

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 48 (1957)
Heft: 14

Rubrik: Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Die Bedeutung des Absorptionskühlschranks für die Verbreitung der Kälte im Haushalt

von H. Stierlin, Schlieren

621.565.92 : 621.311.153(494)

Nach einem kurzen Überblick der Bedeutung des Kühlschranks als Energieverbraucher im Vergleich zu andern Haushaltanwendungen wird die Verbreitung des Kühlschranks in der Schweiz kurz skizziert. Der Verfasser berechnet alsdann für Absorptions- und Kompressor-Kühlschrank den Gesamtaufwand für den Besitzer eines solchen Apparates in Funktion des Apparatepreises, des Strompreises und der Zeit. Er kommt dabei zum Schlusse, dass für die mittlere Lebensdauer eines Apparates, der Absorptionskühlschrank billiger zu stehen kommt als ein Kompressorkühlschrank, sobald der Strompreis kleiner ist als 17,5 Rp./kWh oder der Gaspreis kleiner als 45 Rp./m³. Einige volkswirtschaftliche Betrachtungen beschliessen den Aufsatz.

Après avoir donné un bref aperçu de l'importance de l'armoire frigorifique en tant que consommateur d'énergie en comparaison avec d'autres applications domestiques, l'auteur esquisse la diffusion de cet appareil en Suisse. Il calcule ensuite le coût total pour l'abonné en fonction du prix de l'appareil, du prix du courant et du temps, et ceci pour les deux types d'armoires, à absorption et à compression. Il en conclut que, pour une longévité moyenne, l'armoire à absorption est plus avantageuse que celle à compression, tant que le prix du courant n'est pas supérieur à 17,5 ct./kWh ou le prix du gaz supérieur à 45 ct./m³. Il termine par quelques considérations de nature économique.

Der Kühlschrank als Energieverbraucher

Schon seit langem sind sich die Fachkreise der Elektrizitätswirtschaft darüber klar geworden, dass der Kühlschrank einer der interessantesten Verbraucher elektrischer Energie im Haushalt ist. Dennoch dürfte es von allgemeinem Interesse sein, diesen Sachverhalt als gesondertes Thema zahlenmässig wie auch in seiner Tendenz genauer zu untersuchen, wobei sich einige interessante Schlüsse ergeben werden.

Gemäss den Untersuchungen des Sekretariates des VSE (R. Saudan) über den Verbrauch elektrischer Energie in Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft in der Schweiz im Jahre 1954¹⁾ verteilte sich der gesamte Verbrauch elektrischer Energie in einem mittleren und im vollelektrifizierten «Standard»-Haushalt gemäss Tabelle I und Fig. 1; die Prozentzahlen sind von uns beigelegt worden.

Gegenüberstellung eines mittleren und eines vollelektrifizierten Haushaltes (1954)
Tabelle I

Anwendung	Mittlerer Haushalt				Vollelektrifizierter Haushalt			
	Verbrauch kWh	%	Einnahmen der EW Fr.	%	Verbrauch kWh	%	Einnahmen der EW Fr.	%
Kochherde	674,9	30,9	44,7	24,0	1400	31,1	92,8	30,2
Heisswasserspeicher	873,6	40,0	31,0	16,6	2000	44,5	71,0	23,1
Thermische Kleinapparate	355,5	16,3	35,7	19,2	350	7,8	35,1	11,4
Kleinmotoren	20,4	0,9	2,4	1,3	50	1,1	5,9	1,9
Lampen	210,6	9,7	68,9	37,0	200	4,4	65,4	21,2
Kühlschränke	47,7	2,2	3,6	1,9	500	11,1	37,5	12,2
Total	2182,7	100,0	186,3	100,0	4500	100,0	307,7	100,0

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass der Kühlschrank vom bescheidenen Mauerblümchen, das heute noch kaum von Bedeutung ist, auf den dritten Platz als Energieverbraucher im Haushalt aufsteigen und 12 % der Einnahmen bringen wird, sobald er einmal bei uns jene Verbreitung gefunden hat, die er heute bereits in verschiedenen

Ländern erreicht hat. Da anzunehmen ist, dass er sowohl die Heisswasserspeicher als auch die Kochherde zahlenmässig nicht nur einholen, sondern sogar überholen wird, dürften sich die Verhältniszahlen sogar noch günstiger gestalten.

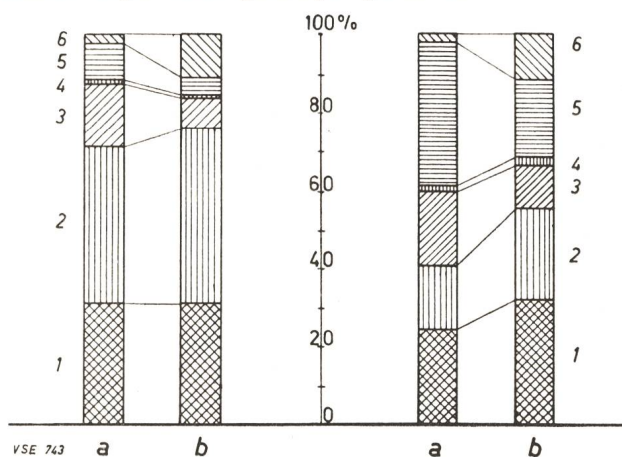


Fig. 1
Prozentuelle Verteilung des Verbrauches der verschiedenen Anwendungen und der zugehörigen Werkeinnahmen im mittleren und im voll elektrifizierten Haushalt

links: Verbrauch

rechts: Einnahmen

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1 Kochherde | 5 Lampen |
| 2 Heisswasserspeicher | 6 Kühlschränke |
| 3 Thermische Kleinapparate | a mittlerer Haushalt |
| 4 Kleinmotoren | b vollelektrischer Haushalt |

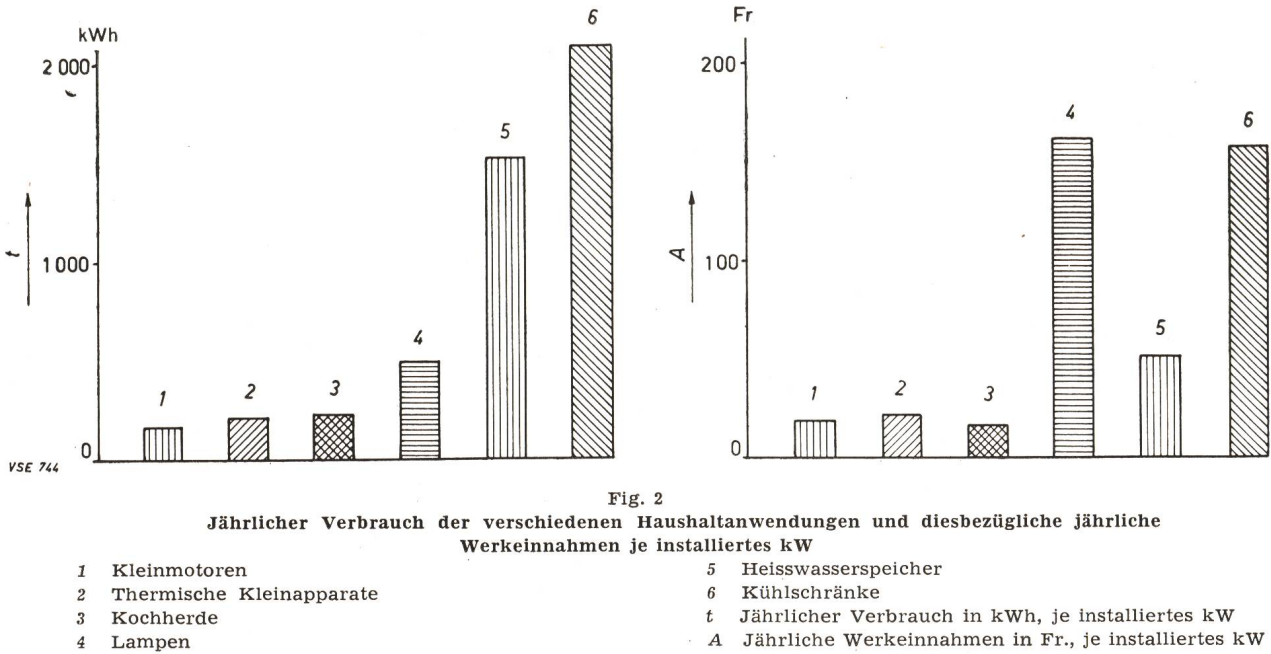
Diese interessanten Zahlen gewinnen aber noch an Bedeutung, wenn man die Art des Energieverbrauches durch den Kühlschrank näher betrachtet. Von allen Haushaltgeräten hat er nämlich weitaus die günstigste Benützungsdauer. Aus den in der oben erwähnten Untersuchung veröffentlichten Zahlen ergibt sich das in Figur 2 dargestellte Bild.

Im Verhältnis zu seinem Anschlusswert konsumiert also der Kühlschrank z. B. ca. 9mal mehr Strom als der Kochherd und er wird in bezug auf Einnahmen pro installiertes kW lediglich von den Lampen um 2 % übertroffen, während er die Heisswasserspeicher um mehr als das Dreifache, die übrigen Apparate um das 15- bis 20fache übertrifft.

¹⁾ Bull. SEV Bd. 48(1957), Nr. 2, S. 51...62.

Im Gegensatz zu allen übrigen Haushaltgeräten weist die Verbrauchskurve der einzelnen Kühlschränke wie auch der Summe aller Kühlschränke praktisch überhaupt *keine Spitzen* auf. Die Netzbelastungskurve verläuft über die 24 Stunden nahezu gerade; sie steigt tagsüber etwas an, weil dann die Schränke vermehrt geöffnet werden und ein Kühl-

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass in bezug auf Netzbelastung, Anschlusswert und Benützungsdauer der Kühlschrank, abgesehen vielleicht von den Heisswasserspeichern, die programm-gemäss Lücken füllen können, wohl *der interessanteste aller Haushaltverbraucher* ist, und dass er auch, bei genügender Verbreitung, einnahmenmäs-



gut-Umsatz stattfindet; sie fällt nachts etwas ab, weil die Küchentemperaturen zurückgehen, doch diese Schwankungen halten sich im Rahmen von ca. $\pm 10\%$. Die Jahreskurve verändert sich mehr; naturgemäss klettert sie im Sommer, je nach den Wetterverhältnissen, ziemlich hoch hinauf, um dafür im Winter wieder abzusinken. Diese Veränderungen waren früher wesentlich grösser als heute, da an den meisten Orten die Küchen wegen der Zentralheizungen auch im Winter warm sind und die Leute sich daran gewöhnt haben, den Kühlschrank dauernd in Betrieb zu halten. Immerhin dürfte die Schätzung richtig sein, wonach der Gesamt-Energieverbrauch aller Kühlschränke sich zu $\frac{3}{5}$ auf die Sommermonate und zu $\frac{2}{5}$ auf die Wintermonate verteilt.

sig für die Elektrizitätswirtschaft von grossem Interesse ist.

Die Verbreitung des Haushaltskühlschranks in der Schweiz

In den *Vereinigten Staaten von Amerika* sind heute über 90% aller Haushaltungen mit Kühlschränken ausgerüstet, in *Schweden* (einem «kalten» Lande) verhält es sich ähnlich. Im Gegensatz dazu beträgt der Sättigungsgrad bei uns erst knapp 20%, und in den meisten übrigen europäischen Ländern ist er noch kleiner. Unser Kontinent ist eben erst daran, der Kälte den Eintritt in die Küchen zu gewähren.

Die *Verbreitungskurve der Haushalt-Kühlschränke* ist in Fig. 3 aufgezeichnet. Zu Vergleichszwecken stellen wir ihr jene der Kochherde und der Heisswasserspeicher gegenüber, so dass sich deutlich das Nachhinken der ersten Kategorie zeigt.

Auf Grund einer ausgedehnten Publikumsbefragung stellte «*Der Beobachter*» 1951 fest, dass damals nur 10,5% aller Befragten einen Kühlschrank besaßen, und zwar in der Stadt 15%, auf dem Lande 5%. Sozial gestaltete sich die Gliederung wie folgt:

Wohlhabende Schicht	56 %
Mittelstand	10 %
Minderbemittelte	0,9 %

Der Kühlschrank wurde also noch vor 6 Jahren als ausgesprochener Luxusgegenstand betrachtet, den sich nur die «oberen Zehntausend» leisten konnten, und auch heute sind derartige Vorurteile zum Teil noch vorhanden.

Im Gegensatz zu Beleuchtung, Heizung und Kochherd gehört der Kühlschrank nicht zu den

Tabelle II

	Kühlschrank pro 3,16 Apparate	Kochherd pro Apparat	Verhältnis
Jahreseinnahmen der Werke	94,4 Fr.	94,4 Fr.	1 : 1
Jahresverbrauch . . .	1250 kWh	1425 kWh	1 : 1,14
Anschlusswert	0,60 kW	5,98 kW	1 : 9,99
Netzbelastung zu Spitzenzeiten	0,19 kW	1,05 kW ²⁾	1 : 5,5

Zur Illustration des Gesagten ist in Tabelle II ein Vergleich gezogen zwischen Kühlschrank und Kochherd. Dabei werden einander gegenübergestellt 1 Kochherd und 3,16 Kühlschränke, weil damit gleiche Jahreseinnahmen der Werke zustandekommen (Bezugsjahr 1954).

²⁾ Im Aufsatz von H. Wüger (Bull. SEV Bd. 20(1929), Nr. 24, S. 823) wird für die Küche eine Spitzenbelastung von 0,3 kW pro Person angegeben. So errechnet sich für einen Haushalt zu 3,5 Personen (Landesmittel) der Spitzenanteil zu 1,05 kW.

absoluten Lebensnotwendigkeiten. Man kann auch ohne ihn leben, wenn es sein muss. Wie die Warmwasserversorgung und das Badezimmer ist seine Verbreitung aber ein *Gradmesser des Lebensstandards eines Landes*. Seine Anschaffung hängt ab von der Grösse des Einkommens über dem Existenzminimum und, in allererster Linie, von seinem Preise. Dass dabei die Aufklärung des Publikums zusätzlich eine grosse Rolle spielt, ist bekannt.

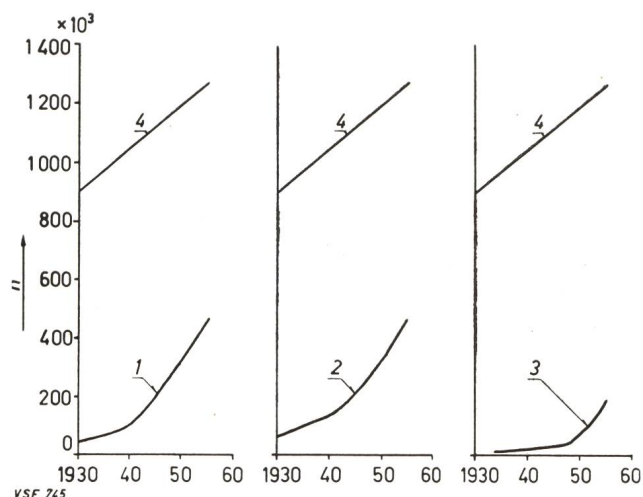


Fig. 3

Verbreitung verschiedener elektrischer Apparate im Verhältnis zu der Anzahl Haushaltungen

(Erfasst sind ca. 90 % der Haushaltungen; von der gesamten Anzahl Haushaltungen sind ebenfalls nur 90 % aufgetragen)

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| 1 Kochherde | 4 Haushaltungen |
| 2 Heisswasserspeicher | n Anzahl |
| 3 Kühlschränke | |

Seit 1945 nimmt die Verbreitung des Kühlschranks in starkem Masse zu. Dieser Zeitpunkt fällt zusammen mit dem Erscheinen von Apparaten auf dem Markte, deren Preis unterhalb der psychologisch wichtigen 300-Franken-Grenze liegt. Diesen Betrag auszugeben, ohne dass vorher lange Sitzungen des «Familienrates» notwendig sind, ist man gewohnt von Fahrrad, Radio, Staubsauger, einfacher Nähmaschine und ähnlichem.

In Fig. 4 wird der Versuch unternommen, die Verbreitungskurve der elektrischen Kühlschränke nach Preiskategorien aufzugliedern. Genaue Zahlen sind allerdings nicht erhältlich, doch steht uns genügend Material zur Verfügung, um weitgehend zutreffende Angaben machen zu können.

Es zeigt sich deutlich, dass die Zunahme der Kühlschränke seit 1945 sprunghaft gewachsen ist. Noch hat der Gradient jenen der Kochherde und Heisswasserspeicher bis 1955 nicht ganz erreicht, doch dürfte dies inzwischen verwirklicht worden sein. Ebenso deutlich zeigt sich aber auch, dass es die Kühlschränke zum Preise unter Fr. 300.— sind, die die Wendung brachten und die beschleunigte Zunahme erwirkten. Diese Erfahrung deckt sich mit den Verhältnissen in Schweden, wo es dank billigen Absorptionsapparaten trotz dem kühlen Klima schon vor Jahren gelang, den entscheidenden Einzug der «Kälte im Haushalt» zu vollziehen. Soll die nun angebahnte Entwicklung weitergeführt werden, so gilt es, vor allem diese Apparatkategorie zu fördern. Ob sich in späteren Jahren eine Tendenz zu grösseren und entsprechend teureren

Kühlschränken zeigen wird, analog zu jener in den Vereinigten Staaten, steht noch keineswegs fest, sind doch die klimatischen Verhältnisse bei uns und über dem Meere völlig verschieden. Es wäre verfehlt, heute schon solche Schlüsse ziehen zu wollen und als Folge davon in falscher Richtung vorzustossen.

Absorptions- oder Kompressor-Kühlschrank

Es ist sicher kaum möglich, einen *Kompressor-kühlschrank* zum Preise von weniger als Fr. 300.— zu bauen. Für diese Kategorie kommt nur der *Absorptionskühlschrank* in Frage. Nun weiss aber jedermann, dass der «Absorber» aus thermodynamischen Gründen mehr Energie braucht als der «Kompressor», und dass es gar nicht so einfach ist, eine befriedigende Leistungsfähigkeit jenes Gerätes bei hohen Umgebungstemperaturen zu erreichen. Stellt man also die These auf, dass der kleine, preisgünstige Absorber zu bevorzugen sei, so muss man gerechterweise die zwei angeschnittenen Fragen genauer untersuchen. Könnten sie nämlich nicht positiv beantwortet werden, so würde sich

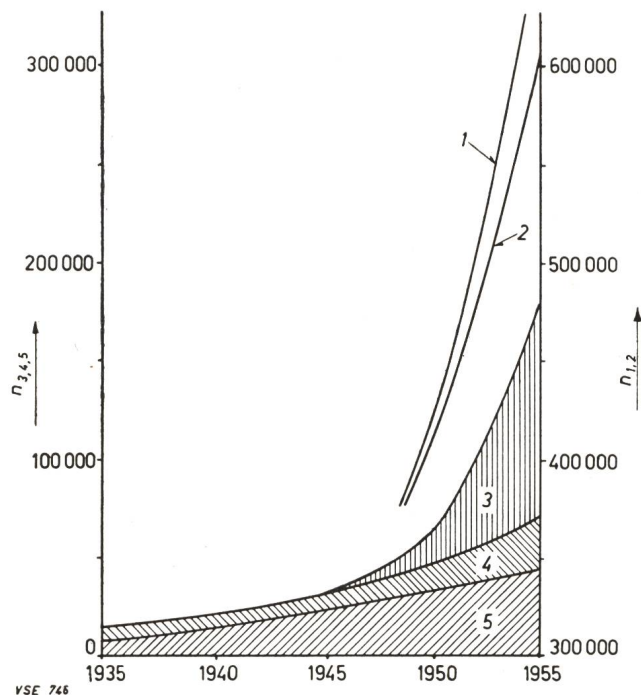


Fig. 4

Verbreitung der Kühlschränke in der Schweiz, aufgeteilt in Preiskategorien

- | |
|---|
| 1 Kochherde |
| 2 Heisswasserspeicher |
| 3 Kühlschränke unter Fr. 300.— (Absorber) |
| 4 Kühlschränke Fr. 300.— bis 700.— (Absorber) |
| 5 Kühlschränke über Fr. 700.— (Kompressoren) |
| n Anzahl Apparate |

trotz der heutigen Erfolge der Weg auf weite Sicht als falsch erweisen und er käme einer nicht verantwortbaren Täuschung des Publikums gleich. Sollte sich z. B. bewahrheiten, was oft behauptet wird, dass nämlich die Preisdifferenz bei der Anschaffung schon nach ein bis zwei Jahren durch die Betriebskostendifferenz kompensiert würde, oder dass der Absorptionskühlschrank sich im Hochsommer in einen Heizofen verwandle, so müsste vor seiner Anschaffung geradezu gewarnt werden.

Untersuchen wir als erstes einmal die im Laufe der Jahre entstehenden Kosten, oder, was illustrativer ist, jene Zeitspanne, nach welcher die gesamten finanziellen Aufwendungen für den Absorber und für den Kompressor die gleiche Summe erreichen.

Die totalen Kosten nach n Jahren setzen sich zusammen aus Anschaffungskosten, Betriebskosten und der Verzinsung dieser Beträge. Dass die Verzinsung berücksichtigt werden muss, versteht sich von selbst. Wer darauf nicht achtet, achtet auch nicht auf die Betriebskosten, womit die ganze Untersuchung hinfällig würde. Gerade die rapide Verbreitung des Abzahlungsgeschäftes mit den dabei üblichen, hohen Zinssätzen schiebt aber diese Frage in den Vordergrund. Würde man den Zins weglassen, so wäre der Anschaffungspreis entsprechend zu erhöhen.

Die bekannte Formel lautet:

$$K = A(1+z)^n + V \cdot p \cdot \frac{(1+z)^n - 1}{z}$$

mit:

K = Gesamtkosten nach n Jahren
 A = Anschaffungskosten des Apparates
 z = Zinsfuss (4% = 0,04)
 n = Anzahl Jahre
 V = kWh/Jahr
 p = Preis der kWh

Setzt man nur für Absorber und Kompressor die Gesamtkosten nach n Jahren einander gleich und löst die Formel nach p auf, so erhält man:

$$p = \frac{(1+z)^n (A_k - A_a)}{(1+z)^n - 1} \cdot \frac{D}{d}$$

Vereinfachen wir noch mit

$A_k - A_a$ = Differenz der Anschaffungskosten
 $= D$

$V_a - V_k$ = Differenz der jährlich verbrauchten kWh = d

so erhalten wir schliesslich:

$$p = \frac{z(1+z)^n}{(1+z)^n - 1} \cdot \frac{D}{d}$$

Mit dieser Formel lässt sich nun unter Annahme eines Zinsfusses von 4% eine äusserst instructive Kurventafel (Fig. 5) erstellen, mit deren Hilfe die uns interessierenden Fragen sehr leicht beantwortet werden können.

Für verschiedene $\frac{D}{d}$ (also Differenz der Anschaffungskosten/Differenz der jährlich verbrauchten kWh) lässt sich nun ohne weiteres für jeden kWh-Preis jene Anzahl Jahre finden, nach denen der Besitzer eines Absorbers gesamthaft gleichviel ausgegeben hat wie wenn er einen teureren Kompressor gekauft hätte. Umgekehrt lässt sich, wiederum für die verschiedenen $\frac{D}{d}$, für eine gegebene Amortisationszeit der für Preisparität höchstzulässige kWh-Preis ermitteln.

Gemäss statistischen Erhebungen in den Vereinigten Staaten beträgt dort die mittlere Lebensdauer eines Kühlschranks 9...10 Jahre. Obwohl bei

uns Gebrauchsgegenstände im allgemeinen länger in Betrieb gehalten werden als in Amerika, sollte dennoch die Amortisationszeit für einen Kühlschrank keinesfalls höher angesetzt werden, da, zu-

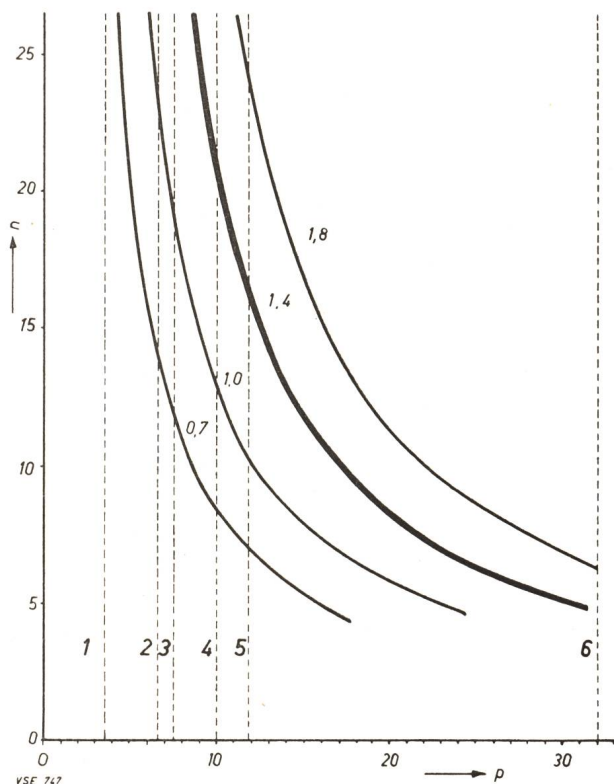


Fig. 5

Anzahl Jahre, nach denen gesamthaft gleichviel ausgegeben wurde für einen Absorptions- wie für einen Kompressor-Kühlschrank, in Funktion der Energiepreise, für verschiedene D/d ($\frac{D}{d}$ = Differenz der Anschaffungskosten / Differenz der jährlich verbr. kWh; Zinsfuss = 4%)

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1 Heisswasserspeicher | 5 Kleinmotoren |
| 2 Kochherde | 6 Lampen |
| 3 Kühlschränke | n Anzahl Jahre |
| 4 Thermische Kleinapparate | p Energiepreis in Rp. pro kWh |

mindest bei Apparaten mit sich bewegenden Teilen, nachher mit erheblichen Instandhaltungskosten gerechnet werden müsste. Auch nimmt naturgemäss entsprechend der Abnutzung der Wirkungsgrad von Kompressions-Kühlschränken mit der Zeit ab, so dass sich das $\frac{D}{d}$ zu Ungunsten dieser Gattung verändert.

Sollen die Gesamtkosten für Kompressor und Absorber nach 10 Jahren gleich sein, so ergeben sich folgende höchstzulässige kWh-Preise:

$\frac{D}{d}$	0,7	1,0	1,4	1,8
p Rp.	8,6	12,0	17,2	22,2

Umgekehrt: Bei dem für Kühlschränke in der Schweiz durchschnittlichen kWh-Preis von 7,5 Rp. wird Parität für die beiden Systeme erreicht nach:

$\frac{D}{d}$	0,7	1,0	1,4	1,8
Jahre	12	20	35	90

Wie verhält es sich nun in der Praxis; mit welchem $\frac{D}{d}$ muss gerechnet werden?

Als Beispiel stellen wir je den billigsten, jedoch gleichzeitig marktgängigen Kompressor und Absorber einander gegenüber:

	Anschaffungspreis Fr.	Jährl. Verbrauch kWh	Inhalt l
Kompressor:	695	200	120
Absorber:	295	480	60

Das Verhältnis der Verbrauchszahlen wurde auf Grund eingehender Messungen festgestellt. Ihre absoluten Grössen variieren natürlich je nach Küchentemperatur und Gebrauch, doch geben die obigen Zahlen gewiss einen recht guten Jahresdurchschnitt an.

Die Nutzinhalte der beiden verglichenen Apparate verhalten sich wie 1 : 2. Hier liegt natürlich, rein zahlenmässig, ein Vorteil des Kompressors. Da aber für unsere Verhältnisse ein 60-l-Apparat genug Raum bietet für die Bedürfnisse einer durchschnittlichen Familie (über 100 000 noch wesentlich kleinere 40-l-Apparate befinden sich in Betrieb) und da auf dem Gebiete der Kompressoren kein solcher Apparat angeboten wird, wäre es nicht im Sinne dieser Untersuchung, nun die Rentabilität auf die Literzahlen zu beziehen. Ein Volkswagen-Omnibus z. B. ist bezogen auf Nutzinhalt und Platzzahl im Betrieb günstiger als eine Limousine gleicher Marke; wird man deshalb für den persönlichen Gebrauch das grosse Modell wählen? (Im übrigen sei hier verraten, dass bereits Absorber von 90- und 110-l-Inhalt gebaut werden, deren Verbrauchszahlen nicht höher sind als die für den 60-l-Apparat angegebenen.)

Die obigen Anschaffungs- und Verbrauchszahlen ergeben nun also ein

$$\frac{D}{d} = \frac{695 - 295}{480 - 200} = \frac{400}{280} = 1,43$$

Damit zeigt sich auf Grund der Kurventafel folgendes Bild:

1. Der Absorber ist dem Kompressor überlegen, sobald der Strompreis kleiner ist als 17,5 Rp. pro kWh oder der Gaspreis kleiner als 45 Rp. pro m³.

2. In Tabelle III sind die Anzahl Jahre aufgeführt, nach welchen bei Anschluss zu den verschiedenen Haushalt-Tarifen die beiden verglichenen Apparate gleiche Kosten verursacht haben. Es zeigt sich, dass der Absorber nur dann ungünstiger wird als der Kompressor, wenn er zu gleichen Tarifen wie die Lampen, also täglich während 24 Stunden, zum Licht-Hochtarif im Betrieb steht.

Anzahl Jahre, nach welchen die beiden verglichenen Apparate gleiche Gesamtkosten verursacht haben

Anschluss zum mittleren Ansatz für:	Mittlerer Energiepreis pro kWh Rp.	Preisparität nach Jahren
Heisswasserspeicher . . .	3,55	∞
Kochherde	6,63	45
Kühlschränke	7,49	35
Therm. Kleinapparate . .	10,03	21
Kleinmotoren	11,8	17
Lampen	32,0	4,8

3. Bei Anschluss der Apparate zu Energiepreisansätzen, die höher sind als durchschnittlich

17,5 Rp. pro kWh, muss vom Kaufe eines elektrisch betriebenen Absorbers dann abgeraten werden, wenn nur Rentabilitätsbetrachtungen massgebend sind. Ist es in diesem Falle möglich, den Absorber mit Gas unter 45 Rp. pro m³ zu betreiben, so stellt er sich wiederum günstiger als der nur elektrisch betreibbare Kompressor. Im übrigen seien hier die Eigenschaften des Absorbers erwähnt, die oft bei der Wahl vor die rein geldmässigen Überlegungen gestellt werden, nämlich seine absolute Geräuschlosigkeit, sein stets gleichbleibender Wirkungsgrad, das Fehlen sich bewegender Teile und daher die sehr hohe Lebensdauer und, last but not least, die Möglichkeit, diesen Apparat so klein zu bauen, dass er selbst in den heutigen Miniaturküchen noch Platz findet.

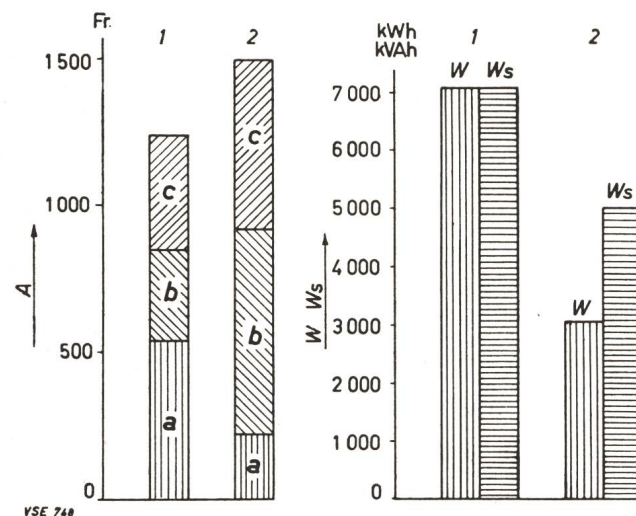


Fig. 6

Verteilung unter Lieferanten, Bank und Werk des gesamten Aufwandes für die verglichenen Apparate in 15 Jahren (links)
Vergleich zwischen Wirk- und Scheinverbrauch (rechts)

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1 Absorptionskühlschrank | a Elektrizitätswerk |
| 2 Kompressor-kühlschrank | b Kühlschranklieferant |
| A Gesamtaufwand | c Bank |
| | W Wirkverbrauch (kWh) |
| | Ws Scheinverbrauch (kVAh) |

4. Vom Standpunkte der *Elektrizitätswerke* aus ist es natürlich interessant, festzustellen, wie sich der Gesamtaufwand unter die verschiedenen Lieferantenkreise verteilt. In Fig. 6 haben wir daher diese Verteilung graphisch dargestellt, und zwar so, wie sie sich nach einer Betriebszeit von 15 Jahren bei einem durchschnittlichen Energiepreis von 7,5 Rp. pro kWh ergibt. Obwohl der Absorber gesamthaft dem Besitzer während diesen 15 Jahren nur 82 % jener Kosten verursacht hat, die dieser für einen Kompressor hätte ausgeben müssen, betragen die Einnahmen der Werke 240 % jener, die dem Kompressor zu verdanken wären. Noch wesentlich vorteilhafter gestaltet sich das Bild für den Absorber, wenn man den $\cos \varphi$ berücksichtigt. Beim rein ohmschen Verbraucher, und darum handelt es sich beim Absorber, ist natürlich der $\cos \varphi = 1$; beim Kompressor dagegen beträgt er nur etwa 0,6. Bezahlte kWh für den Kompressor darf das Werk also, verglichen mit dem Absorber, nur 41,7 % liefern, kVAh dagegen rund 70 %!

Rein wirtschaftlich betrachtet, und zwar sowohl vom Standpunkte des Konsumenten wie insbesondere auch von jenem der Werke aus, ist der Absorber also als Volkskühlschrank dem Kompressor überlegen. Wie steht es nun mit der Leistungsfähigkeit?

Bis ca. 1939 war es infolge der damaligen *Patentlage* nur einer ausländischen Firma möglich, kontinuierliche Absorptionsapparate zu bauen. Infolge dieser Tatsache verlegten sich eine ganze Reihe von Firmen auf den Bau von sog. *periodischen Absorptionsapparaten*, bei denen ein- oder mehrmals im Tag durch Wärmezufuhr das Kältemittel ausgetrieben wurde, worauf es sich im Kondensator verflüssigte und schliesslich, nach Unterbruch der Wärmezufuhr, im Laufe der nachfolgenden Stunden unter Wärmeentzug aus dem Kühlschrank verdampfte.

Diese periodischen Absorptionsapparate vermochten an heissen Tagen den an sie gestellten Ansprüchen oft nicht zu genügen. Bei starkem Gebrauch des Gerätes erschöpfte sich die akkumulierte Kühlflüssigkeit vorzeitig, so dass die Kühlung bis zur nächsten Austreibungsperiode vollständig aussetzte und eine feuchte Wärme im Innern des Schrankes entstand. Aus jener Zeit blieb manchenorts ein Vorurteil gegen alles zurück, was mit Absorption zu tun hat.

Nach dem zweiten Weltkriege wurden die erwähnten Patente der Allgemeinheit zugänglich. Leider trat damals, ohne gründliche Forschung und ohne entsprechende Kenntnisse, eine grosse Zahl von Firmen und Amateuren an die Fabrikation kontinuierlicher Absorber heran, was abermals Rückschläge und Misserfolge nach sich zog. Solche Apparate mit gutem Wirkungsgrad, guter Leistung und langer Lebensdauer zu bauen, setzt nämlich eine vieljährige Erfahrung an Zehntausenden von Exemplaren voraus, die erst nach viel Schwierigkeiten von wenigen Firmen erworben werden konnte.

Die heute führenden Absorber sind aber durchaus imstande, alle praktischen Bedürfnisse des breiten Publikums zu befriedigen. Auch bei grösster Sommerhitze von 35...40 °C stellen sie ebenso mühelos Eis her wie die Kompressoren und von den ehemaligen «Zusammenbrüchen» der Vorkriegszeit ist nichts mehr übrig geblieben. Ihr Wirkungsgrad wurde und wird ständig verbessert, so dass auch in dieser Beziehung ein Optimum erreicht wird. Das Rennen zwischen den zwei Konkurrenten, Kompressor und Absorber, ist durchaus offen und verschiedene Indizien weisen auf zunehmende Chancen des Absorbers hin.

Einige volkswirtschaftliche Bemerkungen

Die konkurrenzfähige Herstellung von Kühlschrank-Kompressoren scheint nur bei ausgedehnter

ter Massenfabrikation möglich zu sein. Jahresproduktionen unter 100 000 Stück sind zu klein, um mit jenen Grossbetrieben in Wettbewerb treten zu können, die Hunderttausende von Aggregaten monatlich ausstossen und dafür Gelder investiert haben, die zum Teil mehr als 100 Millionen Schweizer Franken erreichen. Im Zuge der Automatisierung und der weiteren Konzentration der Betriebe dürfte sich diese Situation noch verschärfen. Ohne grossen Binnenmarkt und ausgedehnte Exportmöglichkeiten kann das Rennen nicht erfolgreich mitgemacht werden. Die genannten beiden Voraussetzungen fehlen aber bei uns in der Schweiz; so kommt es, dass unser Markt mehr und mehr mit ausländischen Kompressoren überschwemmt wird. Bei einer eventuellen europäischen Zollunion könnte sich dieser Prozess noch beschleunigen.

Anders verhält es sich bei den Absorptionskühlschränken. Hier decken die einheimischen Betriebe ca. 90 % unseres Bedarfes und damit sicher über 75 % des ganzen Kühlschrankgeschäftes. Bedeutende ausländische Firmen bauen ihre Absorber unter Schweizer Lizenz und auf Grund andauernder schweizerischer Forschungstätigkeit. Damit diese Forschungszentren ihre Stellung beibehalten und ausbauen können, damit sie imstande sind, auch nach der eventuellen Zollunion eine bedeutende Rolle auf dem gesamteuropäischen Markte zu spielen und somit der Schweiz ein wertvolles Arbeitsvolumen zu erhalten, sind sie auf die breiten Erfahrungen auf unserem Markte angewiesen. Auch in diesem Sinne lohnt es sich, die Verbreitung des Absorptionskühlschranks so weit als möglich zu fördern.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Bei einer Verbreitung des Kühlschranks in der Schweiz wie in den Vereinigten Staaten und in Schweden wird er als Energiekonsument im Haushalt an die dritte Stelle vorrücken und ca. 12 % der Einnahmen dieser Kategorie bringen. Dabei hat er bei kleinem Anschlusswert eine lange, spitzenlose Betriebsdauer und konsumiert am meisten Strom im Sommer.

Um diesem interessanten Stromverbraucher eine möglichst grosse Verbreitung zu ermöglichen, muss er preislich allen Kreisen der Bevölkerung zugänglich gemacht werden. Dies lässt sich am besten mit Hilfe des Absorbers bewerkstelligen, der heute allen Ansprüchen zu genügen vermag, wirtschaftlich ist und gleichzeitig den Werken grössere Einnahmen bringt als der zudem mit ungünstigem Leistungsfaktor arbeitende Kompressor. Die schweizerische Industrie ist in der Lage, den Bedarf mit erstklassigen Produkten zu decken.

Adresse des Autors:

H. Stierlin, dipl. Ing. ETH, Rainweg 15, Schlieren.

„Duo“-Schaltung bei Entladungslampen

von J. P. Vaucher, Neuchâtel

Die klassische Methode der Blindleistungskompensation bei Beleuchtungsanlagen mit Entladungslampen besteht darin, dass jeder Beleuchtungsstelle ein Kondensator parallel zu schalten ist. Diese Me-

thode verlangt pro Armatur einen Kondensator und, bei Netzkommando-Anlagen, zusätzlich noch eine Drosselspule.

Die «Duo»-Schaltung wird seit einigen Jahren bei Fluoreszenzlampen angewendet; es war deshalb interessant, einen entsprechenden Versuch mit Entladungslampen für Strassenbeleuchtung durchzuführen.

Hier die Resultate dieser Versuche:

I_1	= Strom in der überkompensierten Lampe	= 2,40 A
I	= Gesamt-Strom	= 2,65 A
E	= Netzspannung	= 230 V
P	= gesamte Wirkleistungsaufnahme	= 600 W
S	= gesamte Scheinleistungsaufnahme	= 609 VA
C	= Kondensator	= 19 μ F
E_c	= Spannung an den Kondensatorklemmen	= 390 V
$\cos \varphi$	= Leistungsfaktor = P/S	= 0,985

Das Diagramm von Fig. 2 bestätigt, dass die Phasenverschiebung praktisch null ist. Im weiteren ist der Strom der überkompensierten Lampe wesentlich höher, als vielfach angenommen wird (2,2 A).

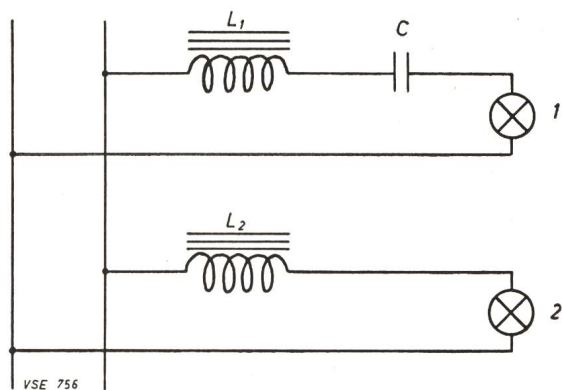


Fig. 1

Schema der «Duo»-Schaltung

- 1 überkompensierte Lampe (HPL 250 W)
2 nichtkompensierte Lampe (HPL 250 W)
c Kondensator

Aus dem Lichtstromvergleich zwischen den Lampen 1 und 2, durch Messung der Beleuchtungsstärke auf einer horizontalen Ebene 85 cm unter den Beleuchtungskörpern, geht hervor, dass die Lichtströme annähernd gleich sind, dass aber die überkompensierte Lampe ihre volle Helligkeit später erreicht (Fig. 3). Tiefe Temperaturen haben keinen Einfluss auf die Zündfähigkeit der Lampen. Ein Versuch bei einer Raumtemperatur von -26°C zeigt dieselben Resultate wie die der Fig. 3.

Auch bei Verwendung einer überkompensierten Lampe mit zwei unkompensierten wird noch ein

Leistungsfaktor von 0,95 erreicht. Die «Duo»-Schaltung ist darum interessant, weil sie sehr einfach ist und zugleich Material einzusparen gestattet.

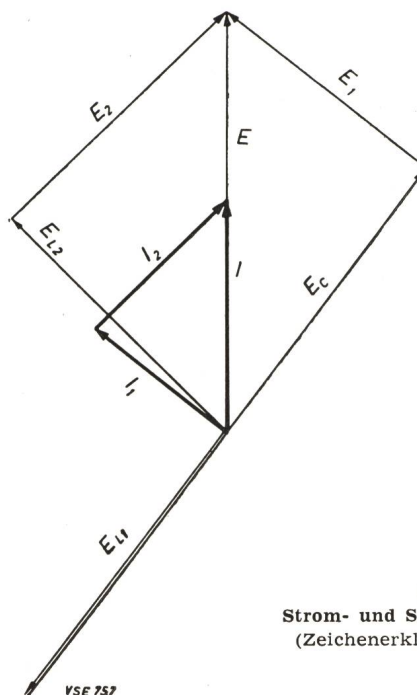


Fig. 2

Strom- und Spannungsdiagramm
(Zeichenerklärung siehe Text)

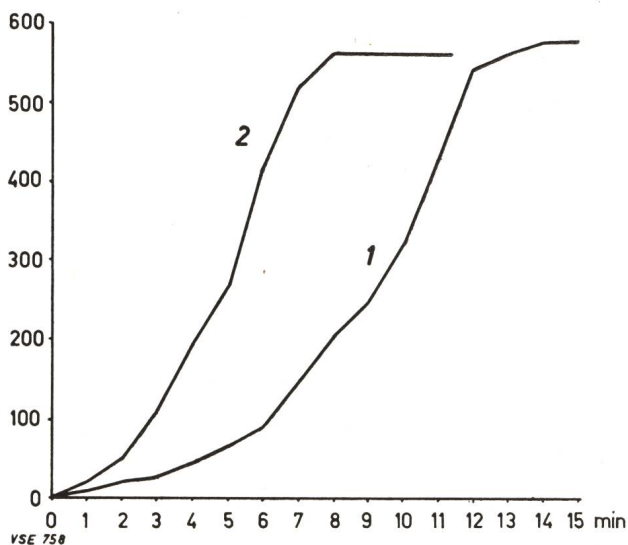


Fig. 3

Lichtstromverlauf beim Einschalten

Zeitabhängigkeit der Beleuchtungsstärke in Lux in einem Abstand von 85 cm

- 1 überkompensierte Lampe 2 nichtkompensierte Lampe

D.: Hf.

Adresse des Autors:

J. P. Vaucher, dipl. Elektrotechniker, Service de l'Electricité de la Ville de Neuchâtel, Neuchâtel.

Verbandsmitteilungen

Gesellschafter-Versammlung 1957 der Reaktor-Beteiligungs-Gesellschaft (RBG)

Bekanntlich haben sich vor mehr als zwei Jahren die an der Reaktor A.-G., Würenlingen, interessierten Elektrizitätswerke zu einer Beteiligungs-Gesellschaft zusammengeschlossen, die unter dem Namen «Reaktor-Beteiligungs-Gesellschaft (RBG)» konstituiert wurde. Inzwischen sind dieser Gesellschaft weitere Elektrizitätswerke beigetreten; heute gehören

ihr 45 grosse und mittlere Elektrizitätsunternehmen an. Durch Vermittlung der Reaktor-Beteiligungs-Gesellschaft wurden der Reaktor A.-G. von den Elektrizitätswerken insgesamt 5 Millionen Franken zur Verfügung gestellt.

Die Reaktor-Beteiligungs-Gesellschaft hielt ihre diesjährige Gesellschafter-Versammlung am 23. Mai in Baden ab. Im Anschluss an die geschäftlichen Traktanden, die zu keiner besonderen Diskussion Anlass gaben, orientierte Dr. J. Burckhardt, Stellvertreter des Delegierten des Bundesrates

für Fragen der Atomenergie, über die Grundsätze der in Vorbereitung stehenden Atomenergie-Gesetzgebung unseres Landes. Bekanntlich hat der Bundesrat den eidgenössischen Räten kürzlich einen Antrag auf Ergänzung der Bundesverfassung durch einen Artikel betreffend Atomenergie und Strahlenschutz vorgelegt. Durch diesen Artikel wird die Gesetzgebung über die Atomenergie und den Schutz vor den Gefahren ionisierender Strahlen als Bundessache erklärt. Gestützt auf diese Verfassungsbestimmung soll alsdann ein Bundesgesetz über die friedliche Anwendung der Atomenergie und den Strahlenschutz erlassen werden. Ein Vorentwurf zu diesem Gesetz ist dieser Tage vom Bundesrat genehmigt worden; er wird nun den Kantonen und Wirtschaftsverbänden zur Stellungnahme vorgelegt.

In seiner kurzen Orientierung beleuchtete Dr. Burckhardt die wesentlichsten Punkte des Gesetzesentwurfes:

Zur Frage der Unterstützung der wissenschaftlichen Forschung durch den Bund wies der Sprechende darauf hin, dass in verschiedenen Ländern die Forschung auf dem Gebiete der Atomenergie, mit Rücksicht auf die Höhe der hierfür erforderlichen finanziellen Mittel, staatlichen Instituten übertragen wurde. Entsprechend unserer Tradition und nicht zuletzt in Anerkennung des hohen Standes und der Verdienste unserer Wissenschaft erachte es der Delegierte des Bundesrates für Fragen der Atomenergie jedoch als gegeben, bei uns die Grundlagenforschung nicht zu zentralisieren; vielmehr soll den Universitäten durch planmässige staatliche Unterstützung ermöglicht werden, solche Forschungen zeitgemäss zu betreiben. Die angewandte Forschung falle prinzipiell in den Bereich der Privatwirtschaft.

Auch der Bau von Atomanlagen, wie überhaupt die Ausnützung der Atomenergie, solle grundsätzlich der Privatwirtschaft überlassen werden, wobei aber für die Ein- und Ausfuhr, sowie für den An- und Verkauf, die Gewinnung, Bearbeitung, Verwendung, Lagerung und den Transport von Kernbrennstoffen sowie für den Bau von Anlagen zur Erzeugung, Verarbeitung oder Aufbereitung von solchen Stoffen eine Bewilligung des Bundes einzuholen sein werde.

Anlass zu Diskussionen habe vor allem die Frage der *Haftpflicht und Versicherung* gegeben. Es sei eine reine Kausalhaftung vorgesehen, ähnlich wie die Haftung des Motorfahrzeughalters und des Inhabers elektrischer Anlagen. Nachdem sich die Versicherungsgesellschaften ausserstande erklärt haben, eine Deckung für Schäden von über 20 Millionen Franken übernehmen zu können, stelle sich die Frage, wer in einem Katastrophenfall für den diesen Betrag überschreitenden Schaden aufzukommen habe. Wie Dr. Burckhardt ausführte, vertrat eine Reihe von Experten die Auffassung, dass für solche Schäden eine vollumfängliche Haftung des Bundes vorgesehen werden müsse. Eine andere vorgebrachte Lösung gehe dahin, dass in einem Schadenfall von über 20 Millionen Franken der Bund dem Parlament eine Vorlage für die Deckung der diesen Betrag übersteigenden Schäden vorzulegen hätte. Es werde nun Sache des Bundesrates sein, einen Entscheid in dieser Frage zu fällen. Wie Dr. Burckhardt dazu mitteilte, ist man bei der Regelung der Versicherung auch im Ausland auf Schwierigkeiten gestossen. In den USA sei ein Gesetz in Vorbereitung, wonach sich die Versicherungsgesellschaften bereit erklären, Schäden bis zu 65 Millionen Dollars zu übernehmen. Für darüberhinausgehende Schäden solle bis zu einem maximalen Betrag von 500 Millionen Dollars der amerikanische Staat haften.

Im Anschluss an ein gemeinsames Mittagessen fand am Nachmittag eine Besichtigung der Reaktor-Anlagen in Würenlingen statt. Über diese Anlagen haben wir bereits in einer Notiz über die Inbetriebnahme des Swimmingpool-Reaktors berichtet¹⁾. Vor der Besichtigung orientierte der Direktor der Reaktor A.-G., Dr. Sontheim, in einer anregenden Plauderei über einige wichtige Probleme, denen sich die Reaktor A.-G. gegenübergestellt sieht.

In *organisatorischer Hinsicht* sehe sich die Reaktor A.-G., wie Dr. Sontheim ausführte, vor die Entscheidung gestellt, ob sie nur Einrichtungen schaffen müsse, um damit Materialprüfungen durchführen und Betriebserfahrungen sammeln zu können, oder ob sie darüber hinaus auch noch selbstän-

dige und schöpferische Entwicklungen an die Hand nehmen solle. Dabei müsse man sich im klaren sein, dass es nicht sinnvoll wäre, die besten Physiker und Ingenieure, die eine spezielle Ausbildung auf dem Gebiete des Reaktorbaues genossen haben, ausschliesslich mit Fragen sekundärer Natur zu beschäftigen. Die Reaktor A.-G. müsse in der Erforschung der Reaktortechnik in unserem Lande in vorderster Linie stehen und den interessierten Industrien und Firmen diejenigen Erkenntnisse vermitteln, die sie aus verschiedenen Gründen nicht selbst erwerben könnten. Selbstverständlich heisse das nicht, dass nicht auch andernorts schöpferisch und selbständig gearbeitet werden solle. Im Gegenteil, das Gebiet sei so gross und die Aufgaben seien so vielfältig, dass auch dann noch vieles ungelöst bleiben werde.

In bezug auf die *Beziehungen der Reaktor A.-G. zu den Behörden* stellte Dr. Sontheim fest, dass man sich auf seiten der Behörden wohl darüber im klaren sei, welche Anforderungen die Entwicklung der Atomenergie an die Administration stelle; man habe aber noch nicht den zweckmässigsten Weg gefunden, um mit den sich stellenden Fragen fertig zu werden. Bei aller Anerkennung des Grundsatzes, dass man alle Belange berücksichtigen sollte, dürfe man nicht vergessen, dass man schliesslich ein Ziel anstrebe. Härtefälle seien wohl nie zu vermeiden, und es gehe darum, denjenigen Weg zu finden, der bei einem vernünftigen Geld- und Zeitaufwand zu diesem Ziele führe. Es sei deshalb auch kein Zufall, dass in anderen Ländern die Entwicklung der Atomenergie nach neuen Maßstäben beurteilt und gefördert werde. In der Schweiz würden solche Auffassungen nicht allen gefallen, aber was heute unterlassen werde, müssten wir mit einer Reduktion unseres Lebensstandards in Zukunft bezahlen.

Eine der Tatsachen, die der Reaktor A.-G. heute viel zu schaffen gebe, sei, dass sie als privatwirtschaftlich organisierte Gesellschaft von seiten der Administration mit der üblichen Reserve behandelt werde. Die Prüfung der Anliegen der Reaktor A.-G. geschehe zwar wohlwollend, aber oft durch Leute, die auf dem Spezialgebiet der Atomtechnik keine Ausbildung und wenig Erfahrung besitzen. Es halte dann besonders schwer, für gewisse Notwendigkeiten Verständnis zu finden. Es erscheine deshalb als unausweichlich, auch in unseren Behörden mit der Zeit Fachleute anzustellen.

Zur *Frage der Finanzierung* übergehend, stellte Dr. Sontheim fest, wenn unser Land den Rückstand auf dem Gebiete der Atomenergie aufholen und mit dem Ausland Schritt halten wolle, so erfordere dies grosse Anstrengungen und finanzielle Opfer. Da die Erforschung der Atomenergie im Interesse des ganzen Landes liege, sei es angebracht, dass auch der Bund einen angemessenen Beitrag an diese Arbeiten leiste. Diese Feststellung entspringe nicht etwa politischen Überlegungen, sondern sei lediglich die Folge davon, dass die erforderlichen Aufwendungen die Mittel der einzelnen Industrien und Industriegruppen übersteigen.

Erschwerend für die Bereitstellung von Mitteln der Wirtschaft falle auch ins Gewicht, dass heute niemand wisse, wie sich die Atomenergie entwickeln, d.h. wem sie in erster Linie zugute kommen und in welchem Masse der Staat seine Hand auf die Forschungsergebnisse legen werde.

Wie Dr. Sontheim weiter ausführte, sei es heute selbst in Fachkreisen sehr umstritten, ob die Forschung auf dem Gebiete der Atomenergie zweckmässigerweise zentral oder dezentralisiert durchzuführen sei. Auch diese Frage stelle sich weitgehend deshalb, weil die Kosten der Erforschung der Kernenergie den Rahmen dessen, was man bisher gewohnt war, wesentlich übersteigen werden. Man müsse sich deshalb davor hüten, die Frage «zentralisierte oder dezentralisierte Forschung» einfach mit dem Hinweis auf unseren Föderalismus abzutun. Tatsache sei jedenfalls, dass durch den Bau eines einzelnen zentralen Institutes für Atomenergieforschung bedeutende Mittel eingespart und für Versuche frei würden. Ohne selbst abschliessend zum Problem Stellung nehmen zu wollen, sprach Dr. Sontheim die Erwartung aus, dass diese Frage genauestens geprüft werde, bevor ein Entscheid über die Verwendung von Bundesgeldern gefällt wird. Wi.

¹⁾ Bull. SEV Bd. 48(1957), Nr. 12, S. 572.