

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: 65 (1974)

Heft: 6

Artikel: Städtefernheizung = Chauffage à distance

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915379>

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: 04.04.2026

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

Städtefernheizung

Ein Bericht des Eidg. Amtes für Energiewirtschaft *)

Am 28. Februar 1974 wurde in Anwesenheit von Bundesrat Ritschard ein Bericht, betitelt «Städtefernheizung», der im Auftrage des Eidg. Amtes für Energiewirtschaft von der Firma Sulzer, Winterthur, unter Beizug namhafter Experten ausgearbeitet wurde, der Öffentlichkeit vorgestellt.

An der erwähnten Pressekonferenz erläuterte Bundesrat Ritschard die Vorgeschichte des Berichtes und zeigte in Bezug auf die Städtefernheizung folgende Möglichkeiten auf:

«1. Das Beheizen von Quartieren und Städten aus zentralen Heizwerken oder aus Heizkraftwerken, die Elektrizität und Wärme erzeugen. Aus ökologischer Sicht weisen diese Heizarten gegenüber der ölgefeuerten Einzelgebäudeheizung, wie sie heute zur Hauptsache besteht, folgende Vorteile auf:

a) Verbrennung mit höherem Wirkungsgrad, also sparsamere Wärmeerzeugung als jetzt.

b) Der Ausstoss von Asche und unverbranntem Brennstoff wird mit Hilfe wirksamer Rauchgasfilter und dank ständiger Kontrolle durch Fachpersonal vermieden.

c) Eine grosse Anzahl von Kaminen auf Dachhöhe wird durch einen einzigen Hochkamin ersetzt, der eine bessere Verdünnung der Emissionen sicherstellt.

d) Die Verringerung der Zahl der Tankanlagen und der Umschläge von Heizöl sowie die Kontrolle durch Fachpersonal reduzieren die Gefahr von Ölunfällen beträchtlich.

2. Der Anschluss der städtischen Wärmeverteilnetze an ein grosses thermisches Kraftwerk konventioneller oder nuklearer Bauart, das ausserhalb der Stadt liegt. Diese Methode erlaubt, die Verschmutzung der Luft durch Raumheizung, Warmwasserbereitung und gegebenenfalls Erzeugung von Industriewärme in den Städten wesentlich zu verringern oder sogar vollständig zu beseitigen. Weiter würde diese Möglichkeit ganz besonders gestatten, bedeutende Mengen fossiler Brennstoffe zu sparen und gleichzeitig die Nutzung

*) Der vollständige Bericht kann bei der Eidgenössischen Drucksachen- und Materialzentrale, Fellerstrasse 21, 3000 Bern, zum Preis von Fr. 250.– und dessen allgemeiner Teil zum Preis von Fr. 5.– bezogen werden.

Chauffage à distance

Une étude de l'Office de l'économie énergétique *)

Le 28 février 1974, en présence de M. le conseiller fédéral, Ritschard, un rapport, rédigé sur demande de l'Office fédéral de l'économie énergétique, par la maison Sulzer Frères à Winterthur, en collaboration avec des experts renommés, a été présenté à la presse sous le titre «Le chauffage à distance».

Lors de cette conférence de presse, le conseiller fédéral Ritschard, commenta les origines du rapport et démontra les possibilités suivantes concernant le chauffage à distance:

1. Le chauffage de quartiers et de villes par des centrales de chauffage pur ou des centrales de production combinée d'électricité et de chaleur. Du point de vue écologique, ces méthodes présentent les avantages suivants par rapport au chauffage individuel au mazout, actuellement le plus répandu:

a) une combustion à plus haut rendement, donc meilleure utilisation de l'énergie brute qu'aujourd'hui;

b) le rejet de cendres et d'imbrûlés est presque complètement éliminé au moyen de filtres efficaces et grâce à un contrôle permanent de personnel qualifié;

c) un grand nombre de cheminées au ras des toits sont remplacées par une seule cheminée très haute, qui assure une meilleure dilution des émissions;

d) la réduction du nombre de réservoirs et du nombre de transvasements de mazout, ainsi que le contrôle par du personnel qualifié, diminuent notablement le danger d'accidents dus au mazout.

2. Le raccordement des réseaux urbains de distribution de chaleur à une grande centrale thermique, classique ou nucléaire, située à distance des villes. Cette méthode permet de réduire substantiellement, voire de supprimer complètement la pollution de l'air des villes due au chauffage des locaux et de l'eau de consommation et, le cas échéant, à la production de chaleur industrielle. En outre, elle permet tout particulièrement d'économiser des quantités importantes de combus-

*) Le rapport complet peut être obtenu auprès de l'Office central fédéral des imprimés et du matériel (EDMZ), Fellerstrasse 21, 3000 Berne, au prix de 250 frs.; la partie générale, au prix de 5 frs.

der in den Kernbrennstoffen enthaltenen Energie zu verbessern.

3. Die Einzelgebäudeheizung mit Elektrizität oder Gas. (Dabei handelt es sich um sogenannte saubere Heizungsarten.)

Seit dem 17. Oktober 1973 stecken wir in einer Krise unserer Energieversorgung.

Heute wissen wir, dass die Ölkrise mehr ist als ein vorübergehender Spuk. Die Ölvorräte gehen allmählich zu Ende. Wenn wir nicht morgen in einer kalten Badewanne sitzen und im Winter schlottern wollen, müssen wir schon heute nach andern Wärmequellen Ausschau halten und sie einrichten.

Wir haben noch keine schriftlich festgelegte und von allen Instanzen und Beteiligten genehmigte, fixfertige Energiekonzeption. Daran arbeiten wir gegenwärtig.

Aber wie immer auch diese Konzeption aussehen mag: Die Raumheizung und die Warmwasseraufbereitung werden dabei eine entscheidende Rolle spielen. Das zeigt auf den ersten Blick die Struktur unseres Energieverbrauchs:

rund 50 %	brauchen wir für die Heizung und die Warmwasseraufbereitung,
rund 20 %	für gewerbliche und industrielle Wärmeprozesse,
nicht ganz 30 %	für Motoren aller Art,
einige wenige %	für den Rest (chemische Prozesse und Beleuchtung).

Die Heizung hat also entscheidendes Gewicht. Hier brauchen wir auch am meisten Öl, das jetzt nicht nur ein rarer und unsicherer, sondern auch ein teurer Saft geworden ist. Bei dieser Heizung müssen wir also ansetzen. Hier sind auch verhältnismässig rasch Resultate zu erzielen, obwohl auch hier mit Jahren gerechnet werden muss, bis etwas realisierbar ist.»

Anschliessend führte der Vizedirektor des Eidg. Amtes für Energiewirtschaft, Prof. C. Zangger, über die Konzeption des Berichtes u. a. folgendes aus:

1. Als diese Studie in Angriff genommen wurde, befanden sich bereits seit Jahren Wärmeverteilungsnetze unterschiedlicher Ausdehnung in einigen grösseren Schweizer Städten in Betrieb, nämlich in Basel, Bern, Genf, Lausanne, Zürich usw. Für diese Gruppe sollte die Studie unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten Aufschluss über die Anschlussmöglichkeiten des Heiznetzes an ein grosses Elektrizitätswerk, nuklearer oder konventioneller Bauart, ausserhalb der Stadt geben.

Andererseits erschienen die städtebaulichen Verhältnisse für zahlreiche weitere mittlere oder kleine Städte günstig zur Erstellung einer Städtefernheizung oder einer Quartierheizung. Für diese Gruppe sollte die Studie den städtischen Behörden in erster Abschätzung zeigen, ob sich die örtlichen Gegebenheiten für eine solche Heizart in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht eignen.

Es ist nicht die Aufgabe des Bundes, für diese zwei Kategorien von Städten Vorprojekte ausarbeiten zu lassen, weder für den Anschluss an ein Kernkraftwerkprojekt noch für die Erstellung einer Städtefernheizung. Deshalb bestand das Ziel dieser Studie darin, die grösstmögliche Menge an Informationen und Entscheidungs- und Berechnungsunterlagen zuhanden aller städtischen Behörden zusammenzustellen. Aus die-

tible fossile und d'améliorer du même coup le rendement d'utilisation de l'énergie contenue dans les combustibles nucléaires.

3. Le chauffage individuel de bâtiments basé sur l'utilisation de l'électricité ou sur la combustion du gaz. (Ces modes de chauffage peuvent être considérés comme propres.)

Depuis le 17 octobre 1973, notre approvisionnement en énergie est en crise.

Nous savons aujourd'hui que la crise du pétrole est bien plus qu'un fâcheux accident. En effet, les réserves de pétrole s'épuisent peu à peu. Si demain nous ne voulons pas prendre un bain froid ou frissonner en hiver, nous devons aujourd'hui déjà chercher d'autres sources de chaleur et les établir. J'espère vivement que les réunions d'aujourd'hui seront le tremplin qui nous permettra d'atteindre ce but.

Nous n'avons pas encore de conception de l'énergie qui soit écrite et acceptée par toutes les instances et parties intéressées. Nous y travaillons actuellement.

Mais quel que soit le contenu de cette conception, le chauffage des locaux et la préparation de l'eau chaude y joueront un rôle dominant. Un seul regard sur la structure de notre consommation énergétique vous le prouvera:

environ 50 %	pour le chauffage des locaux et de l'eau de consommation
environ 20 %	pour la chaleur industrielle et artisanale
presque 30 %	pour les moteurs de toutes sortes
quelques %	pour le reste (processus chimiques et éclairage)

Le chauffage est donc prépondérant. Pour cela, nous recourons dans une large mesure au pétrole, qui non seulement est devenu rare et peu sûr, mais encore a fortement renchéri. C'est donc dans ce domaine que nous devons concentrer nos efforts, car nous pouvons parvenir relativement vite à des résultats, même si nous devons compter des années avant de pouvoir réaliser quelque chose de concret.

Ensuite, M. le professeur C. Zangger, vice-directeur de l'Office fédéral de l'économie énergétique, fit quelques considérations marginales sur ce problème.

1. Au moment d'aborder cette étude, des réseaux de distribution de chaleur, d'importance variable, se trouvaient déjà en exploitation depuis des années dans quelques-unes des plus grandes villes de Suisse: Bâle, Berne, Genève, Lausanne, Zurich, etc. Pour ces cas, l'étude devait montrer les possibilités de raccorder, dans des conditions économiques, le réseau de chauffage à une grande centrale électrique, nucléaire ou classique, située en dehors de la ville.

D'autre part, il apparaissait que pour de nombreuses autres villes moyennes ou petites, les conditions d'urbanisation semblaient favorables à l'établissement d'un chauffage urbain ou de quartiers. Pour ces cas, l'étude devait mettre les autorités urbaines en mesure de vérifier, en première approximation, si les conditions locales se prêtaient à un tel mode de chauffage aux points de vue technique et économique.

Pour les deux catégories de villes, la Confédération n'avait pas à faire établir des avant-projets, soit pour le raccordement à un projet de centrale nucléaire, soit pour l'établissement d'un chauffage urbain. C'est pourquoi le but de cette étude a été de réunir le plus grand nombre d'éléments d'information, de jugement et de calcul à l'usage de toutes les autorités urbaines. L'étude se présente ainsi sous la forme

sem Grunde wurde in der Studie der Gestehungspreis der Wärme in bezug auf zahlreiche Faktoren (Parameter) untersucht. Jeder einzelne dieser Faktoren umfasst Bereiche, die einerseits die Verhältnisse in den Städten oder Quartieren der ganzen Schweiz wiederzugeben versuchen (z. B. die Siedlungsart, ihre Grösse, das Klima, die Temperaturen des Wärmeträgers usw.) und andererseits die wahrscheinliche zeitliche Entwicklung während der nächsten zehn Jahre berücksichtigen (z. B. die Brennstoffkosten, der Elektrizitätspreis, die Annuität usw.).

Der Studienbericht führt sowohl die Berechnungsmethoden als auch die parametrischen Ergebnisse auf; er ermöglicht somit den städtischen Behörden, heute oder zu einem späteren Zeitpunkt zu prüfen, ob sich die lokalen Verhältnisse annäherungsweise für eine Städtefernheizung eignen. Wenn ja, ist es Aufgabe dieser Behörden, eine vertiefte Untersuchung der örtlichen Gegebenheiten in einer besonderen Studie zu veranlassen.

2. Die Studie *Städtefernheizung* befasst sich mit Anlagen, die fossile Brennstoffe (Öl oder Gas) oder Kernbrennstoffe zur Wärmeerzeugung und Wasser oder Dampf als Wärmeträger verwenden. Sie wurde der Firma Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft in Winterthur in Auftrag gegeben. Neun verschiedene technische Lösungen sind aufgeführt, einschliesslich der ölgefeuerten Einzelgebäudeheizung. Da diese Heizart heute in der Schweiz am weitesten verbreitet ist, dient sie als Vergleichsgrundlage mit anderen Systemen. Der heute vorgestellte Bericht befasst sich mit der Gesamtheit der Fragen über die Städtefernheizung.

Die Studie über Einzelgebäudeheizung mit Elektrizität oder Gas wurde der Ingenieurunternehmung AG der Schweizerischen Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft (Suisselectra) in Basel und der «Société Générale pour l'Industrie (SGI)» in Cointrin-Genève anvertraut. Diese Studie, die sich ebenfalls mit verschiedenen technischen Lösungen befasst, wurde später in Angriff genommen. Sie wird im Laufe dieses Jahres abgeschlossen und in einem weiteren Bericht veröffentlicht.

3. Für beide Studien erschien es dem Eidgenössischen Amt für Energiewirtschaft notwendig, nicht nur die technisch-wirtschaftlichen Erfahrungen der Industriefirmen und der Ingenieurunternehmungen, sondern auch diejenigen der Betreiber von Wärmeverteilungsnetzen sowie von Elektrizitäts- und Gaswerken zu verwerten. Zu diesem Zwecke wurden erfahrene Fachleute beigezogen, welche als Berater an den zahlreichen Arbeitssitzungen teilgenommen haben.

4. *Bezüglich der Auswahl der Energieträger und der Anlagearten zur Wärmeerzeugung* wurden, mit Rücksicht auf den Umfang der Studie, nur diejenigen Energieträger untersucht, die in der Lage sind, einen bedeutenden Teil der Wärmebedürfnisse in der Schweiz während den kommenden Jahrzehnten zu decken. Die Wahl der Anlagearten beschränkte sich auf technisch und wirtschaftlich bewährte Ausführungen, d. h. auf solche, die eine solide technisch-wirtschaftliche Untersuchung zulassen. Die genannten Forderungen führten auf die Energieträger Heizöl, Gas und Kernbrennstoffe.»

Als dritter Referent liess Dr. R. Ecabert, Vizedirektor der Firma Sulzer, die Inhaltsübersicht Revue passieren und erläuterte die Schlussfolgerung.

d'une recherche du prix de revient de la chaleur en fonction de nombreux facteurs (paramètres) que l'on a fait varier individuellement dans des domaines susceptibles d'une part de représenter les conditions des villes ou des quartiers de toute la Suisse (par exemple le genre de l'agglomération, sa grandeur, le climat, les températures du réseau, etc.) et de recouvrir d'autre part l'évolution temporelle possible d'autres facteurs durant les dix prochaines années (par exemple le coût du combustible, le coût de l'énergie électrique, l'annuité, etc.).

Le rapport de l'étude présente aussi bien les méthodes de calcul que les résultats paramétriques; il offre donc aux autorités urbaines un outil leur permettant de vérifier, maintenant et plus tard, si les conditions locales se présentent approximativement sous un jour intéressant au chauffage à distance, auquel cas il incombe à ces autorités d'ordonner un examen plus approfondi de la situation locale, en faisant procéder à une étude spéciale.

2. L'étude du *chauffage à distance* basée sur des installations utilisant des combustibles fossiles (mazout ou gaz) ou nucléaires pour la production de chaleur et sur l'eau ou la vapeur comme agent de transport, a été confiée à la maison Sulzer Frères S. A., à Winterthur. Elle recouvre neuf solutions techniques différentes, y inclus le chauffage individuel de bâtiments au mazout, à titre de comparaison avec la solution largement répandue aujourd'hui en Suisse. Le rapport qui vous est présenté aujourd'hui concerne l'ensemble du problème du chauffage urbain à distance.

L'étude du chauffage individuel à l'électricité et au gaz a été confiée à Ingénieurs-Conseils S. A. de la Société Suisse d'Electricité et de Traction (Suisselectra) à Bâle et à la Société Générale pour l'Industrie (SGI) à Cointrin-Genève. Lancée plus tard, cette étude, qui porte également sur plusieurs variantes techniques, sera terminée dans le courant de l'année et fera l'objet d'un second rapport.

3. Désireux d'exploiter non seulement les expériences techniques et économiques de l'industrie ou de bureaux d'ingénieurs, mais également celles des exploitants de réseaux de distribution de chaleur ainsi que d'usines électriques et à gaz, l'office de l'économie énergétique a fait appel à des spécialistes qui ont participé comme conseillers aux nombreuses séances de travail.

4. *En ce qui concerne le choix des agents énergétiques et des types d'installations de production de chaleur*, on a, afin de limiter le volume de l'étude, retenu les agents énergétiques capables de couvrir une part importante de la demande de chaleur en Suisse durant les prochaines décennies, ainsi que les installations ayant fait leur preuves aux points de vue technique et économique, c'est-à-dire permettant une évaluation technico-économique fondée. Ces critères de sélection ont conduit à l'examen du mazout, du gaz et des combustibles nucléaires.

En tant que troisième rapporteur, M. R. Ecabert, vice-directeur de la maison Sulzer Frères, fit circuler la table des matières et commenta les conclusions.

Schliesslich referierte der Direktor des Eidg. Amtes für Energiewirtschaft, Dr. H. R. Siegrist, über das Thema «Die Städtefernheizung im Rahmen der schweizerischen Gesamtenergiekonzeption».

Dem Referat von Dr. Siegrist ist folgendes entnommen:

«1. Die Schweiz deckt heute ihren gesamten Energiebedarf zu 80 % mit Erdölprodukten, zu 16 % mit Elektrizität, zu 2 % mit Kohle und zu je 1 % mit Brennholz und mit Gas.

2. Rund 70 % des Energieverbrauchs dienen der Erzeugung von Wärme, rund 50 % dienen allein der Raumheizung.

3. Wärme kann unmittelbar mit jedem Energieträger erzeugt werden, d. h. mit Holz, Kohle, Öl, Gas, Elektrizität und Kernenergie, in einer späteren Zukunft wohl auch mit Sonnenenergie und möglicherweise Erdwärme.

4. Die Wärmeerzeugung ist deshalb dasjenige Anwendungsgebiet der Energie, auf dem eine Substitution eines Energieträgers durch einen anderen am wirksamsten möglich ist.

Bei diesen vier Feststellungen handelt es sich um objektive Tatbestände ohne jede politische Würdigung.

Wie verhält sich nun die Situation unserer Energieversorgung zur Zielsetzung der schweizerischen Energiepolitik oder zur schweizerischen Gesamtenergiekonzeption? Ich möchte diese Zielsetzung auf Grund verwaltungsinterner Abklärungen heute wie folgt umschreiben:

Gewährleistung einer möglichst sicheren, umweltgerechten, haushälterischen und preiswürdigen Energieversorgung, die auch die Bedürfnisse der Raumplanung berücksichtigt.

Diese Zielsetzung enthält natürlich eine politische Wertung, die aber unbestritten sein dürfte. Höchstens wird von bestimmten Kreisen postuliert, dass zusätzlich zu den genannten Zielen der Energiepolitik als weiteres auch noch die Steuerung des Wirtschaftswachstums über das Energieangebot aufgenommen werde. Dies ist vom Bundesrat jedoch wiederholt als ungeeignete Massnahme zur Erreichung des anvisierten Zwecks mit Bestimmtheit abgelehnt worden. Besteht Klarheit über die Zielsetzung der Energiepolitik, so sind die Massnahmen festzulegen, durch welche die gesetzten Ziele erreicht werden sollen.

Die überragende Stellung der Erdölprodukte in unserer Energiebilanz widerspricht nun ganz eindeutig den ersten beiden der erwähnten Zielsetzungen, nämlich der möglichst sicheren und der möglichst umweltgerechten Energieversorgung. Diese Feststellung bedarf heute keines Beweises. Eine Hauptsorge der schweizerischen Energiepolitik muss deshalb sein, den Anteil der Erdölprodukte an unserer Energiebedarfsdeckung zu vermindern. Hier stimmen sogar unvoreingenommen urteilende Vertreter der Mineralölbranche zu.

Von den im Jahre 1972 (spätere Zahlen liegen noch nicht vor) für energetische Zwecke verbrauchten 12,6 Millionen Tonnen Erdölprodukten entfallen 8,8 Millionen Tonnen oder 70 % auf die flüssigen Brennstoffe (d. h. Heizöle aller Sorten) und 3,8 Millionen Tonnen oder 30 % auf die flüssigen Treibstoffe (Normal- und Superbenzin, Dieselöl, Flugpetrol). Daraus ist ersichtlich, dass der Hebel zur Substituierung der Erdölprodukte am wirksamsten bei den Heizölen angesetzt wird.

Die Studie über die Städtefernheizung zeigt, dass es nicht nur technisch möglich, sondern unter bestimmten Voraussetzungen auch wirtschaftlich ist, grössere Agglomerationen

Pour terminer, M. H. R. Siegrist, directeur de l'Office fédéral de l'économie énergétique, fit un rapport sur le thème «Le chauffage à distance dans le cadre d'une conception globale de l'énergie en Suisse».

Les extraits suivants ont été recueillis du rapport de M. Siegrist:

1. La Suisse couvre actuellement ses besoins en énergie pour 80 % avec les produits pétroliers, pour 16 % avec l'électricité, pour 2 % avec le charbon et pour 1 % avec le bois de chauffage, respectivement le gaz.

2. Environ 70 % de l'énergie consommée est destinée à la production de chaleur, environ 50 % pour le chauffage des locaux.

3. La chaleur peut être produite directement par chaque agent énergétique, c'est-à-dire le bois, le charbon, l'huile, le gaz, l'électricité et l'énergie nucléaire et, dans un avenir plus lointain aussi par l'énergie solaire et peut-être la chaleur terrestre.

4. La production de chaleur est donc le domaine d'application de l'énergie dans lequel une substitution d'un agent énergétique par un autre s'avère la plus efficace.

Ces quatre constatations sont des faits objectifs, dénués de toute considération politique.

Où en est maintenant la situation de notre approvisionnement en énergie par rapport aux objectifs de la politique énergétique suisse ou à la conception globale de l'énergie? Me basant sur la mise au point entreprise au sein de l'administration fédérale, je pourrais définir ces objectifs ainsi:

Garantir, dans la mesure du possible, un approvisionnement énergétique sûr, favorable à l'environnement, économe, bon marché et tenant compte également des nécessités de l'aménagement du territoire.

Ces objectifs comprennent évidemment une appréciation politique qui ne devrait cependant pas être contestée. Tout au plus, certains milieux demandent que l'on ajoute aux objectifs nommés le contrôle du développement économique par le truchement de l'offre d'énergie. Cette mesure a toutefois été rejetée fermement et à plusieurs reprises par le Conseil fédéral, étant donné qu'elle n'est pas appropriée pour atteindre le but visé. Clarté faite sur les objectifs de la politique énergétique, il s'agit alors de fixer les moyens de les atteindre.

La prédominance des produits pétroliers dans notre bilan énergétique est nettement incompatible avec les deux premiers objectifs mentionnés, soit un approvisionnement aussi sûr et aussi favorable à l'environnement que possible. Cette constatation ne fait actuellement plus aucun doute. Un des principaux soucis de toute politique énergétique suisse doit donc être de réduire la part des produits pétroliers à la couverture de nos besoins énergétiques. Même des représentants impartiaux de la branche pétrolière approuvent ce point de vue.

Des 12,6 millions de tonnes de produits pétroliers consommés en 1972 à des fins énergétiques, 8,8 millions de tonnes ou 70 % étaient des combustibles liquides (c'est-à-dire des huiles de chauffage) et 3,8 millions de tonnes ou 30 % des carburants liquides (benzine normale et super, huile diesel, carburacteur). Il est donc clair que la substitution des produits pétroliers doit être appliquée en premier lieu aux huiles de chauffage pour être le plus efficace.

L'étude sur le chauffage à distance montre que non seulement les moyens techniques existent, mais encore qu'il est

mit Wärme aus Kernkraftwerken zu beheizen, und zwar ohne den Umweg über die elektrische Energie. Die Vorteile einer solchen Lösung sind dreifacher Natur: Erstens kann dadurch der Anteil des Heizöls an der schweizerischen Energiebedarfsdeckung reduziert werden (und zwar um schätzungsweise bis 25 %). Zweitens wird durch den Wegfall der Ölfeuerungen die Reinheit der Luft in den städtischen Agglomerationen drastisch verbessert, und es wird kein Sauerstoff für Heizzwecke mehr konsumiert. Drittens wird die schweizerische Zahlungsbilanz stark entlastet, indem Kernbrennstoffe – auf die erzeugbare Wärmeeinheit berechnet – billiger sind als fossile Brennstoffe.

Ohne dass bei der bisherigen Projektierung von Kernkraftwerken die nukleare Fernheizung berücksichtigt worden wäre, erweisen sich doch verschiedene der vorgesehenen Standorte hierfür als sehr günstig. So ist es denkbar, dass das projektierte Kernkraftwerk Kaiseraugst zur Belieferung des bereits bestehenden und ständig in weiterem Ausbau begriffenen Fernheiznetzes der Stadt Basel und möglicherweise auch der Basler Chemie mit Wärme herangezogen werden könnte. Das im Betrieb befindliche Kernkraftwerk Mühleberg liegt in einer Entfernung von Bern, die eine spätere Belieferung des Fernheiznetzes dieser Stadt ebenfalls gestatten könnte. Das projektierte Kernkraftwerk Verbois liesse sich für die Beheizung der Stadt Genf heranziehen. Das im Bau befindliche Kernkraftwerk Gösgen-Däniken liegt zwischen den Städten Olten und Aarau, die nach dem Aufbau von Fernheiznetzen die Wärme möglicherweise von diesem Werk beziehen könnten. Ähnliches gilt für die Stadt Luzern mit Bezug auf das projektierte Kraftwerk Inwil. Allerdings kann die Wirtschaftlichkeitsfrage in jedem einzelnen Fall nur auf Grund konkreter Untersuchungen beantwortet werden. Man kann aber auch die Meinung vertreten, dass die Wirtschaftlichkeit nicht unbedingt das oberste Gebot sein muss, wenn es um eine sichere und umweltfreundliche Wärmeversorgung unserer Städte geht. Die Standortplanung für Kernkraftwerke, die in Arbeit ist, wird die Möglichkeiten der nuklearen Städtefernheizung systematisch zu berücksichtigen haben.

Allerdings lässt sich die nukleare Städtefernheizung nicht von heute auf morgen verwirklichen. Voraussetzung ist die Errichtung von Fernheiznetzen in allen hierfür geeigneten Agglomerationen. Wie bereits gesagt worden ist, sind diese zunächst quartierweise aufzubauen und mit Heizwerken oder Heizkraftwerken zu versehen. Mit der Zeit sind diese Quartiernetze untereinander zusammenzuschliessen und letztlich mit Wärme aus einem benachbarten Kernkraftwerk zu beliefern. Die Quartierzentralen wären für die Spitzendeckung und zur Überbrückung der Stillstandszeiten des Kernkraftwerkes beizubehalten. Aber schon diese Quartierzentralen bedeuten, besonders wenn sie für die kombinierte Erzeugung von Elektrizität und Wärme eingerichtet sind, gegenüber der heutigen Einzelgebäudeheizung einen Fortschritt mit Bezug auf eine bessere Ausnutzung des Brennstoffes und damit in der Richtung auf eine sparsame Energieverwendung. Sodann bedeuten sie aber auch einen wesentlichen Fortschritt mit Bezug auf die Lufthygiene. Das Endziel, das uns vorschwebt, ist die *Stadt ohne Schornsteine*.

Es genügt nun aber nicht, dass man von den verschiedenen Fernheizsystemen, die im Bericht behandelt sind, einfach Kenntnis nimmt, sondern wir möchten alle Städte einladen,

unter bestimmten ökonomischen Bedingungen die Wärme aus Kernkraftwerken zu beheizen, und zwar ohne den Umweg über die elektrische Energie. Die Vorteile einer solchen Lösung sind dreifacher Natur: Erstens kann dadurch der Anteil des Heizöls an der schweizerischen Energiebedarfsdeckung reduziert werden (und zwar um schätzungsweise bis 25 %). Zweitens wird durch den Wegfall der Ölfeuerungen die Reinheit der Luft in den städtischen Agglomerationen drastisch verbessert, und es wird kein Sauerstoff für Heizzwecke mehr konsumiert. Drittens wird die schweizerische Zahlungsbilanz stark entlastet, indem Kernbrennstoffe – auf die erzeugbare Wärmeeinheit berechnet – billiger sind als fossile Brennstoffe.

Bien que le chauffage urbain n'ait jusqu'à présent jamais été pris en considération dans les projets de centrales nucléaires, quelques-uns des sites prévus s'avèrent très avantageux dans ce sens. Ainsi il est pensable que la centrale nucléaire projetée à Kaiseraugst puisse être appelée à approvisionner en chaleur le réseau de chauffage exploité et développé dans la ville de Bâle, de même que peut-être l'industrie chimique bâloise. La centrale en service à Mühleberg se trouve à une distance de Berne qui permettra dans l'avenir de desservir également le réseau de chauffage à distance de cette ville. La centrale projetée à Verbois pourrait chauffer la ville de Genève. Celle en construction à Gösgen-Däniken est placée entre les villes de Olten et Aarau qui pourraient, après la création d'un réseau de chauffage à distance, s'y approvisionner. Le cas est semblable pour Lucerne, en ce qui concerne la centrale projetée à Inwil. La question de la rentabilité ne peut cependant être résolue qu'après examen concret de chaque cas particulier, mais on peut aussi être d'avis que la rentabilité ne doit pas absolument être le critère dominant lorsqu'il y va de la sécurité de notre approvisionnement et de l'hygiène de l'air dans nos villes. La planification des sites de centrales nucléaires, qui est en voie d'élaboration, devra systématiquement tenir compte des possibilités de chauffage nucléaire à distance.

Le chauffage nucléaire à distance ne peut toutefois être réalisé du jour au lendemain. Il faut d'abord créer des réseaux de chauffage à distance dans toutes les agglomérations qui se prêtent à cette solution. Comme on l'a déjà dit, ceux-ci doivent d'abord être construits par quartiers et desservis par des centrales de chauffe ou des centrales chaleur-force. Ces réseaux locaux devront par la suite être reliés entre eux et recevoir finalement la chaleur d'une centrale nucléaire voisine. Les centrales de quartiers seront alors utilisées pour la couverture des pointes et en cas d'arrêt de production des centrales nucléaires. Ces centrales de quartier offrent d'ailleurs, surtout si elles sont prévues pour la production combinée de chaleur et d'électricité, un progrès sur le chauffage individuel, car elles permettent une meilleure utilisation du combustible. Elles offrent en outre un progrès important du point de vue de l'hygiène de l'air. Le but que nous désirons en quelque sorte proposer est la *ville sans cheminées*.

Selon nos vues, il ne suffira donc pas de prendre simplement connaissance des différents systèmes de chauffage présentés dans le rapport. Nous voulons surtout inviter toutes les autorités urbaines à examiner les possibilités qu'elles ont d'adopter l'un ou l'autre des systèmes. Comme le chauffage urbain est une tâche de longue haleine, la planification des

für ihre Verhältnisse zu untersuchen, welches Fernheizsystem für sie gegebenenfalls in Frage kommt. Da die Fernheizung eine langfristige Aufgabe ist, sollte die Städteplanung schon heute darauf Rücksicht nehmen. Die Kantone möchten wir bitten, diese Abklärungen bei den Städten zu fördern und deren Planungsbestrebungen zu unterstützen. Wir selber sind bereit, bei den Projektanten von Kernkraftwerken dahin zu wirken, dass sie sich für solche Lösungen aufgeschlossen zeigen und als Vermittler zwischen den Kernkraftwerksunternehmungen und den in Betracht kommenden städtischen Behörden wirken.

Nachstehend veröffentlichen wir aus dem allgemeinen Teil des Berichtes «Städtefernheizung» folgende Teile:

1. Anlass zur Studie und ihre Durchführung
2. Allgemeines über Städtefernheizung
3. Schlussfolgerungen

1. Anlass zur Studie und ihre Durchführung

1.1 Anlass

Am 20. Juni 1967 hat Herr Ständerat Dr. h. c. E. Choisy dem Bundesrat eine Kleine Anfrage mit folgendem Wortlaut unterbreitet:

«70 % des gesamten Energiebedarfes der Schweiz – Wärme, Licht und Kraft – werden durch Erdölprodukte gedeckt, wovon mehr als drei Viertel aus dem Mittleren Osten und aus Nordafrika stammen.

Nun beruht aber die Sicherheit unserer Landesversorgung sowohl auf der Vielfalt der Produktionsarten als auch den Bezugsquellen für die Energieträger.

Andererseits werden 75 % der gesamten erzeugten und eingeführten Energie in Wärme umgewandelt, vor allem für die Raumheizung.

Auf Grund dieser Überlegungen empfiehlt sich die Durchführung einer umfassenden Studie über die technischen und wirtschaftlichen Bedingungen für die Entwicklung der Städtefernheizung, deren Wärmequellen später Atomreaktoren sein könnten.

Ist der Bundesrat bereit, eine solche Studie anzuordnen?»

Am 15. September 1967 veröffentlichte der Bundesrat die folgende Antwort auf die Kleine Anfrage:

«Der Bundesrat hat schon wiederholt zum Ausdruck gebracht, dass die beste Sicherung unserer Energieversorgung in einer möglichst grossen Vielgestaltigkeit der verwendeten Rohenergien, ihrer Bezugsquellen und Zufuhrwege besteht. Da der Grossteil der in der Schweiz verbrauchten Rohenergie der Erzeugung von Wärme dient und da sämtliche Energieträger sich ohne Schwierigkeiten in Wärme umwandeln lassen, ist die Wärmeanwendung tatsächlich das Gebiet, auf dem die angestrebte Diversifizierung am einfachsten und wirkungsvollsten zu erreichen ist.

Der Einsatz von Atomreaktoren zur kombinierten Erzeugung von Elektrizität einerseits, von Wärme für die Städtefernheizung andererseits läge nicht nur im Sinne dieser Diversifizierung, sondern brächte zahlreiche weitere Vorteile mit sich. So würde beispielsweise die Verwendung der in den Atomkraftwerken anfallenden sogenannten Restwärme zu Heizzwecken anstelle ihrer Abgabe an Kühlwasser oder Kühlluft zur besseren Ausnützung der in den Kernbrennstoffen enthaltenen Energie führen. Weiterhin würden wegen

villes devrait en tenir compte dès maintenant. Nous prions également les autorités cantonales de bien vouloir encourager les autorités urbaines dans ces études et de les aider dans leur effort de planification. Nous-mêmes sommes prêts à intervenir auprès des entreprises projetant et exploitant des centrales nucléaires pour qu'elles se montrent ouvertes à de telles solutions et nous sommes disposés à servir de médiateur entre ces dernières et les autorités des villes entrant en considération.

Nous publions ci-après les parties suivantes du rapport «Chauffage à distance»:

1. Motif et réalisation de l'étude
2. Généralités sur le chauffage à distance
3. Conclusions de la partie technique

1. Motif et réalisation de l'étude

1.1 Motif

Le 20 juin 1967, Monsieur le Conseiller aux Etats E. Choisy, Dr h. c., posait au Conseil fédéral la petite question suivante:

«70 % des besoins totaux en énergie de la Suisse – chaleur, lumière, force motrice – sont couverts par des produits pétroliers dont plus des trois quarts proviennent du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord.

Or, la sécurité de notre approvisionnement repose sur la diversification des moyens de production d'énergie comme des sources des agents énergétiques.

D'autre part, environ 75 % de l'énergie totale produite et importée est transformée en chaleur, notamment pour le chauffage des locaux.

Tenant compte de ce qui précède, il serait utile de faire une étude de caractère général des conditions techniques et économiques dans lesquelles pourrait se développer le chauffage urbain, dont la source de chaleur pourrait, ultérieurement, être constituée par des réacteurs atomiques.

Le Conseil fédéral est-il disposé à faire exécuter cette étude?»

Le 15 septembre 1967, le Conseil fédéral publiait la réponse suivante à la petite question:

«Le Conseil fédéral a déclaré à plusieurs reprises que la meilleure façon d'assurer notre approvisionnement en énergie réside dans une diversification aussi grande que possible de notre consommation d'énergie brute, de nos sources d'approvisionnement et des voies d'acheminement de nos importations de produits énergétiques. Comme la majeure partie de l'énergie brute consommée en Suisse sert à produire de la chaleur et comme tous les agents énergétiques peuvent sans difficulté être utilisés à cette fin, la production de chaleur est de fait le domaine qui se prête le plus facilement et le plus efficacement à une telle diversification.

La construction de réacteurs nucléaires produisant d'une part de l'électricité et d'autre part de la chaleur pour le chauffage urbain n'irait pas seulement dans le sens de cette diversification, mais elle comprendrait encore de nombreux avantages: La chaleur résiduelle non transformée en électricité pourrait être affectée au chauffage au lieu d'être communiquée à l'eau ou à l'air de refroidissement. Il en résulte-

des damit möglichen Ersatzes von Ölheizungen die Luftverunreinigung sowie die Gefährdung der Gewässer reduziert.

Der Bundesrat erachtet deshalb die in der Kleinen Anfrage angeregte Abklärung als im allgemeinen Interesse liegend, und er ist bereit, entsprechende Untersuchungen anzuordnen.»

In der Folge wurde das Eidgenössische Amt für Energiewirtschaft mit der Durchführung und Überwachung dieser Untersuchung beauftragt.

1.2 Organisation der Studie

Nach Fühlungnahme mit Fachleuten über das zweckmässigste Vorgehen beauftragte das Amt für Energiewirtschaft im Januar 1970 die Firma Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur, die langjährige Erfahrungen auf dem Gebiet der Städtefernheizung besitzt, eine erste Studie über die mögliche Entwicklung von Fernheizungsanlagen in der Schweiz mit fossilen oder nuklearen Brennstoffen und mit Dampf oder Heisswasser als Wärmeträger durchzuführen. Damit sollen dem Amt für Energiewirtschaft die technisch-wirtschaftlichen Grundlagen für die Beurteilung der energie-wirtschaftlichen Möglichkeiten gegeben werden. Die Studie soll u. a. die Wärmegestehungskosten als Funktion verschiedener Einflussgrössen (Parameter) darstellen sowie den Vergleich zur ölgefeuerten Einzelgebäudeheizung ermöglichen. Aus der Vielfalt der zu berücksichtigenden Parameter wurden jene Einflussgrössen ausgewählt, die für die schweizerischen Verhältnisse massgebend sind. Der vorliegende Studienbericht ist das Ergebnis dieser Untersuchung.

Da die Raumheizung und die Warmwasserbereitung in der Schweiz rund 50 % des totalen Energiebedarfes beanspruchen, wurde es als nützlich erachtet, nicht nur die Städtefernheizung mittels Heizwerken und Heizkraftwerken in Betracht zu ziehen, sondern auch die direkte Heizung von Gebäuden durch Elektrizität oder Gas zu prüfen. Man wollte eine möglichst umfassende Grundlage für den Vergleich aller Methoden der Raumheizung schaffen, um die Substitutionsmöglichkeiten in diesem Bereich besser beurteilen zu können. Im Hinblick auf einen Grundvergleich musste selbstverständlich auch die Überprüfung der heute am meisten verbreiteten Methode, der ölgefeuerten Einzelgebäudeheizung, einbezogen werden.

Daher wurde zur Ergänzung der ersten Studie der Auftrag für eine weitere Studie über die Einzelgebäudeheizung mit Elektrizität und Gas an die Ingenieurunternehmung AG der Schweizerischen Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft (Suisselectra) in Basel und an die Société Générale pour l'Industrie (SGI) in Cointrin-Genève erteilt. Um einen bestmöglichen Vergleich der Berechnungen über die ölgefeuere Einzelgebäudeheizung, die Städtefernheizung und die Einzelgebäudeheizung mit Elektrizität und Gas anzustreben, mussten für beide Studienaufträge soweit wie möglich die gleichen Grundannahmen getroffen werden. Da aber die Entscheidungen über die Grundannahmen erst während der Ausarbeitung der «Studie Sulzer» getroffen werden konnten, musste mit der Durchführung der Studie der Ingenieurbüros zugewartet werden.

Für beide Studien erschien es dem Amt für Energiewirtschaft von Anfang an notwendig, nicht nur die technisch-wirtschaftlichen Erfahrungen der Industriefirmen, bzw. Planungsbüros, sondern auch diejenigen der Betreiber von

rait une meilleure utilisation de l'énergie contenue dans les combustibles nucléaires. En remplaçant les chauffages à mazout, on réduirait la pollution de l'air et le danger de pollution des eaux.

Le Conseil fédéral considère que les éclaircissements demandés dans la question écrite sont d'intérêt général et il est prêt à ordonner l'étude proposée.»

Par la suite, l'Office fédéral de l'économie énergétique fut chargé d'entreprendre et de surveiller cette étude.

1.2 Organisation du travail

Après avoir consulté des spécialistes quant à la meilleure voie à suivre, l'Office de l'économie énergétique chargeait en janvier 1970 la maison Sulzer Frères, Société Anonyme, Winterthur, qui possède une longue expérience en matière de chauffage à distance, de faire une première étude sur le développement possible d'installations de chauffage à distance en Suisse, installations utilisant des combustibles fossiles ou nucléaires et en tant que fluide caloporteur de l'eau ou de la vapeur. Cette étude devait fournir à l'Office de l'économie énergétique les bases techniques et économiques lui permettant d'évaluer les possibilités du point de vue de l'économie énergétique. En outre, l'étude devait représenter le prix de revient de la chaleur en fonction de divers facteurs (paramètres) et permettre la comparaison avec le chauffage individuel au mazout. Parmi le grand nombre de paramètres à considérer, les facteurs déterminants dans les conditions suisses furent choisis. Le présent rapport est le résultat de cette étude.

Le chauffage des locaux et la préparation d'eau chaude requérant environ la moitié de l'énergie globale demandée en Suisse, il parut utile de ne pas limiter l'étude au chauffage à distance au moyen de centrales de chauffe ou de centrales chaleur-force, mais d'examiner également le chauffage direct des immeubles à l'électricité ou au gaz. Ceci fournissait des bases aussi étendues que possible pour comparer tous les modes de chauffage des locaux, afin de mieux pouvoir évaluer les possibilités de substitutions dans ce domaine. Afin d'établir une comparaison fondamentale, le chauffage individuel au mazout, qui représente le mode le plus répandu aujourd'hui, fut naturellement aussi considéré.

En conséquence, la première étude fut complétée par une seconde, couvrant le chauffage individuel à l'électricité et au gaz, confiée aux Ingénieurs Conseils SA de la Société Suisse d'Electricité et de Traction (Suisselectra) à Bâle et à la Société Générale pour l'Industrie (SGI) à Cointrin-Genève. Afin d'obtenir la meilleure comparaison entre le chauffage individuel au mazout, le chauffage à distance et le chauffage individuel à l'électricité et au gaz, les deux études devaient autant que possible reposer sur des hypothèses de base identiques. Les décisions quant à ces hypothèses n'ayant pu être prises qu'au cours des travaux de l'«étude Sulzer», la réalisation de l'étude des bureaux d'ingénieurs devait être retardée.

Dès l'abord, l'Office de l'économie énergétique voulut utiliser non seulement les expériences techniques et économiques de l'industrie ou de bureaux d'études, mais également celles d'exploitants de réseaux de distribution de chaleur ainsi que d'usines électriques et à gaz. A cet effet, il fit appel à des spécialistes qui ont participé comme conseillers aux nombreuses séances de travail. Les experts de la Confédération sont

Wärmeverteilnetzen sowie von Elektrizitäts- und Gaswerken zu verwerten. Zu diesem Zweck wurden erfahrene Fachleute beigezogen, welche an den zahlreichen Arbeitssitzungen beratend teilgenommen haben. Als Bundesexperten haben gemeldet:

Seit Januar 1970: Prof. H. A. Leuthold und Herr R. Richard; von Januar 1970 bis Juli 1972 (aus Gesundheitsgründen zurückgetreten): Herr A. Rosenthaler; seit Januar 1972: Herr U. V. Büttikofer für die Elektroheizung und Dr. W. Hunzinger für die Gasheizung.

Das Amt für Energiewirtschaft und insbesondere sein Vizedirektor, Prof. Dr. C. Zangger, der als Vorsitzender der Arbeitsgruppe und Koordinator für die vorliegende Studie wirkte, möchten den Experten den Dank für ihren grossen Einsatz bei der Gestaltung der Studie und bei der Durchsicht der von der Firma Sulzer vorbereiteten umfangreichen Unterlagen bezeugen. Ebenso soll an dieser Stelle der Firma Sulzer und insbesondere ihren Vertretern, den Herren Dr. R. Ecabert, Vizedirektor, Dr. J. Haenny, Vizedirektor, W. Helbling, dipl. Ing. ETH, H. J. Leimer, dipl. Ing. ETH, und M. Lovinčić, dipl. Ing., für die wertvolle Arbeit bestens gedankt werden.

1.3 Ziel der Studie

Seit Jahren werden in einigen grösseren Städten der Schweiz, wie Basel, Bern, Genf, Lausanne, Zürich usw. mehr oder weniger grosse Wärmeverteilnetze betrieben, deren weiterer Ausbau geplant oder bereits im Gange ist. Es gibt aber viele kleinere und mittlere Städte, die Bauverhältnisse aufweisen, welche sich gut für eine Städtefernheizung eignen könnten.

Da es nicht Aufgabe des Bundes ist, Vorprojekte für bestimmte Städte ausarbeiten zu lassen, besteht das Ziel dieser Studie darin, zuhanden aller städtischen Behörden ein Beurteilungs- und Informationsmittel allgemeiner, aber doch umfangreicher Art aufzustellen. Die zuständigen Behörden in Städten ohne Fernheizung sollten aufgrund dieser Studie in erster Näherung prüfen können, ob sich die lokalen Verhältnisse für eine solche Heizart in technisch-wirtschaftlicher Hinsicht eignen. Für eine nähere Prüfung der örtlichen Gegebenheiten ist deshalb in jedem einzelnen Fall durch die zuständigen lokalen Organe eine besondere Studie auszuarbeiten.

Im weiteren sollte die Studie die Möglichkeiten für den früheren oder späteren Anschluss eines Fernheiznetzes an ein ausserhalb der Stadt gelegenes Grosskraftwerk aufzeigen.

Zudem soll auch die Bevölkerung in vermehrter Masse über die Probleme der Städtefernheizung orientiert werden.

Die Studie stellt ferner einen wichtigen Beitrag für das Arbeitsprogramm der im März 1971 gebildeten eidgenössischen Abwärmekommission dar. Diese Kommission hat grundsätzlich alle Aspekte zu prüfen, welche mit der Abgabe von Wärme an die Umwelt zusammenhängen. Die Abwärmekommission wird eine Bewertung der verschiedenen in der Studie erwähnten Städteheizungsarten vom Standpunkt des Umweltschutzes durchführen.

2. Allgemeines über Städtefernheizung

2.1 Grundlagen

Bei der Fernheizung wird die Wärme, die für die Raumheizung, die Warmwasserbereitung sowie für Spitäler, Indu-

Depuis janvier 1970: le professeur H. A. Leuthold et M. R. Richard; de janvier 1970 à juillet 1972: M. A. Rosenthaler (qui s'est retiré pour des raisons de santé); depuis janvier 1972: M. U.-V. Büttikofer pour le chauffage électrique et M. W. Hunzinger pour le chauffage au gaz.

L'Office de l'économie énergétique et en particulier son sous-directeur, le professeur C. Zangger, président du groupe de travail et coordinateur des travaux de cette étude, remercient les experts pour leur apport important à la réalisation de l'étude et à la revue des nombreux documents préparés par la maison Sulzer. L'Office remercie également la maison Sulzer pour le travail précieux qui a été fait et en particulier ses représentants, MM. R. Ecabert, sous-directeur, J. Haenny, sous-directeur, W. Helbling, ingénieur diplômé EPF, H.-J. Leimer, ingénieur diplômé EPF et M. Lovinčić, ingénieur diplômé.

1.3 But de l'étude

Des réseaux de distribution de chaleur, d'importance variable, sont exploités depuis des années dans quelques-unes des plus grandes villes de Suisse, dont Bâle, Berne, Genève, Lausanne, Zurich, etc. L'agrandissement de ces réseaux est prévu ou en cours. Dans de nombreuses villes moyennes et petites, les conditions se prêtent bien à l'établissement d'un chauffage à distance.

La Confédération n'a pas à faire établir des avant-projets pour certaines villes; le but de cette étude est de réunir un assez grand nombre d'éléments d'information et de jugement de caractère général à l'usage de toutes les autorités urbaines. Les autorités des villes n'ayant pas de chauffage à distance devraient pouvoir vérifier en première approximation sur la base de cette étude si les conditions locales se prêtent à un tel mode de chauffage aux points de vue technique et économique. Dans chaque cas particulier, l'examen plus approfondi de la situation locale doit faire l'objet d'une étude spéciale de la part des autorités locales.

De plus, l'étude devrait montrer les possibilités à plus ou moins brève échéance, de raccorder un réseau de chauffage à une grande centrale électrique située en dehors de la ville.

La population devait également être mieux orientée sur les problèmes du chauffage à distance.

Enfin, cette étude représente une importante contribution au programme de travail de la Commission fédérale des rejets thermiques, formée en mars 1971, chargée de l'examen de tous les aspects fondamentaux en relation avec les rejets thermiques à l'environnement. Cette commission établira un jugement sur les différents modes de chauffage à distance mentionnés dans cette étude du point de vue de la protection de l'environnement.

2. Généralités sur le chauffage à distance

2.1 Bases

Dans le chauffage à distance, la chaleur nécessaire au chauffage des locaux, à la préparation d'eau chaude, aux hôpitaux, aux besoins industriels et artisanaux est produite dans une centrale et distribuée aux utilisateurs par un réseau d'eau surchauffée ou de vapeur.

Le chaleur est produite soit dans une *centrale de chauffe*, qui ne produit que de la chaleur, soit dans une *centrale chaleur-force*, qui transforme en plus une partie de l'énergie

strie und Gewerbe benötigt wird, in einer Zentrale erzeugt und den Verbrauchern über ein Verteilnetz in Form von Heisswasser oder Dampf zugeführt.

Die Wärmeerzeugung erfolgt entweder in *Heizwerken*, in denen nur Wärme erzeugt wird, oder in *Heizkraftwerken*, die zusätzlich einen Teil der im Brennstoff enthaltenen Energie in Elektrizität umwandeln. Dabei ist die Erzeugung von thermischer und elektrischer Energie voneinander abhängig. In welchem Verhältnis bei dieser Wärmekraftkopplung elektrische und thermische Energie erzeugt wird, hängt von der Anlageart (Gegendruckdampfturbine, Entnahmekondensationsturbinen, Gasturbinen usw.) und vom gewünschten Temperaturniveau der nutzbar abgegebenen Wärme ab. Je enger die Kopplung ist, desto mehr steigt die Ausnutzung der im Brennstoff enthaltenen Energie. Sie erreicht ihr Optimum bei vollständiger Wärmekraftkopplung, bei der dann die Erzeugung der elektrischen Energie direkt von der jeweiligen Erzeugung thermischer Energie abhängig ist. Diese Verbesserung der Brennstoffausnutzung ist ein wesentlicher Vorteil der Städtefernheizung.

Zur Verteilung der erzeugten Wärme wird ausser Verteilzentralen und Hausstationen ein ausgedehntes Leitungsnetz benötigt. Dessen Erstellung ist mit relativ grossen Kosten und Zeitbedarf verbunden. Die Leitungsführung erfolgt grösstenteils im öffentlichen Grund und benötigt eine sorgfältige Planung sowie eine Koordination mit den übrigen Elementen der städtischen Infrastruktur. Die örtlichen Verhältnisse können die Kosten stark beeinflussen (Feld, Leitungskanäle, Korrosionsverhütung usw.).

Die in der Schweiz bestehenden Fernheizungen werden zurzeit, abgesehen von den Kehrlichtverbrennungsanlagen, mit Öl betrieben. Die generellen Vorteile dieser Lösung gegenüber der ölgefeuerten Einzelgebäudeheizung in bezug auf den Umweltschutz sind:

- Verbrennung mit höherem Wirkungsgrad in technisch hochentwickelten Anlagen.
- Der Ausstoss von Asche und unverbranntem Brennstoff wird dank ständiger Kontrolle durch Fachpersonal mit Hilfe wirksamer Rauchgasfilter weitgehend vermieden.
- Eine grosse Zahl von Kaminen auf Dachhöhe wird durch einen Hochkamin ersetzt, der eine bessere Verdünnung der Emissionen sicherstellt.
- Durch die Reduktion der Zahl der Tankanlagen und der damit verbundenen Ölümschläge sowie der Kontrolle durch Fachpersonal wird die Gefahr von Ölunfällen wesentlich reduziert.

2.2 Wahl der Energieträger und der Wärmeerzeugungsanlagen

Die Wahl der Energieträger und der Anlagearten zur Wärmeerzeugung erfolgte aus der Grundmotivation der Studie, nämlich aus der Forderung nach Verbesserung der Verhältnisse in bezug auf den Schutz der Umwelt und auf die Sicherheit der Brennstoffversorgung, indem auch Energieträger berücksichtigt werden, die zurzeit in schweizerischen Verhältnissen nur eine geringe Bedeutung haben, in Zukunft aber eine vermehrte Bedeutung haben können. Zudem sollten die untersuchten Energieträger in den nächsten Jahrzehnten einen bedeutenden Anteil der schweizerischen Wärmebedürfnisse decken können.

contenue dans le combustible en électricité, les productions d'énergies calorifique et électrique dépendant l'une de l'autre. Le rapport des énergies électrique et calorifique obtenues dans ce couplage chaleur-force dépend du type de l'installation (turbine à vapeur à contre-pression, turbine à condensation et à soutirage, turbine à gaz, etc.) et du niveau de température désiré pour la chaleur utile. Un couplage étroit améliore l'utilisation de l'énergie du combustible, qui atteint sa valeur optimale dans le cas d'un couplage chaleur-force rigide, où la production d'énergie électrique dépend directement de la production momentanée d'énergie calorifique. Cette amélioration de l'utilisation du combustible est l'un des avantages essentiels du chauffage à distance.

La distribution de la chaleur produite requiert une centrale de distribution, des installations chez les abonnés et un réseau étendu de conduites. La construction de ce réseau demande relativement beaucoup de temps et d'argent. Le tracé suit généralement la voie publique, requiert une étude détaillée et une bonne coordination avec les autres éléments de l'infrastructure urbaine. Les conditions locales ont une grande influence sur les coûts (terrain, caniveaux pour les conduites, protection contre la corrosion, etc.).

Les chauffages à distance exploités en Suisse utilisent le mazout, à l'exception des installations d'incinération des ordures. Les avantages au point de vue écologique présentés par ce mode de chauffage par rapport au chauffage individuel au mazout sont les suivants:

- Une combustion à plus haut rendement dans des installations d'un niveau technique élevé.
- Le rejet de cendres et d'imbrûlés est presque complètement éliminé au moyen de filtres efficaces et grâce à un contrôle permanent de personnel qualifié.
- Un grand nombre de cheminées au ras des toits sont remplacées par une seule cheminée très haute, qui assure une meilleure dilution des émissions.
- La réduction du nombre de réservoirs et du nombre de transvasement de mazout, ainsi que le contrôle de la part de personnel qualifié, diminuent notablement le danger d'accidents dus au mazout.

2.2 Choix de l'agent énergétique et des installations de production de chaleur

Les choix des agents énergétiques et des types d'installations de production de chaleur résultent du motif de l'étude, c'est-à-dire de l'exigence d'une amélioration de la protection de l'environnement et de la sécurité de l'approvisionnement en combustible. A cet égard, on a aussi considéré des agents énergétiques dont l'importance aujourd'hui n'est que minime en Suisse, mais qui pourrait s'accroître. En outre, l'étude se limite à des agents énergétiques capables de couvrir une part importante de la demande de chaleur en Suisse dans les prochaines décennies.

Ainsi, le chauffage à distance au moyen de chaudières électriques à grande puissance n'a pas été étudié vu que l'énergie électrique requise à cet effet n'est pas disponible pendant le semestre d'hiver.

Afin de limiter le volume de l'étude, on n'a considéré que les types d'installations ayant fait leurs preuves aux points de vue technique et économique ou ne nécessitant qu'un travail de développement modeste.

In diesem Sinne wurde der Betrieb von Fernheizwerken mit Elektrokesseln grosser Leistung nicht in Betracht gezogen, da die hierfür notwendige elektrische Energie im Winterhalbjahr nicht zur Verfügung steht.

Um die Studie in einem tragbaren Umfang zu halten, wurden ferner nur diejenigen Anlagearten untersucht, die sich technisch und wirtschaftlich bewährt haben oder nur wenig Entwicklungsarbeit benötigen.

2.2.1 Energieträger

Die obgenannten Forderungen führen auf die Energieträger Heizöl, Gas und Kernbrennstoffe.

2.2.1.1 Heizöl

Die ölgefeuerte Einzelgebäudeheizung ist die am weitesten verbreitete Heizungsart in der Schweiz. Ein Übergang zur ölbetriebenen Städtefernheizung durch reine Heizwerke und Heizkraftwerke sollte vom Standpunkt der Luftverschmutzung der Städte aus angestrebt und gefördert werden.

Als Brennstoff wird in Fernheizzentralen normalerweise Schweröl verwendet, dessen mittlerer Schwefelgehalt bei 1 bis 2 % liegt. Der Durchschnittswert des Schwefelgehaltes des verfeuerten Schweröls hat sich in den letzten Jahren reduziert und betrug im Jahre 1972 1,27 %. Schweres Heizöl mit einem Schwefelgehalt von unter 1 % ist vorerst in beschränkter Menge auf dem Markt erhältlich. Zudem kann die Umstellung auf Brennstoffe mit noch geringerem Schwefelgehalt, wie Leichtöl oder Gas, vorgenommen werden, falls die Verhältnisse dies erfordern.

Im Jahre 1972 deckte das Heizöl 53,5 % des gesamten schweizerischen Rohenergieverbrauchs und den überwiegenden Anteil der Bedürfnisse für Raumheizung. Es wird noch für lange Zeit eine wichtige Rolle in der schweizerischen Wärmewirtschaft spielen.

Die Erschöpfung der natürlichen Ölvorräte ist nicht leicht vorauszusagen, denn es werden weltweit immer neue Erdölfelder entdeckt. Zudem sind die bekannten Ölfelder nur etwa zu 35 % entölt worden. Unter Berücksichtigung der bis heute aus wirtschaftlichen Gründen nicht genützten Ölschiefer und Teersande werden die Vorräte während der nächsten Jahrzehnte den weiterhin wachsenden Bedarf decken können.

Versuche, Ölvorkommen im eigenen Lande zu finden, haben bis jetzt zu keinem Erfolg geführt, werden jedoch fortgesetzt. Neben Untersuchungen im schweizerischen Mittelland wird nun ebenfalls dem Jura Interesse entgegengebracht.

Die Versorgung der Schweiz mit Heizöl erfolgt über verschiedene Wege, nämlich durch Rohrleitungen und per Schiffs-, Bahn- und Strassentransporte.

Die in den beiden schweizerischen Raffinerien Collombey und Cressier erzeugten schweren Heizöle decken derzeit etwa 68 % des Gesamtverbrauches, die leichten Heizöle aber nur 31 %. Aus Gründen der Sicherheit der Landesversorgung wäre es wünschenswert, diese Anteile zu erhöhen.

Einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung der Versorgung bilden die grossen Tanklager, einmal unter dem Gesichtspunkt einer geplanten Kriegsvorsorge, dann aber auch einer Pufferfunktion zwischen Einfuhr und Verbrauch.

Gemäss Bundesgesetz über die wirtschaftliche Kriegsvorsorge vom 30. September 1955 müssen die Importeure von

2.2.1 Agents énergétiques

Les exigences formulées ci-dessus mènent à l'examen du mazout, du gaz et des combustibles nucléaires.

2.2.1.1 Mazout

Le chauffage individuel au mazout est le mode de chauffage le plus répandu en Suisse. Au point de vue de la pollution de l'air dans les villes, il est désirable de passer au chauffage à distance utilisant du mazout dans des centrales de chauffe et des centrales chaleur-force; une telle transition doit être encouragée.

Les centrales de chauffage à distance utilisent normalement de l'huile lourde contenant une moyenne de 1 à 2 % de soufre. La valeur moyenne de la teneur en soufre des huiles lourdes utilisées a diminué ces dernières années, elle était de 1,27 % en 1972. On trouve sur le marché une quantité limitée d'huiles lourdes contenant moins de 1 % de soufre. Il est possible de substituer d'autres combustibles contenant encore moins de soufre, tels que l'huile légère ou le gaz, si la situation l'exige.

En 1972, le mazout a couvert 53,5 % de l'énergie brute demandée en Suisse et la partie prédominante des besoins du chauffage des locaux. Il continuera encore à jouer un rôle important dans l'économie énergétique suisse pendant longtemps.

Il est difficile de prédire l'épuisement des réserves naturelles de pétrole, car on découvre toujours de nouveaux champs de pétrole dans le monde entier. De plus, seul environ le tiers du contenu des champs pétrolifères connus a été extrait à ce jour. En tenant compte des schistes et des sables bitumineux qui n'ont pas encore été utilisés jusqu'à présent pour des raisons économiques, les réserves seront à même de couvrir les besoins croissants pendant plusieurs décennies.

Les recherches de pétrole dans notre pays n'ont pas encore été couronnées de succès, mais elles continuent. En plus des tentatives entreprises dans le Plateau, on note maintenant également un intérêt pour le Jura.

L'approvisionnement de la Suisse en mazout s'effectue par différentes voies: par conduites, par les voies maritime, ferroviaire et routière.

Les huiles lourdes produites dans les deux raffineries suisses de Collombey et de Cressier couvrent à présent environ 68 % de la demande globale; les huiles légères, 31 % seulement. Il est souhaitable d'augmenter ces proportions pour des raisons de sécurité d'approvisionnement.

Les grands parcs de stockage contribuent essentiellement à la sécurité de l'approvisionnement, d'une part au point de vue de la défense nationale économique et d'autre part comme accumulateurs entre l'importation et l'utilisation.

La loi fédérale sur la défense nationale économique du 30 septembre 1955 oblige les importateurs de combustibles et de carburants liquides de maintenir un stock obligatoire qui doit correspondre aujourd'hui à la moitié d'une demande annuelle. Commerçants et utilisateurs peuvent également maintenir des stocks. Le coût du stockage du mazout est en principe inclus dans le prix du mazout.

A l'étranger, on a utilisé avec succès des cavernes dans le roc ou des salines pour emmagasiner de grandes quantités d'hydrocarbures liquides. Afin d'étudier ce problème en Suisse, on a formé en août 1972 un «consortium de stockage

flüssigen Brenn- und Treibstoffen ein Pflichtlager halten, das derzeit einem Halbjahresbedarf entsprechen muss. Händler und Verbraucher können ebenfalls Pflichtlager halten. Die Kosten der Pflichtlagerhaltung für Heizöl sind demnach grundsätzlich im Heizölpreis inbegriffen.

Für die Speicherung grösserer Mengen von flüssigen Kohlenwasserstoffen haben sich im Ausland Fels- und Salzkavernen bewährt. Zur Abklärung dieses Problems für die Schweiz wurde im August 1972 ein «Studienkonsortium Untertagespeicher» gegründet, welches die Lagerungsmöglichkeiten von Erdöl, Gas und nuklearen Abfällen in der Schweiz prüft.

2.2.1.2 Gas

Gas gewinnt in Europa ständig an Bedeutung, seitdem grosse Erdgasvorkommen in Nordeuropa und in der Nordsee gefunden wurden und der Zugang zu weiteren aussereuropäischen Erdgasquellen der Realisation entgegengeht. Es ist zu erwarten, dass der Energiebezug der Schweiz in Form von Gas bis gegen Ende dieses Jahrhunderts von etwa über 1 % im jetzigen Zeitpunkt auf etwa 10 % des gesamten Energiebedarfes steigen könnte. Damit kann ein beschränkter, doch immerhin nicht unwesentlicher Beitrag an die schweizerische Wärmewirtschaft geleistet werden. Zudem kann das Gas dank seiner Umweltfreundlichkeit auch zur Verbesserung der Lufthygiene in den Städten beitragen.

Es wurde bereits erwähnt, dass die Einzelgebäudeheizungen mit Gas und Elektrizität Gegenstand einer gesonderten Studie bilden. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung über die Städtefernheizung wurde Gas in dem Sinne berücksichtigt, dass Heizwerke und Heizkraftwerke für einen wahlweisen Betrieb mit Gas oder Heizöl ausgerüstet werden können.

Zur Erhöhung der Ausnutzungsdauer des Gasbezuges kann jedoch zur Deckung des Wärmebedarfes bei tiefen Aussentemperaturen auch Heizöl herangezogen werden.

Allfällige Unterbrüche in den Gaszulieferungen können kurzfristig entweder über die Behälter der Werke und/oder durch Entnahme aus den Transportleitungen durch Reduktion des Druckes gedeckt werden.

Für den Ausgleich saisonaler Spitzen und für die Kriegsvorsorge kommt neben der Speicherung in porösen Gesteinschichten die Lagerung des Gases in flüssiger Form bei einer Temperatur von -161°C in Frage, wobei sich das Volumen bei gleichem Energieinhalt auf $1/600$ reduziert.

Der Delegierte für wirtschaftliche Kriegsvorsorge hat vorläufig für die Gaswirtschaft in bezug auf die Pflichtlagerhaltung ab 1978 eine analoge Regelung wie für die flüssigen Brenn- und Treibstoffe angeordnet, wobei ein schrittweiser Aufbau des Lagers bis zu einem Halbjahresbedarf angestrebt wird. Die Gaswerke haben demnach für ihre Verbraucher die Pflichtlagerhaltung zu übernehmen und die entsprechenden Kosten – wie beim Heizöl – in den Gaspreis einzurechnen. Eine Regelung der Pflichtlagerhaltung für industrielle Grossbezügler wird ausgearbeitet.

2.2.1.3 Kernbrennstoffe

Eine im Hinblick auf die Sicherheit der Brennstoffversorgung willkommene Möglichkeit zur Diversifikation der Brennstoffe besteht in der Verwendung der Kernenergie zur Erzeugung von Heizwärme. Dies kann durch den Einsatz

souterrain», qui étudie les possibilités de stockage de mazout, de gaz et de déchets radioactifs en Suisse.

2.2.1.2 Gaz

Depuis que d'importants gisements de gaz ont été découverts dans le Nord de l'Europe et dans la mer du Nord et que l'accès à des sources de gaz extra-européennes approche de sa réalisation, le gaz prend de plus en plus d'importance en Europe. On peut s'attendre à ce que la part de l'approvisionnement de la Suisse en énergie sous la forme de gaz augmente de sa valeur présente d'un peu plus d'un pour cent à environ 10 % de la demande globale jusqu'à la fin de ce siècle. Ceci est une contribution limitée mais non négligeable à la couverture des besoins de combustible en Suisse. De plus, l'usage du gaz, qui est un combustible propre, diminue la pollution de l'air dans les villes.

On a déjà mentionné le fait que le chauffage individuel au gaz et à l'électricité font l'objet d'une étude séparée. Dans la présente étude, on considère le gaz du fait que les centrales de chauffe et les centrales chaleur-force peuvent être équipées pour utiliser à choix soit du mazout, soit du gaz.

Afin, d'améliorer la durée d'utilisation du gaz, il est possible de couvrir par du mazout le complément de chaleur demandée quand la température extérieure est basse.

On peut surmonter de brèves interruptions éventuelles de l'approvisionnement en gaz en utilisant soit les réservoirs des centrales, soit le gaz contenu dans les gazoducs en réduisant la pression de ces derniers.

Afin d'égaliser les pointes saisonnières ou en vue de la défense nationale économique, il est possible de stocker le gaz dans des couches poreuses ou sous forme liquide à une température de -161°C . La liquéfaction diminue le volume, à énergie égale, à $1/600$ de sa valeur initiale.

Le délégué à la défense nationale économique a provisoirement fixé, à partir de 1978, pour l'économie du gaz, une réglementation concernant les stocks obligatoires analogue à celle existant pour les combustibles et carburants liquides, prévoyant un accroissement par étapes du stockage jusqu'à la moitié de la demande annuelle. Les usines à gaz doivent donc assurer le stockage obligatoire pour leurs clients et inclure les coûts correspondants dans le prix du gaz, ainsi que cela se fait pour le mazout. Une réglementation des stocks obligatoires à l'usage des grands consommateurs industriels est en préparation.

2.2.1.3 Combustibles nucléaires

L'emploi de l'énergie nucléaire à des fins de chauffage représente une possibilité de diversification bienvenue au point de vue de la sécurité de l'approvisionnement en combustible. Ceci peut être réalisé par l'utilisation de réacteurs nucléaires dans des centrales chaleur-force au par l'utilisation partielle de l'énergie calorifique extraite de grandes centrales nucléaires.

En Suisse, on construit aujourd'hui surtout des réacteurs à eau légère, bien que des réacteurs à haute température soient également à l'étude. Les réacteurs surgénérateurs ou à fusion ne pourront remplacer les systèmes utilisés aujourd'hui que dans les décennies à venir.

On utilise comme combustible dans les réacteurs à eau légère de l'oxyde d'uranium légèrement enrichi qu'on ne peut obtenir aujourd'hui en quantités importantes qu'aux Etats-

von Kernreaktoren in Heizkraftwerken oder durch teilweise Verwertung der Wärme grosser Kernkraftwerke verwirklicht werden.

Heute werden in der Schweiz vorwiegend Leichtwasserreaktoren erstellt, aber auch Hochtemperaturreaktoren projektiert. Brutreaktoren und Kernfusionsreaktoren werden erst in den nächsten Jahrzehnten die heutigen Systeme ablösen können.

Leichtwasserreaktoren benötigen als Brennstoff leicht angereichertes Uranoxid, welches in grösserem Umfang heute noch ausschliesslich von den USA bezogen wird. Es sind jedoch Anstrengungen für die Erstellung leistungsfähiger europäischer Anreicherungsanlagen im Gange. Ferner sind Bestrebungen im Gange, angereichertes Uranoxid aus sowjetischen Anlagen beziehen zu können.

Beim Betrieb von Kernreaktoren entsteht keine Rauchgasabgabe. Dafür ist mit der Abgabe von sehr geringen Mengen radioaktiver Stoffe zu rechnen. Die ständig kontrollierten Sicherheitsmassnahmen sind aber so ausgelegt, dass die Verbreitung der Radioaktivität sowohl während des Normalbetriebes als auch bei Störungen auf ein Niveau beschränkt bleibt, das weit unter dem natürlichen Strahlungspegel und somit auch unter der für die menschliche Gesundheit zulässigen Grenze liegt.

Die Lagerung der radioaktiven Abfälle ist ständigen Kontrollen unterworfen. Die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA) befasst sich im Rahmen des bereits erwähnten Konsortiums Untertagespeicher mit der Erforschung von Lagerstätten in geeigneten geologischen Schichten.

Die Lagerung von Brennstoff für den Betrieb von Kernreaktoren benötigt im Vergleich zu Heizöl oder Gas äusserst wenig Raum. Zudem genügt die Brennstoffcharge eines Reaktors für einen mehr als einjährigen Betrieb der Anlage. Es ist vorgesehen, die Elektrizitätsgesellschaften, die Kernkraftwerke betreiben, anzuhalten, genügend Brennstoff auf Vorrat zu lagern, um einen mehrjährigen Betrieb der Anlage ohne Nachschub von Uran aufrechterhalten zu können.

2.2.1.4 Weitere Energieträger

Die eingangs erwähnten Forderungen für die Wahl der Energieträger haben zur Ausschaltung der Kohle, des Holzes, der Sonnenenergie und anderer vorstellbarer Energiequellen geführt.

2.2.1.4.1 Kohle

Die Kohle einschliesslich Koks sind von der beherrschenden Stellung, welche sie bis zum letzten Weltkrieg innehatten, fast zur Bedeutungslosigkeit herabgesunken, da sie, insbesondere für die Einzelgebäudeheizung, einen grösseren Aufwand für die Verteilung und die Wartung im Betrieb benötigen, wesentlich mehr Asche, Rauch und Staub bilden und in den vergangenen Jahren erheblich teurer als Heizöl waren. Die noch vorhandenen enormen Weltvorräte an Kohle dürften in weiterer Zukunft wieder an Bedeutung gewinnen, insbesondere dann, wenn preislich konkurrenzfähige Verfahren zur Verflüssigung und Vergasung der Kohle in grossem Maßstab vorliegen.

2.2.1.4.2 Brennholz, Torf

Das Brennholz spielt heute in der Schweiz praktisch keine Rolle mehr, vorwiegend aus Gründen der Bequemlichkeit

Unis. On entreprend toutefois des efforts en Europe en vue de la construction d'importantes installations d'enrichissement. De plus, on s'efforce d'obtenir de l'oxyde d'uranium enrichi provenant d'installations soviétiques.

Les réacteurs nucléaires n'émettent pas de fumées, mais ils rejettent de très faibles quantités de substances radioactives. Les mesures de sécurité sont contrôlées en permanence et établies de façon à maintenir la dispersion de radioactivité à un niveau bien inférieur à celui du rayonnement naturel, ceci aussi bien en exploitation normale qu'en cas de dérangement. La sollicitation radiologique due aux réacteurs nucléaires est ainsi bien inférieure à la limite acceptable en vue de la protection de la santé publique.

Le stockage de résidus radioactifs est soumis à des contrôles permanents. La société coopérative nationale pour l'entreposage des déchets radioactifs (CEDRA) s'occupe, dans le cadre du consortium du stockage souterrain déjà mentionné, de la recherche de sites dans des couches géologiques appropriées.

L'encombrement du stockage de combustible pour l'exploitation de réacteurs nucléaires est minime en comparaison avec celui du mazout ou du gaz. De plus, la charge de combustible d'un réacteur suffit à l'exploitation de l'installation pendant plus d'une année. Il est prévu d'exiger des sociétés d'électricité qui exploitent des centrales nucléaires de stocker assez de combustible pour assurer l'exploitation des installations pendant plusieurs années sans approvisionnement en uranium.

2.2.1.4 Autres agents énergétiques

Les exigences formulées ci-dessus quant au choix des agents énergétiques ont éliminé le charbon, le bois, l'énergie solaire et d'autres agents énergétiques imaginables.

2.2.1.4.1 Charbon

Le charbon et le coke, qui occupaient une position dominante jusqu'à la dernière guerre mondiale, sont réduits aujourd'hui à un rôle insignifiant, du fait que la distribution et l'exploitation sont plus compliqués, surtout pour des installations de chauffage individuel. De plus, le charbon et le coke produisent bien plus de cendres, de suie et de poussière; en outre, ils étaient d'un prix nettement plus élevé que le mazout ces dernières années. Les énormes réserves mondiales de charbon vont probablement de nouveau prendre une importance accrue, ceci surtout quand des procédés économiquement concurrentiels pour la liquéfaction et la gazéification du charbon auront été développés à l'échelle industrielle.

2.2.1.4.2 Bois, tourbe

Le bois ne joue aujourd'hui pratiquement plus aucun rôle en tant que combustible en Suisse, surtout pour des raisons de confort et d'économie. Il ne faut toutefois pas ignorer le fait que le bois indigène pourrait couvrir une petite part des besoins de combustible en cas d'effondrement de l'approvisionnement en combustible de l'étranger. Il en est de même pour les tourbes indigènes.

2.2.1.4.3 Energie solaire

L'utilisation de l'énergie solaire est examinée dans des études toujours plus poussées, plusieurs procédés de transformation et de transport de l'énergie étant en discussion. Ces examens montrent la nécessité d'un énorme travail de déve-

und der Wirtschaftlichkeit. Es darf aber nicht übersehen werden, dass das inländische Holz im Falle eines Zusammenbruches der Brennstoffversorgung aus dem Ausland wenigstens einen kleinen Teil des Brennstoffbedarfes decken könnte. Ähnliche Überlegungen gelten für die inländischen Torfvorkommen.

2.2.1.4.3 Sonnenenergie

Die Nutzbarmachung der Sonnenenergie wird durch immer umfassendere Projektstudien geprüft, wobei mehrere Verfahren der Energieumwandlung und des Energietransportes diskutiert werden. Diese Untersuchungen zeigen, dass noch eine gewaltige Entwicklungsarbeit durchgeführt werden muss, entweder um eine technische Lösung zu erarbeiten oder um sie in einem tragbaren wirtschaftlichen Rahmen zu halten. Es ist zudem zu bemerken, dass Dauer und Intensität der Sonneneinstrahlung in der Schweiz sehr bescheiden sind, weshalb sich ein Heizsystem kaum auf Sonnenenergie allein stützen wird. Ferner sind die Eingriffe der Sonnenkraftwerke auf die Umwelt nicht zu unterschätzen, weil sie unter anderem riesige Flächen zum Einfangen der Sonnenenergie benötigen.

2.2.1.4.4 Geothermische Energie

Die jetzt schon angewandte Methode der Energiegewinnung aus der Bodenwärme setzt das Vorhandensein von vulkanischer Restwärme und somit von vulkanischen Regionen voraus. Sie hat deshalb für die Schweiz praktisch keine Bedeutung.

2.2.2 Wärmeerzeugungsanlagen

Als Anlagearten zur Wärmeerzeugung wurden neben dem weitverbreiteten reinen Heizwerk verschiedene Varianten von Heizkraftwerken gewählt sowie grosse konventionell- oder nuklearthermische Kraftwerke mit teilweiser Verwertung der Wärmeenergie für Heizzwecke.

Als Wärmeerzeugungsanlagen in Heizkraftwerken können im Prinzip alle Aggregattypen verwendet werden, die sich für thermische Kraftwerke eignen. In der vorliegenden Studie wurden nur in der Praxis bewährte Anlagearten untersucht. Es handelt sich dabei um verschiedene Ausführungen von Dampfturbinen- und Gasturbinenprozessen. Die Untersuchungen erstrecken sich ferner auf fossile und nukleare Brennstoffe. Innerhalb dieses Rahmens steht noch eine grosse Zahl von Auslegungsmöglichkeiten offen, die sich durch deren Schaltung und Prozessdaten unterscheiden. Aus dieser Auswahl wurden für die vorliegende Studie sechs typische Prozesse gewählt.

Bei der teilweisen Verwertung der Wärme aus einem grossen konventionell- oder nuklearthermischen Kraftwerk wird Dampf aus der Turbine auf dem benötigten Temperaturniveau (120 bis 180 °C) entnommen und dessen Energie über Wärmeaustauscher an das Verteilnetz abgegeben. Bei Kernkraftwerken ist diese Lösung noch nicht zur Anwendung gekommen, jedoch gibt es zahlreiche ausführungsfähige Projekte.

2.2.3 Wärmepumpen

Unter Zufuhr von mechanischer Arbeit entnehmen Wärmepumpen der Umgebung (Luft oder Wasser) Wärme

loupement aussi bien pour trouver une solution technique que pour la rendre économiquement acceptable. De plus, il faut remarquer qu'en Suisse, la durée et l'intensité de l'insolation sont très modestes, de sorte que le chauffage ne pourra vraisemblablement pas se baser exclusivement sur l'énergie solaire. Il ne faut pas non plus sous-estimer les effets de centrales solaires sur l'environnement, vu que le captage de l'énergie solaire nécessite des surfaces énormes.

2.2.1.4.4 Energie géothermique

Les méthodes présentement utilisées de production d'énergie à partir de la chaleur terrestre présupposent la présence de chaleur résiduelle volcanique, donc de régions volcaniques. Il s'ensuit que ces méthodes n'ont pratiquement aucune importance en Suisse.

2.2.2 Installations de production de chaleur

On a choisi les types suivants d'installations de production de chaleur: centrales de chauffe, différentes variantes de centrales chaleur-force et grandes centrales thermiques à la base de combustibles fossiles ou nucléaires avec utilisation partielle de l'énergie calorifique à des fins de chauffage.

Tous les types d'installations que l'on trouve dans des usines thermiques peuvent en principe être installées dans les centrales chaleur-force. La présente étude est limitée aux installations ayant fait leurs preuves dans la pratique, c'est-à-dire à différents types de cycles à vapeur et à gaz utilisant des combustibles fossiles ou nucléaires. Parmi le grand nombre de possibilités différant par le schéma ou les caractéristiques du procédé, on a choisi six cycles typiques.

L'utilisation partielle de l'énergie calorifique de grandes centrales thermiques à base de combustibles fossiles ou nucléaires consiste à soutirer de la vapeur de la turbine au niveau de température requis (120 à 180 °C) et de transmettre son énergie au réseau de distribution dans des échangeurs de chaleur. On n'a pas encore réalisé cette solution dans des centrales nucléaires, bien que de nombreux projets soient prêts à être exécutés.

2.2.3 Pompes à chaleur

Les pompes à chaleur extraient de la chaleur de l'environnement (de l'air ou de l'eau) et la rejettent à un niveau de température plus élevé au moyen de l'apport d'énergie mécanique.

Aux températures normalement utilisées pour le chauffage des locaux, l'énergie calorifique utile peut atteindre le double ou le triple de l'énergie mécanique requise. A première vue, le bilan énergétique des pompes à chaleur paraît donc très avantageux. Si on utilise de l'énergie électrique produite dans des centrales thermiques pour entraîner des pompes à chaleur, le bilan énergétique devient nettement moins attractif. A cause du rendement limité des centrales thermiques, 2,5 à 3,3 unités d'énergie de combustible sont requises pour la production d'une unité d'énergie électrique utile. Il s'en suit que 70 à 120 % seulement de l'énergie de combustible peuvent être utilisés sous forme calorifique dans une pompe à chaleur consommant de l'électricité produite dans une centrale thermique.

L'expérience acquise en Suisse avec les pompes à chaleur montre en outre qu'aujourd'hui ce système n'est économique qu'à des niveaux de température bas (utilisés p. ex. pour des

und geben diese auf einem höheren Temperaturniveau wieder ab.

Da die nutzbare Wärmeenergie bei den für Raumheizwecke üblichen Temperaturen das Zwei- bis Dreifache des Energieaufwandes betragen kann, weisen die Wärmepumpen auf den ersten Blick eine sehr vorteilhafte Energiebilanz auf. Wenn elektrische Energie aus thermischen Kraftwerken zum Betrieb der Wärmepumpen herangezogen wird, ist die Energiebilanz bedeutend weniger attraktiv. Wegen des beschränkten Wirkungsgrades thermischer Kraftwerke müssen für 1 nutzbare Energieeinheit 2,5 bis 3,3 Einheiten aufgebracht werden. Deshalb kann aus 1 Energieeinheit, mit der zuerst elektrische Energie erzeugt wird, über die Wärmepumpen unter diesen Annahmen nur etwa 70 bis 120 % gewonnen werden.

Zudem ist aus den in der Schweiz mit Wärmepumpen gewonnenen Erfahrungen bekannt, dass sich mit diesem System nur die Erzeugung von Wärme auf niedrigem Temperaturniveau (wie z. B. für Schwimmbäder oder Treibhäuser) heute als wirtschaftlich erweist. Wärme bei höheren Temperaturen, wie sie für den Betrieb einer Raumheizungsanlage benötigt wird, ist zurzeit zu teuer. Der Grund dazu liegt vor allem in den grossen spezifischen Investitionskosten.

Deshalb wurde im Rahmen dieser Studie auf eine eingehende Behandlung der Wärmepumpe verzichtet. Da aber diese Heizart in Zukunft eine vermehrte Bedeutung erlangen könnte, wurden deren Aussichten kurz abgeschätzt.

3. Schlussfolgerungen

3.1 Allgemeines

Die Fernheizung weist gegenüber der Einzelgebäudeheizung zahlreiche, namentlich ökologische Vorteile auf. Ihre möglichst weitgehende Verbreitung, insbesondere in grösseren Siedlungsgebieten, sollte zielbewusst angestrebt und gefördert werden.

Die technischen Möglichkeiten würden es erlauben, einen beträchtlichen Teil des Heizwärmebedarfes der Schweiz mit Fernwärme zu decken.

Sowohl für die Wärmeverteilung als auch für die Wärmeerzeugung bieten sich zahlreiche, in der Praxis bewährte Ausführungsformen an, deren Wahl von Fall zu Fall den Verhältnissen entsprechend getroffen werden muss. Auch die Verwertung von Kernenergie zu Heizzwecken ist technisch möglich, heute allerdings nur dann wirtschaftlich, wenn ein bereits bestehendes Fernheiznetz an ein nicht allzuweit entferntes Kernkraftwerk angeschlossen werden kann.

Eine Schwierigkeit bei der Durchführung der Fernwärmerversorgung liegt darin, dass in der Anfangsphase des Aufbaues grosse Investitionen erforderlich sind, so dass die Eigenwirtschaftlichkeit auch unter günstigsten Verhältnissen erst nach Jahren erreicht werden kann, wenn sich der Wärmeabsatz mit zunehmender Zahl der Anschlüsse genügend entwickelt hat. Die Fernheizung stellt deshalb eine langfristige Aufgabe dar, welche eine vorsorgliche und umfassende Planung erfordert.

Die Frage, unter welchen Umständen sich die Fernheizung im Vergleich zur Einzelgebäudeheizung auf lange Sicht in wirtschaftlicher Hinsicht vertretbar oder vorteilhaft erweist, kann nicht generell beantwortet werden. Verschiedene nachfolgend dargelegte Einflüsse sind in empfindlicher Weise wirksam.

piscines ou des serres). La chaleur demandée aux plus hautes températures nécessaires au chauffage des locaux est présentement trop chère, ceci avant tout à cause des frais d'investissement spécifiques très élevés.

La présente étude ne traite donc pas en détail de la pompe à chaleur. Les perspectives de ce mode de chauffage ont toutefois été esquissées vu le fait qu'il pourrait croître en importance dans l'avenir.

3. Conclusions de la partie technique

3.1 Généralités

Le chauffage à distance offre de nombreux avantages, en particulier d'ordre écologique, par rapport au chauffage individuel. Une large application de ce mode de chauffage est désirable, surtout dans les grandes agglomérations. La diffusion du chauffage à distance doit être encouragée et activement poursuivie.

Au point de vue technique, il est possible de couvrir par le chauffage à distance une part considérable des besoins calorifiques à des fins de chauffage de la Suisse.

Il dispose de nombreuses solutions ayant fait leurs preuves et pour la distribution et pour la production de chaleur. Leur choix dépend des conditions particulières de chaque cas d'espèce. L'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins de chauffage est également possible au point de vue technique, bien qu'aujourd'hui cette utilisation ne soit économique que si un réseau existant peut être raccordé à une centrale nucléaire pas trop éloignée.

L'une des difficultés que présente la réalisation d'installations de chauffage à distance est constituée par le fait que les investissements sont très importants dès l'abord. Il s'en suit que ces installations ne deviennent rentables, même dans des conditions favorables, qu'au bout d'un certain nombre d'années, après que la chaleur demandée et le nombre de raccordements se soient suffisamment développés. Le chauffage à distance constitue donc une tâche à longue échéance qui doit être étudié avec prévoyance et dans tous les détails.

On ne peut pas dire de façon générale dans quelles circonstances le chauffage à distance est économiquement justifiable ou avantageux à long terme par rapport au chauffage individuel. Plusieurs facteurs discutés ci-dessous exercent une influence sensible.

L'étude d'une installation de chauffage à distance doit donc être entreprise dans chaque cas d'espèce en tenant compte des conditions particulières.

3.2 Facteurs influençant le prix de revient de la chaleur

Bien que les résultats des exemples numériques ne soient valables que dans des cas particuliers, on peut en déduire dans les conditions suisses de nombreuses informations de caractère général. Les conclusions les plus importantes sont discutées et résumées ci-après.

L'influence des différents paramètres étudiés dans le rapport sur le prix de revient de la chaleur dans le chauffage à distance est très diverse. Les paramètres dont l'influence est la plus forte dans le domaine étudié sont:

- la puissance calorifique nominale (grandeur de la région desservie);
- le genre de l'agglomération (coefficient d'utilisation, correspondant au rapport de la surface d'habitation totale à la surface de l'agglomération);

Jede Planung einer Fernwärmeversorgung muss deshalb von Fall zu Fall unter Berücksichtigung der speziellen Verhältnisse erfolgen.

3.2 Einflussgrößen der Wärmegestehungskosten

Obwohl die Ergebnisse der Berechnung von Zahlenbeispielen nur für bestimmte Fälle gelten, können daraus zahlreiche für schweizerische Verhältnisse allgemeingültige Informationen gewonnen werden. Die wichtigsten Schlüsse sind nachstehend diskutiert und zusammengefasst.

Die Wärmegestehungskosten der Fernheizung werden durch die in die Studien einbezogenen Parameter verschieden stark beeinflusst. Die Parameter, die im untersuchten Bereich unter Belassung der übrigen Größen einen bedeutenden Einfluss ausüben, sind:

- Wärmenennleistung (Grösse des Versorgungsgebietes)
- Siedlungsart (Ausnützungsziffer, d. h. Verhältnis der gesamten Wohnungsfläche zur Siedlungsfläche)
- Brennstoffpreis, Strompreis
- Annuität (Verzinsung und Abschreibung der Anlagekosten)
- Wärmedauerbedarf (Anteil des Wärmeleistungsbedarfes von Dauerverbrauchern an der Wärmenennleistung)
- Personalkosten

Weniger stark wirken sich unter sonst gleichen Verhältnissen aus:

- Klima
- Grad der Spitzendeckung (Anteil der Wärmeleistung, welche bei Wärmekraftkopplung bei Höchstlast durch Heisswasserkessel geliefert wird, an der Wärmenennleistung)
- Grad der Reservehaltung (Verhältnis der Wärmeleistung, welche bei Ausfall der grössten Einheit noch geliefert werden kann, zur Wärmenennleistung)
- Grösse des Brennstofflagers
- Vorlauftemperatur
- Rücklauftemperatur
- Art der Verlegung des Verteilnetzes
- Grundstückskosten

3.3 Vergleich der Fernheizung mit Einzelgebäudeheizung

Durch einige Parameter (z. B. Brennstoffpreis) werden sowohl die Wärmegestehungskosten der Fernheizung als auch diejenigen der Einzelgebäudeheizung im gleichen Sinn beeinflusst. Die Wärmegestehungskosten der Fernheizung allein stellen deshalb keine schlüssige Aussage zur Beurteilung ihrer Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Einzelgebäudeheizung dar. Zu diesem Zweck sind vielmehr die Unterschiede der Wärmegestehungskosten zwischen Fernheizung und Einzelgebäudeheizung unter gleichen Verhältnissen heranzuziehen.

Es hat sich gezeigt, dass eine genügende Grösse und eine genügende Siedlungsdichte des Versorgungsgebietes die wichtigsten Voraussetzungen für die Wirtschaftlichkeit der Fernheizung gegenüber der Einzelgebäudeheizung darstellen. Als Anhaltspunkt für die minimale wirtschaftliche Grösse unter durchschnittlichen Verhältnissen kann eine Einwohnerzahl von etwa 20 000 bis 30 000 Personen (Wärmenennleistung der Erzeugeranlage etwa 60 bis 100 Gcal/h) genannt werden. Die Siedlungsdichte sollte den Wert von etwa 10 000 Bewohnern pro Quadratkilometer nicht unterschreiten. Siedlungen mit vorwiegend Einfamilienhäusern sind so-

- le coût du combustible;
- le coût de l'énergie électrique;
- l'annuité (intérêts et amortissement des frais d'investissement);
- la chaleur demandée permanente (part de la puissance calorifique nominale consommée par des utilisateurs permanents);
- le coût du personnel.

Les paramètres suivants exercent une influence moins accentuée:

- le climat;
- le degré de couverture des pointes (part de la puissance calorifique nominale d'une centrale chaleur-force qui est fournie par des chaudières à eau surchauffée à la puissance maximale);
- le facteur de réserve (rapport de la puissance qui peut être atteinte quand l'unité la plus importante est hors service à la puissance calorifique nominale);
- le grandeur des dépôts de combustible;
- la température à l'aller;
- la température au retour;
- le genre de pose des conduites de distribution;
- le coût du terrain.

3.3 Comparaison du chauffage à distance avec le chauffage individuel

Certains paramètres (p. ex. le coût du combustible) exercent une influence similaire sur le prix de revient de la chaleur du chauffage à distance et sur celui du chauffage individuel. Il en résulte que la seule indication du prix de revient dans le chauffage à distance ne suffit pas pour pouvoir juger de l'économie relative des deux modes de chauffage, mais qu'il faut déterminer la différence des deux prix de revient dans des conditions identiques.

Les conditions les plus importantes qui doivent être réalisées pour obtenir un avantage économique du chauffage à distance par rapport au chauffage individuel sont une grandeur et une densité d'habitation suffisantes de la région à desservir. La grandeur minimale économiquement rentable de la région desservie est, dans des conditions moyennes, de l'ordre de 20 000 à 30 000 personnes (puissance calorifique nominale de l'installation de production de 60 à 100 Gcal/h environ). La densité d'habitation ne devrait pas être inférieure à 10 000 habitants au kilomètre carré environ. Des quartiers comprenant une majorité de villas familiales ne se prêtent donc généralement pas au raccordement à un chauffage à distance.

L'économie du chauffage à distance par rapport au chauffage individuel est en outre favorisé par les facteurs suivants:

- une valeur élevée attribuée à l'énergie électrique produite en couplage chaleur-force;
- des conditions favorables à la construction du réseau de distribution, en particulier la possibilité de raccorder des quartiers neufs;
- une annuité faible, c'est-à-dire un intérêt faible sur le capital et une longue période d'amortissement;
- une longue période de chauffage;
- la présence de consommateurs à longue durée d'utilisation de la puissance de raccordement, tels que des hôpitaux ou des consommateurs industriels, pour autant que ces con-

mit für den Anschluss an Fernheiznetze heute in der Regel nicht geeignet.

Die Wirtschaftlichkeit der Fernheizung gegenüber der Einzelgebäudeheizung wird ferner durch die folgenden Umstände begünstigt:

- hohe Bewertung der bei Anwendung der Heizkraftkopplung erzeugten elektrischen Energie;
- günstige Verhältnisse für die Erstellung des Rohrleitungsnetzes, insbesondere Möglichkeit des Anschlusses von Neuquartieren;
- niedrige Annuität, d. h. niedriger Kapitalzins und lange Abschreibungsdauer;
- lange Heizperiode;
- Vorhandensein von Verbrauchern mit grosser Ausnutzungsdauer des Anschlusswertes, wie Spitäler oder Industrien, sofern dies keine wesentliche Erhöhung der Vorlauf-temperatur erfordert;
- Wärmebedarf für Lüftung und Klimatisierung im Sommer.

Die oben genannten Zahlen für die minimale wirtschaftliche Grösse und Siedlungsdichte des Versorgungsgebietes können stark ändern, wenn sich die erwähnten sekundären Faktoren im günstigen oder ungünstigen Sinn kumulieren.

Günstig wirkt sich beim Aufbau eines Fernheiznetzes aus, wenn im Versorgungsgebiet bereits Blockheizwerke mit ähnlichen Bedingungen verbreitet sind, bei denen mehrere Gebäude durch eine gemeinsame Zentrale mit Wärme beliefert werden. Auch die Kombination mit der Kehrlichtverbrennung kann wirtschaftliche Vorteile bringen.

Für die Einführung der Fernwärmeversorgung sind nicht nur wirtschaftliche Gesichtspunkte, sondern auch solche des Umweltschutzes massgebend. Die Fernheizung wird also auch dann in Betracht kommen, wenn ihre Wärmegestehungskosten höher sind als bei der Einzelgebäudeheizung.

3.4 Einsatzbereich der Wärmeerzeugungsanlagen (Anlagearten 0 bis 6)

Aus den Zahlenbeispielen geht hervor, dass der untersuchte Leistungsbereich in bezug auf den Einsatz der verschiedenen Arten von Wärmeerzeugungsanlagen grundsätzlich in drei Bereiche unterteilt werden kann. Im untersten Bereich erweist sich, wie in Abschnitt 3.3 bereits erläutert wurde, die Einzelgebäudeheizung als die wirtschaftlichste Lösung. Diesem folgt in der Regel ein Bereich, in welchem reine Heizwerke am günstigsten sind, während sich Heizkraftwerke im obersten Leistungsbereich am vorteilhaftesten erweisen.

Die Grenze zwischen dem wirtschaftlichen Leistungsbe- reich der reinen Heizwerke und demjenigen der Heizkraft- werke wird durch die untersuchten Einflussgrössen äusserst stark beeinflusst, insbesondere durch die Brennstoffkosten, den Strompreis und die Personalkosten. Allgemeingültige Aussagen sind nicht möglich. Die Wahl der Anlageart muss deshalb von Fall zu Fall durch Vergleichsstudien unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse getroffen werden.

Auch die Aufteilung der Leistung auf mehrere Einheiten und die zeitliche Staffelung des Aufbaues einer Fernwärme- versorgung müssen im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit sorgfältig geprüft werden.

Für die einzelnen Anlagentypen gilt:

- Das *reine Heizwerk* (Anlageart 0) wird beim Aufbau

sommateurs n'exigent pas une élévation trop importante de la température à l'aller;

- la présence de chaleur demandée estivale pour la venti- lation et la climatisation.

Les valeurs minimales économiquement rentables citées ci-dessus pour la grandeur et la densité d'habitation des ré- gions desservies peuvent changer radicalement si les facteurs secondaires mentionnés cumulent leurs influences dans le sens favorable ou défavorable.

L'établissement d'un chauffage à distance est favorisé par la présence dans la région desservie de chauffages d'îlots ayant les mêmes paramètres que le chauffage à distance prévu. Ces chauffages d'îlots fournissent de la chaleur à plu- sieurs immeubles à partir d'une centrale commune. La com- binaison avec une installation d'incinération des ordures peut également être avantageuse au point de vue économique.

L'introduction d'un chauffage à distance ne dépend pas seulement de questions économiques; des considérations éco- logiques sont également déterminantes. On peut donc consi- dérer le chauffage à distance même si son prix de revient de la chaleur est supérieur à celui du chauffage individuel.

3.4 Domaine d'application des installations de production de chaleur (installations des types 0 à 6)

Il résulte des exemples numériques que si l'on compare les différents types d'installations de production de chaleur, le domaine des puissances examiné dans ce rapport se subdivise en principe en trois parts. Dans celle comprenant les puis- sances inférieures, le chauffage individuel est la solution la plus économique, ce qui a déjà été mentionné au paragraphe 3.3 En règle générale, les centrales de chauffe sont les plus économiques dans la part comprenant les puissances moyen- nes, alors que les centrales chaleur-force le sont dans la part comprenant les puissances les plus élevées.

La limite séparant les domaines des puissances dans les- quels les centrales de chauffe d'une part et les centrales cha- leur-force d'autre part sont les plus économiques dépend très fortement des facteurs examinés, en particulier du coût du combustible, de celui de l'énergie électrique et de celui du personnel. Il n'est pas possible d'établir une règle générale à ce sujet. Il s'en suit que le choix du type de l'installation doit être déterminé dans chaque cas d'espèce par des études com- paratives tenant compte des conditions particulières.

La répartition de la puissance sur plusieurs unités et l'échelonnement dans le temps des étapes de construction du chauffage à distance doivent être soigneusement étudiés quant à leur incidence sur l'économie.

Quelques remarques au sujet des différents types d'instal- lations:

- La *centrale de chauffe* (installation du type 0) constitue généralement la première étape lors de l'établissement d'un chauffage à distance. Suivant les progrès du développement du réseau et selon la valeur attribuée à l'énergie électrique, il convient d'agrandir la centrale de chauffe ou de passer à l'un des types de centrales chaleur-force cités ci-dessous. Dans ce dernier cas, les chaudières de la centrale de chauffe sont utilisés pour la couverture des pointes et celle de la chaleur demandée en dehors de la période de chauffage.

- La *turbine à condensation et à soutirage* (installation du type 1) permet de varier la production d'énergie électrique dans de larges proportions indépendamment de la demande

einer Fernwärmeversorgung in der Regel die erste Stufe bilden. Je nach dem Fortschritt des Ausbaues des Netzes und der Bewertung einer Stromerzeugung besteht die Möglichkeit, das Heizwerk zu erweitern oder auf eine der nachstehenden Anlagearten mit Heizkraftkopplung überzugehen. In diesem Falle dienen die Anlagen des bisherigen Heizwerkes zur Deckung der Wärmespitzenlast und des Wärmebedarfes ausserhalb der Heizperiode.

– Bei der *Entnahmekondensationsturbine* (Anlageart 1) kann die Erzeugung elektrischer Energie in weiten Grenzen unabhängig vom Wärmebedarf verändert werden. Sie eignet sich deshalb zur Erzeugung sowohl von elektrischer Grundlast- als auch von Spitzenenergie. Die Stromerzeugung kann auch ausserhalb der Heizperiode aufrechterhalten werden.

Für die im Kondensator abzuführende Wärme werden bei dieser Anlageart Einrichtungen zur Kühlung mit Wasser oder Luft benötigt.

– Die *Gegendruckdampfturbine* (Anlageart 2 und 3) erweist sich oft als vorteilhaft, wenn die Rauchgasemissionen klein gehalten werden müssen und trotzdem Wert auf die brennstoffsparende Erzeugung elektrischer Energie durch Anwendung der Heizkraftkoppelung gelegt wird oder wenn die Kühlung für eine Kondensation Schwierigkeiten bereitet. Der Nachteil, dass die Stromerzeugung mit dem Wärmebedarf gekoppelt ist, wird durch den Umstand gemildert, dass sich die Zeiten hohen Wärmebedarfes und hohen Strombedarfes normalerweise weitgehend überdecken. Zudem steht in Zeiten niedrigen Wärmebedarfes in den Sommermonaten und daher geringer Stromerzeugung mit der Gegendruckdampfturbine in der Regel billige elektrische Energie aus Wasserkraftanlagen und Kernkraftwerken zur Verfügung.

– Die Anwendung der *Kernenergieanlage* (Anlageart 4) mit dem primären Ziel der Wärmezeugung für Raumheizzwecke erweist sich nur bei so grossen Wärmeleistungen als wirtschaftlich, wie sie auf lange Sicht für schweizerische Verhältnisse nicht in Frage kommen.

– Die *Gasturbine mit offenem Kreislauf* (Anlageart 5) führt unter den Verhältnissen des Grundbeispiels zu höheren Wärmeleistungskosten als die übrigen fossilbefeuerten Anlagearten. Sie kann jedoch bei hohen Strompreisen oder niedrigen Brennstoffpreisen wirtschaftlich interessant werden, insbesondere – wegen der relativ kleinen Anlagekosten – wenn Wert auf die Erzeugung von elektrischer Spitzenenergie gelegt wird. Die Stromproduktion kann unabhängig vom Wärmebedarf in weiten Grenzen variiert werden.

– Die *Gasturbine mit geschlossenem Kreislauf* (Anlageart 6) verhält sich unter den gemachten Voraussetzungen in bezug auf Wirtschaftlichkeit ähnlich wie die Gegendruckturbine. Bei höheren Strompreisen dürfte es sich lohnen, die Anlage so auszulegen, dass elektrische Energie unabhängig vom Wärmebedarf erzeugt werden kann.

3.5 Wirtschaftlichkeit der teilweisen Verwertung der Wärme aus konventionell thermischen Kraftwerken oder Kernkraftwerken (Anlageart 7) unter Berücksichtigung der Transportkosten

Wenn sich ein Siedlungsgebiet in einiger Distanz von einem konventionellen thermischen Kraftwerk oder einem Kernkraftwerk befindet, dessen primäre Aufgabe in der Erzeugung elektrischer Energie besteht, kann die zur Versor-

de von Wärme die erste Stufe bilden. Je nach dem Fortschritt des Ausbaues des Netzes und der Bewertung einer Stromerzeugung besteht die Möglichkeit, das Heizwerk zu erweitern oder auf eine der nachstehenden Anlagearten mit Heizkraftkopplung überzugehen. In diesem Falle dienen die Anlagen des bisherigen Heizwerkes zur Deckung der Wärmespitzenlast und des Wärmebedarfes ausserhalb der Heizperiode.

– Bei der *Entnahmekondensationsturbine* (Anlageart 1) kann die Erzeugung elektrischer Energie in weiten Grenzen unabhängig vom Wärmebedarf verändert werden. Sie eignet sich deshalb zur Erzeugung sowohl von elektrischer Grundlast- als auch von Spitzenenergie. Die Stromerzeugung kann auch ausserhalb der Heizperiode aufrechterhalten werden.

Für die im Kondensator abzuführende Wärme werden bei dieser Anlageart Einrichtungen zur Kühlung mit Wasser oder Luft benötigt.

– Die *Gegendruckdampfturbine* (Anlageart 2 und 3) erweist sich oft als vorteilhaft, wenn die Rauchgasemissionen klein gehalten werden müssen und trotzdem Wert auf die brennstoffsparende Erzeugung elektrischer Energie durch Anwendung der Heizkraftkoppelung gelegt wird oder wenn die Kühlung für eine Kondensation Schwierigkeiten bereitet. Der Nachteil, dass die Stromerzeugung mit dem Wärmebedarf gekoppelt ist, wird durch den Umstand gemildert, dass sich die Zeiten hohen Wärmebedarfes und hohen Strombedarfes normalerweise weitgehend überdecken. Zudem steht in Zeiten niedrigen Wärmebedarfes in den Sommermonaten und daher geringer Stromerzeugung mit der Gegendruckdampfturbine in der Regel billige elektrische Energie aus Wasserkraftanlagen und Kernkraftwerken zur Verfügung.

– Die Anwendung der *Kernenergieanlage* (Anlageart 4) mit dem primären Ziel der Wärmezeugung für Raumheizzwecke erweist sich nur bei so grossen Wärmeleistungen als wirtschaftlich, wie sie auf lange Sicht für schweizerische Verhältnisse nicht in Frage kommen.

– Die *Gasturbine mit offenem Kreislauf* (Anlageart 5) führt unter den Verhältnissen des Grundbeispiels zu höheren Wärmeleistungskosten als die übrigen fossilbefeuerten Anlagearten. Sie kann jedoch bei hohen Strompreisen oder niedrigen Brennstoffpreisen wirtschaftlich interessant werden, insbesondere – wegen der relativ kleinen Anlagekosten – wenn Wert auf die Erzeugung von elektrischer Spitzenenergie gelegt wird. Die Stromproduktion kann unabhängig vom Wärmebedarf in weiten Grenzen variiert werden.

– Die *Gasturbine mit geschlossenem Kreislauf* (Anlageart 6) verhält sich unter den gemachten Voraussetzungen in bezug auf Wirtschaftlichkeit ähnlich wie die Gegendruckturbine. Bei höheren Strompreisen dürfte es sich lohnen, die Anlage so auszulegen, dass elektrische Energie unabhängig vom Wärmebedarf erzeugt werden kann.

3.5 Economie de l'utilisation partielle de l'énergie calorifique extraite de centrales thermiques classiques ou nucléaires (installations du type 7), en tenant compte du coût du transport

Si une agglomération n'est pas trop éloignée d'une centrale thermique classique ou nucléaire destinée en premier lieu à la production d'énergie électrique, la chaleur nécessaire au chauffage de l'agglomération peut être extraite de la centrale et amenée dans la région desservie au moyen d'une conduite de transport.

La rentabilité de cette conduite n'est assurée que si son utilisation est bonne. On peut remplir cette condition en ne construisant la conduite qu'au moment où le réseau de chauffage à distance qui doit être alimenté a déjà atteint une part appréciable de son extension finale, p. ex. 60 %. Auparavant, la chaleur doit être fournie par des chaudières utilisant du mazout ou du gaz, qui seront ensuite employées pour la couverture des pointes ou comme chaudière de réserve en

gung dieser Siedlung benötigte Wärme dem Kraftwerk entnommen und über eine Transportleitung dem Versorgungsgebiet zugeführt werden.

Die Rentabilität der Fernleitung ist nur bei hoher Ausnutzung gewährleistet. Diese Voraussetzung kann erfüllt werden, indem die Fernleitung erst dann erstellt wird, wenn das zu versorgende Fernheiznetz bereits einen beträchtlichen Teil, z. B. 60 % des im Endausbau vorgesehenen Umfangs, angenommen hat. Bis zu diesem Zeitpunkt muss die Wärme von öl- oder gasgefeuerten Kesseln geliefert werden, welche später zur Spitzendeckung und als Reserve für den Fall von Störungen in der Fernleitung oder Unterbrüchen im Kraftwerkbetrieb eingesetzt werden.

Es hat sich gezeigt, dass kleinere Siedlungsgebiete (Wärmenennleistung unter 100 Gcal/h) unter den Verhältnissen des Grundbeispiels bis zu einer Distanz von 5 bis 10 km wirtschaftlich mit Wärme aus einem solchen Kraftwerk versorgt werden können. Die für Konkurrenzfähigkeit gegenüber Einzelgebäudeheizung zulässige Entfernung steigt mit zunehmendem Wärmeleistungsbedarf an und kann bei hohen Wärmeleistungen (über 500 Gcal/h) 30 km und mehr erreichen.

Bei teilweiser Verwertung der Wärme von konventionellen thermischen Kraftwerken oder Kernkraftwerken wird die an die Umgebung abzugebende Wärmemenge etwa um die dem Versorgungsgebiet zugeführte Wärmemenge verkleinert. Dies trägt allerdings nur wenig zur Lösung des Abwärmeproblems der Kraftwerke bei. Einmal sind die in der Nachbarschaft von solchen Kraftwerken zu erwartenden Siedlungen in der Schweiz zu klein, um einen beträchtlichen Teil ihrer Abwärme zu Heizzwecken verwerten zu können. Des weiteren ist der Wärmebedarf für Raumheizung starken Schwankungen unterworfen, und der Höchstbedarf tritt im Verlaufe eines Jahres nur an wenigen Tagen auf, während die in den Kraftwerken anfallende Wärme in der Regel über längere Perioden konstant bleibt.

Die teilweise Verwertung der Wärme von günstig gelegenen Kernkraftwerken würde es ermöglichen, auf längere Sicht einen gewissen Anteil des gesamtschweizerischen Verbrauchs an Heizöl für Raumheizung durch Kernbrennstoffe zu ersetzen.

cas de dérangements de la conduite ou d'interruptions de l'exploitation de la centrale.

Dans les conditions de l'exemple de base, des agglomérations relativement petites (puissance de raccordement nominale en dessous de 100 Gcal/h) peuvent être économiquement approvisionnées en chaleur extraite d'une telle centrale électrique jusqu'à une distance de 5 à 10 km.

La distance de transport permettant au chauffage à distance de conserver un avantage économique par rapport au chauffage individuel augmente avec la puissance calorifique demandée et peut atteindre à de grandes puissances (au-dessus de 500 Gcal/h) 30 km ou plus. Dans le cas de l'utilisation partielle de la chaleur extraite de centrales thermiques classiques ou nucléaires, les rejets thermiques à l'environnement diminuent d'une quantité à peu près égale à la quantité de chaleur utilisée pour le chauffage. Cet effet ne contribue que modestement à la solution du problème des rejets thermiques des centrales électriques: d'une part, les agglomérations sises aux environs de telles centrales sont trop petites en Suisse pour pouvoir utiliser à des fins de chauffage une part considérable de la chaleur rejetée; d'autre part, la chaleur demandée pour le chauffage des locaux varie fortement, la demande maximale ne se manifestant que pendant peu de jours chaque année, alors que les rejets thermiques des centrales électriques restent généralement constants pendant de longues périodes.

L'utilisation partielle de la chaleur extraite de centrales nucléaires favorablement situées permettrait à longue échéance de remplacer par du combustible nucléaire une certaine part du mazout utilisé en Suisse pour le chauffage des locaux.