

DER URBANE METABOLISMUS

GANZHEITLICHE BETRACHTUNGEN ZUM RESSOURCENHAUSHALT URBANER SYSTEME

MICHAEL PRYTULA

Die ökologische Krise hat sich seit Ende der 1960er Jahre abgezeichnet, etwa durch das Waldsterben infolge des sauren Regens. Seitdem wuchs das Bedürfnis, die Auswirkungen menschlichen Handels auf die regionalen und globalen Ökosysteme besser zu verstehen. Bereits vorher wurde im Städtebau Gebrauch von organischer und metabolistischer Metaphorik gemacht. Das heutige Verständnis der Stadt als anthropogenes Ökosystem oder Metabolismus wurde jedoch in dieser Phase durch ingenieurtechnische und systemtheoretische Betrachtungen städtischer Stoffkreisläufe geprägt. Da sich der Großteil der globalen Ressourcenströme und Emissionen direkt oder indirekt in urbanen Systemen konzentriert, erscheint es im Zuge der aktuellen Nachhaltigkeitsdebatte sinnvoll, diese einer genauen Prüfung zu unterziehen. Das Konzept des urbanen Metabolismus, das sich seit seinen Anfängen weiterentwickelt hat, bietet ein ganzheitliches Modell, das natur- und sozialwissenschaftliche Ansätze miteinander verbindet und in der Analyse städtischer Systeme die Potenziale einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung aufzeigen kann.

Die Stadt als anthropogenes Ökosystem – Ansätze der 60er und 70er Jahre

Im September 1965 veröffentlichte der amerikanische Ingenieur Abel Wolman (1892–1989) im *Scientific American* einen Artikel mit dem Titel „The Metabolism of Cities“. Wolman gehörte der zweiten Generation von Gesundheitsingenieuren an, die sich seit dem 19. Jahrhundert um den Aufbau der Wasser- und Abwassersysteme der rasch wachsenden nordamerikanischen Städte verdient gemacht haben. Ein Leben lang mit Fragen der Planung und Entwicklung von Wasser-, Abwasser-, Abfallentsorgungs- und Verkehrssystemen befasst, prägte er mit dem Artikel das Konzept der Stadt als Stoffwechsellkreislauf. Dies war die Basis für eine ganzheitliche Betrachtung der städtischen Ver- und Entsorgung inklusive der zugehörigen Infrastruktur.

116

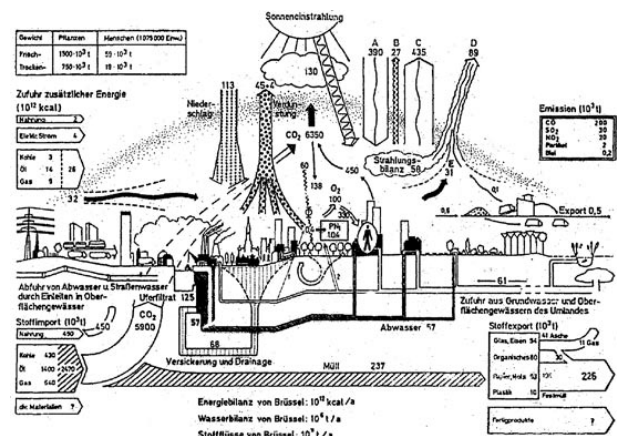
Prytula, Michael (2010): Der Urbane Metabolismus. Ganzheitliche Betrachtungen zum Ressourcenhaushalt Urbaner Systeme. In: Arch +, Nr. 196/197 Januar 2010: Post Oil City. Zeitschrift für Architektur und Städtebau, 42. Jahrgang, S. 116-117

Ökologische Ansätze gehören zu dieser Betrachtungsweise, denn, so Wolman, „der Stoffwechsellkreislauf ist erst geschlossen, wenn die Abfälle und Rückstände des täglichen Lebens unter einem Minimum an Aufwand und Gefahr entfernt und beseitigt sind. Seit der Mensch zur Kenntnis genommen hat, dass die Erde ein geschlossenes Ökosystem ist, erscheinen die bisher üblichen Praktiken zur Ablagerung von Abfällen nicht länger akzeptabel.“¹

Neben der Ingenieurstechnik bot die allgemeine Systemtheorie Ansätze für eine ganzheitliche Betrachtung städtischer Stoffkreisläufe, die menschliches Handeln miteinbezieht. Bereits seit Anfang der 1950er Jahre setzte sich mit der „New Ecology“ der Brüder Eugene P. und Howard T. Odum eine ökosystemare Betrachtungsweise durch, die zunehmend auf physikalischen und mathematischen Modellierungen beruhte.² Die in der Stadt und ihrem Umland lebenden Menschen wurden darin als „Glieder von Nahrungsnetzen“ betrachtet, die an „Energieumsätzen wie Stoffkreisläufen“ teilnehmen.³

Auch der Anfang der 1970er Jahre durch seine kontrovers debattierten Ergebnisse bekannt gewordene Forschungsauftrag des *Club of Rome* betraf die Tragfähigkeit der globalen Ökosysteme in Wechselwirkung mit den menschlichen Aktivitäten. Mit der Durchführung wurden die jungen Biologen Donella und Dennis L. Meadows sowie Jay W. Forrester beauftragt. Forrester entwickelte für die Studie das systemdynamische Computermodell „World“, das „Die Grenzen des Wachstums“ (Meadows et al. 1972) anhand von in Regelkreisen definierten Parametern simulierte und berechnete.

Das 1971 offiziell gestartete Programm der UNESCO „Man and the Biosphere“ (MaB) unternahm ausdrücklich den Versuch, die aus der Ökosystemforschung bekannten Methoden auf urbane Systeme zu übertragen.⁴ Es entstanden drei exemplarische Studien für Brüssel, Hongkong und die schwedische Insel Gotland, die urbane und anthropogene Systeme als Gesamtökosysteme betrachten.⁵ Die Betrachtung urbaner Systeme als Ökosysteme konnte sich zunächst nicht durchsetzen, da sie zwar Erkenntnisse, aber wenig konkrete Handlungsempfehlungen zu einem ökologischen Management von Städten hervorbrachte. Daher konzentrierten sich die Ökosystemforschung zunehmend auf die Analyse von Ökosystemen *innerhalb* der Stadt und nicht auf das Gesamtökosystem *Stadt*.⁶ Zudem wurde die mangelnde Einbeziehung von Sozialwissenschaften in den Forschungen kritisiert.



Stoffflussdiagramm der Stadt Brüssel, aus: Herbert Sukopp, Rüdiger Wittig (Hg.): *Stadtkologie*, Jena/Stuttgart 1993.

Aktuelle Konzepte des Urbanen Metabolismus

Diesen Mangel versuchen aktuelle Konzepte des Urbanen Metabolismus durch integrative Ansätze zu beheben, die nicht nur die physiologischen Auswirkungen des menschlichen Handelns auf die Umwelt, sondern auch human- und sozialwissenschaftliche Perspektiven in das Konzept einbeziehen, um den Spezifika anthropogener Ökosysteme besser zu entsprechen. Aus den Analysen lassen sich praktische Handlungsempfehlungen ableiten; damit deutet sich die Entwicklung von einer Analyse- zur Planungsmethodik an.

Für einen theoretischen Neuanfang ist es zunächst nötig, das Zusammenspiel menschlicher und ökologischer Systeme besser zu verstehen. Bereits 1979 versuchte Stephan Boyden die Trennung der beiden Sphären auf Basis der Humanökologie zu überwinden.⁷ Ein weiterführendes Modell hat der

Umwelthistoriker Rolf Peter Sieferle entwickelt. Dabei geht er von der Triade von Natur, Population und Kultur aus, die ein sozial-ökologisches System bilden.⁸ Die menschliche Population ist durch ihre physische Existenz einerseits abhängig von der Natur, andererseits ist sie durch ihre Fähigkeit zur Bildung und Verwendung von Artefakten, Sprache, Tradition usw. Träger einer kulturellen Evolution. Die Population wirkt damit als das verbindende Glied zwischen Natur und Kultur, die einen jeweils voneinander unabhängigen, autonomen Systemcharakter besitzen. Eine unzureichende, verzerrte oder verzögerte Repräsentation des materiellen Bereichs (= Natur) im symbolischen Bereich (= Kultur) wird als Ursache für die Entstehung von Umweltproblemen ausgemacht.⁹

Aber auch die Übertragung des Konzepts in fassbare Resultate gewinnt in neuen Ansätzen an Bedeutung. So nimmt sich etwa die „Industrial Ecology“ ökologische Systeme zum Vorbild für eine konsistentere Gestaltung von Stoffflüssen. In Analogie zu natürlichen Nahrungsketten und -netzen mit funktionalen Vernetzungen zwischen Produzenten, Konsumenten und Destruenten sollen Abfallstoffe und Kuppelprodukte des einen Produzenten als Sekundärrohstoffe von anderen Produzenten genutzt werden.¹⁰

Die Industrial Ecology entwickelte sich an der Schnittstelle zwischen den Natur- und Ingenieurwissenschaften und den Wirtschaftswissenschaften mit einem Fokus auf Umweltökonomie und Umweltmanagement. Bislang weitgehend eigenständige Forschungsbereiche wie Lebenszyklusanalysen, Material- und Energieflussanalysen, Untersuchungen zum industriellen Metabolismus und Ansätze zu dynamischen System-Modellierungen verbinden sich zu einem umfassenden Konzept für die Transformation von einer Durchfluss- zu einer Kreislaufwirtschaft. Praktische Anwendung finden sie vor allem im Stoffstrommanagement.¹¹

Das Konzept des regionalen Stoffhaushalts, wie es Peter Baccini und Paul H. Brunner mit „Metabolism of the Anthroposphere“ 1991 entwickelt haben, knüpft demgegenüber stärker an die Ökosystemforschung und den „System dynamics“-Ansatz an. Als Methode zur Analyse der Prozesse regional gefasster Stoffhaushalte dient die vor allem die ursprünglich aus der Ökosystemforschung stammende Stoffflussanalyse. Dieses naturwissenschaftliche Verfahren verhilft dazu, den Stoffumsatz oder Energieumsatz eines zu untersuchenden Systems zu quantifizieren und zu optimieren.¹² Mit Hilfe von Simulationen können auch Entwicklungsszenarien als hilfreiche Diskussionsgrundlagen für politische, ökonomische und forschungsrelevante Entscheidungen entworfen werden.

Darüber hinaus haben Franz Oswald und Peter Baccini mit der Netzstadtmethode¹³ einen Planungsansatz entwickelt, der die theoretischen Überlegungen zum regionalen Stoffhaushalt aufgreift und physiologische und morphologische Werkzeuge zu einer ganzheitlichen Methode des städtebaulichen Entwerfens zusammenführt. Urbane Systeme werden als flächendeckende dreidimensionale Netzwerke mit vielfältigen sozialen und physiologischen Verknüpfungen gesehen, die relativ hohe Dichten von Menschen, Gütern und Informationen aufweisen. Die kolonialisierten Ökosysteme von Land-, Forstwirtschaft und Gewässer sind Bestandteil des Systems und werden in die Betrachtung einbezogen.

Die Netzstadtmethode ist eine Plattform der transdisziplinären Arbeit, die an sich keine Entwürfe generiert, aber die Analyse und die Entwurfsarbeit strukturiert. Mit der Netzstadtmethode werden die Auswirkungen der menschlichen Aktivitätsfelder untersucht: physiologisch hinsichtlich der vier Schlüsselressourcen Energie, Wasser, Nahrungsmittel und Baumaterialien, morphologisch bezogen auf sechs Territorientypen (Siedlung, Infrastruktur, Landwirtschaft, Wald, Wasser und Brache) und Netzelemente (Knoten, Verbindungen und Skalengrößen). Das Ziel der Netzstadtmethode liegt darin, ein offenes Konzept anzubieten, in dem optional sozialwissenschaftliche, anthropologische, ökonomische oder politische Disziplinen integriert werden können, um für die Planung, (Um-) Gestaltung und Steuerung der urbanen Systeme eine belastbare Wissensgrundlage zu schaffen.¹⁴

Urbane Transitionen

Der Umbau, die Erneuerung und die Anpassung der urbanen Infrastruktursysteme an sich verändernde demographische und technologische Rahmenbedingungen erfolgt in fließenden oder sprunghaften Übergängen. Diese urbanen Transitionen stellen ein zentrales Handlungsfeld zur nachhaltigen

Gestaltung urbaner Systeme dar, für das der urbane Metabolismus wichtige Ansätze liefern kann. Als Analysemethode kann er helfen, bestehende Infrastruktursysteme z.B. zur Energiewandlung, Speicherung und Transport an die Nutzung erneuerbarer Energien und an die sich ändernden Erzeugungs- und Verteilungsstrukturen anzupassen und die Stoffflüsse optimal zu gestalten. Daneben kann er auch die Lücken und Fehlstellen solcher Systeme aufzeigen: So verweist er insbesondere auf sich bildende Stoffflager im städtischen Raum, die durch Recycling zu reaktivieren sind (urban mining) oder etwa auf den Verlust wichtiger Nährstoffe und Mineralien aus Düngemitteln durch die Schwemmkanalisation. Nicht zuletzt können durch die Entwicklung von Szenarien, welche die Verhaltensweisen anthropogener Ökosysteme für die Zukunft prognostizieren, Leitbilder und Argumente für eine Politik der Nachhaltigkeit und eine zukunftsfähige Stadtplanung entwickelt werden.

Michael Prytula studierte Architektur an der TU Berlin, 2000–2006 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Gebäudetechnik und Entwerfen, TU Berlin, 2006–2009 Vertretungsprofessur an der Universität Kassel, Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung. <http://www.urbaner-metabolismus.de>

Weiterführende Literatur:

- Peter Baccini, Paul H. Brunner: *Metabolism of the Anthroposphere*, Berlin/Heidelberg 1991.
 Stefan Brinzeu: *Erdlandung. Navigation zu den Ressourcen der Zukunft*, Stuttgart 2004.
 Marina Fischer-Kowalski et al.: *Gesellschaftlicher Stoffwechsel. Ein Versuch in sozialer Ökologie*, Amsterdam 1997.
 Marina Fischer-Kowalski: *On the History of Industrial Metabolism*, in: *Perspectives on Industrial Ecology*, hrsg. von Dominique Bourg und Suren Erkmann, Sheffield 2003, S. 35-45.
 Susanne Frank, Matthew Gandy (Hg.): *Hydropolis. Wasser und die Stadt der Moderne*, Frankfurt a. Main/New York 2006.
 Dennis Meadows et al.: *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*, Stuttgart 1972.
 Eugene P. Odum: *Prinzipien der Ökologie. Lebensräume, Stoffkreisläufe, Wachstumsgrenzen*, Heidelberg 1991.
 Eugene P. Odum: *Ökologie. Grundlagen, Standorte, Anwendung. Übers. und bearb. von Jürgen Overbeck*, 3., völlig neubearb. Aufl., Stuttgart 1999.
 Günter Pauli: *Up Cycling – Wirtschaften nach dem Vorbild der Natur für mehr Arbeitsplätze und eine saubere Umwelt*, Pöbneck 1999.
 Thomas Sterr: *Industrielle Stoffkreislaufwirtschaft im regionalen Kontext. Betriebswirtschaftlich-ökologische und geographische Betrachtungen in Theorie und Praxis*, hrsg. von Dietfried G. Liesgang, Berlin/Heidelberg 2003.
 Mathis Wackernagel, William Rees: *Unser ökologischer Fußabdruck. Wie der Mensch Einfluss auf die Umwelt nimmt*, Basel 1997.

- 1) Abel Wolman: *The Metabolism of Cities*, *Scientific American*, Sept. 1965, S.178–193, hier S. 179. Übersetzung durch den Autor.
 2) Ludwig Trepl: *Geschichte der Ökologie. Vom 17. Jahrhundert bis zur Gegenwart*, Frankfurt a. Main 1987, S. 194.
 3) Heinz Ellenberg (Hg.): *Ökosystemforschung. Ergebnisse von den Symposien der Deutschen Botanischen Gesellschaft und der Gesellschaft für Angewandte Botanik in Innsbruck, Juli 1971 – Berlin/Heidelberg/New York 1973*, S. 23.
 4) Monika Wächter: *Die Stadt: umweltbelastendes System oder wertvoller Lebensraum? Zur Geschichte, Theorie und Praxis stadtoökologischer Forschung in Deutschland*. Genehmigte Dissertation Fakultät VII Architektur, Umwelt, Gesellschaft der TU Berlin, UFZ – Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle 2003, S. 41. URL: www.ufz.de/data/ufzbericht9-03550.pdf
 5) Für Brüssel siehe: P. DuVigneaud, S. Denayer de Smet: *L'écosystème urbain – Application à l'agglomération bruxelloise, Bruxelles 1977*. Für Hongkong siehe: Stephen Boyden et al.: *The Ecology of a city and its people: the case of Hong Kong*, Canberra 1981. Für Gotland siehe: Ann-Mari Jansson, James Zucchetto: *Resources and society: a systems ecology study of the island of Gotland, Sweden*, Heidelberg 1985.
 6) Wie Anm. 4, S. 89.
 7) Stephen Boyden: *An Integrative Ecological Approach to the Study of Human Settlements. Technical Note Number 12. Prepared in co-operation with UNEP, Paris 1979*.
 8) Rolf Peter Sieferle: *Kulturelle Evolution des Gesellschaft-Natur-Verhältnisses*, in: Fischer-Kowalski 1997 (s. Weiterführende Literatur), S. 37–53, hier S. 37.
 9) Wie Anm. 8, S. 50.
 10) *Als Geburtsstunde der Industrial Ecology wird die Veröffentlichung von R. A. Frosh und N. E. Gallopoulos „Strategies for Manufacturing“ (1989) im Scientific American genannt, wobei es bereits zuvor richtungweisende Arbeiten gab, z.B. Kenneth Bouldings „The Economics of the Coming Spaceship Earth“ (1966). Seither hat sich vor allem im angloamerikanischen Raum eine umfangreiche wissenschaftliche Gemeinschaft zu dem neuen Forschungsfeld gebildet, die 2001 zur Gründung der International Society for Industrial Ecology geführt hat. Siehe Ralf Isenmann: *Industrial Ecology auf dem Weg zur Wissenschaft der Nachhaltigkeit? In: Arnim von Gleich, Stefan Gößling-Reisemann (Hrsg.): Industrial Ecology – Erfolgreiche Wege zu nachhaltigen industriellen Systemen*, Wiesbaden 2008, S. 304–316.
 11) Peter Heck, Ulrich Bemmman (Hg.): *Praxishandbuch Stoffstrommanagement. Strategien – Umsetzung – Anwendung in Unternehmen / Kommunen / Behörden*, Köln 2002.
 12) Peter Baccini, Hans-Peter Bader: *Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung*, Heidelberg/Berlin/Oxford, 1996, S. 43.
 13) Franz Oswald, Peter Baccini (Hg.): *Netzstadt. Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme*, Zürich 1998.
 Und: Franz Oswald, Peter Baccini: *Netzstadt. Einführung in das Stadtentwerfen*, Basel/Boston/Berlin 2003.*