

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 59 (1968)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Elektrische Raumheizung in Schweden  
**Autor:** Locher, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916033>

#### **Nutzungsbedingungen**

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

#### **Conditions d'utilisation**

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

#### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 20.02.2026

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

Bewirtschaftung des Gebietes haben in hohem Mass Einfluss<sup>1)</sup>.

Da die Elektrifizierung kein isoliertes Vorhaben ist, kann sie nicht von den unmittelbaren Begleiterscheinungen getrennt werden. Mangelt es daran, verpasst sie ihre besten Chancen. Darum werden alle bevölkerungstechnischen, geographischen, wirtschaftlichen und menschlichen Faktoren mit gutem Recht die Aufmerksamkeit der verantwortlichen Leiter der Verteilerwerke auf sich ziehen.

Zu diesem Zweck arbeiten sie mit allen öffentlichen Behörden oder privaten Stellen, welche irgendwelche Verantwortung an der regionalen Entwicklung haben, zusammen.

Mit anderen Worten, der Verteiler der elektrischen Energie im ländlichen Gebiet kann sich nicht damit begnügen, ein guter Techniker, ein guter Geschäftsführer, ein guter Kaufmann zu sein, er fühlt sich auch mitverantwortlich für die Verbesserung des Lebensstandards der versorgten Bevölkerung und ergreift somit ganz zu Recht jede Initiative, die diesem Zweck dienen kann.

Es ist im übrigen selbstverständlich, dass sich ein für die Öffentlichkeit so bedeutendes Unternehmen für die Gesamtheit der menschlichen Probleme seines Gebietes besonders interessiert.

#### 4.4

Aufgabe des Verteilers ist es indessen vor allem, die Landbevölkerung zu möglichst ähnlichen Bedingungen, wie sie in

<sup>1)</sup> Die diesbezüglichen Feststellungen sind übereinstimmend: Die Vielseitigkeit der wirtschaftlichen Tätigkeiten gestaltet der Elektrizität, eine viel wichtigere Rolle in jeder von ihnen zu spielen.

der Stadt bestehen, zu beliefern. Er soll über die Sicherheit der Versorgung, die Bereithaltung einer genügenden Leistungsreserve und die Spannungsstabilität wachen. Er soll an Ort und Stelle über ein technisches und kaufmännisches Büro verfügen und soweit als möglich die gleichen Tarife wie in der Stadt anwenden. Man muss dennoch anerkennen, dass in vielen Fällen dieser letzte Punkt nur durch Verlagerung, sei es durch Vermittlung der öffentlichen Hand oder — was vorzuziehen ist — durch internen Gewinnausgleich, möglich ist.

Dies alles erfordert natürlich die Anwendung entsprechender technischer Lösungen, welche den ländlichen Gegebenheiten und dem gesteckten Ziel angepasst sind. Das erfordert gleichfalls die Wahl und die entschiedene Verfolgung einer Ausdehnungspolitik ohne jegliche Einschränkung der Anwendungen, d. h. die Suche nach dem finanziellen Gleichgewicht bei einem hohen Verbrauch.

Schliesslich scheint uns offensichtlich, dass eine ausgeprägte Verkaufsförderung und eine geschmeidige Organisation, abgestimmt auf Kundendienst und Beratung, allein fähig sind, die normale Wirtschaftlichkeit der in solch einem Programm investierten Gelder zu gewährleisten und ebenfalls für die Verteilung im ländlichen Gebiet auf die Qualität der Versorgung zu achten, die seiner wirtschaftlichen und sozialen Bedeutung zukommt.

### Übertragung ins Deutsche:

Dipl.-Ing. J. Schwarz, Prokurist EVS, 795 Biberach an der Riss.

## Elektrische Raumheizung in Schweden

von W. Locher, Luzern

644.1:621.365(485)

### 1. Allgemeine Angaben

Schweden ist mit seiner Oberfläche von 450000 km<sup>2</sup> fast 11 mal so gross wie die Schweiz, beherbergte am 1. Januar 1967 aber nur 7,84 Mio. Einwohner. Davon wohnten 4,53 Mio. in Städten und 3,31 Mio. auf dem Land. Die Bevölkerungsdichte beträgt 19 Einwohner pro km<sup>2</sup>. Allerdings bestehen nur 10 % der Gesamtfläche aus Acker- und Wiesland, 50 % sind mit Wald bedeckt und der Rest besteht aus Gebirge und Seen, deren es in Schweden mehr als 90000 geben soll.

Die Elektrizität deckt heute rund 33 % des gesamten Energiebedarfes, der eine jährliche Wachstumsrate von im Mittel 3 % aufweist. Die Wasserkraftreserven des Landes werden auf ca. 200000 GWh geschätzt, wovon 80000 GWh wirtschaftlich nutzbar sind.

Im Jahre 1966 wurden 50770 GWh erzeugt, wovon 45650 GWh aus hydraulischen Werken und 5120 GWh aus Dampfkraftwerken stammten. Zusätzlich wurden 1490 GWh aus Norwegen und Dänemark importiert. Die gesamte in Kraftwerken installierte Leistung betrug zu diesem Zeitpunkt 12300 MW.

Hauptverbraucher von elektrischer Energie ist in Schweden die Grossindustrie mit 22490 GWh. Die Detailabonnenten benötigten 1966 15210 GWh. 2690 GWh gingen an die chemische elektrothermische Industrie, 1830 GWh an die Bahnen, 1110 GWh an die Elektrokessel und 2580 GWh wurden exportiert.

Das staatliche Kraftwerk-Unternehmen ist mit 45 % an der gesamten Energieproduktion Schwedens beteiligt, 40 % werden durch private Werke und 15 % durch Gemeindewerke erzeugt.

Die Staatswerke wurden 1909 gegründet und befassten sich

zu Beginn in erster Linie mit der Nutzbarmachung der reichen Wasserkräfte im äussersten Norden des Landes. Zu diesem Zwecke musste ein ausgedehntes Netz von Hochspannungsleitungen erstellt werden, über welches die erzeugte Energie an die Staatsbahnen, an die Industrie, an die Gemeindewerke und an private Verteilgesellschaften abgegeben wird. Die Staatswerke liefern nur in geringem Maßstab Strom direkt an die Detailabnehmer. Sie sind als unabhängiges, kommerzielles Unternehmen organisiert mit einer Generaldirektion in Stockholm und 7 Betriebsdirektionen in den verschiedenen Regionen des langgezogenen Landes. Die Energieproduktion der staatlichen Werke im Jahre 1966 bezifferte sich auf 23840 GWh.

Zu den Gemeindewerken gehört eine Reihe von grösseren Stadtwerken, welche zum Teil eigene hydraulische und thermische Zentralen besitzen, wie z. B. Stockholm und die Stadt Skellefteå, zum Teil aber auch die gesamte benötigte Energie von den Staatswerken beziehen.

Zu den privaten Werken zählen u. a. eine ganze Reihe von grossen Industriekonzernen, die ihre elektrische Energie selber erzeugen. Daneben gibt es eine Anzahl von privaten, regionalen Elektrizitätswerken, deren Aktien zum Teil in den Händen von Stadtwerken sind. Das grösste Unternehmen dieser Art sind die südschwedischen Kraftwerke mit einem Energieumsatz von 5910 GWh pro 1966.

Das gesamte Höchstspannungsnetz Schwedens umfasst heute rund 3500 km 400 kV-Leitungen und 4800 km 220 kV-Leitungen. Bereits 1936 wurde die erste 220 kV-Leitung gebaut und 1952 kam die erste 400 kV-Leitung zwischen Harspånget

und Hallsberg mit einer Länge von annähernd 1000 km in Betrieb. Die Staatswerke haben sich mit den übrigen Werken, welche Höchstspannungsleitungen besitzen, zu einem Pool zusammengeschlossen, so dass heute das ganze Netz einheitlich betrieben wird. In West- und Südschweden sind noch häufig 130 kV- und 70 kV-Leitungen anzutreffen. Die Übertragung in Mittelspannung erfolgt in 40, 20, 10 oder 6 kV. Die Gebrauchsspannung beim Detailverbraucher ist auf 220/380 V normalisiert.

Einen Sonderfall bildet das Untersee-Kabel zwischen dem Festland und der Insel Gotland, das mit 100 kV Gleichstrom betrieben wird und eine Länge von rund 100 km aufweist. Auf dem Festland befindet sich eine Gleichrichterstation, welche durch das 130 kV-Netz gespiesen wird und auf der Insel wird der Gleichstrom wiederum in Dreiphasenwechselstrom umgeformt und an das 30 kV-Netz abgegeben.

## 2. Marktsituation

In den letzten Jahrzehnten lag die Zuwachsrate des Elektrizitätsverbrauches ziemlich konstant bei 6,5 %. Während der Kriegsjahre war der Bau von neuen Wasserkraftanlagen etwas in Verzug geraten, so dass die Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen Mühe hatten, bei der Bereitstellung neuer Energiequoten mit dem rasch steigenden Bedarf in der Nachkriegsperiode Schritt zu halten. Es wurde daher parallel mit dem Ausbau der hydraulischen Reserve mit der Errichtung von thermischen Kraftwerken auf Kohle- und Ölbasis begonnen. Bis gegen Ende des letzten Jahrzehnts wurde daher seitens der Elektrizitätswerke auf jede absatzfördernde Propaganda verzichtet. Inzwischen sind aber die Ölpreise auch in Schweden stark gesunken, so dass mehr und mehr die moderne Ölheizung die bisherigen Kohle- und Holzheizungen verdrängte, wobei dann auch zugleich die Warmwasserbereitung miteinbezogen wurde und so der Elektrizität verloren ging.

Anderseits konnten die Gestehungspreise der thermischen Kraftwerke infolge der niedrigen Ölpreise und der besseren Wirkungsgrade der immer grösser werdenden Turboeinheiten verringert werden. Zudem zeichnet sich für die nahe Zukunft eine weitere Kostendegression durch die Inbetriebnahme von Kernkraftwerken ab. Ein in Schweden selbst entwickeltes Kernkraftwerk mit einer thermischen Leistung von 65000 kW steht südlich von Stockholm bereits in Betrieb. Der mit natürlichem Uran gespiesene Reaktor mit schwerem Wasser als Moderator und Kühlmittel liefert Dampf sowohl für die Fernheizung eines Vorortes von Stockholm als auch für den Betrieb einer 11000 kW-Niederdruckdampfturbine. Die Staatswerke haben eine weitere Kernzentrale desselben Typs, jedoch grösserer Leistung, bei Marviken im Bau. Einige grössere Privatwerke sind in einem Konsortium zusammengeschlossen, das den Bau eines Siedewasserreaktors amerikanischen Typs finanziert.

## 3. Neue Absatzpolitik

Zu Anfang der sechziger Jahre stellte sich somit eine neue Situation auf dem schwedischen Energiemarkt ein: *Für die rasch steigende Produktion in neuen thermischen Werken konventioneller und atomarer Bauart musste der entsprechende Absatz gefunden werden; die elektrische Raumheizung rückte in den Vordergrund.*

Um den elektrischen Strom für Heizzwecke attraktiv zu machen, musste das schwedische Tarifgefüge neu gestaltet werden. Jedes Elektrizitätswerk ist selbstverständlich berechtigt, seine eigenen Tarife zur Anwendung zu bringen. Doch

gibt der Verband Schwedischer Elektrizitätswerke Richtlinien hinsichtlich der Art und der Höhe der Tarife heraus, welche von den einzelnen Unternehmen im allgemeinen befolgt werden. Die Strompreise sind allerdings in Nord-Schweden infolge der dortigen Zusammenballung der grössten Wasserkraftwerke etwas tiefer als in den übrigen Landesteilen. Auf Grund der in den letzten Jahren ausgearbeiteten Richtlinien hat sich ein ganz neues Tarifsystem für die Detailabnehmer herausgeschält, das im folgenden anhand der Tarife der staatlichen Werke skizziert werden soll. Diese Tarife wurden in der Folge auch von den andern Gesellschaften im wesentlichen übernommen.

## 4. Tarife

Die Detailabnehmer werden auf Grund von Zweiglied-Tarifen beliefert. Die Grundgebühr wird nach der Grösse der Hauptsicherung bemessen. Der Abnehmer hat die freie Wahl zwischen den 6 folgenden Tarifen:

### 4.1 Normaltarif A (Tarif 11)

4.1.1 Grundgebühr:

Tabelle I

Abonnementsklasse	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Grösse der Hauptsich. Amp bei 380/220 V	16	20	25	35	50	63	80	100	>100
Grundgebühr «S» Fr./Jahr	112	168	224	336	510	660	920	1270	*)

\*) nach spezieller Abmachung

Bei dem noch nicht normalisierten Spannungssystem von 127/220 V wird die Grundgebühr um 2 Klassen tiefer angesetzt, d. h. Abonnenten mit 25 Amp. und weniger bezahlen Fr. 112.— pro Jahr! Bei Einphasen-Anschluss werden Abonnenten mit einer Hauptsicherung bis zu 50 Amp. bei 220 V oder bis zu 63 Amp. bei 127 V mit der Klasse 1 gleichgesetzt.

4.1.2 Arbeitspreis: 6,7 Rp./kWh

### 4.2 Normaltarif B (Tarif 17)

4.2.1 Grundgebühr:  $2 \times S$  (Also die doppelte Grundgebühr von Tabelle I)

4.2.2 Arbeitspreis: 4,6 Rp./kWh

### 4.3 Doppeltarif (Tarif 21)

4.3.1 Grundgebühr: S (gemäss Tabelle I)

zusätzliche feste Gebühr: Fr. 50.—/Jahr

4.3.2 Arbeitspreise: HT (06...22 h) NT (22...06 h)

6,7 Rp./kWh 3,35 Rp./kWh

### 4.4 Tarif mit begrenzter Leistung (Tarif 31)

4.4.1 Grundgebühr: S (gemäss Tabelle I)

zusätzliche feste Gebühr: Fr. 50.—/Jahr

Leistungsgebühr für die abonnierte Basislast:

Fr. 100.— pro kW und Jahr

4.4.2 Arbeitspreise:

4.4.2.1 für den Verbrauch innerhalb der abonnierten Leistung: 2,7 Rp./kWh

4.4.2.2 für den zusätzlichen Verbrauch: 6,7 Rp./kWh

### 4.5 Tarif für konstante Last (Tarif 41)

4.5.1 Grundgebühr: S (gemäss Tabelle I)

Leistungsgebühr: Fr. 61.— pro kW und Jahr

Für die Leistungsgebühr wird das Mittel der 4 höchsten 15-minütigen Monatsmaxima des Jahres verrechnet.

4.5.2 Arbeitspreis: 3,4 Rp./kWh

#### 4.6 Tarif für kurze Gebrauchsdauer (Tarif 51)

Feste Gebühr pro Jahr Fr. 1260.—

##### 4.6.1 Leistungsgebühr:

bis zu 50 kW —.—

über 50 kW Fr. 40.— pro zusätzliches kW und Jahr

4.6.2 Arbeitspreis: 6,7 Rp./kWh

Für die Verrechnung der Leistungsgebühr wird der Mittelwert aus den 4 höchsten 15-minütigen Monatsmaxima genommen. Dieses neue Tarifsystem wurde bereits eingeführt, und mit den meisten Detailabonnenten wird auf Grund der neuen Tarife abgerechnet. Dabei ist zu sagen, dass die Tarife 41 und 51 vor allem für den kleinern Gewerbebetrieb zur Anwendung kommen. Haushalt-Abonnenten mit elektrischer Raumheizung können zwischen den Tarifen 17, 21 und 31 wählen.

Zusätzlich zu diesen Tarifen wird eine allgemeine staatliche Energietaxe verlangt, welche bei Kleinverbrauchern 7% des Stromrechnungsbetrages und bei Grossverbrauchern 10% ausmacht.

Um die Auswirkungen dieser Tarife kennenzulernen, sollen zwei Beispiele durchgerechnet werden.

##### Beispiel A

Haushalt-Abonnent ohne elektrische Raumheizung mit einem jährlichen Verbrauch von 4000 kWh. Hier kommt der Tarif 11 zur Anwendung.

Grundgebühr (Hauptsicherung 16 A)	Fr. 112.—
Arbeitspreis: 4000 kWh à 6,7 Rp.	Fr. 268.—
Total pro Jahr	Fr. 380.—

Der Durchschnittspreis beträgt: 9,50 Rp./kWh.

##### Beispiel B

Haushalt-Abonnent mit elektrischer Raumheizung mit einem totalen jährlichen Verbrauch (inkl. Kochen, Warmwasser etc.) von 20000 kWh.

Mit Tarif 17	
Grundgebühr (Hauptsicherung 20 A)	
2 × Fr. 168.—	Fr. 336.—
Arbeitspreis: 20000 kWh à 4,6 Rp.	Fr. 920.—
Total pro Jahr	Fr. 1256.—

Der Durchschnittspreis beträgt: 6,28 Rp./kWh

##### Mit Tarif 31

Die abonnierte Basislast beträgt 3,5 kW

Verbrauch innerhalb der abonnierten Leistung:

18000 kWh pro Jahr	
zusätzlicher Verbrauch	2000 kWh pro Jahr
Grundgebühr (Hauptsicherung 20 A)	Fr. 168.—
zusätzliche feste Gebühr	Fr. 50.—
Leistungsgebühr 3,5 kW à Fr. 100.—	Fr. 350.—
Arbeitspreise: 18000 kWh à 2,7 Rp.	Fr. 486.—
2000 kWh à 6,7 Rp.	Fr. 134.—
Total pro Jahr	Fr. 1188.—

Der Durchschnittspreis beträgt: 5,94 Rp./kWh

Bei allen drei Beispielen kommt noch die staatliche Energietaxe von 7% des Rechnungsbetrages hinzu.

Der Durchschnittspreis bei einem jährlichen Haushaltverbrauch von 4000 kWh liegt bei 9,5 Rp./kWh und kommt somit den schweizerischen Verhältnissen nahe. Immerhin ist bemerkenswert, dass die Grundgebühr bedeutend höher ist als bei uns, was anderseits erlaubt, den Arbeitspreis entsprechend tief zu

halten. Diese Tatsache macht es auch erklärlich, weshalb in Schweden die Warmwasserspeicher mit Nachaufheizung lange nicht die Verbreitung gefunden haben wie in der Schweiz. Bei einer Besichtigung verschiedener Einfamilienhäuser in Nordschweden fiel auf, dass durchwegs ein 450...500 Liter fassender elektrischer Warmwasserbereiter mit durchgehender Aufheizung in Betrieb war. Die so erzielte Bereithaltung von praktisch unbeschränkten Mengen warmen Wassers erleichtert die Konkurrenz mit ölbeheizten Anlagen.

Das Beispiel B eines Verbrauchers mit elektrischer Raumheizung wurde mit den Tarifen 17 und 31 durchgerechnet, da diese Tarife den Abonnenten ja wahlweise zur Verfügung stehen. Dabei wurde von der Voraussetzung ausgegangen, dass Direktheizung vorhanden ist, welche Heizungsart in Schweden bis heute vorwiegt. Für eine Nacht-Speicherheizung käme der Tarif 21 (Doppeltarif) in Frage!

Die Rechnung mit Tarif 17 gibt mit 6,28 Rp./kWh einen etwas höheren Durchschnittspreis als der Tarif 31 mit 5,94 Rp./kWh. Immerhin können beide Durchschnittspreise als günstig bezeichnet werden. Der Tarif 17 dürfte der gebräuchlichere sein, da beim Tarif 31 mit einer so kleinen angenommenen Basislast von 3,5 kW eine Gebrauchsdauer von über 5000 Stunden loco Hausanschluss erreicht werden müsste, was auch unter Berücksichtigung der langen schwedischen Heizperioden als hoch erscheint. Gemäss der Dimension der Hauptsicherung wäre ein Leistungsbezug von 12 kW möglich. Der Tarif 31 ist daher nur für Abonnenten mit hoher Gebrauchsdauer interessant.

Diese Tarife gelten, wie bereits eingangs erwähnt, für den Bereich der staatlichen Werke. Sie wurden weitgehend von den andern Werken übernommen. Daneben existieren noch Sondertarife einzelner Gesellschaften, wie z.B. ein Nachtstromtarif für Speicherheizungen mit separatem Zähler, der eine jährliche Grundgebühr von Fr. 66.50 sowie einen Arbeitspreis von 2,9 Rp./kWh für die Zeit von 22...06 Uhr aufweist.

## 5. Wärmedämmung der Gebäude

Gleichzeitig mit der Senkung ihrer Energiepreise förderten die Kraftwerkunternehmen die verbesserte Wärmedämmung im Hochbau, unterstützt durch staatliche Vorschriften und durch die Gewährung von besonders günstigen Baukrediten für Gebäude mit gutem Wärmeschutz durch die Banken. Fenster werden durchwegs mit Doppelverglasung und sogar Dreifachverglasung ausgerüstet.

Für den Wärme-Durchleitungscoefficienten  $k$  werden für vollelektrisch beheizte Häuser folgende Werte empfohlen:

für Außenwände	0,2 ... 0,3 kcal/m <sup>2</sup> °C. h
für Dächer	0,15 ... 0,2 kcal/m <sup>2</sup> °C. h
für Böden	0,2 ... 0,4 kcal/m <sup>2</sup> °C. h

In einem kürzlich erschienenen Bericht wurde untersucht, wie gross der Einfluss einer sehr guten bzw. normalen Wärmedämmung in Einfamilienhäusern mit elektrischer Direktheizung auf die Leistung und den Stromverbrauch ist. Das interessante Resultat ist in Tabelle II wiedergegeben.

Die Zahlen in Tabelle II beziehen sich auf ein Einfamilienhaus mit einer Grundfläche von 100 m<sup>2</sup> in der Umgebung von Stockholm. Bei einer Innentemperatur von 21° wurde eine Außentemperatur von -18° angenommen, welche nur alle 15 Jahre während mehr als 5 Tagen im Jahr auftritt, so dass das Heizsystem für eine Temperaturdifferenz von  $\Delta t = 39°$  ausgelegt werden muss.

*Einfluss der Isolation auf Leistung und Stromverbrauch bei elektrischer Direktheizung*

Tabelle II

Stockholm 100 m <sup>2</sup> , $\Delta t = 39^\circ\text{C}$	sehr gute Isolation		normale Isolation	
	kW	kWh	kW	kWh
Wärme-Übertragung	4,7	13 100	6,9	19 400
Ventilation	1,7	4 700	1,7	4 700
Warmwasser	1,0	4 700	1,0	4 700
Freie Wärme (Free heat)	-0,5	-3 500	-0,5	-3 500
Total ca.	7,0	19 000	9,0	25 500

Auf Grund von Erfahrungswerten wurde der Warmwasserverbrauch für ein Haus dieser Grösse auf 4 Gcal pro Jahr geschätzt. Diese Menge liefert ohne Schwierigkeiten ein elektrischer Warmwasserbereiter von 1 m<sup>3</sup> (1000 l) Inhalt und einem Heizeinsatz von 1 kW. Eine Sperrung über die Spitzenzeiten wäre möglich.

Die sogenannte freie Wärme (Free heat), gewonnen aus der Sonneneinstrahlung, der Körperwärme der Bewohner, aus den Beleuchtungskörpern und den elektrischen Kleinapparaten des Haushaltes wurde vorsichtigerweise mit 3500 kWh pro Jahr berechnet.

Für die Ventilation wurde eine vollständige Erneuerung der Luft innerhalb von 2 Stunden angenommen.

Für sehr gute Isolation wurde Material mit einem Wärmedurchleitungskoeffizient von  $k = 0,32 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$  verwendet, für normale Isolation aber Material mit einem  $k$ -Wert von  $0,47 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$ .

Aus der Tabelle II geht hervor, dass *bei optimaler Isolation die benötigte Leistung loco Hausanschluss um 2 kW und der jährliche Stromverbrauch um 6500 kWh reduziert werden kann!*

Leistung und Energiebedarf sind natürlich abhängig vom Klima und von der Hausgrösse. Die entsprechenden Daten sind für je drei Objekte verschiedener Grösse in einer Stadt Nord-, Mittel- und Südschwedens in der Tabelle III angeführt.

*Einfluss der Hausgrösse und des Klimas auf Leistung und Energiebedarf bei elektrischer Direktheizung*

Tabelle III

Grundfläche m <sup>2</sup>	Piteå in Nordschweden		Stockholm Mittelschweden		Hälsingborg Südschweden	
	kW	kWh	kW	kWh	kW	kWh
Optimale Isolation						
80	7,5	21 500	5,5	16 000	5,5	14 000
100	9,0	26 000	7,0	19 000	6,5	17 000
150	12,5	37 000	9,5	26 500	9,0	23 500
Normale Isolation						
80	10,0	29 000	7,5	21 000	7,0	18 000
100	12,0	34 500	9,0	25 500	8,5	22 500
150	17,0	48 500	13,0	35 500	12,0	31 500

## 6. Kostenvergleiche

Die schwedischen Staatswerke haben auch Kostenvergleiche zwischen einer ölbeheizten Warmwasser-Zentralheizung und einer elektrischen Direktheizung angestellt. Sie waren sich dabei der Schwierigkeiten dieses Unterfangens bewusst in Anbetracht der vielen Faktoren wie geographische Lage, örtliches Klima, Isolationsgrad des Gebäudes, Häufigkeit der Lüftung, Zustand des Ölackers, Öl Kosten und die individuellen Ansprüche der Hausbewohner, welche das Resultat einer solchen Untersuchung beeinflussen können. Für einen korrekten Kostenvergleich muss in beiden Fällen eine sehr gute Hausisolation angenommen werden, wobei für elektrische Heizung noch zusätzliche Isolation hinzukommen kann.

Rp/kWh

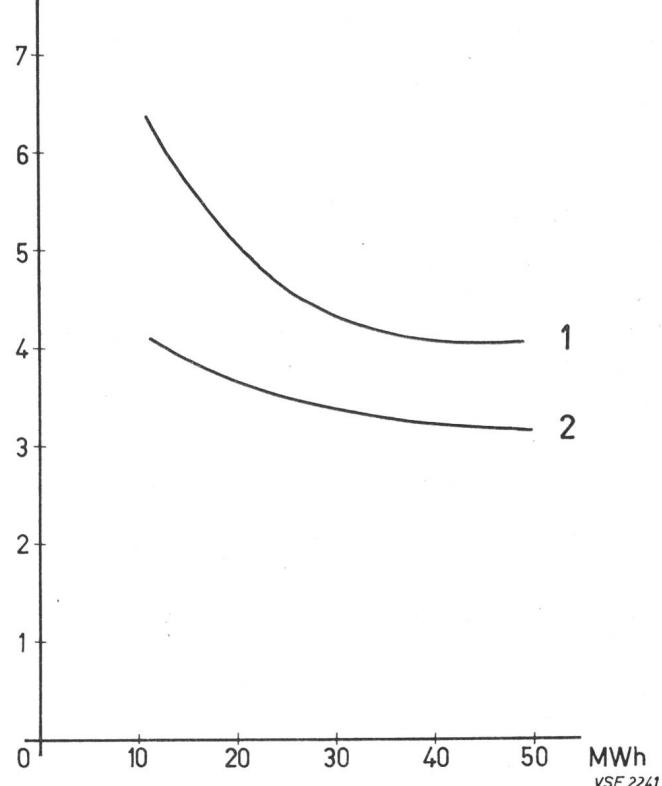


Fig. 1  
Öl-Aquivalenzpreise der elektrischen Heizung (ohne staatliche Steuer) bei einem Gesamtwirkungsgrad der Ölheizung von 50 %  
1 = el. Direktheizung  
2 = el. Speicherheizung

Anderseits müssen bei der Ölheizung die zusätzlichen Kosten für den Heizkesselraum, für den Kamin und für Kaminreinigung berücksichtigt werden.

Als Vergleichsobjekt diente wiederum ein Einfamilienhaus mit 100 m<sup>2</sup> Grundfläche in Stockholm. Als gesamter Anlagenwirkungsgrad der Ölheizung wurden die Varianten 50 % und 60 % angenommen. Entsprechend differieren auch die Kosten für den Ölverbrauch, wobei der m<sup>3</sup> Öl mit Fr. 150.— eingesetzt wurde (18 Fr./100 kg).

Für die Berechnung des Äquivalenzpreises für Elektroheizung wird in den Tabellen 4a und 4b von der Annahme gleicher Jahreskosten für Ölheizung wie für Elektroheizung ausgegangen. Dabei ist im Strompreis die staatliche Energie-

Anlage- und Jahreskosten in Franken und Äquivalenzpreise in Rp./kWh für einen 100 m<sup>2</sup>-Bungalow in Stockholm

Tabelle IVa

	Öl-Zentralheizung			
	Optimale Isolation	Normale Isolation	Anlage-kosten	Jahres-kosten
Zusätzliche Isolation Heizungsraum	2100.—	110.—	—.—	—.—
Kamin	1700.—	90.—	1700.—	90.—
Heizungs-installation	5500.—	410.—	5500.—	410.—
Total	9300.—	610.—	7200.—	500.—
Kaminfeuer Öl (Fr. 18.—/100 kg)		125.—		125.—
		550.— bis 660.—		670.— bis 810.—
Total Jahres-kosten	1285.— bis 1395.—		1295.— bis 1435.—	

Tabelle IV b

	Elektrische Direktheizung			
	Optimale Isolation		Normale Isolation	
	Anlage- kosten	Jahres- kosten	Anlage- kosten	Jahres- kosten
Zusätzliche Isolation Heizungsraum Kamin Heizungs- installation	3400.—	185.—	—.—	—.—
	—.—	—.—	—.—	—.—
	2500.—	175.—	2900.—	190.—
Total	5900.—	360.—	2900.—	190.—
Äquivalenzpreis der elektr. Energie in Rp./kWh entsprechend den obigen Jahreskosten	4,9...5,5		4,4...4,9	

taxe von 7 % eingeschlossen. Der eigentliche Netto-Äquivalenzpreis würde also bei optimaler Isolation in den Grenzen von 4,6 bis 5,1 Rp./kWh und bei normaler Isolation von 4,1 bis 4,6 Rp./kWh liegen.

Diese Preisangaben gelten für den reinen Heizstrom. Würde die gesamte Haushaltenergie zu einem Einheitstarif geliefert, so dürfte der mittlere Äquivalenzpreis nach Angaben der Staatswerke um 0,85 Rp./kWh höher liegen.

Diese Äquivalenzpreise wurden auch für verschiedene Hausgrößen in den einzelnen Regionen Schwedens berechnet. In Tabelle V sind die wichtigsten dargestellt.

#### Äquivalenzpreise in Rp./kWh exkl. Staatstaxe (7%)

Voraussetzungen: optimale Isolation, Gesamtwirkungsgrad der Ölheizung 50 %. (Staatstaxe auf Öl 8 %)

Tabelle V

Grundfläche des Hauses m <sup>2</sup>	Nordschweden Piteå	Mittelschweden Stockholm	Südschweden Helsingborg
80	5,2	5,6	6,0
100	4,9	5,1	5,5
150	4,4	4,5	4,6

Bei einem Ölheizungs-Wirkungsgrad von 60 % liegen die Äquivalenzpreise um 0,5 Rp./kWh tiefer.

In Fig. 1 sind Äquivalenzpreise für elektrische Direkt- und Speicherheizung in Kurvenform dargestellt. Je grösser der Strombedarf, umso tiefer sinkt der Äquivalenzpreis, bis das Minimum bei ca. 50 MWh erreicht ist.

Abschliessend kann gesagt werden, dass für ein gut isoliertes Einfamilienhaus mittlerer Grösse in Mittelschweden der Öl-Aquivalenzpreis heute bei 5 Rp./kWh liegt.

#### 7. Gestehungs- und Verteilkosten der Energie

Die Staatswerke haben versucht, die Kosten der für elektrische Heizzwecke bereitzustellenden Energie zu berechnen. Die mittlere Gebrauchsdauer für elektrische Raumheizung wurde mit rund 3500 Stunden pro Jahr ermittelt. Unter der Voraussetzung, dass die Energie in modernen Wärmekraftwerken konventioneller Bauart (Kondensationsdampfkraftwerke und Gasturbinenkraftwerke) erzeugt wird, der Ölpreis 5,5 Rp. pro Gcal beträgt und der Zinssatz für Fremdkapital auf der Höhe von 6½ % verharrt, wurden Gestehungskosten von 2,9 Rp./kWh errechnet. Bei Herbeiziehung von Kernkraftwerken dürften diese Kosten noch um einige Zehntelsrappen sinken. Es kann also mit Gestehungskosten loco Kraftwerk von 2,5...3,0 Rp./kWh gerechnet werden.

Die Übertragungskosten auf dem Hochspannungsnetz erreichen je nach geographischer Lage 1,7...2,5 Rp./kWh. In Nord-

schweden liegen sie im allgemeinen etwa 0,4 Rp./kWh tiefer als in den übrigen Landesteilen.

Es ist bekannt, dass die Verteilkosten im örtlichen Netz mit dem besseren Ausnützungsgrad rasch sinken, so dass sich die elektrische Heizenergie stark kostenmindernd auswirkt.

#### Kosten für die lokale Verteilung, errechnet für 253 Einfamilienhäuser

Tabelle VI

	ohne elektr. Heizung Rp./kWh	mit elektr. Heizung Rp./kWh
Verteilung in 10 V Transformierung 10/0,4 kV	1,30	0,57
Verteilung in 0,4 kV	0,58	0,24
Verluste	3,55	0,73
Total	0,05	0,07
	5,48	1,61

Ähnliche Rechnungen wurden für Einfamilienhaus-Siedlungen in Nordschweden durchgeführt und ergaben Grenzkosten für die Verteilung in der Größenordnung von 0,9 Rp./kWh. In dünner besiedelten Gegenden kommt man auf Werte von 1,3 Rp./kWh.

Aus den angestellten Berechnungen kann geschlossen werden, dass im Gebiet der Staatswerke in Mittelschweden die Selbstkosten der Energie für elektrische Direktheizung auf 5,1 bis 5,9 Rp./kWh und in Nordschweden etwas tiefer zu stehen kommen werden. Diese Kosten liegen ungefähr auf dem Niveau der vorher errechneten Äquivalenzpreise.

#### 8. Vorteile der elektrischen Raumheizung

Die elektrische Raumheizung weist aber noch eine Reihe von Vorteilen auf, die bei Preisvergleichen nicht voll zur Geltung kommen. Es sind dies: rasche Regulierbarkeit, Sauberkeit und Versorgungssicherheit. Tankauffüllung, Brennerunterhalt und Kaminfeuer fallen weg. Es gibt keine offene Flamme im Haus, Ölgeruch und Luftverschmutzung sowie die Gefahr von lecken Öltanks sind eliminiert. Es gibt keine unästhetischen Rohre und schwer zu reinigende Radiatoren. Eine rasche und individuelle Regulierung der Raumtemperatur ist möglich.

Wie wir aus den in diesem Bericht durchgerechneten Beispielen gesehen haben, liegt der Durchschnittserlös eines Haushaltabnehmers mit elektrischer Direktheizung bei einem gesamten Haushalt-Jahresverbrauch von 20000 kWh bei 5,9...6,3 Rp./kWh. In diesen Durchschnittspreisen ist die staatliche Energietaxe von 7 % nicht inbegriffen. Doch ist zu sagen, dass für die Ölheizung eine entsprechende Taxe von 8 % erhoben wird.

Es dürfte interessieren, welchen Einfluss die elektrische Direktheizung auf das Belastungsdiagramm ausübt. Das Stadtwerk von Skellefteå, einer Küstenstadt in Nordschweden, hat diesbezügliche Messungen durchgeführt und ist zu sehr eindrücklichen Resultaten gekommen. In Fig. 2 wird der Belastungsverlauf eines Wohnquartiers mit 32 elektrisch beheizten Häusern an einem Dezembertag der Belastungskurve einer Siedlung mit 115 Häusern ohne elektrische Heizung gegenübergestellt. Verblüffend ist die hohe Nachtbelastung, obwohl im Gebiet von Skellefteå weder Speicherheizungen noch Warmwasserspeicher installiert sind, sondern alles durch Direktheizung erfolgt.

Fig. 3 zeigt die Belastungskurve der beiden gleichen Abonentengruppen an einem sonnigen Märztag. Der Einfluss der Sonneneinstrahlung am Nachmittag ist bemerkenswert.

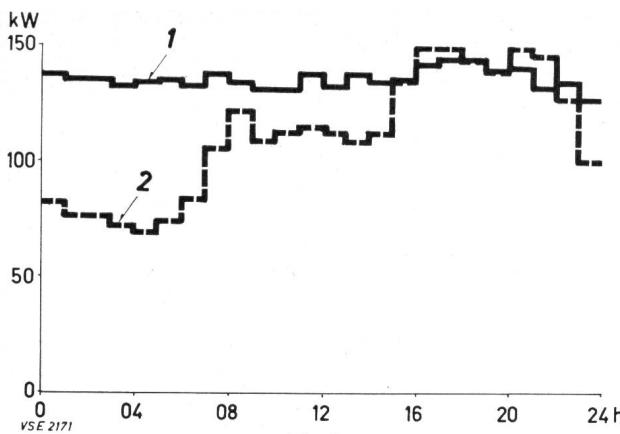


Fig. 2

**Belastungskurve einer Siedlung mit 32 elektrisch beheizten Häusern in Skellefteå an einem Dezembertag im Vergleich zum Belastungsverlauf einer Siedlung von 115 Häusern ohne elektrische Raumheizung**

- 1 = mit elektr. Raumheizung (Direktheizung)
- 2 = ohne elektr. Raumheizung

Die 32 elektrisch beheizten Häuser haben eine mittlere Grundfläche von 107 m<sup>2</sup> und eine mittlere installierte Leistung für Heizung und Warmwasser von 11,4 kW. Der mittlere, jährliche Verbrauch pro Haus beträgt total 22500 kWh, wovon 19500 kWh für Heizung und Warmwasser. Die pro Haus aufgetretene Totalleistung loco Hausanschluss betrug 6,4 kW und für Heizung und Warmwasser allein waren es 5,4 kW. Die Heizungen sind für eine Mindestaussentemperatur von -30 °C ausgelegt. Während der Messperiode trat ein Minimum von -25 °C, auf.

In Schweden werden in Neubauten, sofern elektrische Heizung in Frage kommt, bis heute fast ausschliesslich Direktheizungen installiert. Hingegen wird bei der Erneuerung von Zentralheizungen in Altbauten öfters die elektrische Speicherheizung gewählt und zwar auf der Basis des zentralen Warmwasserspeichers, wobei die häufig noch intakten Radiatoren und Rohrleitungen wiederverwendet werden können. Der Heizwasserspeicher muss so gross gewählt werden, dass die während der Nacht akkumulierte Wärmemenge für die Aufheizung des betreffenden Hauses am nächsten Tage ausreicht. Öfen mit festem Speicherkerne werden in Schweden bis heute nicht verwendet.

Der Äquivalenzpreis im Vergleich zur Ölzentralheizung beträgt bei der elektrischen Speicherheizung rund 3,4 Rp./kWh. Der Tarif 21 (Doppeltarif) sieht für die in der Zeit von 22...06 h bezogene Energie einen Arbeitspreis in dieser Größenordnung vor.



Fig. 3

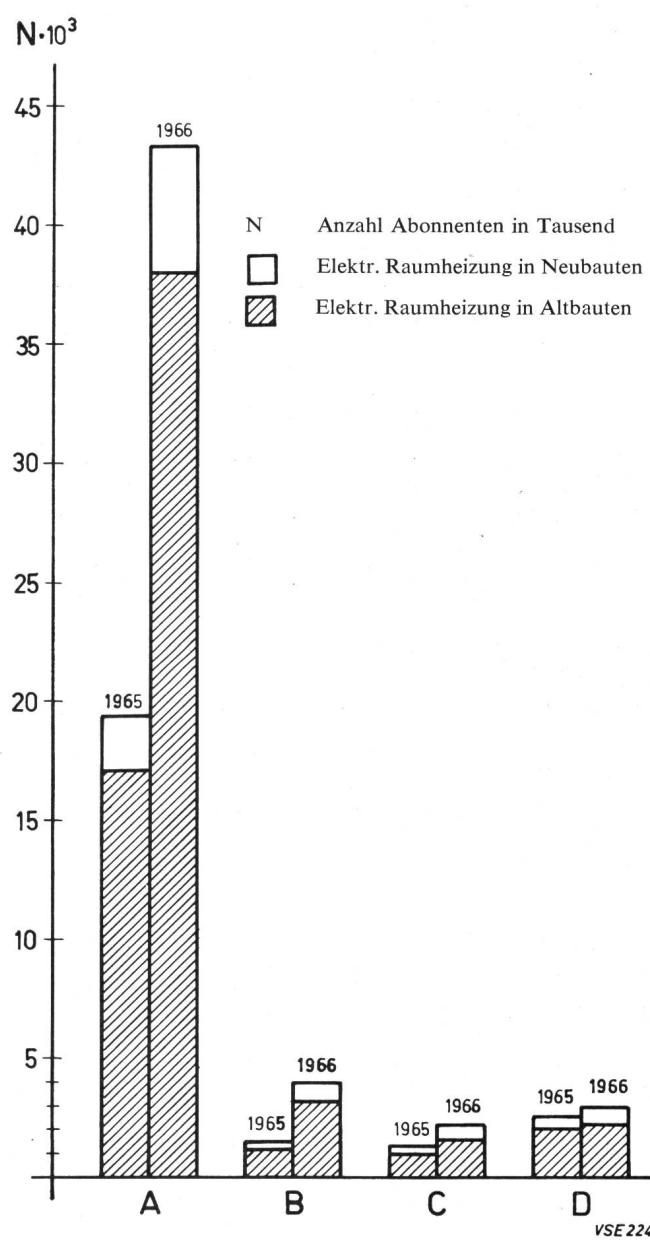
**Verlauf der Belastungskurven der in Fig. 2 erwähnten Siedlungen an einem sonnigen Märztag**

- 1 = mit elektr. Raumheizung (Direktheizung)
- 2 = ohne elektr. Raumheizung

## 9. Ausblick

Die Staatswerke haben ausgerechnet, dass ohne Ausweitung ihrer Produktionsanlagen im Moment jährlich rund 700 GWh an Nachtenergie zur Verfügung stehen, welche für die Aufheizung von ca. 30000 Einfamilienhäusern ausreichen. Die Erzeugungskapazität steigt rasch, so dass bis Mitte der Siebzigerjahre vermutlich die elektrischen Speicherheizungen von 50000...60000 Häusern mit Energie versorgt werden können.

In den abgelegenen Teilen des Verteilnetzes werden natürlich Verstärkungen nötig, falls dort in grösserem Maßstab Nachspeicherheizungen eingerichtet werden. Doch bewegen sich die Verstärkungskosten in bescheidenem Rahmen. Ein für 78 Reihen- und Einzelhäuser durchgerechnetes Beispiel ergab, dass vor allem die Trafostation und das Niederspannungsnetz verstärkt werden müssen und zwar je nach Länge der Aufheizzeit zu einem Kostenaufwand von 0,85...1,3 Rp./kWh.



**Zahl von Abonnenten mit elektrischer Raumheizung in Schweden 1965 und 1966**

- A = Ein- und Zweifamilienhäuser
- B = Wohnungen in Mehr-Familienhäusern
- C = Handel und Industrie
- D = Verwaltungen und Schulen

Die Staatswerke haben sich daher entschlossen, in Zukunft auch die elektrische Nachspeicherheizung und die Warmwasserspeicher vermehrt zu propagieren.

In Fig. 4 ist die Entwicklung der elektrischen Raumheizung in den zwei letzten Jahren dargestellt. Daraus kann man entnehmen, dass sich die weitaus grösste Zahl von elektrischen Heizanlagen in Ein- und Zweifamilienhäusern befindet. Bei diesen hat sich die Zahl der Anlagen im Jahre 1966 gegenüber dem Vorjahr mehr als verdoppelt und erreichte rund 44000. Doch wurden auch in Mehrfamilienhäusern sowie in Schulen und Verwaltungsgebäuden mehrere Tausend elektrische Raumheizungen eingerichtet. Bemerkenswert ist auch der grosse Anteil von solchen Anlagen in Altbauten. Ende 1966 betrug die Gesamtzahl der Abonnenten mit elektrischer Raumheizung in ganz Schweden rund 60000, was ungefähr 2 % der 3,4 Mio. Abonnenten ausmacht. Im Versorgungsgebiet der Staatswerke ist dieser Anteil bereits auf 5 % geklettert.

Zusammenfassend kann über den heutigen Stand der elektrischen Raumheizung in Schweden folgendes gesagt werden:

Die Einführung der elektrischen Raumheizung macht rasche Fortschritte. Die Bereitstellung der benötigten preisgünstigen Energiemenge ist durch die Inbetriebnahme grosser Kernkraftwerke gesichert. In Neubauten wird vorwiegend Direktheizung

installiert. In Altbauten und grösseren Gebäudekomplexen kommt bis heute die zentrale Warmwasser-Speicherheizung zur Aufstellung. Ganz vereinzelt existieren auch Fußboden- und Deckenheizungen.

Der Energieverbrauch im allelektrifizierten (mit elektrischer Raumheizung) Haushalt steigt gegenüber dem bisherigen Verbrauch um das acht- bis zehnfache. Dank der neuen Tarife kann der Heizstrom zu annähernd Öl-Äquivalenzpreisen abgegeben werden. Kleine Mehrkosten werden in Kauf genommen, da der Wohnkomfort durch den Wegfall von Staub, Rauch und Geruch bedeutend höher ist. Ein besonderer Vorteil der elektrischen Heizung liegt in der verfeinerten Temperaturregulierung der einzelnen Räume. Zudem wirken sich die behördlichen Vorschriften für eine gute Wärmedämmung sehr zugunsten der elektrischen Raumheizung aus, und die möglichst vollständige Ausnutzung der sogenannten «freien Wärme» trägt das ihre zur Wirtschaftlichkeit der Anlagen bei.

Nach vorsichtigen Schätzungen wird im Verteilgebiet der staatlichen Werke im Jahre 1975 eine Energiemenge von 2000...3000 GWh für die elektrische Raumheizung benötigt. Für ganz Schweden dürfte der dreifache Wert erreicht werden.

#### Adresse des Autors:

W. Locher, Dipl. Ing. ETH, Meisenweg 8, 6006 Luzern.

## Aus dem Kraftwerkbau

### Die Politik der offenen Türe auf der Beznau

Anfangs März boten die NOK den Pressevertretern und einer weiteren Öffentlichkeit Gelegenheit zum Besuch der Grossbaustelle Beznau, wo auch eine instruktive Ausstellung mit Modellen, Bildern und Filmvorführungen das Verständnis für das Atomkraftwerk fördert. Gegenwärtig werden im Reaktorgebäude und im Maschinenhaus von Beznau I die Anlageteile montiert, und bereits ist mit dem Aushub der Baugrube für Beznau II begonnen worden. Mit einem derzeitigen Energieverbrauch von ca. 5000 GWh im eigenen Netz und bei einer Verdoppelung des Verbrauchs in jeweils 12 Jahren ist die NOK in der Lage, ca. alle 6 Jahre ein neues Atomkraftwerk in der Grösse von Beznau I in Betrieb zu nehmen. Beim kürzlichen Baubeschluss für Beznau II und bei der Festsetzung des Einsatztermins dieses Kraftwerkblocks auf das Frühjahr 1972 konnte sich die NOK auf Energielieferungsverträge mit drei grossen schweizerischen Elektrizitätsunternehmen, nämlich mit der Aare-Tessin AG für Elektrizität in Olten, der Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg AG und den Centralschweizerischen Kraftwerken AG in Luzern stützen, welche die freie Produktionsmöglichkeit bis im Frühjahr 1975 zu einem wesentlichen Teil beanspruchen, also bis zu einem Zeitpunkt, an dem die Energie für NOK-eigene Bedürfnisse voraussichtlich voll benötigt wird.

Nicht nur die Erstellungskosten, sondern auch die Betriebskosten werden durch die Vereinigung der beiden Kraftwerkblöcke Beznau I und II wesentlich gesenkt werden können, wird doch beispielsweise der Bestand des Betriebspersonals durch die Inbetriebnahme des zweiten Blocks von ca. 90 Mann lediglich auf ca. 150 Mann ansteigen, was einem Wert von 4,7 MW installierter Leistung pro Mann entspricht.

Die Baustellenbesichtigung führte einem erneut vor Augen, dass der Standort mit ausreichendem Platz für künftige Erweiterungen kaum günstiger hätte gewählt werden können, ist die Kühlwasserversorgung doch durch das Aarewasser gesichert und eine leistungsfähige Schaltanlage bereits in unmittelbarer Nähe. Die Eigenbedarfsversorgung des Atomkraftwerks kann nötigenfalls durch das hydraulische Kraftwerk Beznau erfolgen. Außerdem stehen als unabhängige Stromquellen noch 2 dieselelektrische Notstromgruppen zur Verfügung. Auf die Beschreibung der Anlagen werden wir noch in einem gesonderten Bericht zurückkommen.

### 380 kV-Verbundbetrieb Deutschland-Frankreich-Schweiz

Seit Anfang 1968 ist der Verbundbetrieb auf der Spannungsstufe 380 kV zwischen den Netzen der Länder Bundesrepublik Deutschland, Frankreich und der Schweiz Tatsache. Die deutschen Gesellschaften Badenwerk und Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke AG sowie die Electricité de France kamen mit der Elektrizitätsgesellschaft Laufenburg überein, einen 380 kV-Anschluss mit einer in Laufenburg zu errichtenden Transformatorenstation von 380/220 kV in den Jahren 1967 und 1968 zu vollziehen. Die Kartenskizze gibt einen Überblick über das geplante und zum Teil verwirklichte Leitungsnetz. Wir werden auf dieses Ereignis noch zurückkommen.

