

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 95 (1977)
Heft: 49

Artikel: Siedlungsform, Energieversorgung und Umweltbelastung
Autor: Roth, Ueli
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73497>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 09.02.2026

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

Siedlungsform, Energieversorgung und Umweltbelastung

Von Ueli Roth, Zürich*)

Problemstellung

Die zu behandelnde Frage kann etwa so präzisiert werden: Welches Raumsystem mit Stadteinheiten von welcher Form, Grösse, Dichte und von welcher Mischung der Wohn- und Arbeitsplätze bedingt mehr oder weniger Energie, welche Art von Energie und verursacht mehr oder weniger Umweltprobleme infolge Energieproduktion und -verbrauch? Oder umgekehrt: Welches Energieversorgungssystem fördert welches Raumsystem mit Stadteinheiten von welcher Form, Grösse, Dichte und mit welcher Mischung?

Antworten auf diese Fragen sollten die geeignete Vorbereitung der Raum- und Siedlungsstrukturen im Sinne einer «Steckdose» gestatten, in welche vorteilhafte Energieversorgungssysteme passen und umgekehrt. Insbesondere sollten diese Antworten die Grundlage bilden für die koordinierte Erfüllung der folgenden fünf energiepolitischen Hauptziele:

- Gewährleistung einer sicheren Energieversorgung, d.h. so unabhängig von andern Ländern wie möglich, diversifiziert, um die Auswirkungen von Knappheiten und von technischen Zusammenbrüchen durch Substitution zu mildern
- Sicherstellung einer langfristigen und wirtschaftlichen Energieversorgung
- Schonung der natürlichen Rohstoffvorräte durch die Beschränkung des Endenergieverbrauches und durch Reduktion von Verlusten und Vergeudung
- Schutz der Ökosphäre durch Beschränkung der chemischen, thermischen, staubförmigen und radioaktiven Emissionen
- Sicherung der Vollbeschäftigung unter guten Arbeitsbedingungen.

Energiepolitik ohne abgestimmte Raumordnungspolitik ist wenig erfolgversprechend. Daher die mit Nachdruck vortragene Forderung nach Koordination und gesamtheitlicher Betrachtungsweise des Raum-, Siedlungs- und Energiesystems.

Damit ich aber nicht missverstanden werde: Die Ziele der urbanen Entwicklung beziehen sich natürlich nicht einseitig und nur auf ein wünschbares Energieversorgungssystem; es gibt auch unabhängige Zielsetzungen im gesellschaftlichen und allgemein-wirtschaftlichen Bereich wie auch in andern technischen Bereichen; aber bis anhin wurden die energietechnischen Zielsetzungen im Zusammenhang mit der Raumordnung weitgehend vernachlässigt. In Zukunft muss das anders werden. Die schwindenden Rohstoff-Vorräte und die zunehmenden Kosten der Minderung der Umweltschäden sowie die steigenden Risiken der Energieproduktion werden von selbst dafür sorgen!

In der vorliegenden Arbeit behandeln wir jenen Teil des Energiesystems, welches die stärksten nachweisbaren Wechsel-

beziehungen mit urbanen Systemen aufweist: mit der Niedertemperatur-Wärmeversorgung und mit dem Verkehr, der das wirkungskräftigste indirekte «Scharnier» zwischen Energieversorgung und urbanem System darstellt.

Nicht überraschend führt die Arbeit zum Schluss, dass tendenziell – und noch viel quantitative Belege sind im Zuge der notwendigen, weiteren Forschung beizubringen – dezentralisierte und eher kleintechnische Energieversorgungssysteme zu dezentralisierten Raum- und Siedlungsstrukturen zuzuordnen sind und dass es wenig Sinn hat, die Energieproduktion in gigantischen Parks zu konzentrieren, um dezentralisierte Raum- und Siedlungsstrukturen zu versorgen. Falls jedoch stark konzentrierte Agglomerationen und zusammengewachsene Konurbationen aus irgendwelchen gesellschaftlichen, allgemein-wirtschaftlichen oder technischen Gründen wünschenswert scheinen, dann ist eine grosstechnische, zentralisierte Energieversorgung am Platz. Allerdings scheint diese letztere Möglichkeit mehr volkswirtschaftliche Kosten und mehr Umweltbelastung mit sich zu bringen und die allgemeine Lebensqualität weiter zu senken.

Querbeziehungen zwischen Energieversorgung und Siedlungsform sind nicht nur im Bereich der Niedertemperatur, die allgemein unter 200 °C vor allem für Warmwasserbereitung und Raumwärme gebraucht wird, sondern auch bei der hochtemperaturigen industriellen und gewerblichen Prozessenergie und bei der Kraftanwendung nachweisbar.

Aus der folgenden Aufstellung über die Anteile der Endenergie nach Energieträger und Verbrauchergruppen am Beispiel der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1971 geht hervor, dass der Anteil an Raumheizung und Warmwasser am Gesamt-Endenergieverbrauch rund 43 % betrug, der sich zu 48 % auf die privaten Haushalte, zu 38 % auf die gewerblichen, industriellen und Dienstleistungs-Kleinverbraucher und zu 14 % auf die grossen Industriebetriebe verteilte. Damit ist jedoch nicht gleichzeitig eine Aussage über die relative Gewichtung der Wechselbeziehungen zwischen Energieversorgung und Siedlungsstruktur gemacht. In den andern Industrieländern dürfte diese Verteilung ähnlich sein. In den rohstoffarmen, kleinen Industriestaaten liegt der Niedertemperatur- und Kraftanteil wegen des relativ niedrigen Anteils an Prozesswärme etwas höher; in der Schweiz weisen die Statistiken fast 50 % des Gesamtenergieverbrauches als Niedertemperaturwärme aus [1].

Dafür, dass sich der spezifische *Verkehrsennergieverbrauch* in Funktion der Siedlungsdichte, der Zahl der Siedlungszentren und der «Körnung» der Wohn- und Arbeitsplätze, d.h. des Masstabes der Durchmischung, verändert, gibt es mehr oder weniger erhärtete Theorien, wie z.B. jene von Rittel [2] oder jene der amerikanischen Real Estate Research Corporation [3]. Dass die Siedlungsform ausserdem einen Einfluss auf die Art der Verkehrsmittel, insbesondere auf die Teilung in öffentlichen und privaten Verkehr und damit auf die Art der Energieträger ausübt, ist ebenfalls bekannt. Der Einfluss der Industriestandorte auf die Höhe des *Prozessenergiebedarfs* ist schwer nachweisbar; eher noch kann es gelingen, deren Einfluss auf die

*) Artikel, im Jahre 1976 im Auftrag der OECD unter dem Titel «The Impact of Settlement Patterns on Low Temperature Heating Supply Systems, Transportation and Environment» verfasst. Umgearbeitet wurde er im Oktober dieses Jahres als einer der Hauptvorträge auf der «International Conference on Energy Use Management» in Tucson (Arizona) vorgetragen.

Tabelle 1. Verbrauchergruppen und Verwendungszwecke der Energie in der Bundesrepublik Deutschland 1971¹⁾ (Endenergie)

	Raum- heizung	Warm- wasser	Prozess- wärme	Licht/Kraft	Total
Haus- halte	18,5 %	2,0 %	—	1,0 %	21,5 %
Gcal	293 188 000	31 696 000	—	15 848 000	340 732 000
Gcal/E	4,80	0,51	—	0,25	5,58
Klein- verbr.	15,5 %	1,0 %	3,5 %	0,5 %	20,5 %
Gcal	245 644 000	15 848 000	55 468 000	7 924 000	324 884 000
Gcal/ A- A_{Ind}	15,25	0,98	3,44	0,49	20,16
Industrie	5,5 %	—	29,5 %	4,0 %	39,0 %
Gcal	87 164 000	—	467 516 000	63 392 000	618 072 000
Gcal/ A A_{Ind}	8,39	—	45,01	6,10	59,50
Verkehr	0,5 %	—	—	18,5 %	19,0 %
Gcal	7 924 000	—	—	293 188 000	301 112 000
Gcal/E	0,12	—	—	4,80	4,92
Total	40,0 %	3,0 %	33,0 %	24,0 %	100,0 %
Gcal	633 920 000	47 544 000	522 984 000	380 352 000	1 584 800 000
Gcal/E	10,39	0,77	8,57	6,23	25,96
MWh/E	—	—	—	—	30,11
kW/E	—	—	—	—	3,44
Einwohner 1970	61 001 200	—	—	—	—
A I	1 991 000	—	—	—	—
A II	12 957 000	—	A $_{Ind}$	10 386 000	—
A III	11 546 000	—	—	—	—
A	26 494 000	—	—	—	—
A ohne A $_{Ind}$	16 108 000	—	—	—	—

¹⁾ Berechnungsgrundlagen: Bundesministerium für Forschung und Technologie: «Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, Teil IV» (S. 2 ff.) und Teil V (S. 49 ff.); Bonn 1975.

Art der Energieträger über die einschränkende Wirkung von Emissionsstandards z.B. in Ballungsgebieten nachzuweisen.

Wichtigster Gegenstand der folgenden Darstellungen sind die rund 40 % bis 50 % des gesamten Endenergiebedarfs, die für niedrigtemperaturige Wärme für Haushalte und Kleinverbraucher benötigt werden. Der Einfluss der Besiedlungsart auf den Verkehrsenergiebedarf wird ergänzend behandelt.

Die Scharniermechanismen zwischen Energieversorgung und Besiedlung

Inwiefern wirkt sich die Siedlungsform auf die Höhe und die Art des Energieverbrauchs und auf die Umweltbelastung aus? Diese Frage könnte selbstverständlich auch umgekehrt gestellt werden: Welchen Einfluss übt ein gegebenes Energieversorgungssystem auf die Siedlungsform aus? Oder: Bei welcher Form der Besiedlung wird am meisten Energie gespart und entsteht die geringste Umweltbelastung durch Energieverbrauch? Die Auswirkungen der Querbeziehungen zwischen

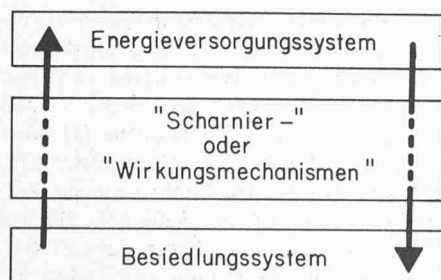


Bild 1. «Scharnier» oder «Wirkungsmechanismen» zwischen Energieversorgung und Besiedlung

Siedlungsform und Energieversorgung gehen über «Scharnier» oder «Wirkungsmechanismen» in beiden Richtungen: von der Besiedlung zur Energieversorgung und von der Energieversorgung zur Besiedlung. Die Darstellung dieser Mechanismen bietet die beste Handhabe zum Nachweis der Querbeziehung Energieversorgung/Besiedlung.

Im folgenden Abschnitt werden die besiedlungsbestimmenden Parameter und deren Einfluss auf Energieverbrauch und Energieträger definiert; der anschließende Abschnitt stellt die wichtigsten Niedertemperatur-Energieversorgungssysteme dar. Ein weiterer Einschlebeabschnitt befasst sich zusätzlich mit den wesentlichen, über das Zwischenglied «Verkehr» wirkenden Querbezügen zwischen Energie und Besiedlung. Der zweitletzte Abschnitt äussert sich zum Problem der durch die Energieversorgung verursachten Umweltbelastung und der Schlussabschnitt enthält zusammenfassend Empfehlungen für die koordinierte Festlegung von Besiedlungs- und Energiesystemen in gesetzgeberischen und verwaltungstechnischen Verfahren.

Parameter und Typologie der Besiedlung

Die Parameter, welche die typologische Charakterisierung der Besiedlung ermöglichen, beziehen sich einmal auf die Verteilung der Einwohner und Arbeitsplätze und deren Struktur, wie z.B. deren Zugehörigkeit zu Wirtschaftszweigen sowie auf deren bauliche Unterbringung und weiter auf die Folgeeinrichtungen dieser Primärelemente, wie z.B. Verkehrsträger und öffentliche Bauten und Anlagen. Dabei müssen mindestens zwei Ebenen unterschieden werden: die Raumebene auf überregionaler, bzw. nationaler Stufe und die Siedlungsebene der einzelnen Regionen, Agglomerationen, Städte und Dörfer.

Die Verteilung der Primärelemente Einwohner (E) und Arbeitsplätze (A, praktisch identisch mit Beschäftigten) ist charakterisiert durch deren Dichte, deren Mischung oder «Erwerbsquote» A/E, den Massstab dieses Mischverhältnisses (die «Körnung», englisch «Grain»), die räumliche Ausdehnung oder Grösse und die Form zusammenhängender Siedlungsgebiete.

Die Dichte

Unter Dichte wird die Zahl der E oder A pro Flächeneinheit verstanden. Dichtezahlen sind wertlos, wenn sie nicht mit einer Information über die absolute Grösse des Berechnungsgebietes verbunden sind. Eine E-Dichte von 1000 E/km² ist für eine Stadt gering, für einen Kontinent extrem hoch. Die Bedeutung der E- und A-Dichte für die Niedertemperaturversorgung liegt erstens in den unterschiedlichen Gebäudeformen und deren unterschiedlichem spezifischem Wärmeenergieverbrauch, die bei unterschiedlichen Dichten möglich sind, und zweitens ist die Siedlungsdichte von entscheidender Bedeutung für die wirtschaftliche Einsatzmöglichkeit von leitungsgebundenen Energieträgern, wie z.B. der Fernwärmeversorgung; für letztere wird in der Literatur wiederholt eine untere Grenze der Wärmeabnahmedichte von 20–30 Gcal/km² h genannt [4].

Der spezifische Wärmeverbrauch pro m³ umbauten Raumes und die Art der typischen Wärmeverluste variiert bei gleichen Isolationsverhältnissen zwischen den Gebäudeformen infolge der unterschiedlichen Volumen-/Oberflächenverhältnisse. Er ist am höchsten bei kleinen, freistehenden Einfamilienhäusern und am kleinsten bei grossen, würfelförmigen Bauwerken. In der Bundesrepublik Deutschland werden beispielsweise für nach 1949 erstellte Einfamilienhäuser im Mittel 110 kcal/m² h für Raumwärme und Warmwasser gebraucht. Mehrfamilienhäuser benötigen rund 15 % weniger, nämlich 95 kcal/m² h [5]. Detaillierte Untersuchungen in der

Schweiz [6] kommen zum gleichen Schluss. Die Art der Wärmeverluste aus Gebäuden und damit die Art der möglichen Sparmassnahmen unterscheidet sich ebenfalls nach Gebäudeart, wie Bild 2 zeigt.

Eine österreichische Untersuchung [7] ergab die in Tabelle 2 gezeigten Zusammenhänge.

Zusätzlich erfolgen rund 50 % der gesamten Raumwärmeverluste durch Lüfterneuerung, wenn keine Wärmerückgewinnungsanlagen vorhanden sind.

Freistehende Einfamilienhaussiedlungen sind in mittleren geographischen Breiten unter Berücksichtigung der Besonnung und der natürlichen Belichtung nur bis zu einer Ausnützungsziffer von rund 0,3 oder 30 % möglich. Ausnützungsziffer von über 0,8 erzwingen wenigstens teilweise eine Bauweise mit über 3 bis 4 Geschossen. Die Ausnützungsziffer ist das Verhältnis der Bruttogeschossfläche zur Baulandfläche ohne öffentliche Verkehrsfläche

Aus diesen Feststellungen kann geschlossen werden, dass eine geringe Siedlungsdichte einen etwas höheren spezifischen Wärmebedarf verursacht als eine mittlere. Damit ist jedoch nichts ausgesagt über die Art der Wärmebedarfsdeckung und damit über den Wirkungsgrad der Umsetzung der Roh- in Nutzenergie, die bei unterschiedlichen Siedlungsdichten über verschiedene Versorgungssysteme möglich ist.

Die Beschäftigungsquote

Das Mischungsverhältnis A/E («Beschäftigungsquote» = Zahl der Arbeitsplätze oder Beschäftigten im Verhältnis zu der Zahl der Einwohner) ist charakteristisch für Siedlungsgebiete innerhalb von Agglomerationen. Es liegt in den europäischen Industriestaaten im Durchschnitt um 0,4, in Frankreich etwas tiefer, in Deutschland etwas höher; in Vororten mit ihren typischen stark negativen Pendlersaldi liegt das Verhältnis entschieden unter dem Mittelwert, z.B. bei 0,1 bis 0,2, hingegen in Kerngebieten stark darüber, z.B. 0,8 oder 1,5. Eine differenzierte Beschäftigungsquote unterscheidet zudem zwischen der Zugehörigkeit der Arbeitsplätze A zu den drei Wirtschaftssektoren im Sinne eines Strukturmerkmals (A_I: Urproduktion; A_{II}: produzierendes Gewerbe; A_{III}: Dienstleistungen;

$\frac{A}{E} = \frac{A_I}{E} + \frac{A_{II}}{E} + \frac{A_{III}}{E}$) oder noch differenzierter zu den einzelnen Wirtschaftsklassen, -gruppen und -arten.

Die energiewirtschaftliche Bedeutung der Beschäftigungsquote liegt im unterschiedlichen, spezifischen Niedertemperatur-Wärmebedarf von Einwohnern und Arbeitsplätzen. Aus Tabelle 1 geht hervor, dass 1971 pro Einwohner in der Bundesrepublik Deutschland jährlich rund 5,3 Gcal für Raumwärme und Warmwasser in Form von Endenergie verbraucht worden

Tabelle 2. Heizwärmeverluste durch einzelne Bauteile

Anteil je m ² Nutzfläche		Ein- und Zweifamilienwohnhäuser	Gebäude mit drei und mehr Wohnungen
Aussenwand	m ²	0,89	0,705
Decke zum Dach	m ²	1,02	0,643
Decke zum Keller	m ²	1,02	0,643
Fläche der Fenster	m ²	0,18	0,163
Fläche der Aussentüren	m ²	0,04	0,02
Fugenlänge der Fenster	m	0,666	0,603

sind. Der spezifische Endenergieverbrauch je Beschäftigten im sog. Kleinverbrauch betrug jedoch rund 16,2 Gcal, also etwa dreimal mehr. Ähnlich zeigt sich das Verhältnis der durchschnittlichen Verkehrserzeugung, die für die Ermittlung des Verkehrsenergiebedarfs primär wichtig ist (neben der durchschnittlichen Fahrtlänge und dem Verkehrs-Modal Split, d.h. der Aufteilung des Gesamtverkehrs in den öffentlichen und privaten Teil). In der Schweiz erzeugt ein Einwohner im Mittel 1, ein Arbeitsplatz zusätzlich 2,5 tägliche Fahrten [8].

Die differenzierte Beschäftigungsquote ist sowohl im Zusammenhang mit dem Einsatz von Niedertemperatur-, wie von Prozesswärme von grösster Bedeutung, weil die einzelnen Wirtschaftszweige stark unterschiedliche, spezifische Energiebedarfe aufweisen. Tabelle 3 und 4, deren Werte auf schweizerischen Untersuchungen beruhen, geben einige Beispiele dafür.

Die Beschäftigungsquoten sind somit als wichtige Siedlungsparameter verbunden mit den spezifischen Energieverbrauchswerten eine unentbehrliche Grösse für die Ermittlung des Energieverbrauches in Siedlungsgebieten.

Die Körnung

Der Massstab des Mischverhältnisses A/E, die «Körnung», spielt vor allem im verkehrsenergiewirtschaftlichen Zusammenhang eine Rolle, indem feinkörnige Strukturen tendenziell kürzere Fahrtlängen ermöglichen, weil Arbeitsplätze näher bei den Wohnplätzen zu finden sind. Ob die moderne, mobile Gesellschaft bei verfassungsmässig gewährter Niederlassungsfreiheit und bei vorhandenen, leistungsfähigen Verkehrsmitteln von der Möglichkeit der Wahl nahegelegener Wohn- und Arbeitsplätze tatsächlich Gebrauch macht, ist eine andere Frage.

Ein typisches Beispiel für grobkörnige oder «entflochtene» Besiedlungsstrukturen ist die bekannte «Citybildung»: Die Agglomerationsbewohner schlafen in den Vorortgebieten, arbeiten jedoch im Kerngebiet. Ein Einfluss der Körnung auf den Niedertemperatur-Energiebedarf oder die Art dessen Bedarfsdeckung (Energieträger) ist schwer nachweisbar.

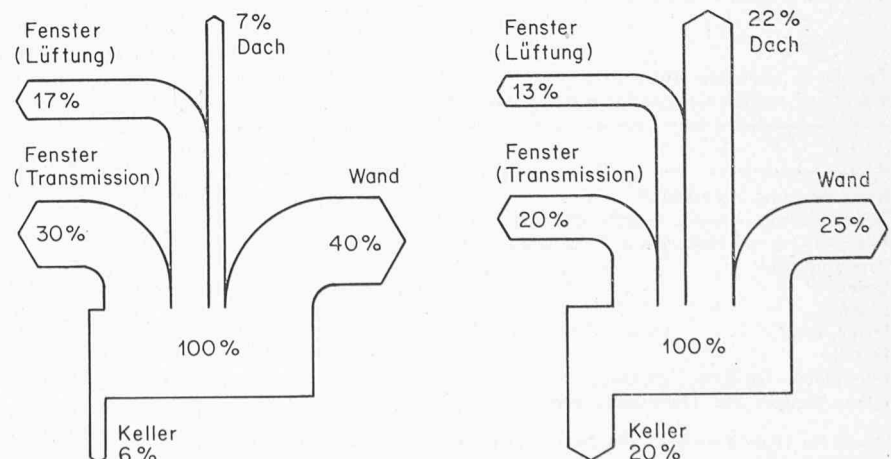


Bild 2. Der Heiz-Wärmefluss aus Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern. Gesamtwärmeverbrauch: rund 100%; die bauliche Ausführung entspricht durchschnittlichen bundesdeutschen Verhältnissen (Quelle: H.P. Winkens)

Tabelle 3. Spezifischer Sekundär-Wärmeenergiebedarf für Heizung und Warmwasser für Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen im Jahre 1970

Energieverbraucher	Spezifischer Niedertemperatur-Wärmebedarf je Arbeitsplatz (Gcal/A · a)
Bergbau, Steinbrüche, Gruben	0,1
Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie	15,0
Textilindustrie	7,7
Bekleidungs- und Ausrüstungsindustrie	4,3
Holz-, Kork-, Spiel- und Sportgeräte	9,7
Papierindustrie	16,2
Graphisches Gewerbe	7,1
Lederindustrie	7,4
Kautschuk- und Kunststoffverarbeitung	8,0
Chemische Industrie	17,9
Bearbeitung von Steinen und Erden	12,7
Metallindustrie und -gewerbe	8,4
Maschinenindustrie, Apparatebau	8,6
Uhren und Bijouterie	4,3
Baugewerbe	3,6
Kraft-, Gas- und Wasserversorgung	16,0
Handel (Grosshandel/Detailhandel)	12,6/6,0
Banken und Versicherungen	5,4
Verkehr und PTT-Betriebe	18,0
Gastgewerbe	10,1
Gesundheits- und Körperpflege und Reinigung	7,5
Übrige Dienstleistungen	15,0
Öffentliche Verwaltung inkl. Schulen	4,0-19,3

Die Siedlungsgrösse

Die *Ausdehnung* oder *Grösse* zusammenhängender Siedlungsgebiete beeinflusst direkt die Wärmemenge, die innerhalb eines Versorgungsgebietes benötigt wird. Diese ist wirtschaftlich und technisch dann von Bedeutung, wenn leitungsgebundene Energieträger wie z.B. Fernwärme und in geringerem Mass auch Gas und Elektrizität für die Niedertemperaturwärmeversorgung eingesetzt werden. Fernwärmeversorgungen ab Kernkraftwerken beispielsweise bedingen u. a. wegen der aus Sicherheitsgründen langen Hauptleitungen vom Werk zu den Abnahmegebieten zusammenhängende Versorgungsgebiete von mehreren 100 000 Einwohnern mit zugehörigen Arbeitsplätzen, um die in Wärme-Kraft-Koppelung hergestellte Fernwärme wirtschaftlich einsetzen zu können. Die volle Ausnutzung der veredelten Abwärme eines 1000 MW_e-Kernkraftwerkes benötigt Siedlungsgebiete von genügender Dichte mit 1 rund Mio Einwohnern und 400 000 Arbeitsplätzen [9].

Grosse, nationale Kernkraftwerkprogramme sollten konsequenterweise gekoppelt sein mit Raumordnungsprogrammen, die auf möglichst viele, mindestens 1 Mio Einwohner grosse, zusammenhängende und dichte Agglomerationen, d.h. gesamthaft auf eine starke Konzentration der Besiedlung auf wenige Verdichtungsräume abzielt [10].

Tabelle 4. Sekundärenergiebedarf für Prozesszwecke nach ausgewählten Zweigen des produzierenden Gewerbes

	Gcal/A · a
Nahrungs- und Futtermittel	6
Textilindustrie: Kleider, Wäsche, Schuhe, Bettwaren	3
Verarbeitung von Holz, Kork, Spielwaren, Sportgeräte	1
Papierindustrie	235
Leder	10
Chemie	52
Steine, Erde	90
Metalle	6
Maschinen, Apparate, Fahrzeuge	1
Uhren, Baugewerbe, Dienstleistungen	0

Quelle für beide Tabellen: EKONO-Gruner: «Energiekonzeptstudie für den Kanton Basel-Landschaft, Phase I (Beilagen)»; Basel, 1974.

Über die Siedlungsgrösse besteht ein entscheidender Zusammenhang mit der Art der Besiedlung ganzer Länder bzw. Europas auf Raumbene: Je stärker die Konzentration einer gegebenen Bevölkerung auf einige wenige Ballungsräume und damit je geringer die Zahl kleinerer Agglomerationen auch bei gesamthaft gleichbleibendem Anteil der Bevölkerung in den Agglomerationen ist, desto grösser ist tendenziell die Ausdehnung der einzelnen Agglomerationsgebiete. Damit verändert sich auch der proportionale Anteil der unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten einsetzbaren Energieträger, der sog. Energie-Modal Split, zugunsten grosstechnischer Versorgungssysteme wie Kernkraftwerke.

Die Siedlungsform

Die *Form* zusammenhängender Siedlungsgebiete – ob monozentrisch, ring- oder sternförmig oder in Form von Zentral- oder Satellitengebieten – hat wie die Körnung ihre wichtigste energiewirtschaftliche Auswirkung über den Verkehr; immerhin darf nicht ausser acht gelassen werden, dass leitungsgebundene Energieträger für jede dieser Siedlungsformen andere Netzstrukturen aufweisen.

Energieversorgungssysteme für Raumwärme und Warmwasser

Nachdem im vorangehenden Abschnitt die wichtigsten besiedlungsbestimmenden Parameter dargestellt und deren mögliche Auswirkung auf die *Höhe des Energieverbrauchs* sowie auf die *Wahl der Energieträger* angedeutet wurde, folgt nun eine geraffte Übersicht über die Niedertemperatur-Energieversorgungssysteme und deren Querbezug zu den Besiedlungsparametern.

Einigermassen übereinstimmend weisen die meisten Statistiken eine Aufteilung des Niedertemperatur-Wärmeverbrauchs mit 90 % der Endenergie für Raumwärme und 10 % für Warmwasser auf. Grundsätzlich lassen sich folgende Energiearten unterscheiden:

- P: *Primärenergie* ist die Energieform, wie sie von der Natur zur Verfügung gestellt wird (Erdöl, Erdgas, Uran, Wasserkraft, Sonneneinstrahlung usw.).
- S: *Sekundärenergie* ist Energie, die aus der Umwandlung von Primärenergie oder aus anderer Sekundärenergie gewonnen wird (Nuklearwärme, Elektrizität, Wasserstoff, Spaltgas usw.).
- E: *Endenergie* ist die dem Verbraucher nach der letzten Umwandlung zur Verfügung stehende Energie (Benzin, Strom aus der Steckdose, Erdgas usw.).
- N: *Nutzenergie* schliesslich ist die Energieform, für die beim Endverbraucher ein Bedarf vorliegt und die er mit Hilfe der Endenergie bei sich erzeugt (Wärme, Kälte, Warmwasser, mechanische Arbeit, Licht usw.).

Der Wirkungsgrad $\eta = \frac{N}{P}$ von Gesamt-Energieversorgungssystemen liegt bekanntlich bei rund 40–50 % (Bundesrepublik Deutschland 53 % 1973; Schweiz 39 % 1970) und setzt sich aus den Teilwirkungsgraden $\frac{S}{P} \cdot \frac{E}{S} \cdot \frac{N}{E}$ der einzelnen Umwandlungsstufen zusammen.

Die Unterschiede zwischen den Ländern rühren u. a. von den unterschiedlichen Anteilen der Energieträger und deren unterschiedlichen Umwandlungs-Wirkungsgraden her. Ein hoher Anteil von kernenergieerzeugter Elektrizität senkt wegen des schlechten Wirkungsgrades der Kernkraftwerke den Gesamtwirkungsgrad. Die Schweiz weist heute den höchsten

Anteil an Kernkraftelektrizität auf. Ferner spielen bei diesen Unterschieden auch gewisse statistische Ungereimtheiten zwischen den Ländern eine Rolle.

Bei der Untersuchung der Auswirkung verschiedener Energieträger auf die Raum- und Siedlungsstrukturen unterscheidet man mit Vorteil zwischen leitungsgebundenen und nicht-leitungsgebundenen Energieträgern.

Zu den *leitungsgebundenen Energieträgern* zählt man: Elektrizität, Fernwärme, Fernenergie, Gase. Alle nuklearen oder fossilen Sekundär-Energieträger sind leitungsgebunden. Auf einige der raumrelevanten Effekte wurde bereits hingewiesen; sie treten beim Bau, Betrieb sowie bei den Folgewirkungen auf.

Nicht leitungsgebundene Niedertemperatur-Energieträger sind etwa die brennstoffgefeuerte Zentralheizung, die Wärmepumpe und alle erneuerbaren Energien wie Sonne, Wind, Biogas usw. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass wirtschaftliche Gründe beim Bau von Leitungsnetzen untere Grenzen von Energieabnahmedichten und -quantitäten entsprechend unteren Grenzen von Siedlungsdichten und -grössen voraussetzen. Dünn besiedelte Gebiete inner- und ausserhalb der Verdichtungsräume und kleine Siedlungen im ländlichen Raum kommen daher insbesondere für leitungskostenintensive Energieträger nicht in Frage. Die hohen Fixkosten leitungsgebundener Energieträger haben neben der Notwendigkeit des Anschlusszwanges insofern einen «Monokultureffekt», als zwecks der notwendigen Schaffung möglichst hoher Energieabnahmedichten für einen einzigen Energieträger die Neigung gross wird, leitungsversorgte Siedlungsgebiete ausschliesslich über *einen* Energieträger zu bedienen.

Der Energieträger mit den höchsten Fixkosten ist die Fernwärme. Stellvertretend für die übrigen leitungsgebundenen Energieträger, wo die Querbezüge Besiedlung-Energieversorgung etwas weniger plastisch in Erscheinung treten, werden hier einige typische Charakteristika der Fernwärmeversorgung im Vergleich zur nicht leitungsgebundenen Wärmeversorgung der brennstoffgefeuerten Zentralheizung und der Wärmepumpenanlage dargestellt. Die Grundlage bildet eine kürzlich erschienene und wahrscheinlich massgebliche deutsche Arbeit von Winkens [11], die neben der gross angelegten, vom Deutschen Bundesministerium für Forschung und Technologie angeregten Untersuchung der «Arbeitsgemeinschaft Fernwärme» (AGFW) österreichische Untersuchungen über die Reduzierung des Energieverbrauchs in Wohnungen [12] auswertet. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen dieser Arbeit – auf der Preisbasis 1976 – lassen darauf schliessen, dass

- bei Neubauten mit neu zu erstellenden brennstoffgefeuerten Zentralheizungen energiesparende Bauweisen wirtschaftlich zweckmässig und bei der Anwendung der Wärmepumpe zwingend notwendig sind
- bei der Fernwärmeversorgung aus der wirtschaftlich günstigen Wärme-Kraft-Koppelung selbst bei Neubauten (!) eine energiesparende Bauweise von wirtschaftlich geringer Bedeutung ist
- in fernwärmeversorgten Gebieten oder dafür vorgesehenen Gebieten keine wesentliche Veränderung des Wärmebedarfs durch Anwendung wärmedämmender Massnahmen für die bestehende Bebauung zu erwarten sein soll
- bei Anwendung wärmedämmender Massnahmen in solchen Gebieten über das wirtschaftliche Mass hinaus der Anwendungsbereich der Fernwärmeversorgung (infolge Senkung der Wärmedichte) empfindlich eingeschränkt werden könnte.

Die raumplanerische und städtebauliche Konsequenz dieser Feststellungen besteht in der Notwendigkeit der frühzeitigen und – infolge der 50- bis 100jährigen Lebensdauer der Fernwärmeleitungen – auf praktisch unbeschränkte Zeit

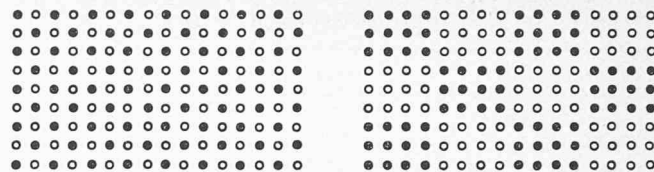


Bild 3. Die Körnung der Besiedlung. Links: feinkörnig, rechts: grobkörnig (Punkte = Wohnplätze bzw. Einwohner; Kreise = Arbeitsplätze bzw. Beschäftigte)

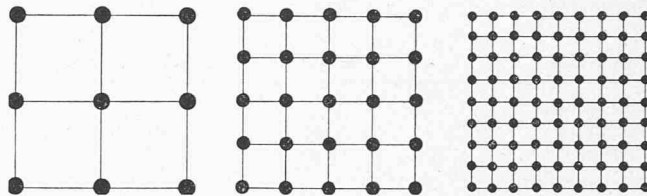


Bild 4. Konzentrationsgrad der Besiedlung auf Raumebene. Links: Konzentration auf wenige Schwerpunkte: grosse Verdichtungsräume. Mitte: Mittlerer Konzentrationsgrad: mittlere Verdichtungen. Rechts: Dispersion auf zahlreiche Schwerpunkte: kleine Verdichtungen

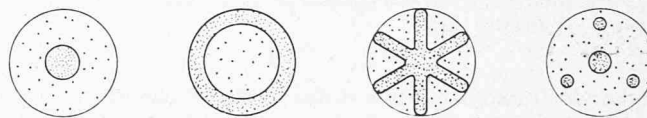


Bild 5. Typen von Verdichtungsräumen oder Agglomerationen. Von links nach rechts: monozentrisch, ringförmig, sternförmig, polyzentrisch

gültigen *Ausscheidung von Fernwärme- und Nicht-Fernwärmeperimeter* analog zu den bekannten Koordinationsverfahren zwischen Abwasserbeseitigung und Siedlungs- und Raumplanung (sog. Kanalisationsperimeter). Die Festlegung dieser Perimeter muss nach Massgabe angenommener Wärmedämmwerte erfolgen, deren nachheriges Unterschreiten unwirtschaftlich ist. Ausserhalb dieser Perimeter – wo Einzel- und Sammelheizungen die Regel sind – lohnt sich die bessere Wärmedämmung.

Eine grosse Unsicherheit bei der Berechnung der «fernwärmewürdigen» Siedlungsgebiete beruht auf der sehr grossen Empfindlichkeit gegenüber den relativen Kosten der Energieträger [13].

Das «Scharnier» Verkehr

Einen Scharniermechanismus besonderer Art stellt der Verkehr dar. Einige Querbezüge zur Siedlungsstruktur wurden schon erwähnt. Sein Endenergieanteil am gesamten Endenergieaufwand europäischer Länder liegt in der Grössenordnung von 20%, davon zu 90% beim Strassenverkehr. Weil der Energieaufwand pro Passagierkilometer oder für Güter pro Tonnenkilometer je nach Verkehrsmittel verschieden ist, kommt neben dem unterschiedlichen Verkehrsvolumen unterschiedlicher Siedlungstypen der Aufteilung nach Verkehrsträgern im Hinblick auf deren Verkehrsenergieverbrauch eine wichtige Rolle zu.

Zwischen Verkehrsvolumen – definiert als Produkt der Zahl der Fahrten und der durchschnittlichen Fahrtlänge – und der Siedlungsform scheint nach Rittel [2] ein nachweisbarer Zusammenhang zu bestehen: das Verkehrsvolumen wächst proportional zu \sqrt{E} ; d.h., dass zwei Agglomerationen unter sonst vergleichbaren Bedingungen nur rund 70% des Verkehrsvolumens einer einzigen Agglomeration gleicher Gesamtgrösse erzeugen. Umgekehrt reduziert dem gleichen Autor

Tabelle 5. Spezifischer Energieverbrauch der Verkehrsmittel

Personenverkehr	Mcal / 100 pkm	Energieträger
Schieneverkehr		
Elektrolok	15,4	Strom
Diesellok	28,7	Diesel
S-Bahn	11,2	Strom
Strassenverkehr		
Bus	18,2	Diesel
E-Speicher-Bus	44,8	Strom
Pkw	51,8	Benzin
Flugverkehr	166,6	Kerosin
Güterverkehr	Mcal / 100 tkm	Energieträger
Schieneverkehr		
Elektrolok	15,4	Strom
Diesellok	30,8	Diesel
Strassenverkehr		
Lkw	89,6	Diesel
E-Speicher-Lkw	229,6	Strom
Sonstiger Verkehr		
Binnenschifffahrt	9,1	Diesel
Pipeline	0,7	Strom

Quelle: Seidenfuss, H. St. (Hrsg.): «Energie und Verkehr» in: Beiträge aus dem Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität Münster, Heft 77; Göttingen, 1975.

steigende Besiedlungsdichte d das Verkehrsvolumen im Verhältnis $\sqrt{1/d}$; eine 4fache Dichte halbiert also das Verkehrsvolumen.

Im Zusammenhang kann daher festgestellt werden: Eine Konzentration der Besiedlung auf relativ wenige, grosse Verdichtungs- und Ballungsräume reduziert den Verkehr zwischen den Siedlungsschwerpunkten und konzentriert ihn auf wenige Hochleistungsachsen; innerhalb der Verdichtungsräume jedoch erhöht sich das spezifische und absolute Verkehrsvolumen. Weil ein Grossteil der gesamten Verkehrsleistung innerhalb und nicht zwischen den Siedlungsschwerpunkten erbracht wird, nimmt das Verkehrsvolumen insgesamt zu. Gemäss dem Gutachten des bundesdeutschen Rates der Sachverständigen für Umweltfragen [14] sind die Fahrleistungen innerhalb der deutschen Verdichtungsräume rund 8 bis 17 mal grösser als im Bundesdurchschnitt. Umgekehrt führt eine auf Raumbene dezentralisierte, auf zahlreiche, kleinere Schwerpunkte konzentrierte Besiedlung zu einer Erhöhung des Verkehrsvolumens zwischen diesen Schwerpunkten auf zahlreichen, weniger leistungsfähigen Achsen, aber zu einer Senkung des spezifischen und absoluten Verkehrsvolumens innerhalb der Verdichtungsräume. Weil die Nachfrage nach Verkehrsleistungen auf Siedlungsebene überwiegt, reduziert sich die

Tabelle 6. Energieverbrauchsichte ausgewählter Gebiete während der späten sechziger Jahre

Gebiet	km ²	W/m ²
Manhattan, New York City	59	650
Moskau	880	127
West-Berlin	234	21,3
Los Angeles	3 500	21
Nordrhein-Westfalen (Ruhr)	10 300	10,2
Los Angeles Basin	10 000	7,5
Nordrhein-Westfalen	34 000	4,2
Benelux	73 000	1,66
Grossbritannien	242 000	1,21
14 US-Ost-Staaten	932 000	1,11
Central-Western Europe	1 665 000	0,74
Welt	510 000 000	0,012

Quelle: Report of the Study on Man's impact on Climate; Inadvertent Climate Modification; MIT Press, Cambridge, Mass. 1971.

gesamte Verkehrsleistung auf beiden Ebenen bei dezentraler Besiedlung insgesamt und zwar um so mehr, je mehr Schwerpunkte der Besiedlung auf Raumbene gebildet werden.

Umweltbelastung aus Energieversorgung und Besiedlung

Wärmebelastung

Für menschliche Tätigkeiten benötigte Energien gehen fast restlos als Wärme wieder an die Umwelt zurück. Der anthropogen verursachte Wärmeumsatz auf der Erdoberfläche und in den erdnahen Luftschichten beträgt heute mit rund 0,012 W/m² zwar erst 1/10000 der gesamten natürlichen Strahlungsbilanz. Gesamthaft sind klimatische Auswirkungen der menschlichen Freisetzung von Energie vorderhand nicht wahrscheinlich. Anders sind die Verhältnisse im Bereich grosser Agglomerationen oder Verdichtungsräume. Im Vergleich zu den rund 100 W/m² der mittleren jährlichen, natürlichen Sonneneinstrahlung auf der Erdoberfläche mittlerer Breitengrade erreichen die 630 W/m² in Manhattan, 127 W/m² in Moskau oder 20 W/m² in Berlin und Los Angeles gleiche Grössenordnungen. Weil aufgrund des sog. «Heat Island»-Effektes über ausgedehnten Siedlungen Klimaveränderungen in deren Bereich – wie erhöhter Niederschlag, verstärkte Wolkenbildung – nachgewiesen sind, bestehen über Verdichtungsräumen Zusammenhänge zwischen anthropogenem Energieumsatz und Klima.

Es leuchtet ein, dass regionale Klimabeeinflussungen um so grösser sind, je grösser der spezifische Energieumsatz pro Einwohner und Arbeitsplatz, je grösser zusammenhängend besiedelte Gebiete (Konzentration der Gesamtbesiedlung eines Landes oder Kontinentes auf wenige Verdichtungsräume, siehe

Bild 4a), je schlechter der Wirkungsgrad $\eta = \frac{N}{P}$ des Gesamtenergiesystems (weil dann bei gegebenem Nutzenergieverbrauch mehr Primärenergie eingesetzt werden muss und mehr Umwandlungsverluste an die Atmosphäre abgegeben werden) und je höher der anthropogen freigesetzte im Vergleich zum regenerierbaren Energieeinsatz ist. Regenerierbare Energiequellen sind u. a. Sonne, Wind, Wasser, Biogas; diese werden auch ohne menschliches Zutun umgewandelt und somit verursacht deren menschliche Nutzung nur unbedeutende Veränderungen der natürlichen Strahlungsbilanz infolge Veränderung der Absorptions- und Reflexionscharakteristik der Erdoberfläche. Falls negative Klimaeffekte infolge Energieverbrauches befürchtet werden, sind deshalb die folgenden Zielsetzungen zu befolgen:

- hoher Gesamtwirkungsgrad der Energieversorgung, Raum- und Siedlungsstrukturen mit möglichst wenig Endenergiebedarf und mit Begünstigung von Energieträgern hohen Wirkungsgrades
- hoher Anteil der regenerierbaren Energieträger, Raum- und Siedlungsstrukturen, die den Einsatz solcher Energieträger begünstigen
- Dezentralisierung der Besiedlung auf Raumbene in zahlreichen, nicht zu grosse Verdichtungsgebiete (sog. dezentrale Konzentration, siehe Bild 4c).

Schadstoffbelastung

Neben der Wärme werden bei den meisten vom Menschen verursachten Energieumsetzungen auch *Schadstoffe* freigesetzt. Das gilt in besonderem Masse für die fossilen Energieträger Kohle und Öl, die schwefelhaltig sind. In Zukunft dürften jedoch die auch bei der Verbrennung von Naturgas freigesetzten Stickstoffoxide (NO_x) eine zunehmend wichtige Rolle spielen, weil deren Reduktion im Gegensatz zu den erfolg-

reichen Schwefelminderungsmassnahmen technisch noch nicht gelöst scheinen. Der Strassenverkehr wirkt sich vor allem infolge Abgabe von Kohlenmonoxiden (CO) belastend aus. Diese Schadstoffe werden von Winden verfrachtet, wenn sie nicht bei sog. stabilen Hochdrucklagen oder infolge Inversionslagen (d.h. Wetterlagen mit steigenden Lufttemperaturen mit zunehmender Höhe in erdnahen Luftschichten) über den Emissionsgebieten mit schlechten Durchlüftungsverhältnissen stagnieren.

Die anthropogen verursachte Thermik über grossen Siedlungsgebieten («Heat Island»-Effekt) verursacht ein Einströmen schadstoffbelasteter Luft Richtung Siedlungsschwerpunkte (Bild 6). Dieser Effekt ist um so stärker, je dichter das Zentrum überbaut, je grösser der spezifische Energieverbrauch, je höher der spezifische Schadstoffgehalt der Brenn- und Treibstoffe und je ausgedehnter und zusammenhängender das Verdichtungsgebiet ist. Daher gelten grundsätzlich die gleichen Zielsetzungen für die Immissionsminderung wie für die Minderung negativer klimatischer Wirkungen der Wärmeabgabe infolge Energieumsatzes. Hinzu kommt die Forderung nach Verwendung möglichst schadstoffarmer Energieträger. Für den Verkehr heisst das praktisch: neben der möglichst grossen Reduktion des Verkehrsvolumens ein möglichst hoher Anteil öffentlichen Verkehrs. Die Raum- und Siedlungsstrukturen sollten auf diese Zielsetzungen ausgerichtet werden.

Zielkonflikte

Eine besondere Problematik tritt bei der Fernwärmeversorgung bezüglich Umweltverträglichkeit insofern auf, als in deren Bereich offenbar erhöhte Anstrengungen für wärmedämmende Massnahmen unerwünscht sind. Zwar fallen die Schadstoffemissionen hausegefeuerter Sammelheizungen weg, aber die Wärmeemissionen bleiben. Günstig ist die gleiche Zielsetzung dichter Bauweise für die Fernwärmeversorgung und für die Förderung des öffentlichen Verkehrs. Umweltungünstig ist das Erfordernis grosser, zusammenhängender Siedlungsgebiete für nuklear erzeugte Fernwärme.

Dass beim Einsatz konkreter siedlungsplanerischer, raumordnerischer und energiewirtschaftlicher Massnahmen noch andere Zielkonflikte auftreten können, die jeweils nur am konkreten Beispiel und unter Zuhilfenahme quantitativer Abklärungen gelöst werden können, beweist auch das Beispiel der Sonnenenergieverwendung für Raumwärmezwecke:

Wie anfangs erwähnt, wird die Besiedlungsdichte infolge grosser Kollektorflächen bei umfänglicher Verwendung von Sonnenenergie für Warmwasser und Raumwärme stark reduziert. Überschlägige Rechnungen führten zu einer oberen Ausnützungsziffer von rund 0,3. Wäre eine solche Siedlung völlig leitungs- und verkehrsunabhängig, so müsste aus energie- und umwelttechnischer Sicht gefordert werden, dass nirgends dichter gebaut wird. Es gibt jedoch keine moderne leitungs- und verkehrsunabhängige Siedlung. Elektrizität, Wasser, Abwasser, Telefon, Television und Verkehr müssen auch bei starker Verwendung regenerierbarer Energieträger zu- bzw. weggeführt werden. Niedrige Siedlungsdichten verursachen teurere, weil längere Erschliessungen und erschweren den Einsatz umweltfreundlicher öffentlicher Verkehrsmittel.

Mit Ausnahme von Orten, wo Wasserkraft zur Verfügung steht, wird Elektrizität am wirtschaftlichsten und umweltschonendsten (Wirkungsgrad!) im Wärme-Kraft-Verbund fossil oder nuklear hergestellt. Daher besteht ein gesamtwirtschaftliches und umwelttechnisches Interesse an Raum- und Siedlungsstrukturen, welche die bei der notwendigen Elektrizitätsproduktion anfallende Abwärme als Fernwärme verwenden können; das setzt, wie ausgeführt, örtlich hohe Siedlungsdichten voraus.

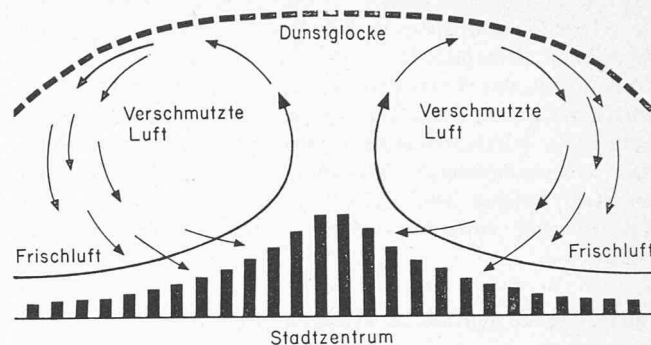


Bild 6. Der «Heat Island»-Effekt. Über dem am meisten erwärmten Stadtzentrum steigt die Luft auf, aus der Umgebung wird saubere Luft angesaugt, die auf dem Wege zum Zentrum Schadstoffe aufnimmt. Sie werden mit der Thermik nach oben getragen und sinken dann verteilt über die gesamte Fläche des Verdichtungsraumes wieder ab. Die Folge davon ist eine «Dunstglocke».

Zusammenfassung

Unsere Fragestellung lautete: Welche Anordnung und Struktur einer gegebenen Zahl von Einwohnern und Beschäftigten

- auf Raumebene (interregional) und
- auf Siedlungsebene (regional, in Verdichtungsräumen) verursacht
- viel oder weniger Endenergieverbrauch,
- erfordert welche Art der Energieversorgung und bewirkt folglich
- welchen Wirkungsgrad und damit welchen Primärenergieverbrauch?

Qualitative Beschreibung

Der wichtigste Beitrag dieser Arbeit besteht in der vorwiegend qualitativen Beschreibung der Mechanismen zwischen Energieversorgung und Besiedlung. Im vorangehenden Abschnitt wurde darauf hingewiesen, dass Globalantworten aufgrund rein qualitativer Überlegungen unzulässig sind, weil zum Teil Massnahmen, die zu Konflikten im Hinblick auf Gesamtzielsetzungen führen könnten, denkbar sind. Generell kann zwar mit einiger Sicherheit vermutet werden – und die kürzlich abgeschlossene Forschungsarbeit der schon erwähnten schweizerischen Gruppe für das bundesdeutsche Ministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau [10] hat dies erhärtet –, dass grosstechnische Energieversorgungssysteme wenige, grosse Verdichtungsräume tendenziell fördern bzw. voraussetzen. Zu den grosstechnischen Energieversorgungssystemen gehören jene, die sich schwergewichtig auf Kernenergie stützen.

Koordination von Besiedlungs- und Energiekonzepten

Aber es muss gefordert werden, dass in jedem konkreten Fall – für jedes Land, für jede Region, für jeden Verdichtungsraum – eine Abstimmung der Energie- und der Besiedlungskonzepte erfolgt, weil ohne jeden Zweifel Querbezüge bestehen, deren Vernachlässigung zu groben Zielkonflikten und damit zu Energieverschwendung und unnötiger Umweltbelastung führt. So wie heute die Koordination der Wasser- und der Abwasserversorgung und des Verkehrs mit der Besiedlung selbstverständlich geworden ist, und in manchen Ländern, beispielsweise in Gewässerschutzgesetzen und selbst mit Mitteln wie dem Anschlusszwang, ihren Niederschlag gefunden hat, so muss in Zukunft eine systematische, gesetzlich und administra-

tiv geregelte Koordination der Energieversorgung mit der Besiedlung sichergestellt werden. Eine siedlungsplanerische Konsequenz des Einsatzes der Fernwärmeversorgung beispielsweise ist die Ausscheidung von Fernwärmeversorgungsperimetern, innerhalb welcher weniger und ausserhalb welcher mehr wärmedämmende Massnahmen vorzuschreiben sind, innerhalb welcher jedoch ein Anschlusszwang und ein Konkurrenzverbot durch andere Energieträger erlassen werden müsste.

Eingriffe in die individuelle Verfügungsfreiheit?

Sowohl die quantitative Bezugsetzung der energiewirtschaftlichen und der Siedlungsplanung wie auch die gesetzliche Regelung der Durchsetzung koordinierter Konzepte ist in allen europäischen Ländern vorderhand erst ein Postulat, nicht eine Tatsache. An sich nicht eben wünschenswerte planungsgesetzliche und technische Eingriffe in die individuelle Verfügungsfreiheit, wie die freie Wahl der Energieträger, sind um so notwendiger, je grösser die Wachstumsraten des Energieverbrauchs sind, weil diese die primäre Ursache von ökologischen und technischen Gleichgewichtsstörungen sind.

Literaturverzeichnis

- [1] Hohl, R.: «Einwirkungen der Energieerzeugung auf die Umwelt, Betrachtungen zur Gesamtenergiekonzeption der Schweiz», Schweiz. Bauzeitung, Heft 17, 1974.
- [2] Rittel, H. W.: «Gesellschaftliche Alternativen im Berufsverkehr»: in: Aufgabe Zukunft. Qualität des Lebens. Band 3: Verkehr, Frankfurt a.M., 1973.
- [3] Real Estate Research Corporation z.H. des Council of Environment Quality etc.: «The Cost of Sprawl», Washington, 1974.

- [4] Dietrich, G., Kaier, U., Solfian, W.: «Fernwärmeversorgung mit Kernkraftwerken», in: Fernwärme international – FWI, Heft 5, 1975.
- [5] Bundesdeutsches Ministerium für Forschung und Technologie: «Auf dem Wege zu neuen Energiesystemen», Teil V; Bonn, 1975.
- [6] Fachkommission für regionale Energieversorgung und Energiekonzeption Basel-Stadt und Basel-Landschaft/GRUNeko AG, hektographierter Zwischenbericht, unveröffentlicht; Basel, 1975.
- [7] Zitiert nach Winkens: Österreichisches Institut für Bauforschung: «Reduzierung des Energieverbrauchs in Wohnungen», Forschungsbericht 117/1.
- [8] Siehe diverse Arbeiten im Rahmen der Gesamtverkehrskonzeption Schweiz (GVK CH).
- [9] Mühlhäuser, H., Helbling, W.: «Heizwärme aus Kernenergie – technische und wirtschaftliche Aspekte», Technische Rundschau Nr. 15, 1975.
- [10] Gruppe für Raumplanung, Energiewirtschaft und Ökologie «ur», Zürich: «Auswirkungen von Entwicklungen im Energiesektor auf die Raum- und Siedlungsstruktur»; Schriftenreihe «Raumordnung» des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Nr. 06.011, Bonn-Bad Godesberg, 1977.
- [11] Winkens, H. P.: «Vergleichende Betrachtung von energiesparenden Massnahmen» in: Fernwärme international – FWI, 1976.
- [12] Österreichisches Institut für Bauforschung: «Reduzierung des Energieverbrauchs in Wohnungen»; Forschungsbericht 117/1.
- [13] Winkens, H. P., u.a.: «Die wirtschaftlichen und technischen Ausbaumöglichkeiten der Fernwärmeversorgung in der Bundesrepublik Deutschland – Bericht über die Ergebnisse der Gesamtstudie» in: Fernwärme international – FWI, Heft 5, 1976.
- [14] Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen: «Auto und Umwelt»; Gutachten vom September 1973.

Adresse des Verfassers: Ueli Roth, dipl. Arch. ETH/SIA, Turnerstrasse 24, 8006 Zürich.

Verkehr — Energie — Forschung

Von Ambros P. Speiser, Baden*)

Vor einiger Zeit las ich die Rezension, die ein Zuhörer über einen Fachvortrag an einer Abendveranstaltung einer technischen Gesellschaft geschrieben hatte – ein Vortrag, der offenbar bei den Zuhörern nicht besonders gut angekommen war. Folgendes war zu lesen: «Der Referent sagte viel Neues und viel Wahres. Aber das Wahre war nicht neu, und das Neue war nicht wahr.»

Bedenken

Ich muss ehrlich gestehen, dass ich ein wenig Bedenken habe, der Leser könnte am Schluss dieses Beitrages ein ähnliches Urteil abgeben. Über Verkehr, Energie und Forschung ist nämlich so gut wie alles gesagt worden, was wirklich hörens- und lesenswert ist. Was allenfalls noch übriggeblieben sein mag, ist durch die Gesamtverkehrskommission (GVK), die Gesamtenergiekommission (GEK) und die forschungspolitischen Instanzen nachgeholt worden, sowie natürlich durch die Kritiker dieser drei Organe, und dazu gehören immerhin sechs Millionen Schweizer...

Wer also jetzt noch etwas Neues sagen wollte, müsste sich etwas derart Ausgefallenes ausdenken, dass sein Gedanke eher ins Reich der Utopie als der Realität fallen müsste.

Im Gegensatz zu Computer und Weltraumfahrt ist eben der Verkehr etwas sehr Altes: Eisenbahnen gibt es seit 155 Jah-

ren, Autos seit etwa 100 und Flugzeuge seit 75 Jahren. Alle diese Verkehrsarten haben also einen erheblichen Grad der technischen Reife erreicht: Die Zeit der sensationellen Neuerungen ist vorbei. Ähnliches gilt für die Energieformen, die man im Verkehr braucht, nämlich Erdöl und Elektrizität.

Die «Energiediskussion»

Neu ist hingegen die «Energiediskussion» als solche. Sie nahm ihren Anfang im Oktober 1973 während der Nahostkrise. Die meisten Menschen sind sich einig, dass diese Ereignisse einen Wendepunkt von weitreichender Bedeutung markierten. Was war eigentlich geschehen – worin bestand die «Energiekrise»? Wir wissen jetzt, dass die Energie zu keinem Zeitpunkt wirklich knapp war. Aber zwei bleibende Effekte lassen sich konkret nennen: Erstens sind die *Erdölpreise sprunghaft gestiegen*, und zweitens ist die Erkenntnis durchgedrungen, dass *zwischen den verschiedenen Energieformen mancherlei Wechselbeziehungen bestehen* und dass die *Voraussetzungen für den Nachschub nicht auf alle Zeit gesichert* sind.

Man kann die Erfindung der Dampfmaschine im Jahr 1765 als den Zeitpunkt bezeichnen, in dem die Menschen begonnen haben, sich die Energie im grossen Umfang zunutze zu machen, um ihr eigenes Schicksal zu verbessern. Die Nahostkrise markiert nicht unbedingt die beginnende Energieknappheit, wohl aber das Ende des Zeitalters der billigen und sorglosen Energie; das Zeitalter hat 208 Jahre gedauert.

*) Vortrag, gehalten an der Generalversammlung der LITRA (Informationsdienst für den öffentlichen Verkehr) am 3. November 1977 in Bern.