

UELI ROTH

Der Einfluß der Siedlungsform auf Wärmeversorgungssysteme, Verkehrsenergieaufwand und Umweltbelastung

1. Problemstellung und kurzgefaßte Schlüsse

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, das heißt
 - 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 vorgebrachte Forderung nach Koordination und gesamtheitlicher Betrachtungsweise des Raum-, Siedlungs- und Energiesystems.

Um Mißverständnissen vorzubeugen: Die Ziele der urbanen Entwicklung beziehen sich natürlich nicht einseitig und nur auf ein wünschbares Energieversorgungssystem; es gibt auch unabhängige Zielsetzungen im gesellschaftlichen und allgemeinwirtschaftlichen 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!

Die vorliegende Arbeit behandelt jenen Teil des Energiesystems, welcher die stärksten, nachweislichen Wechselbeziehungen mit urbanen Systemen aufweist: mit der Niedertemperatur-Wärmeversorgung und mit dem Verkehr, der das wirkungskräftigste indirekte „Scharnier“ zwischen Energieversorgung und urbanem System darstellt.

Nicht allzu überraschend ergibt sich der Schluß, daß tendenziell — und noch viele 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, allgemeinwirtschaftlichen 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 Tabelle 1 — 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 beispielsweise weisen die Statistiken fast 50 % des Gesamtenergieverbrauches als Niedertemperaturwärme aus¹.

¹ *Hohl, R.*: Einwirkungen der Energieerzeugung auf die Umwelt. Betrachtungen zur Gesamtenergiekonzeption (der Schweiz). In: Schweiz. Bauzeitung. 92. Jg. (1974) H. 17.

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

	Raumheizung	Warmwasser	Prozeßwärme	Licht/Kraft	Total
Haushalte	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
Kleinverbraucher	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 _{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		

Berechnungsgrundlagen:
Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme. (Auftrgg./Hrsg.): Bundesminister für Forschung und Technologie. — Bonn 1975. Teil 4, S. 2 ff.; Teil 5, S. 49 ff.

Dafür, daß sich der spezifische *Verkehrsenergieverbrauch* in Funktion der Siedlungsdichte, der Zahl der Siedlungszentren und der „Körnung“ der Wohn- und Arbeitsplätze, das heißt des Maßstabes der Durchmischung, verändert, gibt es mehr oder weniger erhärtete Theorien, wie jene von *Rittel*² oder jene der amerikanischen Real Estate Research Corporation³. 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 Art der Energieträger über die einschränkende Wirkung von Emissionsstandards, zum Beispiel 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.

2 *Rittel, H. W.*: Gesellschaftliche Alternativen im Berufsverkehr. In: Aufgabe Zukunft. Qualität des Lebens. Band 3: Verkehr. — Frankfurt a. M. 1973.
3 The cost of sprawl. (Bearb.): Real Estate Research Corporation z. Hd. des Council of Environmental Quality usw. — Washington 1974.

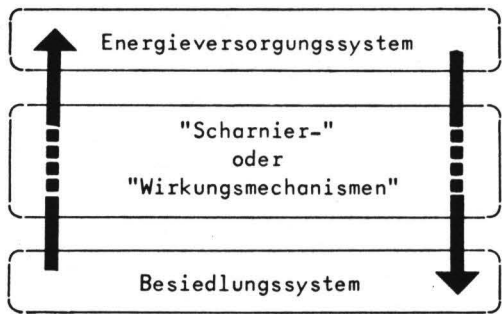


Abb. 1: „Scharnier-“ oder „Wirkungsmechanismen“ zwischen Energieversorgung und Besiedlung

2. 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 Siedlungsform und Energieversorgung gehen über „Scharnier-“ oder „Wirkungsmechanismen“ in beiden Richtungen: von der Besiedlung zur Energieversorgung und von der Energieversorgung zur Besiedlung (vgl. Abb. 1).

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 Einschubeabschnitt befaßt sich zusätzlich mit den wesentlichen, über das Zwischenglied „Verkehr“ wirkenden Querbezüge 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.

3. Parameter und Typologie der Besiedlung

Die Parameter, welche die typologische Charakterisierung der Besiedlung ermöglichen, beziehen sich auf die Verteilung der Einwohner und Arbeitsplätze und deren Struktur, wie zum Beispiel deren Zugehörigkeit zu Wirtschaftszweigen, sowie auf deren bauliche Unterbringung und weiter auf die Folgeeinrichtungen dieser Primärelemente, wie zum Beispiel Verkehrsträger und öffentliche Bauten und Anlagen. Dabei müssen mindestens zwei Ebenen unterschieden werden: die Raumbene auf überregionaler oder nationaler Stufe und die

Tabelle 2: Heizwärmeverluste durch einzelne Bauteile

Anteil je m² Nutzfläche		Ein- und Zweifamilienwohnhäuser	Gebäude mit drei und mehr Wohnungen
Außenwand	m²	0,89	0,705
Decke zum Dach	m²	1,02	0,643
Decke zum Keller	m²	1,02	0,643
Fläche der Fenster	m²	0,18	0,163
Fläche der Außentüren	m²	0,04	0,02
Fugenlänge der Fenster	m	0,666	0,603

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“ $\frac{A}{E}$, den Maßstab dieses Mischverhältnisses (die „Körnung“, englisch „grain“), die räumliche Ausdehnung oder Größe und die Form zusammenhängender Siedlungsgebiete.

3.1 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 1 000 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 der Fernwärmeversorgung; für letztere wird in der Literatur wiederholt eine untere Grenze der Wärmeabnahmedichte von 20—30 Gcal/km²·h genannt⁴.

Der spezifische Wärmeverbrauch pro m³ umbauten Raumes und die Art der typischen Wärmeverluste variierte 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

⁴ Dietrich, G.; U. Kaier; W. Solfian: Fernwärmeversorgung mit Kernkraftwerken. In: Fernwärme international — FWI. 4. Jg. (1975) H. 5.

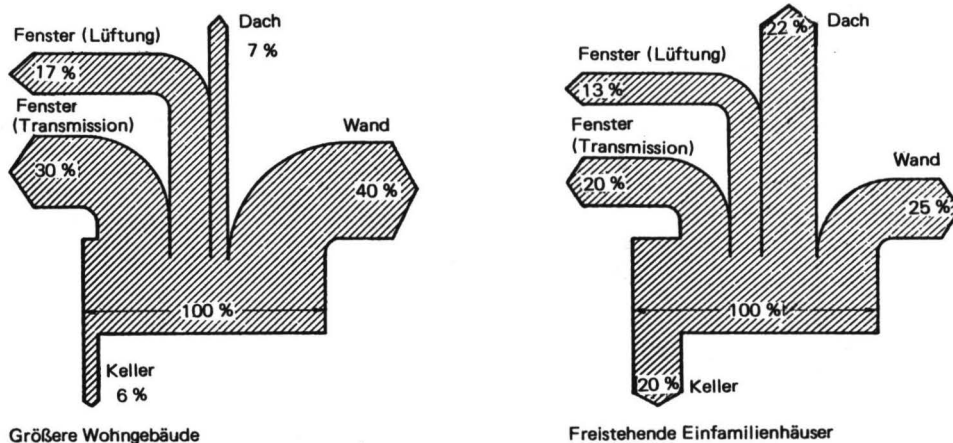


Abb. 2: Der Heiz-Wärmefluß aus Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern. Gesamtwärmeverbrauch ca. 100%; die bauliche Ausführung entspricht durchschnittlichen bundesdeutschen Verhältnissen.

Quelle: Winkens, H.P.: Vergleichende Betrachtung von energiesparenden Maßnahmen. In: Fernwärme international. 5. Jg. (1976) H.2.

kcal/m²·h für Raumwärme und Warmwasser gebraucht. Mehrfamilienhäuser benötigen rund 15 % weniger, nämlich 95 kcal/m²·h⁵. Detaillierte Untersuchungen in der Schweiz⁶ kommen zum gleichen Schluß. Die Art der Wärmeverluste aus Gebäuden und damit die Art der möglichen Sparmaßnahmen unterscheidet sich ebenfalls nach Gebäudeart, wie Abb. 2 zeigt.

Eine österreichische Untersuchung⁷ ergab Zusammenhänge, wie sie in Tabelle 2 dargestellt sind.

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 Geschosflächenzahl von ca. 0,3 oder 30 % möglich. Geschosflächenziffern von über 0,8 erzwingen wenigstens teilweise eine Bauweise mit über 3 bis 4 Geschossen. Die Geschosflächenzahl ist das Verhältnis der Bruttogeschosfläche zur Baulandfläche ohne öffentliche Verkehrsfläche, in der Schweiz als „Ausnützungsziffer“, in anglosächsischen Ländern als „floor area ratio“ bezeichnet.

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.

3.2 Die Beschäftigungsquote

Das Mischungsverhältnis $\frac{A}{E}$ („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 typischerweise stark negativen Pendlersaldi liegt das Verhältnis entschieden unter dem Mittelwert, zum Beispiel bei 0,1 bis 0,2, hingegen in Kerngebieten stark darüber, zum Beispiel bei 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 sind. Der spezifische Endenergieverbrauch pro Beschäftigtem im sogenannten Kleinverbrauch betrug jedoch rund 16,2 Gcal, also etwa dreimal mehr.

Ähnlich verhält sich das Verhältnis der durchschnittlichen Verkehrserzeugung, die für die Ermittlung des Verkehrsenergiebedarfs primär wichtig ist (neben der durchschnittlichen Fahrtlänge und dem Verkehrs-Modal-Split, das heißt der Aufteilung des Gesamtverkehrs in den öffentlichen und privaten Teil): in der Schweiz erzeugt entsprechend neuesten

5 Auf dem Wege zu neuen Energiesystemen. (Auftrgg./Hrsg.: Bundesminister für Forschung und Technologie. Teil 5. — Bonn 1975.

6 Fachkommission für regionale Energieversorgung und Energiekonzeption Basel-Stadt und Basel-Landschaft/GRÜNEKO AG. Hektographierter Zwischenbericht. — Basel 1975. Unveröffentlicht.

7 Reduzierung des Energieverbrauchs in Wohnungen. (Hrsg.: Österreichisches Institut für Bauforschung. = Forschungsbericht 117/1. (Zitiert nach Winkens.)

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

Wirtschaftsbereich	Spezifischer Nieder- temperatur- Wärmebedarf pro 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- u. Körperpflege u. Reinigung	7,5
Übrige Dienstleistungen	15,0
Öffentliche Verwaltung inkl. Schulen	4,0/19,3

Quelle: Energiekonzeptstudie für den Kanton Basel-Landschaft.
Phase 1 (Beilagen). (Hrsg.:) EKONO-Gruner. – Basel 1974.

Ermittlungen ein Einwohner im Mittel eine, ein Arbeitsplatz zweieinhalb tägliche Fahrten⁸.

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. Die Tabellen 3 und 4, deren Werte auf schweizerischen Untersuchungen beruhen, geben einige Beispiele dafür.

Die Beschäftigungsquoten sind somit als wichtige Siedlungsparameter in Verbindung mit den spezifischen Energieverbrauchsdaten eine unentbehrliche Größe für die Ermittlung des Energieverbrauchs in Siedlungsgebieten.

8 Siehe diverse Arbeiten im Rahmen der Gesamtverkehrskonzeption Schweiz (GVK CH).

Tabelle 4: Sekundärenergiebedarf für Prozeßzwecke nach ausgewählten Zweigen des produzierenden Gewerbes

Gewerbe-zweig	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: Wie Tabelle 3.

3.3 Die Körnung

Der Maßstab des Mischverhältnisses $\frac{A}{E}$, 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 (vgl. Abb. 3); 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 Vorortsgebieten, arbeiten jedoch im Kerngebiet.

Ein Einfluß der Körnung auf den Niedertemperatur-Energiebedarf oder auf die Art seiner Bedarfsdeckung (Energieträger) ist schwer nachweisbar.

3.4 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 leistungsgebundene Energieträger wie Fernwärme und in geringerem Maß auch Gas und Elektrizität für die Niedertemperaturwärmeversorgung eingesetzt werden. Fernwärmeversorgungen durch Kernkraftwerke beispielsweise bedingen unter anderem wegen der aus Sicherheitsgründen langen Hauptleitungen vom Werk zu den Abnahmegebieten zusammenhängende Versorgungsgebiete von mehreren 100 000 Einwohn-

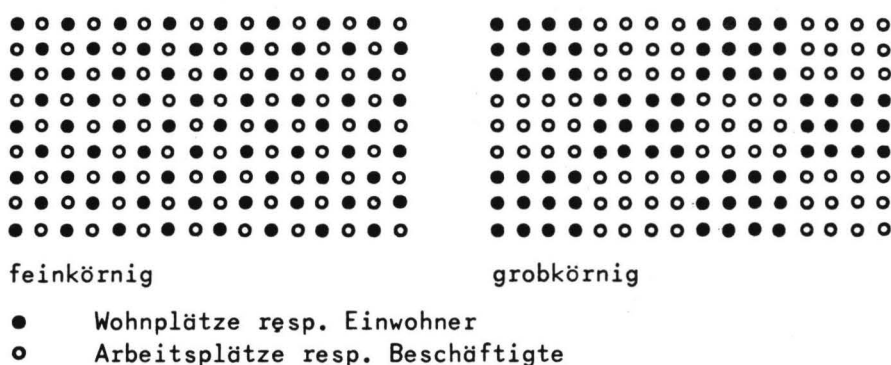


Abb. 3: Die Körnung der Besiedlung

nern mit zugehörigen Arbeitsplätzen, um die in Wärme-Kraft-Koppelung hergestellte Fernwärme wirtschaftlich einsetzen zu können. Die volle Ausnützung der veredelten Abwärme eines 1 000-MW_e-Kernkraftwerkes benötigt Siedlungsgebiete von genügender Dichte mit ca. 1 Million Einwohner und 400 000 Arbeitsplätzen⁹.

Große, nationale Kernkraftwerkprogramme sollten konsequenterweise gekoppelt sein mit Raumordnungsprogrammen, die auf möglichst viele, mindestens eine Million Einwohner große, zusammenhängende und dichte Agglomerationen, das heißt gesamthaft auf eine starke Konzentration der Besiedlung auf wenige Verdichtungsräume abzielen¹⁰ (vgl. Abb. 4).

Über die Siedlungsgröße besteht ein entscheidender Zusammenhang mit der Art der Besiedlung ganzer Länder bzw. Europas auf Raumebene: 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 sogenannte Energie-Modal-Split, zugunsten großtechnischer Versorgungssysteme wie Kernkraftwerke.

3.5 Die Siedlungsform

Die *Form* zusammenhängender Siedlungsgebiete — ob monozentrisch, ring- oder sternförmig oder in Form von Zentral- oder Satellitengebilden — 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 (vgl. Abb. 5).

4. 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.

Einigmaßen 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 % 1973¹¹; Schweiz 39 % 1970¹²)

⁹ Mühlhäuser, H.; W. Helbling: Heizwärme aus Kernenergie. Technische und wirtschaftliche Aspekte. In: Technische Rundschau. (1975) Nr. 15.

¹⁰ Auswirkungen von Entwicklungen im Energiesektor auf die Raum- und Siedlungsstruktur. (Bearb.: Gruppe für Raumplanung, Energiewirtschaft und Ökologie, ur', Zürich. — Bonn-Bad Godesberg 1977. = Schriftenreihe „Raumordnung“ des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Nr. 06.011.

¹¹ Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme. (Auftrgg./Hrsg.: Bundesminister für Forschung und Technologie. (Bearb.: Kernforschungsanlage Jülich, Programmgruppe Systemforschung und technologische Entwicklung. — Bonn 1975.

¹² Einsatzmöglichkeiten neuer Energiesysteme, a.a.O., S. 1.

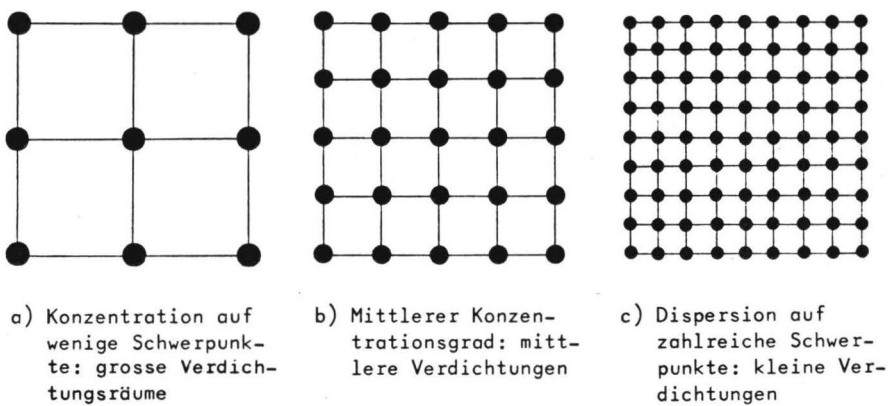


Abb. 4: Konzentrationsgrad der Besiedlung auf Raumebene

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 unter anderem von den unterschiedlichen Anteilen der Energieträger und ihren unterschiedlichen Umwandlungswirkungsgraden 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 (die allerdings etwas Elektrizität oder Gas braucht; rund 20 % der ersetzten fossilen Brennstoffe werden in Form von Elektrizität gebraucht, bzw. der Gasverbrauch sinkt auf 20 % des Direkteinsatzes von Gas ohne Wärmepumpe) und alle erneuerbaren Energien wie Sonne, Wind, Biogas usw.

Darauf, daß wirtschaftliche Gründe beim Bau von Leitungsnetzen untere Grenzen von Energieabnahmedichten und -Quantitäten entsprechend unteren Grenzen von Siedlungsdichten und -größen voraussetzen, wurde bereits hin-

gewiesen. Dünn besiedelte Gebiete in- 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 fixkostenintensivste Energieträger ist die Fernwärme. Stellvertretend für die übrigen leitungsgebundenen Energieträger, wo die Querbezüge Besiedlung — Energieversorgung etwas weniger plastisch in Erscheinung treten, werden hier einige typische Charakteristiken 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 Winkens¹³, die neben der groß angelegten, vom Deutschen Bundesministerium für Forschung und Technologie beauftragten Untersuchung der „Arbeitsgemeinschaft Fernwärme“ (AGFW) österreichische Untersuchungen über die Reduzierung des Energieverbrauchs in Wohnungen¹⁴ auswertet.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen dieser Arbeit — auf der Preisbasis 1976 — lassen darauf schließen, daß

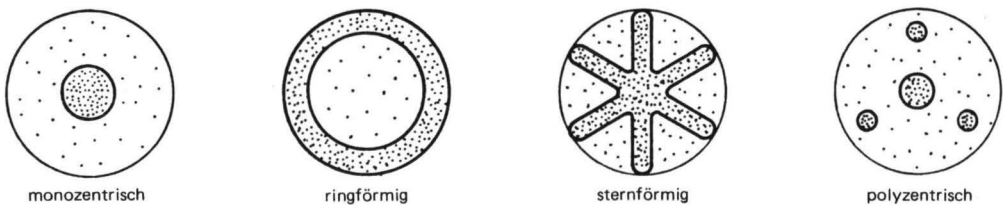


Abb. 5: Typen von Verdichtungsräumen oder Agglomerationen

13 Winkens, H.P.: Vergleichende Betrachtung von energiesparenden Maßnahmen. In: Fernwärme international — FWI. 5. Jg. (1976).

14 Reduzierung des Energieverbrauchs in Wohnungen, a.a.O.

- bei *Neubauten* mit neu zu erstellenden brennstoffgefeuerten Zentralheizungen energiesparende Bauweisen wirtschaftlich zweckmäßig und bei der Anwendung der Wärmepumpe zwingend notwendig seien;
- bei der Fernwärmeversorgung aus der wirtschaftlich günstigen Wärme-Kraft-Koppelung selbst bei Neubauten (!) eine energiesparende Bauweise von wirtschaftlich geringer Bedeutung sei;
- 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 gültigen *Ausscheidung von Fernwärme- und Nicht-Fernwärme-perimetern* analog zu den bekannten Koordinationsverfahren zwischen Abwasserbeseitigung und Siedlungs- und Raumplanung (sogenannte 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 „fern-wärmewürdigen Siedlungsgebiete“ beruht auf der sehr großen Empfindlichkeit gegenüber den relativen Kosten der Energieträger¹⁵.

5. 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 Verkehrsträger im Hinblick auf deren Verkehrsenergieverbrauch eine wichtige Rolle zu (vgl. Tabelle 5).

Zwischen Verkehrsvolumen — definiert als Produkt der Zahl der Fahrten und der durchschnittlichen Fahrtlänge —

Tabelle: 5: Spezifischer Energieverbrauch der Verkehrsmittel

Personenverkehr	Mcal/100 pkm	Energieträger
Schienenverkehr		
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
Schienenverkehr		
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: Energie und Verkehr. — Göttingen 1975.
= Beitr. aus d. Inst. f. Verkehrswiss. an d. Univ. Münster, H. 77.

und der Siedlungsform scheint nach Rittel¹⁶ ein nachweisbarer Zusammenhang zu bestehen: das Verkehrsvolumen wächst proportional zu $\sqrt{E^3}$; das heißt, daß zwei Agglomerationen unter sonst vergleichbaren Bedingungen nur rund 70 % des Verkehrsvolumens einer einzigen Agglomeration gleicher Gesamtgröße erzeugen. Umgekehrt reduziert nach dem gleichen Autor steigende Besiedlungsdichte d das Verkehrsvolumen im Verhältnis $\sqrt{\frac{1}{d}}$; eine vierfache 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 erhöhen sich das spezifische und das absolute Verkehrsvolumen. Weil ein Großteil der gesamten Verkehrsleistung innerhalb und nicht zwischen den Sied-

15 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. 5. Jg. (1976) H. 5.

16 Rittel, H. W.: Gesellschaftliche Alternativen im Berufsverkehr, a.a.O., S. 3.

Tabelle 6: Energieverbrauchsichte ausgewählter Gebiete während der späten Sechzigerjahre

Gebiet	km²	W/m²
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-Staten	932 000	1,11
Central-Western Europe	1 665 000	0,74
Welt	510 000 000	0,012

Quelle: Report of the study of man's impact on climate. Inadvertent climate modification. – Cambridge (Mass.): MIT Press 1971.

lungsschwerpunkten erbracht wird, nimmt das Verkehrsvolumen insgesamt zu. Gemäß dem Gutachten des bundesdeutschen Rates der Sachverständigen für Umweltfragen¹⁷ sind die Fahrleistungen innerhalb der deutschen Verdichtungsräume rund 8- bis 17mal größer als im Bundesdurchschnitt.

Umgekehrt führt eine auf Raumebene 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 des absoluten Verkehrsvolumens innerhalb der Verdichtungsräume. Weil die Nachfrage nach Verkehrsleistungen auf Siedlungsebene überwiegt, reduziert sich die gesamte Verkehrsleistung auf beiden Ebenen bei dezentraler Besiedlung insgesamt, und zwar um so mehr, je mehr Schwerpunkte der Besiedlung auf Raumebene gebildet werden.

6. Umweltbelastung aus Energieversorgung und Besiedlung

6.1 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 1/10 000 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 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 sogenannten „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 (vgl. Tabelle 6).

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 Abb. 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 unter anderem Sonne, Wind, Wasser, Biogas; diese werden auch ohne menschliches Zutun umgewandelt, und somit verursacht ihre 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 Raumebene in zahlreiche, nicht zu große Verdichtungsgebiete (sogenannte dezentrale Konzentration; siehe Abb. 4c).

6.2 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 Oel, 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 erfolgreichen Schwefelminderungsmaßnahmen technisch noch nicht gelöst scheint. Der Straßenver-

17 Auto und Umwelt. Gutachten. (Hrsg.:) Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. — Wiesbaden 1973.

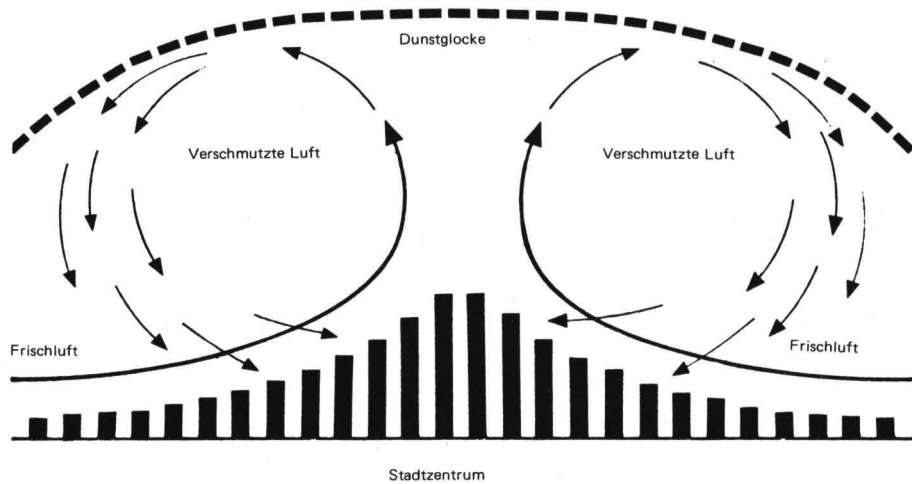


Abb. 6: Der „Heat Island“-Effekt: Über dem am meisten erwärmten Stadtzentrum steigt die Luft auf; aus der Umgebung wird saubere Luft angesogen, die auf dem Weg zum Zentrum Schadstoffe aufnimmt. Diese Schadstoffe werden mit der Thermik nach oben getragen und sinken dann verteilt über die gesamte Fläche des Verdichtungsraumes wieder ab. Die Folge dieses Vorganges ist eine »Dunstglocke«

kehr wirkt sich vor allem infolge der Abgabe von Kohlenmonoxiden (CO) belastend aus.

Diese Schadstoffe werden von Winden verfrachtet, wenn sie nicht bei sogenannten stabilen Hochdrucklagen oder infolge Inversionslagen (das heißt 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 in Richtung Siedlungsschwerpunkte (siehe Abb. 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 möglichsten Reduktion des Verkehrsvolumens ein möglichst hoher Anteil öffentlichen Verkehrs. Die Raum- und Siedlungsstrukturen sollten auf diese Zielsetzungen ausgerichtet werden (siehe dazu den vorangegangenen Abschnitt).

6.3 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 hausgefeuerter 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 Überlegungen führten zu einer oberen Geschosflächenziffer von ca. 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.

Abgesehen dort, 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, teilweise hohe Siedlungsdichten voraus.

7. Die koordinierte Festlegung von Besiedlungs- und Energiesystemen; 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?

Der wichtigste Beitrag dieser Arbeit besteht in der vorwiegend qualitativen Beschreibung der Mechanismen zwischen Energieversorgung und Besiedlung, welche diese Problematik beeinflussen. Im vorangehenden Abschnitt wurde darauf hingewiesen, daß Globalantworten aufgrund rein qualitativer Überlegungen unzulässig sind, weil zum Teil konfligierende Maßnahmen im Hinblick auf Gesamtzielsetzungen 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 Städtebau¹⁸ 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.

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 administrativ geregelte Koordination der Energieversorgung mit der Besiedlung sichergestellt werden. Eine siedlungsplanerische Konsequenz des Einsatzes der Fernwärmeversorgung beispielsweise ist die Ausscheidung von Fernwärmeversorgungsperimetern, innerhalb welchen weniger und außerhalb welchen mehr wärmedämmende Maßnahmen vorzuschreiben sind, innerhalb welchen jedoch ein Anschlußzwang und ein Konkurrenzverbot durch andere Energieträger erlassen werden müßte.

Sowohl die quantitative Bezugsetzung der energiewirtschaftlichen und der Besiedlungsplanung 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.

¹⁸ Auswirkungen von Entwicklungen im Energiesektor auf die Raum- und Siedlungsstruktur, a.a.O., S. 12, 2).