

Der Energie- und Stoffhaushalt Wiens

Wolfgang PUNZ, Rudolf MAIER, Peter HIETZ
und Alexander N. DÖRFLINGER

Für das Ökosystem „Stadt Wien“ werden die natürliche und anthropogene Energiebilanz, die Stoffbilanz (Energieträger, Nahrungsmittel, pflanzliche Produktion) und die Wasserbilanz gesamthaft und in Form von Pro-Kopf-Angaben erstellt. Der natürliche Energie-Input liegt um den Faktor 10 höher als der anthropogene Input. Der Regenwasserimport ist doppelt so groß wie der Trinkwasserimport. Vergleiche mit anderen Studien zeigen Einheitlichkeit großer Städte hinsichtlich der Ressourcenkonsumtion.

PUNZ W., MAIER R., HIETZ P. & DÖRFLINGER A. N., 1996: The urban metabolism of Vienna (Austria): energy and material balance.

Anthropogenic and natural energy, material and water balances for the "City Ecosystem Vienna" are presented and discussed (collective and per-capita data). The natural energy input exceeds the anthropogenic one by a factor of ten; the amount of rain water is twice that of the human water supply. A comparison with other studies shows a globally uniform resource consumption in big cities.

Keywords: urban ecology, urban ecosystem, Wien (Vienna), Austria, energy balance, material balance, water balance.

Einleitung

In der Großstadt dominieren technische Strukturen und Abläufe weitgehend über die biologischen Bestandteile und Prozesse, sodaß Existenz und dauerhaftes Funktionieren der Stadt durch den Menschen mit Hilfe steuernder Eingriffe aufrechterhalten werden müssen (SUKOPP 1984). Damit wird der aktuelle Endpunkt einer Entwicklung angesprochen, die von den Kleinstädten einer nicht allzu fernen Vergangenheit zu immer größeren Agglomerationen, Konurbationen, Verdichtungsräumen fortgeschritten ist — **fort**-geschritten auch von der Charakteristik eines natürlichen/naturnahen Ökosystems mit seinen vernetzten trophischen Stufen und seinen Stoffkreisläufen, dessen Prozesse von der an Ort und Stelle eingestrahlten Sonnenenergie angetrieben werden und damit auch ihr Auslangen finden. Die „Landstadt“, die sich auf das „Aufsammeln der Produkte in der näheren und fernen Umgebung der Stadt“ (WENDELBERGER 1936) beschränkt, ist noch dicht bei diesem natürlichen Ökosystemmodell anzusiedeln. Die Stadt der Gegenwart dagegen ist durch ein größeres, ja globales Einzugsgebiet gekennzeichnet: Wenn wir die Grenzen der Stadt durch ihren Rohstoff-Input und Emissions-

Output definieren, „überspannt die Stadt alle Klimate von Hammerfest bis zur Antarktisstation (und) wir stehen vor dem troposphärischen Phänomen, daß ein paar tausend kleine Flecken mit einer Gesamtausdehnung von kaum ein Prozent der Kontinentalfläche mit ihren affilierten Industriezonen die gesamte Ökologie negativ dominieren“ (BURIAN 1979).

Wie sinnvoll ist unter diesen Bedingungen der Versuch, ein Ökosystemmodell einer modernen Großstadt zu erstellen? Die Antwort darauf ist ein nachdrückliches, doppelt begründetes Ja. Zum einen ist in jüngerer Zeit besonders von technischer Seite die Betrachtung von Stoff- und Energieflußanalysen als „wohl unverzichtbares Hilfsmittel für jede Umweltverträglichkeitsprüfung sowie bei der Entwicklung von Produkten, technischen Prozessen und in regionalökonomischen Arbeiten“ herausgestellt worden (BACCINI & BRUNNER 1991). Aber auch und gerade von biologischer bzw. ökologischer Seite steckt in der Erstellung eines urbanen Ökosystemmodells keineswegs nur bloße wissenschaftliche Faszination (auch dies!), sondern vor allem der Versuch, Parameter der Nachhaltigkeit in städtischen Systemen, in denen zur Jahrtausendwende bereits die Mehrheit der Weltbevölkerung leben werden, zu beschreiben und für die Planung einzusetzen. Und es ist erstaunlich, daß seit den ersten „Gehversuchen“ in Richtung Stadtmetabolismus (Brüssel: DUVIGNEAUD & DENAYER-DESMET 1977; Hongkong: NEW-COMBE et al. 1978) keine Studien durchgeführt wurden, in denen „Stoff- und Energieströme in einem urbanen Raum mit einem ähnlich weitreichenden Anspruch erfaßt und in ihrer Konsequenz analysiert wurden“ (SIMON & FRITSCHKE 1993).

Die vorliegende Arbeit faßt in Kürze Daten zum Stoff- und Energiehaushalt Wiens zusammen, die im Rahmen einer vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung sowie dem Magistrat der Stadt Wien (MA 22) beauftragten Studie erhoben und bearbeitet wurden (vgl. auch PUNZ 1993). Für die finanzielle Unterstützung sowie die Erlaubnis zur Veröffentlichung der Ergebnisse sei diesen beiden Institutionen — stellvertretend für alle anderen Stellen, welche uns Daten zur Verfügung gestellt haben — herzlich gedankt.

Methodik

Nachstehende Angaben sollen die Berechnung der behandelten Stoff- und Energieflüsse nachvollziehbar machen. Die ausführliche Erläuterung der Methodik findet sich bei DÖRFLINGER et al. (1995).

Energie

Die Einstrahlung ergibt sich aus dem Produkt des langjährigen Mittels der Jahressumme der Globalstrahlung (AUER et al. 1989) und der Fläche Wiens. Die Reflexion wurde zunächst mit 21 % der Globalstrahlung an Tagen ohne (DUVIGNEAUD & DENAYER-DESMET 1977) und mit 70 % an Tagen mit Schneedecke (LIANG 1982; vgl. auch GEIGER 1961, DIRMHIRN 1964) angenommen, unter Zugrundelegung einer mittleren Zahl von Schneedeckentagen (d.h. mit einer Schneehöhe > 1 cm) von 43,67 (AUER et al. 1989). Bei dieser Grobkalkulation ergibt sich zunächst ein Wert von 120 790 GWh. Detaillierte Berechnungen auf der Basis der Reflexionszahlen einzelner Subsysteme (MAIER et al. 1996a) reduzierten diese Zahl auf 104 327 GWh (ausführlich bei DÖRFLINGER et al. 1995). Der Wert der Nettostrahlung (= gesamte Strahlungsbilanz) für Wien ist der Arbeit von LIANG (1982) entnommen und beträgt 178 429 GWh; die langwellige Bilanz errechnet sich aus der Differenz von Gesamtbilanz und kurzweiliger Bilanz:

$$Q_S = S_E - S_R + S_L$$

Q_S	=	Gesamtstrahlungsbilanz
S_E	=	kurzwellige Einstrahlung
S_R	=	reflektierte kurzwellige Strahlung
S_L	=	langwellige Strahlungsbilanz (3-100 μm)

Der Wert von 42 939 GWh für den Verbrauch an zusätzlicher Energie stammt aus Berichten der Wiener Stadtwerke (1992a, b). Der Energiegehalt der Nahrungsmittel von 2 584 GWh (unter Berücksichtigung der Abfälle, des Nahrungsmittelbedarfs der Haustiere sowie der Pendler) wurde auf der Basis von ROHRBÖCK (1994) und ÖSTAT (1994a) kalkuliert (ausführliche Angaben bei DÖRFLINGER et al. 1995).

Der für die Evapotranspiration benötigte Energiebedarf ergibt sich aus der Summe der Verdunstungsenergie für das verdunstete Wasser und des Verbrennungswassers: $181 \text{ Mio. t} \times 688,89 \text{ kWh/t} = 124 875 \text{ GWh}$.

Stoffbilanz

Die Zahlen zum Import von Energieträgern basieren auf dem Datenmaterial der Wiener Stadtwerke, jene zum Nahrungsmittelverbrauch und Abfall vor allem auf Daten des Magistrats der Stadt Wien (ausführlich bei DÖRFLINGER et al. 1995). Zur pflanzlichen Produktion vgl. DÖRFLINGER et al. (1996).

Wasser

Die Berechnung des Wasserhaushalts wird dadurch erschwert, daß zu einzelnen Größen sehr genaue Daten vorliegen (Wasserleitungen!), während beispielsweise zu Evapotranspiration und Grundwasserregime nur Hochrechnungen bzw. Schätzungen vorliegen. So wurde der Gebietsniederschlag auf der Basis der digitalisierten Isohyetenkarte von AUER et al. (1989) berechnet. Die natürliche Evaporation wurde aus der Differenz von Niederschlag/Zufluß und Abfluß bilanziert; der sich ergebende Wert von 176 Mio. m³ entspricht einem Wert von 425 mm und liegt damit deutlich unter den von LIANG (1981) aus klimatologischen Daten errechneten 473 mm bzw. den von BAUMGARTNER et al. (1983) aus Niederschlags- und Abflußdaten geschätzten 550 mm. Berücksichtigt man jedoch, daß die spezifischen urbanen Bedingungen die Evapotranspiration wahrscheinlich um 30-60 % reduzieren (LANDSBERG zit. in SUKOPP & WITTIG 1993), so erscheinen die berechneten Werte durchaus realistisch. Die Abflußwerte entstammen im wesentlichen den Angaben des Magistrats der Stadt Wien. Für genauere Kalkulationsgrundlagen vgl. DÖRFLINGER et al. (1995).

Kohlenstoffbilanz

Unter Bezugnahme auf Methodik und Daten von DÖRFLINGER et al. (1996) und MAIER et al. (1996a, b) wird die Kohlenstoffbilanz in der Gesamtdarstellung des Energie- und Stoffhaushalts mit berücksichtigt.

Ergebnisse

Ein Blick auf die stark vereinfachte Gesamtdarstellung des Energie- und Stoffhaushalts von Wien, wie sie in Abbildung 1 wiedergegeben ist, macht die Komplexität der Stoff- und Energieflüsse eines urbanen Ökosystems deutlich. Um die „Lesbarkeit“ dieser Bilanz zu erleichtern, seien die einzelnen Bilanzen getrennt (vgl. PUNZ 1980, SUKOPP 1990) besprochen. Begriffe, die in der Abbildung vorkommen, sind dabei **fett** geschrieben.

Energie

Von den 450 TWh der **Einstrahlung** (die letztlich von der Sonne stammen) werden 104 TWh reflektiert (**Reflexion**); die kurzwellige Strahlungsbilanz beträgt daher 346 TWh. Von diesem Wert werden 167 TWh in Form **langwelliger Strahlung** abgegeben; im System verbleiben mithin 178 TWh. Die zusätzliche anthropogene Energiezufuhr (**Energieträger**) liegt bei 45,5 TWh, das sind ziemlich genau 10 % der natürlichen Einstrahlung. Insgesamt

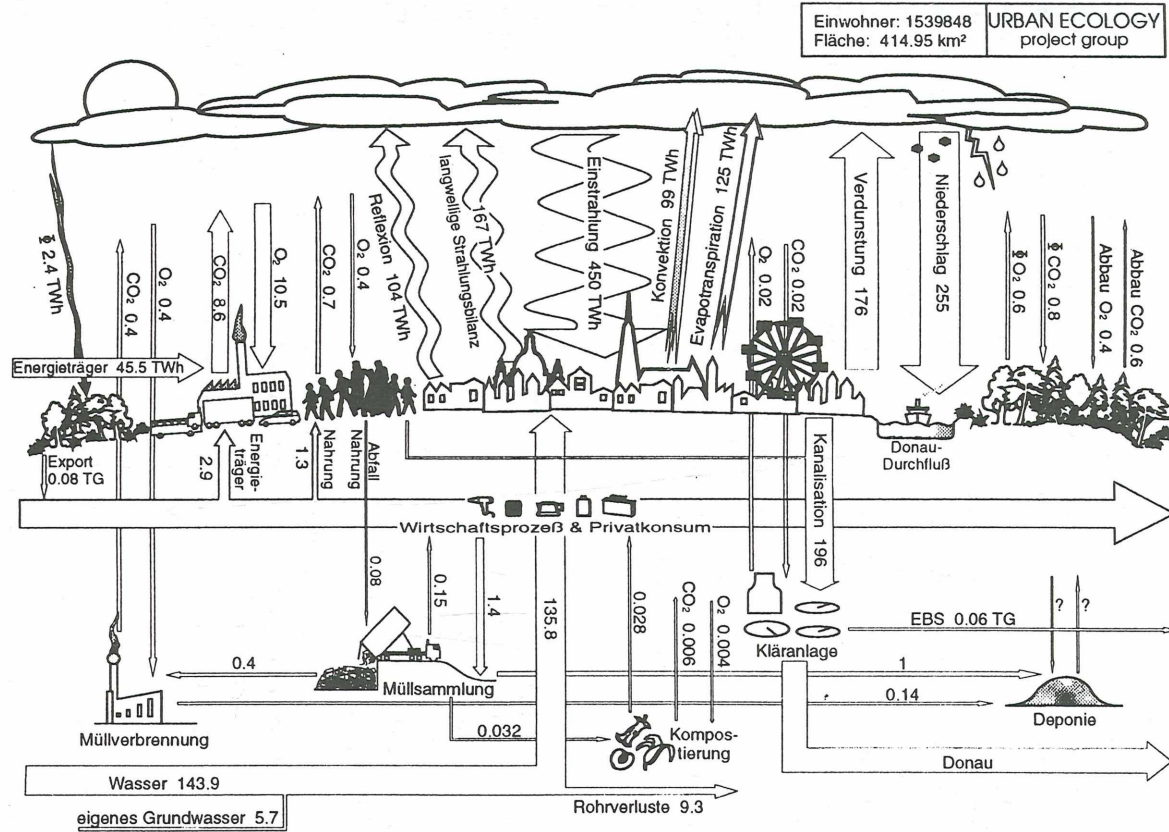


Abb. 1: Energie- und Stoffhaushalt Wien. Datenbasis 1991. Angaben in Millionen Tonnen bzw. TWh. Erläuterung im Text. Verändert nach DÖRFLINGER et al. (1995). — Energy, material and water balances of Vienna based on 1991 data. Figures in 10^6 t resp. TWh. From DÖRFLINGER et al. (1995), modified.

bilanziert das System Stadt also positiv mit rund 224 TWh; diese Energie wird über die **Evaporation** (125 TWh) und **Konvektion** (99 TWh) wieder an die Umgebung abgeführt.

Stoffbilanz

Die hier angeführten Werte zur Stoffbilanz beschränken sich auf der Input-Seite auf den Import von **Energieträgern** (2,9 Mio. t), **Nahrungsmitteln** (1,3 Mio. t) sowie die pflanzliche Produktion (NPP minus Abbau) in der Größenordnung von 80 000 t Trockensubstanz (**Export**). Auf der Output-Seite ist der Gesamtwert für die Entsorgung fester Abfälle, nämlich 1,4 Mio. t, angegeben (Nahrungsmittelabfälle 0,08 Mio. t). Der weiterverwertbare Anteil wird mit 0,15 Mio. t angenommen. Rund 0,4 Mio. t werden verbrannt und die Rückstände (Schlacke, Asche: 0,14 Mio. t) zusammen mit dem Inertmaterial sowie den Reststoffen aus der Abfallbehandlung (1 Mio. t) der **Deponie** zugeführt. Aus dem in Wien öffentlich kompostierten Material (0,032 Mio. t) resultiert eine „wiederverwertbare“ Menge von 0,028 Mio. t. Weiterhin ist die Menge des in der Hauptkläranlage anfallenden Klärschlammes mit 0,06 Mio. t Trockensubstanz wiedergegeben, der in der EBS (unter Hinterlassung von 17 000 t Asche) verbrannt wird.

Wasser

In der stark vereinfachten Darstellung ist die **Niederschlagsmenge** mit 255 Mio. m³ Wasser angegeben, der eine anthropogene Zufuhr von rd. 144 Mio. m³ gegenübersteht. Die 5,7 Mio. m³ **eigenes Grundwasser** sind dabei nicht berücksichtigt; in der Abbildung sind auch die Rohrverluste von 9,3 Mio. m³ sowie die daraus resultierende Zahl von 135,8 Mio. m³ Wasser angeführt, das tatsächlich genutzt wird.

Diese Wassermenge wird einerseits durch **Verdunstung** (176 Mio. m³), andererseits durch anthropogenen Abfluß (**Kanalisation**, 196 Mio m³) abgeführt; die rechnerische Differenz von 27 Mio. m³ ergibt sich aus dem Regenwassereintrag in die natürlichen Gewässer, deren Wasserbilanz hier nicht dargestellt ist (ausführlicher bei DÖRFLINGER et al. 1995 bzw. HIETZ et al., in press).

Kohlenstoff

In der Abbildung sind die Kohlendioxid- und Sauerstoffflüsse vereinfacht wiedergegeben. Die Kohlenstoff-Gesamtbilanz setzt sich aus „natürlicher“ und „anthropogener“ Teilbilanz zusammen, wobei auch die „natürliche“ Bilanz anthropogen beeinflusst ist. Die anthropogene Seite dominiert: vor

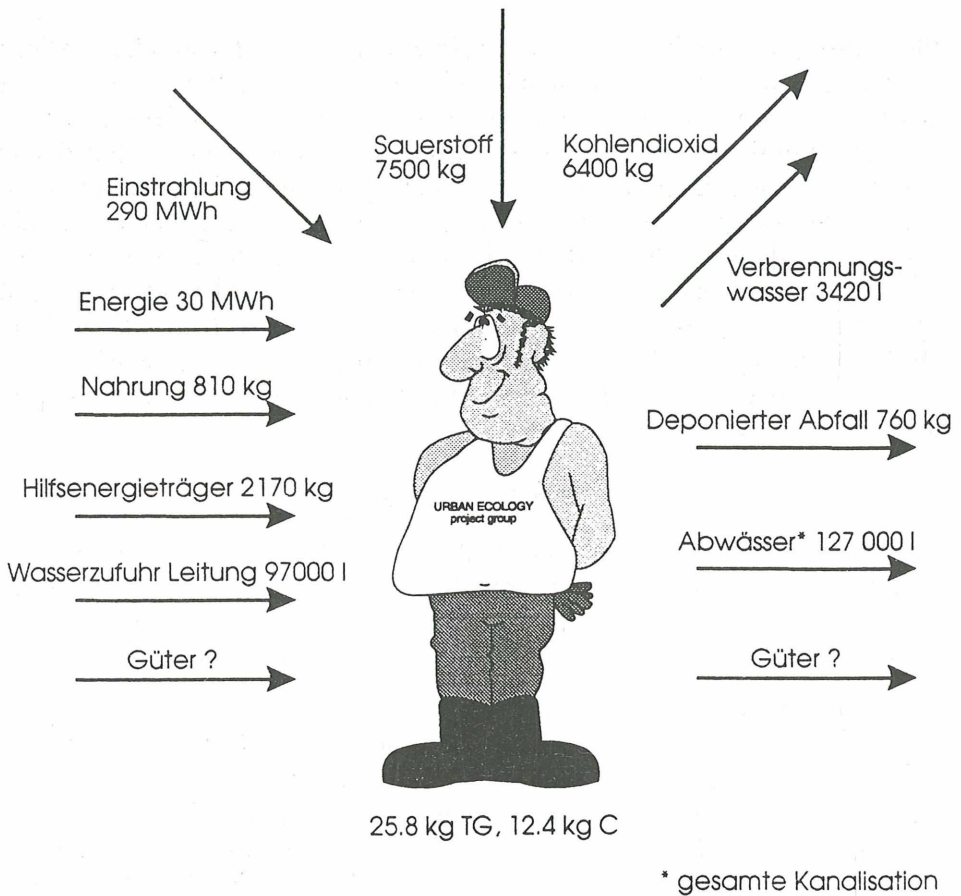
allem infolge der Verbrennung von Energieträgern werden jährlich 2,7 Mio. t Kohlenstoff in Form von Kohlendioxid (ca. 10 Mio. t) freigesetzt, das ist mehr Kohlenstoff, als in der gesamten lebenden Biomasse Wiens gebunden ist. Zum Vergleich (s. auch DÖRFLINGER et al. 1996): nur 210 000 t C werden in Wien jährlich durch die Photosynthese der grünen Pflanzen fixiert. Der in der Nahrung enthaltene Kohlenstoff (234 000 t; nur ein Zehntel davon, nämlich 22 000 t, wird durch Ernte im System Wien selbst gewonnen), aber auch die durch die Respiration der Heterotrophen und Bodenlebewesen (16 000 t), die menschliche Respiration (193 000 t) und die Müllverbrennung (114 000 t) freigesetzten Kohlenstoffmengen liegen in der gleichen Größenordnung (detaillierte Aufschlüsselung des Kohlenstoffkreislaufes in DÖRFLINGER et al. 1996).

Pro-Kopf-Daten

Um sowohl Vergleichbarkeit mit ähnlichen Studien als auch bessere Anschaulichkeit der Ergebnisse zu erreichen, werden die gewonnenen Werte mit der Einwohnerzahl Wiens (1991: 1 539 848) in Beziehung gesetzt. Diese (grob gerundeten) Zahlen sind in Abbildung 2 zusammengefaßt.

Der durchschnittliche Bewohner Wiens — hier „URBAN“ genannt — besitzt eine Trockenmasse von 25,8 Kilogramm, davon ist rund die Hälfte (12,4 kg) Kohlenstoff. Pro Jahr strahlt für ihn die Sonne 290 MWh auf Wien, zusätzlich werden 30 MWh Energie anthropogen importiert. Von der Massenbilanz sind in der Abbildung nur der Zufluß von Hilfsenergieträgern (2 170 kg) und Nahrung (810 kg) sowie der deponierte Abfall (760 kg) wiedergegeben; allerdings gehören auch der Import von Sauerstoff (7 500 kg) und der Export von Kohlendioxid (6 400 kg) in diese Rubrik. Wie in der Gesamtbilanz ist auch hier das Wasser getrennt angeführt: jährlich werden 97 000 Liter Wasser anthropogen in das System Wien eingebracht; schon allein die um 30 000 Liter höhere Menge für die gesamte Kanalisation bringt die menschlich bedingte Verunreinigung des Teilsystems „Wasser“ klar zum Ausdruck.

Dem durchschnittlichen Wiener stehen 168 m² vegetationsbedeckter und 81 m² vegetationsfreier Fläche zur Verfügung. Würde er seinen Ressourcenbedarf ausschließlich aus erneuerbaren Rohstoff- und Energiequellen decken, so würde „URBAN“ hierfür eine Fläche von 0,36 km² benötigen! Auch zur Erläuterung dieser aussagekräftigen Zahl (auf der Fläche ganz Wiens wäre dann nur Platz für 385 Personen!), also zu den zugehörigen Denk- und Berechnungsansätzen, sei auf eine einschlägige Arbeit (FUSSENEGGER et al. 1995) verwiesen.



Fläche mit Vegetation: 168 m²
 Fläche ohne Vegetation: 81 m²
 Flächengebrauch global (Referenzfläche nach SPI): 359000 m²

Abb. 2: Pro-Kopf-Daten zum Energie- und Stoffhaushalt Wiens. Datenbasis 1991. Erläuterungen im Text. Verändert nach DÖRFLINGER et al. (1995). — Per-capita-data for energy, material and water consumption of Vienna based on 1991 data. From DÖRFLINGER et al. (1995), modified.

Diskussion

Sind die vorliegenden Zahlen nun als Menetekel für unsere urbane Zivilisation zu interpretieren, oder handelt es sich bloß um monströse „Zahlen-spielereien“, allenfalls von wissenschaftlichem, vielleicht systemtheoretischem Interesse, aber ohne praktische Relevanz? Und selbst wenn diese

Relevanz gegeben ist: inwieweit beschränkt sich ihre Aussage lediglich auf Wien, und inwieweit ist sie auf andere Großstädte übertragbar?

Knüpfen wir bei der zuletzt gestellten Frage an und vergleichen unsere Zahlen zunächst mit den — wie schon früher erwähnt: spärlichen — Angaben aus anderen Studien, im wesentlichen also Zahlen für Hongkong 1971 und Brüssel 1975 (DUVIGNEAUD & DENAYER-DE SMET 1977, NEWCOMBE et al. 1978). Für einen solchen Vergleich ist die Bezugnahme auf Flächen nicht zweckmäßig, da Stadtgrenzen politisch bedingt sind und nicht notwendigerweise homologe Systemgrenzen abbilden. Es wurden daher jeweils Pro-Kopf-und-Jahr-Daten aus den vorhandenen Zahlen kalkuliert (vgl. auch STEURER 1992).

Der Wert von 30 MWh eingeführter Energie für Wien 1991 wurde von Brüssel mit 38 MWh bereits 15 Jahre früher übertroffen. Hongkong lag mit 14,2 MWh deutlich darunter, wobei die Autoren darauf hinweisen, daß dies „one-sixth the consumption in the developed countries and three times that of the developing countries“ (NEWCOMBE et al. 1978) entsprach; auch der hohe Anteil für Heizungsenergie in unseren kühl-gemäßigten Breiten (auf den Haushalt bezogen: 56 % des Energieaufwands; EIÖ 1995) dürfte hierbei eine Rolle gespielt haben.

Beim Nahrungsbedarf liegt der Wiener Durchschnittsbürger mit 810 kg pro Jahr deutlich vor den Bewohnern von Hongkong (555 kg) und Brüssel (419 kg). Hier ist jedoch ebenso wie in der folgenden Kategorie, nämlich dem Abfall, der gestiegene Lebensstandard in Rechnung zu stellen: denn die Zahlen aus den Siebzigerjahren für Hongkong (584 kg pro Person und Jahr), Brüssel (237 kg) sowie den durchschnittlichen Franzosen (255 kg) und US-Amerikaner (365 kg) liegen noch deutlich unter den 760 kg deponiertem Abfall in Wien. Jüngere Studien aus der Schweiz (BACCINI & BRUNNER 1991) mit Werten von rund 700 kg pro Person und Jahr sind hier sicherlich besser vergleichbar.

„Worauf freut sich ein Wiener, wenn er vom Urlaub kommt?“ Auf 97 000 l Hochquellwasser (inklusive ein paar Prozent Grundwasser), die ihm pro Kopf und Jahr zur Verfügung stehen. Beinahe identisch ist die Vergleichsziffer für Hongkong (99 000), niedriger dagegen die für Brüssel (57 000), höher jedoch bereits vor 20 Jahren die für die Stadt Anvers in Belgien (150 000), Paris (146 000) und „die“ durchschnittliche US-amerikanische Stadt mit 230 000 l jährlichem Wasserverbrauch pro Person. Die entsprechenden Zahlen zum Abwasser lauten: für Wien 127 000 l, für Hongkong 116 000 l und für Brüssel 76 000 l.

Ergänzend seien auch die natürlichen und anthropogenen Stoff- und Energieflüsse Wiens miteinander verglichen: Anders als in Brüssel, wo „l'énergie nécessaire au métabolisme urbain est du même ordre de grandeur que l'énergie naturelle solaire“ (DUVIGNEAUD & DENAYER-DESMET 1977), gilt für Wien, daß der Wert für die natürliche Energiebilanz noch immer um den Faktor 10 größer ist als die anthropogene Energiebilanz. Der Regenwasserimport ist — fast genau wie bei Brüssel — doppelt so groß wie der Trinkwasserimport. Für die Zahlen zur Kohlenstoffbilanz (der anthropogene Umsatz liegt auch hier eine Größenordnung über dem natürlichen) sei wieder auf die entsprechende Arbeit (DÖRFLINGER et al. 1996), für detaillierte Untersuchungen zu den Stoffflüssen Wiens auf die Studien von MAIER et al. (1995) sowie BRUNNER et al. (1996) verwiesen.

Die angeführten Zahlen mögen auf den ersten Blick sehr unterschiedlich erscheinen. Bei näherer Betrachtung wird jedoch die Überraschung überwiegen, daß trotz einem Zeitintervall von einem Vierteljahrhundert und trotz Betrachtung dreier unterschiedlicher Städte die Größenordnung der jeweils gewonnenen Ergebnisse tatsächlich vergleichbar ist! Gibt es also gegenwärtig einen globalen „Standard“ des Ressourcenverbrauchs für Großstädte? Der obige Vergleich scheint dafür zu sprechen. Diese Erkenntnis — falls sie sich verifizieren läßt — kann auch positiv gesehen werden: denn wenn Städte in der ganzen Welt die gleichen Probleme haben, ist jede, in welcher Stadt auch immer gefundene Lösung wiederum für alle brauchbar.

Ökosystemare Ansätze bei der Erfassung des Ökosystems Stadt, insbesondere auch die Ermittlung von Stoff- und Energieflußbilanzen, dienen keineswegs „nur“ der Vertiefung unseres Wissens über ein System, in dem bereits die Hälfte der Erdbevölkerung lebt. Vielmehr können Analysen, Planungen und Konzepte auf derartigen Bilanzen, gewissermaßen einem Datenfundus aufbauen und somit eine wesentliche Grundlage für planungs- und praxisorientierte, letzthin „politische“ Problembearbeitungen liefern.

Dank

Die Arbeit ist Teil des Projektes „Ökosystem Großstadt Wien“, in Auftrag gegeben und finanziert vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung und der Gemeinde Wien (MA 22). Unser Dank gilt Herrn Dr. Christian SMOLINER, Herrn Bürgermeister Dr. Michael HÄUPL und Herrn Obersenatsrat Dr. Helmut LÖFFLER für ihre freundliche Unterstützung.

Literatur

- AUER I., BÖHM R. & MOHNL. H., 1989: Klima von Wien. Beiträge zur Stadtforschung, Stadtentwicklung und Stadtgestaltung, Bd. 20. Magistrat der Stadt Wien.
- BACCINI P. & BRUNNER P. H., 1991. Metabolism of the anthroposphere. Springer, Berlin.
- BAUMGARTNER A., REICHEL E. & WEBER G., 1983: Der Wasserhaushalt der Alpen. Oldenburg, München.
- BRUNNER P. H., DAXBECK H., LAMPERT C., MORF L., OBERNOSTERER R., RECHBERGER H. & REINER I., 1996: Der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt Wien — Stoffbilanzen. Wiss. Ber. WIZK 14, Wien.
- BURIAN K., 1979: Die Pflanze in der Großstadt. In: Hundert Jahre Versuchs- und Forschungsanstalt der Stadt Wien, p. 129-132.
- DIRMHIRN I., 1964: Das Strahlungsfeld im Lebensraum. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt/Main.
- DÖRFLINGER A., HIETZ P., MAIER R., PUNZ W. & FUSSENEGGER K., 1995: Ökosystem Großstadt Wien. Quantifizierung ökologischer Parameter unter besonderer Berücksichtigung der Vegetation. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung und der Stadt Wien - MA 22.
- DÖRFLINGER A. N., HIETZ P., MAIER R., PUNZ W., BRANDLHOFFER M. & FUSSENEGGER K., 1996: Der Kohlenstoffhaushalt einer Stadt am Beispiel Wien unter besonderer Berücksichtigung der pflanzlichen Biomasse und der Nettoprimärproduktion. Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 133, 41-76.
- DUVIGNEAUD P. & DENAYER-DESMET S., 1977: L'écosystème urbs. L'écosystème urbain Bruxellois. In: DUVIGNEAUD P. & KESTEMONT P. (Eds.), Productivité biologique en Belgique. SCOPE, Travaux de la Section belge du Programme Biologique International), p. 581-599. Editions Duculot, Paris-Gembloux.
- Energie in Österreich [EIÖ], 1995: Österreichisches Gesellschafts- und Wirtschaftsmuseum, Wien.
- GEIGER R., 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. F. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

- HIETZ P DÖRFLINGER A. N., MAIER R. & PUNZ W in press: Hydrologic cycles — how do cities interfere? In: SCHUBERT U. (Ed.), Water saving strategies in urban renewal — European approaches. Dietrich Reime, Berlin.
- LIANG G., 1982: Net radiation, potential and actual evapotranspiration in Austria. Arch. Meteor. Geophys. Bioclim., Ser. B. Springer, Berlin.
- MAIER R., PUNZ W WEIHS P., DÖRFLINGER A., EISINGER K., GEISLER A. & GERGELYFI H., 1995: Ökosystem Großstadt Wien. Der natürliche Stoffhaushalt als Grundlage für eine nachhaltige Entwicklung Wiens. Endbericht WIZK (= Projektberichte WIZK Band 19).
- MAIER R., PUNZ W HIETZ P DÖRFLINGER A. N., FUSSENEGGER K. & BRANDLHOFFER M., 1996a: Ökosystem Wien — Die Subsysteme und deren Vegetationsstruktur. Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 133, 1-26.
- MAIER R., PUNZ W., DÖRFLINGER A. N. & GRÜNWEIS, F. M., 1996b: Die potentiell natürliche Vegetation Wiens und die anthropogene Aneignung der Nettoprimärproduktion. Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 133, 77-86.
- NEWCOMBE K., KALMA J. D. & ASTON A. R., 1978: The metabolism of a city: The case of Hong Kong. Ambio 7, 3-15.
- ÖSTAT, 1994: Volkszählung vom 15. Mai 1991 — Ergebnisse der Phase II — Pendler- und Wanderungsstatistik. Unveröff. Österr. Stat. Zentralamt, Wien.
- PUNZ W 1980: Recycling im biologischen Bereich. Wissenschaft aktuell II, 26-30.
- PUNZ W 1993: Stadtökologie — Forschungsansätze und Perspektiven. Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien 132, 89-120. Wien.
- ROHRBÖCK G. J., 1994: Ernährungsbilanz 1992/93. Statistische Nachrichten 1994/2, 151-161.
- SIMON K. H. & FRITSCH U., 1993: Stoff- und Energiebilanzen. In: SUKOPP H. & WITTIG R. (Ed.), Stadtökologie, p. 319-347. Fischer, Stuttgart.
- STEURER A., 1992: Stoffstrombilanz Österreich 1988. Soziale Ökologie 26, IFF Wien.
- SUKOPP H. & WITTIG R. (Ed.), 1993: Stadtökologie. Fischer, Stuttgart.

- SUKOPP H., 1984: Großstadt als Gegenstand ökologischer Forschung und als Unterrichtsgegenstand. Verband Deutscher Biologen, Landesverband Bayern, p. 1-24.
- SUKOPP H., 1990: Urban ecology and its application in Europe. In: SUKOPP H. & HEJNÝ S. (Eds.), Urban ecology, p. 1-22. SPB Academic Publishing bv, The Hague.
- WENDELBERGER G., 1936: Die Großstadt als Lebensraum. Blätt. Naturkde. Naturschutz 23, 62-67.
- Wiener Stadtwerke 1992a: Energiebilanz Wien 1991. Wiener Stadtwerke, Generaldirektion, Energiereferat, Wien.
- Wiener Stadtwerke 1992b: Energie in Wien 1991 — Daten zur Wiener Energieversorgung. Wiener Stadtwerke, Generaldirektion, Energiereferat, Wien.

Manuskript eingelangt: 1996 05 15

Anschrift der Verfasser: Ass.-Prof. Mag. Dr. Wolfgang PUNZ, Univ.-Prof. Dr. Rudolf MAIER und Mag. Dr. Alexander N. DÖRFLINGER, Abteilung für Physiologie, Ökologie und Anatomie der Pflanzen, Institut für Pflanzenphysiologie, Universität Wien, Althanstraße 14, A-1091 Wien; Univ.-Ass. Mag. Dr. Peter HIETZ, Institut für Botanik, Universität für Bodenkultur, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [133](#)

Autor(en)/Author(s): Punz Wolfgang, Maier Rudolf, Hietz Peter, Dörflinger Alexander Nikolaus

Artikel/Article: [Der Energie- und Stoffhaushalt Wiens 27-39](#)