Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 71 (1980)

Heft: 22

Artikel: Tarifierungs- und Lieferungsgrundsätze für allelektrisch versorgte Haushaltungen : Empfehlungen der VSE-Kommission für Elektrizitätstarife

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905312

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: 09.12.2025

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

Tarifierungs- und Lieferungsgrundsätze für allelektrisch versorgte Haushaltungen

Empfehlungen der VSE-Kommission für Elektrizitätstarife

1. Ausgangslage und Zielsetzung

Zur besseren Nutzung von freien Netzkapazitäten während der Schwachlastzeiten in der Nacht, am Nachmittag und über das Wochenende sowie zur Erhaltung bzw. erneuten Förderung der Warmwasserbereitung kann unter anderem der vermehrte Anschluss von elektrischen Heizungen einen wesentlichen Beitrag leisten. Dabei ist darauf zu achten, dass sich auch im Hinblick auf den Einsatz thermischer Kraftwerke in den Verteilnetzen optimale Belastungsverhältnisse ergeben und eine möglichst grosse Anzahl von Bezügern mitberücksichtigt werden kann.

Die derzeitige Gestaltung der allgemein geltenden Haushalttarife mit einem Verhältnis von Hoch- zu Niedertarifpreisen in der Grössenordnung zwischen 2:1 und bis zu 3:1 fördert die Konkurrenzfähigkeit der elektrischen Raumheizung. Vom Abnehmer aus betrachtet sollte ein möglichst grosser Energieanteil während der vom Werk gewährten Niedertarifzeiten bezogen werden, was durch Verlagerung von Tagenergiebedarfsanteilen durch Vorspeicherung während der Nacht möglich ist. Über längere Frist betrachtet, sind jedoch einer solchen Verlagerung aus netztechnischen und wirtschaftlichen Gründen Grenzen gesetzt.

In Fig. 1 ist eine praxisähnliche Tagesbelastungskurve ohne elektrische Heizungen und Warmwasserversorgung angenommen. Die nähere Prüfung zeigt, dass für eine optimale Nutzung der Netze Heizenergie nur ausserhalb der Tagesbelastungsspitze abgegeben werden kann. Bei diesem Modellfall steht jedoch während bestimmten Tagesstunden sowie insbesondere während der Nacht entsprechend der schraffierten Fläche rund ein Drittel der möglichen Netzauslastung für elektrische Heizungen und Warmwasserversorgung zur Verfügung. Zusätzlich ergeben sich noch beachtliche Möglichkeiten über das Wochenende. Bezüglich der Anschlussmöglichkeit von Direkt- bzw. Speicherheizungen sind in grundsätzlicher Beziehung folgende Gegebenheiten zu verzeichnen:

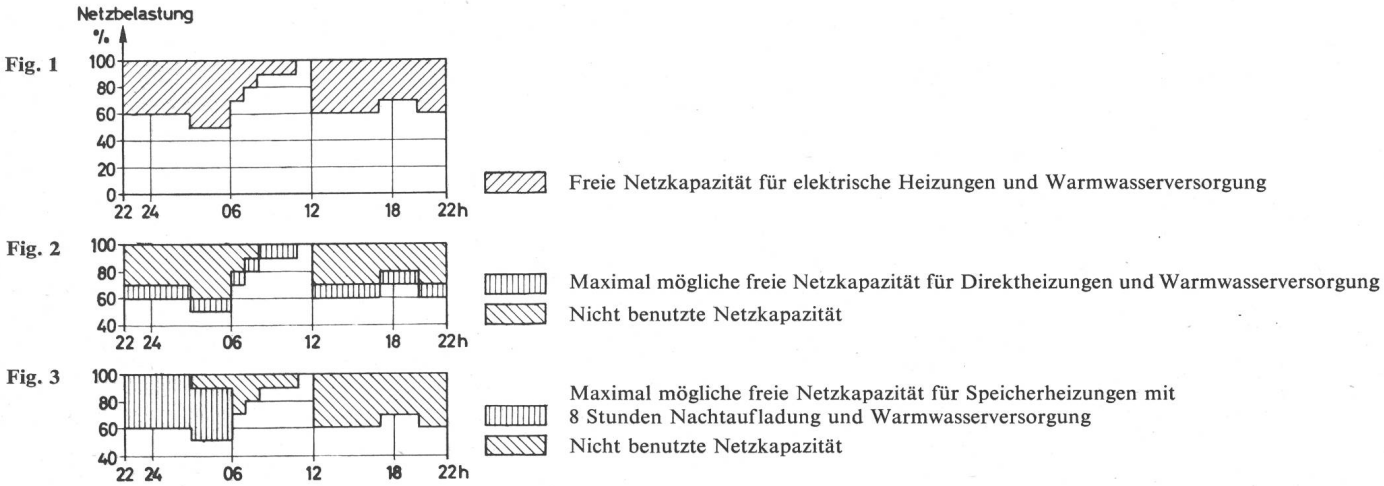
– Im Hinblick auf eine Unterbrechbarkeit der Direktheizungen von zum Beispiel maximal einer Stunde während der Mittagsspitze lässt sich gemäss Fig. 2 nur ein relativ schmales Band für dieses Heizsystem einsetzen. Die freie Netzkapazität könnte so am kältesten Wintertag nur zu rund 30 % ausgenutzt werden.

– Bei gleicher Voraussetzung ergibt sich für eine reine Speicherheizung mit 8 Stunden Nachtaufladung nach Fig. 3 eine Ausnutzung der freien Netzkapazität von rund 40 %.

Durch die Abgabe von Heiz- und Warmwasserenergie innerhalb der schraffierten Fläche nach Fig. 1 könnte somit in beiden Fällen eine wesentlich verbesserte Ausnützung erzielt werden. Durch geeignete Massnahmen lässt sich der Ausnützungsgrad noch weiter steigern. Nachstehend werden bereits erprobte und in Anwendung befindliche Methoden beschrieben und die dazu geeigneten Tarifierungen kommentiert.

Für eine möglichst vollständige Ausnützung der freien Netzkapazität bis zum Wert der Tagesbelastungsspitze werden zurzeit von verschiedenen Werken im In- und Ausland Studien und praktische Versuche durchgeführt. Weil hierüber in der Schweiz noch keine schlüssigen Ergebnisse vorliegen, wird im einleitenden technischen Teil dieses Berichtes nicht näher darauf eingetreten. In dem in Ausarbeitung befindlichen Raumheizungsbericht 1981 der Schweizerischen Kommission für Elektrowärme (SKEW) werden diese Probleme behandelt.

Da zurzeit über die steuerungstechnische Eingliederungsmöglichkeit von Wärmepumpenanlagen in die freien Netzkapazitäten noch zu wenig Erfahrungen vorliegen, beschränken sich die Darlegungen im folgenden auf Anlagen mit Widerstandsheizung. Im übrigen wird bezüglich des Anschlusses und der Tarifierung von Wärmepumpen auf die «Empfehlungen des VSE vom Juni 1977 über die Tarifierung von Ergänzungsenergie und die Bereitstellung von Reserveleistung», Kapitel 6, verwiesen. Ferner sind in diesem Bulletin Empfehlungen über den Anschluss von bivalenten Heizanlagen und deren Tarifierung veröffentlicht, worin unter anderem auch die mit der Wärmepumpe im Zusammenhang stehenden Eingliederungsprobleme näher behandelt werden.



Gebräuchlichste Widerstandsheizungen Tabelle I

Wärmeerzeugungssysteme		Gerätebauarten	Gerätetechnische Kombinationen
im Raum	**Direkt**	**Konvektoren** **Heizwände** **Rohrheizkörper** **Grossflächenheizungen**	*Mischheizungen* Kombination von statischem Speicher + Direkt-(= Ergänzungsheizung) im gleichen Raum *Ausführungsformen* – im gleichen Gerät: Mischheiz- und Kombispeicher – Fussbodenspeicher + (Fussboden-, Direkt- oder Direktheizgeräte) *Gemischtheizungen* Kombination von Speichern und Direkt in der gleichen Wohneinheit, jedoch nicht im gleichen Raum *Ausführungsarten* – Gemischtheizung mit dynamischem Speicher – Gemischtheizung mit Mischheiz- bzw. Kombispeicher
	Speicher	**Dynamische Speicher** **Statische Speicher** **Fussbodenspeicher** **Mischheizspeicher** **Kombispeicher**	
Zentral	**Direkt**	**Durchflusserhitzer** **Lufterhitzer**	Infolge beliebiger Kombinationsmöglichkeiten von Direkt- und Speicherteil können keine spezifischen Definitionen angegeben werden
	Speicher	**Wasserspeicher** **Feststoffspeicher**	

2. Die elektrischen Widerstandsheizungen

2.1 Heizsysteme

Damit die Auswirkungen des Heizenergiebezuges auf das Verteilnetz besser überblickt werden können, ist es notwendig, vorerst die verschiedenen Heizsysteme einander gegenüberzustellen. In Anlehnung an die von der SKEW bearbeitete Terminologie wird zwischen den in Tabelle I zusammengestellten Heizungssystemen und Heizgeräte-Bauarten unterschieden.

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass grundsätzlich auf der Seite der Wärmeerzeugung zwischen Direkt- und Speicherheizungen zu unterscheiden ist und daraus beliebig viele gerätetechnische Kombinationen abgeleitet werden können. Je nach den Tarifbedingungen, den Baukostenbeiträgen, den Freigabezeiten usw. wird werkseitig ein entscheidender Einfluss auf die Verbreitung bestimmter Heizsysteme und deren Kombinationsmöglichkeiten ausgeübt. Damit die entsprechenden Zusammenhänge besser zu analysieren sind, werden nachstehend die Wirkungsweisen der verschiedenen Heizungssysteme beschrieben.

2.1.1 Direktheizung

Die Energieaufnahme folgt unmittelbar dem Heizleistungsbedarf. Eine kurzzeitige Unterbrechung während der Spitzenbelastungszeiten bis zu maximal 60 Minuten ist im allgemeinen ohne Komforteinbusse möglich. Bei der Tarifierung ist zu berücksichtigen, dass der Energiebezug zur Deckung des Bedarfes vom Werk, abgesehen von den erwähnten Sperrzeiten, nicht beeinflusst werden kann.

2.1.2 Speicherheizung

Die Energieaufnahme erfolgt über Wärmespeicher gegenüber dem Heizleistungsbedarf zeitlich verschoben. Wenn der Speicher nur während 8 Stunden in der Nacht zu Niedertarifpreisen aufgeladen werden soll, ist die Speicherleistung etwa zweimal grösser als die Direktleistung zu bemessen. Wird dagegen vom Werk für die kältesten Tage noch eine Tagesnachladung für die Speicher zugelassen, kann die Speicherleistung pro Anlage je nach Dauer der Tagesnachladung bis in den Bereich einer Direktheizung gesenkt werden.

2.2 Gerätetechnische Kombinationen

Entsprechend der Zusammenstellung in Tabelle I sind insbesondere Kombinationen bei Einzelheizgeräten zwischen Direkt- und Speicherheizungen üblich. Sie sind unter den Bezeichnungen Misch- bzw. Gemischtheizung bekannt.

– Als *Mischheizung* bezeichnet man die Kombination eines statischen Speichers mit einer Direktheizung im gleichen Raum. Der statische Speicher kann ein statisches Speicherheizgerät oder eine Fussbodenheizung sein. Deren Heizleistung deckt die Grundlast des Heizleistungsbedarfs. Die Direktheizung wird in dieser Schaltungskombination «Ergänzungsheizung» genannt. Sie kann als besonderes Gerät konzipiert oder im Fussboden oder mit dem statischen Speicher in einem Gerät zusammengebaut (= Mischheiz- oder Kombispeicher) sein. Die Ergänzungsheizung dient der Feinausregelung der Raumtemperatur und der Kältespitzendeckung.

Übliche Aufladedauern der statischen Speichergeräte: 8 Stunden nachts.

Übliche Aufladedauern der Fussbodenspeicher: 8 Stunden nachts + 2–3 Stunden Anfang Nachmittag.

Übliche Freigabedauer der Ergänzungsheizung: tagsüber mit Spitzensperre wie Direktheizung.

Übliche Verhältnisse: $P_E = \frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ P_S

P_S = Anschlusswert statischer Speicher

P_E = Anschlusswert der Ergänzungsheizung

– Als *Gemischtheizung* bezeichnet man die Kombination von Speicher- und Direktheizgeräten in der gleichen Wohneinheit, jedoch nicht im gleichen Raum.

Grundsätzlich ist jede sog. Speicherheizung mit Einzelgeräten eine Gemischtheizung.

Die Ausführungsformen sind folgende:

- Gemischtheizung mit dynamischen Speichern
- Gemischtheizung mit Mischheiz- bzw. Kombispeichern
- Gemischtheizung mit Fussbodenspeicher

Wesentlich sind immer folgende Angaben:

- Bei den Speichern die Angabe der Aufladedauer
- Der Anteil der mit Direktheizgeräten (Dirh.) beheizten Räume, wobei die Orientierungsgrösse der Wärmeleistungsbedarf Q_h ist. Es bedeutet z.B. Q_h-Dirh.[1]) = 25 %, dass die mit Direktheizgeräten beheizten Räume 25 % des Wärmeleistungsbedarfs Q_h der ganzen Wohnung (oder Objektes oder Zählerkreises) beanspruchen. Vergleiche der beheizten Flächen sind unzulässig, zum Beispiel:
  - Gemischtheizung mit dynamischen Speichern
    8 + 7 Stunden und Q_h-Dirh. = 25 %
  - Gemischtheizung mit Mischheizspeicher
    $P_E = \frac{1}{2} P_S$ (8 h)
    und Q_h-Dirh. = 20 %

2.3 Gleichzeitige Zulassung von Gemischt- und reinen Direktheizanlagen in einem bestimmten Verteilnetz

Im Gegensatz zur bisher von Region zu Region unterschiedlichen Förderung von einzelnen Heizsystemen bzw. besonderen heiztechnischen Kombinationen dürfte sich in Zukunft zu einem noch besseren Netzlastausgleich auch eine vermehrte gleichzeitige Zulassung von Gemischt- und reinen Direktheizanlagen in einem bestimmten Verteilnetz herausbilden. Je nach den Netzverhältnissen werden dabei Direkt- oder Speicherheizung stärker zum Einsatz gelangen, womit man einen Einfluss auf eine kontinuierliche Entwicklung des Verhältnisses zwischen Direkt- und Speicher-Heizleistung gewinnt.

Gesamtschweizerisch lässt sich zurzeit die Verbreitung der verschiedenen Raumheizsysteme in zwei Gruppen aufteilen. Die entsprechenden Merkmale sind in der Tabelle II umschrieben.

Der SKEW-Bericht 1981 über Raumheizungen[2]) vermittelt für die beiden darin dargelegten Konzepte berechnete Ergebnisse. Wichtig ist vor allem ein kontrolliertes Verhältnis der Anteile der zwei grundsätzlichen Heizsysteme (Direkt – Speicher) bzw. deren Kombinationsmöglichkeit, weil jedes für sich allein nicht den bestmöglichen Netzlastausgleich erreicht.

3. Betriebliche Massnahmen zur optimalen Nutzung der Netzkapazitäten

3.1 Beeinflussung der Energieaufnahme von Direktheizungen

Mit Ausnahme von kurzzeitigen Sperrungen in den Spitzenbelastungszeiten verträgt die Direktheizung keine Beschränkung der Energiezufuhr. Damit sind bei der Heizungsart die Möglichkeiten zur Beeinflussung des Belastungsverlaufs eng begrenzt.

[1]) Dirh. = Direktheizung. [2]) Erscheint Anfang 1981.

Verbreitung der Raumheizsysteme in der Schweiz (Stand Anfang 1979) — Tabelle II

	Gruppe 1: vorwiegend Gemischtheizung		Gruppe 2: vorwiegend Direktheizung	
a) *Regionen*	vor allem Deutschschweiz		vor allem Westschweiz und Tessin	
b) *Ausgangslage* – freie Netzkapazitäten	– nachts, nachmittags, abends		– durchgehend ausser Mittagsspitze	
c) *Massnahmen zur Verbesserung des Netzlastausgleiches*	gezielter Einsatz der Tagesfreigabedauer der Speicher im gleichen Quartier. Verhältnis von HT- zu NT-Ansatz über 2:1, ohne Wochenend-NT		gezielte Mischung von reinen Direktheizungen und von Gemischtheizungen im gleichen Quartier. Verhältnis von HT- zu NT-Ansatz max. 2:1 evtl. mit Wochenend-NT	
d) *Konzepte* generell	– Schwergewicht auf Speichern mit langer Tagesnachladung – Gemischtheizungen mit Q_h-Dirh. = 10–20 % – wenig Direktheizungen		– Schwergewicht auf Einzelheizgeräten – Gemischtheizungen mit Q_h-Dirh. = 20–30 % – viel Direktheizungen	
speziell		*Anteile*		*Anteile*
Zentralspeicher	mit langer Tagesnachladung	40–50 %	mit langer Tagesnachladung	10–20 %
Direktheizungen	nur in Sonderfällen mit Vollwärmeschutz und/oder beschränkter Jahresbenützung	2–10 %	Schwerpunkt auf Gebäuden mit Vollwärmeschutz	30–50 %
Gemischtheizungen	– Q_h-Dirh. = 10–20 % – Dynamischer Speicher mit langer Tagesnachladung – Mischheizung oder Kombispeicher mit $P_E = \frac{1}{3} P_S$ oder $P_E = \frac{1}{2} P_S$ je nach freien Tageskapazitäten	50–40 %	– Q_h-Dirh. = 20–30 % – Dynamischer Speicher mit max. 3 h Tagesnachladung – Mischheizung oder Kombispeicher mit $P_E = \frac{1}{2} P_S$	60–40 %

3.2 Beeinflussung der Speicherheizung durch Tagesnachladung

Der VSE hat im Jahre 1972 zusätzlich zur 8–9stündigen Nachtaufladung für Speicherheizungen eine 3stündige Tagesnachladung empfohlen. Dabei ist im Interesse einer Senkung der Energiekosten für den Bezüger anzustreben, den Tagesenergieanteil durch eine geeignete Aufladesteuerung möglichst minimal zu halten. Nach den inzwischen gewonnenen Betriebserfahrungen ist festzustellen, dass sich solche Massnahmen im allgemeinen bewähren. Einzelne Werke haben in der Folge die Tagesnachladezeit noch weiter ausgedehnt, damit die Speicherleistung pro Anlage weiter gesenkt und je Netzkreis die Anschlussmöglichkeit für Heizanlagen erhöht werden kann.

Im folgenden werden für vier verschiedene, in Gruppen aufgeteilte Aufladedauern die werkseitigen Auswirkungen auf

- den Ladezustand in Abhängigkeit der Tageszeit für einen Speicher mit dynamischer Entladung,
- die Dimensionierung der Speicherleistung,
- die Anzahl Heizungsanschlüsse und
- die Wirtschaftlichkeit

beschrieben.

3.2.1 Auflademöglichkeiten

Die für diese verschiedenen Auflademöglichkeiten erforderlichen Gerätesteuerungen werden im Anhang dieses Berichts behandelt.

Auflademöglichkeiten — Tabelle III

Gruppe	Nachtaufladung		Tagesnachladung mit 100% Heizleistung	Maximale Aufladestundenzahl pro 24-h-Tag
	Einzelspeicher	Zentralspeicher	h	
3.2.2	8 NT	8 NT + 1 HT od. NT	–	8– 9
3.2.3	8 NT	8 NT + 1 HT od. NT	bis zu 3 HT	11–12
3.2.4	8 NT	8 NT + 1 HT od. NT	bis zu 7 HT	15–16
3.2.5	8 NT	8 NT + 1 HT od. NT	bis zu 12 HT	20

3.2.2 8 Stunden Nachtaufladung, ohne Tagesnachladung

Trotz der ausschliesslichen Aufladung während der Nachtstunden ergibt sich für den Betrieb der Hilfsapparate (Steuerung, Ventilation, Zirkulationspumpe) ein HT-Anteil von etwa 1–2%. Der Anschlusswert einer Speicherheizung mit dynamischer Entladung ist etwa zweimal grösser als bei einer Direktheizung.

An einem Tag mit grossem Wärmeleistungsbedarf kann innerhalb der Tagesbelastungsspitze aufgrund der nach Diagramm Fig. 3 angenommenen Belastungskurve des bestehenden Verteilnetzes ein Anteil von etwa 40% der in Schwachlastzeiten zur Verfügung stehenden freien Netzkapazität ausgenützt werden. Bezogen auf ein ganzes Winterhalbjahr sinkt dieser Anteil je nach Verlauf der Aussentemperaturen auf etwa 20%.

In Wohngebieten können unter den gegebenen Voraussetzungen nach den bis jetzt gewonnenen Erfahrungen rund 3–4% sämtlicher Wohnungen elektrisch beheizt werden.

Für das Werk besteht solange die Gewähr einer genügenden Wirtschaftlichkeit, als das ohnehin vorhandene Verteilnetz für die Heizungsanschlüsse nicht verstärkt werden muss und die vorhandene Reserve für spätere Hausanschlüsse im Rahmen der durchgeführten Anlageplanung weiterhin freigehalten wird.

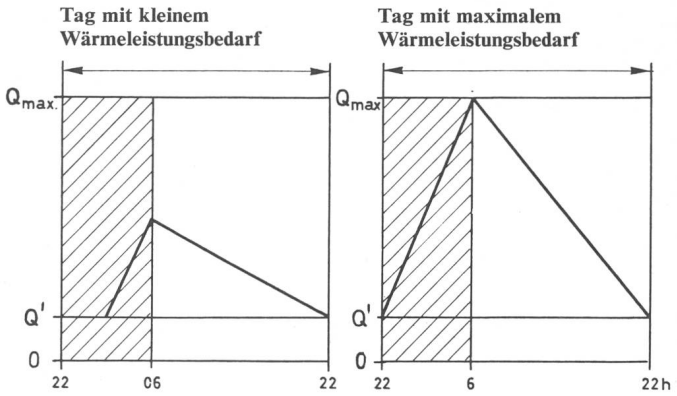


Fig. 4 Aufladecharakteristik ohne Tagesnachladung

Freigabezeit für die Aufladung
Q_{max} Maximalladung des Speichers
Q' Sockelladung

3.2.3 Bis zu 3 Stunden Tagesnachladung

Der Hochtarifanteil am Gesamtenergiebedarf steigt auf 4–6%. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen senkt eine 3stündige Tagesnachladung jedoch die Speicherleistung gegenüber alleiniger 8stündiger Nachtaufladung um etwa 25–30% und ist damit nur noch etwa 1,5mal grösser als bei Direktheizung. Die Anschlussmöglichkeit erhöht sich dadurch je nach den Netzverhältnissen auf 6–8% aller Wohnungen bei gleichzeitigem Anstieg der Einnahmen je Wohneinheit infolge höherem Hochtarifanteil. Die freie Netzkapazität wird an einem Tag mit grossem Wärmeleistungsbedarf bis zu etwa 50% genutzt.

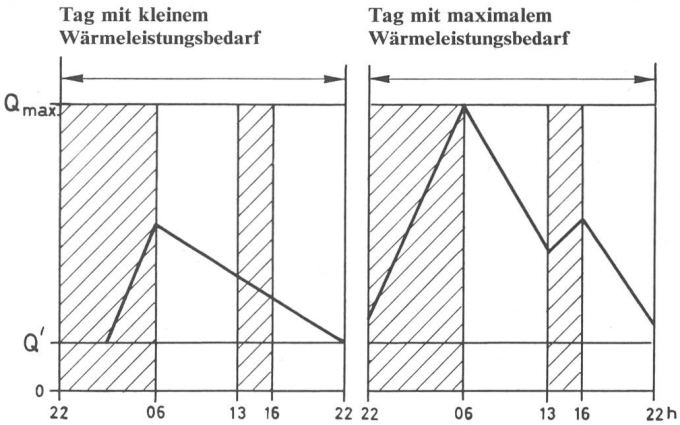


Fig. 5 Aufladecharakteristik bei 3 Stunden Tagesnachladung

Freigabezeiten für die Aufladung
Q_{max} Maximalladung des Speichers
Q' Sockelladung

3.2.4 Bis zu 7 Stunden Tagesnachladung

Der Hochtarifanteil am Gesamtenergiebedarf liegt zwischen 10 und 15%. Der Anschlusswert einer Speicherheizung sinkt bei 7stündiger Nachladung auf etwa den gleichen Wert wie bei einer Direktheizung.

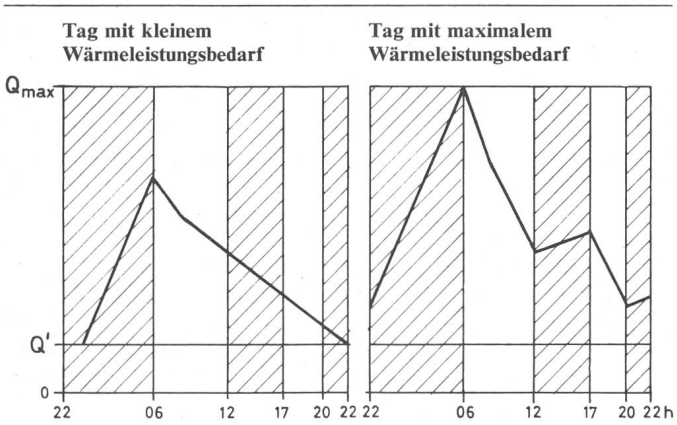


Fig. 6 Aufladecharakteristik für 7 Stunden Tagesnachladung

Freigabezeiten für die Aufladung

Q_{max} Maximalladung des Speichers
Q' Sockelladung

Gegenüber blosser 8-Stunden-Nachtaufladung (3.2.2) kann der Anteil elektrisch geheizter Wohnungen in Wohngebieten um etwa das 2,5fache auf etwa 10 % gesteigert werden, ohne dass die Tagesbelastungsspitze infolge Speicherheizleistung überschritten wird.

Aufgrund der nach Diagramm Fig. 1 angenommenen Belastungskurve kann an einem Tag mit grossem Wärmebedarf ein Anteil von etwa 75 % der in Schwachlastzeiten zur Verfügung stehenden freien Netzkapazität ausgenützt werden. Bezogen auf ein ganzes Winterhalbjahr sinkt dieser Anteil je nach Verlauf der Aussentemperaturen auf etwa 37 %.

Solange das Verteilnetz tagsüber ausserhalb der Spitzenzeiten Kapazitätsreserven aufweist, zeitigt die Zulassung der Tagesnachladung zu Hochtarifpreisen eine Ertragsverbesserung.

3.2.5 Bis zu 12 Stunden Tagesnachladung

Bei einer wesentlichen Ausdehnung der Tagesnachladung über 7 Stunden hinaus fällt, abgesehen von schwer lösbaren reguliertechnischen Problemen, zwangsläufig ein Teil der Energieaufnahme in die Vormittagsstunden. Wie aus dem in Fig. 1 dargestellten Belastungsdiagramm ersichtlich, sind jedoch die freien Netzkapazitäten in diesen Zeitabschnitten eng begrenzt. Es lässt sich deshalb kaum mehr eine wesentliche Senkung des Anschlusswertes erzielen. Vorteile sind zu erwarten im Bereich einer besseren Verschachtelung. Derartige Anschlüsse führen auch hier zu ähnlichen Ergebnissen wie bei Direktheizanlagen.

3.2.6 Zusammenfassende Beurteilung der Tagesnachlademöglichkeiten

3.2.6.1 Werkseitige Gesichtspunkte

In den vorstehenden Abschnitten 3.2.2 bis 3.2.5 sind die Auswirkungen verschiedener Tagesnachladezeiten von Speicherheizanlagen auf die Netzauslastung beschrieben. Der in Tabelle IV zusammengestellten Bewertung ist eine Belastungskurve ohne elektrische Heizungen und Warmwasserspeicher, wie sie das Diagramm aus Fig. 1 zeigt, zugrunde gelegt.

Grundsätzlich ergibt sich, dass mit zunehmender Nachladezeit zu HT-Preisen die mittleren Anschlusswerte der Heizanlagen sinken und zur besseren Netzauslastung eine grössere Zahl von Abonnenten angeschlossen und damit auch die Wirtschaftlichkeit der Werke verbessert werden kann.

Mit steigender Anzahl Heizungsanschlüsse werden die freien Netzkapazitäten jedoch mit der Zeit aufgezehrt mit der Folge, dass eines Tages heizungsbedingte Netzverstärkungen unumgänglich werden. Das kann zu einem Rückgang der Wirtschaftlichkeit führen, sofern zur Finanzierung der Erweiterungsinvestitionen zum Beispiel nicht auf frühere Rücklagen von Baukostenbeiträgen aus Heizanschlüssen ohne Netzverstärkungen zurückgegriffen werden kann.

Bei der Beurteilung ist deshalb in jedem Falle zu beachten, dass die Zulassung von Neuanschlüssen für die Werke nur solange wirtschaftlich bleibt, als die Verteilnetze ausserhalb der Spitzenzeiten freie Kapazitäten aufweisen oder dann die entsprechenden Investitionen vorfinanziert werden.

Je nach konjunktureller Entwicklung wird sich die den Überlegungen zugrunde gelegte Belastungskurve (Fig. 1) im Verlaufe der Zeit jedoch mehr oder weniger rasch verändern. Aufgrund der zu erwartenden weiteren Erhöhung der Tagesbelastungsspitze wird deshalb auch je nach gewährtem Aufladeprogramm im Rahmen einer ausgeglichenen Netzauslastung eine kleinere oder grössere Zahl von zusätzlichen Speicherheizungen zum Anschluss gelangen können.

3.2.6.2 Bezügerseitige Gesichtspunkte

Bei einer Beurteilung der beschriebenen Tagesnachlademöglichkeiten sind nebst den werkseitigen Belangen auch die bezügerseitigen Heizkosten zu berücksichtigen. Letztere sollten in Übereinstimmung mit den vom Werk angestrebten Interessen möglichst auf einem minimalen Stand gehalten werden.

Bei der Bestimmung der bezügerseitigen Jahreskosten für die Heizung ist nach den jeweils geltenden Prozentsätzen die Verzinsung und Amortisation der Heizgeräte samt den dazugehörigen Einrichtungen, einschliesslich Baukostenbeitrag, zu berücksichtigen. Für Unterhalt und Reparaturen ist mit etwa 0,5 bis 1 % der entsprechenden Investitionskosten zu rechnen. Zur Ermittlung der Energiekosten wird in den nachstehenden Vergleichsrechnungen eine Tarifstruktur mit einem Verhältnis von Hoch- zu Niedertarifpreis von 2,5:1 bzw. 14:5,5 Rp./kWh zugrunde gelegt (siehe auch Abschnitt 4.2).

Daraus ergibt sich gemäss Tabelle III für Nachladungen mit 3–7 Stunden zu HT-Preisen die grösste Wirtschaftlichkeit. Die Jahreskosten für 7 Stunden Nachladung liegen für die angenommenen Tarifgrundlagen nur leicht unter denjenigen für 3 Stunden. Bei den Varianten ohne jegliche Nachladung bzw. Direktheizung ergeben sich dagegen 10–11 % höhere Jahreskosten.

Die Gewährung von Nachladezeiten von 3–7 Stunden zu HT ermöglicht dem Werk dank dem mit steigender Nachladezeit je Anlage rasch sinkenden Leistungsbedarf den Anschluss einer grösseren Zahl von Heizabonnenten bei günstigerer Auslastungsmöglichkeit der Netze und höheren Energieeinnahmen bei geringerer Auswirkung auf die gesamten Jahreskosten für den Abnehmer. Der Grenzwert, bei dem sich sinkende Investitionskosten mit steigenden Energiekosten kreuzen, liegt nach allgemeiner Erfahrung bei einem HT-Anteil von 10–12 % des Gesamtenergiebezuges.

Bei 12 Stunden Nachladung zu HT-Preisen ist dieser Grenzwert überschritten. Es fallen deshalb die stark ansteigenden Energiekosten erheblicher ins Gewicht als die sinkenden In-

vestitionskosten. Gegenüber dem Wert von 7 Stunden Nachladung ergibt sich eine Erhöhung der Gesamtkosten, so dass auch der Bezüger an einer solchen Lösung nicht interessiert ist.

3.3 Einschaltzeiten für Speicherheizungen und Warmwasserspeicher

3.3.1 Gestaffelte Einschaltzeiten für Speicherheizungen

Damit die Spannungshaltung im Verteilnetz nicht durch die mit der Netzkommandoanlage gleichzeitig eingeschalteten Heizanlagen beeinträchtigt wird, sind die Speicherheizungen bezügerseits in einem Streuband von einigen Minuten zeitlich verzögert einzuschalten und ab einer bestimmten Grössenordnung (z. B. ab 10 kW) ist auch noch in geeigneten Leistungsstufen zu schalten.

Im Bestreben, die Belastungskurve möglichst ausgleichend zu beeinflussen, ist für grössere Speicherheizungen (z. B. ab 6 kW) die witterungsabhängige Aufladezeit mit einer vollautomatischen Steuerung in die Spätnacht zu verschieben. Allein mit diesen Massnahmen ist aber an den Tagen mit grossem Wärmeleistungsbedarf innerhalb einer Zeitspanne von nur wenigen Minuten trotzdem ein grosser Belastungsanstieg zu erwarten. Bei einer grösseren Anzahl angeschlossener Speicherheizungen mit Normalnachtaufladezeit von 8 Stunden sollten diese der Belastungskurve im Verteilnetz entsprechend gestaffelt eingeschaltet werden. Diese Massnahme ist indessen nur anwendbar, sofern die nächtliche NT-Zeit 9 bis 10 Stunden dauert.

3.3.2 Aufheizzeit der Warmwasserspeicher

Weil bei der Anwendung einer längeren Tagesnachladung (z. B. nach der Aufladegruppe 3.2.4) die Restwärmefühler der Speicherheizanlagen nur bei milder Wintertemperatur zum Schalten kommen, werden die Speicherheizungen in der Kältespitze durchschnittlich während 40–60 Tagen pro Jahr bei Beginn der Niedertarifzeit eingeschaltet. Damit der Belastungsanstieg zu dieser Zeit gedämpft wird, sollten sämtliche von der Speicherheizung unabhängigen Warmwasserspeicher mit einer kleineren als 8stündigen Aufheizzeit mit Einschaltung in der Spätnacht eingerichtet werden.

Jahreskostenvergleich für Raumheizanlagen eines Einfamilienhauses mit unterschiedlichen Nachladezeiten — Tabelle IV

Objekt	Einfamilienhaus mit 6 Zimmern	Jährlicher Energiebedarf:	25 500 kWh für 3.2.2/5; 25 000 kWh für 3.1
Beheizte Fläche	165 m²	Stromtarif, ohne Wochenendvergünstigung	HT 14 Rp./kWh (16 Stunden/Tag), NT 5,5 Rp./kWh (8 Stunden/Tag)
Wärmeleistungsbedarf	Q_h = 16 000 kcal/h = 18 600 W	Baukostenbeitrag	Fr. 120.–/kW
Anlage	Gemischtheizung mit dynamischen Speichern bzw. Direktheizung	Amortisation der Anlagekosten in 20 Jahren mit 5% Zins Annuitätsfaktor	8%
Anzahl Speichergeräte	11		
Anzahl Direktheizgeräte	3		

Tägliche Ladestunden	8 + 0 = 8	8 + 3 = 11	8 + 7 = 15	8 + 12 = 20	23	h
Kapitel	3.2.2	3.2.3	3.2.4	3.2.5	3.1 [1]	
Hochtarifanteil	2	4	11	26	70	%
Niedertarifanteil	98	96	89	74	30	%
Anschlussleistung						
Speicher	37,6	26,6	19,1	14,6	–	kW
Direkt	2,4	2,4	2,4	2,4	20	kW
Total	40,0	29,0	21,5	17,0	20	kW
Stromverbrauch HT	510	1 020	2 800	6 630	17 500	kWh
Stromverbrauch NT	24 990	24 480	22 700	18 870	7 500	kWh
Stromverbrauch total	25 500	25 500	25 500	25 500	25 000 [2]	kWh
Anlagekosten, einschliesslich Installation	23 000	19 500	18 500	17 000	8 500	Fr.
Baukostenbeitrag	4 800	3 480	2 580	2 040	2 400	Fr.
Totale Anlagekosten	27 800	22 980	21 080	19 040	10 900	Fr.
Annuität	2 224	1 838	1 686	1 523	872	Fr.
Unterhalt und Reparaturen	115	100	95	85	42	Fr.
Stromkosten HT	71	143	392	928	2 450	Fr.
Stromkosten NT	1 374	1 346	1 248	1 038	412	Fr.
Stromkosten total	1 445	1 489	1 640	1 966	2 862	Fr.
Total Jahreskosten	3 784	3 427	3 421	3 574	3 776	Fr.
Relative Kosten 3.2.4 = 100%	110,6	100,2	100,0	104,5	110,4	%

[1]) Direktheizung.

[2]) Geringere Wärmeverluste gegenüber Gemischtheizung.

4. Tarifierung der Heizenergie

4.1 Zur tariflichen Problematik der Wettbewerbsfähigkeit von Elektroheizungen

Die Verbreitung der elektrischen Raumheizung muss sich bei optimaler Ausnützung der vorhandenen Produktions- und Netzkapazitäten auf ein kostenechtes Tarifsystem abstützen können. Die ausgeprägte Fixkostenstruktur der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie führt zwangsläufig zu grossen Unterschieden zwischen Voll- und Grenzkosten. Ausserhalb der Zeit mit höchster Netzbelastung – bedingt durch den Normalverbrauch – lässt sich die Energieabgabe durch verstärkte Ausnützung der bestehenden Anlagen mit verhältnismässig geringen Grenzkosten steigern.

Wesentliches Element einer kostenechten Tarifierung ist die übliche Gliederung in die zwei Komponenten Grund- oder Leistungspreis einerseits und in die nach Tarifzeiten sowie allenfalls saisonal differenzierten Arbeitspreise anderseits. Wie die ebenfalls eine ausgesprochene Fixkostenstruktur aufweisenden Fernmeldebetriebe des Bundes sehen sich auch die Elektrizitätswerke genötigt, wenigstens einen angemessenen Teil der durch die dauernde Bereithaltung der elektrischen Leistung und durch zahlreiche abnehmerabhängige Aufwendungen bedingten Festkosten durch benützungsdauerunabhängige Tarifkomponenten abzudecken. Aus politischen Erwägungen heraus sind die Grund- und Leistungspreise vielerorts auf einem der aktuellen Kostensituation nicht mehr entsprechenden Niveau belassen worden, was zu einer verhältnismässig grossen Umlegung von Festkostenanteilen auf die Arbeitspreise führte.

4.2 Tarifgrundlagen (Stand Anfang 1979)

Als Ausgangsbasis für die Festlegung der Preise für die elektrische Raumheizung gelten in der Regel die Arbeitspreise des Haushalteinheitstarifes, wobei in vielen Fällen mit Jahrespreisen gerechnet wird. Ohne Berücksichtigung der Grundgebühr liegen die Arbeitspreise des Normalkonsums bei den meisten Überlandwerken und deren Wiederverkäufern bei folgenden Mittelwerten:

	Mittelwert
Hochtarif	14 Rp./kWh
Niedertarif	5,5 Rp./kWh

Die Niedertarifzeit beträgt in der Regel 8 bis 9 Stunden und liegt zwischen 21 und 7 Uhr.

Bei den grösseren städtischen Werken liegen diese Preise in der Regel tiefer und zwar bei etwa 10 Rp./kWh im Hochtarif und bei etwa 5 Rp./kWh im Niedertarif.

Einige Werke haben für den allelektrischen Haushalt Sondertarife eingeführt, deren Arbeitspreise bis zu 2 Rp./kWh im HT und bis zu 0,5 Rp./kWh im NT unter jenen der genannten

Gegenüberstellung der Jahreskosten einer Direkt- und einer Gemischtheizung bei Gewährung von Wochenendtarif — Tabelle V

Objekt	Einfamilienhaus mit 6 Zimmern und einem nach Tabelle III beschriebenen Wärmeleistungsbedarf	Hochtarifzeit	86,5 h/Woche (Mo–Fr 6 –22 Uhr, Sa 6–12.30 Uhr)
Stromtarif, mit Wochenendvergünstigung	HT 14 Rp./kWh, NT 5,5 Rp./kWh	Niedertarifzeit	81,5 h/Woche (Mo–Sa 22–6 Uhr, Sa 12.30–Mo 6 Uhr)
Baukostenbeitrag	Fr. 120.–/kW	Sperrzeiten für Direktheizung	je Montag bis Freitag zwischen 11 und 12 Uhr
Amortisation der Anlagekosten in 20 Jahren mit 5% Zins Annuitätsfaktor	8%	Lieferzeiten für Speicherheizung	je Montag bis Freitag 8 h/Nacht und max. 7 h/Tag; am Wochenende während der NT-Zeit frei

Heizungsart	Gemischtheizung	Direktheizung	
Hochtarifanteil	8	54	%
Niedertarifanteil	92	46 [1])	%
Anschlussleistung	21,5	20	kW
Stromverbrauch HT	2 040	13 500	kWh
Stromverbrauch NT	23 460	11 500	kWh
Stromverbrauch total	25 500	25 000	kWh
Anlagekosten, einschliesslich Installation	18 500	8 500	Fr.
Baukostenbeitrag	2 580	2 400	Fr.
Total Anlagekosten	21 080	10 900	Fr.
Annuität	1 686	872	Fr.
Unterhalt und Reparaturen	95	42	Fr.
Stromkosten HT	286	1 890	Fr.
Stromkosten NT	1 290	632	Fr.
Stromkosten total	1 576	2 522	Fr.
Total Jahreskosten	3 357	3 436	Fr.
Relative Kosten 8 + 7 Stunden ohne WEB = 100% [2])	98,1%	100,4%	%

[1]) Der NT-Anteil variiert je nach dem angewandten Nachtabsenkregime. [2]) bezogen auf 3.2.4 der Tabelle IV.

Haushalt-Einheitstarife liegen. Das Mass der Vergünstigung richtet sich in erster Linie nach den Energieselbstkosten und der Auslastung der Netze jedes einzelnen Werkes.

Vereinzelt wird in der Westschweiz für Raumheizung und Warmwasserbereitung nicht nach Hoch- und Niedertarifpreisen unterschieden, sondern es werden Tag und Nacht die gleichen Arbeitspreise angewendet (9–10 Rp./kWh).

4.3 Beeinflussung der Systemwahl durch tarifarische Massnahmen

Neben der Regelung der Baukostenbeiträge hat das Werk mit der Gestaltung der Stromtarife ein zweites wirksames Mittel zur Beeinflussung der Bezüger in ihrer Wahl des Heizsystems in der Hand. Mit der konsequenten Verfolgung einer bestimmten Tarifpolitik, die etwa im Verhältnis zwischen den Hoch- und Niedertarifpreisen, in der Bemessung der Freigabezeiten für den Heizstrombezug während des Tages oder in der Gewährung der Niedertarifpreise über das Wochenende zum Ausdruck kommt, lässt sich die Anschlusstätigkeit in der gewünschten Richtung steuern. Beispielsweise würde die Anwendung des gleichen Preises für den Tages- und den Nachtstrombezug die Direktheizung im Wirtschaftlichkeitsvergleich gegenüber Heizanlagen mit vollem bzw. vorwiegendem Speicheranteil bevorzugen; die Anwendung eines Doppeltarifs mit verhältnismässig günstigen, das heisst unter der Hälfte der Hochtarifansätze liegenden Niedertarifpreisen dagegen den Trend zur Speicherheizung fördern.

Mit der durchgehenden Gewährung der Niedertarifpreise über das Wochenende lässt sich die Wettbewerbsfähigkeit sowohl der elektrischen Warmwasserbereitung als auch der Raumheizung verbessern.

Wie die Zahlenbeispiele von Tabelle V für die elektrische Beheizung des in Tabelle IV beschriebenen Einfamilienhauses mit einer Gemischt- oder einer Direktheizung (Pos. 3.2.4 bzw. 3.1) zeigen, ergibt sich mit der Gewährung eines Wochenend-Niedertarifs für beide Fälle eine wirtschaftliche Besserstellung und eine beachtliche Annäherung bezüglich der Jahreskosten (s. auch Fig. 7).

Mit Wochenendbegünstigung werden beide berechneten Varianten bessergestellt. Die Jahreskosten für die Variante mit Gemischtheizung, das heisst vorwiegend Speicheranteil, werden um 1,9, jene für Direktheizung um 7,9 % gesenkt. Gegenüber dem Basiswert von Tabelle IV (Var. 3.2.4 = 100 %) ergeben sich folgende Indexziffern: Gemischtheizung 98,1, Direktheizung 101,7 %. Für den Abnehmer ergeben sich, bezogen auf die Gesamtkosten, nur noch relativ geringe Unterschiede.

Mit dem Anschluss von Direktheizungen wird indessen Bedarf für höherwertige Energie geschaffen, die zu entsprechend höheren Preisen verkauft werden kann. Nach dem obigen Beispiel erzielt das Werk bei der Variante Direktheizung im Vergleich zu den Einnahmen bei der Gemischtheizung einen Mehrerlös von etwa 63 %. Selbstverständlich vermitteln diese Zahlen nur Hinweise auf Grössenordnungen, aus denen jedoch hervorgeht, dass mit Bezug auf den gesamten Jahresaufwand unter bestimmten Voraussetzungen zwischen Direkt- und Gemischtheizung annähernd Parität erreicht werden kann. Das Werk kann somit je nach den Verhältnissen einen kleineren oder grösseren Direktheizanteil empfehlen, ohne Gefahr zu laufen, damit die wirtschaftlichen Interessen des Bezügers zu verletzen. Die Wochenendbegünstigung erweist sich dabei als ein positiv zu bewertender Faktor.

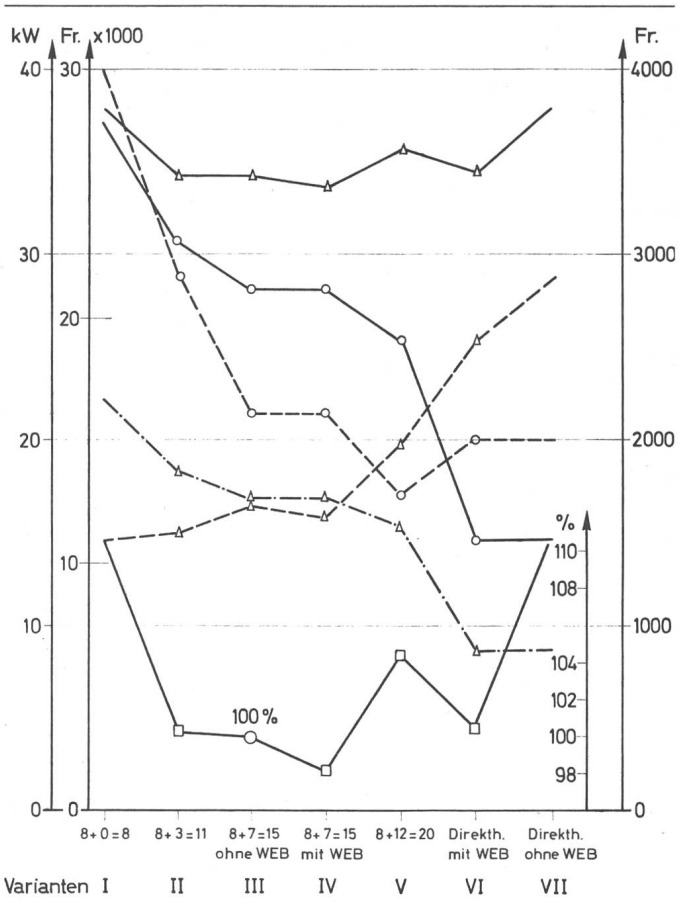


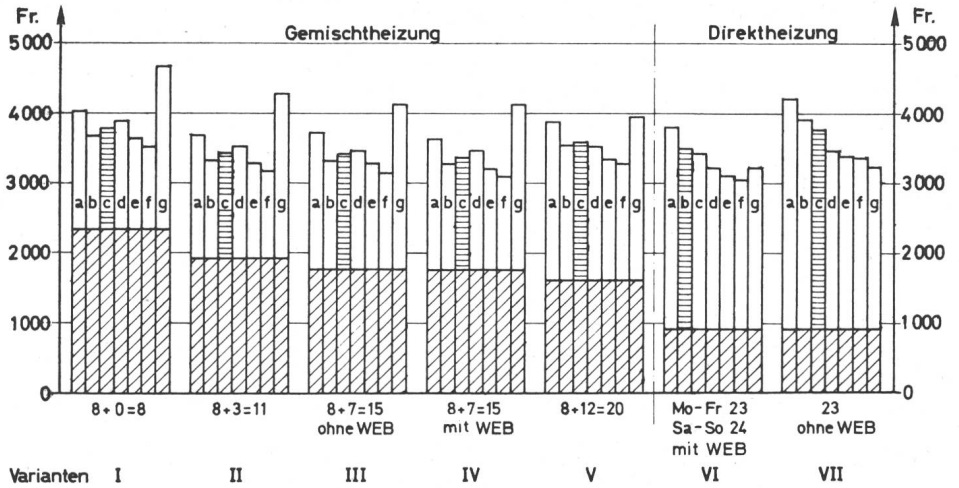
Fig. 7 Jahreskostenvergleich für Raumheizanlagen eines Einfamilienhauses mit unterschiedlichen Nachladezeiten gemäss Tabellen III und IV

- o——o Anlagekosten
- o- - - -o Anschlussleistung
- Δ——Δ Total Jahreskosten
- Δ- - - -Δ Stromkosten
- Δ-·-·-Δ Annuität auf Anlagekosten
- □——□ Jahreskosten in % von Variante III
- WEB Wochenendbegünstigung

Um die Förderungsmöglichkeit bestimmter Heizsysteme durch geeignete Tarifierung veranschaulichen zu können, wurden, bezogen auf das bereits dargelegte Grundbeispiel, für sieben verschiedene Tarifvarianten die Jahreskosten ermittelt (Tabelle VI) und grafisch ausgewertet (Fig. 8). Die Tarifvarianten a und f dürften für schweizerische Verhältnisse als obere bzw. untere Grenzwerte gelten, was nicht das Bestehen von noch höheren bzw. niedrigeren Kompositionen ausschliesst. Die Varianten b und d entsprechen den Verhältnissen bei zwei grösseren Überlandwerken, Variante c entspricht dem schweizerischen Mittel, wie es für das Grundbeispiel gewählt wurde, und e dem um 2 Rp. vom HT bzw. um 0,5 Rp. vom NT herabgesetzten Mittelwert des Grundbeispiels als möglicher Sondertarif. Variante g gelangt bei einem Überlandwerk der Westschweiz zur Anwendung und dient der ausgeprägten Förderung der Direktheizung.

Die Darstellung der Berechnungsergebnisse, nach Heizvarianten geordnet, zeigt je angeführtes Heizsystem den Ein-

Fig. 8
Einfluss der Tarifgestaltung auf die Jahreskosten für Raumheizanlagen mit unterschiedlichen Nachladezeiten



Stromkosten

Grundbeispiel c

Annuität/Unterhalt/Reparaturen

Tarifvarianten
a HT 16,0 NT 6,5
b HT 15,0 NT 5,0
c HT 14,0 NT 5,5
d HT 12,0 NT 6,0
e HT 12,0 NT 5,0
f HT 12,0 NT 4,5
g Tag/Nacht 9,2
(alle Zahlen in Rp./kWh)

fluss der gewählten Tarifvariante auf die gesamten Jahreskosten. Diese Hinweise erlauben den einzelnen Werken, je nach deren Tarifgrundlagen die Schlüsse für das Eigenverhalten gegenüber der elektrischen Raumheizung zu ziehen.

5. Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Versorgungsprobleme mit Erdöl für Raumheizzwecke dürften in den kommenden Jahren immer schwieriger lösbar werden und damit die Tendenz zur Substitution durch andere Energieträger zunehmen. Zurzeit können nur Erdgas und Elektrizität wesentliche Entlastungsmöglichkeiten bieten, dies um so mehr, als mit weiterhin steigenden Ölpreisen die Konkurrenzfähigkeit der beiden Netzenergieträger nachhaltig verbessert wird.

Bezüglich der Substitutionsmöglichkeit durch Elektrizität stellen sich in erster Linie Produktions- und Verteilprobleme, fällt doch der Heizwärmebedarf an den kältesten Tagen nor-

Einfluss der Tarifgestaltung auf die Jahreskosten für Raumheizanlagen mit unterschiedlichen Nachladezeiten
Jahreskosten (Variante III Heizanlagen bzw. Nachladezeit = 100 %)

Tabelle VI

		Gemischtheizung					Direktheizung	
Variante Heizanlage bzw. Nachladezeit		I 8 + 0 = 8	II 8 + 3 = 11	III 8 + 7 = 15 ohne WEB	IV 8 + 7 = 15 mit WEB	V 8 + 12 = 20	VI Mo–Fr23 Sa–So24 mit WEB	VII 23 ohne WEB
Tarifvariante a HT 16,0 NT 6,5 Rp./kWh	Fr.	4045	3692	3704	3632	3896	3821	4201
in % von Variante III		109,2	99,7	100,0	98,1	105,2	103,2	113,4
Tarifvariante b HT 15,0 NT 5,0 Rp./kWh	Fr.	3664	3315	3336	3260	3545	3514	3914
in % von Variante III		109,8	99,4	100,0	97,7	106,3	105,3	117,3
Tarifvariante c HT 14,0 NT 5,5 Rp./kWh	Fr.	3784	3427	3421	3357	3574	3436	3776
in % von Variante III		110,6	100,2	100,0	98,1	104,5	100,4	110,4
Tarifvariante d HT 12,0 NT 6,0 Rp./kWh	Fr.	3899	3529	3479	3434	3536	3224	3464
in % von Variante III		112,1	101.4	100,0	98,7	101,6	92,7	99,6
Tarifvariante e HT 12,0 NT 5,0 Rp./kWh	Fr.	3649	3284	3252	3199	3347	3109	3389
in % von Variante III		112,2	101,0	100,0	98,4	102,9	95,6	104,2
Tarifvariante f HT 12,0 NT 4,5 Rp./kWh	Fr.	3525	3162	3139	3082	3253	3051	3351
in % von Variante III		112,3	100,7	100,0	98,2	103,6	97,2	106,8
Tarifvariante g Tag/Nacht 9,2 Rp./kWh	Fr.	4685	4284	4127	4127	3954	3214	3214
in % von Variante III		113,5	103,8	100,0	100,0	95,8	77,9	77,9

malerweise auch mit der grösseren Auslastung der schweizerischen Erzeugungs- und Verteilanlagen zusammen.

Eine nähere Überprüfung der Verhältnisse zeigt, dass sowohl bezüglich Erzeugung als auch Verteilung, insbesondere während der Schwachlastzeiten in der Nacht sowie während bestimmter Tagesperioden, der Anschluss von elektrisch betriebenen Raumheizanlagen in beachtlichem Ausmass möglich ist.

Auch bei Überprüfung der regionalen Verteilnetze ergeben sich freie Kapazitäten, die bei gezielter Nutzung den Anschluss von Elektroheizungen in einem Ausmass, das die Grössenordnung von 10% der Haushaltungen überschreiten kann, ermöglichen, ohne dass wesentliche Anlageverstärkungen zu erfolgen haben.

Im vorliegenden Bericht wurden insbesondere diese Verhältnisse an einem bestimmten, jedoch für mittlere Verhältnisse allgemein gültigen Netzlastmodell überprüft. Es ergibt sich daraus, dass das Netz ohne Raumheizung nur zu rund zwei Drittel ausgelastet wird. Zufolge der Unterbrechbarkeit von Direktheizungen um nur eine Stunde während der Mittagsspitze lässt sich mit solchen Anlagen rein technisch betrachtet die verfügbare freie Netzkapazität jedoch nur zu rund 30%, mit reiner Speicherheizung bei 8 Stunden Nachtaufladung dagegen jedoch bis zu 40% nutzen.

Eine wesentliche Verbesserung der technischen Nutzung ergibt sich aus der Kombination der beiden Heizsysteme innerhalb einer Heizanlage selbst durch sogenannte Gemischtheizungen (Haupträume z.B. Speicher- und Nebenräume Direktheizung) sowie durch das Zulassen beider Heizarten, das heisst Direkt- und Gemischtheizanlagen gleichzeitig im gleichen Netzteil.

Die technisch-wirtschaftlichen Zielsetzungen für eine bessere Nutzung der Anlagen durch die Werke muss jedoch auch mitberücksichtigen, dass mit den zur Verfügung stehenden Reserven eine möglichst grosse Zahl von Bezügern zu möglichst günstigen wirtschaftlichen Verhältnissen angeschlossen werden kann.

Ganz allgemein kann dazu festgestellt werden, dass bei mittleren Energiepreisen (HT/NT) und Anschlusskosten die reine Direktheizung im Gegensatz zu der reinen Speicherheizung niedrigere Anlage-, dagegen höhere Energiekosten verursacht, bei 8 Stunden Aufladung die Speicherheizung wegen relativ hohen Anlage- und Netzanschlusskosten in der Regel jedoch stets etwas höhere Gesamtkosten verursacht.

Um nun diese Kostenstruktur zu verbessern und gleichzeitig die Nutzung der freien Netzkapazität zu erhöhen, muss danach getrachtet werden, den Leistungsbedarf bei Gemischtheizungen durch die Verlängerung der Aufladezeit in den Bereich der HT-Zeit so niedrig als möglich zu halten. Dank der in den letzten Jahren entwickelten Steuergeräte sind heute Nachladungen bis zu 7 Stunden möglich geworden.

Eingehendere Untersuchungen bei verschiedenen Werken haben, wie in der vorliegenden Studie an einem Beispiel (zusammenfassende Darstellung siehe Anhang) dargelegt wird, gezeigt, dass bei Tagesnachladedauern von 3–7 Stunden – Gesamtaufladezeit somit 11–15 Stunden – sich für Abnehmer und Werke wirtschaftlich interessante Ergebnisse erzielen lassen, weshalb solche Lösungen empfohlen werden können. Die Anschlusswerte für Gemischtheizungen sinken dabei unter günstigen Verhältnissen in den Bereich von denjenigen für Direktheizung. Aufladezeiten von mehr als 15 Stunden jedoch erweisen sich weder bezüglich besserer Nutzung freier Netzkapazitäten noch bezüglich der Wirtschaftlichkeit von Vorteil und stellen auch heute noch steuerungstechnische Probleme.

Durch sorgfältige Handhabung der zu gewährenden Verhältnisse von Nieder- zu Hochtarif im Bereich von 1:2 bis 1:3 und angemessener Tagesnachladung zu HT-Preisen kann die Wirtschaftlichkeit einer Gemischtheizung gegenüber der einer reinen Direktheizung wesentlich verbessert werden. Ganz allgemein ist dabei darauf zu achten, dass bei Speicher- bzw. Gemischtheizungen der HT-Anteil am Gesamtenergieverbrauch den Wert von etwa 10–12% nicht überschreitet.

Wird zur Förderung der elektrischen Raumheizung über das Wochenende zusätzlich ein ungesperrtes Bezugsrecht zu Niedertarifen gewährt, ergibt sich für Gemischtheizungen und reine Direktheizungen eine annähernd gleichwertige Wirtschaftlichkeit. Auch für Altwohnungen mit Elektro-Zentralspeichern mit eher ungenügender Wärmedämmung können damit bessere wirtschaftliche Ergebnisse erzielt werden, wobei zusätzlich sogar eine Vorspeicherung am Wochenende denkbar wäre.

All diese hier sehr summarisch zusammengefassten Überlegungen sind im vorstehenden Bericht eingehend dargelegt.

Daraus ergeben sich folgende Empfehlungen:

Haushalteinheitstarife

Eine Tarifierung gemäss den üblichen Haushalteinheitstarifen ermöglicht zurzeit den wirtschaftlichen Betrieb von elektrischen Raumheizanlagen. Die allgemein üblichen Grund- bzw. Leistungs- sowie die Hoch- und Niedertarif-Arbeitspreise sind einfach konzipiert und haben den Vorteil, dass alle Bezügergruppen gleich behandelt werden. Je nachdem, wie das Werk den Anschluss elektrischer Heizungen in Anpassung an die freien Netzkapazitäten beeinflussen will, sind bei der Tarifierung und der in Kapitel 3 beschriebenen Festlegung der Energielieferzeiten bzw. Nachladezeiten bis zu 7 Stunden bestimmte selektionierende Grundsätze einzuhalten.

Bei der Anwendung von Doppeltarifen mit besonders günstigem Niedertarifpreis während der Nacht wird vom Werk ein bestimmter Trend für den Anschluss von Speicher- bzw. Gemischtheizungen gefördert.

Wochenendbegünstigung

Die Einführung des Niedertarifs über das Wochenende ist von der Netzbelastung her vertretbar. Sie begünstigt die Direktheizung, bringt aber auch dem Benützer von Speicher- bzw. Gemischtheizungen Vorteile. Bei einer ausgewogenen, insgesamt kostendeckenden Preisgestaltung (HT:NT etwa 2:1) kann unter Berücksichtigung der unter 4.2 dargelegten Richtlinien erreicht werden, dass die Jahreskosten einer Direktheizung diejenigen einer Speicherheizung nicht übersteigen. Das Werk kann also, je nach örtlichen Netzbelastungen, vorwiegend Direkt- oder Speicher- bzw. Gemischtheizungen fördern, ohne die Interessen der Bezüger zu verletzen.

Baukostenbeiträge

Um in Netzteilen mit geringen Netzreserven den Anschluss von Raumheizanlagen nicht durch zu hohe Sonderbeiträge zu behindern, empfiehlt es sich, für alle anzuschliessenden Raumheizanlagen einheitliche Baukostenbeiträge zu erheben, wie solche bereits bei einer Grosszahl von Werken zur Anwendung gelangen.

Isolationsvorschriften

Es wird empfohlen, elektrische Raumheizanlagen nur bei guten Gebäudeisolationen anzuschliessen. Die mittlere Wärmedurchgangszahl K für allelektrisch geheizte Gebäude sollte den Wert von 0,6...0,8 W/m² K nicht überschreiten (anstelle der Wärmedurchgangszahl K kann auch der Raumwärmeverlustkoeffizient G verwendet werden). Die einschlägigen SIA-Normen über den Wärmeschutz sind einzuhalten[1]). Es wird empfohlen, diese Bestimmung in das Reglement für die Abgabe elektrischer Energie oder in die Anschlussbedingungen für elektrische Raumheizungen aufzunehmen.

[1]) Insbesondere die SIA-Empfehlung 180/1 über den winterlichen Wärmeschutz im Hochbau.

Anhang

Heizgeräte und Aufladesteuerung

1. Allgemeines

Im Prinzip sollen die Heizgeräte und Aufladesteuerungen derart aufeinander abgestimmt sein, dass bei sinkender Aussentemperatur vorrangig die Nachtaufladung in Anspruch genommen wird.

Alle Temperaturangaben verstehen sich als Tagesmitteltemperaturen. Die Betrachtungen beziehen sich ausschliesslich auf normalen ganztägigen Heizbetrieb.

Die Stundenangaben der Aufladedauern bedeuten immer: zu 100% nächtlichem Anschlusswert.

Als Speichergrenztemperatur ϑ_{AS} bezeichnet man diejenige Aussentemperatur, bei welcher die volle Nachladung allein gerade noch den Wärmeleistungsbedarf deckt.

2. Keine oder bis zu 3 Stunden Tagesnachladung

2.1 Gerätekonstruktion

Bei dynamischen Speichergeräten und Zentralspeichern genügen im allgemeinen die seit Jahren bekannten «8-Stunden-Konstruktionen», um bezüglich Speicherkapazität und inneren Wärmetauscherflächen den im Titel erwähnten Bereich abzudecken.

2.2 Übliches Aufladе-Steuergerät

Die Arbeitsweise des seit vielen Jahren üblichen und für kurze Tagesnachladungen geeigneten Aufladesteuergerätes wird in Fig. 9 dargestellt, während Fig. 10 die Bestimmung der Speichergrenztemperatur ϑ_{AS} darstellt. Bei $T_d = 8 + 3 = 11$ Stunden Aufladedauer resultiert $\vartheta_{AS} = -3$ °C. Die Steilheit der Ladekennlinie (= RW-Charakteristik) nachts (Fig. 9) muss nun so eingestellt werden, dass 100% Kernladung bei −3 °C erreicht werden. Wird es kälter, bleiben die 8 Stunden erhalten. Die Ladekennlinien sind tagsüber horizontal (keine Einschaltverzögerung, also zeitliche Abhängigkeit) auf dem Endwert der Nacht = Maßstab A der Fig. 9. Wenn W^{-3} den Speicherinhalt bei −3 °C darstellt, ersieht man sofort, dass die Tagesnachladung selbst bei warmer Witterung voll einschalten würde. Deshalb ist ein sogenannter Tagespotentiometer vorhanden, mit welchem eine Schiebung der Tages-Kennlinien vorgenommen werden kann – im Beispiel Fig. 9 der Maßstab B. Bei richtiger Schiebung wird die Tagladung erst in Anspruch genommen, wenn sie nötig ist.

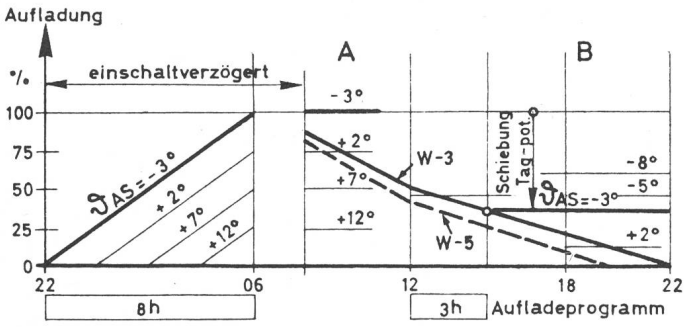


Fig. 9 Aufladesteuergerät für maximal 3 Stunden Tagesnachladung

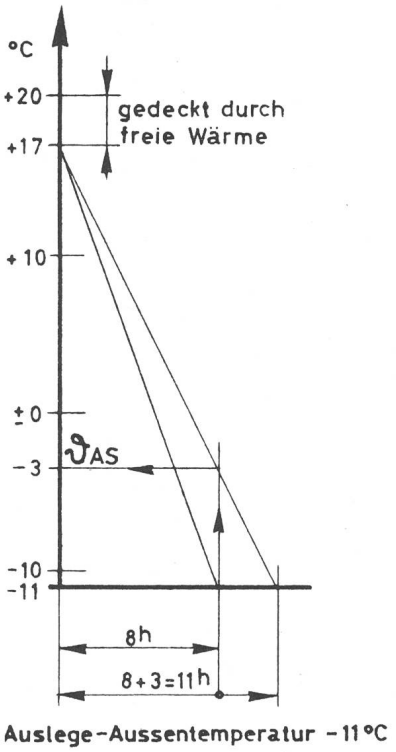


Fig. 10 Bestimmung der Speichergrenztemperatur ϑ_{AS}

Die Fig. 9 zeigt zwei Punkte deutlich auf:

– Das Ausmass der Verschiebung hängt nicht nur von der Dauer der Tagladung ab (also der Speichergrenztemperatur), sondern auch davon, zu welchem Zeitpunkt die Tagladung gewährt wird.

– Die Tagladung wird nicht mit sinkender Aussentemperatur stetig vergrössert, sondern schon bei etwa −7 °C wird Dauernachladung auftreten, obwohl dies nicht nötig wäre. Dies hat aber auf einen erhöhten HT-Anteil keinen Einfluss, weil die Häufigkeit dieser tiefen Aussentemperaturen sehr gering ist.

3. Bis zu 7 Stunden Tagesnachladung

3.1 Gerätekonstruktion

3.1.1 Dynamische Speichergeräte

Die bisher üblichen «8-Stunden-Konstruktionen» können die Energie einer langen Tagesnachladung nicht an den Raum abgeben vor der nachfolgenden Nachtaufladung. Konstruktiv stehen folgende Möglichkeiten offen:

– Neukonstruktion mit genügend grossen innern Wärmetauschflächen und angepasster Lüfterleistung.

– Bisher übliches 8-Stunden-Gerät mit höherem Wärmesockel betreiben, das heisst, eine Anschlusswertreduktion von 20–30% wäre vorzunehmen. Zugleich muss die innere Wärmetauscherfläche die nötige Heizleistung abgeben können.

– Beide Möglichkeiten können mit einer Ergänzungsheizung kombiniert werden.

Im Vergleich zum 8-Stunden-Gerät ist ferner darauf hinzuweisen, dass *die nötige Speicherkapazität* bei langer Tagesnachladung

- im Verhältnis zum Anschlusswert eher grösser wird, wenn der nächtliche NT voll ausgenützt werden soll,
- im Verhältnis zum Wärmeleistungsbedarf sinkt,
- durch die zu überbrückenden Aufladepausen bestimmt wird.

3.1.2 Zentralspeicher

– Bei Wasserspeichern stellt sich das Problem von inneren Wärmetauscherflächen nicht, wohl aber das Problem der gleich-

zeitigen Wasserentnahme in den Heizkreislauf und «Ladepumpenlauf» während der Tagesnachladung mit umgekehrter Flussrichtung durch die Speicher. Dieses Problem ist konstruktiv lösbar.

– Bei den Feststoffspeichern genügen die inneren Wärmetauscherflächen bei den heute auf dem Markt befindlichen Konstruktionen.

– Die Kombination mit einer Ergänzungsheizung in Form eines Durchflusserhitzers kann bei beiden Speicherarten zweckmässig sein.

– Technisch sind Zentralspeicher heutiger Konstruktion bereits für lange Tagesnachladungen geeignet.

3.2 Aufladesteuergerät für lange Tagesnachladungen

Das bisher übliche Aufladesteuergerät nach Fig. 9 ist für lange Tagesnachladungen ungeeignet:

– Die Nachtkennlinie kann nicht genügend steil gestellt werden.

– Der Verlauf der Tageskennlinien lässt keine Einstellung zu, die für alle kälteren Aussentemperaturen als die Speichergrenztemperatur die Tagesnachladung kontrollieren kann.

– Bei wärmeren Aussentemperaturen ist ein manuelles Ausschalten der Tagesnachladung nötig.

Das zweckmässige Aufladesteuergerät für lange Tagesnachladungen weist folgende Merkmale auf (Fig. 11):

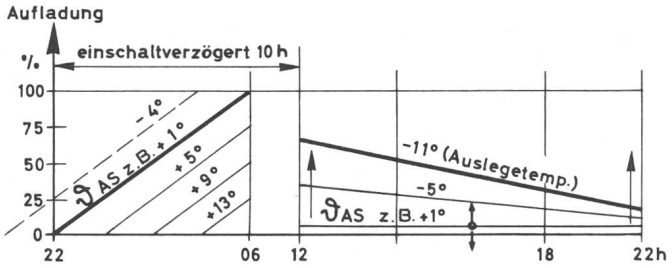


Fig. 11 Aufladesteuergerät für lange Tagesnachladung

Nacht-Kennlinien (einschaltverzögert)

Die Steilheit muss derart eingestellt werden können, dass 100% Kernladung (also in 8 Stunden) bei der Speichergrenztemperatur ϑ_{AS} erreicht werden. ϑ_{AS} kann im Falle der Freigabedauer von 8 + 12 = 20 Stunden bis auf + 6 °C steigen.

Tag-Kennlinien

Die Basis des Kennlinienfächers ist die Speichergrenztemperatur ϑ_{AS}. Sie muss zwischen 0% und max. 5% Aufladung liegen. Damit kann nie eine Tagesnachladung bei wärmerer Aussentemperatur als der Speichergrenztemperatur erfolgen. Mit zwei Potentiometern «morgens» und «abends» sollte der Tages-Kennlinienfächer beliebig einstellbar sein.

3.3 Nachladeprogramme

Bei Tagesnachladedauern von 4–7 Stunden sind die Freigabedauern nicht durchgehend, sondern bilden Freigabeblöcke entsprechend den Schwachlasttälern im Verteilnetz (Fig. 12). Der Speicher muss

– um so früher nachgeladen werden, je länger die gesamte Aufladedauer T_d ist, das heisst, mit der Nachtspeicherung muss die Zeit A überbrückt werden können,

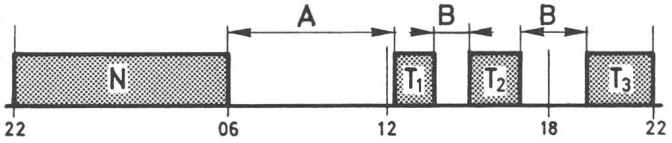


Fig. 12 Freigabeblöcke bei z.B. T_d = 8 + 6 = 14 h
N = Nacht

– immer einen genügenden Speicherinhalt aufweisen, um Unterbrüche B im Nachladeprogramm überbrücken zu können,

– vor Beginn der Nachtladung entleert sein, um die Nachtaufladung ganz abspeichern zu können.

Obige Bedingungen führen zu einem Tageskennlinienfächer des Aufladesteuergerätes mit degressivem Charakter.

Je nach Einstellung kann die Verschachtelung

– im Abendblock T_3
– im Nachmittagsblock T_2
– oder in beiden Blöcken T_2 und T_3

auftreten.

Bedingt durch die lange Aufladepause A erfolgt im Nachladeblock T_1 keine Verschachtelung!

Die richtige Einstellung des Tages-Kennlinienfächers hängt nicht nur von der Aufladedauer ab, sondern ebenso sehr von der Zeit-Lage der Tagesnachladeblöcke und den Unterbruchslängen B.

4. Bis zu 12 Stunden Tagesnachladung

Die Anforderungen an Geräte und Aufladesteuerungen entsprechen den Abschnitten 3.1 und 3.2.

Bei derart langen Tagesnachladungen entsteht ein vereinfachtes Nachladeprogramm ohne Unterbrüche, zum Beispiel nach Fig. 13.

Bei T_d = 8 + 10 = 18 Stunden resultiert theoretisch ein c-Wert von 0,95, das heisst, der Anschlusswert ist wohl kleiner als bei einer Direktheizung, aber immer noch grösser als die nötige Heizlast zwischen 12 und 22 Uhr. Damit ist Direktheizbetrieb ab 12 Uhr möglich. Die Nachtpriorität wird somit erreicht, wenn der Speicher schon Anfang Nachmittag entleert ist.

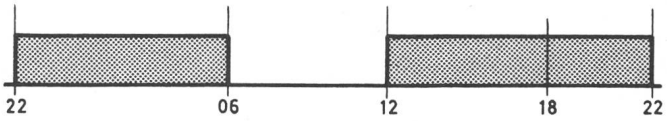


Fig. 13 Freigabezeit bei z.B. T_d = 8 + 10 = 18 h

Für die Bestimmung des c-Wertes ist nicht mehr die Freigabedauer T_d massgebend, sondern die morgendliche Überbrückungsdauer. Mit c = 1 können nach dem Standard-Heizleistungsprogramm höchstens 5–6 Stunden, mit c = 0,90 höchstens 4–5 Stunden überbrückt werden.

Die Tages-Kennlinie bei der Auslege-Aussentemperatur kann dadurch sehr tief, das heisst um 10–25% Speicherinhalt, liegen. Je nachdem, zu welchem Zeitpunkt das Elektrizitätswerk die Verschachtelung wünscht (sie kann mit Hilfe des Speichers «geschoben» werden) ist die Kennlinie – 11 °C nach Tabelle VII einzustellen.

Schwachlasttäler können also mit diesen Freigabedauern nicht zielgerichtet aufgefüllt werden.

Einstellung der Tages-Kennlinie Tabelle VII

	Wert um etwa 12 Uhr	Wert um etwa 22 Uhr	
Verschachtelung gleichmässig zwischen 12 und 22 Uhr	10%	10%	horizontal
Verschachtelung Anfang Nachmittag	5%	10%	schwach steigend
Verschachtelung am Abend	10%	5%	schwach sinkend