckselt und das Gemisch von Korn und Stroh anschließend zur Dreschmaschine gefördert, von wo aus die Trennung und weitere Förderung über Stroh-, Kaff- und evtl. Korngebläse stattfindet.



Garbendrusch mit Einleger und Strohschneidgebläse (Abb.2)

Nach mechanischer Trennung des Garbenbandes wird die Garbe gleichmäßig verteilt der Dreschtrommel zugeführt. Das Schneiden des Strohes erfolgt anschließend über ein Schneidgebläse, welches das zerkleinerte Stroh an seinen Lagerort fördert. Der Kraftbedarf entspricht bei gleicher Dreschleistung etwa dem Häckseldrusch. Die Beschickung kann auch mittels Ferneinleger erfolgen.



Für die Stromversorgung ergeben sich also folgende Tatsachen: Während bisher hauptsächlich im Winter gedroschen wurde, wird durch den Erntehofdrusch nun der Energiebedarf in den Sommer und dazu noch auf wenige Schönwettertage verlegt, somit genau das getan, was der Elektrizitätsversorgung ihrer Art nach am wenigsten liegt, eine kurzfristige Spitze geschaffen. Die meisten Häckseldruscheinrichtungen erfordern eine zu ihrer Leistung bisher in keinem Verhältnis stehende Energiebereitstellung, da der Gesamtantrieb von Dreschmaschine und Gebläsehäcksler sowie die zweimalige Förderung sehr viel Kraft verbrauchen. Die von den EVU festgelegten motorischen Anschlußwerte werden hierbei von den meisten Betrieben überschritten. In zahlreichen Fällen würde daher die Kapazität des Ortsnetzes nicht mehr ausreichen, wenn mehrere Häckseldrescher gleichzeitig in einem Dorf betrieben werden. Deshalb mehren sich die Klagen der landwirtschaftlichen Abnehmer über unzureichende Energieversorgung und hohe Unkosten für größere Anschlußwerte, während die EVU bei neuerlicher besonderer Verstärkung ihrer Netze für nur relativ kurzfristige Spitzenbelastungen des Erntedrusches um die Rentabilität ihrer Anlagen besorgt sind. Diese Entwicklung ist als sog. "Strombarriere" bezeichnet worden, d.h. die Stromversorgung verhindert die an sich sehr zu begrüßende Erntedrusch- und Häckseldrusch-Bewegung.

Die Energieversorgung ist heute vor allem in Gegenden mit stärkerem Getreideanbau unzureichend. Der Erntehofdrusch in bäuerlichen Familienbetrieben ist dort bereits in einigen Ortschaften so umfangreich, daß bei seiner weiteren Ausdehnung mit elektrischen Versorgungsschwierigkeiten, wenn nicht mit Stromausfällen gerechnet werden muß.

Ein für den Häckseldrusch infrage kommender bäuerlicher Familienbetrieb wird z.B. bei einer Getreideanbaufläche von 8 ha im Schnitt etwa 24o dz Getreide ernten. Da man 1 dz Getreide bekanntlich mit 1 kWh ausdreschen kann, insgesamt also 24o kWh für das Dreschen gebraucht werden, wird der Anschluß bei einer angenommenen stündlichen Dreschleistung von 1o dz in 24o : 1o = ca. 24 Stunden, also nur an 3 Arbeitstagen

im Jahr voll ausgenutzt. Als Antrieb für die hierfür gebräuchlichen Dreschaggregate werden stärkere Elektromotoren benötigt, deren Gesamtanschlußwert 1o-12 kW beträgt. Alle übrigen Arbeiten, die auf einem derartigen Hof mit motorischer Kraft ausgeführt werden, erfordern aber kaum mehr als 5 kW, d.h. nur etwa die knappe Hälfte der Leistung für die Dreschmaschine. Der gesamte Jahresverbrauch an elektrischer Energie teilt sich in einem wie vorstehend beschriebenen Betrieb etwa folgendermaßen auf:

2oo kWh	zum Dreschen und Häckseln
9oo kWh	für Kleinkraft und Wärme
3oo kWh	für Licht und Kleingeräte

Daraus geht hervor, daß für das Dreschen der geringste kWh-Verbrauch, aber die höchste Spitze benötigt wird. Von Licht, Wärme und Kleinkraft werden wiederum mindestens 2/3 während der 6 Wintermonate verbraucht und nur 1/3 im Sommer (9). Die Abnehmeranlage würde bei dauernder Vollbelastung ca. 88.ooo kWh verbrauchen, in Wirklichkeit werden aber nur 14oo kWh abgenommen. Die Ausnutzung der sehr kostspieligen Stromversorgungsanlagen beträgt also 1,6%. Sie ist überdies stoßartig, denn im Jahresdurchschnitt ist das Ortsnetz nur mit einem Zehntel der Belastung, die in der Zeit des Dreschens auftritt, beansprucht. Bei einem plötzlichen Übergang einer größeren Anzahl von Betrieben zum Erntehofdrusch mit eigener Maschine würde sich nicht nur keine Besserung ergeben, die ländlichen Netze würden dann überhaupt nicht mehr ausreichen.

B. Die elektrische Energieversorgung während der Getreideernte

Untersuchungen in fünf Ortschaften Süddeutschlands

Vom Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft wurde im Jahres 1954 angeregt, die gegebene Situation der Energieversorgung verschiedener Dörfer in der Getreideernte sowie abzusehende Entwicklungen im Hinblick auf Einführung rationeller Ernteverfahren zu überprüfen. Die daraufhin aufgenommenen Untersuchungen erstreckten sich über die Sommermonate der Jahre 1954 - 1956. Neben Einzelbetrieben sind hauptsächlich geschlossene Ortschaften in Getreidebaugebieten Süddeutschlands zu den energiewirtschaftlichen und meßtechnischen Arbeiten herangezogen worden.

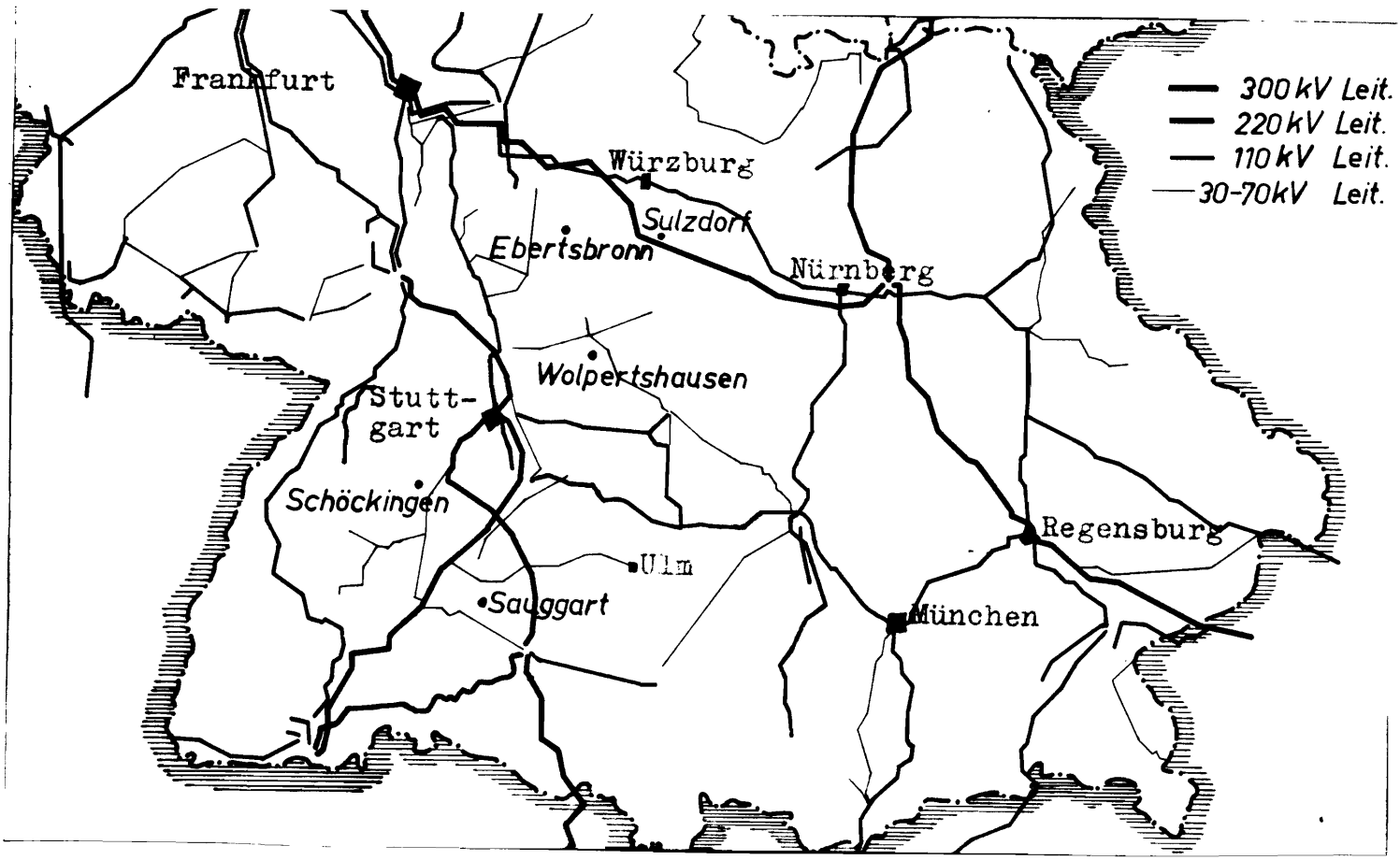


Abb. 3 Lage der untersuchten Ortschaften

Die dreijährigen Versuche umfaßten fünf Dörfer in Württemberg und Bayern. Bei der Durchführung dieser Aufgabe sind folgende Probleme in die Untersuchungen aufgenommen worden:

a) Die allgemeine Elektrizitätsversorgung der landwirtschaftlichen Betriebe in der Getreideernte.

b) Effektiver Energiebedarf neuzeitlicher Ernteverfahren und ihre Auswirkungen auf das Ortsnetz.

c) Möglichkeiten für eine gleichmäßige Stromverbrauchssteigerung durch vermehrte Installierung von Elektrowärmegeräten.

d) Einfluß der tariflichen Bestimmungen für Überanschlußwerte und für Baukostenzuschüsse auf die vermehrte Anwendung von Kraftstrom.

I. Energieversorgung in Sauggart und Schöckingen

Zur Beantwortung der betriebs- und energiewirtschaftlichen Fragen wurden an die einzelnen Betriebe Erhebungs- und Fragebogen ausgegeben. Die Auswahl der Betriebe bzw. der für die Untersuchungen geeigneten Ortschaften - Sauggart Kr.Ehingen und Schöckingen Kr.Leonberg - erfolgte im Einvernehmen mit den zuständigen Landwirtschaftsämtern und Elektrizitätswerken.

Die Beobachtungen konzentrierten sich auf die Untersuchungen der Energieversorgung und der Gesamtdorfbelastung während der Getreideernte. Es wurde festgestellt, welche bäuerlichen Familienbetriebe in den beiden Ortschaften für die Einführung neuer Ernteverfahren infrage kommen. In diesem Zusammenhang interessierte besonders das gleichzeitige Auftreten von Arbeitsvorgängen in den meisten Betrieben der untersuchten Ortschaften während der Erntezeit. Mit Hilfe eines zu ermittelnden Gleichzeitigkeitsfaktors sollte versucht werden, eine theoretische Vorausberechnung von elektrischen Spitzenbelastungen bei Anschluß mehrerer Häckseldreschmaschinen zu ermöglichen. Um über den effektiven Kraftbedarf und die schwankenden Netzbelastungen von Gebläsehäckslern und Dreschmaschinen ein klares Bild zu erhalten, wurden bestimmte Messungen in einzelnen bäuerlichen Häckseldruschbetrieben notwendig.

1. Natürliche und wirtschaftliche Voraussetzungen

In Ortschaften mit überwiegend bäuerlichen Betrieben werden künftig am ehesten Stromversorgungsschwierigkeiten zu erwarten sein, weil der ausgleichende Einfluß eines gleichmäßigen Stromverbrauchs industrieller Betriebe fehlt. Daher erfolgte auch die Auswahl eines Beispieldorfes unter der Voraussetzung mehrerer vorhandener mittelbäuerlicher Familienbetriebe (1o-25 ha) mit für die dortigen Verhältnisse verstärktem Getreideanbau (ca. 35% der LN). Außerdem wurde darauf geachtet, daß die ausgewählten Ortschaften eine überdurchschnittliche Ausrüstung mit elektrischen Geräten und gute elektrische Energieverbrauchssummen aufwiesen.

Das Dorf Sauggart, Kr.Ehingen, eignete sich für diese Zwecke ganz besonders, da dort beide notwendigen Voraussetzungen - gute Energieversorgung mit überdurchschnittlichem Wärmestromverbrauch, wie eine größere Anzahl mittelbäuerlicher Betriebe - vorhanden sind. Aufgrund seiner Lage herrscht in Sauggart der reine bäuerliche Dorfcharakter mit soliden mittleren Familienbetrieben vor.

Eine weitere Ortschaft, Schöckingen, Kr.Leonberg, in der bereits Untersuchungen dieser Art anliefen, wurde zu Vergleichen mit herangezogen. Beide Ortschaften unterscheiden sich wesentlich in der Struktur ihrer Betriebe. Das Dorf Sauggart liegt in einem reinen landwirtschaftlichen Energieversorgungsgebiet, während sich in Schöckingen der Einfluß nahegelegener Industriegebiete auf Energieversorgung und Betriebsorganisation deutlich bemerkbar macht. Eine größere Anzahl von Kleinbetrieben mit parzellierten Grundstücken begünstigen hier die verstärkte Abwanderung der bäuerlichen Familienarbeitskräfte als Pendler in die Industrie. Die Bewirtschaftung der Kleinbetriebe ist überwiegend zur Aufgabe der Frauen dieser Arbeiterbauern geworden.

Bei etwa gleichen klimatischen Verhältnissen liegen beide Dörfer in zwei ausgesprochenen Getreideanbaugebieten. Es ist verständlich, daß in diesen Lagen eine besondere Aufgeschlossenheit für neue Getreideernteverfahren verzeichnet werden

kann, die sich zum Teil noch in Betrieben mit 2 - 3 ha Getreidefläche feststellen läßt.

2. Betriebswirtschaftliche Voraussetzungen

Betriebsgrößen - Anbaufläche - Mechanisierung - AK-Besatz

Die Betriebsgrößenverhältnisse bestimmen im wesentlichen den unterschiedlichen Charakter beider Dörfer. Von 38 Betrieben in Sauggart bewirtschaften 22, also 57,9%, mehr als 1o ha landwirtschaftlicher Nutzfläche. Dagegen sind es in Schöckingen von 97 Betrieben nur 11 (11,34%), die in der Größenklasse über 1o ha liegen.

Tabelle I

Schöckingen, Landkreis Leonberg (Württemberg)

Grössenklassen LN ha	Zahl d. Betriebe	LN ha	Fläche d. Ackerlandes ha	Wiesen ha	Getr. ha	Getr. in % d.LN	Hackfrucht ha	Feldfutter ha	Schlepper Anz.	Schlepper pro Betr. ø PS	ständ. AK	nicht ständ. AK	AK je loo ha LN
o - 1	29	19,67	16,26	4,o4	9,44	49,oo	4,72	1,67	-	-	27,4	-	137,o
1 - 5	34	91,o9	72,64	17,86	35,33	38,46	17,79	19,67	4	13	53,2	1,o4	62,1
5 - 1o	23	176,13	144,7o	28,68	7o,88	4o,o8	38,57	3o,9o	7	17	72,8	2,6o	43,9
1o - 15	11	125,98	1o5,32	18,93	56,24	44,63	26,88	22,12	7	2o	4o,o	1,oo	32,5
Summe:	97	412,87	338,92	69,51	171,89	41,64	87,97	74,36	18	16	193,4	4,58	47,9

Tabelle 2

Sauggart, Landkreis Ehingen (Württemberg)

o - 5	7	23,74	12,26	1o,32	7,86	33,1o	3,o1	1,33	-	-	19,3	-	81,3
5 - 1o	9	67,44	37,94	26,oo	23,85	35,3o	6,92	7,o8	3	15	23,3	o,2o	34,8
1o - 15	12	147,58	77,31	64,42	48,62	33,oo	16,1o	11,58	5	18	28,6	1,o2	2o,o
15 - 2o	5	85,36	44,38	37,6o	29,9o	35,o2	8,33	6,o9	4	22	16,3	o,3o	12,4
2o - 3o	5	114,34	62,38	48,44	4o,85	35,72	11,43	12,o3	5	22	2o,7	o,72	18,7
Summe:	38	438,46	234,27	186,78	151,o8	34,43	45,79	38,11	17	19	1o8,2	2,24	25,21

Wie aus den Tabellen 1 und 2 hervorgeht, werden in Sauggart 438,46 ha landw. Nutzfläche von 38 Betrieben bewirtschaftet. Unter Vernachlässigung der 29 Zwergbetriebe bis 1 ha LN mit zusammen 19,67 ha LN (d.s.4,76% von der gesamten Nutzfläche) stehen in Schöckingen 68 Betrieben nur eine landw. Nutzfläche von 393,2o ha zur Verfügung. Besonders aufschlußreich ist ein Vergleich zwischen den Anbauverhältnissen beider Ortschaften. Von der landw. Nutzfläche sind heute in Sauggart 34,43% Getreidefläche, 42,46% absolutes Grünland und nur 1o,5o% Hackfrucht- und 8,7o% Feldfutterfläche. Dagegen liegt das Verhältnis in Schöckingen bei 41,64% Getreide, 16,94% Grünland zu 21,3o% Hackfrucht- und 18,16% Feldfutterbau. Während also im ersten Fall Heu- und Getreideernte Arbeitsspitzen darstellen, verschieben sie sich in Schöckingen mehr auf die Getreide- und Hackfruchternte. Die Getreideanbaufläche liegt in der Oberlandgemeinde zugunsten des höheren Grünlandanteils um 7% niedriger als in der Strohgäugemeinde.

In den günstigen Hoflagen Oberschwabens hat sich die Mechanisierung landwirtschaftlicher Arbeiten viel leichter eingeführt als in anderen Gebieten. Die kleineren Betriebe in parzellierten Lagen konnten nicht in vollem Umfang Schritt halten, da deren betriebseigene Technisierungsmöglichkeiten begrenzt sind. Die Tabellen 1 und 2 zeigen wohl am besten, welche Betriebsgrößen zunächst nicht oder nur unzureichend von der Mechanisierungswelle, hier vor allem auf die Schlepperanschaffung bezogen, erfaßt wurden. Einige Kleinbetriebe sind inzwischen dazu übergegangen, sich in Gemeinschaften von 2 - 3 Teilhabern die Vorteile der Mechanisierung mit gemeinschaftlichem Maschineneinsatz zu verschaffen. Man versucht, über die gemeinschaftliche Schlepperbenutzung zunächst eine Erleichterung bestimmter Feld- und Transportarbeiten zu erreichen, wie es sonst nur vom Mittelbetrieb an aufwärts möglich ist. Doch liegen die Bestrebungen um gemeinschaftliche Maschinenanwendung zu sehr in der Entwicklung und erlauben daher noch keine abschließende Beurteilung.

Neue Ernteverfahren fanden bisher in beiden Ortschaften noch keinen Eingang. Die Binderernte mit Scheunendrusch im

Winter ist das herkömmliche Getreideernteverfahren. Einige Betriebe begegnen der zunehmenden Abwanderung von Landarbeitskräften bereits mit einem vermehrten Drusch in der Ernte. Ein Betrieb in Schöckingen und zwei Betriebe in Sauggart sind mit ihren eigenen Dreschmaschinen älterer Bauart zum Dreschhäckseln übergegangen. Der Gebläsehäcksler steht also hinter der Dreschmaschine und erspart meist die 2 - 3 Arbeitskräfte für die Unterbringung des Strohs (Abb.4).

Abb.4

Im allgemeinen sind jedoch in einer größeren Anzahl von Betrieben Absichten zu erkennen, die Getreideernte zu vereinfachen und deren Aufwand zu senken. Die Abnahme landwirtschaftlicher Arbeitskräfte und die vielerorts noch bestehenden schlechten innenwirtschaftlichen Verhältnisse führen in

Abb.5

der Ernte häufig zu Arbeitsüberlastungen, die den reibungslosen Ablauf der Erntearbeiten empfindlich stören. Auch der Gemeinschaftsdrusch vom Felde weg bringt keine Arbeitsverminderung, sondern wegen der unvermeidlichen Wartezeiten und der zusätzlichen Hilfeleistung beim Drusch eine Arbeitsvermehrung (s.Abb.5).

Der durchschnittliche AK-Besatz in den landwirtschaftlichen Betrieben ab 1 ha LN in Schöckingen erscheint mit 43,28 AK je 1oo ha LN außerordentlich hoch. Diese Tatsache ist jedoch nur unter Berücksichtigung der zahlreichen Arbeiterbauern zu verstehen, die abends und an Wochenenden häufig die Arbeiten in ihren Klein- und Kleinstbetrieben erledigen. In den mittelbäuerlichen Gesindebetrieben Sauggarts hat sich die Anzahl der Arbeitskräfte in den letzten Jahren wesentlich verringert. Betriebe in der Größe zwischen 1o und 2o ha weisen zum Teil nur einen AK-Besatz von 11 - 14 AK je 1oo ha LN auf. In mehreren Fällen treibt die Überalterung des Betriebsleiters zwangsläufig zu einer weitgehenden Extensivierung der gesamten Wirtschaftsweise, weil junger Nachwuchs fehlt bzw. in andere Berufszweige abwandert. Eine gute Mechanisierung dieser Betriebe könnte hier Abhilfe schaffen, doch scheitert das oft an der besseren Einsicht der Bauern.

3. Die vorhandene elektrische Energieversorgung der landwirtschaftlichen Betriebe

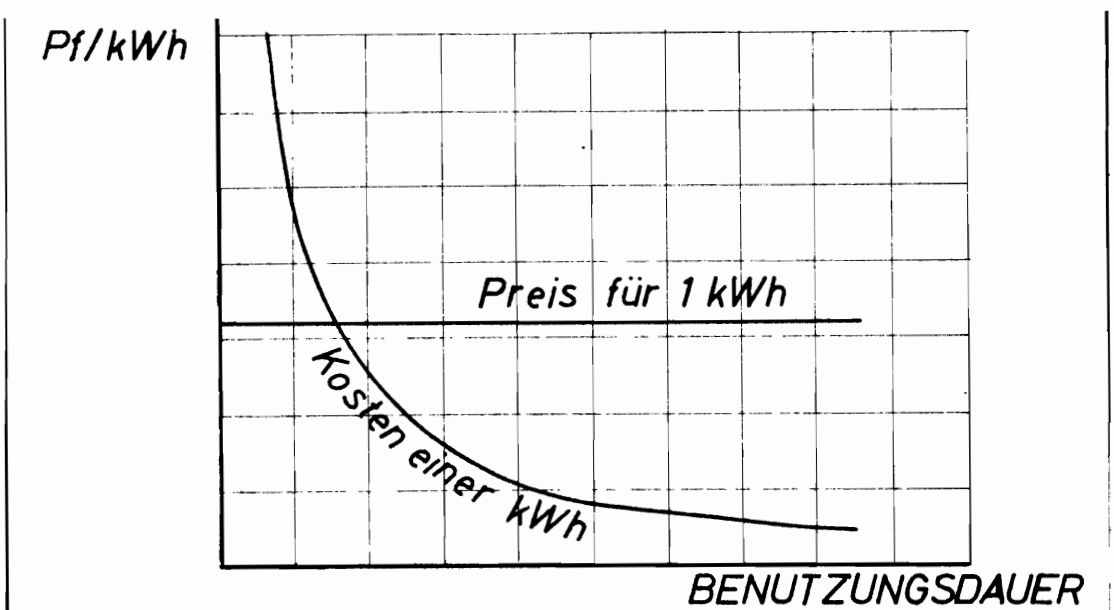
Für den derzeitigen Stand der landwirtschaftlichen Stromabnahme in Sauggart genügt die vorhandene Versorgungsanlage durchaus den Belastungsansprüchen. Die Kapazität des Transformators mit 5o kVA[+)] ist so reichlich bemessen, daß bei dem vorhandenen Anschluß von elektrischen Geräten und Elektromotoren jede Überlastung abgefangen werden kann. Dem angeglichen ist ein gut ausreichender Leitungsquerschnitt von 25 mm^2, sodaß eine Leitungsverstärkung zur Zeit nicht erforderlich ist. Obwohl die Transformatorenstation außerhalb des Dorfes steht, sind die Betriebe am anderen Ende gut versorgt, und es macht sich noch kein störender Spannungsabfall bemerkbar. Wesentlich ungünstiger sieht allerdings die Stromversorgung der

[+)] Kilovolt-Ampère

landwirtschaftlichen Betriebe dann aus, wenn künftig Erntedrusch die Kapazität des Netzes auslasten und bei weiterer Ausdehnung überlasten würde.

In Schöckingen setzen die Anforderungen an eine ausreichende Energieversorgung die Umstellung des Versorgungsnetzes von 110/220 auf 220/380 V voraus. Nach Überprüfung kommender Entwicklungen entstehen nach Umstellung des Netzes auf 220/380 V auch bei der möglichen Anzahl der evtl. auf Erntestanddrusch übergehenden Betriebe voraussichtlich keine Schwierigkeiten für die Belastung und Stromversorgung. Der Spannungsabfall in den Versorgungsleitungen und Stromkreisen könnte durch Aufstellen mehrerer kleinerer Trafostationen vermindert werden. Im allgemeinen sind für die Stromversorgung dieses Gebietes wegen seiner Durchsetzung mit Industriebetrieben keine besonderen Schwierigkeiten bei Einführung von Ernteverfahren mit größerem Energieanspruch zu befürchten. Die gleichmässig hohe Stromabnahme und Belastung durch die Industriebetriebe wird voraussichtlich die kurzen Spitzenbelastungen eines ausgedehnten bäuerlichen Erntedrusches in Schöckingen kompensieren können.

a) Preistarife für die elektrische Arbeit

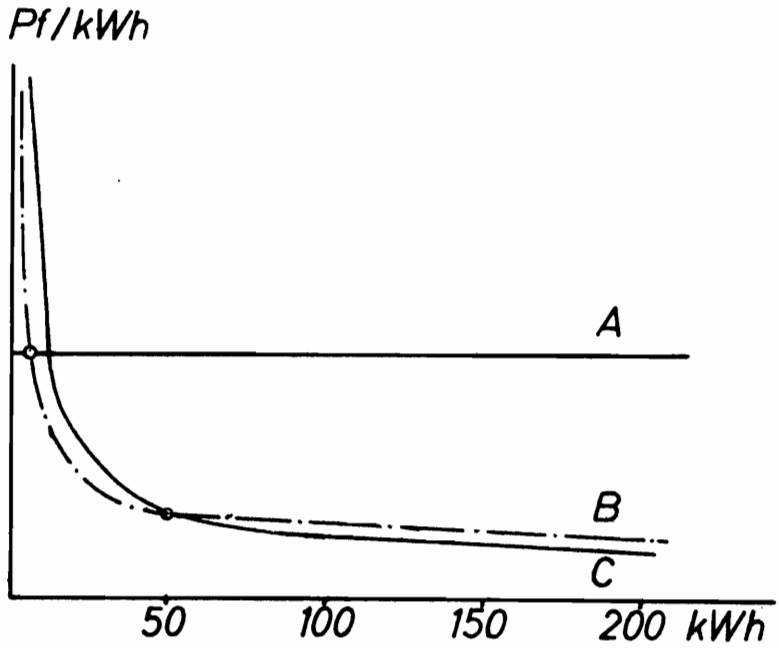


Verlauf der Kosten beim Zählertarif im Vergleich zu den effektiven Kosten einer kWh.

Abb.6

Nachdem heute die Elektrizität zum allgemeinen Verbrauchsgut geworden ist, würde der ausschließliche Verkauf der Elektrizität zu Festpreisen dem Strombezieher nicht mehr gerecht werden (s.Abb.6, nach SARAN, 42). Neue und erweiterte Tarife passen sich dem vielseitig gewordenen Stromverbrauch an und ermöglichen dem Abnehmer, die Elektrizität wahlweise nach Grundpreistarifen mit niedrigen Arbeitspreisen je kWh zu beziehen. Unter diese Regelung fallen vor allem der Haushaltarif sowie Gewerbe- und Landwirtschaftstarif. Der Abnehmer beteiligt sich an den festen Kosten mit einem Grundpreis und zahlt die elektrische Arbeit nach den verbrauchten kWh. Die Abrechnung nach diesen Grundpreistarifen erfolgt, wenn der elektrische Strom für alle Zwecke nur über eine Installationsanlage und über einen Zähler entnommen wird. Damit vereinfacht sich die Verrechnung. In der Landwirtschaft bezieht sich der Grundpreis auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche. Der niedrige Arbeitspreis bei den Grundpreistarifen fördert die Anwendung elektrischer Energie - höherer Wärme- und Kraftstromverbrauch - und ermöglicht die Bildung günstiger Durchschnittspreise. Gleichzeitig sind mit diesen Tarifen Schutzmaßnahmen für kurzzeitige Netzüberlastungen, wie sie oft von starken Landwirtschaftsmotoren hervorgerufen werden können, verbunden. Das Ziel ist eine möglichst ausgeglichene Abnahme und Belastung, die mit einer gezielten Tarifgestaltung erreicht werden soll. Auch hier ist wieder das Bestreben der EVU zu erkennen, einen gleichmäßigen Stromverbrauch ohne Spitzenbelastungen zu fördern.

In der nachstehenden Abbildung ist nach SARAN (42) der Kostenverlauf je kWh in Pfennig bei den verschiedenen Tarifen (Festpreis A, Grundpreis B und C) gegenübergestellt worden. Die durchschnittlichen Stromkosten je kWh fallen beim Grundpreistarif laufend, je mehr der Strom für alle Verwendungszwecke ausgenutzt wird. In diesem Zusammenhang wird jedoch darauf hingewiesen, bei Preisvergleichen für das Kochen, die Heißwasserbereitung usw. mit anderen Energiearten die Kostenberechnung lediglich mit dem Arbeitspreis durchzuführen, da sich der Grundpreis nicht nach den angeschlossenen Wärmegeräten richtet.



Die Kosten je kWh bei Festpreis- und Grundpreistarifen

Abb.7

b) Die Anschlußwerte

Es ist zwischen tariflichem und installiertem Anschlußwert zu unterscheiden. Der tarifliche Anschlußwert wird auf die landwirtschaftliche Nutzfläche der einzelnen Betriebe bezogen. Es handelt sich um einen von den Energieversorgungsunternehmen festgelegten grundgebührenfreien elektromotorischen Anschlußwert für die landwirtschaftlichen Betriebe, der nach der landwirtschaftlichen Nutzfläche gestaffelt ist und in kW bemessen wird. Stärkere Motoren, die mit ihrem Anschlußwert über der Freigrenze liegen, werden gesondert nach Überanschlußgebühren berechnet. Der Anschlußwert von Motoren wird für die Tarifberechnung verwendet und entspricht der angegebenen Nennleistung. Beide Bezeichnungen - die Nennleistung und der Anschlußwert - beziehen sich auf die Normalbelastung, Über- bzw. Unterbelastungen werden nicht berücksichtigt.

Unter dem installierten Anschlußwert ist der Gesamtanschlußwert in seiner Nennstromaufnahme für alle an das Netz

angeschlossenen elektrischen Geräte, Beleuchtungskörper und Motore des einzelnen Betriebes zu verstehen. In ihm spiegelt sich zum Teil die Bereitschaft der Landwirte für die Elektrifizierung wider.

Eine verhältnismäßig gute Ausrüstung mit elektrischen Geräten findet sich in allen Größengruppen beider Ortschaften. Die bessere Aufnahmefähigkeit der mittleren Betriebsgrößen (1o - 25 ha) ist aus Tabelle 3 und 4 deutlich zu ersehen.

Tabelle 3

Elektrische Anschlusswerte in Schöckingen, Landkreis Leonberg

Grössenklassen LN ha	Zahl d. Betriebe	LN ha	E-Motoren					E-Geräte		installierter Gesamtanschlusswert		Tarifl. Motoren-Anschl.Wert Freigrenze bis kW
			Anz.	PS sa	je Betrieb ø PS	ø kW	kW sa	ø kW	kW sa	ø kW	kW sa	
o - 1	29	19,67	17	43,o	1,48	1,1o	31,7o	3,3o	95,45	4,89	141,75	4,o
1 - 5	34	91,o9	43	147,8	4,26	3,16	1o9,1o	3,2o	1o9,oo	6,73	231,5o	4,o
5 - 1o	23	176,13	36	136,5	5,9o	4,42	1o1,85	2,66	61,95	7,81	18o,5o	4,o
1o - 15	11	125,98	27	1o4,2	9,47	7,1o	78,oo	3,3o	36,2o	11,4o	125,45	5,o
Summa:	97	412,87	123	431,3	4,45	3,3o	32o,65	3,12	3o2,6	7,oo	679,2o	

Tabelle 4

Elektrische Anschlusswerte in Sauggart, Landkreis Ehingen

o - 5	7	23,74	1o	23,5	3,36	2,5o	17,4o	2,o8	14,55	5,oo	35,o6	4,o
5 - 1o	9	67,44	18	99,4	6,6o	4,89	44,o2	4,42	39,85	9,88	88,92	4,o
1o - 15	12	147,58	21	63,o	5,25	3,84	46,1o	6,3o	75,55	11,oo	132,15	5,5
15 - 2o	5	85,36	1o	33,o	6,6o	4,85	24,25	5,43	27,14	11,18	55,89	5,5
2o - 3o	5	114,34	16	6o,7	12,14	9,oo	45,o1	9,48	47,42	19,62	98,1o	7,5
Summa:	38	438,46	75	239,6	6,3o	4,65	176,78	5,38	2o4,51	1o,8o	41o,12	

Bei der in vielen Gegenden vorhandenen bäuerlichen Kleinparzellierung wird infolge der schlechten Einkommensverhältnisse die Einführung elektrischer Großgeräte überhaupt bezweifelt. Dennoch erscheint hier der Unterschied ausgeglichener, da die Arbeiterbauernbetriebe in Schöckingen durch außerbetriebliche Einkommen ihrer Familienmitglieder in den letzten Jahren eine beachtliche wirtschaftliche Gesundung erreichten. Es haben eine ganze Anzahl Kleinbetriebe von 1 - 7 ha LN mehrere Großgeräte wie Futterdämpfer, Herde und zum Teil auch Heißwasserspeicher angeschafft.

Ungünstiger liegt das Verhältnis in Sauggart, wo bis jetzt nur die mittleren und größeren bäuerlichen Betriebe von 1o - 25 ha besonders aufnahmefähig für elektrische Großgeräte waren. Der überwiegende Teil der Betriebe ist aufgrund der Flächengröße durchaus in der Lage, sich mit ausreichend starken Elektromotoren auszurüsten, ohne mit den tariflichen Bestimmungen über die Überanschlußwerte rechnen zu müssen. In den 2 Betrieben, die ihr Getreide bereits während der Ernte zu 5o% dreschhäckseln, verhindern besondere Schalteinrichtungen, daß neben dem Dreschmotor andere Elektromotoren eingeschaltet werden können. Baukostenzuschüsse für Leitungsverstärkungen brauchten bisher noch nicht geleistet zu werden. Schlagartig würde sich jedoch die zur Zeit noch gute Versorgungslage ändern, wenn 1o - 14 mittelbäuerliche Betriebe zu eigenem Erntestanddrusch übergingen, was auf Seite 28 ausführlich behandelt wird.

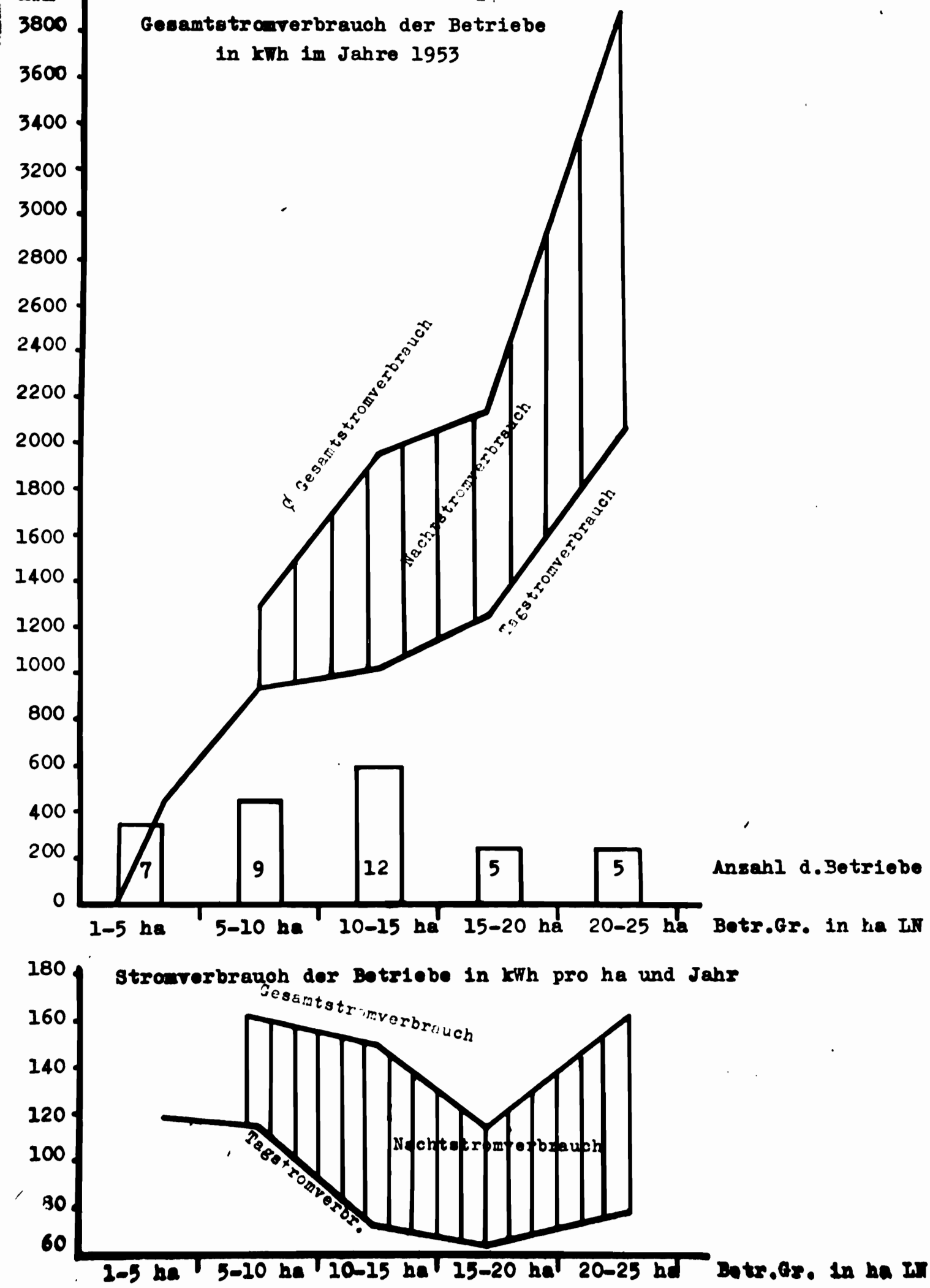
Zahlreiche Betriebe in der Gemeinde Schöckingen streben eine bessere Mechanisierung der Innenwirtschaft an. Ihre häufig geringen Betriebsgrößen billigen ihnen einen durch den Elektrotarif festgelegten Freianschlußwert für elektromotorische Antriebe zu, der meist für den Antrieb bestimmter arbeitserleichternder Maschinen nicht ausreicht. Die Folge davon sind dauernde größere Unkosten für den über den Freianschlußwert hinausgehenden Überanschlußwert. Es ist in letzter Zeit versucht worden, die Anschlußbedingungen für Elektromotoren zu verbessern. Der Wegfall von Baukostenzuschüssen für den Einsatz des Gebläsehäckslers wie der um 1/3

gesenkte Grundpreiszuschlag für die Überanschlußwerte bringen mittleren und größeren Betrieben beachtliche Vorteile. Bei der Festlegung der neuen Freigrenzen ist jedoch die große Anzahl der bäuerlichen Familienbetriebe bis 2o ha fast unberücksichtigt geblieben. Erschwerend scheint sich in diesen Betriebsgrößen auch die Aufhebung der erhöhten Freigrenze für Motoren zu Sonderzwecken, wie Dreschen usw., auszuwirken. Unter der Voraussetzung einer ausreichenden Energieversorgung ist anzunehmen, daß der bäuerliche Erntehofdrusch mit seinem Schwerpunkt gerade in diesen Betrieben künftig liegen wird. Der Kraftbedarf der kleinen Erntehofdruschmaschinen konnte zwar wesentlich verringert werden, dennoch übersteigen die Motorenanschlußwerte dieser Maschinen den tariflich zugebilligten Freianschlußwert, und die Betriebe müssen bei Anschluß neuer Druschaggregate nach wie vor besondere Unkosten tragen. Eine Neuordnung dieser Tarifbestimmungen gerade für die Klassifizierung von Kleinbetrieben könnte die erweiterte Mechanisierung der Hofwirtschaft in den kleinen Betriebsgrößen günstig beeinflussen.

c) Energieverbrauchsmengen

Der Elektrizitätsverbrauch in der Landwirtschaft wird durch die verschiedensten hier nicht näher zu erörternden Einflüsse bestimmt. Es ist deshalb schwierig, charakteristische, allgemein gültige Belastungs- und Verbrauchskurven aufzuzeichnen, da eine Übertragung gefundener Werte nicht einmal auf das nächste Jahr möglich ist. Trotzdem wird hier der Versuch unternommen, einmal aus dem Verlauf der Verbrauchskurven eines Jahres bestimmte charakteristische Erscheinungen zu beleuchten. Die Abb.8 zeigt, daß der Verbrauch der landwirtschaftlichen Betriebe bei wachsender Betriebsgröße zunimmt, während der spezifische Verbrauch je ha LN stark zurückgeht. Erst in mittelbäuerlichen Betrieben steigt der ha-Verbrauch allmählich wieder an.

Die günstige Tarifordnung für den Nachtstromverbrauch förderte in zahlreichen kleineren und größeren Betrieben das Bestreben zur Vollelektrifizierung.


Gesamtstromverbrauch der Betriebe
in kWh im Jahre 1953
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Gesamtstromverbrauch
Nachtstromverbrauch
Tagstromverbrauch
7
9
12
5
5
Anzahl d.Betriebe
1-5 ha
5-10 ha
10-15 ha
15-20 ha
20-25 ha
Betr.Gr. in ha LN

Stromverbrauch der Betriebe in kWh pro ha und Jahr
180
160
140
120
100
80
60
Gesamtstromverbrauch
Nachtstromverbrauch
Tagstromverbr.
1-5 ha
5-10 ha
10-15 ha
15-20 ha
20-25 ha
Betr.Gr. in ha LN

Abb. 8

Die Verbrauchszahlen von Nachtstrom sind daher stark angestiegen und liegen teilweise schon über dem Tagstromverbrauch.

Nach früheren Untersuchungen von ZIPFEL (62) hat der Licht- und Kraftstromverbrauch in vollelektrischen Betrieben mit 3 - 4 Großgeräten (Herd, Futterdämpfer, Brotbackofen und Speichereinrichtungen) von 1935 - 1938 bis zu 5o% zugenommen. Er betrug in Betrieben von 7 - 1o ha ohne Großgeräte 1935 im Mittel 36 kWh pro ha und steigt auf 41 kWh im Jahr 1938. Im Jahr 1946 wurden 45 kWh pro ha ermittelt. In Betrieben mit Großgeräten erhöhte sich der Licht- und Kraftstromverbrauch je ha von 55 kWh im Jahr 1938 auf 65 - 7o kWh im Jahr 1946. In den letzten Jahren erreichten einige bäuerliche Familienbetriebe schon einen jährlichen Stromverbrauch von 175 - 25o kWh pro ha LN. Davon entfallen 75%, nach Angabe der beteiligten Energieversorgungsunternehmen, auf den Wärmestromanteil. Die Anwendung von Elektroenergie liegt hier über dem allgemeinen Durchschnitt. Die Masse der landwirtschaftlichen Betriebe erreicht diese Verbrauchszahlen nicht annähernd, obwohl mit der vorhandenen Ausrüstung ein wesentlich erhöhter Stromverbrauch möglich wäre, mit dem in bestimmten Grenzen ein verbilligter kWh-Preis erreicht werden könnte.

4. Derzeitiger Ernteverlauf als Maßstab für die mögliche Entwicklung des Erntedrusches

a) Der Erntehofdrusch in Abhängigkeit von der elektrischen Energieversorgung

Bis vor einigen Jahren war der Erntedrusch wegen zu grosser Bemessung und zu hohem Energieverbrauch der Dreschmaschinen nur für größere Betriebe denkbar. Durch die technische Vervollkommnung der Kleindreschmaschinen hat das Verfahren auch für die zahlreichen bäuerlichen Familienbetriebe mit 3 - 1o ha Getreidefläche an Bedeutung gewonnen (53). In Süddeutschland ist es zunächst der Häckseldrusch, der mehr und mehr in die mittleren und kleineren Betriebe vorzudringen

scheint. Bereits vorhandene Gebläsehäcksler begünstigen hier die Einführung dieses Verfahrens in zunehmendem Maße. Daneben bestehen weitere technische Entwicklungen, die nach der Durchbildung des Schneideinlegers den Einmanndrusch ermöglichen, ohne daß vorher gehäckselt werden muß. Nach Ausrüstung der in vielen Betrieben bereits vorhandenen Dreschmaschinen mit dem Schneideinleger oder mit Strohschneidgebläsen läßt sich ohne weiteres auch mit diesen Maschinen Erntestanddrusch durchführen. Damit ergibt sich für diejenigen Betriebe, welchen zum eigenen Mähdreschereinsatz die notwendige Kapital- wie auch Zugkraft fehlt, durchaus eine Möglichkeit, die Getreideernte mit geringem Arbeitsaufwand zu bewältigen.

Auf den ersten Blick könnte der bäuerliche Erntehofdrusch mit seiner verkürzten Arbeitskette das geeignete Getreideernteverfahren für die große Anzahl der 1o - 3o ha Betriebe werden. Da man bis vor kurzem die Anpassung des Kraftbedarfs dieser Drescheinrichtungen an die örtliche Energieversorgung zu wenig beachtet hat, muß untersucht werden, ob nicht Schwierigkeiten bei Einführung und Anschluß mehrerer Anlagen an ein einzelnes Dorfnetz entstehen. Probleme dieser Art stellten sich bereits ein, als bei größerer Häufigkeit mehrerer gleichzeitig dreschender Betriebe die Belastung derart anstieg, daß dann ganze Dorfnetze zusammengebrochen sind. Vorläufig sind das noch vereinzelte Erscheinungen. Doch ist es fraglich, ob auch gut versorgte Ortsnetze in ländlichen Energieversorgungsgebieten eine umfangreiche Verbreitung des Erntehofdrusches auf die Dauer zulassen.

Deshalb wird in folgendem untersucht, welche Getreidemengen bei dem vorhandenen Besatz an Arbeits- und Zugkräften in den einzelnen Tagesstunden eingefahren werden. Wenn der Übergang zum Erntedrusch für den Betrieb ein Fortschritt sein soll, so muß davon ausgegangen werden, daß dieselbe Fuhrenzahl wie bisher sofort beim Einfahren abgedroschen werden kann.

b) Erntebeobachtungen in Sauggart und Schöckingen

Zunächst wurden in beiden Ortschaften Möglichkeiten und Aufgeschlossenheit der bäuerlichen Betriebsleiter für neue Getreideernteverfahren eingehender beobachtet. Die betriebs- und energiewirtschaftlichen Unterlagen dienten als Voraussetzungen für diese Untersuchungen. Von den vorhandenen 3o Betrieben in Sauggart konnte bei 11 Betrieben Interesse und Eignung für Erntedrusch festgestellt werden. Diese 11 Betriebe umfassen mit 61,75 ha = 41% der Getreidefläche der Gemeinde. Die restlichen 27 Betriebe mit 89,5 ha = 59% der Getreidefläche kommen vorläufig für den Erntedrusch wegen ihrer zu geringen Getreidefläche oder schwerfälliger Wirtschaftsführung wahrscheinlich nicht in Frage. Sie wurden daher bei der folgenden Betrachtung zunächst nicht berücksichtigt.

Innenwirtschaftliche Schwierigkeiten und elektrotarifliche Einschränkungen werden besonders in Schöckingen die Einführung des Erntehofdruschs erschweren. Aus diesem Grunde konnten nur die 11 Betriebe mit 1o - 15 ha LN in engere Betrachtungen einbezogen werden. Bei weiteren 9 Betrieben zwischen 7 und 1o ha LN besteht aber durchaus auch Interesse an einem arbeitserleichternden Getreideernteverfahren.

In einer Reihe von Betrieben beider Ortschaften sind daher während Ablauf der gesamten Getreideernte die Anzahl und die Ankunft-Hof-Zeit der Getreidefuhren ermittelt worden. Aus diesen Resultaten läßt sich die Häufigkeit der gleichzeitig verrichteten Erntearbeiten in den beobachteten Betrieben für einen zukünftigen Erntedrusch ableiten. Unterstellt man den sofortigen Abdrusch der Getreidewagen, so kann nach obigen Angaben angenommen werden, daß die Anzahl der Betriebe und die von ihnen in einer bestimmten Zeit eingefahrenen Getreidefuhren künftig die Gleichzeitigkeit des Erntedrusches in den Betrieben bestimmen werden. Für die Heuernte nahm man bei den Gebläsehäckslern bisher eine gleichzeitige Benutzung bis zu 3o% an. Nach den vorliegenden Ergebnissen wird diese Häufigkeit bei Erntehofdrusch das Zwei- bis Dreifache betragen und in einigen Fällen bis zu 1oo% ansteigen.

Häufigkeit von Erntearbeiten in v.H. Tabelle 5
an 7 Tagen in Sauggart
bei 11 Betrieben von 1o,o - 25,o ha LN

	1o - 12^{h}	12 - 15^{h}	15 - 18^{h}	18 - 21^{h}
28.8.	9,0	45,4	72,7	27,3
29.8.	27,3	72,7	81,8	18,1
30.8.	18,1	54,5	72,7	36,3
31.8.	9,0	54,5	72,7	45,4
1.9.	9,0	27,3	54,5	27,3
2.9.	-	18,1	36,3	18,1
3.9.	18,1	9,0	36,3	18,1

Von den 11 am Erntedrusch interessierten Landwirten in Sauggart haben z.B. am 29.8.1954 in der Zeit von 12 - 15^{oo} Uhr 8 Landwirte 34 Getreidefuhren eingefahren, von 15 - 18^{oo} Uhr waren es 9 Landwirte mit 31 Fuhren. Danach würden bei Ausrüstung dieser Betriebe mit Erntedruschaggregaten 8 - 9 Lanwirte von den insgesamt 11 dreschen. Die gleichzeitige Inbetriebnahme der Maschinen beträgt hier 72 - 82%. Bei der gleichen Anzahl Betriebe in Schöckingen steigt diese Häufigkeit am 25.8.1954 auf 9o - 1oo%.

Häufigkeit von Erntearbeiten in v.H. Tabelle 6
an 7 Tagen in Schöckingen
bei 11 Betrieben von 1o,o - 15,o ha LN

	1o - 12^{h}	12 - 15^{h}	15 - 18^{h}	18 - 21^{h}
18.8.	45,4	63,6	91,0	18,1
20.8.	36,3	81,8	36,3	-
24.8.	-	45,4	63,6	27,3
25.8.	54,5	91,0	100,0	27,3
28.8.	-	36,3	45,4	18,1
30.8.	45,4	54,5	81,8	18,1
31.8.	18,1	54,5	63,6	9,0

Werden zu den jeweils 11 Betrieben in Sauggart und Schöckingen noch weitere Betriebe aus unteren Betriebsgrößenklassen hinzugenommen, so sinkt wohl prozentual die Gleichzeitigkeit etwas ab, dafür steigt aber die absolute Zahl der zu gleicher Zeit dreschenden Betriebe an. Aus den Zahlentafeln I - IV (Anhang S.I-IV) ist der Verlauf des Einfahrens der Betriebe in den einzelnen Tageszeitabschnitten zu ersehen. Grundsätzlich läßt sich dazu sagen, daß bereits eine hohe Dreschbeteiligung von nur kurzer Dauer genügt, um die Stromversorgung in ernstliche Schwierigkeiten zu bringen.

5. Zu erwartende Belastung der Ortsnetze durch Erntehofdrusch

In der Abb.9 sind die Auswirkungen bäuerlichen Erntehofdruschs auf die Energieversorgung des Ortsnetzes Sauggart zusammenfassend dargestellt worden. Danach können bereits einige Maschinen das Ortsnetz zum Erliegen bringen. Die Reduzierung des Kraftbedarfs, wie von einigen Dreschmaschinenfirmen angestrebt, verringert die Belastung wesentlich. Dennoch liegen auch dann die Spitzen über der Belastungsgrenze. Weiterhin bringt die Belastungszusammenstellung zum Ausdruck, daß die Steigerung des Wärmestromverbrauchs weder zum Ausgleich der unregelmäßig hohen Spitzenbelastung des Erntedrusches beitragen kann, noch eine übermäßige Verstärkung des Netzes rechtfertigt. Dabei bezieht sich die angegebene zusätzliche Wärmestromverwendung auf einen zugrunde gelegten jährlichen Verbrauch von 3oo - 32o kWh pro ha LN, den bis jetzt noch kein landwirtschaftlicher Abnehmer in beiden untersuchten Gemeinden erreicht hat.

Die Unterschiedlichkeit der Versorgungsleitung und Stromkreise in ihrer Ausdehnung mit mehr oder weniger größerem Spannungsabfall am Ende der Leitungen hängt von der jeweiligen Dorfanlage ab (Straßen- oder Haufendorf). Die Ausdehnung des Ortsnetzes von Sauggart ist in Abb.9 wiedergegeben worden. Die derzeitige Versorgungslage gestattet nur etwa knapp 5o% von den eingezeichneten Erntedruschbetrieben einen ungestörten Arbeitsverlauf ihrer Dreschmaschinen. Auf alle anderen Kraftstromabnehmer würde sich der rasch ansteigende

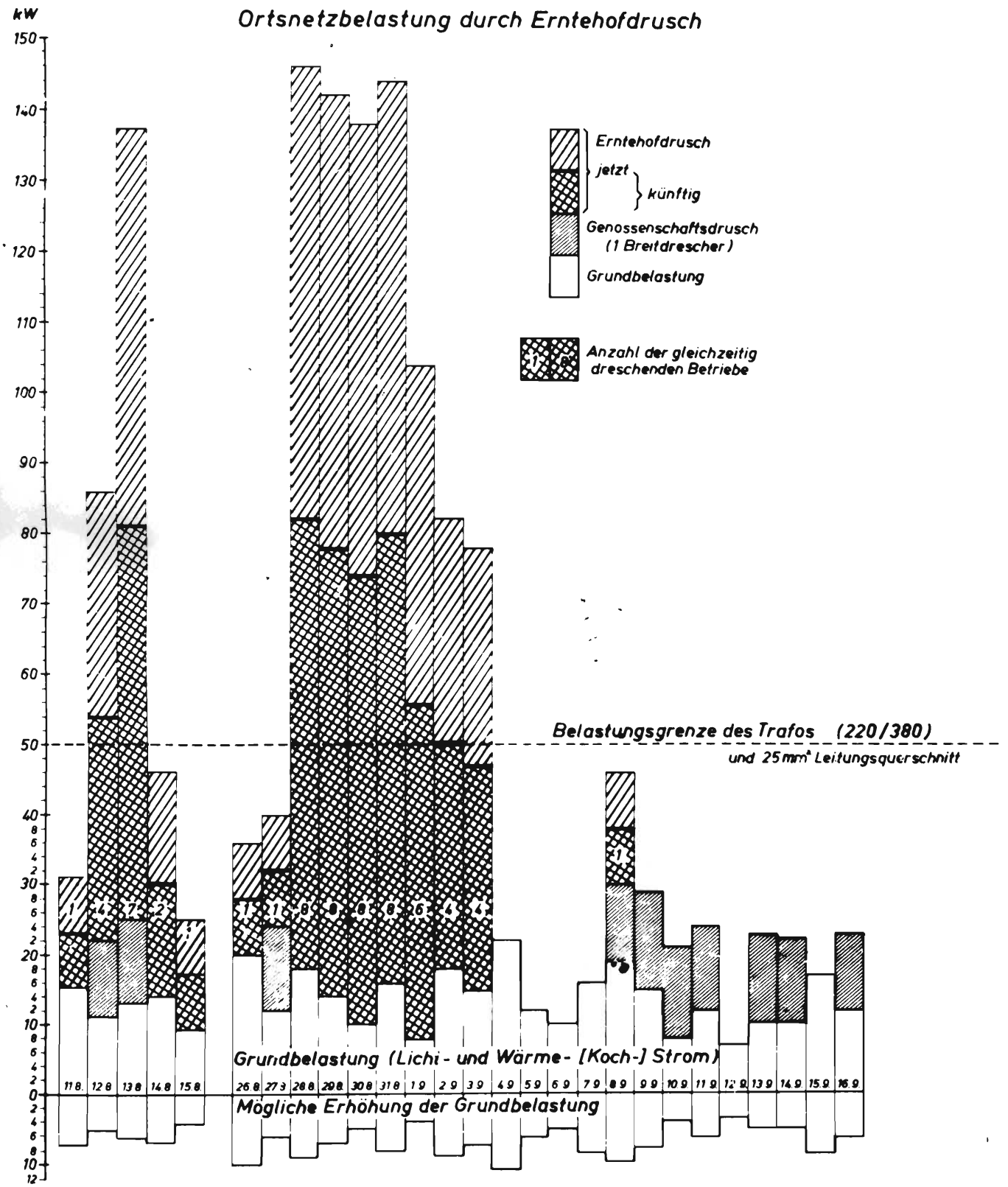

Ortsnetzbelastung durch Erntehofdrusch
kW
Erntehofdrusch
jetzt
künftig
Genossenschaftsdrusch
(1 Breitdrescher)
Grundbelastung
Anzahl der gleichzeitig
dreschenden Betriebe
Belastungsgrenze des Trafos (220/380)
und 25 mm² Leitungsquerschnitt
Grundbelastung (Licht- und Wärme- [Koch-] Strom)
Mögliche Erhöhung der Grundbelastung
11.8. 12.8 13.8 14.8 15.8 26.8 27.3 28.8 29.8 30.8 31.8 1.9 2.9 3.9 4.9 5.9 6.9 7.9 8.9 9.9 10.9 11.9 12.9 13.9 14.9 15.9 16.9

Abb. 9

Spannungsabfall derart ungünstig auswirken, daß der Motorenanlauf in den später einschaltenden Betrieben unmöglich wird. Die Verstärkung eines Stromkreises von 25 auf ca. 38 mm² Leitungsquerschnitt für 4 Betriebe mit Erntedrusch bei einem Anschlußwert je Aggregat von 10 kW würde sich auf DM 1500.- insgesamt belaufen. Das wäre pro Anschluß und Betrieb eine Kapitalbelastung von ca. DM 350.-. Die Elektrizitätswerke nehmen das Auswechseln des Trafos bei größerer Beanspruchung des Netzes kostenlos vor. Dagegen entstehen für das Elektrizitätsunternehmen bei einem Trafo-Austausch von 50 kW auf 100 kW Kapazität ca. DM 1000.- Unkosten. Die Finanzierung von Zwischentransformatoren zur Verbesserung der Spannung in längeren Leitungen werden allerdings die Kraftstromabnehmer selbst zu tragen haben.

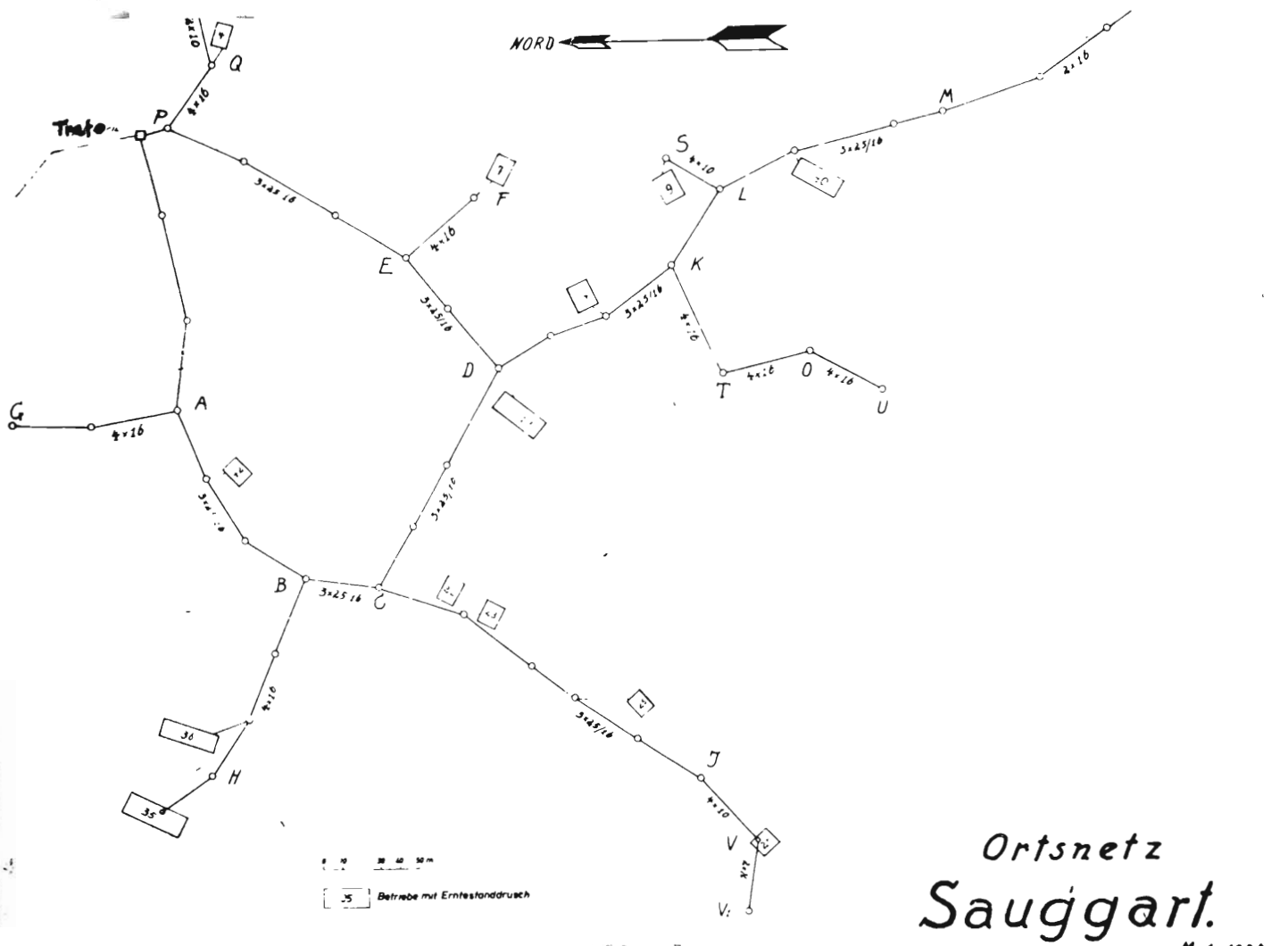


Abb. 10

Ein besonderes Problem entsteht durch die Kostenverteilung beim Ausbau der Netze. Für die ersten 3 - 4 Betriebe würde die vorhandene Kapazität ausreichen, ohne daß ihnen besondere Unkosten angerechnet werden. Die weitere Ausdehnung von Erntedrusch auf mehrere Betriebe setzt aber die Leitungsverstärkung voraus. Diese neu zum Erntedrusch übergehenden Betriebe müßten dann die gesamten beim Umbau entstehenden Unkosten übernehmen. Für eine gerechte Verteilung dieser zusätzlichen Kapitalbelastungen wäre eine besondere Bestimmung über die Baukostenzuschüsse anzustreben.

II. Energieversorgung in Ebertsbronn und Wolpertshausen

Während im Jahr 1954 in Sauggart und Schöckingen der zu erwartende elektrische Kraftbedarf für den Erntedrusch errechnet werden konnte, wurden 1955 zwei Gemeinden untersucht, in denen bereits 5o% der Betriebe mit Häckseldruschanlagen arbeiteten.

Im Verlauf der sommerlichen Druschperiode wurden hauptsächlich elektrische Belastungsmessungen am gesamten Ortsnetz wie auch in einzelnen Betrieben durchgeführt. Die eine der beiden untersuchten Ortschaften, Ebertsbronn Kr.Mergentheim, wird vom Elektrizitätswerk Ley, Unterscheffbach, mit elektrischer Energie versorgt. Die andere Ortschaft, Wolpertshausen Kr.Schwäb.Hall, liegt im Versorgungsbereich der Energieversorgung Schwaben. Die Messungen an einzelnen Häckseldruschsätzen erstreckten sich auf die Überprüfung der Netzbelastung (in kW), ermittelt durch direkte Ablesung und durch Abstoppen des Zählers, durch Ablesen der Spannung (in V), der Stromstärke in den einzelnen Phasen (in Amp.) und der Feststellung der Phasenverschiebung ($\cos \varphi$) bei unterschiedlicher Belastung. Die gesamte Ortsnetzbelastung während der Getreideernte registrierten Leistungsschreiber, welche jeweils für diese Zeit an den einzelnen Ortsnetztransformatoren angeschlossen waren. In den Häckseldruschbetrieben wurden Aufzeichnungen über die Motoranlaufzeiten und über die Dauer des Drusches in vorgedruckte Kladden eingetragen. Die hierbei gewonnenen Daten ermöglichten im Zusammenhang mit den elektrischen Belastungsmessergebnissen die genaue Bestimmung von Häufigkeit und Gleichzeitigkeit der einzelnen Dreschvorgänge in den untersuchten Gemeinden. Damit konnte die Auswirkung des in einer größeren Zahl benachbarter Betriebe schon durchgeführten Erntehofdrusches auf die örtliche Belastungskurve mit den unmittelbaren Folgen einer Netzüberlastung auf den Druschbetrieb durch exakte Meßwerte festgehalten werden.

1. Die Betriebe und die vorhandenen Ortsnetze

a) E b e r t s b r o n n

Im Sommer 1955 liefen in Ebertsbronn auf 1o von den insge-

samt 19 landwirtschaftlichen Betrieben eigene Häckseldruschaggregate. Voraussichtlich kann in den kommenden Jahren mit einer nochmaligen Steigerung auf insgesamt 13 - 15 Erntedruschbetriebe gerechnet werden. Die Betriebsgrößen aller 19 Betriebe bewegen sich zwischen 1o und 37 ha mit Getreideanbauflächen von 5 - 2o ha, das sind 5o - 65% der LN. Bei diesen Größenverhältnissen ist also praktisch in jedem dieser Betriebe der Erntehofdrusch mit einem eigenen Dreschaggregat möglich. Es ist aber bereits jetzt die Stromversorgungsanlage durch die hohe sommerliche Dreschbeteiligung überlastet.

Das Ortsnetz besteht noch aus Leitungen mit 22o/127 V Spannung und unterschiedlichen, teilweise sehr knapp bemessenen Leitungsquerschnitten (16 - 25 mm^2) Es ist geplant, das Ortsnetz auf 38o/22o V umzustellen. Zugleich werden auch die Querschnitte vergrößert.

In den am Ende des Dorfes liegenden Betrieben schwankt die Spannung jetzt am stärksten. Daher ist bei der allgemeinen Leitungsverstärkung die Verminderung des Spannungsabfalles eine besondere Forderung dieser Betriebe. Die Leistung des Ortstransformators von Ebertsbronn beträgt 75 kVA, sie liegt weit unter dem Anschlußwert der vorhandenen 1o Dreschmaschinen und müßte wenigstens auf 15o kVA erhöht werden.

Der Stromverbrauch in den einzelnen Betrieben ist sehr unterschiedlich; die Anwendung von Elektrowärme könnte noch erheblich gesteigert werden. In einigen Betrieben liegt der jährliche Stromverbrauch pro ha LN zwischen 125 und 17o kWh. Das Verhältnis Tagstromverbrauch zu Nachtstromverbrauch verhält sich in diesen Betrieben etwa wie 2 : 1.

Die Ausrüstung mit elektrischen Motoren und Geräten in Ebertsbronn

Abnehmer	Ldw. Betriebe	Sa. LN ha	Ges. anschl. wert kW	Motoren Stck.	Motoren kW	Brennstellen	Wärmegeräte Sa. kW	Vollherde	Dämpfer	Backöfen	Waschmasch.	Melkmaschinen
25	19	282,5	233,7	42	154	333	66,2	4	3	3	4	3

b) W o l p e r t s h a u s e n

Die Ortschaft Wolpertshausen besteht aus 38 landwirtschaftlichen Betrieben, wovon 1o Betriebe Erntedrusch mit eigenen Häckseldruschsätzen durchführen. Mit 4o - 5o% von der LN beträgt die Getreideanbaufläche der einzelnen Höfe 4 - 1o ha. Daneben weisen die Betriebe einen relativ hohen Grünlandanteil auf, der über die Hälfte der LN ausmacht. Das Acker-Grünland-Verhältnis ist sehr unterschiedlich und schwankt im Bereich von 1 : 1,2 bis zu 1 : o,75.

In dem ausgesprochenen Straßendorf ist das Ortsnetz auf 3 Teilkreise mit den dazugehörigen Transformatoren aufgeteilt. Damit wird der in längeren Versorgungsleitungen stets auftretende Spannungsabfall vermindert und für jeden Betrieb eine ausreichende Stromversorgung sichergestellt.

Den höheren Aufwand für dieses Ortsnetz rechtfertigt die fast konstante Stromabnahme einer Genossenschaftsmolkerei und einiger handwerklicher Betriebe. Der elektrische Grundverbrauch der landwirtschaftlichen Betriebe ist dagegen ausserordentlich gering. Die durchschnittliche tägliche Grundbelastung durch Licht und Wärme während der Sommermonate bewegt sich kaum über 2 kW hinaus. Die Spannung in 2 Ortsteilen ist vor einiger Zeit auf 38o/22o V erhöht worden, der 3.Ortsnetzteil mit 22o/127 V wird ebenfalls noch vor der nächsten Getreideernte umgestellt. Ferner erfordert der verhältnismäßig starke Erntedrusch an dieser Leitung einen stärkeren Transformator, dessen bisherige Leistung von 5o kVA für die auftretenden Höchst- und hohen Dauerbelastungen während des Drusches keinesfalls mehr ausreicht. An diesem Ortsnetzteil sind künftig Belastungen von 1oo - 12o kW in der Ernte zu erwarten, obwohl für die übrige Zeit des Jahres der vorhandene 5o kVA-Trafo durchaus genügen würde. Es wäre zu prüfen, ob nicht in diesem Einzelfalle das Zwischenschalten eines transportablen Trafos für die kurze Zeit des Dreschens Abhilfe schaffen könnte. Auf diese Weise ließen sich evtl. die Kosten für die hohen Leerlaufverluste bei einem überstarken Trafo und geringer Jahresbenützung in erträglichen Grenzen halten.

2. Der Ernteverlauf mit seinen Rückwirkungen auf die Energieversorgung

a) Arbeitsweise der bäuerlichen Betriebe und ihr Einfluß auf die Tagesbelastungsspitzen

Die größten Netzbelastungen beim Erntedrusch treten abends und besonders morgens auf. Eine kontinuierliche Arbeitsweise von Einfahren und anschließendem sofortigen Garbendrusch von der Fuhre wurde teils aus Arbeitskräftemangel, teils wegen mangelhafter Arbeitseinteilung bisher nicht durchgeführt. Bei überlegter Arbeitseinteilung ließe sich in jedem der beobachteten Betriebe ein laufendes Einfahren und Abdreschen ermöglichen, zumal neben dem Schlepper meist noch ein Gespann Pferde, zumindest aber eine oder zwei gewöhnte Kühe gehalten werden. Das Vorfahren der Erntewagen auf dem Feld kann schon mit geringer tierischer Zugkraft bewältigt werden, während der Schlepper die Feld-Hoftransporte vornehmen könnte. Auf diese Anregungen sind in Ebertsbronn an einem Tage mit besonders hoher Dreschbeteiligung einige Bauern wegen allzu häufigen Versorgungsschwierigkeiten eingegangen. Sie haben dazu beigetragen, das Zusammentreffen der Druscharbeit vieler Betriebe morgens und abends zu vermeiden und eine Verteilung auf die übrige Zeit des Tages zu erreichen. Damit sank auch die hohe Gleichzeitigkeit, die an diesem Tage 100% betrug, vorrübergehend soweit ab, daß die Stromversorgung für den ungeschwächten Antrieb der restlichen Maschinen ausreichte. Durch die bessere Verteilung des Dreschbetriebes in Verbindung mit Einfahren und sofortigem Entleeren der Wagen über den ganzen Tag hinweg könnte wenigstens eine Verminderung der besonders hohen Dreschspitzen erreicht werden.

Die Häckseldruschanlagen in Wolpertshausen sind reichlich groß bemessen, oder es ist ein zu geringer Kraftbedarf auf dem Typenschild angegeben. Sie erfordern dementsprechend einen stärkeren elektromotorischen Antrieb. Um allzu hohe Gebühren für Überanschlußwerte zu vermeiden, wurden einige Häckseldrescher mit zu schwach dimensionierten Motoren angetrieben. Die Folgen blieben nicht aus, die geringere Leistung

der Maschine oder des Gebläsehäckslers verursachte bei stärkerer Beschickung laufend Arbeitsstörungen. Außerdem erwärmten sich die überlasteten Motoren derart, daß ein vorzeitiges Durchbrennen der Wicklungen zu befürchten war.

b) Auswirkung des Häckseldrusches auf die beiden Ortsnetze

In den beiden untersuchten elektrischen Versorgungsanlagen lag der Gleichzeitigkeitsfaktor während der Getreideernte ziemlich hoch. Benachbarte und wirtschaftlich ähnliche Betriebe haben meist gleichzeitig gedroschen oder gehäckselt. Dadurch wurden die Ortsnetze bzw. Ortsnetzteile in beiden Gemeinden mehrmals bis zu 1oo% und mehr überlastet. Für sehr kurze Spitzenbelastungen (Motorenanlauf) ist diese Erscheinung zwar nicht weiter bedenklich, da die Trafos kurze Stromstöße abfangen können. Das Zusammenbrechen der Netze infolge Durchschmelzens der Trafosicherungen war jedoch unvermeidlich, wenn die Überlastung längere Zeit andauerte.

In Ebertsbronn entstanden oft schon Schwierigkeiten, wenn nur 5o - 6o% der Maschinen in Betrieb gesetzt wurden. Für die Betriebe an einem Ortsnetzausläufer wirkte sich dann der Spannungsabfall meist so ungünstig aus, daß die Leistung der Motoren stark nachließ oder die Drescharbeiten oft unterbrochen werden mußten. Der Ortsnetztransformator mit 75 kVA Leistung war während des Dreschbetriebes zu 5o - 65% überlastet. Es traten jedoch Höchstbelastungen bis 15o kW auf. Hohe kurzfristige Belastungsstöße wurden besonders von der stoßartigen Beschickung der Gebläsehäcksler hervorgerufen. Die Trafosicherungen hielten einer derartigen Überbeanspruchung nicht stand und mußten zeitweise alle 5 - 1o Minuten erneuert werden. Dadurch entstanden für die Landwirte Arbeitsverzögerungen, die sich bei wiederholten Störungen ungünstig auf die reibungslose Erntebergung auswirkten.

Die Messungen an einzelnen Häckseldruschsätzen stellten vor allem die Überlastung der meisten Motoren beim Dreschbetrieb eindeutig heraus. Wie bereits erwähnt, war der elektromotorische Antrieb einer größeren Anzahl Häckseldrescher

unzureichend bemessen. Beim Vergleich der Messergebnisse untereinander konnte ferner festgestellt werden, daß ältere auf Häckseldrusch umgebaute Maschinen viel kraftaufwendiger sind und auch einen schlechteren Wirkungsgrad besitzen.

Tabelle 7

Messungen an Häckseldreschern in Ebertsbronn am 18.8.1955

		Betrieb Friess	Betrieb Mönikheim	Betrieb Rahn	Betrieb Eschenbacher
Landw.Nutzfl. ha		25,50	11,50	37,0	14,0
Getreide ha		13,0	7,0	20,0	6,0
Zeit der Messung		15,10 h	14.00–14.30	11.15–12.00 h	9.45–10.15 h
verwendete Dreschaggregate	Dreschmasch.	Ködel & Böhm	Speiser Enorm	Dechentreiter	Speiser Enorm
	Gebläsehäckaler	Ködel & Böhm	Speiser Primus 52 Hä 2	Speiser Primus	Speiser Primus
	Körnergebläse	Neuero	Neuero	Neuero	- - -
Anschl.-Wert d.Mot.kW		Sa.: 11,0	5+2,2+1,4 = 8,6	5,5+4,0+1,4=10,9	5,5+4,0 = 9,5
Fruchtart		Roggen	Sommerweizen	Sommergerste	Sommergerste
Erdrusch in dz(Körner)		- -	ca. 6,5 dz	ca. 7 dz	ca. 6 dz
Spannung in Volt	Leerlauf	- -	215	225 - 230	240
	im Betrieb	- -	205	225	210
	bei Höchstbelastg.	- -	200	225	210
Stromstärke Amp.		- -	J = 28 - 50	J = 34 - 60	J = 26 - 48
Leistungsfaktor cos.		- -	0,86 - 0,9	0,7 - 0,88	0,7 - 0,88
Belastung in kW	Leerlauf	- -	10,0	10,0	8,0
	im Betrieb	15,5	12,0 - 16,0	12,0 - 20,0	10,0 - 14,0
	Spitzen	- -	16,0	20,0	14,0
	i.Ø nach Zähler	15,5	13,5	13,2	10,0
Verbrauch kWh pro h		- -	12,0	15,0	10,0
Bemerkungen		Motoren überlastet feuchte Roggengarben	Belastung schwankend Motoren überlastet	Spannund und Belastung stark schwankend, Motoren überlastet	Spannung und Belastung stark schwankend, keine Motorenüberlastung

Anmerkung: Im Betrieb Eschenbacher trat keine Motorenüberlastung auf, da durch die schnell wechselnde Spannung die Maschinen nicht voll beschickt werden konnten.
Betrieb Rahn arbeitete während der Messungen aus meßtechnischen Gründen ohne Körnergebläse.
Die Dreschbelastung im Betrieb Friess wurde als Durchschnittswert vom Zähler abgelesen.

Aus der Zusammenstellung vorstehender Messergebnisse (Tabelle 7) ist zu ersehen, daß außer im Betrieb Eschenbacher alle Motoren in den anderen 3 Betrieben überlastet waren. Die Überlastung beträgt im Durchschnitt etwa 3o - 4o% während der gesamten Druschdauer und steigt bei ungleichmäßigen Einlegen der Garben zeitweise bis zu 1oo% an. Den größten Kraftbedarf registrierten die Meßinstrumente an der für Häckseldrusch umgebauten Dreschmaschine im Betrieb Rahn. Die Messungen im Betrieb Eschenbacher erfolgten beim Drusch von sehr kurzen und kleinen Gerstengarben, die auch wegen der teilweise ungenügenden Spannung mit größerer Verzögerung als üblich in den Gebläsehäcksler eingelegt wurden. Infolgedessen traten die Motorenbelastungen nur im Bereich der normalen Kraftbeanspruchung auf. Spätere Beobachtungen in diesem Betrieb ergaben jedoch, daß auch hier bei einem ungestörten Dreschvorgang der elektromotorische Antrieb über das zulässige Maß belastet wurde. Der Betrieb liegt am Ende der Ortschaft und somit auch als letzter an einem Ortsnetzausläufer. In der Haupterntezeit stellten sich gerade hier immer wieder größere Schwierigkeiten ein. Die Verzögerungen durch unfreiwillige Dreschpausen waren deshalb an manchen Tagen außerordentlich hoch.

Für den Erntehofdrusch in Wolpertshausen, der während einiger Erntetage einen hohen Gleichzeitigkeitsfaktor aufwies, stand dagegen in den meisten Fällen eine ausreichende Netzleistung zur Verfügung. Die zusammengestellten Meßergebnisse aus den beiden Transformatorenstationen sind aus Abb.11 zu ersehen. In den verstärkten Ortsnetzteilen traten keinerlei Versorgungsengpässe auf, sodaß viele Betriebe oft noch zusätzliche Motoren für Gebläse usw. hinzuschalten konnten. Selbst damit wurde die Kapazität des Netzes noch nicht voll ausgenutzt. Es ist hier also möglich, ohne Bedenken noch einige Häckseldruschsätze anzuschließen. Nur der bereits erwähnte 3. Ortsnetzteil bereitete dem zuständigen EVU hin und wieder Schwierigkeiten. Diese Versorgungsleitung muß schon jetzt für verhältnismäßig viele Betriebe mit eigenem Erntedrusch Strom bereit-

stellen; eine Umstellung auf 38o/22o V wird daher nicht mehr länger zu umgehen sein. Der 5o kVA-Transformator für diesen Ortsnetzteil mußte auf längere Dauer oft 1oo%ig überlastet werden. Durch diese hohe Beanspruchung fiel an einigen Tagen die Stromversorgung mehrmals aus, doch sind die Arbeitsverzögerungen im Vergleich zu Ebertsbronn weitaus geringer gewesen. In größeren Orten wird sich daher die Aufteilung des Ortsnetzes auf mehrere Teile günstig auf die Anwendung erhöhter elektromotorischer Kraft auswirken.

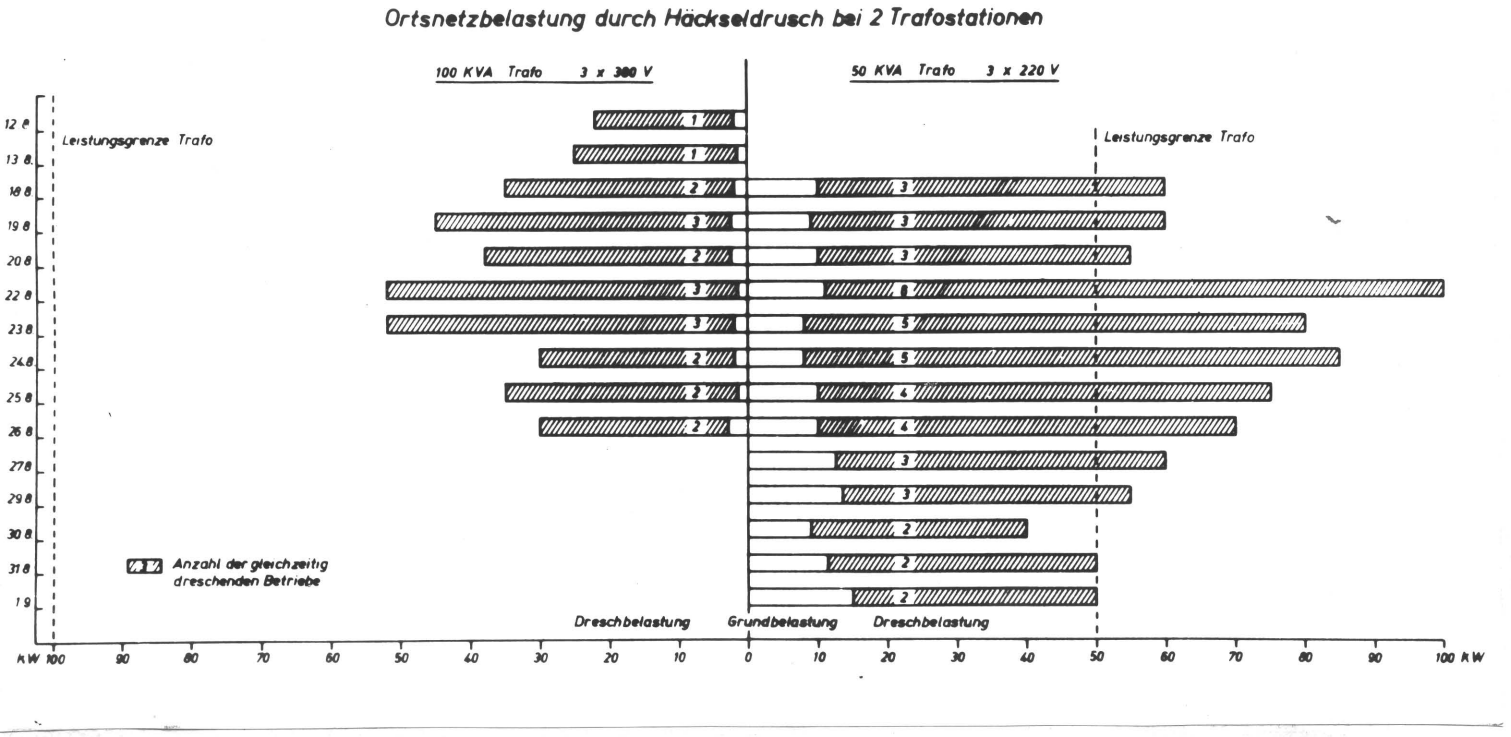


Abb.11

Das Belastungsdiagramm eines Tages mit den eingetragenen Werten für die aufgetretene durchschnittliche Höchstbelastung über längere Dauer und den angegebenen motorischen Anschlußwert für die im gleichen Zeitraum laufenden Dreschmaschinen kennzeichnet etwa im Mittel die Überlastung der Motoren (Abb.12). Für diese Zusammenstellung wurden nur Belastungswerte verwendet, die innerhalb von 15 Minuten kei-

nen großen Schwankungsbereich aufweisen, da kurzfristige Belastungsstöße von den Elektromotoren ohne Schaden aufgenommen werden können. Die verwendeten Meßwerte beziehen sich daher nur auf die Dauerbelastungen und bestätigen die abgestoppten Werte, daß die meisten Motoren laufend mit 3o - 5o%iger Überlastung arbeiteten. Die Unterbrechungen in der Belastungskurve geben jeweils die Arbeitsstörungen durch Stromausfall an. Allein die hohen Einschaltstöße der meisten Dresch- und Gebläsehäckslermotoren verursachten nach dem Auswechseln der Sicherungen oft ein erneutes Durchbrennen der Sicherungen in der Trafostation, sodaß nur ein zeitlich abgesetztes Einschalten in den verschiedenen Betrieben bei hoher Dreschbeteiligung vorübergehendes Arbeiten ermöglichte. Der Einbau moderner Kurzschlußläufermotoren mit Anlaßkupplung (4) könnte zumindest die außerordentlich hohen Spitzenbelastungen bei Inbetriebnahme der Maschinen herabdrücken.

Verlauf der Tagesbelastung eines Ortsnetzes beim Häckseldrusch (26.8.55)

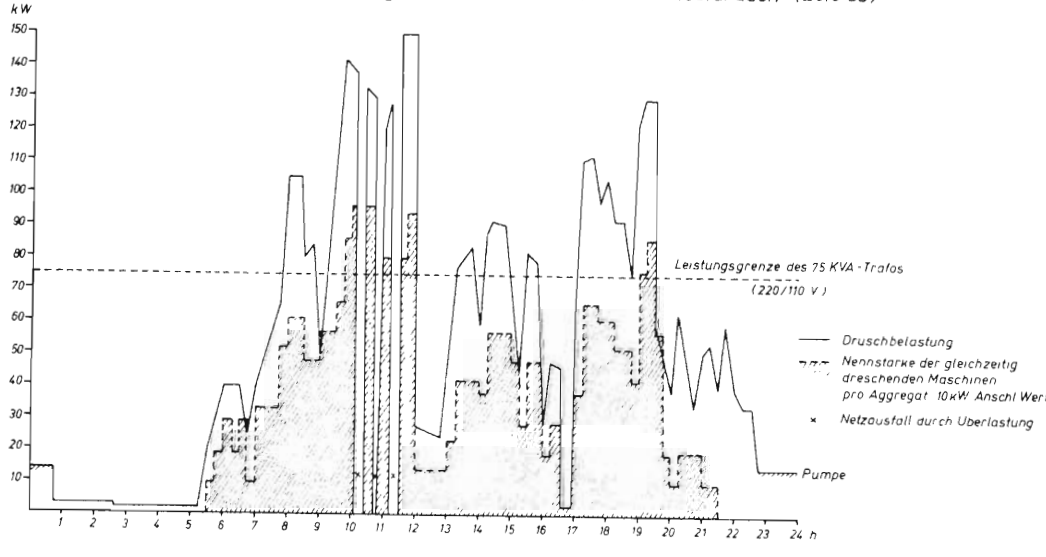


Abb.12

Ein charakteristisches Bild über die unterschiedliche und stark schwankende Tagesbelastung im Häckseldruschdorf Ebertsbronn während der Ernte vermittelt ferner der in Abb.13 wiedergegebene Meßstreifen des Leistungsschreibers. Vergleicht man diese Kurve mit der aus Abb.14, welche die normale Ortsnetzbelastung in der übrigen Zeit des Jahres darstellt, so ergeben sich klar die beträchtlichen Mehrbelastungen beim Erntehofdrusch. Wie in früheren Untersuchungen (62), kann auch hier festgestellt werden, daß der Wärmestromverbrauch auf dem Lande noch sehr gering ist. Das läßt sich gut auf dem Meßstreifen erkennen. Dieser Umstand darf bei dem speziellen Ausbau der ländlichen Netze für den Erntehofdrusch nicht übersehen werden. Zusätzliche Installationskosten sollten möglichst von dem zu erwartenden Mehrverbrauch der bäuerlichen Abnehmer gedeckt werden. Überstarke Transformatoren für derartige Netze mit kurzfristigen Strombelastungen aber geringer Grundbelastung werden auch größere Leerlaufverluste (Blindstrom) mit sich bringen und Kosten hervorrufen, die bei der Stromgestellung gegebenenfalls in erhöhtem Maße mit in Anrechnung kommen können.

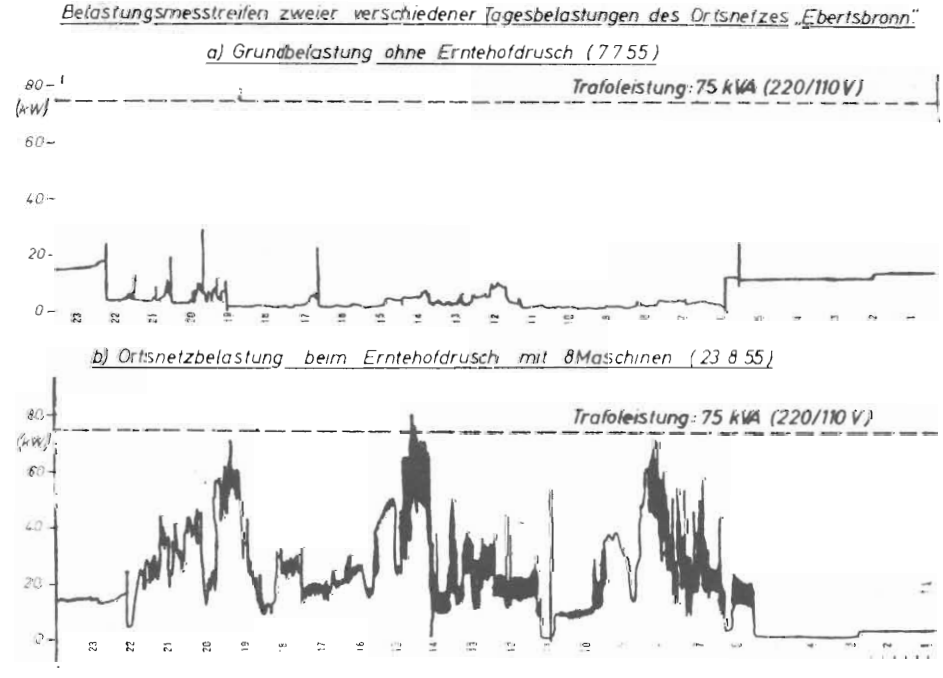


Abb. 13 + 14

Die Belastungszusammenstellung von der Dreschperiode in Ebertsbronn gleicht im wesentlichen der Darstellung über die Untersuchungsergebnisse in Sauggart. In Abb.15 sind die durchschnittlichen Höchstbelastungen während der Erntezeit tageweise zusammengefaßt aufgezeichnet worden. Aus der Aufstellung kann ferner der geringe Anteil der elektrischen Grundbelastung an der Gesamtbelastung ersehen werden. Einen ge-

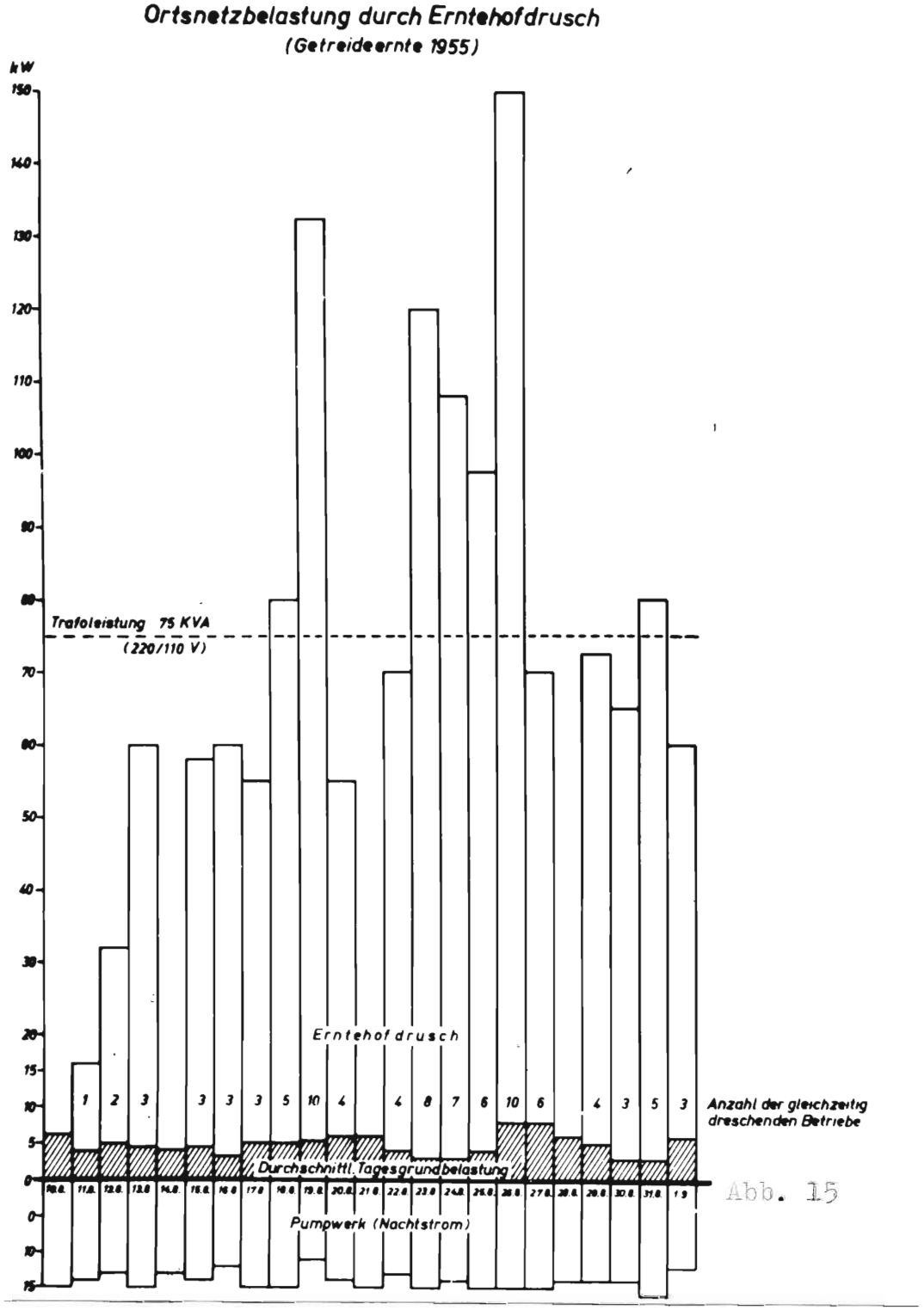


Abb. 15

wissen Ausgleich könnte der Nachtstromverbrauch hauptsächlich durch das Pumpwerk bringen, wenn nicht die Überlastung des Trafos und der Netze am Tage während des Dreschens ein Vielfaches der normalen Belastung betragen würde. Mit Hilfe der festgestellten Häufigkeit und Gleichzeitigkeit des Einfahrens und Abladens der Erntewagen konnte in Sauggart und Schöckingen die Belastung durch einen ausgedehnten Erntehofdrusch berechnet werden. Die Richtigkeit der Methode wurde nun durch die exakten Messungen und die ausgewerteten Ergebnisse der Untersuchungen in Ebertsbronn und Wolpertshausen bestätigt. Allerdings muß in diesem Falle die Neigung und Gewohnheit der Bauern, die Hauptzeit des Drusches auf morgens und abends zu legen, mit berücksichtigt werden.

3. Die Kosten der Ortsnetzverstärkung

Es ist schwierig, bei den von Ortschaft zu Ortschaft unterschiedlichen Stromversorgungsverhältnissen ein Beispiel zu schaffen, das für alle Fälle der Netzumstellung in ländlichen Gemeinden anzuwenden wäre. Schon rein strukturell ist in Gebieten mit gleicher baulicher Entwicklung und Ausrichtung nur selten eine reine Wiederholung von Dorfanlagen festzustellen und demzufolge weichen die Kosten für die elektrische Ausstattung bzw. Verstärkung für jedes Dorf mehr oder weniger stark voneinander ab. Am ehesten ist es möglich, über die Kosten pro Anlage und Abnehmer in Ortschaften mit mittel- bis kleinbäuerlichen Betrieben, die sich verhältnismäßig wenig verändern, einen allgemein gültigen Berechnungssatz aufzustellen. Der vorliegenden Kostenaufstellung wurde das Dorf Ebertsbronn mit seinen 25 Abnehmern zugrunde gelegt. Die 25 Abnehmeranlagen teilen sich in 19 landwirtschaftliche Betriebe und in 6 teils genossenschaftliche Einrichtungen, teils reine Haushaltungen auf. Der zunehmende Erntedrusch mit zur Zeit der Untersuchung installierten 1o Maschinen erfordert, wie bereits angedeutet, die Umstellung des Ortsnetzes von 22o/127 V auf 38o/22o V und zusätzlich noch die besondere Verstärkung der Versorgungsleitungen und des Trafos.

a) Umstellung von 22o/127 V auf 38o/22o V

Im Zuge der Umstellung sämtlicher ländlicher Versorgungsnetze auf 38o/22o V in den nächsten Jahren ist beabsichtigt, Ebertsbronn wegen der besonderen Anforderungen durch den starken Häckseldrusch beschleunigt umzubauen. Nur dadurch ist für die am Dorfende liegenden Betriebe eine wesentlich bessere Stromversorgung möglich. Für die normalen Verbrauchsverhältnisse bei der bisherigen elektrischen Grundausrüstung mit Geräten würde die 38o/22o V-Leitung durchaus genügen. Die gesamten Umstellungskosten belaufen sich hier etwa auf DM 11 663.-. In dieser Summe sind alle Unkosten für Material, Löhne, Motoren-Umwicklungen in den Betrieben und die Installationsarbeiten enthalten. Umgerechnet auf die einzelnen Betriebe und Haushaltungen entfallen je nach Ausrüstung zwischen DM 42o.- und DM 5oo.- pro Anlage. Diese Beträge können generell bei der allgemeinen Netzumstellung auf 38o/22o V mit geringen Zu- oder Abschlägen für bäuerliche Familienbetriebe in jeder Ortschaft angesetzt werden. An den Kosten für die Umwicklungen der älteren Elektromotoren müssen sich die Landwirte entsprechend der Motorenbauart mit einem bestimmten Anteil beteiligen.

Folgende Tabelle vermittelt einen Überblick über die Preise für das Umwickeln von Motoren mit dem Kostenanteil des Abnehmers im Gebiet eines Energieversorgungsunternehmens:

Tabelle 8 - Preise für Umwicklung von Motoren 15oo n.

kW	Verrechnungspreis durch EVU DM	Kostenanteil des Abnehmers f.vent.Motoren DM	f.nicht vent.Motoren DM
2,2	75,--	25,--	37,5o
3,o	8o,4o	26,8o	4o,2o
4,o	87,6o	29,2o	43,8o
5,5	97,8o	32,6o	
7,5	12o,75	4o,25	
11,o	178,2o	59,4o	

b) Aufwendungen für zusätzliche Ortsnetzverstärkungen

Die Mehrkosten im Ortsnetz und in der Trafostation setzen sich aus festen Kosten und dem Gegenwert für die hohen Leerlaufverluste zusammen. Zu den festen Kosten gehören die Umspannermehrkosten und die Ortsnetzmehrkosten mit der entsprechenden jährlichen Bewertung unter Berücksichtigung der feststehenden Sätze für die Abschreibung, der Verzinsung mit Steuern und den Betriebskosten. Wenn die Verstärkung den Betrieb von etwa 15 Häckseldreschern künftig ermöglichen soll, so wird der derzeitige Umspanner von 75 kVA nicht mehr die genügende Betriebsspannung bereitstellen können. Aufgrund der Belastungsmessungen ergibt sich daher die Notwendigkeit, die Leistung des Trafos mindestens um 1oo% zu erhöhen. Bei den zu erwartenden Spitzenbelastungen kann angenommen werden, daß ein Umspanner von 16o kVA dafür ausreicht. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß die Querschnitte der einzelnen Versorgungsleitungen zu vergrößern sind, damit der störende Spannungsabfall beim sommerlichen Dreschbetrieb wegfällt. Die reinen Materialkosten und Löhne betragen für den Umtausch des Umspanners und für die gesamte zusätzliche Leitungsverstärkung DM 24oo,-. Davon entfallen auf

Trafo	DM 1ooo,-
Material	" 8oo,-
	DM 18oo,-
Löhne	" 6oo,-
	DM 24oo,-

Bei insgesamt 19 Betrieben würde sich dieser Betrag mit je DM 126,3o auf die einzelnen Betriebe verteilen, oder umgelegt auf die Häckseldruschbetriebe wären je DM 16o,- anzusetzen.

Dem Energieversorgungsunternehmen entstehen damit jährliche Kapitalmehraufwendungen für zusätzliche Ortsnetzverstärkungen, die nur bei einem höheren Stromverbrauch und mit den Mehreinnahmen aus den Grundpreiszuschlägen ohne größere Verdienstspanne gerade gedeckt werden könnten. Durch den Erntehofdrusch wird zwar mehr Strom verbraucht, doch erstreckt sich die Einsatzdauer meistens nur über wenige Tage. Eine

wirkliche Verbrauchserhöhung könnte nur die vermehrte Anwendung von Elektro-Wärmegeräten mit sich bringen. Werden die vorstehend genannten Beträge für Material, Löhne und dazu die vorausberechneten Trafo-Leerlaufverluste in die Kostenrechnung eingesetzt, so ergeben sich folgende jährliche Kapitalmehraufwendungen für die zusätzliche Ortsnetzverstärkung bei 15 Häckseldruschsätzen in Ebertsbronn:

Feste Kosten

Umspannermehrkosten (von 75 kVA auf 160 kVA) = DM 1000,-	
daraus 5% Abschreibung, 10% Verzinsung m. Steuern (vom Buchwert), 0,5% Betriebskosten, zusammen 10,5% =	DM 105,-
Ortsnetzmehrkosten (f. mehr Cu): 200 kg x 4,- = DM 800,-	
daraus 4% Abschreibung, 10% Verzinsung m. Steuern (vom Buchwert), 1,5% Betriebskosten, zusammen 10,5% =	DM 84,-
Feste Kosten insgesamt:	DM 189,-

Laufende Kosten

Erhöhte Eigenverluste bei Trafoleerlauf v. 75 auf 160 kVA = 0,63 kW durchlaufend, 8760 Std/Jahr = 5 500 kWh aus dem 15 kV Netz je 0,09 DM/kWh =	DM 495,-
Jährlicher Mehraufwand des EVU:	DM 684,-

In diesen Zahlen ist die besondere Bereitstellung und Unterhaltung einer entsprechenden Kraftwerksleitung und eines Verteilungsnetzes, das für den größten Teil des Jahres in diesem Umfang nicht benötigt wird, noch nicht berücksichtigt worden. Die EVU müssen sich jedoch mit ihrem Stromverteilungsnetz, den Umspannstationen und im Kraftwerk auf die kurzfristigen Spitzenbelastungen beim Erntedrusch einstellen, um dafür auch genügend Strom zur Verfügung stellen zu können. Da sich der Drehstrom nicht speichern läßt, also keine Vorratswirtschaft betrieben werden kann, und Gleichstrom aus verschiedenen Gründen nicht infrage kommt, ist man gezwungen, die Kraftwerke, Umspannstationen und Versorgungsleitungen

gemäß der zu erwartenden Belastungsspitze auszubauen. Das kann natürlich den Strompreis umso mehr verteuern, je höher die Belastungsspitze gegenüber normal und je geringer die Zeitdauer ist, in der diese größte Leistung benötigt wird. Die Wirtschaftlichkeit eines EVU wird nach der sog. Benutzungsstundendauer beurteilt. Man versteht darunter den Quotienten aus der Gesamtstromverbrauchsmenge eines Jahres durch die höchste geforderte Leistung. Die Jahresbenutzungsstundenzahl ist also Energieverbrauch oder Erzeugung in kWh durch elektrische Leistung in kW. Die durchschnittliche Jahresbenutzungszahl aller deutschen Kraftwerke liegt bisher nach SARAN (42, S.28), je nachdem, ob es sich um ein Überlandwerk oder großstädtisches Kraftwerk handelt, bei etwa 4ooo Stunden.

Bei dem gegenwärtigen Stromverbrauch der Betriebe in Ebertsbronn lassen sich die zusätzlichen Aufwendungen für den Erntedrusch durch Einnahmen aus Grundpreiszuschlägen und dem teilweise erhöhten Stromverbrauch noch nicht decken. Die Einnahmen, die zur Deckung dieser Kosten verwendet werden können, setzen sich aus folgenden Daten zusammen:

Jährlicher Stromverbrauch und Restübergrößen von 3 Betrieben	DM 282,-
abzügl. Stromerzeugungskosten f. Mehrverbrauch	" 96,-
	DM 186,-
Jährliche Mehreinnahmen aus Grundpreiszuschlägen der übrigen Betriebe	DM 264,-
insgesamt Einnahmen:	DM 45o,-

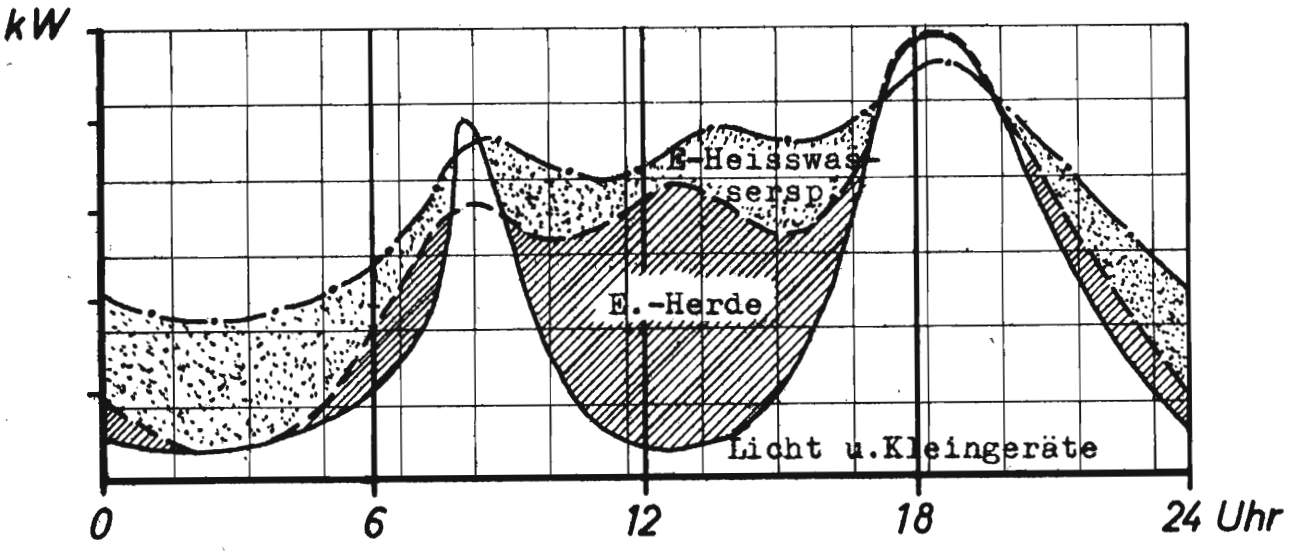
Danach stehen den Mehrausgaben von DM 684,- augenblicklich nur die geringen Mehreinnahmen von DM 45o,- gegenüber und die Differenz von DM 234,- geht zu Lasten des Energieversorgungsunternehmens.

Unterstellt man künftig einen höheren Stromverbrauch, um die Aufwendungen für die kurzen Spitzenbelastungen zu senken, so ist zu berücksichtigen, daß sich mit einem Mehrverbrauch auch die Freigrenzen für die Überanschlußgebühren erhöhen. Die bisherigen Einnahmen könnten daher nur durch eine

nochmalige Stromverbrauchssteigerung erhalten werden. Im Durchschnitt liegt zur Zeit der Verbrauch an elektrischer Energie pro ha LN in Ebertsbronn bei rund 1oo kWh. Die Gesamtstromabnahme der 19 Betriebe betrug im September 1954 bis August 1955 29.4o2 kWh. Ein Ausgleich der Anlagekosten für die Netzverstärkung läßt sich dann ermöglichen, wenn rund 5.5oo kWh im Jahr zuzüglich an Strom mehr verbraucht würden. Das entspräche einer Steigerung von 5o kWh, also von 1oo kWh/ha bisher auf künftig 15o kWh/ha LN. Bei dem derzeitigen Stand der Ausrüstung mit elektrischen Wärmegeräten in den einzelnen Betrieben kann diese Verbrauchssteigerung auch durch erhöhte Benutzung kaum erwartet werden. Allerdings ist anzunehmen, daß durch intensive Beratung in der nächsten Zeit die Betriebe sich mit weiteren elektrischen Geräten für die Haus- und Hofwirtschaft ausstatten werden. Die Benutzungsdauer könnte dann wesentlich erhöht werden und die verbilligten Nachtstrom-Tarife schaffen nach und nach die Voraussetzung für eine gleichmäßigere Abnahme und Auslastung des ländlichen Netzes in den meisten Monaten des Jahres.

Die Darstellung (Abb.16) nach SARAN (42, S.28) gibt zu erkennen, wie durch die Einführung von Elektrowärmegeräten die Belastungskurven gleichmäßiger gestaltet werden. Damit erhöhen sich die Jahresbenutzungsstunden und schaffen gute Voraussetzungen für günstige Stromtarife. An der ersten Belastungskurve ist zu ersehen, wie ungleichmäßig der Stromverbrauch lediglich mit Beleuchtung und Kleingeräten verläuft. Eine solche Verwendung der Elektrizität mit außerordentlich schlechter Benutzungsdauer belastet zusätzlich die Werkspitzen. Wird die elektrische Anlage durch einen Elektroherd erweitert, tritt ein Belastungsverlauf entsprechend der zweiten Kurve ein. Deutlich erkennbar wird eine bessere Auffüllung des Mittags-Tales, wo hingegen das Nachttal unverändert bleibt. Die Jahresbenutzungsstundenzahl erhöht sich jedenfalls. Die dritte Kurve zeigt schließlich die Belastungsverhältnisse an, die durch den verbesserten Stromverbrauch hervorgerufen werden, wenn außer dem Elektroherd noch ein elektrischer Heißwasserspeicher an das Netz ange-

schlossen wird. Hierbei ergibt sich auch zusätzlich eine bessere Auffüllung des Nachttales (vergl. Zeit von 0-6^{00}Uhr).



Auffüllung von Belastungstälern mit verteilten Wärmestromverbrauch.

Abb.16

Alle Möglichkeiten, die Täler der Belastungskurve der Werke aufzufüllen, sollten genutzt werden. Die Beratungs- und Aufklärungsarbeit der EVU sorgt durch eine immer stärkere Einführung von entsprechenden Elektrowärmegeräten für eine gleichmäßigere Stromabnahme auf dem Lande. Voll elektrisch eingerichtete Betriebe, die die elektrische Energie für alle Zwecke nutzen, beziehen ganz automatisch auch Nachtstrom, z.B. durch Elektroheißwassergeräte, Elektrokühlung, Futterdämpfer, Back- und Speicheröfen. All diese Maßnahmen helfen, die Belastungskurve der Elektrizitätswerke gleichmäßiger zu gestalten. In Dörfern mit verbreitetem Erntehofdrusch werden aber auch künftig die Sommerwochen erhöhte Beanspruchungen der elektrischen Versorgungsanlagen und nach deren Verstärkung laufende Unkosten für die EVU bringen. Nachdem in Ebertsbronn etwa 5o% der landwirtschaftlichen Betriebe auf Häckseldrusch übergegangen waren, betrug bei einer jährlichen Stromabnahme von 1oo kWh pro ha LN

die Jahresbenutzungsstundenzahl der Höchstlast nur 490 Stunden. Bei einem so niedrigen Ausnützungsgrad lassen sich die Kosten der Versorgung einer solchen Gemeinde kaum decken. Inwieweit diese Mehrbelastungen evtl. in Tariferhöhungen, zumindest für die Erntezeit, ihren Niederschlag finden werden, bleibt abzuwarten.

III. Energieversorgung in Sulzdorf

Die in Württemberg erstellten Arbeiten wurden im Sommer 1956 fortgeführt und weitere Untersuchungen auf bayerisches Gebiet ausgedehnt. Gegenüber den freien Hoflagen, wie sie südlich der Donau anzutreffen sind, können vor allem in den fränkischen Getreideanbaugebieten hohe Energiebelastungsspitzen auftreten, wenn die Betriebe noch mehr zu neuen Erntehofdruschverfahren übergehen wollen.

Ausgewählt wurde die Ortschaft Sulzdorf bei Giebelstadt, die sich aufgrund der elektrischen Versorgung und in ihrer Struktur wie Erzeugungsrichtung für die Untersuchungen besonders eignete. Ähnlich wie schon in den Dörfern Sauggart und Schöckingen sollten auch hier mögliche Strombedarfsspitzen durch Häckseldrusch über die Aufstellung von Gleichzeitigkeitsfaktoren vorausberechnet werden. Ferner wurden elektrische Leistungsmessungen in den vorhandenen Häckseldruschbetrieben durchgeführt, hauptsächlich aber die Gesamtbelastung des Ortsnetzes laufend durch schreibende Instrumente aufgezeichnet. Eine besondere Kontrolle der Spannung erwies sich als notwendig, da einige Betriebe ihre Elektromotoren wegen Spannungsabfall öfters abschalten mußten. Die Leistungsaufnahme in kW konnte erstmals in Blind- und Wirkstrom aufgeteilt und sichtbar gemacht werden, welches eine genaue Beurteilung der wirklichen Ausnutzung des Netzes ermöglichte. Ebenfalls wurde der Wirkungsgrad cos. φ sowohl bei den Einzeluntersuchungen an Dreschaggregaten, als auch im Ortstrafo gemessen. Über ihre Betriebsstelle in Winterhausen beteiligte sich das Überlandwerk Franken in Nürnberg durch Bereitstellen von Meßgeräten und Fachmonteuren an den mehrere Wochen dauernden Untersuchungen.

1. Die Ortschaften und ihre Betriebe

Betriebsgrößen - Anbauflächen - Mechanisierung - AK- u.ZK-Besatz

Die für die Messungen und Beobachtungen ausgewählte Ortschaft Sulzdorf liegt im Versorgungsbereich des Fränkischen

Überlandwerkes Nürnberg. Das Dorf besteht aus 55o Einwohnern, die sich auf 4o landwirtschaftliche Abnehmer und 8 Haushalte und Gewerbeabnehmer verteilen. Die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche beträgt 686 ha, die Gemeinde hat ferner ein Anbauverhältnis von etwa 375 ha Getreide (55%), 175 ha Hackfrucht (26%) und 13o ha Feldfutterbau (19%). Sulzdorf gehört zu dem bekannten unterfränkischen Getreideanbaugebiet, welches sich von Würzburg über Ochsenfurt bis nach Uffenheim erstreckt; Braugersten- und Weizenanbau herrschen vor. Infolgedessen bringt die Getreideernte auch hier für die Betriebe eine spürbare Arbeitsspitze, da sie oftmals mit den letzten Hackfrucht-Pflegearbeiten und vor allem mit einem Teil der Raufutterernte zusammenfällt.

Von den insgesamt 4o Betrieben, deren Größe zwischen 5 und 32 ha LN liegt, sind 5 Höfe mit einem Häckseldrusch-Aggregat ausgerüstet. Beachtenswert ist ferner, daß in diese rein bäuerlichen Betriebe bereits 2 größere Mähdrescher Eingang gefunden haben. Davon besitzen 2 Bauern einen Selbstfahrer-Mähdrescher in Gemeinschaft.

Die Motorisierung hat sich in Sulzdorf fast vollständig durchgesetzt, 95% aller Betriebe sind mit Schleppern ausgerüstet. Daneben haben sich in 3 Betrieben aus der Größenklasse zwischen 25 und 35 ha Schmotzer-Kombi als Zweitschlepper mit ihren Gerätereihen eingeführt. Augenscheinlich geht auch hier die Entwicklung zum stärkeren Schlepper. Wie aus der Tabelle 1o zu ersehen ist, beträgt die Durchschnitts-PS-Größe bereits in den kleineren Betrieben (5-1o ha LN) 17 PS. Betrachtet man die weiteren Schlepper-PS-Zahlen der nachfolgenden Größenklassen, so ist zu erkennen, daß in mittelbäuerlichen Familienbetrieben die meist verwendeten Leistungsgrößen zwischen 22 und 3o PS liegen. Leider neigen jedoch einige Betriebe zur Anschaffung von für ihre Verhältnisse zu extrem schweren Schleppern. Der Grund wird gerade im Kleinbetrieb in der Unsicherheit und der fehlenden Erfahrung gegenüber dem neuen Arbeitshilfsmittel: Schlepper zu suchen sein. Bei einem wirtschaftlichen Einsatz soll er sofort an die Stelle der tierischen Zugkraft

treten und diese möglichst ganz ersetzen. Der Bauer sieht sich oftmals genötigt, den Schritt der teilweisen Motorisierung zu überspringen. Um dieses Risiko irgendwie aufzufangen, greift er gern zu dem schwersten Schlepper, den er gerade noch bezahlen kann. Damit können andere Maßnahmen im Betrieb für längere Zeit unmöglich gemacht werden, und meist wird der Vorteil, den der Schlepper für den ganzen Betrieb bringen soll, recht eingeschränkt. Hierbei sei nur an die noch zögernde Anwendung der Schlepperhydraulik mit ihren mannigfaltigen Möglichkeiten, den Schlepper zum vielseitigen und arbeitssparenden Motorgerät zu machen, erinnert.

Neben einer Genossenschaftskühlanlage für die angelieferte Milch besteht in dieser Ortschaft eine Dreschgenossen-

Sulzdorf / Ufr.

Tabelle 9

Größenkl. LN (ha)	Zahl der Betriebe	LN (ha)	Acker (ha)	Wiesen (ha)	Getreide(ha)	Getreide i.%d.LN	Hackfrucht ha	Feldfutter ha	GVE / 100 ha LN
0 - 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 - 10	9	71,53	68,38	1,98	39,73	55,5	20,96	7,69	105,5
10 - 15	8	101,61	99,06	1,67	56,41	55,5	29,50	14,15	91,7
15 - 20	6	107,58	105,21	1,75	61,51	57,1	31,98	11,72	102,4
20 - 35	17	419,61	406,07	11,17	241,34	57,5	106,18	58,55	84,5
	40	700,33	678,72	16,57	398,99	57,0	188,62	92,11	93,4

Tabelle 10

Größenkl. LN (ha)	Zahl d. Betriebe	LN (ha)	Schlepper Anz.	pro Betr. ø PS	ZK motori.	ZK tierisch	ZK ges.	ZK/ 100 ha LN	AK ständ.	AK nichtständig	AK / 100 ha LN
0 - 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 - 10	9	71,53	7	17,4	20,74	8,1	26,84	40,3	25,3	0,66	36,3
10 - 15	8	101,61	8	20,0	27,2	9,2	36,4	35,9	22,3	1,47	23,4
15 - 20	6	107,58	6	26,5	27,03	11,0	38,03	35,3	23,0	1,14	22,4
20 - 35	17	419,61	21	32,8	94,86	33,0	127,86	30,4	69,3	8,28	18,5
	40	700,33	42	24,2	169,83	61,3	231,13	33,0	139,9	11,55	21,6

schaft. Die Maschine (Lanz) ist mit Selbsteinleger, Garbenzerreißer und mit einer Welger-Strohpresse ausgerüstet, das Dreschaggregat wird von einem 3o PS Elektromotor angetrieben.

Etwa 5o% der mittleren landwirtschaftlichen Betriebe in Suldorf zwischen 15 und 3o ha LN haben außerordentlich unter Arbeitskräftemangel zu leiden. Diesen Höfen stehen jetzt nur 1 - 2 Vollarbeitskräfte zur Verfügung, die neben den umfangreichen Feldarbeiten auch noch die Hof- und Stallarbeiten übernehmen müssen. Die Ausstattung der Haus- und Hofwirtschaft mit Elektrogeräten zur Erleichterung und Einsparung menschlicher Arbeitskraft für täglich mehrmals wiederkehrende Arbeiten kommt infolgedessen außerordentlich schnell in Fluß. Wurde die Mechanisierung der Innenwirtschaft in den letzten Jahren gegenüber der fast stürmisch verlaufenden Technisierung der Feldarbeiten auf Kosten der Bäuerin stets zweitrangig behandelt, so ist augenblicklich in dieser Richtung ein starker Nachholbedarf vorhanden.

Ein sehr ernstes Problem sind die nichtständigen Arbeitskräfte, die zur Brechung von Arbeitsspitzen mehr als dringend benötigt werden (siehe Tabelle 1o). Besonders die zukünftigen Aussichten des Zuckerrübenanbaues in Sulzdorf werden von der Gestellung nichtständiger Arbeitskräfte abhängig sein. Wie in allen intensiven Zuckerrübengebieten wird auch hier eine Einschränkung des Zuckerrübenanbaues in vielen Betrieben für unabänderlich gehalten, weil die nichtständigen Arbeitskräfte für das Vereinzeln und die Pflege der Rüben nicht mehr im ausreichenden Maße zur Verfügung stehen und die Technisierung der Rübenvereinzelung bisher nicht in dem erhofften Maße gelungen ist. Der Getreidebau wird daher noch stärker in Vordergrund treten.

2. Die Leistungsfähigkeit und Inanspruchnahme des vorhandenen Ortsnetzes

Die Auslegung des Ortsnetzes in Suldorf mit 22o/38o V Spannung und Leitungsquerschnitten von 1o - 35 mm^2 ent-

sprach bislang dem üblichen Verbrauch für Licht, Wärmegeräte im Haushalt und für Elektromotore kleiner bis mittlerer Größe. Obwohl die Transformatoren-Station mit 1oo kVA Leistung außerhalb der Ortschaft steht, sind in den vergangenen Jahren kaum größere Störungen, wie etwa durch Spannungsabfall oder Überlastungen, aufgetreten. Für die weitere Aufnahme von Geräten mit gleichmäßiger Stromabnahme lagen von Seiten des zuständigen EVU keine Bedenken vor, da die Verstärkung des Versorgungsnetzes bevorstand und in jüngster Zeit auch vorgenommen worden ist. Spürbar veränderten sich die Verhältnisse, als sich 1955/56 fünf Betriebe mit leistungsfähigen Häckseldruschaggregaten ausrüsteten. Der Anschluß von Elektromotoren größerer Leistung für den Antrieb von Dreschmaschinen, Gebläsehäcksler, Körner- und Strohgebläse mit einem Wert von nahezu 15,5 kW pro Aggregat brachte an Tagen mit gleichzeitigem Einsatz aller Maschinen unerwartete Folgen für das gesamte Ortsnetz. Selbst bei der neuerdings ausreichenden Bemessung des Netzes für die übrige Zeit des Jahres kann es diesen Spitzenanforderungen, die sich durch weitere Neuanschaffungen noch erhöhen werden, nicht standhalten. So ergeben sich Versorgungsschwierigkeiten, die zur Zeit oft nicht zu umgehen sind. Hohe Spannungsabfälle, Transformatoren-Schäden und damit Ortsnetz-Ausfälle, Notabschaltungen und Arbeitsverzögerungen sind die Folge.

a) Die Anschlußwerte

Der Gesamtanschlußwert für Motoren und Wärmegeräte der Gemeinde von 578,96 kW - das sind im Durchschnitt pro Betrieb 14,47 kW - setzt sich zusammen aus:

23	Herden u. Backöfen	mit zusammen:	16o,86 kW
9	Kühlschränke	" "	4,39 "
28	Waschmaschinen (teilw.m.Schleuder)	" "	38,14 "
31	Hauswasserwerke	" "	34,2o "
13	Melkmaschinen	" "	4,96 "
7	Elektrodämpfer	" "	26,6o "

1o	Rübenschneider, Mixer, Schrotmühlen m.eig.Motor	mit	zusammen:	13,4o kW
11	Jauchepumpen m.eig.Motor	"	"	11,49 "
1	Mistgreifer m. Motor	"	"	3,oo "
7	Heuaufzüge m. Motor	"	"	9,7o "
2	Gebläse m. Motor	"	"	8,6o "
3	Bohr- u.Schleifmaschinen m. eig. Motor	"	"	4,oo "
8	Gebläsehäcksler m. eig. Motor	"	"	51,9o "
2	Dreschmaschinen m. eingebautem Motor	"	"	15,oo "
65	transportable Motoren (o,75 - 7,5 kW)	"	"	163,oo "
	Kleingeräte	"	"	29,73 "

Der Anteil der Wärmegeräte am Gesamt-Anschlußwert beträgt rund 45%. Die Anschlußwerte für Licht wurden bei dieser Aufstellung nicht berücksichtigt. Die Elektromotoren sind meist für die erforderliche Antriebsleistung zu hoch gewählt worden. Das bedeutet unnötige Mehrausgaben hinsichtlich Anschaffung, Stromverbrauch, Leistungsbemessung u.a. Es ist besser und billiger, einen alten großen Motor aus dem Betrieb zu nehmen, wenn ein kleiner, neuer Motor, der richtig bemessen ist, sparen hilft. Zu groß gewählte Motoren arbeiten mit schlechtem Wirkungsgrad und Leistungsfaktor (cos. φ) und belasten das Ortsnetz unnötig. Dagegen sichern sich die Überlandwerke durch Berechnung von Überanschlußgebühren.

Die Freigrenze, bis zu der gleichzeitig eingeschaltete Motorenanschlußwerte im ha-Grundpreis mit inbegriffen sind, beträgt z.B. im Bereich des Fränkischen Überlandwerkes Nürnberg 3 kW + o,15 kW je ha/LN. Bei Überschreitung dieser Freigrenze wird für jeden angefangenen o,2 kW Überwert der normale Grundpreiszuschlag für einen weiteren ha erhoben. Die Freigrenze bezieht sich nur auf den gleichzeitig eingeschalteten Motorenanschlußwert. Z.B. beträgt bei 2o ha die Freigrenze 3 + o,15 x 2o = 6 kW. Es wird also in diesem

Falle kein Überanschlußwert berechnet, wenn auch 4 Motoren mit je 2 kW (zusammen 8 kW) vorhanden sind, aber gleichzeitig nur höchstens 3 Motoren à 2 kW eingeschaltet werden. Schließt ein Abnehmer mit 2o ha aber einen Motor mit 7,5 kW Nennleistung an, so errechnet sich ein Überanschlußwert von 7,5 kW minus 6 kW = 1,5 kW. Für diesen Überanschlußwert wird ein Grundpreiszuschlag für 1,5 : o,2, das ist für 8 ha, erhoben. Dieser Abnehmer hat also einen Grundpreis wie ein landwirtschaftlicher Betrieb von 2o + 8 = 28 ha zu bezahlen.

Beispiel:

Berechnung von Grund- und Überanschlußgebühren für einen 19 ha-Betrieb

Gesamtanschlußwert aller Motoren, aus dem bezüglich Verrechnung noch kein Schluß gezogen werden kann	28	kW	
Freier Anschlußwert entsprechend der vorhandenen ha-Zahl (19 ha) (3 kW frei + o,15 kW pro ha) = 3 + o,15 x 19 =	5,85	"	
zu bezahlender Überanschlußwert: d.i. der über 5,85 kW hinausgehende Anschlußwert der gleichzeitig in einem Arbeitsgang betriebenen Motorenwerte der größten Gruppe, z.B. Dreschmotor mit Häckslermotor,	9,1	"	
Grundgebühr für 19 ha x o,9o =			DM 17,3o
für Überanschlußwert 9,1 kW (o,2 kW = o,6 DM) 9,1 : o,2 = 45,5; 45,5 x o,6 DM =			" 27,6o
Haushaltzuschlag f. Untermieter (1 Raum)			" 1,4o
Meßgebühr für Nachtstromzähler (Futterdämpfer)			" o,9o
Meßgebühr für Schaltuhr			" 1,5o
			DM 48,7o

Durch besseren kWh-Verbrauch läßt sich jedoch die Freigrenze erheblich erweitern. Hat ein zum Landwirtschafts-

Tarif belieferter Abnehmer, dessen gleichzeitig eingeschaltete Motorenanschlußwerte die obengenannte Freigrenze überschreiten, in 1 Kalenderjahr mehr als 6oo kWh zuzüglich 5o kWh je ha Nutzfläche verbraucht, so erhöht sich die Freigrenze für das betreffende Kalenderjahr jeweils für 3oo kWh Mehrverbrauch um o,5 kW. Folglich kann zur Abgeltung von Überanschlußwerten durch höheren Stromverbrauch der für landwirtschaftliche Zwecke verwendete Licht-, Kraft- und Wärmestrom angerechnet werden.

Ferner behalten sich die EVU vor - wie bereits erwähnt -, Baukostenzuschüsse für den Betrieb von Gebläsehäckslern, Heugebläsen und Häckseldruschanlagen zu erheben. Für die Motoren-Nennleistungen dieser Anlagen wird beim EVU Franken ein Baukostenzuschuß von DM 4o.- je kW Anschlußwert berechnet. Baukostenzuschußfrei bleiben hierbei nur Futterschneidmaschinen mit oder ohne Gebläse, wenn deren Gesamtanschluß 3 kW nicht überschreitet. Vergünstigungen erhalten Abnehmer, die regelmäßig Elektrowärmegeräte mit hoher Benutzungsdauer verwenden. Die Baukostenzuschüsse können dann bei einem guten E-Verbrauch wesentlich gesenkt werden (z.B. Freistellung von 4 kW baukostenzuschußpflichtigem Kraftanschlußwert bei Elektrovollherd, 2 kW bei Heißwasserspeicher oder Futterdämpfer mit mindestens 1oo l Inhalt, evtl. 1 kW für Melkanlagen). Allerdings sind diese Regelungen bei den einzelnen Werken unterschiedlich. Durch Anschluß von Elektromotoren bedingte Verstärkungskosten des Hausanschlusses (Verbindung des Leitungsnetzes des Elektrizitätswerkes mit der elektrischen Installation des Grundstückes von der Verteilungsleitung ab) sind in obigen Baukostenzuschüssen nicht enthalten und werden nach den bei den einzelnen EVU geltenden Bedingungen berechnet.

Die Elektro-Industrie hat spezielle Landwirtschaftsmotoren entwickelt, die den hohen Anforderungen z.B. des Dreschbetriebes mit seinem Schweranlauf und hohen Belastungsstössen gerecht werden. Hierher zählt der Drehstrom-Kurzschlußmotor, der alle Voraussetzungen für den rauhen landwirtschaftlichen Einsatz mit sich bringt. Der richtig bemessene

Kurzschlußläufer ist für den Benutzer wie für das Stromversorgungsunternehmen der ideale Motor, dies umso mehr, wenn seine Nennleistung dem tatsächlichen Leistungsbedarf der angetriebenen Maschine im Dauerbetrieb entspricht. Treten kurzzeitige Spitzen, wie beim Dreschen, auf, dann kann der Motor nach der mittleren Dreschleistung angelegt werden, da er mit seiner im hohen Kippmoment liegenden Leistungsreserve diese Spitzen ohne weiteres übernimmt, während der Schlepper in seiner Leistung nach dem zu erwartenden Spitzenbedarf ausgelegt werden muß, da er nur eine geringe Überlastbarkeit besitzt. Die Drehzahl läßt bei Verbrennungsmotoren beachtlich nach und erholt sich nur langsam. Folgende Übersicht nach BECKER (5, S.123) kennzeichnet die Eigenarten und Vorteile des Kurzschlußmotors:

Art des Anlaufs von Arbeitsmaschinen

Art des Anlaufs	Wirkungsweise	Beispiele
Leeranlauf	Belastung der Arbeitsmaschinen erst nach erfolgtem Hochlauf	zunächst unbelastete Arbeits-Masch.; Antriebe m.Leerscheibe od.Anlaßkupplungen
Lastanlauf m. steigendem Drehmoment	Anwachsen d.Belastung erst bei steigender Drehzahl	entlastete Kolbenpumpen, Kompressoren, Gebläse, Lüfter
Voll-Lastanlauf (Schweranlauf)	Gegenmoment b.Hochlauf etwa gleich Vollast	Kolbenpumpen (Anlauf gegen Last), Hebezeuge, bes.auch Dreschmasch.

Trotz dieser hervorragenden Eigenschaften waren in Sulzdorf meist viel zu große Motoren angeschlossen. Diese Tatsache hat neben mangelnder Kenntnis oder dem Wunsche nach genügender Kraftreserve ihre Ursache in dem Zwang zur Verwendung des Sterndreieckschalters zwecks Herabsetzung der Einschalt- und Anlaufstromstärke. Diese darf nach den technischen Anschlußbedingungen der EVU den zweifachen Wert der Nennstrom-Stärke des je-

weils benutzten Motors nicht überschreiten. Mit der Stern-(Anfahr-)Stufe wird dies erreicht, aber gleichzeitig die Leistung des Motors auf etwa 1/3 herabgesetzt. Bei Leer- und Halblast-Anläufen würde die etwa gedrittelte Motorleistung zum Hochlauf der Maschine ausreichen, für den Schweranlauf, z.B. der Dreschmaschine, wäre die Leistung zu schwach. In solchen Fällen ist man gezwungen, die Nennleistung um 3o - 5o% höher als eigentlich notwendig zu wählen, um den Hochlauf in der Sternstufe zu gewährleisten. Für die Dreieck-, also die eigentliche Betriebsstufe, ist der Motor zu groß und belastet wieder unnötig das Netz. Wie diese elektrotechnisch bedingte Schwierigkeit umgangen werden kann, ist späteren Ausführungen auf Seite 97 zu entnehmen.

Die angeschlossenen Elektromotoren in Sulzdorf verteilen sich auf fest eingebaute und auf transportable Motoren (Tabelle 12). Der hohe Prozentsatz an eingebauten Motoren (6o%) zu den für mehrere Maschinen verwendbaren Motoren (4o%) läßt eine bestimmte Neigung der Betriebe zu vollautomatischen Aggregaten (z.B. Schrotmühlen, Mixer, Aufzüge, Gebläse u.a.) erkennen und kommt der aus Gründen der Vervollkommnung landwirtschaftlicher Antriebe von der Beratung vertretenen Auffassung des Einzelmotor-Antriebs bereits sehr nahe. Gerade diese Motoren können genau für den jeweiligen Leistungsbedarf der betreffenden Maschine ausgewählt werden, was bessere Ausnutzung, höheren Wirkungsgrad und nicht zuletzt geringeren Blindstromanteil verspricht.

Ausrüstung mit elektr. Motoren und Geräten der Gemeinde

S u l z d o r f /Ufr.

Tabelle 11

Größenklasse LN ha	Zahl der Betr.	LN ha	Geräte f. Hauswirtschaft in kW				
			E-Herd u. Backöfen	Waschmasch.	Kleingeräte	Ø kW	sa. kW
0 - 5	-	-	-	-	-	-	-
5 - 1o	9	71,53	34,5o	2,68	5,47	4,74	42,65
1o - 15	8	1o1,61	14,8o	12,14	4,3o	3,9o	31,24
15 - 2o	6	1o7,58	29,2o	9,36	5,48	7,34	44,o4
2o - 35	17	419,61	82,35	13,96	18,o7	6,73	114,38
sa.	4o	7oo,33	16o,85	38,14	34,12	5,68	232,31

Tabelle 12

Größenklasse LN ha	Zahl der Betr.	LN ha	Motoren f. Hofwirtschaft in kW eingebaut			transportabel			installierter Ges.Anschl.Wert	
			Anz.	Ø kW	sa. kW	Anz.	Ø kW	sa. kW	Ø kW	sa. kW
0 - 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 - 1o	9	71,53	9	1,12	1o,1o	12	2,85	25,7o	8,71	78,45
1o - 15	8	1o1,61	15	2,65	21,2o	12	2,92	23,4o	9,48	75,84
15 - 2o	6	1o7,58	12	3,91	23,45	12	7,95	47,7o	19,2o	115,19
2o - 35	17	419,61	58	7,43	126,31	29	3,85	65,4o	18,oo	3o6,o9
sa.	4o	7oo,33	94	3,77	181,o6	65	4,39	162,2o	14,4o	575,57

b) Stromverbrauch der Betriebe

Kennzeichend für die unterschiedliche Bereitschaft, die Elektrizität stärker für die Mechanisierung in der Innenwirtschaft anzuwenden, ist die uneinheitliche Stromabnahme für Licht, Kraft und Wärme. Die verhältnismäßig gute Ausrüstung mit Wärmegeräten spiegelt sich bei den meisten Betrieben (75%) keineswegs in den Verbrauchszahlen wider, der Stromverbrauch ist oft erstaunlich niedrig. Es wäre in einer Reihe von Betrieben ohne weiteres möglich, mit besserer Ausnutzung vorhandener Elektrogeräte - also gesteigertem kWh-Verbrauch - die hohen Überanschlußwerte von starken Gebläsehäcksler- und Dreschmotoren herabzusetzen. Durch diese Maßnahme lassen sich die unbeliebten Grundgebühren verringern. Ferner könnte die Elektrizitäts-Anwendung wesentlich wirtschaftlicher gestaltet werden, wenn die vorhandenen Geräte auch vermehrt und regelmäßiger Strom verbrauchen würden. Vermehrter Stromverbrauch verbilligt Anlage- und Betriebskosten.

Gegen eine verstärkte Abnahme von Heizstrom werden immer wieder Einwände vorgebracht, die Elektrowärme sei - vor allem gegenüber den in der Landwirtschaft selbst anfallenden und im Vergleich zu den sonstigen festen Brennstoffen - geldlich nicht konkurrenzfähig. HOCHKÖNIG (2o) hat nachgewiesen, daß dem nicht so ist; bei guter Ausnutzung der Anlagen sind die Betriebskosten denen anderer Energiequellen etwa gleichzusetzen. Da die Betriebskosten - besonders bei Berücksichtigung der arbeitswirtschaftlichen Vorteile der Edelbrennstoffe - sowohl bei ausschließlicher Verwendung von festen Brennstoffen, als auch bei Kombinationen mit edlen Brennstoffen etwa gleich hoch sind, ist für einen stärkeren Einsatz von Edelbrennstoffen nur noch die Höhe der Anschaffungskosten für die zugehörigen Geräte (einschließlich Installation) maßgebend.

Mit diesen Fragen befaßt sich eine österreichische Arbeit (2o), in der die Wirtschaftlichkeit beim Kochen und Heißwasserbereiten eingehend untersucht wird. Die Vergleiche

beziehen sich auf die Benutzung von verschiedenen Brennstellen mit unterschiedlichem Wirkungsgrad bei Verwendung von Fichtenholz, Buchenholz, Elektrizität sowie Propangas als Brennstoffe (s. Anhang-Tabelle VI).

Setzt man die Kosten für Kochen und Warmwasserbereiten mit einem fichtenholzbefeuerten Herd (Wirkungsgrad φ = 1o%) gleich 1oo, so verhalten sich die Werte für einen mit Buchenholz befeuerten Herd (φ = 15%) zu einem Elektro- und einem Propangasherd wie 64 : 59 : 83. Der niedrige Wert - 59% - für den Elektroherd erklärt sich aus dem zugrunde gelegten Strompreis von nur DM o,o6 pro kWh.

Der Stromverbrauch in Sulzdorf entspricht noch dem allgemeinen Durchschnitt unserer Ortschaften im Bundesgebiet. Die Messungen und Feststellungen ergaben, daß der kWh-Verbrauch pro ha LN im Schnitt der Betriebe sehr niedrig liegt. Es wurden 85 kWh ermittelt. Nach Betriebsgrößenklassen aufgeschlüsselt, bewegen sich die Werte zwischen 53 und 111 kWh pro ha LN. Einzelheiten sind in folgender Darstellung (Abb.17) wiedergegeben worden. Daraus läßt sich ablesen, wie wenig die günstigen Möglichkeiten der Anwendung von Nachtstrom nutzbar gemacht werden. Nur 2 Landwirte von insgesamt 4o Betrieben arbeiten mit dem billigen Nachttarif. Daß bei ihnen die Vorteile des Dämpfens und Heißwasserbereitens bei Nacht klar erkannt wurden, zeigt sich an den Stromverbrauchszahlen eines Jahres. In einem Falle sind es 1536 und im zweiten 2957 kWh, die durch den nächtlichen Einsatz von Elektrogeräten verbraucht worden sind. Der Hof mit 2957 kWh bezieht damit nachts doppelt soviel Strom als am Tage. Beide Abnehmer gehören zu den besten Stromkonsumenten des Dorfes, was an den Verbrauchswerten pro ha LN von 153 und 4oo kWh zu ersehen ist. Zwei weitere Betriebe kommen bereits mit einem hohen Licht- und Kraftstrom-Verbrauch am Tage auf 193 kWh pro ha LN bzw. 236 kWh pro ha. Mit weitem Abstand folgen die übrigen Betriebe, die kaum 8o und 1oo kWh aufzuweisen haben.

Von Seiten der EVU wird angestrebt, den Stromverbrauch

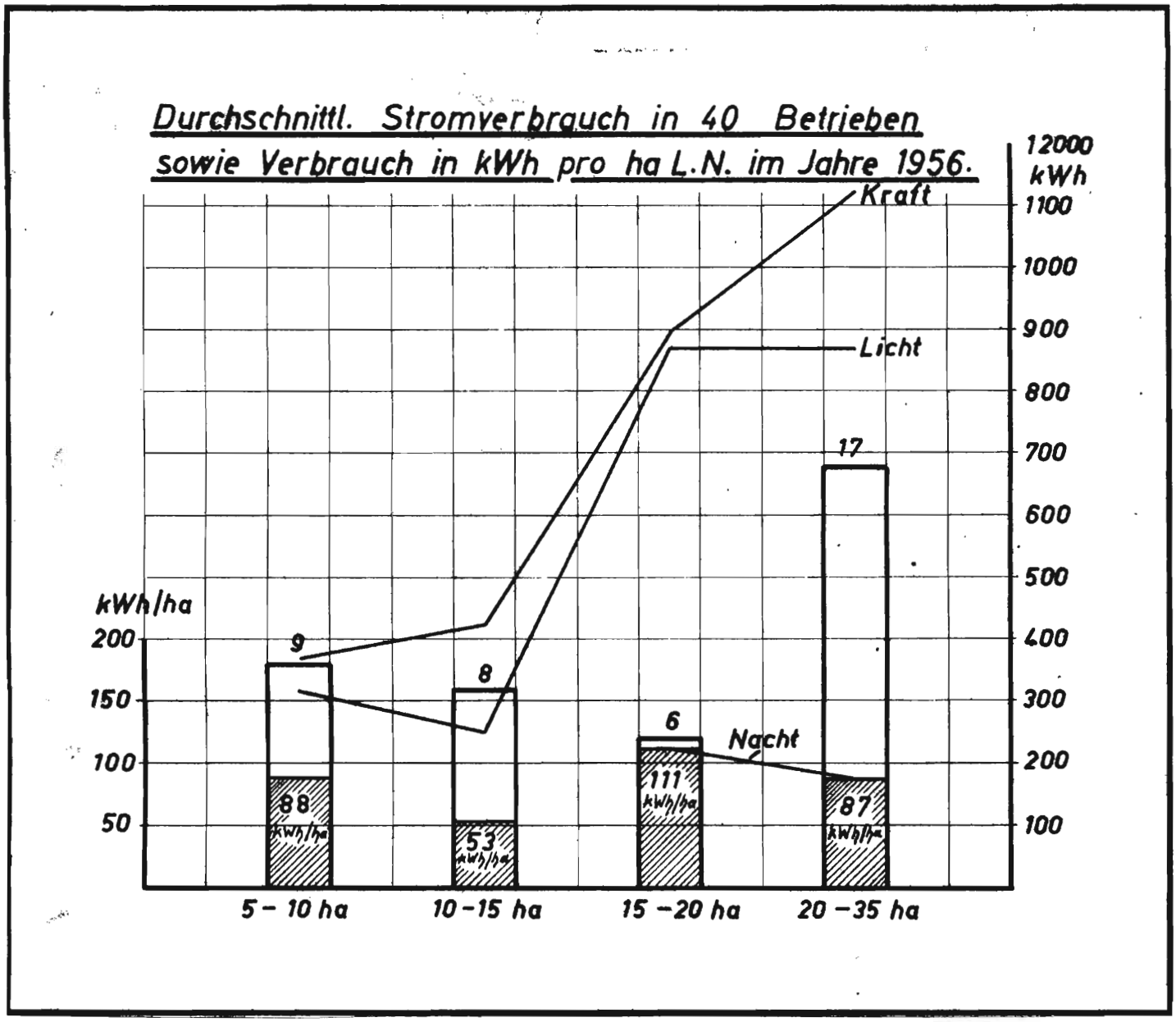


Abb. 17

Anmerkung: 9 - 8 - 6 - 17 Anzahl der Betriebe in den verschiedenen Betriebsgrößenklassen

Nachtstromverbrauch nur in 2 Betrieben (vergl. 15 - 2o ha und 2o - 35 ha)

in der Landwirtschaft in den kommenden Jahren auf etwa 2oo - 25o kWh pro ha LN zu steigern, wobei Spitzenbetriebe und sog. Elektrohöfe 5oo - 8oo kWh pro ha LN verbrauchen sollen (24)(25). In Sulzdorf sind alle Vorbedingungen - rein installationsmäßig wie auch von Seiten der bäuerlichen Aufnahme - gegeben, künftig die Rentabilität der elektrischen Versorgungsanlage durch verbesserte Stromabnahme zu erhöhen. Im Hinblick auf diesen gesteigerten Verbrauch müssen aber andere ländliche Versorgungsnetze einschließlich der Trafostationen in vielen Fällen noch wesentlich verstärkt werden. Das kann jedoch nur geschehen und ist wirtschaftlich vertretbar, wenn ein erweiterter Einsatz von Elektrowärme in der Landwirtschaft möglich wird. Es konnte festgestellt werden, daß die Wirkung von Heizstrom im stündlichen Verbrauch dem Betrieb von Kleinmotoren bis etwa 3 PS-Stärke gleichzusetzen ist. Heizstrom wird gerade in der Landwirtschaft, abgesehen von der Nachtzeit, wie z.B. beim Heißwasserspeicher oder beim Futterdämpfer, am frühen Morgen sowie mittags und abends benötigt. Große Motorenanschlußwerte bringen hohe, unregelmäßige Verbrauchsspitzen, die sich nur mit vermehrt benutztem Heizstrom abflachen lassen. Im Interesse einer störungsfreien Strombelieferung ist aus diesem Grunde auch die Landwirtschaft als Stromabnehmer verpflichtet, für einen besseren Ausgleich im Tagesrythmus des Stromverbrauchs zu sorgen.

3. Die Getreideernte in Sulzdorf mit ihren Rückwirkungen auf die Stromversorgung

a) Die verschiedenen Verfahren

Eingangs wurde bereits erwähnt, daß die Mechanisierungsbestrebung der Getreideernte in Sulzdorf von zwei verschiedenen Erwägungen geleitet werden. Die zur Zeit der Untersuchungen schon vorhandenen zwei Mähdrescherbetriebe haben vor allem in den über 2o ha großen Höfen zahlreiche Anhänger gefunden, die künftig zum Teil allein oder auch in Gemeinschaft geeignete Mähdrescher halten wollen. Der Entschluß für den Mähdrusch und für die Bildung von Gemein-

schaften ist hauptsächlich auf finanzielle Überlegungen zurückzuführen. Bei der gemeinsamen Haltung eines großen Selbstfahrers fallen z.B. bei 5 Teilhabern pro Kopf etwa DM 5.600.- an. Die Umstellung eines Betriebes auf Häckseldrusch beläuft sich jedoch je nach Ausstattung auf DM 7.000.- bis 9.000.- und ist zudem fest an den Betrieb gebunden; zusätzliche Einsätze werden nur in den seltensten Fällen möglich sein. Bevorzugt werden, wie allgemein in diesen Betriebsgrößen, selbstfahrende Maschinen, da für entsprechende leistungsfähige gezogene Maschinen die nötigen Schlepper-PS fehlen. Gemeinschaften von 2 - 6 Bauern interessieren sich fast stets nur für große Selbstfahrer (Anschaffungspreis ca. DM 28 - 30.000.-), um für die eigenen Flächen genügend Schlagkraft zu besitzen und darüber hinaus möglichst viel in sog. Nachbarschaftshilfe abzuernten. Die hohen Anschaffungskosten sollen mit Hilfe dieses verdeckten Lohndruscheinsatzes schneller amortisiert werden und auch die Verzinsung in einem erträglichen Rahmen bleiben. Für die geleistete Arbeit werden im allgemeinen wesentlich geringere Gebühren verlangt, als sie von Lohndreschern zum Bestand ihrer Existenz berechnet werden müssen. Diese Entwicklung trägt dazu bei, daß sich in Gebieten mit mittelbäuerlicher Struktur keine Lohnmähdrescher auf die Dauer halten können, wenn eine größere Anzahl selbstfahrender Mähdrescher in bäuerlicher Hand neben dem Unternehmer als billige Konkurrenz auftreten. Das Interesse vieler Betriebe am Einsatz erfahrener Lohndrescher als Spitzenbrecher in der Ernte ist fast immer anzutreffen.

Die anderen Betriebe interessieren sich jedoch für den Erntehofdrusch. Während der durchgeführten Belastungsmessungen waren in Sulzdorf 5 Häckseldrescher an das Stromnetz angeschlossen. Die Ausrüstung mit zusätzlichen technischen Hilfsmitteln, z.B. Körnergebläsen usw., und die Art des Antriebs unterschieden sich bei den einzelnen Fabrikaten und von Betrieb zu Betrieb. Um den beträchtlichen Überanschlußgebühren für starke Elektromotoren auszuweichen, setzten 2 Betriebe ihren Schlepper für den Antrieb jeweils einer

Maschine ein (Gebläsehäcksler oder Dreschmaschine). Ein weiterer Landwirt verwendete außer einem 3 kW-Motor für das Körnergebläse keinen elektromotorischen Antrieb und ersetzte diesen für das ganze Aggregat durch einen 25 PS MAN-Schlepper. Da in diesen 3 Betrieben die Schlepper zumeist auch für die Anfuhr der Getreidegarben benötigt wurden, entstanden durch das laufende Umhängen und Rangieren beträchtliche Rüstzeiten.

Die Aufstellung der Maschinen gestattete in allen Betrieben ein glattes Heranfahren der Fuhren zur Einlegelade des Häckslers. In der Regel standen 2 Personen für den Ablade- und Dreschvorgang zur Verfügung. Bei kurzstrohigen Sorten bediente häufig nur 1 Ak die Maschinen in jenem Betrieb, der mit Körnergebläse arbeiten konnte. Betriebsstörungen entstanden, wenn zu feuchtes Erntegut verarbeitet werden mußte oder zu schwach dimensionierte E-Motoren laufend überlastet wurden.

Eine gute Druschleistung setzt vor allem eine ausreichend bemessene Strohgebläse-Leistung voraus, da bei gehäckseltem Gut leicht Verstopfungen auftreten, deren Beseitigung bei langen Gebläseleitungen sehr umständlich und zeitraubend sein kann. Keinesfalls als gelöst kann die Strohunterbringung in den verschiedenen Betrieben Sulzdorfs angesehen werden. Eine Kopf- oder Stallseitenlage des Häcksels ist in den vorhandenen Ställen selten gegeben, sodaß das Heranschaffen aus entfernt liegenden Lagerstätten ohne entsprechende mechanische Hilfsmittel noch sehr aufwendig ist.

Tabelle 13 Anschlußwerte und Leistung der Dreschaggregate

Betriebe Nr.	Gebläse-häcksler kW	Dreschmasch.+ Strohgebläse kW	Körner-gebläse kW	cos.φ	Ø Druschleist. dz/h
7	7,4	8,1	-	o,75-o,9o	2o
12	5,5	7,5	-	o,84	2o
4o	Schlepper 25 PS		3,o	o,89	12
44	Schl.28 PS	7,1	-	o,8o	15
24	5,5	Schl.3o PS	-	o,87	2o

Durchgeführte Einzelleistungsmessungen im Betrieb Nr.7 (Landmandel, A.) ließen erkennen, daß die Motoren außerordentlich hohe Anlaufspitzen verursachten, die im Durchschnitt das 2,5-fache des Nennstromes (hier 15.5 kW) betrugen. Ferner registrierten die Apparate häufig einen ungünstigen Wirkungsgrad, vor allem des Dreschmotors. Der Leistungsfaktor cos.φ lag dann bei o,75. Neben der unzureichenden Anpassung der Elektromotoren an die entsprechenden Maschinen verursachte ferner ungleichmäßige und stoßartige Beschickung von Häcksler und Dreschmaschine hohe Spitzenbelastungen. Die Werte der im Netz aufgetretenen Blindstromleistung überstiegen in diesem Falle die Wirkleistung. Folgendes Meßergebnis aus dem Betrieb Nr.7 diene dazu als Beispiel:

Messung am 1.9.1956, 16 Uhr

Wirkleistung	=	18	kW
Blindleistung	=	2o	BkW
Spannung	=	195	V
Scheinleistung	=	26,9	kVA

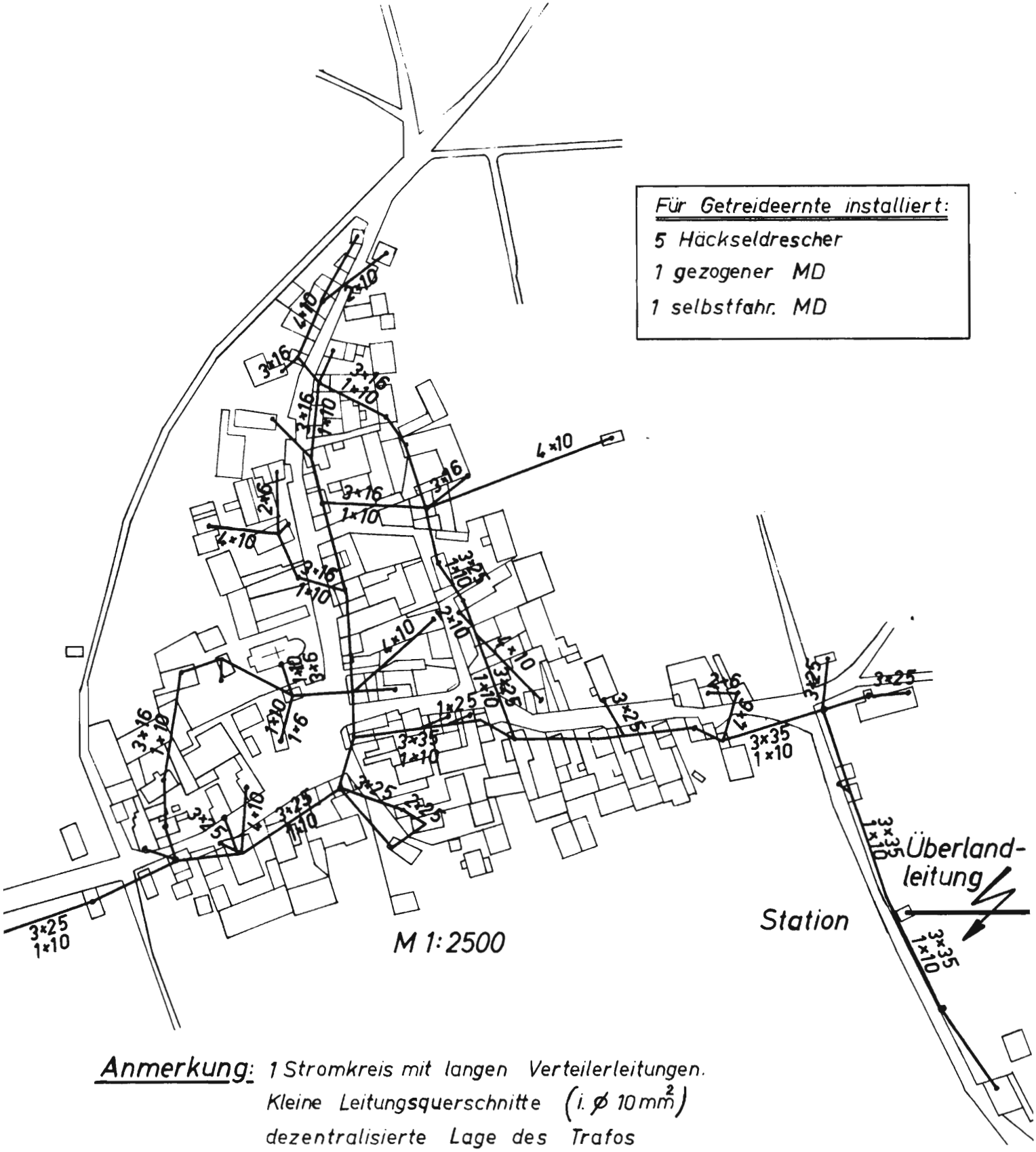
Bei dem sehr ungünstigen Verhältnis von Wirkleistung : Blindleistung wurde das Netz mit 26,9 kVA belastet, aber nur 18,o kW in Nutzleistung übergeführt. Außerdem sank auch die Spannung beträchtlich ab, von 22o V auf 195 V. Auf die Bedeutung von BkW und kW bei der ländlichen Energieversorgung wird auf Seite 76-8o noch ausführlich eingegangen.

b) Spannungsabfall und Ausweichmöglichkeiten

Der Spannungsabfall auf Leitungen soll ein für die jeweiligen Verhältnisse zulässiges Maß nicht überschreiten. In Prozent der Betriebsspannung beträgt die obere Grenze für den Spannungsabfall bei Lichtanlagen 4% und bei Kraftanlagen 6% (39).

In der sommerlichen Dreschperiode wurde die Beanspruchung des elektrischen Ortsnetzes und d. Spannungsabfall durch die zusätzliche Inbetriebnahme der 5 Maschinen für den

Elektrizitätsversorgung Sulzdorf vor dem Leitungsumbau mit 1 Strom-Kreis.

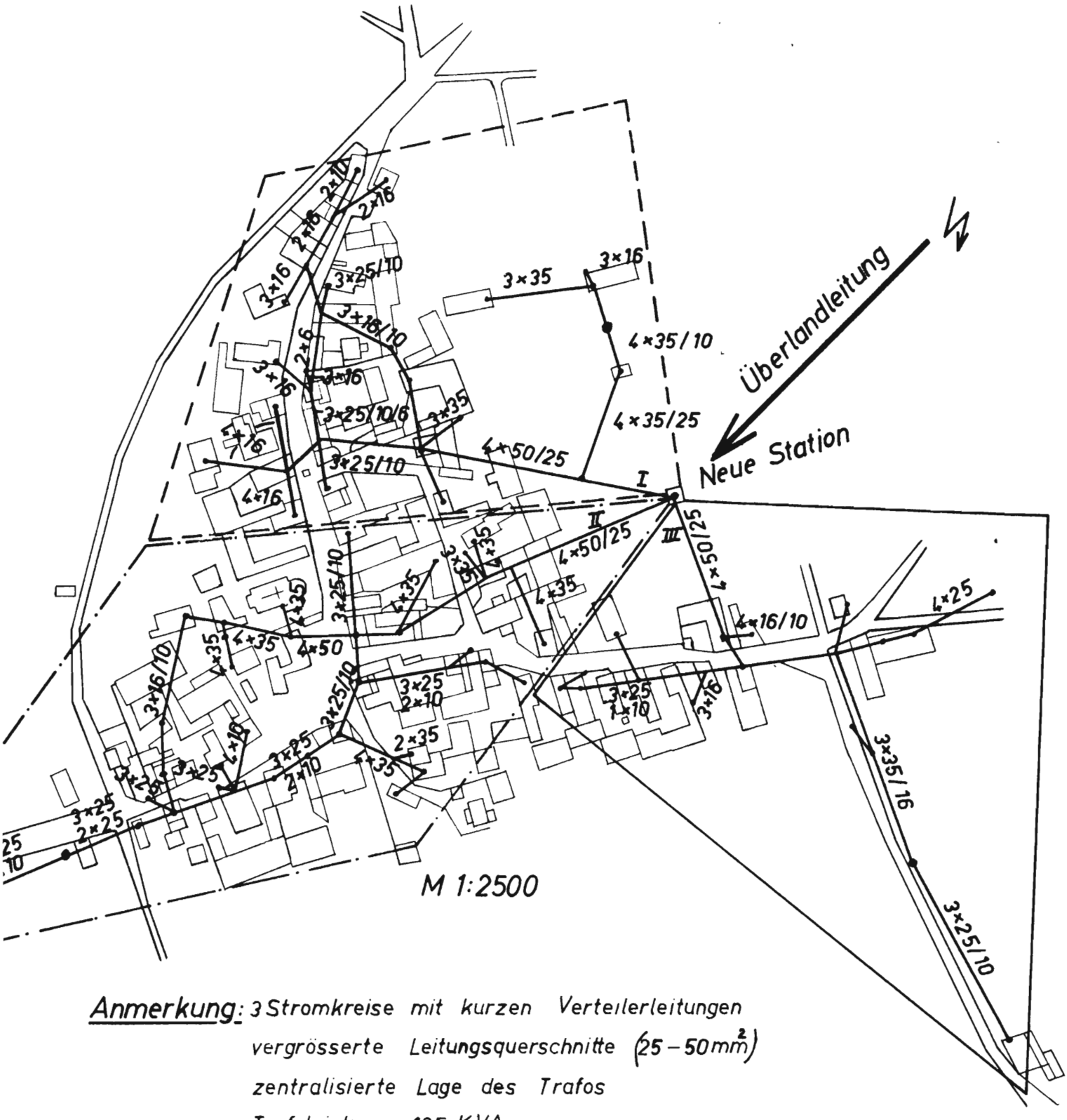


Anmerkung: 1 Stromkreis mit langen Verteilerleitungen.
Kleine Leitungsquerschnitte (i. ø 10 mm²)
dezentralisierte Lage des Trafos
Trafoleistung: 100 KVA
Schwierigkeiten bei elektromot. Anschlüssen wegen Spannungsabfall.

Abb. 18

Erntedrusch oft so groß, daß eine besondere Abmachung für den Betrieb dieser Maschinen notwendig wurde. Um das Dreschen nicht in den Nachtstunden durchführen zu müssen, durfte die Genossenschafts-Dreschmaschine erst dann eingeschaltet werden, wenn in den 5 Häckseldrusch-Höfen keine Maschine lief. Waren die Genossenschaftsmaschine und einige Häckseldrescher zu gleicher Zeit in Betrieb, dann konnten nur die unmittelbar am Transformator liegenden Betriebe arbeiten; die mehr am entgegengesetzten Dorfende befindlichen Höfe wurden infolge des Spannungsabfalles in den Leitungen am kontinuierlichen Abdreschen der Fuhren außerordentlich gehindert. An den Netzausläufern betrugen die Verluste der normalen Betriebsspannung von 22o/38o V häufig 15 - 2o%. Aus der Ortsnetzkarte Sulzdorf (Abb.18), die den Verhältnissen zur Zeit der Untersuchung entspricht, ist zu ersehen, daß die ungünstig lange Verzweigung des Versorgungsnetzes wie die Lage der Transformatoren-Station für die einwandfreie Abgabe großer Leistungen gänzlich ungeeignet ist. Die dezentralisierte Aufstellung der Station und die schwachen Querschnitte von meistens nur 1o mm^2 an den zum Teil langen Netzausläufern würden einer weiteren Inbetriebnahme von Häckseldreschern nicht standhalten. Aus diesem Grunde entschloß sich das zuständige EVU neuerdings zu einem Umbau des gesamten Niederspannungsnetzes in Sulzdorf. Der neue Plan sieht vor (Abb.19), die Trafo-Station zentraler zur Dorfmitte zu verlegen und die Stromversorgung auf 3 Stromkreise aufzuteilen. Gegenüber der alten Anlage verkürzt die neue Einteilung die verschiedenen Verteiler-Leitungen, und man hofft, damit den Spannungsabfall am Ende der Netzausläufer beseitigen zu können. Die Querschnitte werden auf 25 - 5o mm^2 verstärkt, der Trafo von 1oo auf 125 kVA umgestellt. In Fachkreisen ist man sich allerdings einig, daß auch diese immerhin großzügige Verstärkung noch nicht ausreichen wird, starken Belastungen eines evtl. erweiterten Erntehofdrusches standzuhalten.

Elektrizitätsversorgung Sulzdorf nach dem Leitungsumbau auf 3 Strom-Kreise.



Anmerkung: 3 Stromkreise mit kurzen Verteilerleitungen
vergrösserte Leitungsquerschnitte (25 – 50 mm²)
zentralisierte Lage des Trafos
Trafoleistung: 125 KVA
Weniger Spannungsabfall bei elektromot.
Anschlüssen infolge verkürzter Netzausläufer.

Abb. 19

c) Methode zur Erfassung möglicher Energiebedarfsspitzen durch Erntehofdrusch

Hohe Anschlußwerte und größere Massierung von Dreschaggregaten, Häckslern und Gebläsen in geschlossenen Ortschaften überlasten die Leitungen; Störungen verhindern einen normalen Ablauf der Erntearbeiten und machen auf die Dauer eine reibungslose Energiebereitstellung unmöglich. Aus diesem Grunde wäre es für die Energieversorgungsunternehmen vorteilhaft, mit Hilfe einer geeigneten Methode bereits im voraus Belastungen zu bestimmen, wie sie in einzelnen Ortschaften nach Einführung neuer Verfahren für den bäuerlichen Erntehofdrusch auftreten können. Unnötig hohe Kapitalinvestitionen im Netz, aber auch im Hinblick auf Maschinenanschaffungen in den Bauernbetrieben, könnten damit frühzeitig verhindert werden. Das würde entscheidend dazu beitragen, die Mechanisierung auch in bäuerlichen Betrieben darauf abzustimmen, den Spitzenbedarf an Energie über den Schlepper mehr auf Felderntеverfahren zu verlagern.

Davon ausgehend wurde untersucht, mit welcher Häufigkeit bei der Gleichartigkeit des Arbeitsablaufs in den einzelnen Höfen zu rechnen ist. Da diese Feststellungen bereits in Sauggart und Schöckingen bemerkenswerte Aufschlüsse für die zukünftige Beanspruchung von elektrischer Energie in der Getreideernte brachten, wurde auch in Sulzdorf das gleiche Verfahren - die Anzahl der eingefahrenen Getreidefuhren zeitlich festzuhalten - angewendet. Es sind alle landwirtschaftlichen Betriebe miteinbezogen worden, da die Betriebsgrößen und Getreideanbauflächen fast in jedem Hof die Einrichtung mit eigenen Häckseldruschaggregaten größerer oder kleinerer Ausführung zulassen. Bei den insgesamt 4o Betrieben konnten die Unterlagen von 34 Höfen ausgewertet werden, das sind 85%, die für eine genaue Aussage ausreichen. Erfaßt wurden sämtliche Getreidefuhren, die in bestimmten abgegrenzten Zeiträumen über den ganzen Tag hinweg zum Abladen in die Scheune gefahren wurden. Bei der Voraussetzung von Dreschmaschinen auf den untersuchten Höfen wäre das der Augenblick, in dem die verschiedenen Aggregate in Be-

trieb gesetzt würden. Es ist nun möglich, mit Hilfe des festgestellten Gleichzeitigkeitsfaktors Spitzenbelastungen in beliebiger Variation der infrage kommenden Betriebe auf Jahre hinaus - zumindest jedoch noch rechtzeitig - vorauszuberechnen. Die ungünstige Erntewitterung ließ allerdings in dem Untersuchungsjahr keine rasche Erntebergung zu, sodaß sich die Arbeiten - die Ortschaft als Ganzes gesehen - gleichmäßiger als üblich verteilten. Darum liegen auch die Werte für die verschiedene Häufigkeit (s.Anhang-Tabelle V) gleicher Arbeitsverrichtungen nicht so extrem hoch wie in den früheren Untersuchungen. Immerhin haben z.B. am 27.8. in der Zeit von 12 - 15 Uhr 26 Landwirte 57 Getreidefuhren eingefahren und abgeladen, von 15 - 18 Uhr waren es 22 Betriebe mit 57 Fuhren. Die Gleichzeitigkeit dieser Arbeiten bewegt sich also zwischen 65% und 76%. An anderen Tagen liegt sie mehrmals bei 5o%, das sind etwa 15 - 17 Betriebe. Unter Berücksichtigung der geplanten Netzverstärkung in Sulzdorf kann angenommen werden, daß bei einem durchschnittlichen Leistungsbedarf von 12 kW pro Aggregat und einer Trafo-Kapazität von 125 kVA im Max. etwa 1o - 11 Betriebe zu gleicher Zeit häckseldreschen können. Vergleicht man dazu die entsprechenden Zahlenwerte in der Anhang-Tabelle V, so stellt sich heraus, daß nur an 12 - 14 Tagen ein reibungsloser Dreschbetrieb möglich wäre. Während der anderen 12 Tage müßte laufend mit Störungen und Netzausfällen gerechnet werden. Die folgende Darstellung über die errechnete Ortsnetzbelastung eines künftigen Dreschbetriebes in Sulzdorf läßt vor allem die ungleichmäßige Stromabnahme an den verschiedenen Tagen erkennen. Diese Verhältnisse liegen aber bereits bei Ablauf eines einzelnen Erntetages vor, wie aus dem Diagramm auf Seite 8o zu ersehen ist.

4. Die Ortsnetzbelastung - Folgerungen für elektromotorische Anschlüsse

Der Wirkungsgrad der Leistung eines Stromnetzes ist von verschiedenen Komponenten abhängig, die bei den normalen

Errechnete Ortsnetzbelastung durch Erntedrusch in Sulzdorf mit Hilfe des beim Einfahren von Getreidefuhren ermittelten Gleichzeitigkeitsfaktors an 23 Tagen.

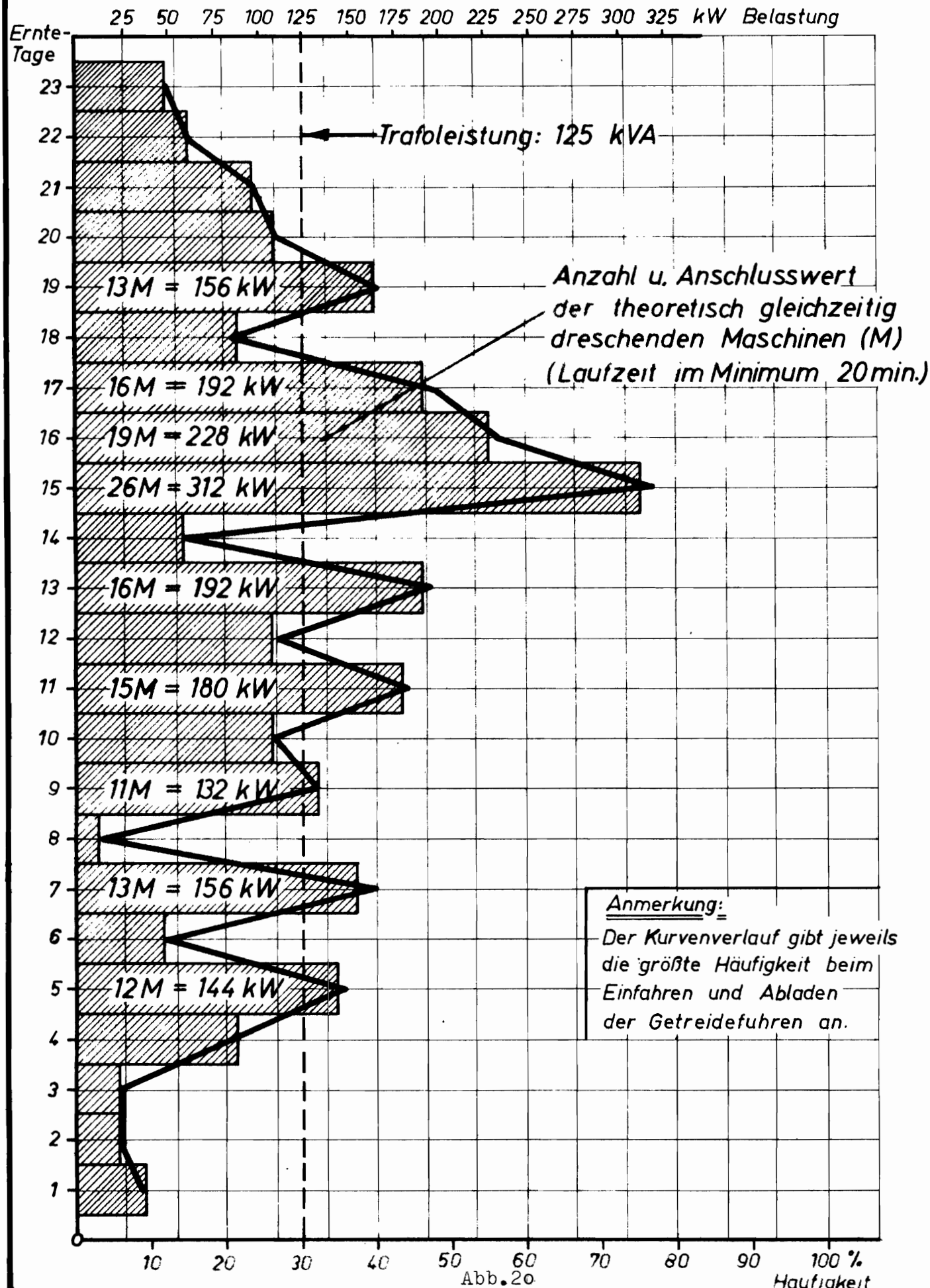


Abb. 20

Messungen und Abrechnungen über geleistete Arbeit dem Landwirt kaum sichtbar werden. Für die Überlandwerke sind es jedoch unumgängliche Tatsachen, daß z.B. neben dem Wirkstrom (kW) in den Leitungen ebenfalls Blindströme (BkW) auftreten, die bei Auslegung der Netze und Dimensionierung der Umspanner mit berücksichtigt werden müssen, um Leitungsquerschnitt und Trafo-Kapazität der vorhandenen sog. Scheinleistung (in kVA gemessen) anzupassen. Aus diesem Grunde wurde in Sulzdorf neben den üblichen energiewirtschaftlichen Feststellungen während der Erntezeit die gesamte aufgenommene Leistung in kW und Blind-kW gemessen. Sinn dieser speziellen Untersuchung war es, im gesamten Ortsnetz wie auch am einzelnen Dreschaggregat den Wirkungsgrad grc-ßer unterschiedlich belasteter elektromotorischer Antriebe festzustellen. Die Ergebnisse lassen dann jeweils auf eine gute oder schlechte Ausnutzung der zur Verfügung stehenden elektrischen Leistung schließen.

a) Grundlagen zur Berechnung elektrischer Leistung

Zur Definition der einzelnen Begriffe seien nach RIET (39) folgende kurze Erläuterungen gegeben:

Die Wirkleistung leitet sich ab aus

$$N = U \times I \times \cos\varphi \quad ^{+)}$$

und bedeutet die im zeitlichen Mittel wirklich abgegebene elektrische Leistung. Mit ihr vollzieht sich eine laufende Umwandlung in eine andere Energieform. Die technische Einheit der Wirkleistung wird in Watt (W), in Kilowatt (kW) usw. ausgedrückt.

Als Blindleistung bezeichnet man

$$N_b = U \times I \times \sin\varphi$$

und verwendet als Einheit Volt-Ampère (VA) usw. oder Blindwatt (BW), Blindkilowatt (BkW) oder Var (VA). Die in den Untersuchungen vorkommenden Werte sind in BkW angegeben. Die Blindleistung kennzeichnet bei einwelligen Wechselströmen eine zwischen verschiedenen Teilen des Stromkrei-

---

+) N = Leistung
U = Spannung
I = Stromstärke

ses hin- und herpendelnde Energie. Während eines Teils der Periode wird Energie des elektrischen Stromes in eine andere Energieform (z.B. magnetische oder elektrostatische Energie) umgewandelt und aufgespeichert und während eines anderen Teils der Periode wieder in die ursprüngliche Energieform zurückverwandelt. In der Starkstromtechnik verschlechtert die Blindleistung die Ausnutzung der Generatoren und bedingt größere Verluste und größeren Spannungsabfall in den Übertragungsleitungen. Sie ist daher unerwünscht.

Die Scheinleistung entsteht aus

$$N_s = U \times I$$

und wird in Volt-Ampère (VA) bzw. Kilovolt-Ampère (kVA) gemessen. In der Starkstromtechnik ist die Scheinleistung - bei gegebener Frequenz - maßgebend für die Bemessung von Maschinen, Motoren, Transformatoren, elektrischen Überland- und Verteilernetzen usw. Sie setzt sich zusammen in geometrischer Addition aus Wirkleistung im Quadrat + Blindleistung im Quadrat, wie aus nachstehender Ableitung zu ersehen ist:

$$N_s^2 = N_w^2 + N_b^2$$

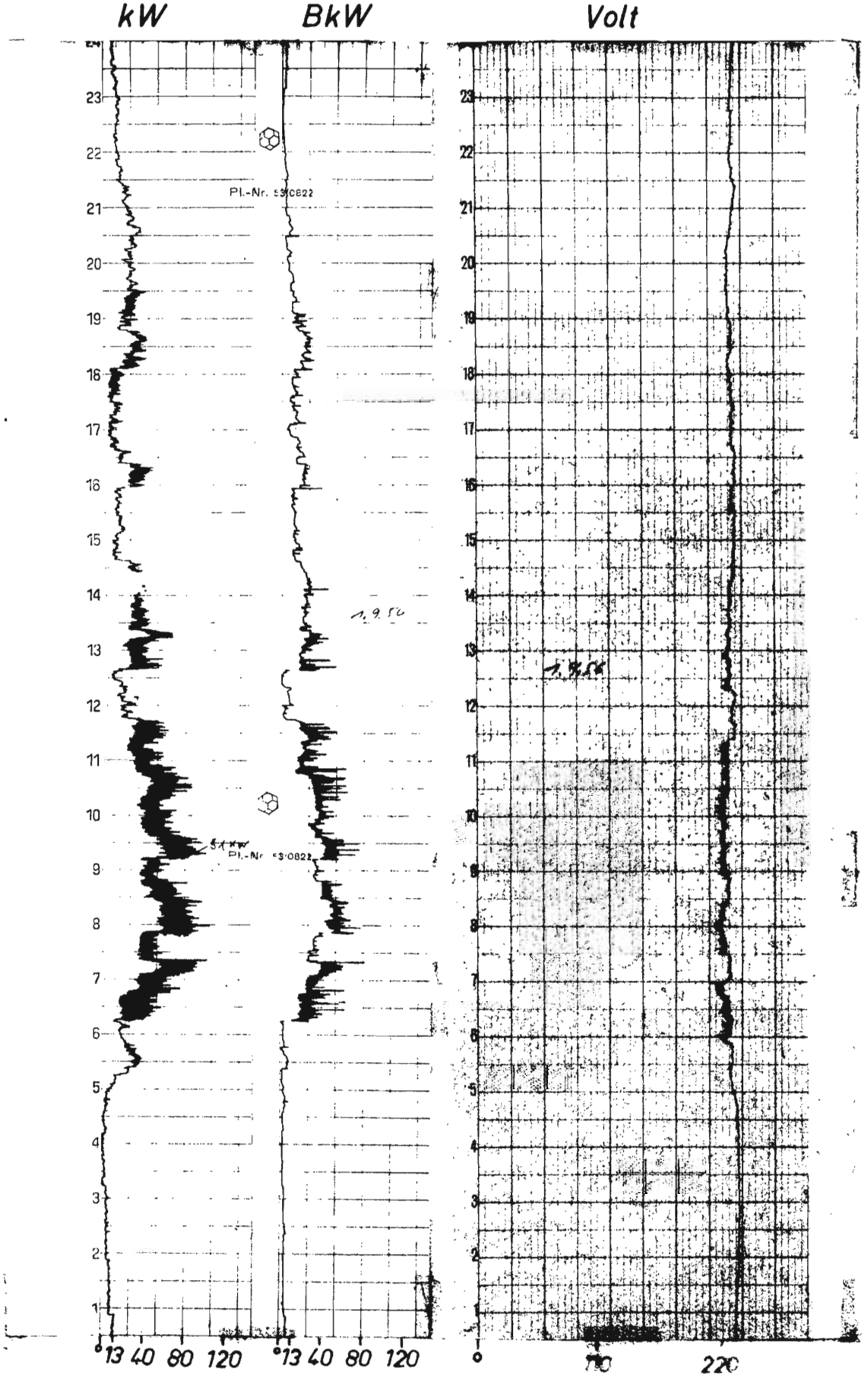
$$N_s = \sqrt{N_w^2 + N_b^2} \quad \text{oder}$$

$$N_s^2 = U \times I \times \cos\varphi^2 + U \times I \times \sin\varphi^2$$

$$N_s = \sqrt{U \times I \times \cos\varphi^2 + U \times I \times \sin\varphi^2}$$

Es ist daher nicht ohne weiteres möglich, Wirk- und Blindströme zusammen in der üblichen Weise in einem Diagramm sichtbar zu machen. Beide Größen müssen als Vektoren aufgefaßt werden und können dann im rechten Winkel zueinander in ihrer absoluten Größe aufgetragen werden. Sie bilden somit die beiden Katheten eines rechtwinkeligen Dreiecks. Nachdem die Quadrate über den Katheten gleichgroß dem über der Hypotenuse gebilteten sind, stellt die jeweilige Hypotenuse den gesuchten Wert der Scheinleistung dar.

Wirk- und Blindstromaufnahme, sowie Stromspannung in der Transformatorenstation Sulzdorf am 1.9.1956.



(Trafoleistung 100 kVA)

Abb. 21

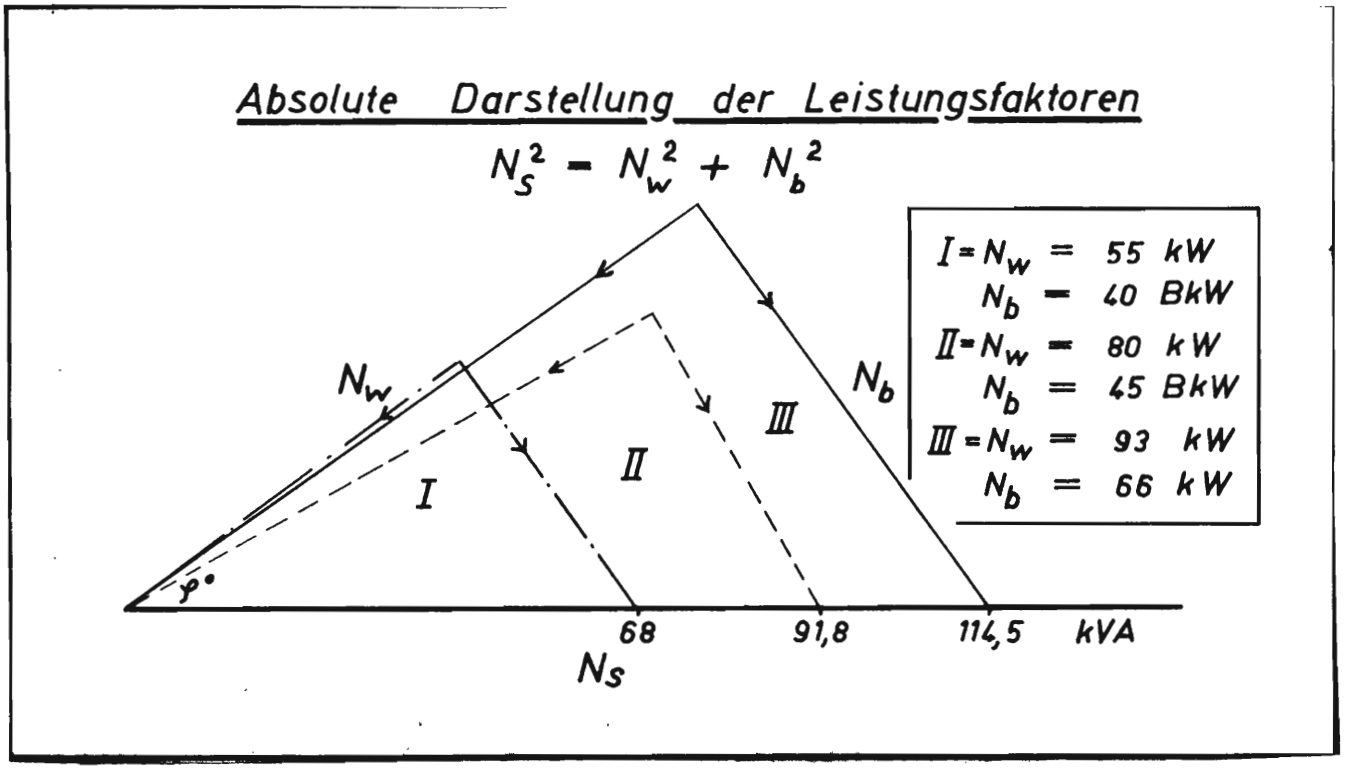


Abb.22

In obiger Abbildung wurden je 3 in Sulzdorf gemessene Wirk- und Blindleistungszahlen in der beschriebenen Weise eingezeichnet. Die erhaltenen Werte für die Scheinleistung decken sich mit den errechneten Zahlen, was an Beispiel II nachgewiesen wird:

$$N_s^2 = N_w^2 + N_b^2$$

$$N_s^2 = 80^2 + 45^2$$

$$N_s^2 = 6400 + 2025$$

$$N_s = \sqrt{8425}$$

$$N_s = 91{,}8$$

Bei einer Wirkleistung von 80 kW in der zur gleichen Zeit abgelesenen Blindleistung von 45 BkW beträgt demnach die Scheinleistung 91,8 kVA.

Weiterhin läßt sich in der Darstellung der Winkel φ ablesen, dessen Cosinus über den jeweiligen Wirkungsgrad aussagt. Er steht also in echter Beziehung zur Blindleistung; ist die-

se groß, verkleinert sich der Wert von cos φ, und Netze, Trafos und Motoren arbeiten mit schlechtem Wirkungsgrad.

b) Vergleichende Leistungsmessungen

Soll die Leistung bzw. Belastung eines Netzes über eine bestimmte Zeitdauer hinweg aufgenommen und in ihrer Charakteristik grafisch dargestellt werden, sind entsprechend vorstehender Folgerungen für die Blindleistung nicht die absoluten Zahlen einzusetzen. Durch geometrische Addition erhält man die gesuchten Werte unter Verwendung der Formel $N_s^2 = N_w^2 + N_b^2$. Auf diese Weise konnten die Belastungsverhältnisse an einem Erntetag in Sulzdorf sichtbar gemacht werden (Abb.23). Danach hat das Netz nicht nur kW bereitzu-

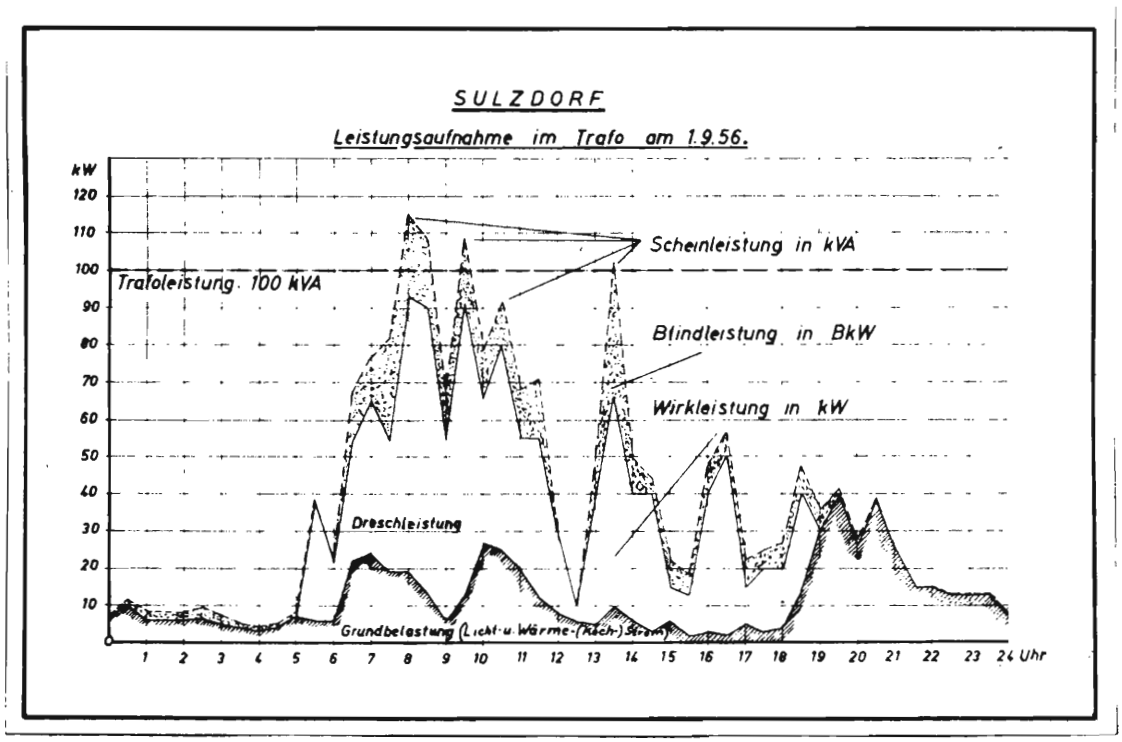


Abb.23

stellen, sondern muß gerade bei Spitzenbelastungen beachtliche Mengen an BkW mitführen. Die eigentliche Leistung eines solchen Netzes beträgt bei stoßartigen Belastungen nicht selten weit mehr, als an kW abgenommen wird. Wie sehr zu groß bemessene und daher unwirtschaftlich arbeitende

Motoren den Wirkungsgrad verschlechtern können, geht eindeutig aus dem Verhältnis Wirkleistung : Blindleistung hervor. Während der Zeit der Dreschbelastung treten die höchsten Wirkleistungsspitzen auf, die jedoch noch wesentlich von dem Anteil der Blindleistung überragt werden. Auch die wiederholten Störungen durch Spannungsabfälle haben neben der ungünstigen Lage des Trafos hier zum großen Teil ihre Ursache. In der übrigen Zeit des Tages wurde nur Heiz- und Lichtstrom verbraucht - z.B. ab 19^{30} Uhr. Blindströme sind zu dieser Zeit kaum in Erscheinung getreten. Ihr starkes Ansteigen ab 6 Uhr morgens ist also nur auf den Einsatz größerer Elektromotoren zurückzuführen. Netzausfälle waren trotz des verhältnismäßigen schwachen Trafos im vorliegenden Untersuchungsjahr nicht zu befürchten, da, wie schon berichtet, mehrere Dreschaggregate zum Teil oder ganz von Schleppern angetrieben wurden. Mit ähnlichen katastrophalen Ausfällen wie in Ebertsbronn ist allerdings zu rechnen, wenn noch weitere Maschinen für den Erntehofdrusch an das Sulzdorfer Ortsnetz angeschlossen werden.

C. Rückschlüsse

1. Folgerungen für die Energieversorgung

Die dreijährigen Untersuchungen haben ergeben, daß der Verwendung und Verbreitung neuer arbeits- und betriebswirtschaftlich durchaus vertretbarer hochmechanisierter Arbeitsverfahren für den Erntedrusch auf dem Hof von Seiten der elektrischen Energieversorgung Grenzen gesetzt sind. Dies gilt besonders für bäuerliche Betriebe in geschlossenen Ortschaften. Die witterungsbedingte Bedarfszusammenballung in der Getreideernte überlastet oft mit einem hohen Spitzenverbrauch die vorhandenen Versorgungsnetze, sodaß die Bereitstellung ausreichender elektrischer Energie häufig Schwierigkeiten bereitet.

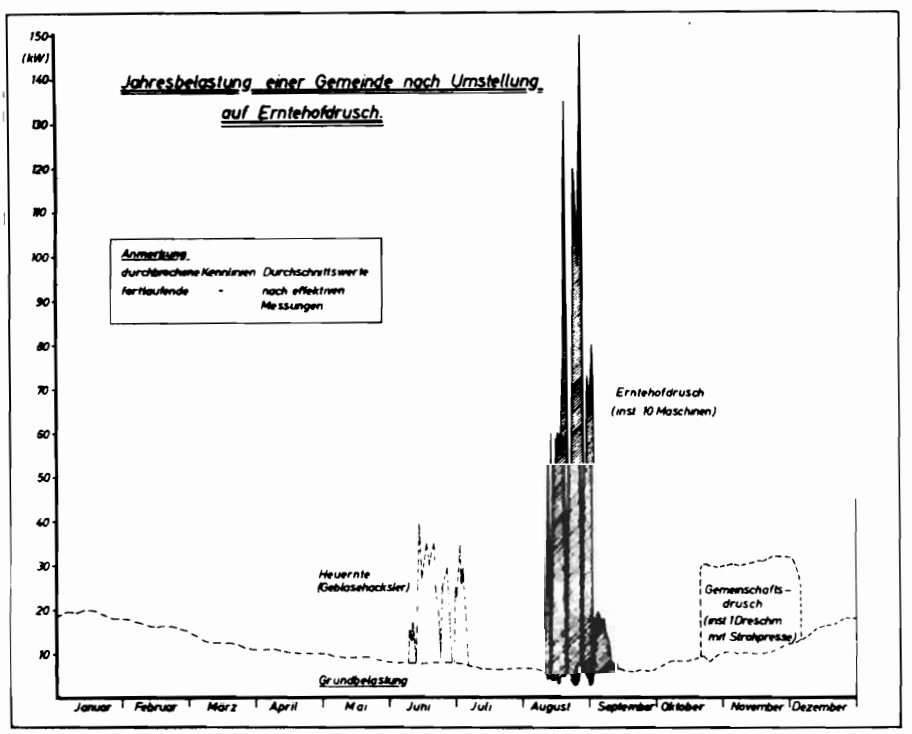


Abb.24

Das Diagramm in obiger Abbildung veranschaulicht den jährlichen elektrischen Energiebedarf einer Gemeinde mit 2o landwirtschaftlichen Betrieben. Neben dem geringen aber fast gleichmäßigen Grundverbrauch (23)(62) für Licht und Kraft verursachte bisher nur die Heuernte und der Gemeinschafts-

drusch mit einer Großdreschmaschine größere Belastungsspitzen. Nach Anschluß von 1o Häckseldreschern steigt die Belastung der Stromversorgung sprunghaft auf das 1o- bis 15-fache der Grundbelastung an. Diesem Leistungsanspruch sind jedoch die Niederspannungsnetze nicht gewachsen, ihre Kapazität wird durch den Erntehofdrusch in den meisten Fällen bis zu 1oo% und mehr überlastet. Aus der Darstellung wird auch klar, daß die Auslegung der Netze für diesen kurzbefristeten Energiebedarf keinesfalls wirtschaftlich sein kann.

Nach den vorgenommenen Messungen müßten die elektrische Versorgungsanlage und der Transformator dieser Ortschaften für das Dreschen in der Ernte um den doppelten Leistungswert ausgelegt werden, wenn sie für den max. Energiebedarf ausreichen sollen. Weiterhin konnte durch mehrfache Untersuchungen ermittelt werden, daß der Gleichzeitigkeitsfaktor

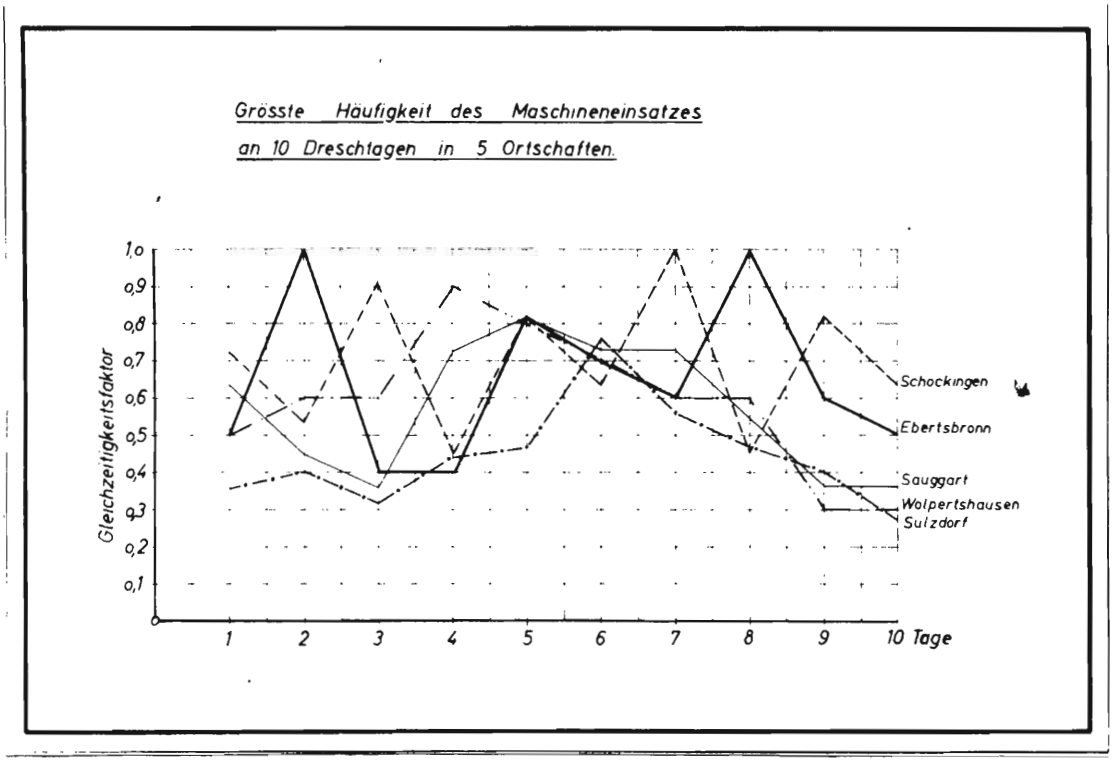


Abb.25

an den Haupterntetagen in den Betrieben zwischen o,5 und 1 bei gleichen Arbeitsvorgängen liegt (Einfahren und Dreschen). Diese Rückschlüsse auf die möglichen Energieengpässe fanden

Tabelle 14

Elektrizitätsversorgung und elektrische Anschluß-Werte der 5 untersuchten Ortschaften

	Sauggart	Schök-kingen	Eberts-brenn	Wolperts-hausen	Sulz-dorf
1. Zahl der Betriebe	38	97	19	38	4o
2. LN ha sa.	438,46	412,9	282,5	419,o	7oo,3
3. Getr. i. % d. LN	34,5o	41,6	6o,o	45,o	57,o
4. Trafo-Leistg.i. kVA	5o,o	5o + 75 [1]	75	5o + 1oo [1]	1oo
5. Spannung V	22o/38o	11o/22o	22o/127	38o/22o + 22o/127 [2]	38o/22o
6. Querschnitte mm^2	25	16-25	16-25	16-35	1o-35
7. Stromverbrauch ha/LN	142	95	1o4	8o	85
8. Angeschl.Geräte kW					
a) Wärmegeräte sa.	2o4,5	3o2,6	66,2	121,6	232,3
i. Ø pro Betrieb	5,4	3,1	3,5	3,2	5,7
b) Motoren sa.	176,8	32o,7	154,o	319,2	343,3
i. Ø pro Betrieb	4,7	3,3	8,1	8,4	8,2
c) insgesamt	41o,2	679,2	233,7	459,8	575,6
i. Ø pro Betrieb	1o,8	7,o	12,3	12,1	14,4
9. Häckseldrescher Stck/kW	2/24	1/12	1o/85	1o/93	5/44 [4]
1o. mögl.Betrieb von Häckseldresch. Stck.	4	6	6	3 + 6 [3]	1o
11. i. % der Betriebe	1o	6	31	23	25

Anmerkung:

1) Das Ortsnetz wird von 2 verschieden starken Trafos aus versorgt.

2) Unterschiedliche Netzauslegung und Spannung in 2 Stromkreisen

3) Bezieht sich auf 2 Stromkreise

4) Zusätzlich der Antriebskraft v. 3 Schleppern

ihre Bestätigung durch effektive Leistungsaufnahmen in den Häckseldrusch-Dörfern Ebertsbronn und Sulzdorf. Die Werte bewegen sich hier in der gleichen Größenordnung wie in den anderen 3 Versuchsdörfern, wo die Häufigkeit anstehender Erntearbeiten mit Hilfe von Berechnungen festgestellt werden konnte. Da für die Netzbelastung in vorliegenden Untersuchungen nur die Haupteinsatztage ausschlaggebend sind, wurden in der vergleichenden Darstellung (Abb.25) der 5 Ortschaften jeweils die größte Häufigkeit und damit die höchste Dauer-Belastung an 1o Dreschtagen aufgezeichnet. Die Kennzeichnung der verschiedenen Werte nach einem Mittel würde an den Tatsachen vorbeigehen, da zur Beurteilung einer elektrischen Versorgungsanlage nur auftretende Spitzen von Bedeutung sind. Eine vergleichende Zusammenstellung der wichtigsten Untersuchungsergebnisse aus den 5 Dörfern wurde in Tabelle 14 vorgenommen.

Leider sind die ausgleichschaffenden Stromverbrauchsmengen der elektrischen Wärmeanwendung im Durchschnitt noch außerordentlich gering, sodaß sog. landwirtschaftliche Großverbraucher den elektrischen Strom nur für den meist sehr kurzfristigen und unregelmäßigen Kraftbetrieb starker Elektromotoren benötigen. Der Stromabsatz wird in Wirklichkeit hierbei keineswegs größer, als dies bei zeitlich verschobenen Arbeiten der einzelnen Stromverbraucher der Fall wäre. Bei einer weiteren einseitigen Entwicklung würden die höheren Stromgestehungskosten letzten Endes eine Heraufsetzung der Tarife zur Folge haben.

Es konnte ferner der Nachweis erbracht werden, daß selbst eine für die Zukunft angestrebte Wärmestromverwendung von 35o kWh pro ha LN für die wirtschaftliche Ausfüllung der Belastungstäler nicht ausreichend ist und noch keinesfalls die Bestrebungen, Netze und Trafos dem Spitzenbedarf des Erntehofdrusches anzupassen, rechtfertigen wird. Die Anschlußschwierigkeiten in schwachen Netzen fordern darum immer wieder die Fragen heraus, welche installierten Motorleistungen auf Höfen verschiedener Größe erforderlich sind, und ob der Antrieb nicht vorteilhafter auf Verbrennungs-

motoren übertragen werden soll, wenn die EVU für Überanschlußwerte wesentlich erhöhte Grundgebühren verlangen.

Die künftige landtechnische Entwicklung ist abhängig von genügend verfügbarer Leistung. Schon bei allgemeiner Einführung der Heubelüftung können Schwierigkeiten auftreten. Infolge längerer Betriebszeit und der Möglichkeit, die Gebläse auch zur Getreidetrocknung zu verwenden, verursacht diese allerdings einen höheren Stromverbrauch, und es ist denkbar, daß sich eine Netzverstärkung vielleicht eher lohnen würde (12). Daß diese Annahme jedoch nur bedingt richtig ist, geht aus den Ausführungen in folgendem Abschnitt hervor.

2. Ortsnetzbelastungen durch Heubelüftungsanlagen

Die Auslegung der meisten ländlichen Elektrizitäts-Netze liegt bereits heute an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit, wenn Fördervorgänge von Halm- und Grüngut weitgehendst mechanisiert und im besonderen auf pneumatischem Wege durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang erlangte in den letzten Jahren die Unterdachtrocknung von vorgewelktem Heu - eingelagert mit 35 - 45% Wassergehalt - besondere Bedeutung für die ländlichen Energieversorgungsunternehmen. Die für den Trocknungsvorgang verwendeten Gebläse besitzen im Schnitt einen motorischen Anschlußwert von etwa 4,5 kW und versprechen bei der zu erwartenden größeren Verbreitung einerseits bessere Auslastung der E-Netze im Verlauf der sommerlichen Übergangszeit von der Rauhfutter- zur Getreideernte. Andererseits ist zu befürchten, daß die Häufigkeit gleichzeitiger Inbetriebnahme dieser Anlagen auch wieder Störungen durch Überlastungen hervorrufen werden. Untersuchungen, die vom Energieversorgungsunternehmen Schwaben in Biberach (KLING u. RUDE, 28, S.195) im Jahr 1956 durchgeführt worden sind, brachten im Hinblick auf die Weiterentwicklung und Verbreitung von Unterdachtrocknungs-Anlagen sehr interessante und aufschlußreiche Ergebnisse. Untersucht wurden einige Ortschaften im Allgäu, in denen eine größere Anzahl von Heu-

belüftungsanlagen in Betrieb waren und bereits an einigen Tagen mit Stromversorgungs-Schwierigkeiten fertig werden mußten. Zu den Untersuchungen wurden 4 Ortsnetze herangezogen, in denen insgesamt 18 Anlagen beobachtet und die Betriebsstunden festgestellt worden sind. Die mittlere Betriebsstundenzahl lag bei 14o Std. je Anlage - im Max. 416, im Min. 4o Std. -. In diesem Zusammenhang wurde auch die mittlere tägliche Belüftungszeit der 18 Anlagen festgestellt. Sie lag innerhalb des Zeitraumes der Ernte des 1.Schnittes - 6.Juni bis 1o.Juli - zwischen o,7 und 3,3 Std. Nach einer Pause von 14 Tagen setzte vom 24.Juli bis 24.August der 2.Schnitt ein mit mittleren, täglichen Belüftungszeiten von o,7 bis 2,4 Std. Diese Werte stellen das Mittel aus den täglichen Betriebszeiten der untersuchten 18 Anlagen dar, wobei einige Bauern bis zu 1o Std. täglich belüfteten.

Nach Unterlagen des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Baden-Württemberg sind folgende mittlere Anschlußwerte in den vorliegenden Ortschaften festgestellt worden:

Tabelle 15

Betriebsgröße ha	durchschnittl. belüftete Bodenfläche/qm	durchschnittl. Anschlußwerte kW
bis 7,5	55	3,5
7,5 - 15	81	3,9
15 - 3o	125	4,8
über 3o	175	5,8

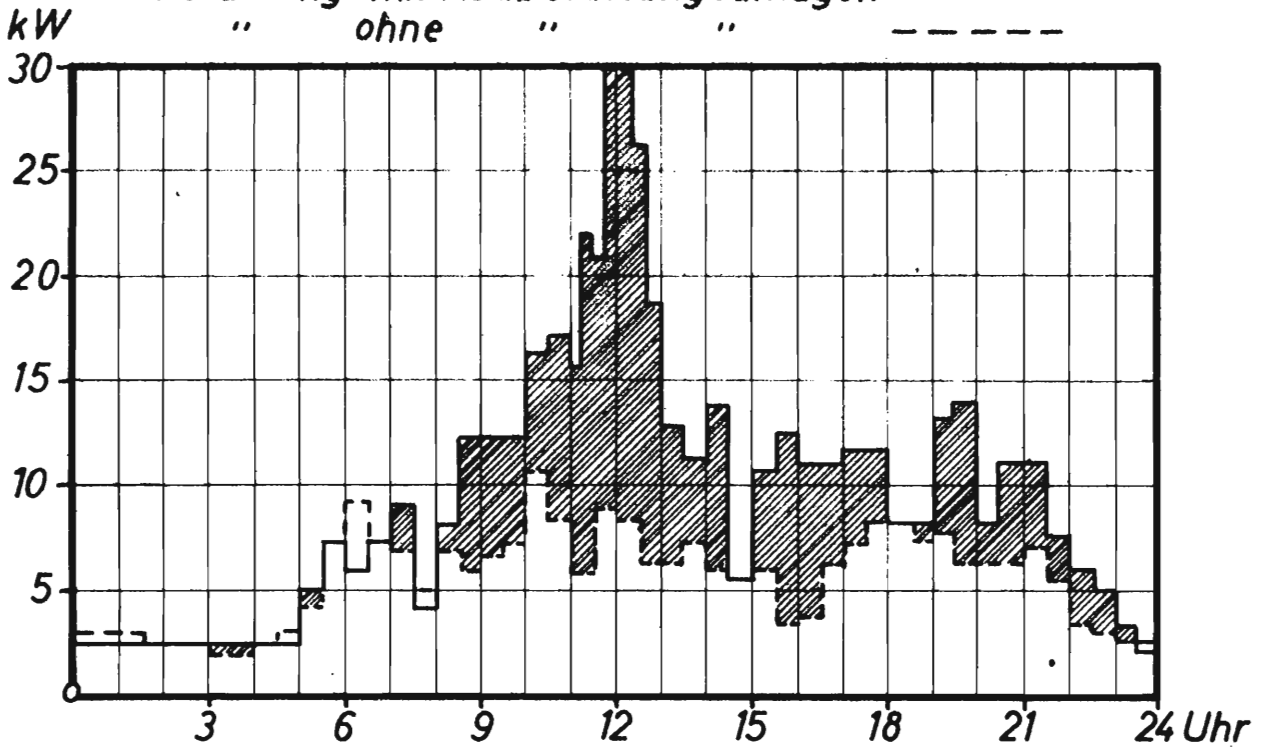
KLING und RUDE berichten u.a.:

"Der mittlere Anschlußwert der untersuchten 18 Anlagen betrug 4,35 kW. Er wird allerdings nicht voll, sondern nur zu etwa 8o% in Anspruch genommen. Die Leistungsaufnahme des Gebläsemotors ist abhängig vom Luftdurchsatz, der bei dicht gepacktem Heu etwas absinkt. Der mittlere Stromverbrauch kann mit etwa o,8 x 4,35 x 14o = 48o kWh je Anlage angenommen werden. Die mittlere Betriebsgröße betrug 14 ha LN, wovon bei dem

dortigen Ackergrünlandverhältnis etwa 12 ha als Grünland genutzt werden. Je ha Grünlandfläche ergibt dies einen Stromverbrauch von 4o kWh. Wenn man einen Heuertrag von 1oo dz je ha zugrunde legt und berücksichtigt, daß etwa 6o% des Grünlandertrages als Grünfutter verwendet und von der eingefahrenen restlichen Menge die Hälfte belüftet wird, so ergibt dies einen Verbrauch von 2 kWh je dz belüftetes Heu".

Ferner wurde festgestellt, zu welchen Tageszeiten die Heubelüftungsanlagen vorwiegend betrieben werden. Abbildung 26 nach KLING und RUDE gibt hierüber Aufschluß. In dem Bericht heißt es weiter: "Die untere Kurve zeigt den Belastungsverlauf in einem Allgäuer Ortsnetz ohne Heubelüftungsanlagen. Nachdem 25% der landwirtschaftlichen Abnehmer dieser Ortschaft Heubelüftungsanlagen in Betrieb hatten, ergab sich an einzelnen Tagen ein Belastungsverlauf, wie ihn die obere Kurve zeigt. Schon bei diesem Sättigungsgrad stieg also die Belastung während der Mittagszeit auf mehr als das 3-fache der seitherigen Höhe an. In allen vier Ortsnetzen zeigte sich, daß das Max. an gleichzeitig eingeschalteten Heubelüftungsanlagen durchweg zwischen 11 und 14 Uhr auftrat (Abb.27). Besonders zwischen 11 und 12 Uhr sind nun die Netze auch durch andere Stromverbraucher stark beansprucht (Kochspitze). Es erhebt sich die Frage, wie der Belastungsverlauf so gestaltet werden kann, daß eine bessere Ausnützung der Stromversorgungsanlagen erreicht wird. Es ist zu erwarten, daß sich die Lage in den nächsten Jahren weiter verschärfen wird, nicht zuletzt dadurch, daß diese Anlagen in zunehmendem Maße automatisiert werden. Die Anlagen schalten sich dann bei Absinken der relativen Luftfeuchtigkeit unter eine bestimmte Grenze selbsttätig ein. Dies dürfte den Gleichzeitigkeitsfaktor beachtlich erhöhen. Herstellerfirmen bemühen sich in letzter Zeit um eine Verringerung des motorischen Anschlußwertes. Daneben wird sich in vielen Fällen durch eine Unterteilung des Heustockes eine Verringerung des Anschlußwertes erreichen lassen, da der Bauer die Ernte des 1. und 2.Schnittes und auch das Kleeheu getrennt lagert" (28, S.195-197).

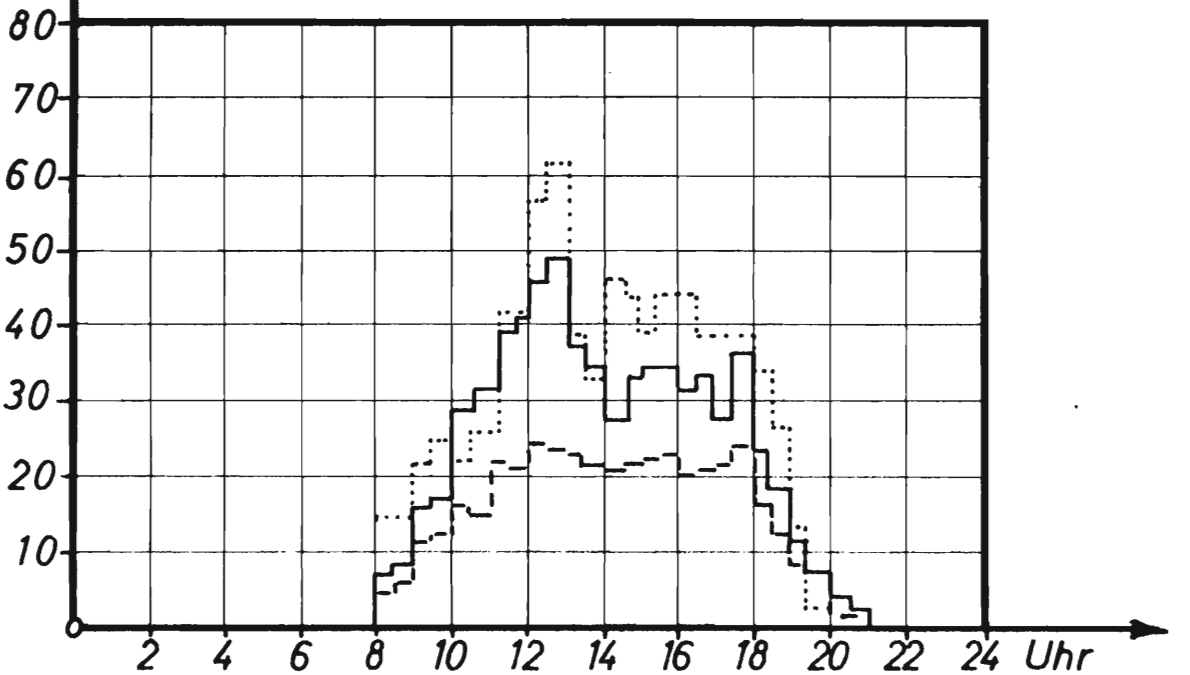
28 landw. Abnehmer
7 Heubelüftungsanlagen 34 kW
Belastung mit Heubelüftungsanlagen ————
" ohne " " – – – – –



Belastungsverlauf bei 7 Heubelüftungsanlagen am 5. Juli 1956

Abb. 26

% des Gesamt= anschlußwertes/Tag
– – – – Mittel 6. bis 19.6. 56
———— Mittel 7., 10., 12., u. 16.6.56
..... 16.6.1956



Prozentsatz d. täglich eingeschalteten Heubelüfterleistung
(= Anschlußwert)

(Gesamtanschlußwert v. 18 Anlagen in 4 Orten 78,7 kW = 100%)

Abb. 27

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß der Landwirt sich vor dem Einbau derartiger Anlagen mit dem Elektrizitätswerk in Verbindung setzen muß. Dazu ist er nach den allgemeinen Bedingungen für die Versorgung mit elektrischer Energie aus dem Niederspannungsnetz verpflichtet. Durch richtige Vorausplanung können allzu hohe Belastungsspitzen oft noch rechtzeitig verhindert werden. Im beschränkten Umfang kann in einigen Fällen das Auffüllen der Stromverbrauchstäler durch verstärkten Einsatz von Elektrowärmegeräten, wie Elektro-Futterdämpfer, elektrischer Heißwasserspeicher, elektrische Brotbacköfen und Elektro-Herde, einen angenäherten Ausgleich herbeiführen. Wo dies gelingt, ist es vielleicht möglich, bei weiterer Ausdehnung der Heubelüftungs-Anlagen eine ausreichende örtliche Stromversorgung zu schaffen. Im Hinblick auf den höheren und konstanteren Stromverbrauch infolge längerer Betriebszeit würde sich evtl. eine Netzverstärkung eher lohnen. Aber gerade hierbei liegen die Grenzen der Wirtschaftlichkeit für Stromerzeuger und -abnehmer sehr weit auseinander.

Es ist also festzustellen, daß die Belastung durch Heubelüftungsanlagen ebenfalls stoßartig erfolgt und die beeinflussenden Faktoren so unterschiedlich sind, daß mit einer gesteuerten Regelung des Belüftungsvorganges auf allen Betrieben kaum ordnend einzugreifen ist. Werden demnach in Ortschaften, die bereits mit Stromschwierigkeiten beim Erntedrusch zu kämpfen haben, künftig zusätzlich Heubelüftungsanlagen eingeführt - vielleicht mit dem Gedanken, hiermit eine größere Rentabilität und Ausnutzung für eine notwendige Netzverstärkung herbeizuführen - ist nach den vorliegenden Untersuchungen kaum mit einer Verbesserung der Energieverhältnisse zu rechnen.

3. Verminderung des Kraftbedarfs an Gebläsehäckslern und Häckseldreschern

In bestimmten Grenzen und bei gewissen Voraussetzungen wird die Senkung des Kraftbedarfs für den Erntestanddrusch

möglich sein. Für das Häckseldruschverfahren würde eine vereinfachte Dreschmaschine genügen, da der Häcksler das Getreide schon zu einem ziemlich hohen Prozentsatz ausdrischt. Untersuchungen von SEGLER (47, S.12) haben ergeben, daß bei Häckseldrusch eine Herabsetzung der Trommelumfangsgeschwindigkeit zu erreichen ist. Durch diese Maßnahme kann der Kraftbedarf der Dreschtrommel etwa um die Hälfte reduziert werden. Diese Einsparung kann bei Dreschmaschinen mittlerer Leistung etwa 2 kW betragen.

Gehäckselte Garben stellen ein wesentlich gleichmäßigeres Gut für den Durchfluß zwischen Trommel und Korb das als lange aufgeteilte Garben, die bei gutem Einlegen gleichmässig und parallel zur Trommel, vielfach aber völlig wirr und wahllos eingelegt werden. Das lockere, gleichmäßige Häckselgemisch setzt dagegen der umlaufenden Trommel kaum einen Entzerrungswiderstand entgegen (47, S.13). Auf den Ausdrusch von langem, wirrem Halmgut ist aber die Umfangsgeschwindigkeit der Dreschtrommel abgestimmt und entsprechend hoch bemessen. Es hat sich nun herausgestellt, daß bei Breitdrusch der Ausdrusch bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 29 m/sec., bei Häckselgut von 9 cm Länge schon bei 17 m/sec. erreicht wird. Die Umfangsgeschwindigkeit liegt hier also um 41% niedriger und trägt überdies dazu bei, daß die Körnerbeschädigungen zurückgehen. In diesem Zusammenhang taucht auch die Frage auf, ob eine weitere Kraftbedarfssenkung durch eine schmaler gebaute Trommel mit verringerter Umfangsgeschwindigkeit - also auch kleinerer Ventilationsleistung - erreicht werden kann. Da im Gebläsehäcksler bei eingestellten Häcksellängen von 2,5 - 9 cm bereits mit einem Ausdrusch von 45 - 5o% zu rechnen ist, bleibt der Trommel nur mehr eine Ausreibefunktion überlassen, die der Wirkungsweise von Entgrannern ähnlich ist. Verschiedene Untersuchungen befassen sich augenblicklich mit der Lösung der noch nicht geklärten Fragen bei Verkleinerung von Dreschtrommel und Korb für die Verarbeitung von schon vorgedroschenem Häckselgut.

Dreschmaschinen für den Erntedrusch, die keinen Gebläse-

häcksler vorgeschaltet haben, können mit kontinuierlich arbeitenden Selbsteinlegern ausgerüstet werden. Untersuchungen (48) an einem mit Schneidmessern versehenen Selbsteinleger für Breitdrescher stellten fest, daß der Kraftbedarf auch bei 9 Schneidstellen entsprechend einer Schnittlänge von 5 cm unter dem eines Gebläsehäckslers gleicher Leistung liegt. Die Dreschwirkung ist im Vergleich zum Häcksler geringer, sie liegt etwa bei 8 - 1o%. Diese geringe Vordruschleistung erlaubt allerdings keine Verringerung der nachfolgenden Trommelumfangsgeschwindigkeit, sodaß bei Dreschmaschinen mit Selbsteinlegern im Endeffekt mit dem gleichen Kraftbedarf gerechnet werden muß wie bei den aus Gebläsehäcksler und Nachdruschmaschinen bestehenden Aggregaten. Hinzuzufügen wäre noch, daß Schneideinleger mit stumpfen Messern bei gleicher Getreideleistung einen um 5o - 75% höheren Kraftbedarf haben als mit scharfen Messern. Ähnliches ist von den Gebläsehäckslern bekannt.

Der absetzige Betrieb mit Häckseln und Dreschen, zwei aufeinanderfolgenden Arbeitsvorgängen, in Verbindung mit einer Zwischenlagerung des Garbenhäcksels kann auch zur Verminderung des Kraftbedarfs entscheidend beitragen. Doch scheitert dieses Verfahren in vielen Betrieben an der baulichen Unzulänglichkeit des Scheunenraumes. Auch fehlt es noch an einer geeigneten Absaugvorrichtung zur Förderung des Garbenhäcksels aus den einzelnen Häckselbunkern in die Dreschmaschine. Bei Lagerung der einzelnen Getreidearten in gehäckseltem Zustand in nebeneinanderliegenden Behältern kann zudem eine Vermischung sehr leicht eintreten und die Sortenreinheit gefährden.

Eine weitere Krafteinsparung bietet die zeitliche Verschiebung eines Teiles der Förderarbeit. Man lagert das erdroschene Korn in einem fahrbaren Behälter und fördert es erst während einer Dreschpause an den endgültigen Lagerort (Abb.28). Es fällt somit ein wesentlicher Kraftaufwand für die pneumatische Körnerförderung während des Druschesweg und kann zur Ausfüllung der Zwischenzeit verwendet werden.

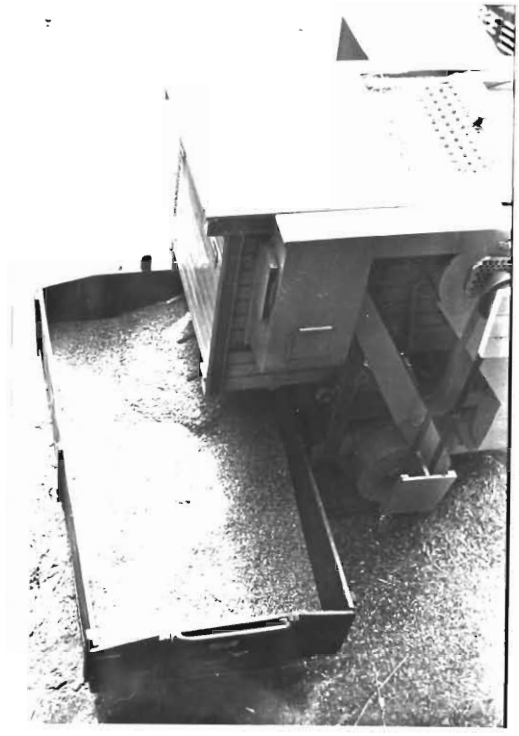


Abb.28

Bei Förderlängen bis zu 25 m kann der Gebläsehäcksler ohne Zusatzgebläse betrieben werden, der Kraftbedarf läßt sich dann je nach Maschinengröße von 1o kW auf 6 und 4 kW reduzieren. Das trifft auch für Schneidgebläse zu, die z. B. auf 14 m Rohrlänge und 144o U/min etwa 14 kW brauchen. Wird die Drehzahl auf 94o U/min gesenkt, reichen 5 - 6 kW für den Antrieb aus.

Die neuesten Entwicklungen der Landmaschinenindustrie zeigen, daß es durchaus möglich ist, die bisherigen hohen Anschlußwerte von 11 - 15 kW für Gebläsehäcksler- und Dreschmotor auf ca. zusammen 6 kW zu senken. Der hohe Kraftbedarf des Häckslers konnte durch konstruktive Änderungen an den Getriebeübersetzungen und der entsprechenden Anpassung des Einzugsvermögens auf 2,2 kW beschränkt werden. Das Problem der unzureichenden Energieversorgung für einen zukünftigen bäuerlichen Erntedrusch kann jedoch auch damit nicht gelöst werden. Je billiger und je weniger kraftaufwendig die Dreschmaschinen auf den Markt gebracht werden, umso größer ist die Verbreitung. Im gleichen Ausmaß werden sich auch dann die Einzelbelastungen addieren.

a) Ist ein Spitzenausgleich möglich ?

Versuche, den Einsatz von mehreren Erntedruschmaschinen innerhalb einer Ortschaft nach einem bestimmten Arbeitsstundenplan zu steuern, um die hohen Belastungsspitzen auszugleichen, erwiesen sich als undurchführbar. Gerade eine Vielzahl von Maschinen und die Wetterabhängigkeit aller Betriebe lassen derartige Bestrebungen unmöglich werden.

Als eine Folge der hemmenden elektrischen Anschlußbedingungen kann das Ausweichen der Landwirte nach anderen Antriebsmöglichkeiten angesehen werden. Der geteilte Antrieb mit Elektromotor und Schlepper in einigen Häckseldruschbetrieben löst zwar augenblicklich die hinderliche Belastungs- und Anschlußfrage, bildet aber keinesfalls den anzustrebenden, auf die Dauer erfolgreichen Ausweg. Ganz abgesehen von der langen Rüstzeit bis zur Antriebsbereitschaft des Schleppers, fällt mit dem kontinuierlichen Arbeitsablauf eine der ausschlaggebenden Vorteile des Erntedrusches weg. Unnötige Überstunden bis in die späte Nacht hinein sind dann nicht zu vermeiden, da am Tage der Schlepper für die Feld-Hof-Transporte eingesetzt werden muß (Abb.29).

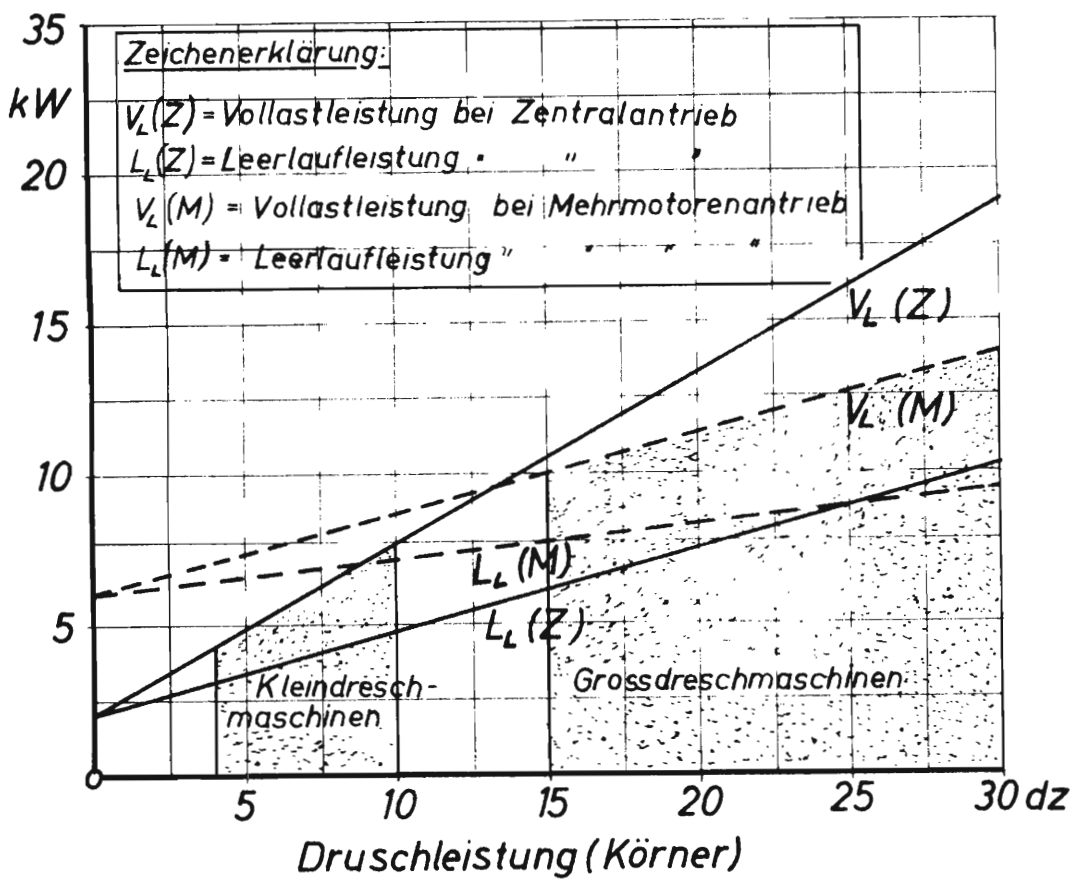
Abb.29

Die Weiterentwicklung eines geeigneten Ernteverfahrens für die bäuerlichen Familienbetriebe wird in Zukunft davon abhängen, ob die Verlagerung eines großen Teils des Kraftbedarfs vom Hof zum Feld zu ermöglichen ist.

4. Mehrmotoren-Antrieb

Der Anlauf von Dreschaggregaten erfordert bekanntlich viel Kraft, die häufig ein Mehrfaches der Dauerbelastung beträgt. Die Motoren müssen nach den Anlaufspitzen ausgelegt werden, um ein störungsfreies Hochlaufen der Maschine zu gewährleisten. Im weiteren Betrieb wird jedoch die zur Verfügung stehende Motorkraft nur noch mit 4o - 6o% der eigentlichen Nennleistung in Anspruch genommen (33, S.23-28). Folgeerscheinungen sind schlechter Wirkungsgrad, unnötig hohe Netzbelastung und Steigerung der unerwünschten Blindleistung (vergl. S.74 f.). Erfordert der Anlauf einer Maschine schon mehr Energie als das Dreschen selbst, so bringt jede Verbesserung der Anlaufverhältnisse bereits eine Leistungseinsparung mit sich und vermindert damit auch den Anschlußwert. Die Aufgliederung des Antriebs auf mehrere Motoren bietet eine Möglichkeit, hier spürbare Abhilfe zu schaffen. Fest eingebaute Motoren ersparen zudem lange und umständliche Rüstzeiten, die das Auflegen und Ausfluchten von Flachriemen stets verursachen. Störungen, wie Abspringen und Rutschen des Riemens, werden vermieden, da die Einbaumotoren mit Keilriemenscheiben ausgerüstet sind. Vollastanläufe bei Dreschmaschinen lassen sich umgehen, wenn bei Verstopfungen z.B. nur alle abfördernden Organe des Schüttlers und der Reinigung weiterbetrieben werden. Wird an jede Antriebswelle ein Elektromotor angeschlossen, kann bei Anlauf beachtlich an Kraft gespart werden, da die Einschaltung der Motoren nacheinander vorgenommen wird. Auf diese Weise erreicht man eine genaue Anpassung der elektromotorischen Leistung an den wirklichen Kraftbedarf der Maschine. Dadurch vermindert sich auch der Anschlußwert bei den größeren Maschinen um 2o - 25%, wobei noch genügend Kraftreserve zur Verfügung steht, den Spitzenbedarf zu decken. Vorstehende Ausführungen beziehen sich vor allem auf Dreschmaschinen über 1o dz Körnerleistung, da dann auch ein aufgegliederter Antrieb nicht teurer ist als ein Zentralantrieb. Bei kleineren Maschinen für den Häckseldrusch sollten zumindest Häcksler

und Drescher getrennt angetrieben werden, um die ohnedies beträchtlichen Anlaufspitzen nicht noch weiter zu erhöhen. In Abbildung 3o ist der unterschiedliche Leistungsbedarf in Abhängigkeit von der Körnerleistung beim Zentralantrieb und beim Mehrmotoren-Antrieb aufgetragen. Die Vorteile des geteilten Antriebs für mittlere und größere Dreschaggregate sind überzeugend.



Jnanspruchnahme elektrischer Energie bei Zentral-und Mehrmotorenantrieb von Dreschmaschinen. (nach G. Nebgen)

Abb. 3o

5. Kompensation von Blindstrom

Wie auf Seite 8o f. bei Besprechung der Leistungsmessungen aufgezeigt, benötigen die verschiedenen in der Landwirtschaft verwendeten Elektromotoren zum An-, Hochlauf und Dauerbetrieb laufend einen bestimmten Blindstrom. Dieser muß neben dem Wirkstrom vom Kraftwerk geliefert werden, belastet also das Netz zusätzlich (4, S.147). Arbeitet der Elektromotor mit einem ungünstigen Wirkungsgrad (cos.φ), verschlechtert sich das Verhältnis zwischen Wirk- und Blindstrom. Überbemessene und ungenügend ausgelastete Motoren benötigen eine hohe Blindleistung, die nicht selten den gleichen Wert der Wirkleistung erreichen kann. Den meisten Kraftstromabnehmern ist diese Erscheinung nicht bekannt, da sie die ungemessene Blindleistung nicht bezahlen brauchen. Für die Kraftwerke dagegen ist die Erzeugung von Blindleistung vollkommen unwirtschaftlich und soll daher so klein wie möglich gehalten werden. Durch den Anschluß eines richtig bemessenen Kurzschlußläufer-Motors, der bei voller Belastung mit einem Leistungsfaktor (cos.φ) von o,8 arbeitet, tritt durch die Verminderung von Blindstrom schon eine merkliche Entlastung des Netzes ein. Ferner läßt sich eine weitere Verbesserung herbeiführen, wenn der Blindstrombedarf der Motoren durch Kondensatoren - neben dem Motor angebracht - erzeugt werden. Man bemisst die Kondensator-Leistung etwa nach einem Drittel der Nennleistung des zu kompensierenden Motors. Für einen 1o kW Drehstrom-Motor wäre danach ein Kondensator von 3 - 4 BkW nötig. Mit Hilfe dieser Vorrichtung verbessert sich der Wirkungsgrad bei voller Last des Motors auf o,9 - o,95 und ermöglicht eine wesentlich ausgeglichenere Kraftstromabnahme (4). Kondensatoren erhöhen die Ausnutzung der vorhandenen Leitungs-Querschnitte, senken den Spannungsabfall, verringern die Übertragungsverluste und verbessern nicht zuletzt die Belastung des Transformators.

6. Automatische Schalteinrichtungen

Im Hinblick auf eine Neuordnung der Tarife werden Vorschläge (12, S.115) gemacht, den Landwirt von finanzieller Seite her an einen Belastungsausgleich seiner verschiedenen Anschlüsse zu interessieren. Voraussetzung dazu sind erweiterte Meßeinrichtungen, die für Anrechnung verschiedener Arbeitspreise die entsprechenden Verbrauchsmengen z.B. für die Zeiten der Werkbelastungstäler oder an Werkspitzen festhalten. Günstige Arbeitspreise für den Verbrauch während der Belastungstäler gegenüber Zuschlägen bei Einschalten der Geräte zu Spitzenzeiten würden die Inbetriebnahme von Elektromotoren und Elektrogeräten schnell den Erfordernissen der Energiebereitstellung anpassen helfen. Ebenso könnte die Anrechnung hoher Blindleistung veranlassen, die Kraftantriebe zu überprüfen und Anlaufentlastungen einzurichten.

Eine Vielzahl von elektrischen Geräten ist notwendig, in der Innenwirtschaft Handarbeitsvorgänge zu verkürzen oder überhaupt durch die Automatik zu ersetzen. Die praktische Anwendung von Hauswasseranlagen, Futterdämpfern, Kühlanlagen, Backöfen, Regelbügeleisen, Großtauchsiedern usw. in Haus- und Hofwirtschaft fortschrittlicher Betriebe unterstreicht ihre Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit. Von diesen Geräten lassen sich die meisten durch elektrische Schalteinrichtungen automatisch steuern und zeitlich begrenzen. Für die Ausnutzung der billigen Nachttarife werden Regeleinrichtungen von vielen Höfen bereits länger benutzt. Es ist denkbar, dieses Verteilungssystem auch in die Tageszeit zu verlegen und bestimmte elektrische Arbeits- und Wärmevorgänge nur dann vollautomatisch einsetzen zu lassen, wenn die Werkslast ein bestimmtes Minimum erreicht hat. Durch diese Vorkehrung wäre es möglich, die Benutzungsstundendauer wesentlich zu erhöhen und gleichzeitig die Stoßbelastung zu beseitigen. Sie würde in die Belastungstäler verlegt, deren Auffüllung zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades und der Rentabilität ländlicher Ortsnetze beitragen könnte.

Ähnliche automatische Lösungen sind für Unterdachtrocknungs-Anlagen eingerichtet worden. Die Anlage schaltet sich dann ein, wenn ein bestimmter Grad relativer Luftfeuchtigkeit erreicht ist, unter welchem erst mit einem eigentlichen Trocknungseffekt gerechnet werden kann. Das hat eine Entlastung derjenigen Person zur Folge, die sonst laufend mit der Beobachtung des Belüftungsvorganges mehr oder weniger unproduktiv beschäftigt gewesen wäre. Leider fällt jedoch die selbsttätige Einschaltung der Anlage nicht immer gerade mit einem Belastungstal der Werkbelastung zusammen, da das ansprechende Relais auf die Luftfeuchte abgestimmt ist. Eine automatische Zwischenlösung - Kontaktauslösung in Zeiten geringer Netzbelastung mit Abstimmung auf die relative Luftfeuchtigkeit - würde den Vorgang gegen Störungen zu anfällig machen und die weitere Bedienung bzw. Einstellung erheblich komplizieren. Trotz sorgfältiger Beachtung der Belastungsverhältnisse mit Hilfe ausreichender Meßgeräte werden darum bei starker Massierung von Belüftungsanlagen Stromspitzen nicht ganz zu vermeiden sein. Das lassen die Überlegungen auf Seite 86 f. bereits deutlich erkennen.

Ein echter Spitzenausgleich ist also nur mit den halb- und vollautomatisch gesteuerten elektrischen Haushalt- und Wärmegeräten möglich, dessen Einfluß aber auf die witterungsbedingten Arbeitsspitzen mit ihren hohen Netzbelastungen in Heu- und Getreideernte noch verschwindend gering ist.

Schlußbetrachtungen

Für die Getreideernte stehen eine Fülle von Verbesserungsmöglichkeiten vor der Einführung, die auch den Familienbetrieben die Anwendung des Erntedrusches in irgendeiner Form ermöglichen werden. Der Übergang einer ganzen Gemeinde zu einem bestimmten Arbeitsverfahren der Ernte bringt stets wegen der Gleichartigkeit des Arbeitsablaufes eine Häufung des Energiebedarfs in kurzbefristeten Zeiträumen mit sich. Solange die Spitzen bei Felderntеverfahren von dem meist ausreichend bemessenen Verbrennungsmotor (Schlepper) getragen werden, sind kaum größere Engpässe zu erwarten. Der Ausdrusch des Getreides auf dem Hof, die nachfolgende Trennung von Korn- und Stroh sowie die Förderung an den endgültigen Lagerort erforderte aber schon beim Winterdrusch eine besondere Bereitstellung von elektrischer Energie. Dieser Vorgang wird nun in den Sommer verlegt und mit Hilfe kleinerer Aggregate vielen bäuerlichen Betrieben zugängig gemacht. Gegenüber dem alten Verfahren, bei dem viel Doppelarbeit notwendig war, läßt sich beim Erntehofdrusch etwa 55% des früheren Arbeitsaufwandes einsparen (Winterdrusch ca. 8o AKh, Häckseldrusch ca. 35 AKh je ha). Er entzieht sich jedoch einer Gemeinschaftsanwendung, was seine Anschaffungskosten erhöht (6). Als die hierfür gegebene Energieform wird die Elektrizität bei einer größeren Aufnahme von Häckseldreschern und der dann im steigenden Maße zu gleicher Zeit laufenden Elektro-Motoren außerordentlich stark in Anspruch genommen. In den Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, welche Schwierigkeiten für die Höfe in geschlossenen Ortschaften und welche Folgerungen für die Energieversorgungsunternehmen daraus entstehen können. Die Niederspannungsleitungen sind einem massierten bäuerlichen Erntehofdrusch nicht gewachsen. Darüber hinaus muß berücksichtigt werden, daß die Elektrizität ihrem Wesen nach erst bei annähernd ausgeglichener Belastung zu einem billigen Energieträger werden kann.

Durch die Weiterentwicklung von Felderntеverfahren für die Getreideernte in kleineren Betrieben ist es möglich geworden, verschiedene Mechanisierungsformen anzuwenden. Die letzten Jahre haben gezeigt, daß die Wünsche bäuerlicher Betriebsleiter bei der maschinellen Neubeschaffung durchaus nicht einheitlich sind. Das erleichtert nicht zuletzt die Einführung unterschiedlicher Ernteverfahren. Solche Bestrebungen sind in zahlreichen Ortschaften zu erkennen und sollten von der Beratung unterstützt werden. Die technische und verfahrensmäßige Vervollkommnung der Mähdrescherverwendung brachte in den letzten Jahren die eigentlichen Impulse für die Mechanisierungsbestrebungen in der Getreideernte. Der Mähdrusch hat sich in Praxis und Wissenschaft als ein maßgebliches Getreideernteverfahren durchgesetzt. Neben dem Mähdrescher in verschiedenen Formen ist der Feldhäcksler im Kommen, sowohl für die Strohbergung nach dem Mähdrescher als auch möglicherweise für die Bergung von ungedroschenem Getreide aus dem Schwad als sog. "Feldhäckseldrusch". Er ist eine Universalmaschine für die Grünfutter-, Silofutter-, Heu- und vielleicht künftig auch für die Getreideernte in Betrieben mit überwiegendem Grünland und geringerem Getreidebau.

Für die meisten bäuerlichen Betriebe hängt die Einführung neuer Getreideernteverfahren von der Möglichkeit ausreichender Energiebereitstellung ab. Das ist bei Felderntеverfahren über den Schlepper eher möglich als beim Hofdrusch über das zur Verfügung stehende Elektro-Netz, welches für die hierzu erforderlichen Spitzenbelastungen nicht ausreicht.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluß neuer -vor allem in bäuerliche Betriebe sich einführende- Getreideernteverfahren auf die elektrische Energieversorgung geschlossener Ortschaften Süddeutschlands untersucht. Zusammenfassend kann dazu über folgende Ergebnisse berichtet werden:

1. Die durchgeführten Untersuchungen umfaßten 5 Landgemeinden in Württemberg und Bayern, in denen eine ausreichende elektrische Energieversorgung durch die Einführung von Erntehofdrusch in zahlreiche Betriebe künftig infrage gestellt ist. Es war notwendig, neben der Überprüfung derzeitiger Ortsnetzbelastungen besonders zu erwartende Entwicklungen festzustellen. Aus diesem Grunde wurden neben 3 ausgesprochenen Häckseldruschdörfern 2 weitere Ortschaften mit ausgedehntem Getreidebau, die jedoch noch Winterdrusch betreiben, untersucht.

2. In den Gemeinden Sauggart und Schöckingen konnte festgestellt werden, welche Getreidemengen in den einzelnen Tagesstunden in die Scheunen gelangten. Ausgehend von der Folgerung, daß beim Erntedrusch dieselbe Fuhrenzahl wie bisher sofort beim Einfahren abgedroschen wird, war es nach Auswertung entsprechender Erhebungen möglich, Gleichzeitigkeitsfaktoren aufzustellen. Mit Hilfe dieser Werte läßt sich die Belastungsgrenze bei Anschluß mehrerer Maschinen für den Erntehofdrusch berechnen. Die Ergebnisse zeigten, daß die Häufigkeit gleicher Erntearbeiten in den jeweils 11 größten Betrieben an den Haupterntetagen bis zu 7o und 1oo% betragen kann. Das würde einer dreifachen Überlastung der vorhandenen elektrischen Versorgungsanlage entsprechen.

3. Die effektiven Messungen in Ebertsbronn und Wolpertshausen bestätigten die über Vorausberechnungen aufgestellten Belastungen. Der ausgedehnte Erntedrusch verursachte

vor allem in Ebertsbronn an mehreren Tagen den völligen Zusammenbruch der örtlichen Elektrizitätsversorgung. Die Gleichzeitigkeit der Inbetriebnahme der Dreschmaschinen erreichte 8o - 1oo%. Wegen der Aufteilung in verschiedene Stromkreise trat in Wolpertshausen die starke Überlastung etwas weniger in Erscheinung. Einschränkungen oder Verstärkungen sind aber auch hier dringend erforderlich.

4. In Sulzdorf sind beide Untersuchungsverfahren - Vorausberechnung zukünftiger Belastungen und Messungen des derzeitigen elektrischen Energiebedarfes - angewendet worden. Auch hier konnte festgestellt werden, daß bei einer 6o - 7c%-igen Dreschbeteiligung der infrage kommenden Betriebe die Kapazität des schon verstärkten Versorgungsnetzes erschöpft war.

5. Beim Vergleich der in den 5 Ortschaften durchgeführten Berechnungen und Messungen stellt sich übereinstimmend heraus, daß die Spitzenbelastungen an den wenigen Erntetagen das 1o bis 15-fache der normaler Grundbelastung betragen können (vergl. Diagramm auf S.82). Der Ausbau der Netze für die nur kurzen Spitzenbelastungen des Erntedrusches kann wegen den hohen finanziellen Belastungen für Elektrizitätswerke und Kraftstromabnehmer nicht empfohlen werden. Selbst voll elektrifizierte Ortschaften mit einem über 3oo kWh pro ha LN liegenden jährlichen Stromverbrauch werden kaum in der Lage sein, die Wirtschaftlichkeit eines für den Erntedrusch verstärkten Stromnetzes zu rechtfertigen.

   In größeren, gemischten Ortschaften mit gewerblichen Betrieben und genossenschaftlichen Einrichtungen ist die Aufteilung in verschiedene Ortsnetzteile mit mehreren Trafostationen zu empfehlen. Der störende Spannungsabfall läßt sich auf diese Weise vermindern. Ebenso tritt dann die befürchtete hohe Dreschspitze nicht mehr für das ganze Ortsnetz so nachhaltig in Erscheinung.

6. Wiederholte Messungen ließen erkennen, daß die Verwendung von überdimensionierten elektromotorischen Antrieben ausserordentlich unwirtschaftlich für Stromlieferer und -abnehmer ist. Hohe Blindstromleistungen sollten unter allen Umständen vermieden werden, um die effektive Leistungsfähigkeit und einen guten Wirkungsgrad der Netze zu erhalten. Mit dem Einbau und Anschluß von Kondensatoren in stärkere Elektromotoren lassen sich schon wesentliche Verbesserungen erreichen.

7. Vor Übergang zum Erntehofdrusch, vor allem in Gebieten mit stärkerem Getreideanbau, sollten die elektrischen Versorgungsanlagen überprüft werden. Es lassen sich gegebenenfalls unnötige Kosten sparen, denn eine ungenügende Energiebereitstellung kann die Vorteile, die dieses Ernteverfahren mit sich bringt, weitgehendst wieder aufheben. Ist eine Anzahl der Betriebe in der Lage, den überwiegenden Teil des Kraftbedarfes mehr auf das Feld zu verlegen (Mähdrescher, Feldhäcksler), werden die verschiedenen Getreideernteverfahren, wie Felddrusch und Erntehofdrusch, die Belastungsverteilung im Ortsnetz günstig beeinflussen.

Literaturverzeichnis

1 BAREISS, G.: Häckseldrusch mit 1o PS.
Landtechnik 1954, S.288

2 BECKER, G.: Elektrowirtschaft und Landwirtschaft.
DLG-Mitteilungen 48/1956, S.1248

3 - - Weniger Arbeit in Haus und Hof.
Landwirtschaftsverlag GmbH. Hiltrup 1955

4 BECKER, H.: Der Elektromotor im landwirtschaftlichen Betrieb.
Landtechnik 1953, S.147

5 - - Der Elektromotor und das Ortsnetz.
Technik und Landwirtschaft 6/1956,S.123

6 BRENNER, W.G.: Neuzeitliche Getreideernteverfahren
Häckseldrusch,Feldhäckseldrusch,Mähdrusch.
Bayer. Landw.Jahrbuch, München 1958

7 BUSCHKIEL, C.: Elektrizität in der Landwirtschaft.
Verlag Walter de Gruyter & Co.,
Berlin und Leipzig 1927

8 DENCKER, HEIDT, WENNER: Einrichtungen auf dem Hofe zur Lagerung und Trocknung von Erntedruschgetreide.
Flugschrift des KTL, Frankfurt/M. 1954

9 EICHHORN, H.: Beobachtungen über die elektrische Energieversorgung zweier württ.Gemeinden in der Getreideernte 1954 und Rückschlüsse auf die mögliche Einführung von Erntedruschverfahren.
KTL-Büro Stuttgart, 1955 - Manuskript

1o - - Ortsnetzüberlastungen beim massierten Erntehofdrusch in bäuerlichen Familienbetrieben.
Elektrizität, 6.Jg., Heft 8/1956, S.2o2

11 ENGELIEN, F.: Neuzeitliche Innenwirtschaft in zwei bäuerlichen Familienbetrieben.
Landwirtschaftsverlag GmbH., Hiltrup 1957

12 FELDMANN, F.: Der Einfluß der Mechanisierung auf die Rentabilität der Landwirtschaft.
München 1957

13 - - Stand der Getreideernte-Technik.
Landtechnik 2o/1957, S.594

14 FISCHER-SCHLEMM, SCHEFFTER: Motoranlaufversuche mit Dreschmaschine und Gebläsehäcksler. Elektrizitätswirtschaft, Heft 19/1952, S.527 - 2o/1952, S.556

15 FISCHER-SCHLEMM, EGGERT: Praktische Häckseldruschversuche. Landmaschinen-Rundschau, Heft 3/1953

16 - - Belastungsfähigkeit und Ausbaunotwendigkeit der Stromversorgungsnetze. VDEW-Frankfurt/M. 1956

17 FLUHR, F.: Gedanken zur Motorisierung der Innenwirtschaft. Landtechnik 1954, S.621

18 FROMMANN: Arbeitsbedarf beim Erntestanddrusch. DLG-Mitteilungen, 3o.9.1954, S.937

19 GLASOW, W.: Die verbesserte Binder-Hofdruschernte. Landtechnik 11/1956, S.294

2o HOCHKÖNIG, W.: Die Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätsanwendung in der österreichischen Landwirtschaft. 67.Arbeit des Österr.Kuratoriums für Landtechnik Wien, August 1957

21 HOECHSTETTER, H.: Berichte über die ERP-Aktion Förderung der Bildung von Schlepper- und Mähdreschergemeinschaften. KTL, Frankfurt/M. 1954

22 HÖCHTL, F. u. M. RUDE Erste Ergebnisse eines hochelektrifizierten Versuchsdorfes. Elektrizitätswirtschaft, Bd.56 (1957), Heft 3, S.9o

23 HUPFAUER, M.: Elektrizität in der Landwirtschaft. VDI-Zeitschrift, Bd.93, Nr.1, 1.Januar 1951, S.11

24 ISSELSTEIN, R.: Die Aussiedlung bäuerlicher Betriebe ist nicht zuletzt ein energiewirtschaftliches Problem. Elektrizität 1o/1957, S.235

25 - - Es geht um die ländliche Stromversorgung. Landtechnik 14/1957, S.4o9

26 JAEKEL, W.: Werbung, Beratung, Ausstellung. Elektrizität 6/1953, S.145

27 KASCHE, W.: Worauf ist beim Kauf von Elektromotoren zu achten? Mitt.d.DLG, 73.Jg., Heft 5/1958, S.111

28 KLING, A. u. M. RUDE — Heubelüftung und Ortsnetzbelastung. Elektrizität, 7.Jg., Heft 8/1957, S.195

29 KLOEPPEL, R. u. S. BUSCHE — Der Schwadhäckseldrusch. Kiel 1954

3o KNOLLE, W.: — Energieform, Energiefluß und Energiebedarf in der Getreideernte. Landtechnik 1o/1955, S.465

31 KÖSTLIN, A.: — Der Einfluß der Erntedruschverfahren auf die Innenwirtschaft. Landtechnik 1o/1955, S.441

32 MICHEL, H.: — Stromverbrauch und Stromtarife in der Landwirtschaft. Elektrizität 3/1956, S.75

33 NEBGEN, G.: — Erkenntnisse mit Mehrmotorenantrieben an Dreschmaschinen. Die Landarbeit, Heft 3/1955, S.23

34 - - — Elektrische Schroteinrichtungen für automatischen Nachtbetrieb. Mitt.d.DLG, 72.Jg., Heft 48/1957, S.1218

35 NEUMANN, J.: — Grundlagen für eine wirtschaftliche Gestaltung der Getreideernte. Landtechnische Forschung 2/1952, S.4o

36 PLATE, R.: — Erntedrusch und Lagerung vom Markt her gesehen. Landtechnik 1o/1955, S.434

37 PREUSCHEN, G.: — Der Arbeitsaufwand der verschiedenen Getreideernteverfahren. Landtechnik 1o/1955, S.445

38 PREUSCHEN, R.: — Elektrizität hilft transportieren. Landwirtschaftsverlag GmbH. Hiltrup 1957

39 RIET, C.: — Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker. Verlag f.Radio-Foto-Kinotechnik GmbH., Berlin 1949, 1.Bd.

4o ROLFES, M.: — Betriebswirtschaftliche Standorte der Getreideerzeugung in Westdeutschland. Landtechnik 11/1955, S.431

41 RUHRSTICKSTOFF AG. — Faustzahlen für die Landwirtschaft. Bochum 1957

42 SARAN, H.: — Die Elektrizität. Energieverlag GmbH., Heidelberg

43 SCHAEFER-KEHNERT, W.: Kosten und Wirtschaftlichkeit des Landmaschineneinsatzes. München 1957

44 SCHARRER, H.: Energieversorgung und Erntedrusch. Berichte über Landtechnik, München 1953, S.3o

45 SCHEVEN: Der elektromotorische Dreschmaschinenantrieb - gesehen vom Standpunkt des Überlandwerkes. Dreschen und Pflügen, 6.Jg., Heft 5

46 SCHULTZ, W.M.: Die neuzeitliche Getreideernte. Berichte über Landtechnik, Heft 52, München 1957

47 SEGLER, G.: Kraftbedarfssenkung beim Häckseldrusch. Landtechnische Forschung 1/1955, S.12

48 - - Untersuchungen an einem kombinierten Häckseldrusch- und Schneidgebläse. Landtechnische Forschung 2/1957, S.46

49 - - Entwicklungsstand der Gebläsehäcksler und Fördergebläse. Landtechnik 21/1956, S.672

5o SEIBOLD, K.-H.: Die Verfahren der Mähdruschernte. Berichte über Landtechnik, Heft 42, München 1954

51 SENKE, W.: Mähdrusch - Hofdrusch - Schwaddrusch Landtechnik 9/1954, S.266

52 - - Der Einfluß des Klimas auf verschiedene Ernteverfahren. Landtechnik 1o/1955, S.454

53 - - Alte und neue Getreideernteverfahren. Landtechnik 11/1956, S.29o

54 SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG.: Elektrizität in der Landwirtschaft: Die unermüdliche Arbeitskraft in Haus und Hof.

55 - - Der Weg zum Elektrohof.

56 SOMMERKAMP, G.: Bedeutung und Aufgaben der Elektrowärme in der ländlichen Haus- und Innenwirtschaft. Elektrizität 6/1953, S.138

57 - - Motor oder Elektromotor auf dem Bauernhof? Elektrizität 9/1954, S.256

58	VDEW	Die öffentliche Elektrizitätsversorgung im Bundesgebiet und West-Berlin 1956. Aus der statistischen Arbeit der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke, Frankfurt/M.
59	VICTOR, B.:	Die neuzeitliche Dreschmaschine. Landtechnik 11/1956, S.298
6o	WÄCHTER, H. v.:	Elektrowärme im bäuerlichen Haushalt. Die Technik in der Landwirtschaft, 15.Jg., Heft 1o, Oktober 1934, S.231
61	- -	Aufgaben der Energieversorgung im Rahmen der Rationalisierung der Landwirtschaft. Landtechnik 9, Mai 1954, S.248
62	ZIPFEL, M.:	Die wirtschaftliche Stromversorgung der Landwirtschaft. Energiewirtschaftlicher Verlag H.Meyer, Karlsruhe 1949
63		Landtechnik in Zahlen Landtechnik 1957, S. 472 f.
64	Woermann, E.:	Wandlungen in den Arbeitskosten der Landwirtschaft Agrarwirtschaft, Jahrgang 1953, S. 28o

ANHANG

Tabelle Nr. I

Anzahl der eingefahrenen Getreidefuhren

Sauggart: in 11 Betrieben von 1o,o - 25,o ha LN.

Datum	Vormittag				Nachmittag						ins - gesamt		größte Häufigkeit in v.H. d.Betriebe
	bis 1o^h		1o-12^h		12-15^h		15-18^h		18-21^h				
	Fuh.	Betr	Fuh	Betr	Fuh	Betr	Fuh	Betr	Fuh	Betr	Fuh	Betr	
6.8.	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	2	1	
1o.8.	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1	
11.8.	-	-	-	-	5	1	-	-	-	-	5	1	
12.8.	-	-	5	2	1o	4	5	3	-	-	2o	5	36,3
13.8.	-	-	2	1	17	7	11	5	-	-	3o	9	63,6
14.8.	-	-	2	1	3	1	-	-	3	2	8	3	
15.8.	-	-	2	1	2	1	-	-	-	-	4	1	
16.8.	-	-	3	1	-	-	4	1	-	-	7	1	
17.8.	-	-	2	1	12	4	4	2	-	-	18	5	36,3
18.8.	-	-	-	-	13	4	19	5	1	1	33	6	45,4
19.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2o.8.	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1	
21.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23.8.	-	-	-	-	5	2	4	1	1	1	1o	4	
24.8.	-	-	4	1	14	4	14	4	6	3	38	5	36,3
25.8.	-	-	-	-	4	2	8	2	6	2	18	5	36,3
26.8.	-	-	-	-	2	1	2	1	-	-	4	2	
27.8.	-	-	-	-	-	-	3	1	2	1	5	2	
28.8.	-	-	4	1	17	5	3o	8	6	3	57	1o	72,7
29.8.	-	-	8	3	34	8	31	9	6	2	79	1o	81,8
3o.8.	-	-	4	2	26	6	29	8	9	4	68	1o	72,7
31.8.	-	-	2	1	16	6	27	8	1o	5	55	9	72,7
1.9.	-	-	1	1	6	3	13	6	5	3	25	7	54,5
2.9.	-	-	-	-	6	2	9	4	2	2	17	5	36,3
3.9.	-	-	3	2	2	1	6	4	4	2	15	5	36,3
4.9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5.9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6.9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7.9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8.9.	-	-	-	-	4	1	-	-	-	-	4	1	

Tabelle Nr.II

Anzahl der eingefahrenen Getreidefuhren

Sauggart:

in 27 Betrieben von 7,5 - 25,0 ha LN.

Datum	Vormittag				Nachmittag						ins - gesamt		größte Häufigkeit in
	bis 10h		10-12h		12-15h		15-18h		18-21h				
	Fuh	Bet	Fuhr	Betr.	Fuhr	Betr.	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr.	Fuhr	Betr	v.H. d.Betrieb
6.8.	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	2	1	
10.8.	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	4	2	
11.8.	-	-	-	-	7	2	6	3	-	-	13	4	
12.8.	-	-	5	2	17	8	14	8	3	3	39	14	30,0
13.8.	-	-	2	1	29	13	23	11	1	1	55	19	48,1
14.8.	-	-	2	1	6	3	7	5	4	3	19	10	18,5
15.8.	-	-	2	1	4	2	-	-	-	-	6	2	
16.8.	-	-	4	2	3	1	6	2	-	-	13	2	
17.8.	-	-	3	2	17	6	12	5	-	-	32	9	22,2
18.8.	-	-	6	2	18	6	33	11	3	2	60	14	40,7
19.8.	-	-	-	-	1	1	2	1	-	-	3	1	
20.8.	-	-	3	1	-	-	5	2	-	-	8	2	
21.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22.8.	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	4	1	
23.8.	-	-	3	1	9	3	10	3	1	1	23	6	
24.8.	-	-	4	1	18	6	20	7	6	3	48	9	26,0
25.8.	-	-	5	3	11	6	17	6	6	2	39	12	22,2
26.8.	-	-	-	-	6	3	5	2	2	1	13	4	
27.8.	-	-	4	2	7	3	6	2	2	1	19	6	
28.8.	-	-	11	4	32	11	48	16	9	5	100	21	60,0
29.8.	-	-	18	8	58	19	56	20	7	3	139	23	74,0
30.8.	-	-	12	7	45	15	53	18	17	8	127	23	66,6
31.8.	-	-	2	1	34	17	51	16	19	8	106	24	63,0
1.9.	-	-	2	2	16	9	21	8	14	7	53	15	33,3
2.9.	-	-	5	3	15	7	21	8	2	2	43	12	30,0
3.9.	-	-	3	2	4	3	9	5	4	2	20	8	18,5
4.9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5.9.	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2	1	
6.9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7.9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8.9.	-	-	-	-	4	1	-	-	-	-	4	1	

Tabelle Nr. III

Anzahl der eingefahrenen Getreidefuhren

Schöckingen:

in 11 Betrieben von 1o,o - 15,o ha LN.

Datum	Vormittag				Nachmittag						ins - gesamt		größteHäufigkeit in v.H. der Betriebe
	bis 1o^h		1o - 12^h		12 - 15^h		15 - 18^h		18-21^h				
	Fuh	Bet	Fuhr	Betr.	Fuhr	Betr.	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr	
2.8.	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2	1	
3.8.	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	2	2	
4.8.	-	-	-	-	4	1	1	1	2	2	7	4	
5.8.	-	-	3	2	4	2	8	4	3	2	18	7	36,3
6.8.	2	1	3	2	5	3	4	3	5	3	19	5	27,2
7.8.	2	1	2	1	2	2	2	1	-	-	8	3	
9.8.	-	-	-	-	6	4	1	1	-	-	7	4	36,3
1o.8.	-	-	2	1	5	3	7	4	3	2	17	4	36,3
11.8.	-	-	1	1	8	4	14	7	5	3	28	7	63,6
12.8.	1	1	5	4	14	8	14	7	4	3	38	8	72,7
13.8.	-	-	1	1	6	4	9	6	7	6	23	8	54,5
14.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17.8.	-	-	-	-	4	2	4	3	1	1	9	4	27,2
18.8.	1	1	7	5	12	7	18	1o	3	2	41	1o	91,o
19.8.	-	-	-	-	5	3	7	5	4	3	16	6	45,4
2o.8.	-	-	4	4	16	9	6	4	-	-	26	9	81,8
21.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23.8.	-	-	-	-	2	1	2	1	-	-	4	1	
24.8.	-	-	-	-	8	5	13	7	3	3	24	8	63,6
25.8.	-	-	8	6	18	1o	22	11	3	3	51	11	1oo,o
26.8.	-	-	3	3	-	-	4	3	-	-	7	4	27,2
27.8.	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	
28.8.	-	-	-	-	6	4	11	5	3	2	2o	6	45,4
29.8.	-	-	-	-	-	-	2	1	1	1	3	1	
3o.8.	1	1	1o	5	7	6	2o	9	3	2	41	9	81,8
31.8.	-	-	2	2	1o	6	14	7	1	1	27	8	63,6
1.9.	-	-	2	2	3	2	1	1	4	2	1o	3	
2.9.	-	-	-	-	2	2	2	2	2	1	6	3	
3.9.	-	-	-	-	1	1	2	1	-	-	3	1	

Tabelle Nr. IV

Anzahl der eingefahrenen Getreidefuhren

Schöckingen:

in 2o Betrieben von 7,5 - 15,o ha LN.

Datum	Vormittag				Nachmittag						ins - gesamt		größteHäufigkeit in v.H. der Betriebe
	bis $1o^h$		$1o - 12^h$		$12 - 15^h$		$15 - 18^h$		$18 - 21^h$				
	Fuh	Bet	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr.	
1.8.	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	
2.8.	-	-	-	-	3	2	4	3	-	-	7	3	
3.8.	-	-	2	2	-	-	1	1	1	1	4	4	
4.8.	-	-	1	1	7	3	4	4	3	3	15	7	
5.8.	-	-	5	4	5	3	9	5	3	2	22	9	
6.8.	2	1	3	2	5	3	6	4	5	3	21	6	
7.8.	2	1	2	1	2	2	2	1	-	-	8	3	
8.8.	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	2	2	
9.8.	1	1	1	1	8	5	1	1	-	-	11	6	
1o.8.	-	-	2	1	7	4	9	5	7	3	25	7	
11.8.	-	-	1	1	1o	6	14	7	7	5	32	1o	
12.8.	1	1	12	9	22	14	22	11	8	6	65	16	
13.8.	-	-	4	3	1o	8	11	8	7	6	32	13	
14.8.	2	1	-	-	2	1	-	-	1	1	5	2	
16.8.	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2	1	
17.8.	1	1	2	2	9	5	9	5	1	1	22	7	
18.8.	2	2	11	8	18	11	24	14	4	3	59	16	
19.8.	-	-	1	1	6	4	11	8	4	3	22	9	
2o.8.	2	1	7	7	26	15	1o	7	1	1	46	16	
23.8.	-	-	-	-	2	1	2	1	-	-	4	1	
24.8.	-	-	-	-	1o	7	21	12	4	4	35	13	
25.8.	-	-	11	9	25	15	28	15	8	7	72	18	
26.8.	-	-	5	5	-	-	5	4	-	-	1o	7	
27.8.	1	1	-	-	3	2	-	-	2	2	6	3	
28.8.	1	1	1	1	7	5	15	8	5	4	29	11	
29.8.	-	-	-	-	-	-	2	1	1	1	3	1	
3o.8.	1	1	12	7	12	1o	25	13	6	5	56	14	
31.8.	1	1	4	4	12	8	18	11	4	4	39	13	
1.9.	1	1	2	2	3	2	1	1	4	2	11	4	
2.9.	-	-	-	-	2	2	3	3	2	1	7	4	
3.9.	-	-	-	-	1	1	2	1	-	-	3	1	

Tabelle Nr. V

Anzahl der eingefahrenen Getreidefuhren

Sulzdorf/Ufr.

in 34 Betrieben von 5,o - 32,o ha LN.

Datum	Vormittag				Nachmittag						ins - gesamt		größteHäufigkeit in
	bis 10^h		$10 - 12^h$		$12 - 15^h$		$15-18^h$		$18-21^h$				
	Fuhr	Bet	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr	Fuhr	Betr	v.H.d.Betriebe
1o.8.	-	-	-	-	7	3	8	3	2	1	17	3	8,8
11.8.	1	1	2	1	6	2	4	1	-	-	13	2	5,8
12.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13.8.	-	-	-	-	-	-	7	2	5	2	12	3	5,8
14.8.	-	-	-	-	14	7	19	7	2	2	35	8	2o,5
15.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16.8.	12	5	6	3	34	12	31	12	9	4	92	15	35,3
17.8.	1o	3	3	2	7	4	8	4	4	3	32	7	11,7
18.8.	13	6	7	4	3o	11	32	13	5	3	87	15	4o,o
19.8.	2	1	1	1	1	1	-	-	-	-	4	1	3,o
2o.8.	3	2	9	5	27	9	26	11	12	6	77	15	32,3
21.8.	4	1	5	2	9	4	22	9	11	5	51	14	26,5
22.8.	4	3	2o	11	32	15	36	15	7	4	99	19	44,1
23.8.	3	3	12	6	2o	8	21	9	-	-	56	13	26,5
24.8.	6	3	4	3	15	7	37	16	13	7	75	19	47,o
25.8.	3	2	9	5	6	3	8	4	4	2	3o	8	14,7
26.8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27.8.	25	14	41	9	57	26	57	22	12	5	192	3o	76,4
28.8.	3	1	5	2	4o	8	42	19	1o	5	1oo	23	56,o
29.8.	11	5	11	5	33	15	35	16	8	5	98	2o	47,o
3o.8.	-	-	-	-	1o	6	14	7	3	2	27	9	2o,5
31.8.	4	2	3	2	26	13	3o	12	14	6	77	2o	4o,o
1.9.	3	2	1	1	21	9	27	9	7	4	59	13	26,5
2.9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.9.	8	5	2o	7	26	8	21	8	6	2	81	14	23,5
4.9.	-	-	4	2	1o	4	12	5	1	1	27	6	14,7
5.9.	-	-	6	3	12	4	1o	4	1	1	29	6	11,7
6.9.	-	-	2	1	2	1	4	2	2	1	1o	2	5,8
7.9.	-	-	3	2	2	1	3	1	-	-	8	2	5,8

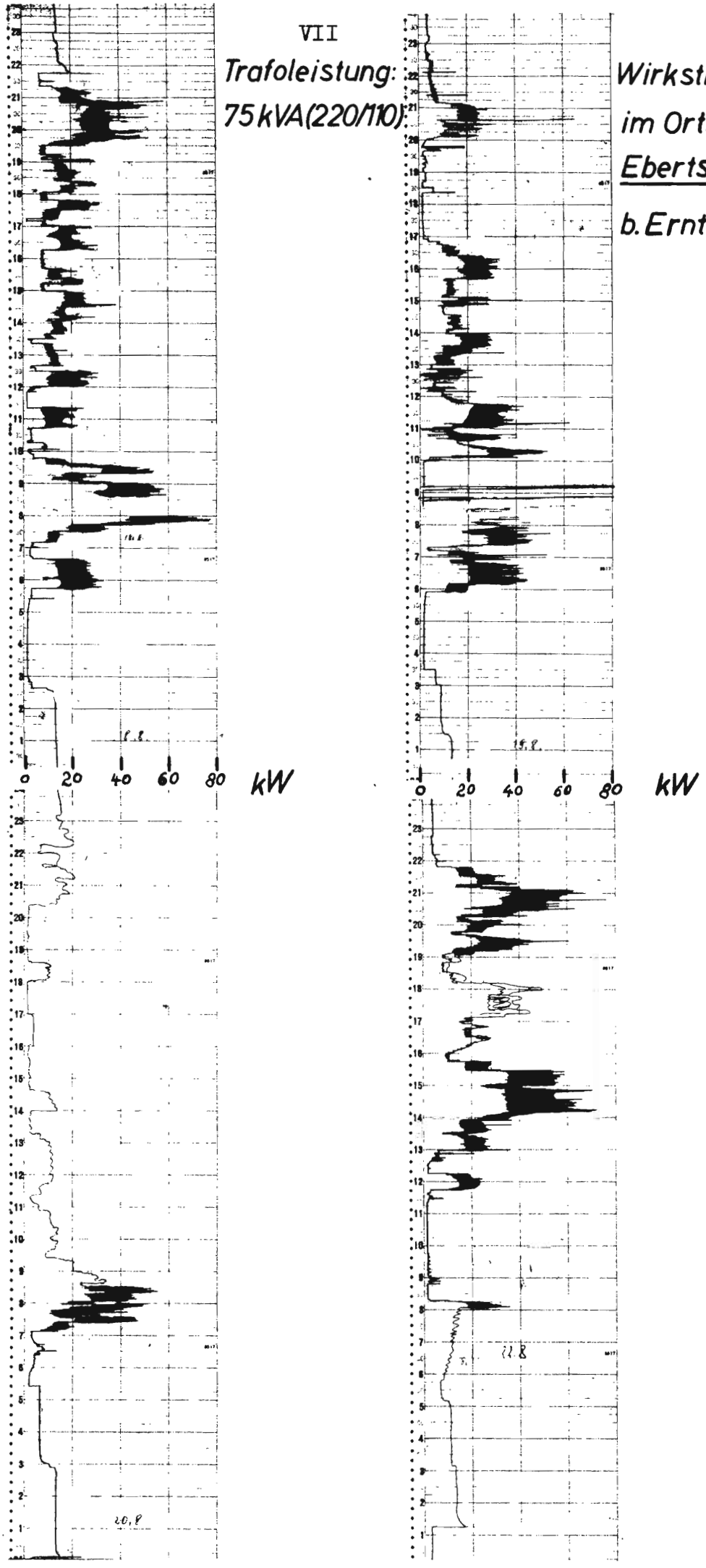
Vergleich der Jahreskosten für Kochen und Warmwasserbereitung mit Holz, Strom und Gas ohne Berücksichtigung der Raumerwärmung während der kalten Jahreszeit
- nach österreichischen Untersuchungen von HOCHKÖNIG (2o) -

Tabelle VI

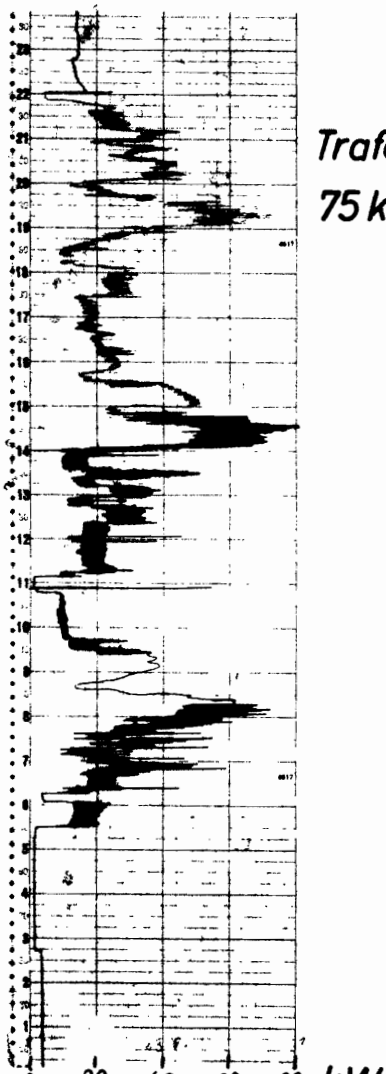
Geräte	Ausführung	Brennstoffe Tarifklasse Preisklasse	Kochen Jahreskosten i.v.H.	Warmwasserbereitung Jahreskosten v.H.	Kochen u. Warmwasserbereitung Jahreskosten v.H.
Herde m. Wasserschiff u. Holzfeuerung	f = 10% gewöhnlich	Fichtenholz	-	-	100
		Buchenholz	-	-	89,2
	f = 15% hochwertig	Fichtenholz	-	-	83,3
		Buchenholz	-	-	64,1
Elektro-Herd u. E-Heißwasserspeicher	3 Kochstellen, Hängespeicher 100 L	I	28,5	14,0	42,5
		II	44,0	15,3	59,3
Gas-Herd und Gas-Durchlauferhitzer	3 Kochstellen, Durchlauferhitzer: 5 L/Min.	Flaschengas F	51,8	31,7	83,5
		Flaschengas B	63,2	37,3	100,5

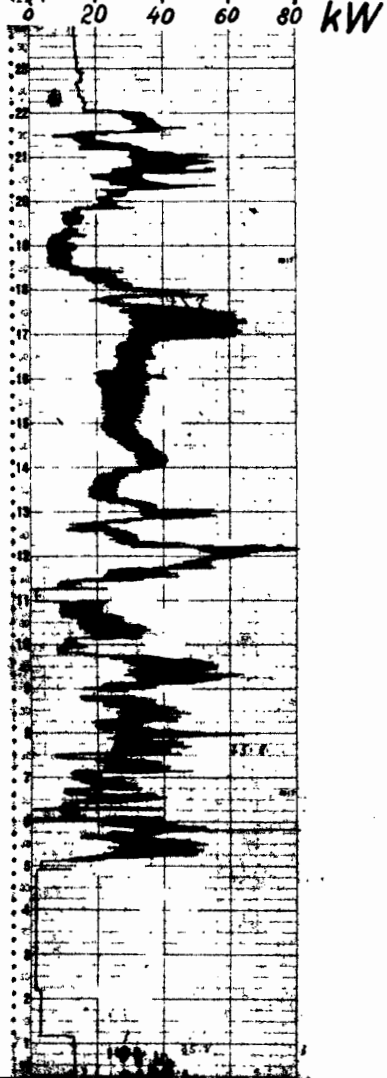
Trafoleistung:
75 kVA (220/110)

Wirkstromaufnahme
im Ortsnetz
Ebertsbronn
b. Erntehofdrusch

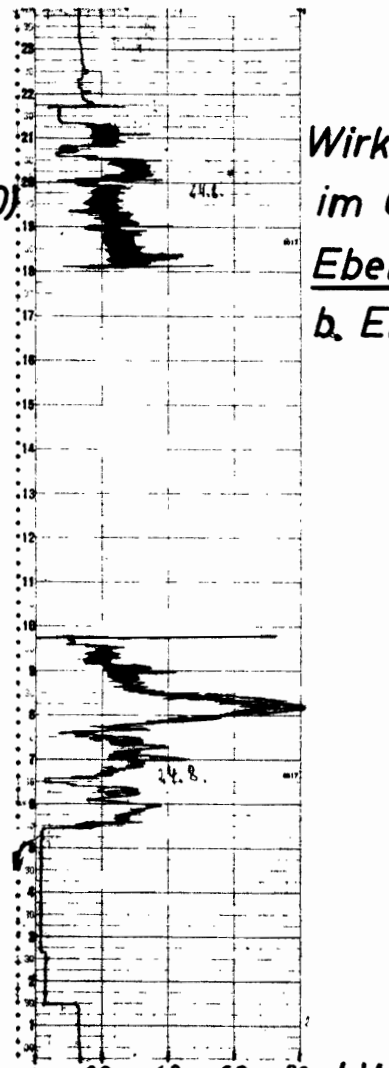


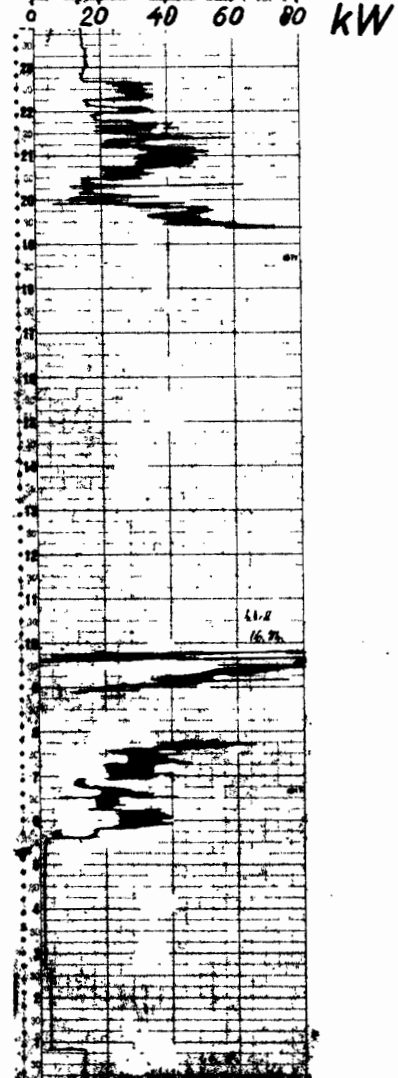
Trafoleistung:
75 kVA(220/110)

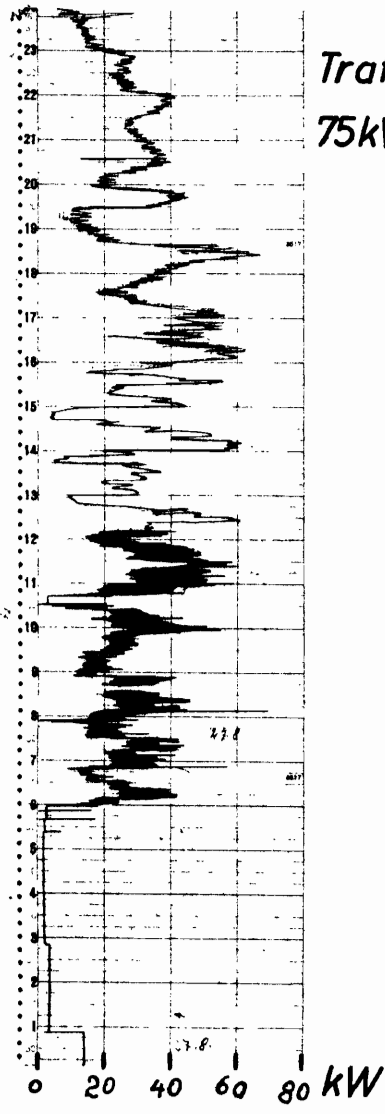




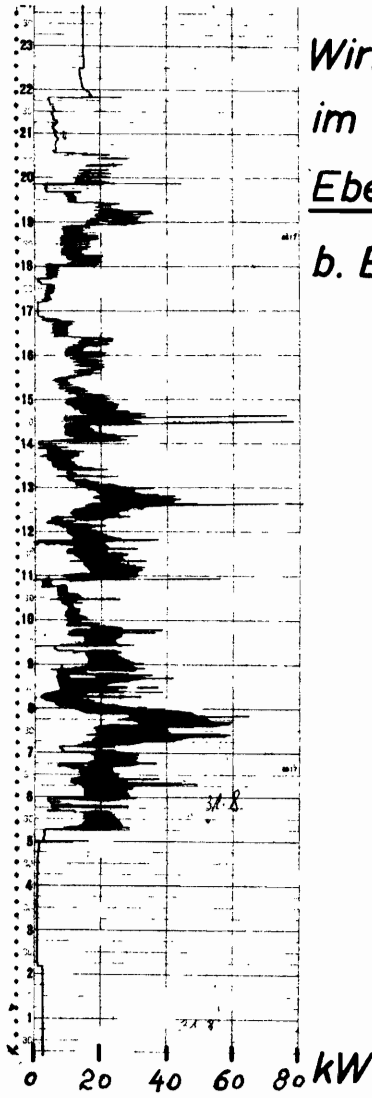
Wirkstromaufnahme
im Ortsnetz
Ebertsbronn
b. Erntehofdrusch



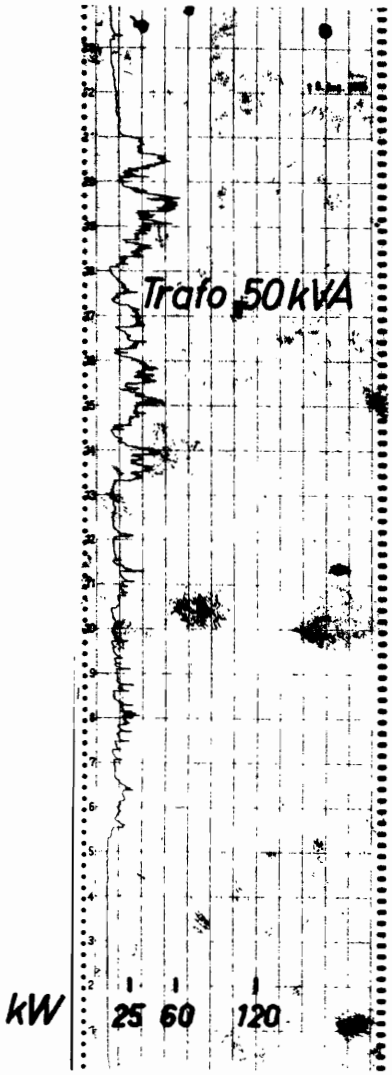


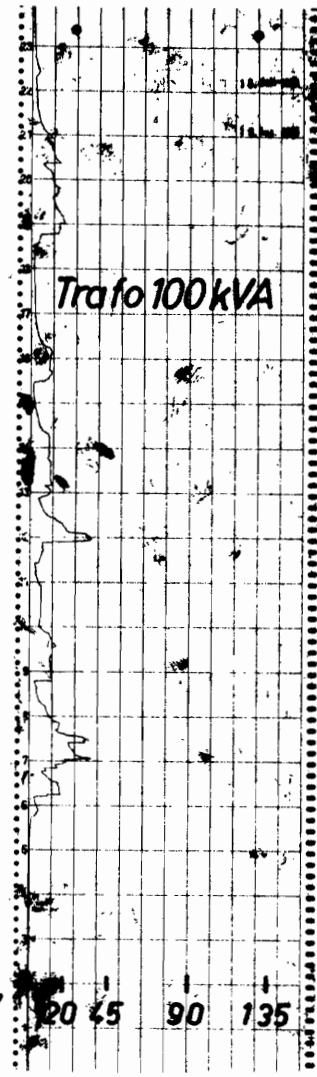


Trafoleistung:
75 kVA (220/110)

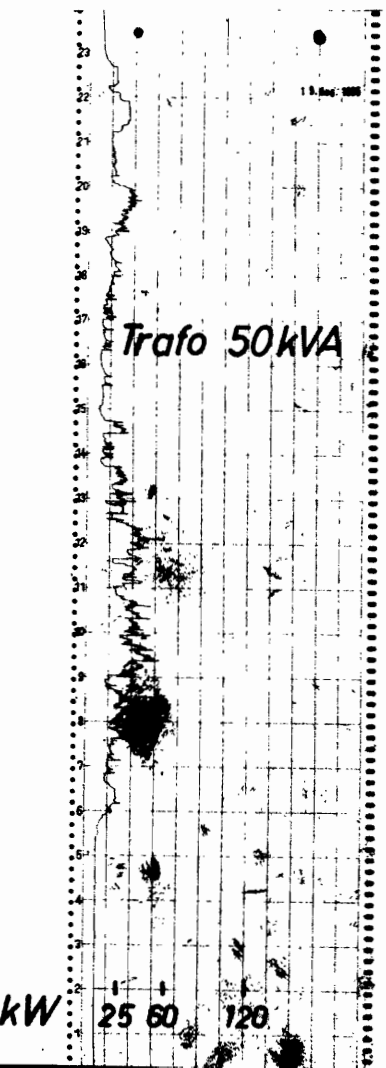


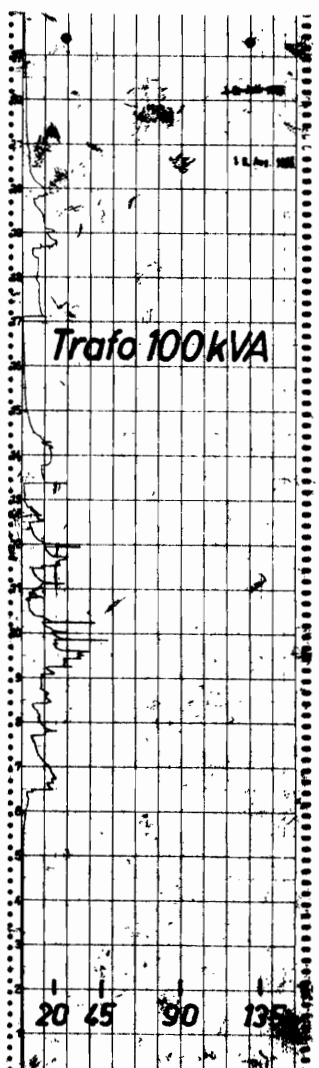
Wirkstromaufnahme
im Ortsnetz
Ebertsbronn
b. Erntehofdrusch

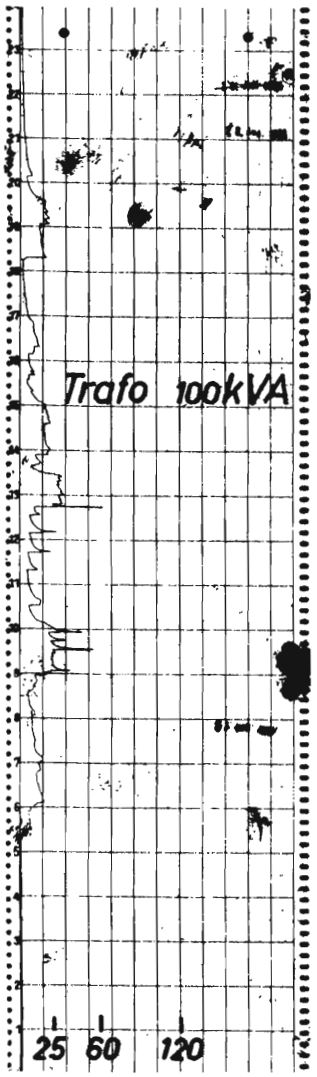


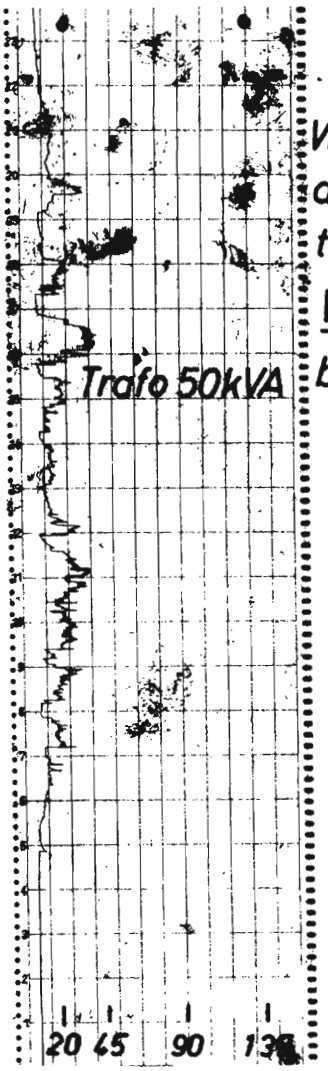


Wirkstromaufnah
an 2 Transforma
toren im Ortsnetz
Wolpertshausen
beim Erntehofdr.

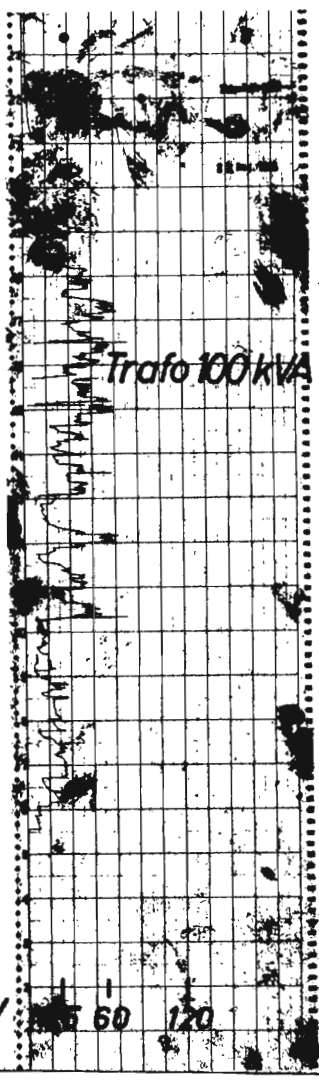


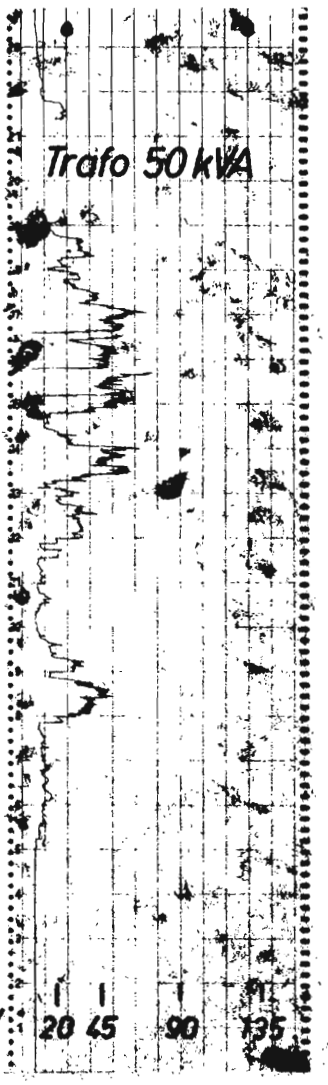


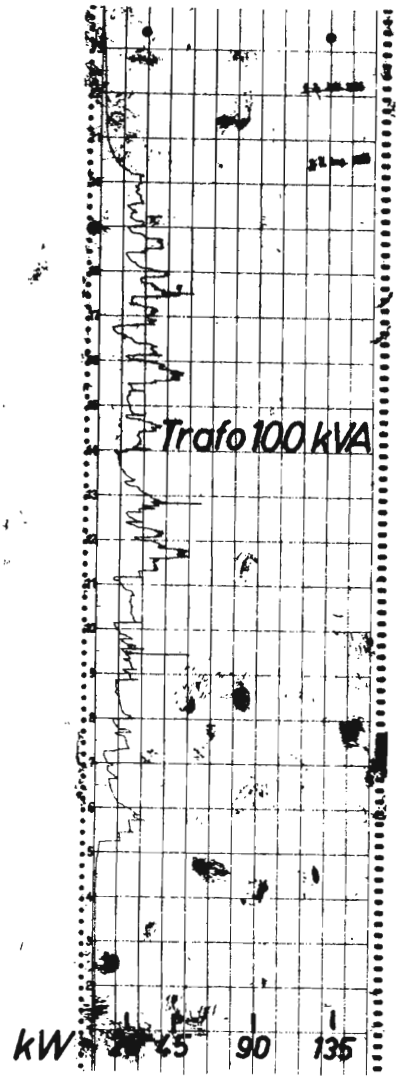


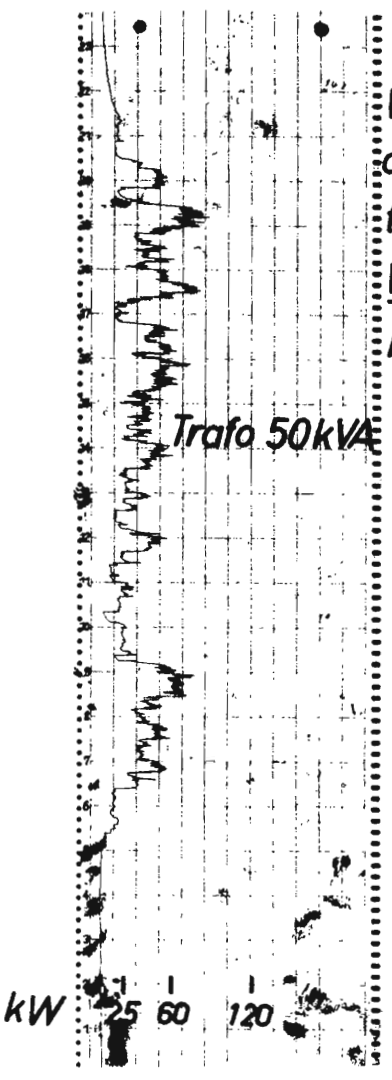


Wirkstromaufnahm an 2 Transforma- toren im Ortsnetz Wolpertshausen b. Erntehofdrusch

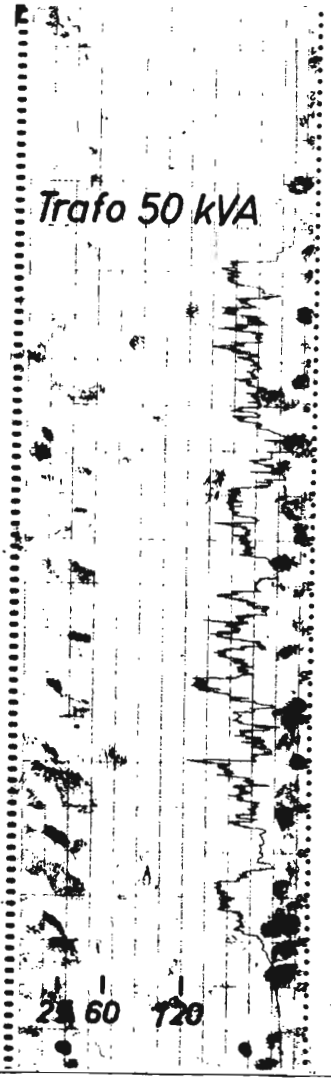


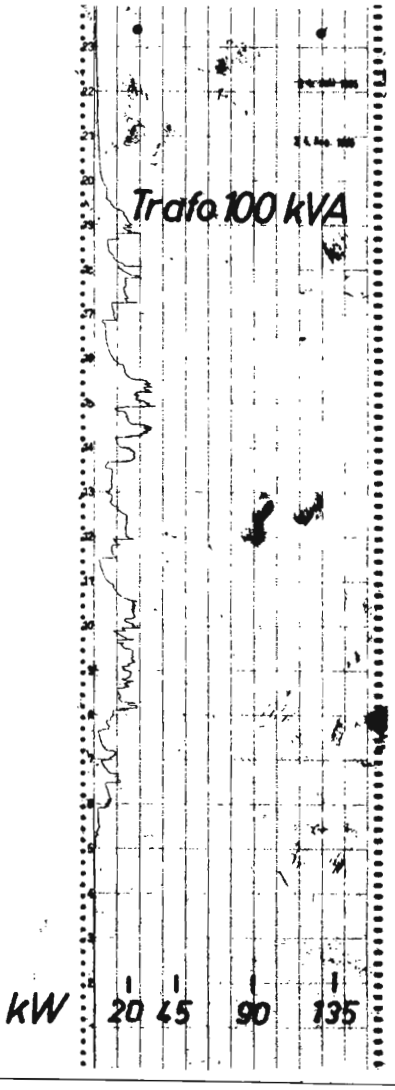


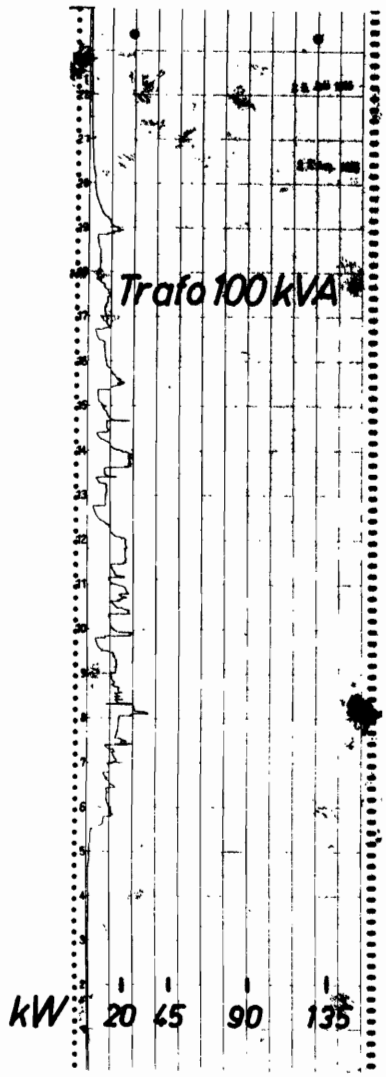


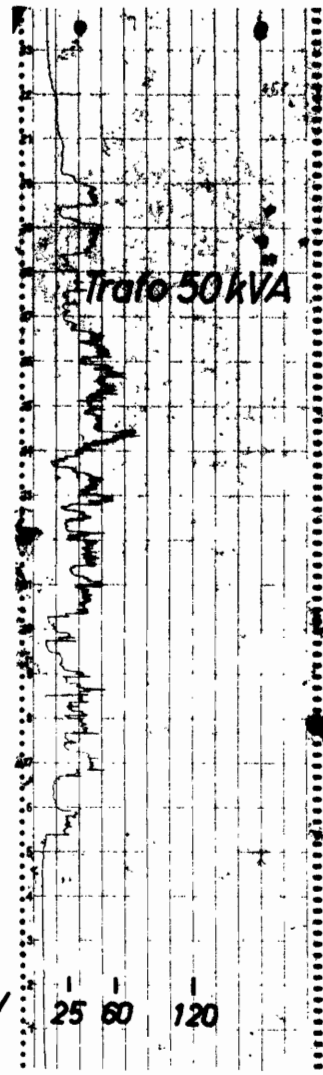


Wirkstromaufnahm
an 2 Transforma-
toren im Ortsnetz
Wolpertshausen
b. Erntehofdrusch

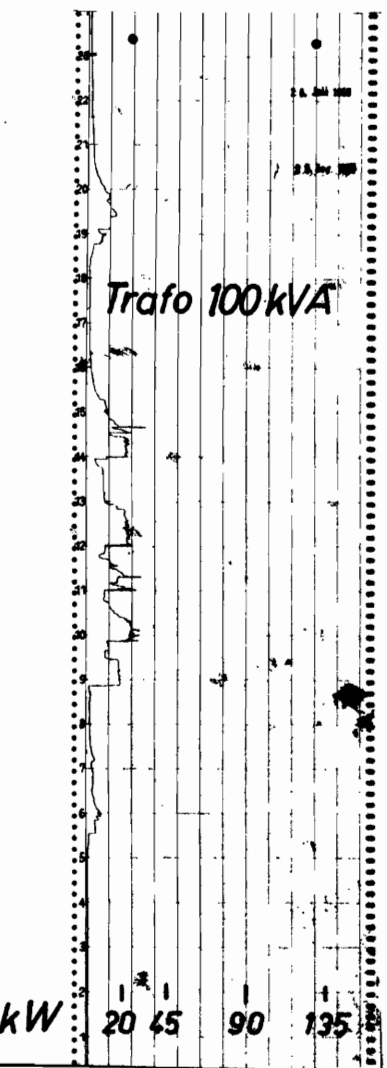


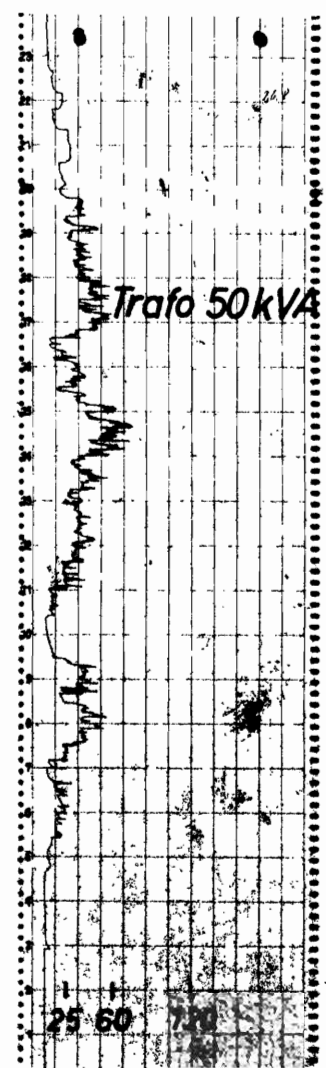




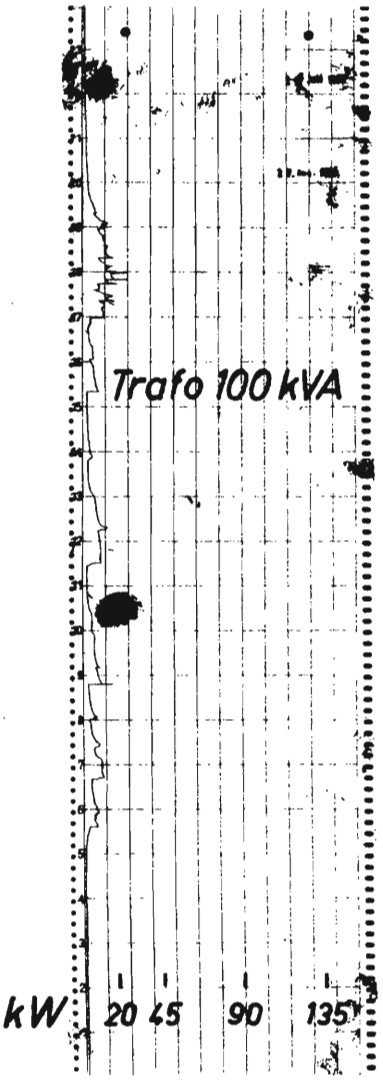


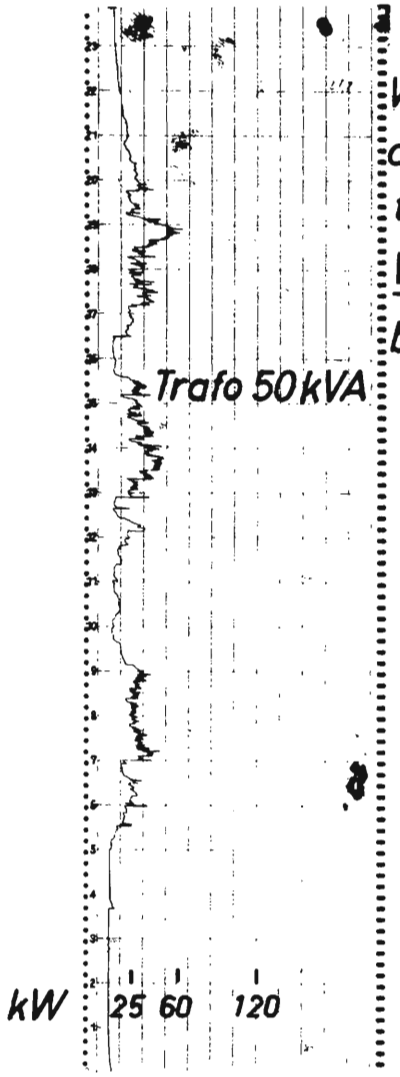
Wirkstromaufnahme an 2 Transformatoren im Ortsnetz Wolpertshausen b. Erntehofdrusch

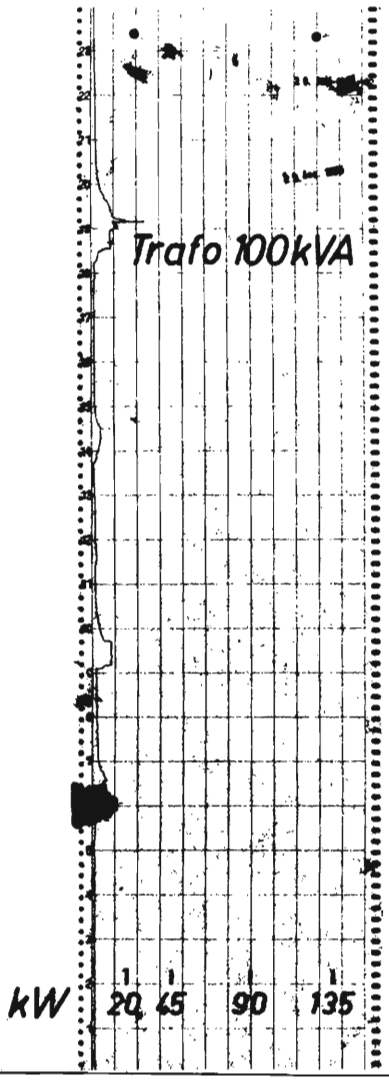


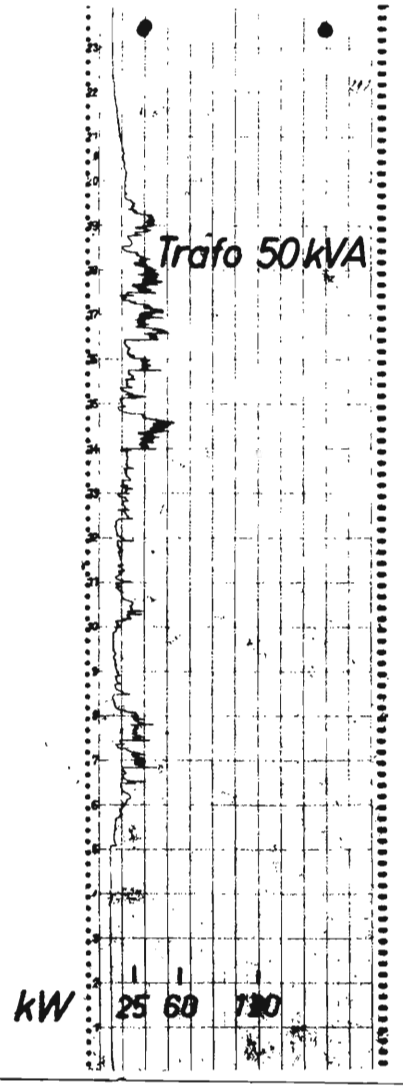


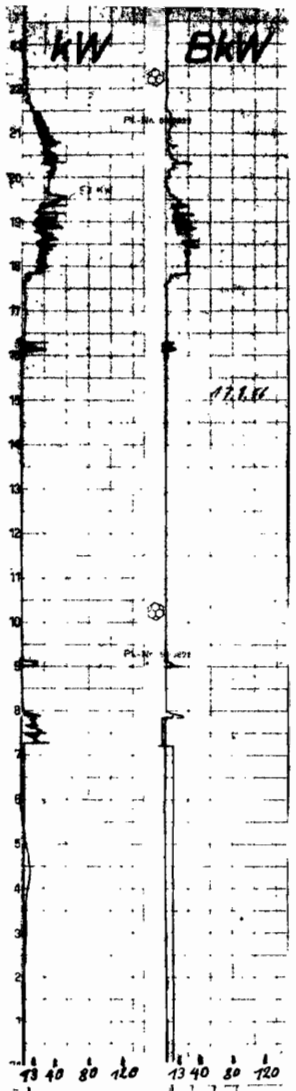
Wirkstromaufnahme an 2 Transformatoren im Ortsnetz Wolpertshausen b. Erntehofdrusch

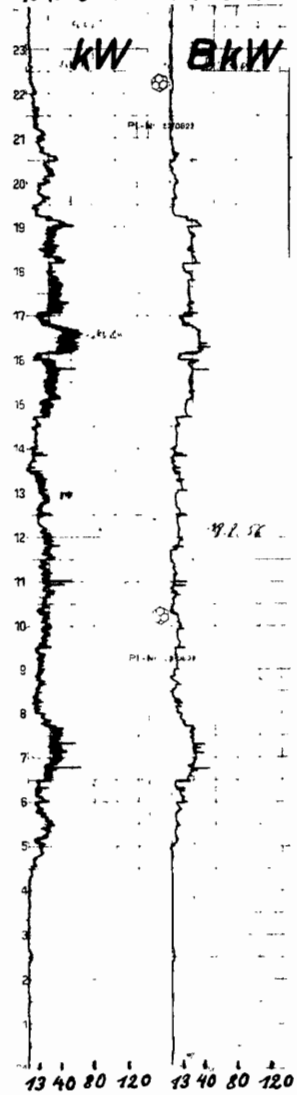


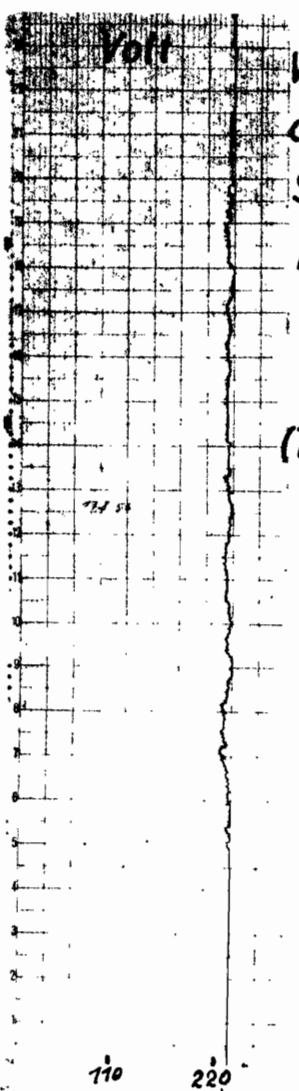


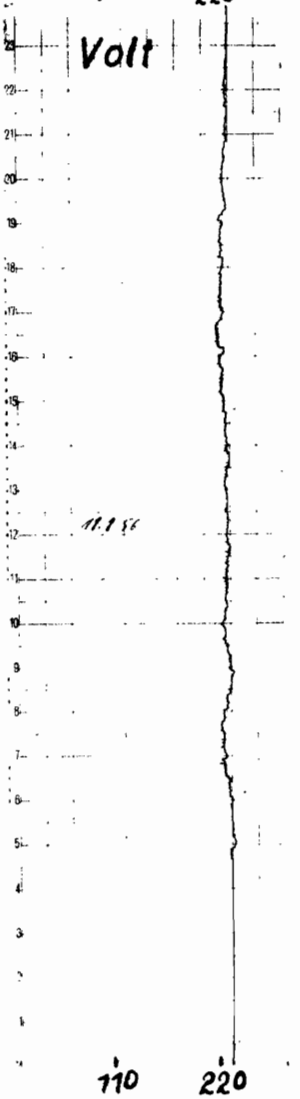




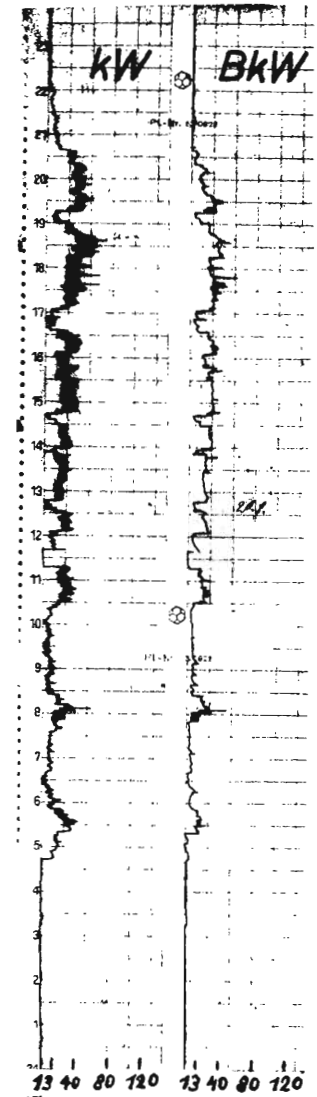


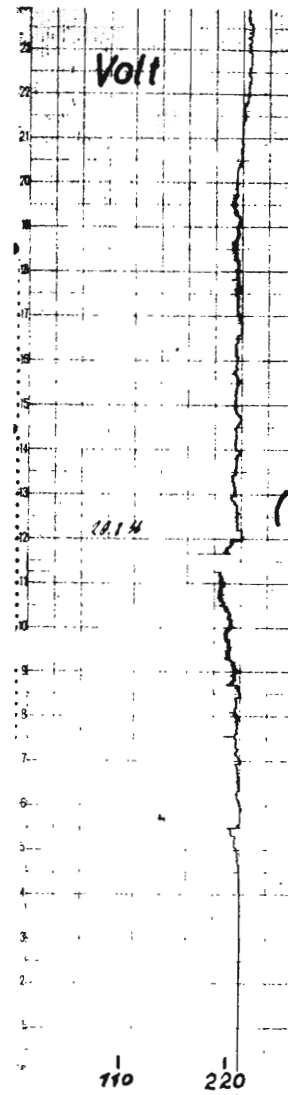


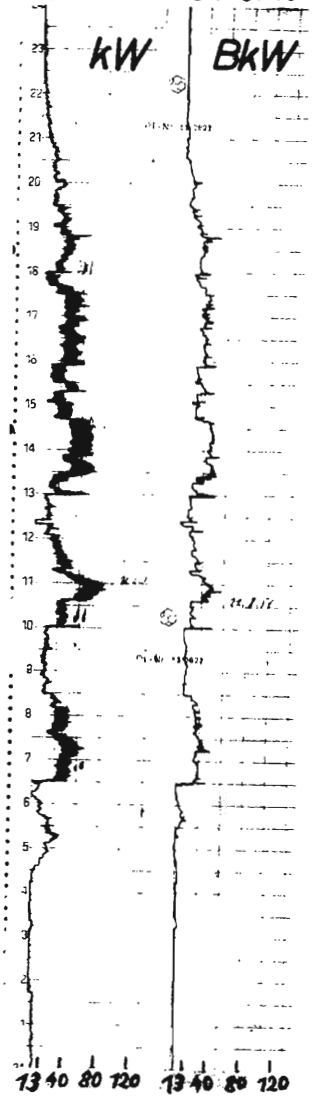


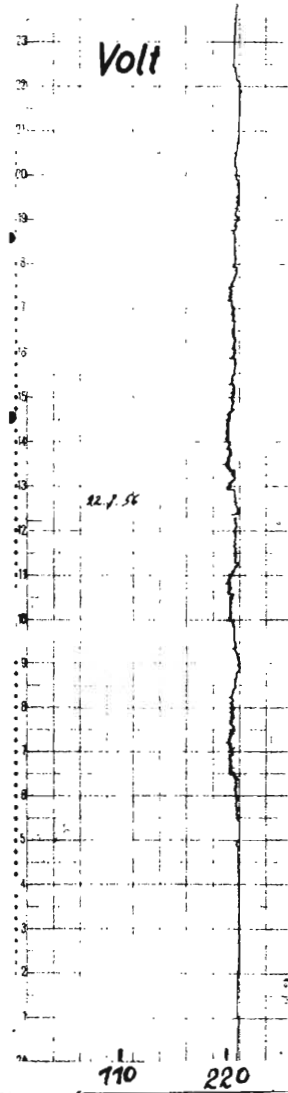


Wirk.-u. Blindstrom-aufnahme sowie Stromspannung in der Transforma-torenstation Sulzdorf (Trafoleistung 100kVA)



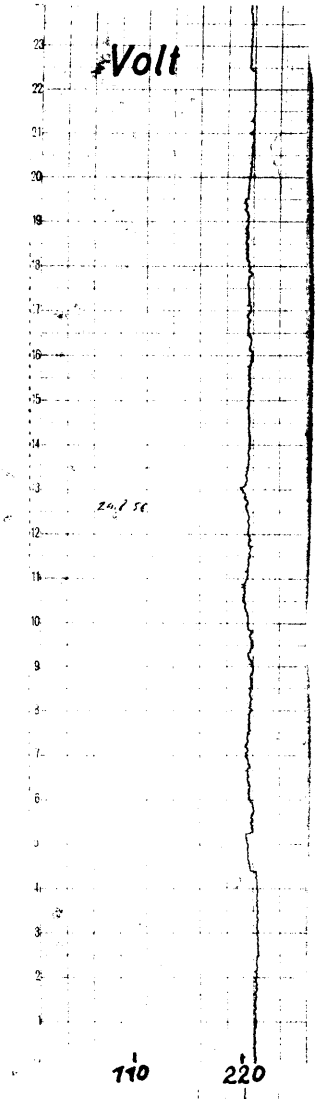


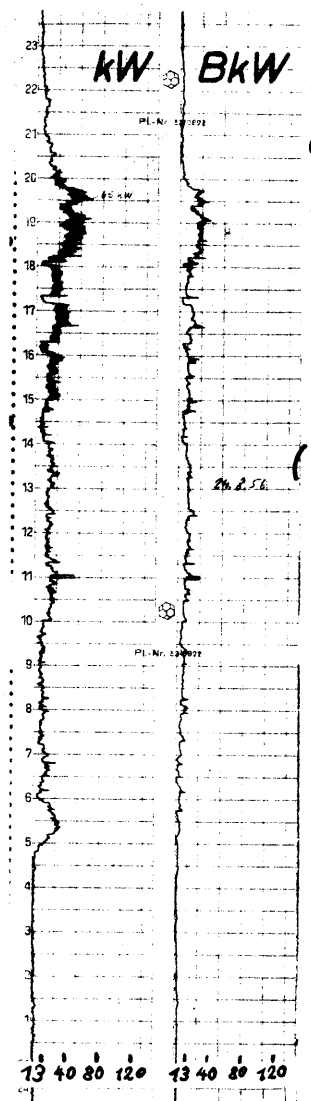


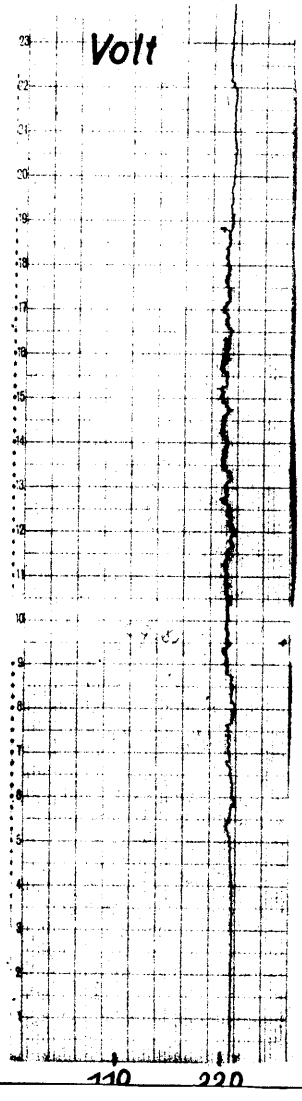


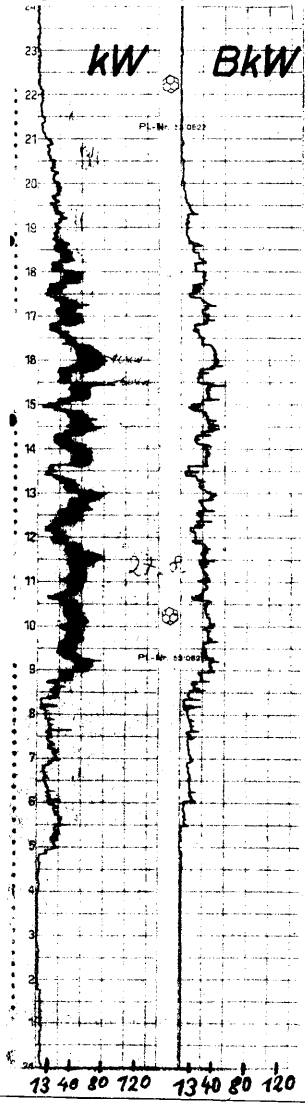
Wirk- u Blindstrom aufnahme sowie Stromspannung in der Transformatorenstation Sulzdorf

(Trafoleistung 100kVA)

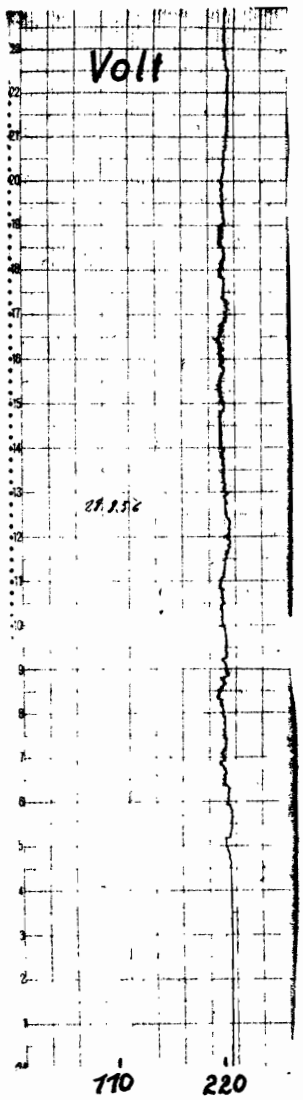


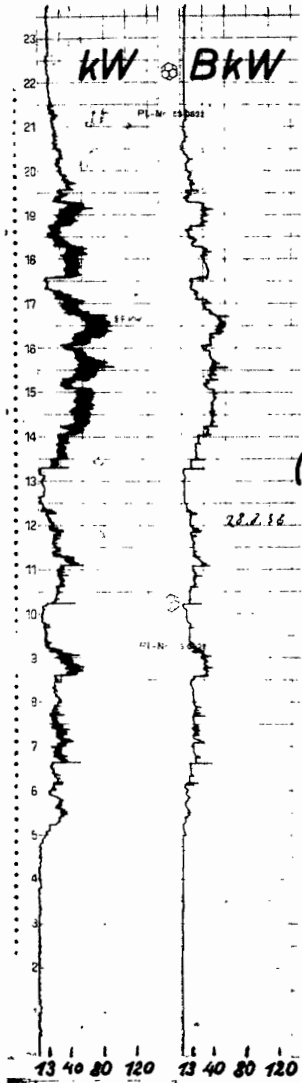






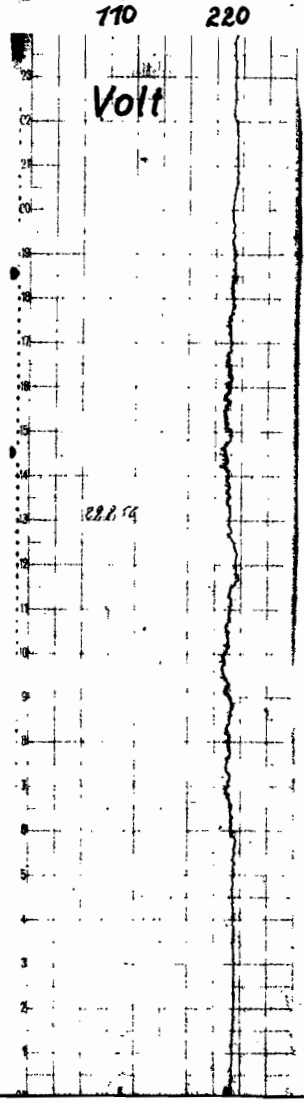
Wirk- u. Blindstrom-aufnahme sowie Stromspannung in der Transformatorenstation Sulzdorf (Trafoleistung 100 kVA)

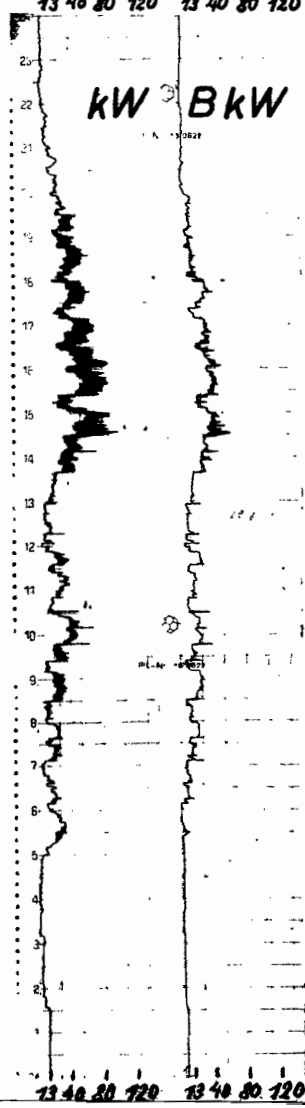


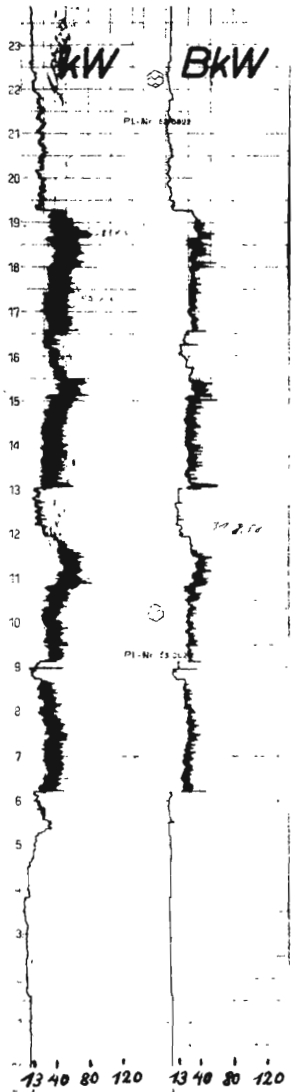


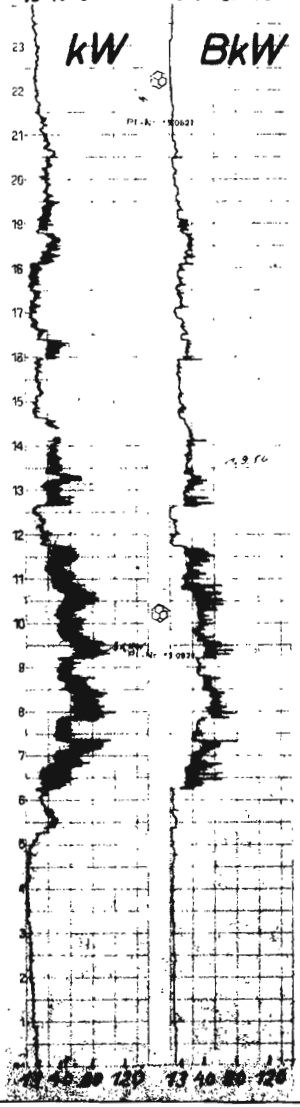
Wirk-u.Blindstrom-aufnahme sowie Stromspannung in der Transformatorenstation Sulzdorf

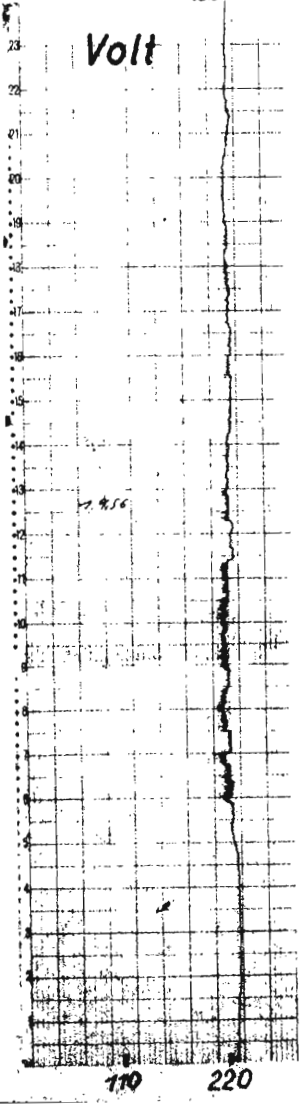
(Trafoleistung 100kVA)











Wirk- u. Blindstrom-aufnahme sowie Stromspannung in der Transformatorenstation Sulzdorf

(Trafoleistung 100kVA)

Leistungsschreiber mit Überblick auf die nächtliche und morgendliche Netzbelastung (ab 7.45 h Häckseldrusch)

Messung von Spannung, Wirk- und Blindstrom einer Ortschaft mit schreibenden Instrumenten

Meßgeräteanordnung für elektrische Belastungsmessungen in einer Trafostation mit 2 Umspannern