Die Wärmepumpe im Energiehaushalt unseres Landes

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **46 (1954)**

Heft 2

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-921398

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Wärmepumpe im Energiehaushalt unseres Landes

Bericht des Komitees für Energiefragen im Schweizerischen Nationalkomitee der Weltkraftkonferenz [1]

DK 620.9 (494)

Als man seinerzeit an die Aufstellung des Arbeitsplanes des Komitees für Energiefragen heranschritt, drängten sich die Fragen der *Energiebilanz* in den Vordergrund. Es sollten zunächst der Energieverbrauch und seine Struktur festgestellt und über deren mutmaßliche kommende Entwicklung Schätzungen unternommen werden. Auf der andern Seite galt es, die Bedarfsdeckung zu erfassen, d. h. den Stand und die mögliche Entwicklung im Ausbau der Wasserkräfte und in der Beschaffung der festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffe zu untersuchen.

In diesem Sinne dachte man auch an die *Umgebungswärme*, im besondern an jene unserer Gewässer, die in den Nutzwärmeverbrauch einzusetzen die *Wärmepumpe* verspricht. Die Möglichkeiten nach dieser Richtung in energiewirtschaftlicher Beziehung generell abzuklären, war die Aufgabe der Berichtverfasser.

Beim Überdenken dieses Problems gelangt man zunächst zur Vermutung, daß wir dank der Topographie unseres Landes ungeheuer reich wären an Gewässerwärme. Erfaßt man nämlich die gesamte jährliche Wasserfracht bis zur Landesgrenze, so leistet diese auf der totalisierten Gefällsstrecke im Mittel vieler Jahre eine Bruttoarbeit von rund 145 Mrd kWh. Hievon geht der Gegenwert der in den bestehenden Kraftwerken erzeugten Jahresmenge elektrischer Energie mit rund 15 Mrd kWh hydraulischer Roharbeit in Abzug, so daß sich heute noch ein Rest von rund 130 Mrd kWh in Reibungswärme verliert. Die so entstehende Gewässerwärme erreicht im mittleren Jahr den Betrag von 112.10^{12} kcal, gleich dem Kalorieninhalt von 16 Mio Tonnen guter Kohle. Wenn wir vermittels der Wärmepumpe nur jenen Anteil hievon nutzen könnten, der nach Erstellung aller ausbauwürdigen Wasserkräfte in den Gewässern noch verbleiben wird!

Natürlich ist die Reibungswärme nicht ein Maß für die Wärme, die man aus den Flüssen pumpen könnte. Die Natur hat diesen gewaltigen Betrag an jährlicher Reibungswärme der Gewässer bereits in ihren größeren Energiehaushalt miteinbezogen. Im Spiel der thermischen Wechselwirkung der Gewässer mit ihrer Umgebung treten ja noch andere positive und negative Wärmeströmungen auf. Wir denken an den Wärmeaustausch an der Wasseroberfläche durch Strahlung und Konvektion, an die Wärmeabgabe durch Verdunstung und an den Wärmeaustausch mit dem Flußbett und durch Niederschläge. Je nach den Temperatur- und Witterungsverhältnissen kann der resultierende Wärmestrom eines bestimmten Gewässerabschnittes größer oder kleiner als Null sein; im ersteren Fall verliert das Gewässer Wärme nach außen, und seine Temperatur sinkt, andernfalls steigt letztere zufolge der Wärmeeinströmung. Es müßte sich schließlich ein Wärme- und Temperaturgleichgewicht einstellen, wenn nicht die atmosphärischen Verhältnisse einer ständigen Schwankung unterworfen wären.

Nehmen wir trotzdem an, es habe sich über eine bestimmte Zeitdauer und längs einer bestimmten Gewässerstrecke ein Beharrungswert der Wassertemperatur ausgebildet. Gerät nun ein Teilstück der abwärtswandernden Wassermasse in den Bereich einer lokalen Störung des Wärmegleichgewichtes (Seebecken, Zufluß eines andern Gewässers, Wärmeeinfuhr durch die Kondensationswärme thermischer Kraftwerke, Wärmeentzug durch Wärmepumpe usw.), so entsteht dort ein Temperatursprung. Wie die theoretische Behandlung des Problems lehrt, ist dieser jedoch — immer gleiche Witterungsverhältnisse vorausgesetzt — einem zeitlichen Temperaturausgleichsvorgang unterworfen. Auf die wandernde Wassermasse bezogen wird also die Störung nach Erreichen einer bestimmten charakteristischen Distanz von der Störungsstelle auf einen wohldefinierten geringen Bruchteil des ursprünglichen Wertes abgeklungen sein. Diese charakteristische Länge beträgt nach neuen Berechnungen [2] für unsere Flüsse mehrere hundert Kilometer. Innerhalb dieser Distanz vermögen sich also Wärmepumpen- respektive Dampfkraftwerke am gleichen Gewässer gegenseitig zu beeinflussen.

Die Temperatur eines Gewässers ist demnach sowohl zeitlich wie örtlich fortwährenden Veränderungen unterworfen, und es ist daher nicht möglich, seinen Wärmeinhalt eindeutig zu bestimmen. Dies ist aber weiterhin kein Nachteil, weil wir, wie noch erläutert wird, aus technisch-wirtschaftlichen Gründen ohnehin nur einen geringen Bruchteil hievon in den Nutzwärmeverbrauch einsetzen können. Praktisch ist die Nutzwärme der Flüsse unbegrenzt. Zudem ist sie ja nur ein Teil, allerdings der am besten verwertbare der Umgebungswärme.

Wenn wir nun Umgebungswärme vermittels der Wärmepumpe nutzen, d. h. auf eine höhere Gebrauchstemperatur heben wollen, muß bedacht werden, daß dieses Vorhaben grundsätzlich nur unter *Aufwand von mechanischer Arbeit* möglich ist. Wir haben die Umkehrung des Prinzips der Wärmekraftmaschine vor uns, d. h. es muß mit dem Vorgang des Aufstiegs von Wärme von einer niederen in eine höhere Temperaturstufe ein zweiter Vorgang der Umwandlung von mechanischer Arbeit in Wärme der gleichen oberen Stufe parallel verlaufen. Dieses Verfahren liegt auch der Kältemaschine zugrunde. Die beiden Maschinen unterscheiden sich nur darin, daß bei der Wärmepumpe die auf die höhere Temperaturstufe gelangende Wärmemenge genutzt wird, bei der Kältemaschine hingegen jene der tieferen Stufe entnommene Wärme.

Das Verhältnis der nutzbaren Wärmeleistung zur aufgewendeten mechanischen Leistung wird als *Leistungsziffer* bezeichnet. Diese ist bekanntlich um so größer, je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen den zwei Stufen im Verhältnis zur absoluten Temperatur der oberen Stufe gewählt werden kann. Leider begrenzen technisch-wirtschaftliche Gegebenheiten die letztere auf einen sehr bescheidenen oberen Wert, der beim heutigen Stand der Technik unter 100° C verbleibt. Das Anwendungsgebiet der Wärmepumpe beschränkt sich daher allein schon aus diesem Grunde auf den *Wärmever-*

[1] Siehe einleitende Bemerkungen «Wasser- und Energiewirtschaft» 1953, S. 231.

[2] Studienbüro des Fernheizkraftwerks der ETH.

brauch geringer Nutztemperatur. Immerhin ist dieser mengenmäßig nicht unerheblich; man denke an die jährlichen Konsumziffern für die Raumheizung und den industriellen Verbrauch an Warmwasser und Warmluft. Zur Anstrebung einer hohen Leistungsziffer (d. h. eines geringen Aufwands an mechanischer Arbeit je Nutzwärmeeinheit) soll auch die Temperaturdifferenz zwischen den zwei Stufen möglichst gering gewählt werden. Man wird zu diesem Zweck jenen Anwendungsmöglichkeiten den Vorzug geben, die den Wärmeinhalt warmer Abwässer industrieller Betriebe nutzen lassen. Damit ist nicht gesagt, daß sich die Wärmepumpe nicht auch in wirtschaftlicher Weise zur Verwertung des Wärmeinhalts der natürlichen Gewässer eigne, selbst allein im Winterbetrieb für den Raumheizbedarf. Solche Anlagen sind hiebei zweckmäßigerweise für die Grundlastdeckung auszulegen, wobei der Rest der Heizleistung von einem Brennstoffkessel übernommen wird. Im übrigen ist in *privatwirtschaftlicher Betrachtung* die Aufstellung einer Wärmepumpe eine Frage des Betriebskostenvergleichs mit der im Wettbewerb stehenden Brennstoffaufbereitung der verlangten Nutzwärmemenge. Unsere Aufgabe besteht nun nicht darin, hierüber Vergleichsrechnungen aufzustellen, weshalb wir auch nicht auf die technischen Probleme eingegangen sind.

Wichtig ist hier allein *der energiewirtschaftliche Aspekt*, d. h. die Auswirkung der Wärmepumpe auf den gesamten Energiehaushalt des Landes. Man kann hiebei das Problem von zwei Gesichtspunkten aus beleuchten: einmal allein in Erwägung des wirtschaftspolitischen Landesinteresses, alsdann aber in Beachtung der sich immer enger gestaltenden Verbundenheit unserer Versorgung mit dem europäischen Energiehaushalt.

Stellt man sich zunächst auf den ersten Standpunkt, so glaubt man, in der Wärmepumpe ein willkommenes Mittel zum rationalen Ersatz des importierten Brennstoffs durch die landeseigene Wasserkraft erblicken zu dürfen. Wir sagen rational insofern, als das Verfahren den gleichen Zweck mit viel geringerem Aufwand an mechanischer Arbeit bzw. elektrischer Energie durchführen läßt, als das Mittel der direkten Stromwärmeheizung. Man kommt in der Tat, z. B. in der Erzeugung niederwertiger Nutzwärme, im ersteren Fall mit ¼ bis ⅓ des Aufwands aus, der auf dem letztgenannten Weg erforderlich ist. Warum ist uns aber diese Tatsache so wichtig? Weil die Vorstellung von der begrenzten Produktionskapazität unserer Wasserkräfte mitspricht; weil wir befürchten, es könnten durch deren Einsatz in die Erzeugung von niederwertiger Nutzwärme höherwertige Nutzenergiearten früher oder später in der Belieferung zu kurz kommen. Ist dann am Ende auch die Wärmepumpe unerwünscht?

So wird man vor die grundsätzliche Frage gestellt: *Ist hierzulande der Brennstoffersatz durch elektrische Energie im Verbrauch niederwertiger Wärme überhaupt sinnvoll?*

In Schweden und Norwegen, wo die Gebäude in gewissen Versorgungsgebieten den ganzen langen Winter durch mit wohlfeiler Stromwärme aus Wasserkraft beheizt werden, scheint man die Frage unbekümmert zu bejahen, ebenso im wasserkraftreichen Österreich. Auch die englischen Elektrizitätsversorgungsnetze weisen einen verhältnismäßig großen Anteil der Gesamtproduktion für Raumheizzwecke auf, obschon die elektrische Energie thermisch erzeugt wird mit einem mittleren Brennstoffaufwand von etwa 3600 kcal je kWh. Es wird dort also nicht Brennstoff eingespart, sondern solcher vergeudet, denn eine kWh vermag beim Heizwärmeverbraucher nur 1200 ÷ 1500 kcal in Form von Raumheizkohle zu ersetzen.

Aus diesen Beispielen können wir offenbar keine, unseren Verhältnissen entsprechende Belehrung erhalten. Wir müssen daher den Raum der Betrachtung weiter fassen.

Unsere Energieversorgung liegt im Bereich des *europäischen Energiehaushaltes.* Wir verfügen zwar über eigene Wasserkräfte und eigenes Brennholz, aber diese beiden Energieträger vermögen zusammen nur 38 % des jährlichen Kalorienverbrauchs des Landes zu decken; der Anteil der ersteren erreicht heute etwa 23 %. Wir sind in großem Umfange auf den ausländischen Brennstoff angewiesen und sind also mitinteressiert an dessen sicherer Beschaffung. Die erhebliche Steigerung des europäischen Kohlenbedarfs, mit der in den nächsten paar Dezennien zu rechnen sein wird, ruft bei der wachsenden Erschwerung der Förderung dringend nach bestmöglicher Ausnützung dieser wichtigsten Energiequelle. Hiezu gehört auch der Einsatz von hydroelektrischer Energie in den Verbrauch an deren Stelle, nur muß man in erster Linie jene Anwendungen wählen, bei welchen die Brennstoffumwandlung in die Nutzenergie mit den größten Verlusten behaftet ist. Hiezu gehört ohne Zweifel die thermoelektrische Produktion. Sie beansprucht in Europa heute etwa 16 % der totalen jährlichen Kohlenförderung; der Anteil wird weiterhin anwachsen. Trotz der bedeutenden Fortschritte in der Brennstoffausnützung neuzeitlicher Wärmekraftmaschinen arbeiten die europäischen Dampfkraftwerke immer noch mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von nur wenig über 25 %. Es strömen also allein auf diesem Sektor 12 % des Kalorieninhalts der Kohlenförderung ungenutzt ins Meer der wertlosen Umgebungswärme. Der Verlust ist etwa dreimal größer als die Reibungswärme unserer Gewässer.

So betrachtet erscheint es nicht als sinnvoll, hydroelektrische Energie z. B. auf dem Weg der Stromwärme zur Raumheizung zu verwenden. Wohl erzielt man damit eine Brennstoffeinsparung beim Verbraucher von vielleicht 160 g je kWh. Läßt sich aber die gleiche Strommenge anstelle einer thermisch erzeugten kWh in die Elektrizitätsversorgung leiten, so entsteht im thermischen Kraftwerk ein Minderverbrauch von 500 g guter Kohle. Auch die Wärmepumpe hat Mühe, vor diesem Kriterium zu bestehen, denn um eine Einsparung beim Verbraucher von 500 g zu erzielen, muß eine Leistungsziffer größer als 3 erreichbar sein. Wenn nun auch im gegebenen Fall diese Forderung zu verwirklichen ist, stellt sich alsdann noch die Frage, ob der gleiche Spareffekt auf dem vorgenannten Weg der Stromlieferung nicht mit geringerem Kapitalaufwand erfolgen kann. Die Investition wird volkswirtschaftlich nur zu verantworten sein, wenn der Spareffekt der Wärmepumpe erheblich größer ist.

Nachdem unser Elektrizitätsversorgungsnetz im Westen und Norden mit den thermischen Produktionszentren unserer Nachbarn in dauernder Verbindung steht, wir selber über thermische Kraftwerke verfügen und diesen Produktionssektor vielleicht noch weiter ausbauen, darf an obigen Überlegungen nicht vorbeigese-

hen werden. Wir stellen daher fest, daß der mit hydroelektrischer Energie belieferten Wärmepumpe in unserem Land, energiewirtschaftlich betrachtet, nur ein verhältnismäßig eng umschriebenes Anwendungsgebiet eingeräumt werden kann. Es ist jenes hoher Leistungsziffern, welche z. B. durch die Nutzung warmer industrieller Abwässer und bei der Verwendung von Brüdenverdichtern für Eindampfzwecke zu erzielen sind.

Damit ist aber nur die eine Seite des Problems behandelt: die mit Wasserkraft angetriebene Wärmepumpe. Die andere zeigt sich energiewirtschaftlich in einem vorteilhafteren Licht: wir denken an *die Kombination der Heizkraftmaschine mit der Wärmepumpe.* Statt den Brennstoff in Niederdruckkesseln zur direkten Erzeugung niederwertiger Raumheizungs- und Industriewärme zu verwenden, soll er in Höchstdruck-Dampferzeugern verfeuert werden, denen eine Heizkraftmaschine mit direktangetriebener Wärmepumpe nachgeschaltet ist. Es lassen sich auf diesem Weg je Energieeinheit der Brennstoffwärme grundsätzlich größere Brennstoffmengen einsparen, als mit der Fremdstromspeisung der Wärmepumpe aus einem Netz mit gemischter hydraulischer und kalorischer Erzeugung der elektrischen Energie. Die Wärmepumpe findet also auf diesem Weg einen größeren Anwendungsbereich. Wir können damit auch die Raumheizung erfassen, wobei wir selbstverständlich an Großanlagen denken, so wie sie etwa die Fernheizungen darstellen. Hiebei besteht offenbar kein grundsätzlicher Unterschied zwischen den zwei möglichen Lösungen: direkter mechanischer Zusammenbau von Heizkraftmaschine und Wärmepumpe (eine konstruktiv sehr verlockende Variante) und elektrische Übertragung der Gegendruckenergie der Heizkraftmaschine auf die entfernt aufgestellte Wärmepumpe.

Indessen ist allen solchen Vorhaben immer die Variante prüfend gegenüberzuhalten, welche die Elektrizitätserzeugung der Heizkraftmaschine unter Verzicht auf die Wärmepumpe dem Stromversorgungsnetz obengenannter Art zur Verfügung stellen will. Es wird sich hiebei zeigen, daß diese Lösung, ausgenommen in Fällen sehr hoher Leistungsziffern, die größere relative Brennstoffeinsparung ergibt, ganz abgesehen vom Vorteil geringeren Kapitalaufwandes.

Zusammenfassung

Wir gelangen zum Schluß, daß die Wärmepumpe im Energiehaushalt unseres Landes im Anwendungsgebiet niederwertiger Nutzwärme der direkten Stromheizung energiewirtschaftlich überlegen ist. Sie erbringt hiebei grundsätzlich größere Brennstoffeinsparungen, wenn ihr Antrieb aus der mechanischen Arbeit von Heizkraftmaschinen erfolgt, statt aus Wasserkraft. Vom Standpunkt der bestmöglichen Ausnützung der Brennstoffenergie aus betrachtet, hat auch sie hier zu weichen, wenn gegebenenfalls die Verwendung der Stromproduktion der Heizkraftmaschine in den Kondensationskraftwerken der Elektrizitätsversorgung eine größere Brennstoffeinsparung verspricht als die Wärmepumpe.

Zum Schluß mag noch das *Resultat einer früheren statistischen Erhebung* [3] *über die in unserem Land in Betrieb stehenden Wärmepumpen* bekanntgegeben werden, sowie die Ergebnisse einer Studie [3] über die Möglichkeiten einer weiteren Anwendung des Verfahrens in den Industriebetrieben.

Zu Beginn des Jahres 1944 sind in unserem Lande 40 Wärmepumpenanlagen für die Erzeugung von Industrie- und Raumheizwärme in Betrieb gestanden. Hievon arbeiten 5 unter Verwendung von sogenannten Dampfstrahlverdichtern, welche anstelle elektrischer Arbeit zur Kompression den Energieinhalt eines Dampfstrahls benutzen, also hiefür Brennstoffenergie verwenden.

Die gesamte Wärmeleistung dieser 40 Einrichtungen beträgt rund 63 Mio kcal/h; die für den Antrieb der Kompressoren erforderliche Anschlußleistung erreicht hiebei den Betrag von rund 12 000 kW. Mit diesen Anlagen werden jährlich rund 50 000 t Kohle erspart. Der hiezu nötige Energieaufwand beträgt rund 51 Mio kWh im Jahr, wovon etwa 57 % auf das Winterhalbjahr und etwa 43 % auf das Sommerhalbjahr entfallen. Die von diesen Wärmepumpen jährlich beanspruchte Abwärme- und Umgebungswärmemenge erreicht rund 306 Mrd kcal. Der Hauptanteil, nämlich rund 260 Mrd kcal, wird aus anfallender Abwässerwärme bezogen. Die mittlere Leistungsziffer beträgt nach Ausschluß der mit Dampfstrahlverdichtern arbeitenden Anlagen die hohe Zahl von 6,3, was auf die zahlreichen, durch die Statistik erfaßten Brüdenverdichter zurückzuführen ist. Es werden somit im Durchschnitt der 40 betrachteten Wärmepumpenbetriebe 960 g guter Kohle je kWh eingespart.

Vom oben genannten Betrag von 50 000 t jährlich ersetzter Kohle entfällt der Hauptanteil mit 75,8 % auf die bestehenden Eindampfanlagen, 14,9 % werden von Industrie-Wärmepumpen eingespart und 9,3 % von Raumheiz-Wärmepumpen. In andern Zahlen ausgedrückt erzielen die Eindampfanlagen eine Einsparung von 1160 g guter Kohle je kWh, die Industrie-Wärmepumpen eine solche von 698 g und die Raumheizanlagen eine solche von 640 g Kohle je verbrauchte kWh. Das sind die Mittelwerte der einzelnen Kategorien.

Die Beanspruchung der öffentlichen Gewässer durch die im Jahr 1944 in Betrieb gestandenen Wärmepumpanlagen ist sehr bescheiden. Es werden jährlich nur 22,8 Mrd kcal den letzteren entzogen.

Man kann aus diesen Zahlen den Schluß ziehen, daß in unserem Lande eine verhältnismäßig große Anzahl von industriellen Eindampfanlagen unter Verwendung der Brüdenverdichtung in Betrieb steht, welche im Vergleich zum Eindampfverfahren ohne Wärmerückgewinnung eine bemerkenswerte Brennstoffeinsparung erbringen. Der Einsatz der Wärmepumpe für die Dekkung des übrigen industriellen Wärmebedarfs steht erst im Anfang der Entwicklung. Das gleiche gilt für die Wärmepumpe der Raumheizung. Immerhin dürfte die Schweiz nach dieser Richtung im Vergleich zum Ausland führend sein, und es gibt wohl keine Stadt der Welt, in der heute so viele Wärmepumpenanlagen im praktischen Betrieb stehen, wie in Zürich.

Zur Bearbeitung des schweizerischen Wärmeverbrauchs nach Richtung des möglichen Einsatzes weiterer Wärmepumpen wurden allein die Industriebetriebe untersucht. Es konnte sich bei der Bearbeitung natürlich nicht darum handeln, für jeden Einzelfall Untersuchungen darüber anzustellen, ob der Einbau einer

[3] Aus einem Bericht von Prof. Dr. B. Bauer zuhanden des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirtschaft.

Wärmepumpe für den betreffenden Wärmeverbrauchsbetrieb auch privatwirtschaftlich begründet sei, hiezu wäre eine heute kaum zu wagende Voraussage über die zukünftigen Erstellungskosten der Anlage und die Brennstoff- und Energiepreise erforderlich gewesen. Indem nur jene Verbrauchsbetriebe von der Untersuchung ausgeschlossen wurden, welche aus technischen Gründen, oder wegen offensichtlicher Unwirtschaftlichkeit für den Einsatz einer Wärmepumpe ungeeignet sind, darf angenommen werden, daß die bearbeiteten Fälle das vermutliche Höchstmaß der Anwendungsmöglichkeiten der Wärmepumpe in schweizerischen Industrie-Betrieben darstellen. Dem läßt sich allerdings entgegenhalten, daß neben den erfaßten Betrieben in der Kategorie Industriewärme unvorhergesehene, neue hinzutreten können zufolge Erweiterungen bestehender Industrieunternehmungen und Neugründungen solcher. Diese mögliche, in den Berechnungen nicht vorgesehene Vermehrung wird aber sicher wettgemacht durch den Umstand, daß ein erheblicher Teil der erfaßten Anwendungsfälle mit großer Wahrscheinlichkeit überhaupt nie zur Verwirklichung gelangen wird. So wird man nicht fehlgehen mit der Annahme, daß die behandelten und im nachfolgenden näher gekennzeichneten Wärmepumpenprojekte hinsichtlich ihrer Auswirkungen nach Richtung der Brennstoffeinsparung, des Energiebedarfs und des Wärmeentzugs aus unseren Gewässern das Höchstmaß dessen darstellen, was man bei optimistischer Schätzung in nächster Zukunft erwarten darf.

Für die Auswahl der Betriebe, welche heute für die Aufstellung einer Wärmepumpe praktisch in Frage kommen könnten, wurde von der Statistik über den industriellen Kohlenverbrauch ausgegangen. Diese umfaßt 1092 Verbraucherbetriebe, von denen man alle jene mit einem jährlichen Kohlenverbrauch von 500 t und weniger ausschaltete, in der Annahme, daß für diese die wirtschaftlichen Voraussetzungen für die Aufstellung einer Wärmepumpe kaum gegeben seien. Damit fielen 793 Betriebe aus, d. h. rund 72,5 % der Totalanzahl. Ihr Kohlenverbrauch betrifft jedoch nur einen Anteil von rund 13 % des Gesamtbedarfs der Industrie, so daß diese Einschränkung keinen großen Einfluß auf das Resultat der Untersuchung ausüben kann. Eine weitere Ausscheidung von für den Wärmepumpenbetrieb ungeeigneten Wärmeverbrauchern geschah aus der technisch-wirtschaftlichen Überlegung, daß die Erzeugung von Nutzwärme mit Temperaturen über 90° bis 100° C im allgemeinen besser aus Brennstoff, eventuell durch direkte Stromwärme, also nicht vermittels der Wärmepumpe, vorgenommen wird. So gelangten sämtliche Betriebe der Baustoff-, der Maschinen- und der Metallindustrie, insgesamt 127 Verbraucher, außer Betracht; sie umfassen rund 16 % aller Betriebe, partizipieren aber mit rund 40 % am gesamten industriellen Kohlenbedarf. Weitere 22 Betriebe wurden von der Untersuchung ausgeschlossen, weil sie entweder aus betrieblichen Gründen für die Aufstellung einer Wärmepumpe nicht in Frage kommen können oder aber bereits mit einer solchen Einrichtung ausgerüstet sind.

Nach dieser Aussiebung verblieben noch 150 industrielle Kohlenverbraucher, d. h. 13,7 % der Gesamtzahl, für welche sich eine eingehende Einzeluntersuchung lohnte. Ihr jährlicher Kohlenverbrauch betrug 352 000 t im Jahre 1941, das sind 41,5 % des Totalverbrauchs der Industrie. Wie ersichtlich, beschränkt sich die Anwendungsmöglichkeit der Wärmepumpe in der schweizerischen Industrie auf eine verhältnismäßig kleine Anzahl von Betrieben, welche allerdings rund $^{4}/_{10}$ des totalen Kohlenverbrauchs der Industrie beanspruchen.

Das Ergebnis der Untersuchungen kann wie folgt zusammengefaßt werden:

Die günstigsten Voraussetzungen für die Aufstellung von Wärmepumpen bieten die Textilfabriken. Für 36 von 50 untersuchten Betrieben ließen sich vorteilhafte Lösungen finden, wobei beträchtliche Anteile des Fabrikations- und Raumheizwärmebedarfs durch Wärmepumpen gedeckt werden könnten. In der chemischen Industrie ließen sich in 16 von 25 behandelten Betrieben Wärmepumpen, hauptsächlich als Brüdenverdichter für die Zwecke der Eindampfung und der Vakuumkocherei verwenden. Die Nahrungsmittelindustrie ergab in 13 von 21 geprüften Betrieben ähnlich günstige Verhältnisse. Die Papierindustrie schafft nur geringe Anwendungsmöglichkeiten für die Wärmepumpe. Von 16 behandelten Fällen eigneten sich 2 hiefür. Aus der Gummi- und Lederindustrie untersuchte man 9 Betriebe und fand für 3 Fälle eine brauchbare Lösung. Man hat demnach von 121 untersuchten Betrieben 70 für die Aufstellung von Wärmepumpenanlagen als technisch geeignet befunden.

Diese projektierten Einrichtungen liessen gesamthaft eine totale Wärmeleistung von rund 125 Mio kcal/h erzielen, wofür eine elektrische Anschlußleistung von rund 34 000 kW erforderlich ist. Es könnten hiebei jährlich rund 67 000 t Kohle erspart werden, das sind 39,3 % des Jahresbedarfes der betreffenden Industrie-Betriebe. Der Gewinn beschlägt aber nur einen Anteil von 6,5 % des gesamten schweizerischen Kohlenkonsums der Industrie (1938). Die besagten 70 Wärmepumpenanlagen benötigten einen Aufwand an elektrischer Energie von rund 100 Mio kWh im Jahr, wovon 65 % auf die Wintermonate und 35 % auf die Sommermonate entfielen. Aus heute nicht beanspruchten Wärmequellen würden 290 Mrd kcal entnommen, wovon 139 Mrd kcal aus fabrikatorischen Abwärmequellen und 151 Mrd kcal aus öffentlichen Gewässern. Ein kleiner Teil der Wärmepumpenanlagen könnte brachliegende Wärme des Grundwassers ausnützen, wobei die Temperaturabsenkung zu 4° C angenommen wurde. Die mittlere Leistungsziffer sämtlicher projektierter Wärmepumpenbetriebe beträgt 4,31, was in andern Worten besagt, daß mit jeder aufgewendeten kWh eine durchschnittliche Einsparung von 658 g guter Kohle erzielt würde. Von besonderem Interesse ist der Vergleich der besprochenen industriellen Wärmepumpenprojekte mit den bereits ausgeführten Anlagen.

Als bemerkenswertes Resultat ergibt sich zunächst die Tatsache, daß die aus der Erstellung der neuen Anlagen zu erwartende jährliche Kohleneinsparung mit rund 67 000 t nur um 32 % größer ist als jene, welche die heute bestehenden Wärmepumpen bereits erzielt haben. Der Grund liegt im Umstand, daß von den großen Kohlensparern, den Brüdenverdichtern, fast alle Anwendungsmöglichkeiten in der schweizerischen Industrie schon verwirklicht sind und die neuen Projekte daher nach dieser Richtung keinen bedeutenden Beitrag mehr leisten könnten. Hingegen lassen sich mit der Wärmepumpe in der Erzeugung von Industriewärme im Vergleich zum heutigen Bestand noch ganz erheb-

liche Einsparungen erzielen. Das gleiche gilt in bescheidenerem Maße für die Wärmepumpen für die industrielle Raumheizung.

Da die Brüdenverdichter, wie schon früher erläutert, mit verhältnismäßig sehr großem Wärmepumpeneffekt arbeiten, ist nach dem Vorgesagten nicht verwunderlich, daß die mittlere Leistungsziffer der bereits ausgeführten Wärmepumpenanlagen mit dem Wert 6,3 höher liegt, als jene mittlere der noch ausführbaren, welche den Wert 4,31 aufweist. Stellt man den Vergleich auf die spezifische Brennstoffeinsparung je kWh ab, so steht den ausgeführten Wärmepumpen mit der mittleren Einsparung von 930 g Kohle je kWh ein Betrag von 658 g/kWh für die noch ausführbaren gegenüber. Dem Fachmann mögen die verhältnismäßig großen Leistungsziffern der Wärmepumpen für Industriewärme und industrielle Raumheizung auffallen. Es sei zur Erläuterung darauf hingewiesen, daß diese Warmwasserheizmaschinen einen großen Teil ihrer Nutzwärmeerzeugung aus fabrikeigener Abwärme schöpfen.

Würden alle durch die Studie erfaßten industriellen Wärmepumpenanlagen zur Ausführung gelangen, so wäre mit den bestehenden zusammen eine gesamte Jahres-Kohlenmengeeinsparung von rund 117 000 t zu erzielen. Die erforderliche elektrische Anschlußleistung betrüge rund 46 000 kW und der Jahresenergiebedarf rund 151 Mio kWh. Etwa 62 % hievon würden im Winterhalbjahr und rund 38 % im Sommerhalbjahr angefordert. Die mittlere spezifische Einsparung betrüge 769 g guter Kohle je kWh, entsprechend einer Leistungsziffer von 5.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich durch die projektierten neuen Anlagen die bis heute erzielte jährliche Kohleneinsparung etwas mehr als verdoppeln ließe, daß aber zu diesem Zweck ein rund dreifacher Betrag an aufzuwendender elektrischer Energie erforderlich wäre. Es sind eben die besonders günstigen Anwendungsfälle der Wärmepumpe (Brüdenverdichter) zum größeren Teil bereits verwirklicht. Andererseits erkennt man auch, daß die von der Verbraucherseite aus betrachteten Anwendungsmöglichkeiten der Wärmepumpe selbst auf Grund der vorgenannten optimistischen Beurteilung verhältnismäßig beschränkt sind.

Mitteilungen aus den Verbänden, Eidg. Kommissionen

Eidg. Wasserwirtschaftskommission

In die Eidg. Wasserwirtschaftskommission wurden vom Bundesrat am 12. Januar 1954 für die Amtsperiode 1954/56 an Stelle der zurückgetretenen Mitglieder Bundesrichter Dr. P. Corrodi (Lausanne) und Ing. W. Trüb, Nationalrat (Zürich) neu gewählt: Dr. *Karl Obrecht*, Nationalrat, Fürsprecher und Notar (Küttigkofen) und Nationalrat *F. Schmidlin*, Direktor der Industriellen Betriebe der Stadt Bern (Bern); die übrigen 13 Mitglieder wurden in ihrem Amte bestätigt.

Eidg. Kommission für elektrische Anlagen

Der Bundesrat hat am 19. Januar 1954 vom Rücktritt von Dr. h. c. Walter Amstalden, alt Ständerat (Sarnen), Dr. h. c. Robert-Albert Schmidt, Ingenieur, Verwaltungsratspräsident der S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (Lausanne), und Dr. Paul Joye, Ingenieur, alt Direktor der Entreprises Electriques Fribourgeoises (Fribourg), als Mitglieder der Eidgenössischen Kommission für elektrische Anlagen unter Verdankung der geleisteten Dienste Kenntnis genommen.

Für die neue Amtsdauer 1954 bis 1956 ist die genannte Kommission bestellt worden aus: Dr. iur. *Henri Zwahlen*, Professor für öffentliches Recht an der Universität Lausanne, Präsident; *Sigmund Bitterli*, Ingenieur, Direktor der Elektrizitätswerke Wynau (Langenthal); *Guido Hunziker*, Ingenieur, Direktor der Motor-Columbus AG (Baden); *Hans Marty*, Ingenieur, Direktor der Bernischen Kraftwerke AG (Bern); *Louis Piller*, Ingenieur, Vizedirektor der Entreprises Electriques Fribourgeoises (Fribourg); *Hans Werner Schuler*, Ingenieur, Privatdozent an der ETH (Zürich); *Heinrich Weber*, Ingenieur, Professor an der ETH (Zürich).

Eidg. Kommission für Ausfuhr von elektrischer Energie

Als Mitglieder der Eidgenössischen Kommission für Ausfuhr von elektrischer Energie wurden vom Bundesrat am 29. Januar 1954 für die am 31. Dezember 1956 zu Ende gehende Verwaltungsperiode wiedergewählt: *A. Engler*, dipl. Ing., Direktor der Betriebsabteilung der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (Baden), und Dr. Ing. *E. Steiner*, Vizepräsident des Schweizerischen Energie-Konsumenten-Verbandes (Zürich). An Stelle der ausscheidenden R. Naville, Ingenieur, Delegierter des Verwaltungsrates der Papierfabrik Cham (Cham), und Dr. Ing. R. A. Schmidt, Präsident des Verwaltungsrates der S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (Lausanne), wurden gewählt: Dr. *R. Heberlein*, Präsident des Schweizerischen Energie-Konsumenten-Verbandes (Wattwil), und *J. Ackermann*, Direktor der Entreprises Electriques Fribourgeoises (Fribourg).

Verfassungsinitiativen

Die *vorbereitende Kommission des Nationalrates* für die Behandlung der beiden Verfassungsinitiativen betr. das Eidg. Wasserrecht setzt sich wie folgt zusammen: Bringolf (Schaffhausen, soz.), Präsident, Berger (Basel, kk.), Brändli (Zürich, Bp.), Bringolf (La Tour-de-Peilz, soz.), Bühler (Uzwil, fr.), Condrau (Graubünden, kk.), Eder (Thurgau, kk.), Grandjean (Waadt, fr.), Grendelmeier (Zürich, unabh.), Huber (St. Gallen, soz.), Maspoli (Tessin, kk.), Obrecht (Solothurn, fr.), Perrin (Neuenburg, fr.), Rohr (Aargau, kk.), Scherrer (Schaffhausen, fr.), Schmid (Zürich, dem.), Schmidlin (Bern, soz.), Schümperli (Thurgau, soz.), Stähli (Bern, Bp.).

Die Priorität für die Behandlung des bundesrätlichen Berichtes liegt beim Nationalrat. Die Zusammensetzung der ständerätlichen Kommission ist noch nicht bekannt.