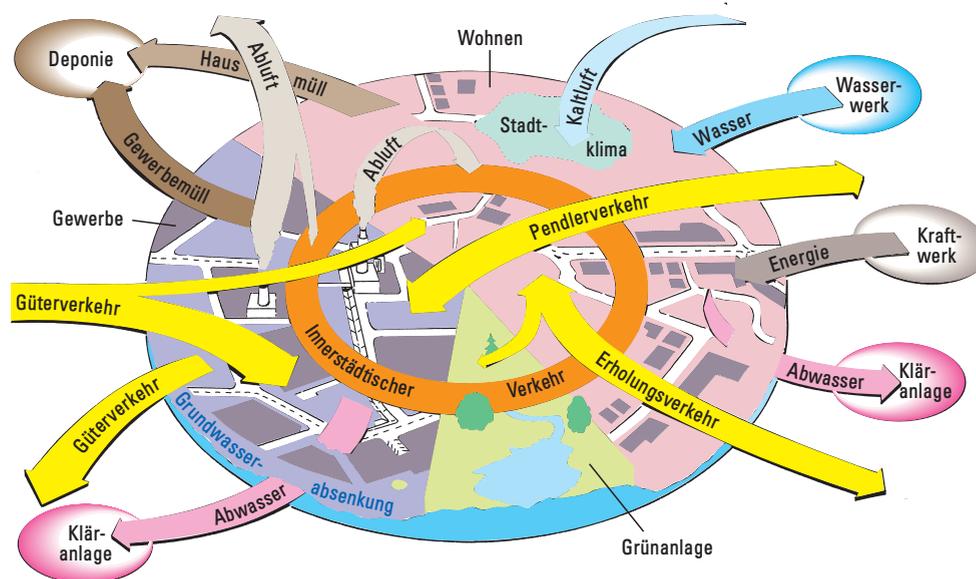


Ökosystem Stadt

M11 Modell eines Stadt-Ökosystems



„Ökologische Stadtplanung, die auf langfristige Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen ausgerichtet ist, erfordert in einer handhabbaren Form Bewertungsverfahren, die sich verändernden Zielvorstellungen, Erkenntnissen und Datensituationen anzupassen vermögen.“

Harald Zepp v. Joachim Flacke: Stadtökologie oder nachhaltige Siedlungsentwicklung. In: Geographische Rundschau 2002, H. 5, S. 18. Braunschweig: Westermann

Das Beispiel „Landesmesse“ zeigt, wie sich menschliche Eingriffe auf Ökosysteme auswirken. Auch Städte sind Ökosysteme. Ein besonderes Charakteristikum urbaner Räume ist die enge Verkoppelung natürlicher und anthropogener Faktoren, z. B. Boden, Wasser, Luft einerseits und Wohnungssiedlungen, Verkehrseinrichtungen, Industrieanlagen andererseits. Aus der Vernetzung und Verknüpfung der Faktoren zu übergeordneten Systemen ergibt sich die außerordentliche Komplexität des „Ökosystems Stadt“. Mit der Stadt hat der Mensch ein Ökosystem geschaffen, das nicht nur am weitesten von den natürlichen Ökosystemen entfernt ist, sondern das auch höhere Belastung aufweist, und in dem die Energie- und Stoffflüsse sich nicht mehr im Gleichgewicht befinden.

↓ „Das Ökosystem Stadt als ‚Prototyp‘ eines urban-industriellen Ökosystems ist geprägt durch die Funktion und den Einfluss der Menschen. Mit steigender Zahl und Zivilisationstufe haben sie sich im urbanen Bereich Systeme geschaffen, in denen ganz im Gegensatz zu den naturnahen Verhältnissen die Nahrungspyramide fast auf dem Kopf steht. Die Gruppe der Produzenten ist gegenüber der Gruppe der Konsumenten (Menschen) verschwindend gering. Große Städte und Ballungsgebiete sind dementsprechend riesige Konsumentenexklaven, die räumlich von den sie versorgenden Produzenten und entsorgenden Destruenten z.T. weit entfernt sind. Funktionieren naturnahe Ökosysteme durch das System von rückgekoppelten sich selbst regulierenden Stoffkreisläufen und Energiekaskaden äußerst ökonomisch, können städtische Ökosysteme nur im Verbund mit produzierenden Teilsystemen (landwirtschaftlich-forstliche Teilsysteme) und durch ständige Zufuhr zusätzlicher Energie existieren und aufrechterhalten werden.“

Klaus Adam: Stadtökologie in Stichworten: 1988, S.24

Alle Geofaktoren – Klima, Relief, Boden, Vegetation und Wasserhaushalt – erfahren im Ökosystem Stadt grundlegende Veränderungen durch den Menschen. Jede Siedlung hat durch Gebäude und Grünanlagen ein ausgebildetes Relief mit steilen Erhebungen und dazwischen verlaufenden Senken. Man kann die bauliche Substanz mit vegetationslosem Felsgestein vergleichen. Eingelagert finden sich Vegetationsinseln, die von wenigen Quadratzentimeter großen Blumenkübeln bis zu Quadratmeter großen Parkanlagen reichen.

Boden hat in Siedlungen im Allgemeinen nur noch eine Funktion als Baugrund. Dabei wird die vorhandene oberste Bodenschicht manchmal bis zum Ausgangsgestein abgetragen und mit künstlichen oder natürlichen Fremdmaterialien wie Kies oder Beton bedeckt. Damit werden alle wesentlichen Aktivitäten der Bodenlebewesen weitgehend eingeschränkt.

Folgende Faktoren tragen wesentlich zu diesen Veränderungen des natürlichen Ökosystems bei:

- Versiegelung von Freiflächen durch Überbauung,
- Beseitigung der natürlichen Vegetation,
- Emissionen von Feuerungsanlagen, Industrie und Verkehr,
- Abwärme von Kraftwerken, Heizungen und aus Industrieprozessen,
- unzureichende Stadtplanungsmaßnahmen, z.B. fehlende Ausweisung bzw. Verbauung von Frischluftschneisen.

2 Ökosystem Großstadt: Beispiel Brüssel

Die quantitative Analyse der Stoff- und Energieflüsse in urbanen Ökosystemen gehört zu den komplexesten Aufgaben der Geoökologie. Sie wurde daher bislang auch nur für sehr wenige Fallbeispiele durchgeführt.

Das Ergebnis für Brüssel gibt M4 wieder. In der Abbildung sind zur Vereinfachung drei Teilaspekte getrennt voneinander dargestellt:

- die Stoffflüsse,
- die Energiebilanz und
- die Wasserbilanz.

Was erreichen Sie durch die Bearbeitung des Fallbeispiels Brüssel?

Es wird Ihnen möglich, die ökologische Bedeutung von Städten einzuschätzen (siehe dazu auch S. 293 „Stadtökologie“).

Die Berechnung von übertragbaren Angaben (z. B. Energie- und Wasserverbrauch pro Einwohner) ermöglicht Vergleiche mit anderen urbanen Ökosystemen.

Die Auswertung der Daten gibt Hinweise für die Optimierung von städtebaulichen Planungen, deren Realisierung Sie in Ihrer eigenen Stadt überprüfen können.

Sie können einzelne Aspekte/Fragestellungen auf Ihre eigene Stadt übertragen und u. U. in Ansätzen selbst quantitativ bearbeiten.

Sie üben den Umgang mit quantitativen Angaben, wie er in vielen Bereichen der Geographie notwendig ist.

1. Berechnen Sie die durchschnittliche Nahrungsmenge, die für jeden Einwohner täglich in das Ökosystem importiert werden muss.

2. Überprüfen Sie, ob das „Frischgewicht“ der Menschen in Brüssel einen plausiblen Wert ergibt.

3. Analysieren Sie die Stoffflüsse. Dazu benötigen Sie die Kenntnis der Brutto-Umsätze bei der Photosynthese der Produzenten in einem Ökosystem:

$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Das entspricht z. B. folgenden Mengen:

246 g Kohlenstoffdioxid + 108 g Wasser reagieren zu 180 g Traubenzucker und 192 g Sauerstoff

oder $138 \times 10^3 \text{ t Kohlenstoffdioxid}$ und $56 \times 10^3 \text{ t Wasser}$ reagieren zu $94 \times 10^3 \text{ t Traubenzucker}$ und $100 \times 10^3 \text{ t Sauerstoff}$.

4. Informieren Sie sich über die Auswirkungen der Emission von Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden und Blei auf Organismen und andere Ökosysteme.

5. Welche Schlussfolgerungen sind für die Bauleitplanung in einer Stadt aus Ihrer Berechnung der Sauerstoffbilanz zu ziehen?

6. Berechnen Sie die Menge der festen Abfälle, die rechnerisch auf jeden Einwohner entfällt. Vergleichen Sie diese Angaben mit denen aus Ihrem Heimatort heute (die Werte für Brüssel wurden etwa 1975 erhoben).

7. Verfolgen und erläutern Sie die Entstehung der Gesamtenergiebilanz von $+ 89 \times 10^{12} \text{ kcal}$. Welche Konsequenzen hat diese Bilanz für das Klima in einer Großstadt? Belegen Sie Ihre Überlegungen mithilfe von Angaben in M 22, S. 293.

8. Welche Schlussfolgerungen sind für die Bauleitplanung in einer Stadt aus der Analyse der Energiebilanz zu ziehen?

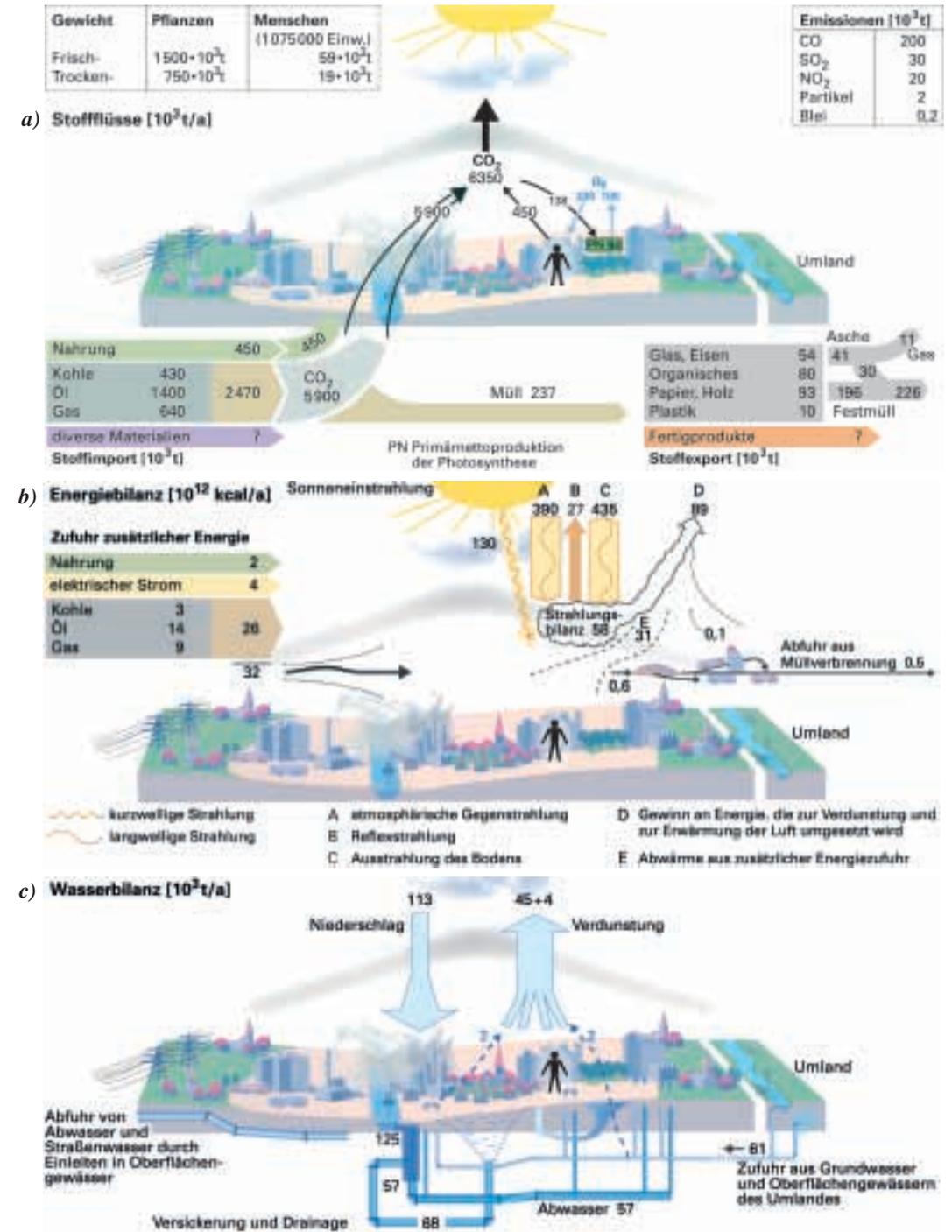
9. Berechnen Sie, ob die Gesamtmenge des Niederschlages auf das Stadtgebiet von Brüssel einen plausiblen Wert für die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge (in mm) ergibt.

10. Ermitteln Sie die Wassermenge, die rechnerisch von jedem Einwohner pro Tag verbraucht wird, und vergleichen Sie diesen Wert mit dem Ihres Heimatortes.

11. Klären Sie für Ihren Heimatort, ob Regenwasser und Abwasser getrennt voneinander in das Klärwerk/den Vorfluter geleitet werden oder in gemeinsamen Kanälen (Mischkanalisation). Diskutieren Sie Vor- und Nachteile beider Verfahren.

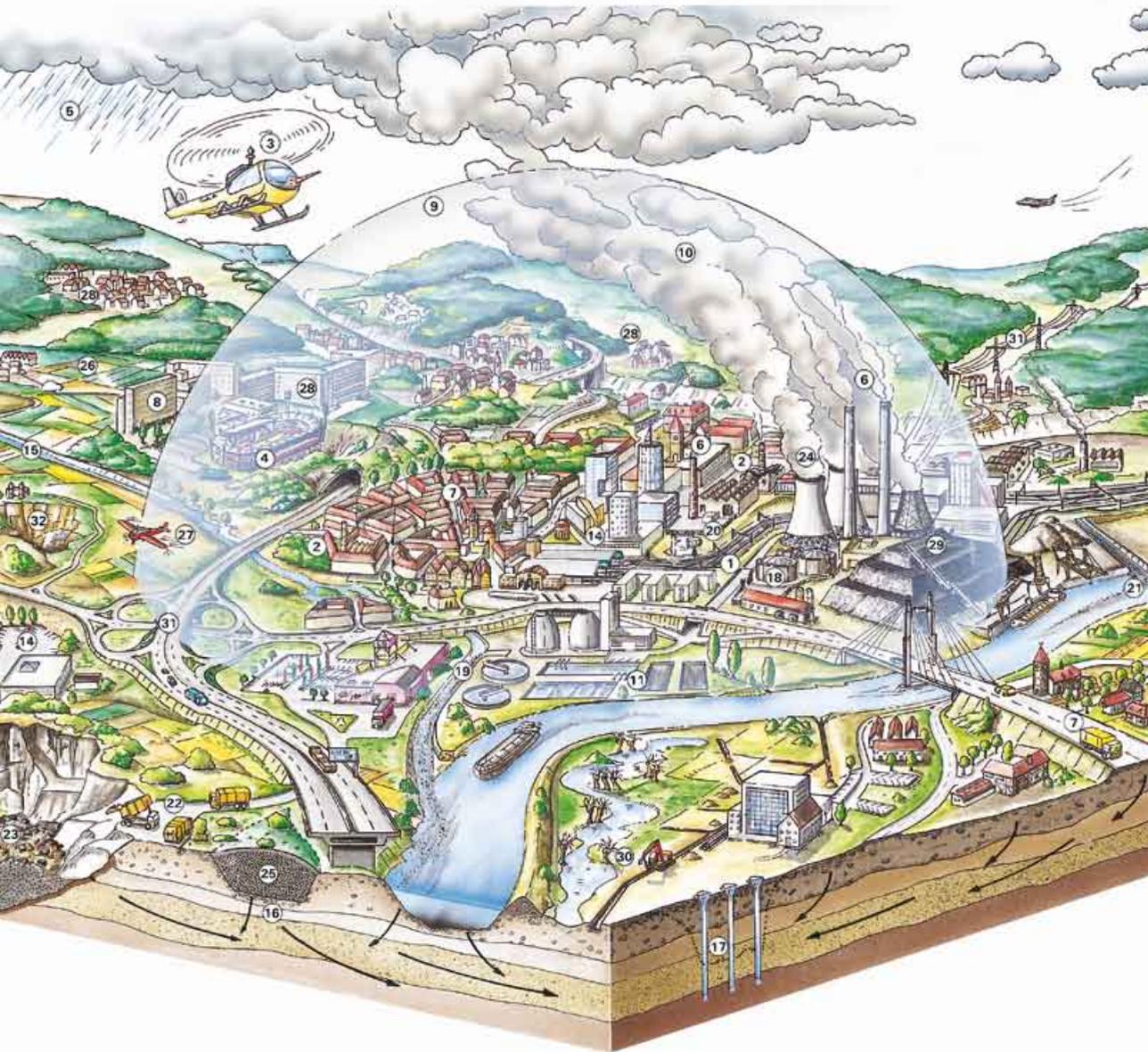
12. Als „ökologischer Fußabdruck“ wird diejenige Fläche bezeichnet, die notwendig ist, um den Bedarf einer Stadt an Nahrung, Energierohstoffen, Wasser etc. zu decken sowie mit ihrem Vegetationsbestand das in Städten emittierte CO_2 zu binden. Vergleichen Sie die Größe des „ökologischen Fußabdruckes“ von Städten in verschiedenen Regionen der Erde sowie zu verschiedenen Zeiten der Stadtgeschichte.

M 4 Ökosystem Brüssel, Fläche 16 178 ha



Alle drei Abbildungen nach Joachim Knoll: Stadtökologie. In: Unterricht Biologie. 1989, H. 143, S. 5. Quelle: P. Duvigneaud und S. Denaeyer-de Smet: P. Duvigneaud und S. Denaeyer-de Smet: L'Écosystème urbain bruxellois. In: P. Duvigneaud und P. Kestemont: Productivité biologique en Belgique. Gembloux 1977. Seite 581–599

3. Urbane Ökosysteme



M 3.1 Belastung und Gefährdung des urbanen Ökosystems aus der Sicht der Öffentlichkeit

Lärmbelastung

- 1 Straßen- und Schienenverkehrslärm
- 2 Industrie- und Gewerbelärm
- 3 Fluglärm
- 4 Freizeitlärm

Luftverunreinigung

- 5 Luftvorbelastung aufgrund weit entfernter Schadstoffquellen
- 6 Luftbelastung durch Hausbrand, Industrie und Gewerbe, Kraftwerke, Müllverbrennungsanlagen u. a.
- 7 Luftbelastung durch Abgase des motorisierten Straßenverkehrs
- 8 Behinderung des Luftaustausches durch Verbau von „Frischluftschneisen“
- 9 Smogbildung bei Inversionswetterlagen
- 10 Überwärmung der Luft durch Kraftwerke, Industriebetriebe, Hausfeuerungen u. a.
- 11 Geruchsbelästigung durch Kläranlagen

Gefährdung der Wasserversorgung

- 14 Grundwasserabsenkungen, mangelnde Infiltration infolge Überbauung und Flächenversiegelung
- 15 Grundwasserabsenkungen durch Flussbegradigung
- 16 Schadstoffeinsickerung in das Grundwasser
- 17 schadstoffbelastetes Uferfiltrat
- 18 Grund- und Oberflächengewässer-Verunreinigung durch Ölfälle u. a.

Abwasserbeseitigung

- 19 Verschmutzung der Gewässer durch unzureichende Reinigung der kommunalen Abwässer
- 20 Einleitung umweltgefährdender Stoffe durch Gewerbe und Industrie in die kommunale Kanalisation und Kläranlage
- 21 Verunreinigung der Oberflächengewässer durch direkte Abwassereinleitungen aus Industriebetrieben

Abfallbeseitigung

- 22 wachsende Abfallmengen; Energieverbrauch und Emissionen durch aufwändige Sammlung und Transport
- 23 Beanspruchung und Belastung von Flächen für die Ablagerung von Abfällen
- 24 wachsende Umweltbelastung durch neue Stoffgemische in Produktion und Konsum (u. a. Chemisierung des Haushalts)
- 25 Boden- und Grundwassergefährdung durch Emissionen von Altablagerungen

Schädigung von Natur und Landschaft

- 26 Nitratbelastung des Bodens durch Überdüngung
- 27 massiver Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft
- 28 Freiflächenverlust durch Zersiedlung
- 29 Aufschüttung von Materialhalden (Schadstoffeinsickerungen u. a.)
- 30 Vernichtung ökologisch empfindlicher Standorte
- 31 Landschaftszerstörung durch großflächige Verkehrsbauten, Überlandleitungen u. a.
- 32 Landschaftsschäden durch Gesteinsabbau u. a.

Nach Büro für Kommunal- und Regionalplanung, Aachen

M 3.2 Charta der Europäischen Städte und Gemeinden auf dem Weg zur Zukunftsbeständigkeit (Charta von Aalborg)

Wir europäischen Städte und Gemeinden, Unterzeichner dieser Charta, erklären, dass unsere Städte im Laufe der Geschichte Teil von Weltreichen, Nationalstaaten und Regimen waren und diese überlebt haben und als Zentren gesellschaftlichen Lebens, als Träger unserer Wirtschaften, Hüter der Kultur, des Erbes und der Traditionen fortbestehen ...

Wir verstehen, dass unsere derzeitige städtische Lebensweise, insbesondere unser arbeits- und funktionsteiliges System, die Flächennutzung, der Verkehr, die Industrieproduktion, Landwirtschaft, Konsumtion und die Freizeitaktivitäten und folglich unser gesamter Lebensstandard uns für die vielen Umweltprobleme wesentlich verantwortlich macht, denen die Menschheit gegenübersteht. Dies ist besonders bedeutsam, weil 80 Prozent der europäischen Bevölkerung in städtischen Gebieten leben.

Wir haben erkannt, dass der heutige hohe Pro-Kopf-Verbrauch von Ressourcen in den Industrienationen nicht für alle jetzt lebenden Menschen, ganz zu schweigen von künftigen Generationen, möglich ist, ohne das natürliche Kapital zu zerstören.

Wir sind überzeugt, dass menschliches Leben auf unserem Planeten ohne dauerhaft und umweltgerecht geprägte Kommunen keinen Bestand haben wird. Die Kommunalverwaltung ist dort angesiedelt, wo die Umweltprobleme wahrgenommen werden, sie ist die bürger-naheste Ebene und trägt gemeinsam mit Regierungen und Verwaltungen auf allen Ebenen Verantwortung für das Wohl von Mensch und Natur.

*http://www.aalborgplus10.dk/media/charter_german.pdf
(Dez. 2006)*

Die Stadt – vom Menschen organisiertes Ökosystem

M 3.3 Besonderheiten des urbanen Ökosystems

„Das Ökosystem Stadt als ‚Prototyp‘ eines urban-industriellen Ökosystems ist geprägt durch die Funktion und den Einfluss der Menschen. Mit steigender Zahl und Zivilisationsstufe haben sie sich im urbanen Bereich Systeme geschaffen, in denen ganz im Gegensatz zu den naturnahen Verhältnissen die Nahrungspyramide fast auf dem Kopf steht. Die Gruppe der Produzenten ist gegenüber der Gruppe der Konsumenten (Menschen) verschwindend gering. Große Städte und Ballungsgebiete sind dementsprechend riesige Konsumentenexklaven, die räumlich von den sie versorgenden Produzenten und entsorgenden Destruenten z. T. weit entfernt sind.

Funktionieren naturnahe Ökosysteme durch das System von rückgekoppelten, sich selbst regulierenden Stoffkreisläufen und Energiekaskaden äußerst ökonomisch, können städtische Ökosysteme nur im Verbund mit produzierenden Teilsystemen (landwirtschaftlich-forstliche Teilsysteme) und durch ständige Zufuhr zusätzlicher Energie existieren und aufrechterhalten werden.“

Klaus Adam: Stadtökologie in Stichworten. Unterägeri: Hirt 1988, S. 24

Der weltweite *Verstädterungsprozess* hat zur Folge, dass immer mehr Menschen in urbanen, meist hochverdichteten Systemen leben. In diesen verdecken zum Beispiel künstliche Umwelten mit Klimaanlageanlagen oder die effizient gestalteten Versorgungs- und Entsorgungssysteme die an sich enge Beziehung zwischen den Menschen und der natürlichen Umwelt. Gleichzeitig ist die urbane Lebensqualität durch Umweltprobleme stark beeinträchtigt.

Dies zwingt dazu, sich mit folgenden Aspekten urbaner Systeme auseinander zu setzen: den Veränderungen der städtischen Geosphäre gegenüber dem *Umland*, dem Ressourcenbedarf der Städte und der Notwendigkeit *nachhaltiger Stadtentwicklung*.

Alle Geofaktoren – Oberflächenformen, Klima, Boden, Wasserhaushalt und Vegetation – erfahren im *Ökosystem* Stadt grundlegende Veränderungen durch den Menschen. Der Einfluss des Menschen nimmt vom Stadtrand zum Stadtzentrum hin zu und damit verändern sich auch die Geofaktoren. Gleichzeitig wächst die vom einzelnen Menschen in Anspruch genommene Fläche. Waren es 1950 je Bundesbürger (Alte Bundesländer) noch 350 m² Siedlungs- und Verkehrsfläche, so erreichte dieser Wert im Jahre 2001 bereits über 530 m² je Bundesbürger. Deutschlandweit werden jede Sekunde etwa 12 m² zusätzlich für Siedlungs- und Verkehrsflächen beansprucht. Damit wächst auch bei stagnierender oder zurückgehender Bevölkerungszahl die verbrauchte Fläche. Folgende Faktoren des Verstädterungsprozesses tragen wesentlich zu den Veränderungen des natürlichen Ökosystems bei:

- *Versiegelung* von Freiflächen durch Überbauung (Wohnungen, Industrieanlagen, Verkehrsflächen u. a.),
- *Emissionen* von Feuerungsanlagen, Industrie und Verkehr,
- Abwärme von Kraftwerken, Heizungen und aus Industrieprozessen,
- unzureichende Stadtplanungsmaßnahmen, z. B. fehlende Ausweisung bzw. Verbauung von Frischluftschneisen.

Die Sonderstellung des Ökosystems Stadt wird im Folgenden an den Problemfeldern Stadtklima und Luftschadstoffe, Bodenversiegelung und Ressourcenverbrauch verdeutlicht.

3.4 Erläutern Sie an ausgewählten Beispielen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe auf die natürlichen Geofaktoren im Ökosystem Stadt.