

ÖKOSYSTEME UND DEREN ANTHROPOGENE BELASTUNG

SIEDLUNGS- UND STADTÖKOSYSTEME



Siedlungs- und Stadtökosysteme und deren anthropogene Belastung

Inhalte:

• Prozesse der Urbanisierung

Merkmale und Eigenschaften von Stadtökosystemen

Böden und Wasserhaushalt

Stadtklima

Städtischer Metabolismus: Die Stadt als Stoff- und Energiesystem

Ökologische Gliederung der Stadt

Vegetation und Fauna in der Stadt

Stadtökologie und Stadtplanung

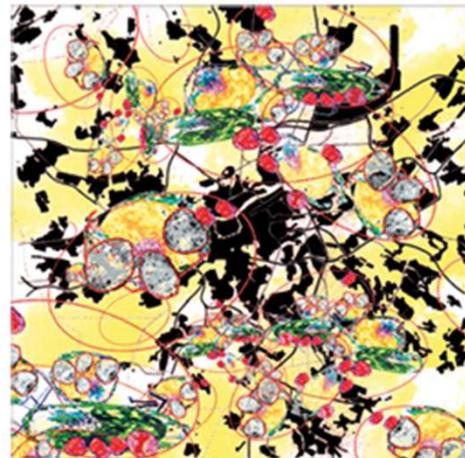
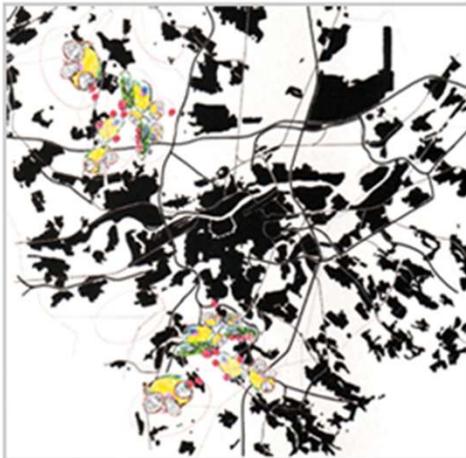
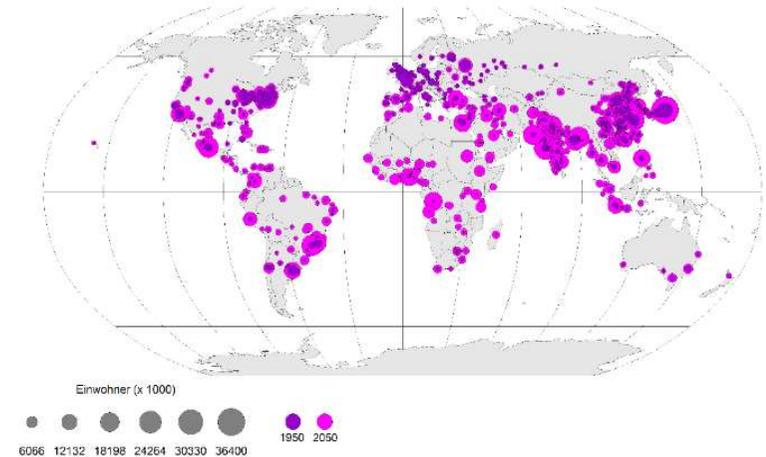
Stadt und Klimawandel

„Grüne Infrastruktur“ und das Konzept der Ökosystemleistungen

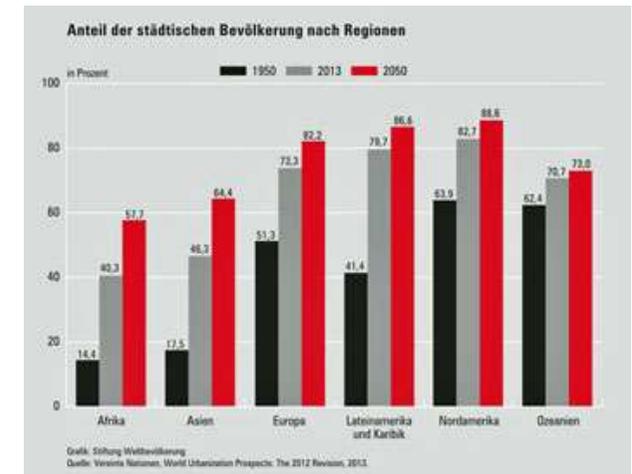
Urbanisierungsprozesse

- Globales **Bevölkerungswachstum** geht einher mit einer raschen Zunahme der Bevölkerungsanteile, die in Städten leben
- **Industrialisierungsprozesse** begründen Flächenverbrauch für Produktions-, Lager- und Transportstätten
- Steigender **Lebensstandard** sorgt für zunehmende Ansprüche an Wohnraum und Mobilität
- Folge ist eine **fortschreitende Ausdehnung urbaner und suburbaner Ökosysteme („Anthropozöosen“)**
- Suburbanisierung beschreibt die Entstehung von Mustern, in denen städtische und „naturnähere“ Flächennutzungen ineinander greifen

Agglomerationen 1950-2050



Aus: Sieverts (1997): Zwischenstadt



Urbanisierungsprozesse



„Patchwork-Ökosysteme, bestehend aus urban-industriellen, agrarisch geprägten und „naturnahen“ Komponenten.



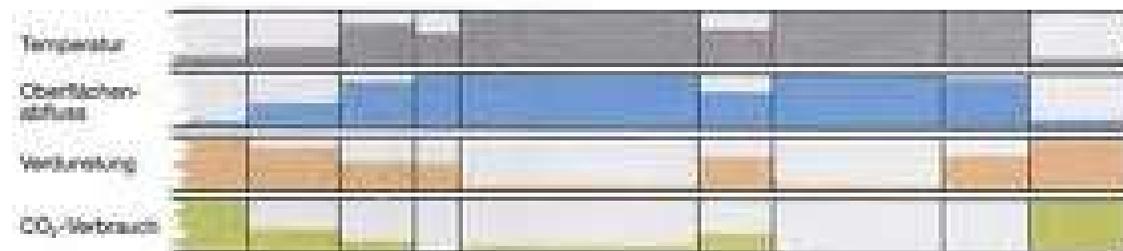
Merkmale und Eigenheiten von Stadtökosystemen

Unterschiede von Stadtökosystemen gegenüber ihren Umgebungen:

- **Extremere Klimaverhältnisse gegenüber dem Umland** („Käseglockeneffekt“)
- **Veränderter Wasserhaushalt** (geringere Versickerungsrate, erhöhter Oberflächenabfluss und Kanalisierung)
- **Stark anthropogen überformte Bodenverhältnisse** (Versiegelte Standorte, gestörte Böden und Hortisole)
- **Hoher Grad der Störung durch menschliche Nutzungen und Pflegemaßnahmen** (Verkehr, Aufenthaltsdichte in den Freiräumen, stadtgärtnerische Pflege)
- **Hohe Vielfalt an Kleinlebensräumen**



(vgl. Sukopp 1990)



Quelle: www.klett.de



Allein rund 500 Pflanzenarten – darunter viele Spezialisten und Anökophyten – wurden bei einer Studie auf Brach- und Ruderalflächen im Linzer Stadtgebiet gezählt

Boden-Wasserhaushalt in Stadtökosystemen

Böden dienen in Stadtökosystemen in erster Linie als Unterlage für Gebäude, Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen. Sie sind dann versiegelt und somit kaum noch belebt. Unversiegelte Böden in Stadtökosystemen zeigen eine Reihe spezifischer Veränderungen:

- **Störung der Horizontierung** infolge Durchmischung, Planierung, Abtrag bzw. Auftrag von Material (z.B. Gleisschotter, Bauschutt usw.)
- **Verdichtung und Verschlämmung** durch Tritt, Befahren, Baumaßnahmen
- **Eutrophierung und Alkalisierung** infolge Kontamination durch Stäube, Abfälle und Abwässer
- **Schadstoffbelastung** durch Hausbrand, Gewerbe, Industrie und Verkehr sowie Herbizide
- Bisweilen **Humus- und Nährstoffanreicherung** infolge (historischer) Gartennutzungen
- **Absenkung des Grundwasserstandes** infolge oberflächlicher Abführung des Wassers



<https://www.stadt-koeln.de/artikel/03231/index.html>



Versiegelungsarten in der
Innenstadt von Osnabrück

■ Gebäude
 ■ Asphalt, Teer, Beton
 ■ großflüchiges Pflaster
 ■ kleinfüchiges Pflaster
 ■ Sand
 ■ Grünfläche
 ■ Wasserfläche
 ■ Kinderspielfeld
 ■ Baustelle
 ■ unbekannt
 • Baum

Stand: Februar 1998
 Kartierung: Anke Granieczny
 Betreuer: Dipl. Geophys. U. Grotten
 Umweltamt Osnabrück

Digitale Bearbeitung: Monika Gähner, Dipl. Geogr. K. Wessels
 Universität Osnabrück, Fachgebiet Geographie

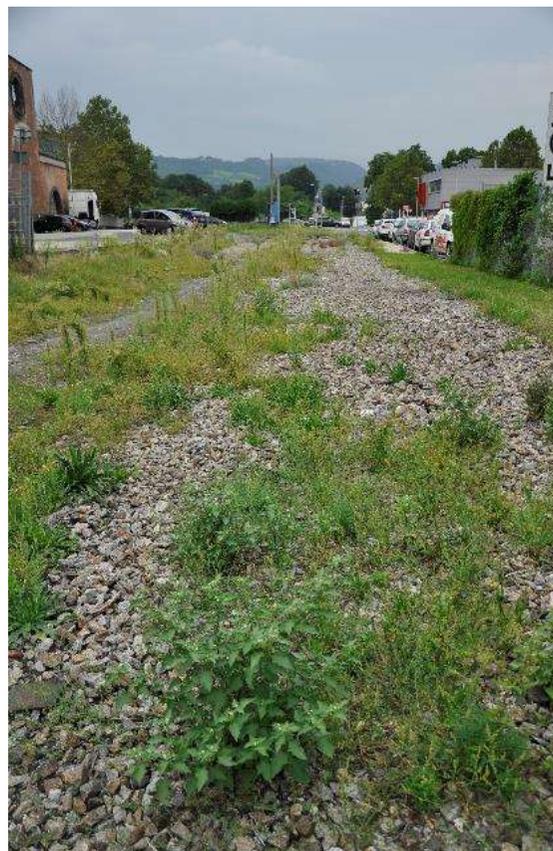
0 100 200 300 400 500 Meter

Boden-Wasserhaushalt in Stadtökosystemen

Mit Bodenversiegelung und den Veränderungen der städtischen Böden einher gehen:

- verringerte Wasserspeicherung, Grundwasserneubildung, kapillarer Aufstieg und Evapotranspiration
- erhöhter oberirdischer Abfluss (Versiegelung, Kanalisierung der Gewässer)
- veränderte Stoffverlagerung
- veränderter Wärmehaushalt

Grundsätzlich entstehen über die genannten Effekte **wärmere und trockenere**, gegenüber dem Umland **aridere** Boden- und Klimaverhältnisse.



Stadtklima

Unter „Stadtklima“ wird ein spezifisches Klima verstanden, bei dem Bebauung sowie Abwärme und Schadstoffemissionen als prägende Einflüsse wirksam werden. Das Stadtklima wird von einer eigenen Disziplin, der „Stadtklimatologie“ untersucht.

Ursachen für das Stadtklima sind u.a.:

- Umwandlung der natürlichen Bodenoberfläche und Morphologie (Rauigkeit, Reflexionsgrad, Absorptionsvermögen, Wärmekapazität der Materialien)
- Veränderung der Biosphäre durch Reduktion der mit Vegetation bedeckten Fläche
- Thermische und lufthygienische Eingriffe (Verkehr, Industrie, Gewerbe, Hausbrand)

Diese Faktoren haben Einfluss auf die Zusammensetzung der **Stadtatmosphäre** und den **Strahlungs- und Energiehaushalt**.

| Faktoren | Veränderungen gegenüber dem Umland | Ursachen |
|---|---|---|
| Strahlung Globalstrahlung auf horizontaler Oberfläche Gegenstrahlung Ultraviolett im Winter Ultraviolett im Sommer | - 20 % + 10 % - 70 % (im Extremfall - 100 %) - 10 bis - 30 % | Dunsthaube, erhöhte Bewölkung (aufgrund des Aufsteigens der Luft) |
| Sonnenscheindauer im Winter im Sommer | - 8 % - 10 % | erhöhte Bewölkung (s.o.) |
| Lufttemperatur Jahresmittel Winterminima maximale Temperaturunterschiede Dauer der winterlichen Frostperiode | + 0,5 bis + 1 °C + 1 bis + 3 °C bis +13 °C - 30 % | Glashauseffekt, Energieumsatz im Baukörper, anthropogene Wärmezufuhr |
| Windgeschwindigkeit jährliches Mittel Windstille | - 25 % + 115 % | Baukörper |
| rel. Luftfeuchtigkeit Jahresmittel Sommermittel | - 6 % - 8 % | Oberflächenversiegelung, erhöhte Temperatur, weniger Vegetation |
| Niederschlag totale Regensumme Schneefall Tauabsatz | + 10 % (leeseitig) - 5 % - 65 % | erhöhte Bewölkung (s.o.) höhere Temperatur geringe rel. Luftfeuchtigkeit (s.o.) |
| Luftverunreinigungen CO ₂ , NO _x , AVOC ¹⁾ , PAN ²⁾ O ₃ | mehr weniger | Emissionen, Immissionen nächtliche Reduktion durch NO |

¹⁾ AVOC = anthropogene Kohlenwasserstoffe; ²⁾ PAN = Peroxiacetylnitrat

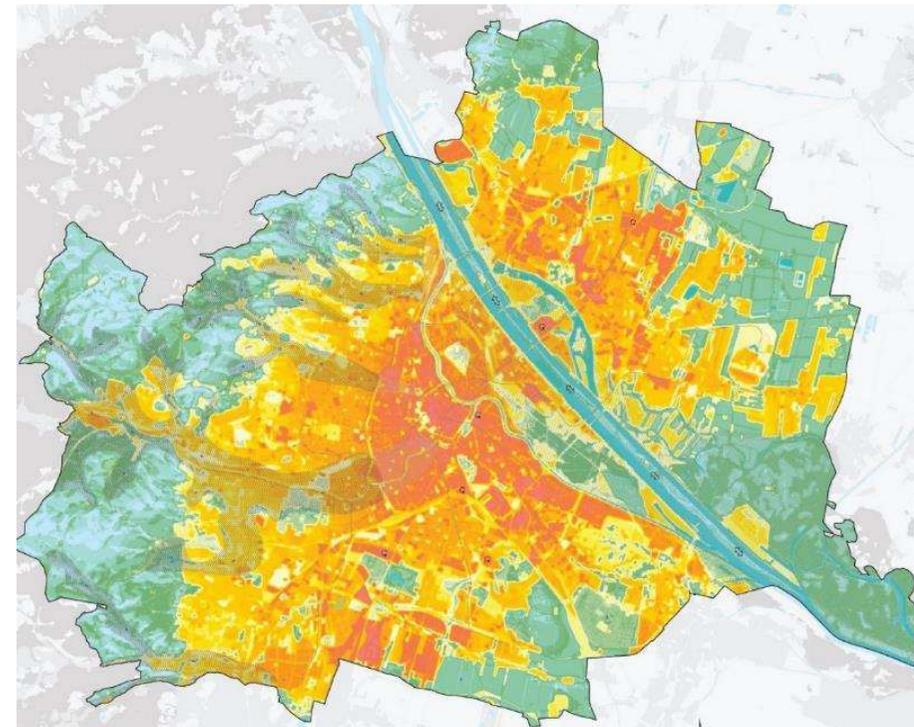
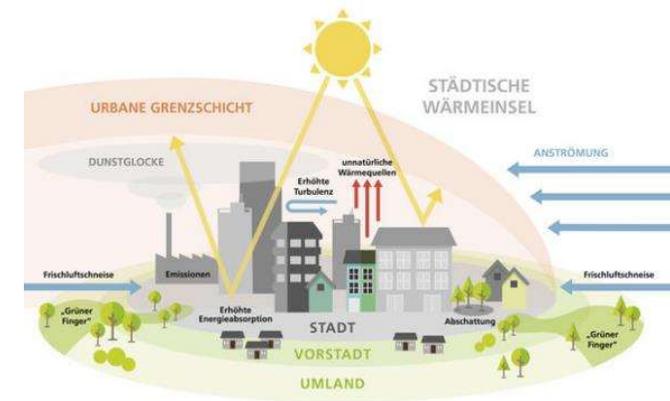
Städtische Dunstglocke und städtische Überwärmung

Die städtische Dunstglocke verändert die Globalstrahlung. Eine durch Luftverschmutzung verursachte Trübung der Atmosphäre sorgt für Absorption und Abschwächung der kurzwelligeren solaren Strahlung. Einer Abnahme der direkten Sonneneinstrahlung steht die **Zunahme diffuser Strahlung**, erhöhte Oberflächenabsorption sowie eine stark verringerte langwellige Gegenstrahlung gegenüber.

Die Reflexionswerte (Albedo) städtischer Oberflächen variieren relativ stark je nach Materialien und Farbgebungen. Im **Winter** ist die **städtische Albedo aufgrund kürzerer Perioden der Schneebedeckung** gewöhnlich **geringer** als im Umland.

In Kombination mit den verschiedenen Quellen anthropogener Wärmeproduktion (verringerte Evapotranspiration, Abwärme usw.) kommt es zum Effekt der **städtischen Überwärmung** und zur Bildung **städtischer Wärmeinseln**.

Die Bildung von Wärmeinseln wird durch die **Horizonteinschränkung** („Straßenschluchten“) verstärkt.



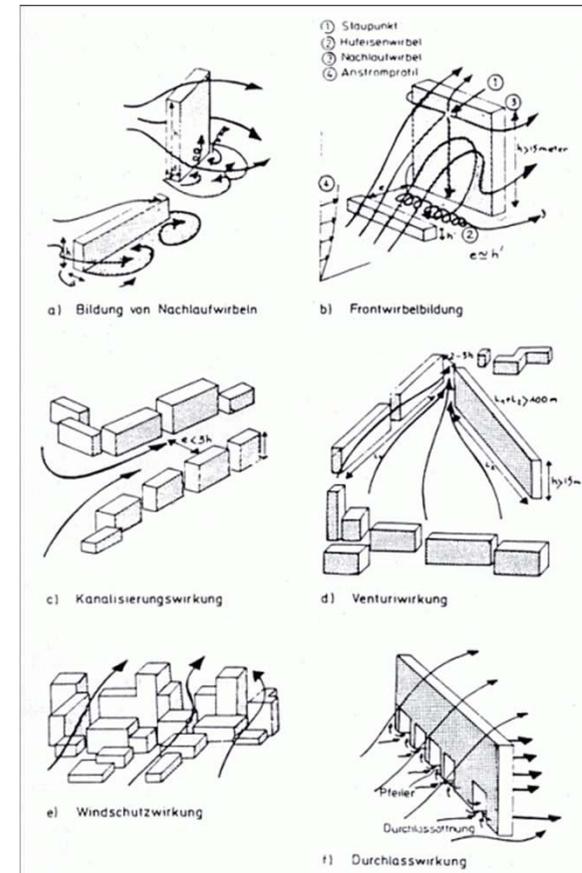
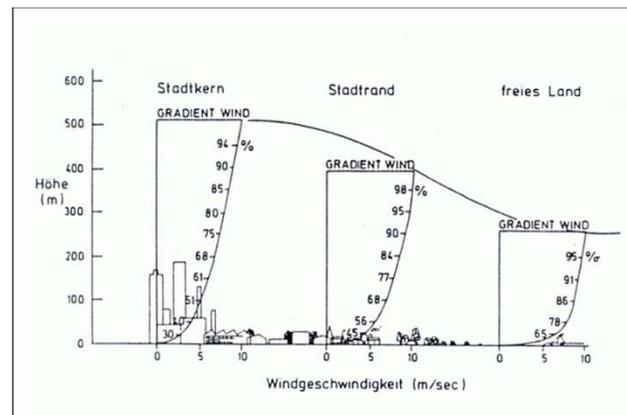
<https://www.weatherpark.com/stadtklimaanalyse-wien/>

Städtisches Windfeld und Verunreinigungen der Stadtluft

Über die durch die Bebauung gegebene Rauigkeit der Oberflächen ist das Windfeld in der Stadt gegenüber dem Umland sowohl auf horizontaler als auch auf vertikaler Ebene verändert. Diese zeigen sich durch:

- Im Durchschnitt verringerte Windgeschwindigkeiten mit – in Abhängigkeit von der Bebauung – häufiger auftretenden Windstillen
- Eine Erhöhung von Böen und Turbulenzen

Das städtische Windfeld hat erheblichen Einfluss auf die Ausbreitung und Verteilung von Verunreinigungen der Stadtluft infolge von Emissionen (NO_x , SO_2 , CO , CO_2 , O_3 , Staub, Schwermetalle...).



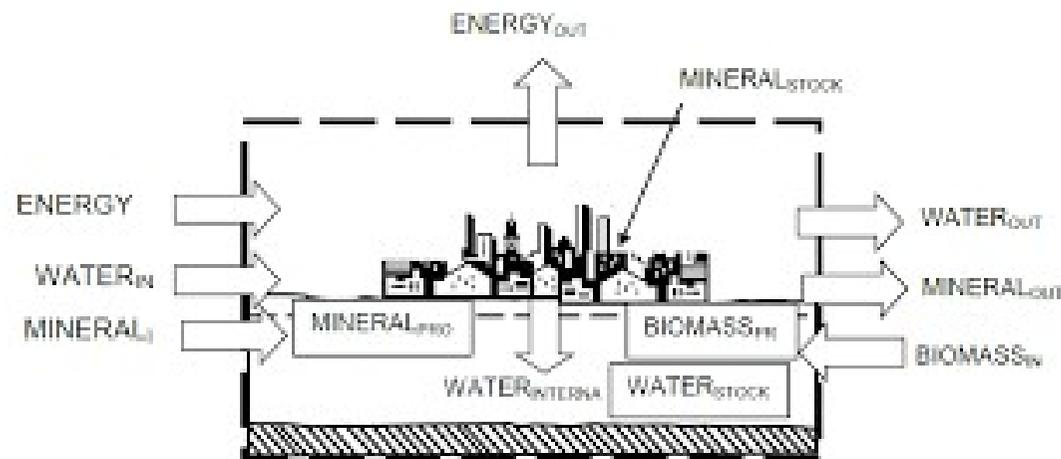
https://geolinde.musin.de/stadt/wind_kurz.htm

Städtischer Metabolismus: Die Stadt als Stoff- und Energiesystem

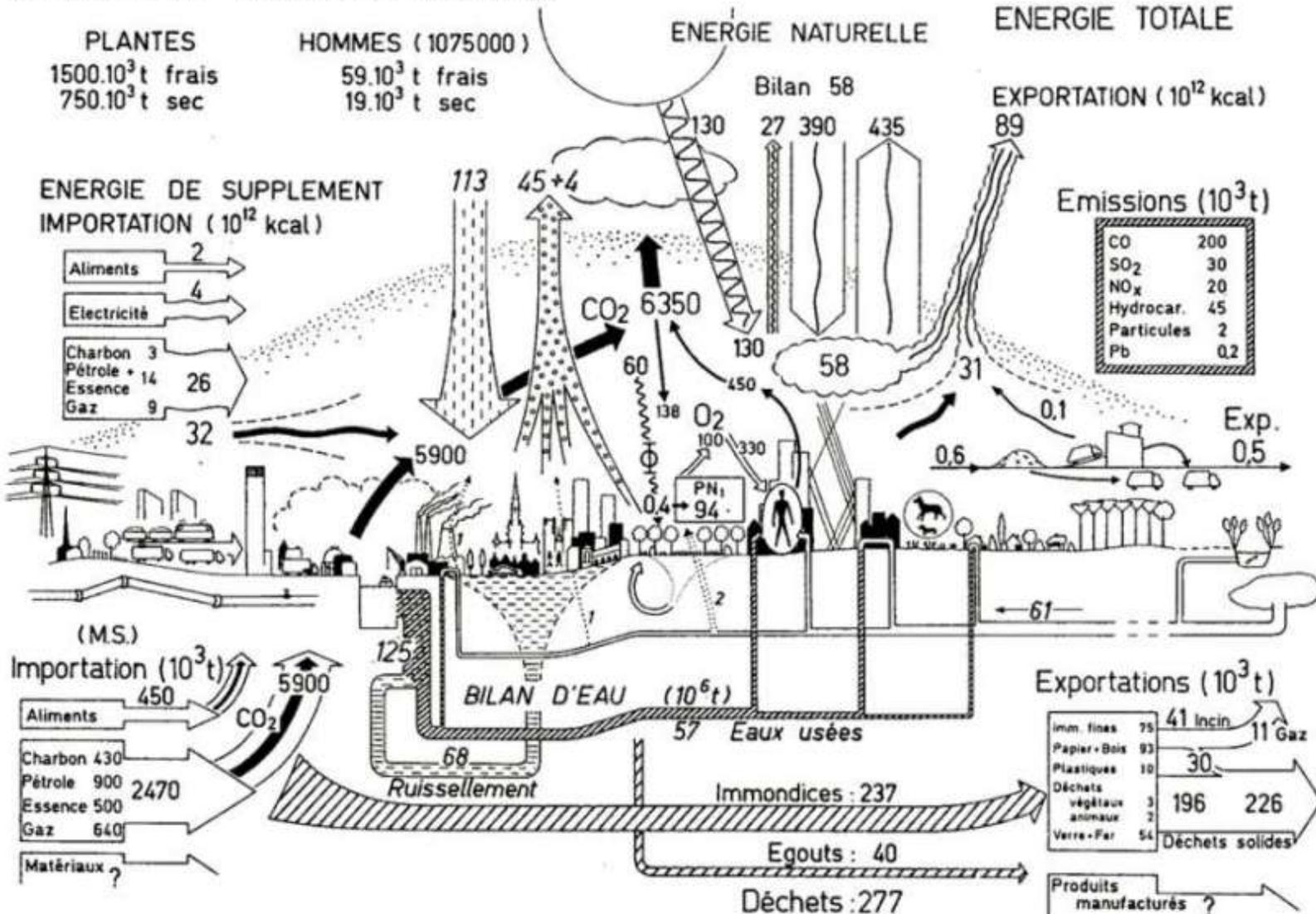
Städte stehen mit ihren Umländern in komplexen Beziehungen, die in Stoff- und Energieflüssen einen Ausdruck finden. Städtische **Ökosystembilanzen** sind durch Entzug von Energie und Rohstoffen aus dem Umfeld sowie durch Abgabe von Abfall- und Abbauprodukten an die Umgebung gekennzeichnet.

- Der **Energiebedarf** städtischer Ökosysteme ist aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte, intensiver wirtschaftlicher Aktivität und dem hohen Verkehrsaufkommen überproportional hoch.
- Das gleiche gilt für **Stoffumsätze**, weil sowohl Verdichtung als auch wirtschaftliche Aktivitäten mit höheren Materialeinsätzen verbunden sind.

Die erhöhten Umsätze haben folgen für Umwelt und Ökosysteme der Stadt (z.B. Eutrophierung und damit verbundene Wirkungen auf pflanzliche und tierische Lebensbedingungen, Schadstoffausstoß, Abfallaufkommen usw.).



ECOSYSTEME BRUXELLES (16.178 ha)



Urbaner Metabolismus der Stadt Brüssel (aus Sukopp und Wittig 1993)

Ökologische Gliederung der Stadt

Idealisiert betrachtet nimmt der **menschliche Einfluss** innerhalb von Stadtökosystemen vom Stadtrand zum Stadtzentrum hin zu. **Klassische Beschreibungen** des „Ökosystems Stadt“ gehen daher von einem **konzentrischen Stadtmodell** aus, in dem verschiedene Zonen unterschieden werden können, z.B.:

- Zone der geschlossenen Bebauung
- Zone der aufgelockerten Bebauung
- Innere Randzone
- Äußere Randzone

(vgl. Sukopp et al. 1973)

In der Realität finden sich sowohl mehrkernige Städte, als auch inselförmige (Industrieanlagen, Sport- und Schulzentren, Parkanlagen usw.) als auch bandförmige (Verkehrsanlagen, Fließgewässer usw.) Strukturen.

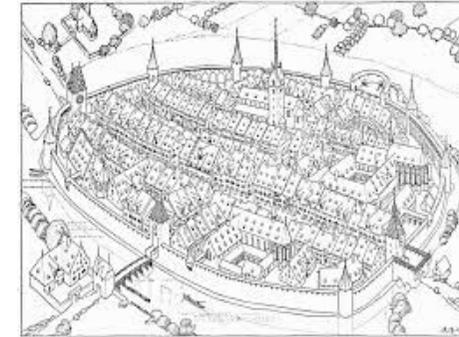
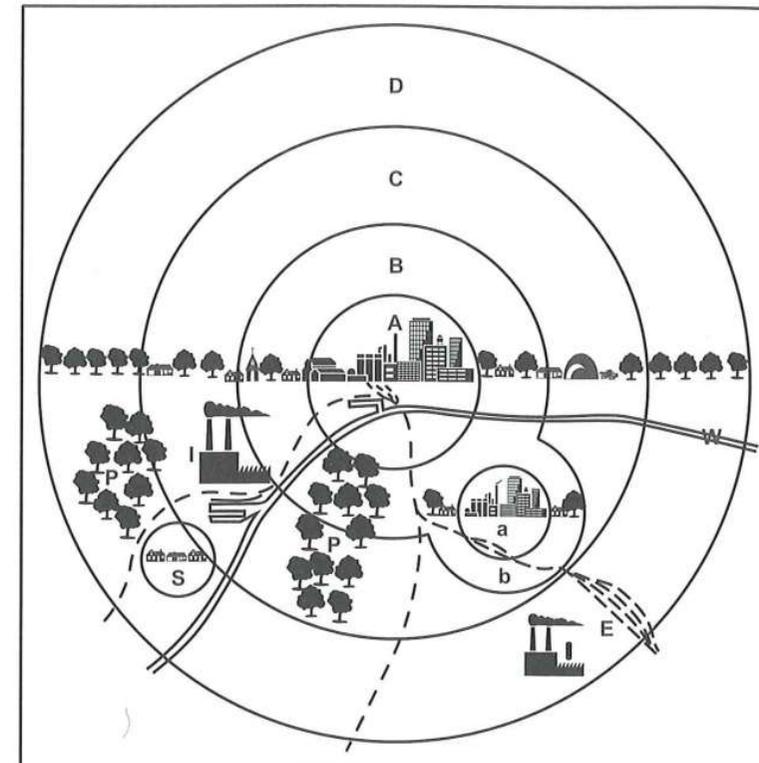
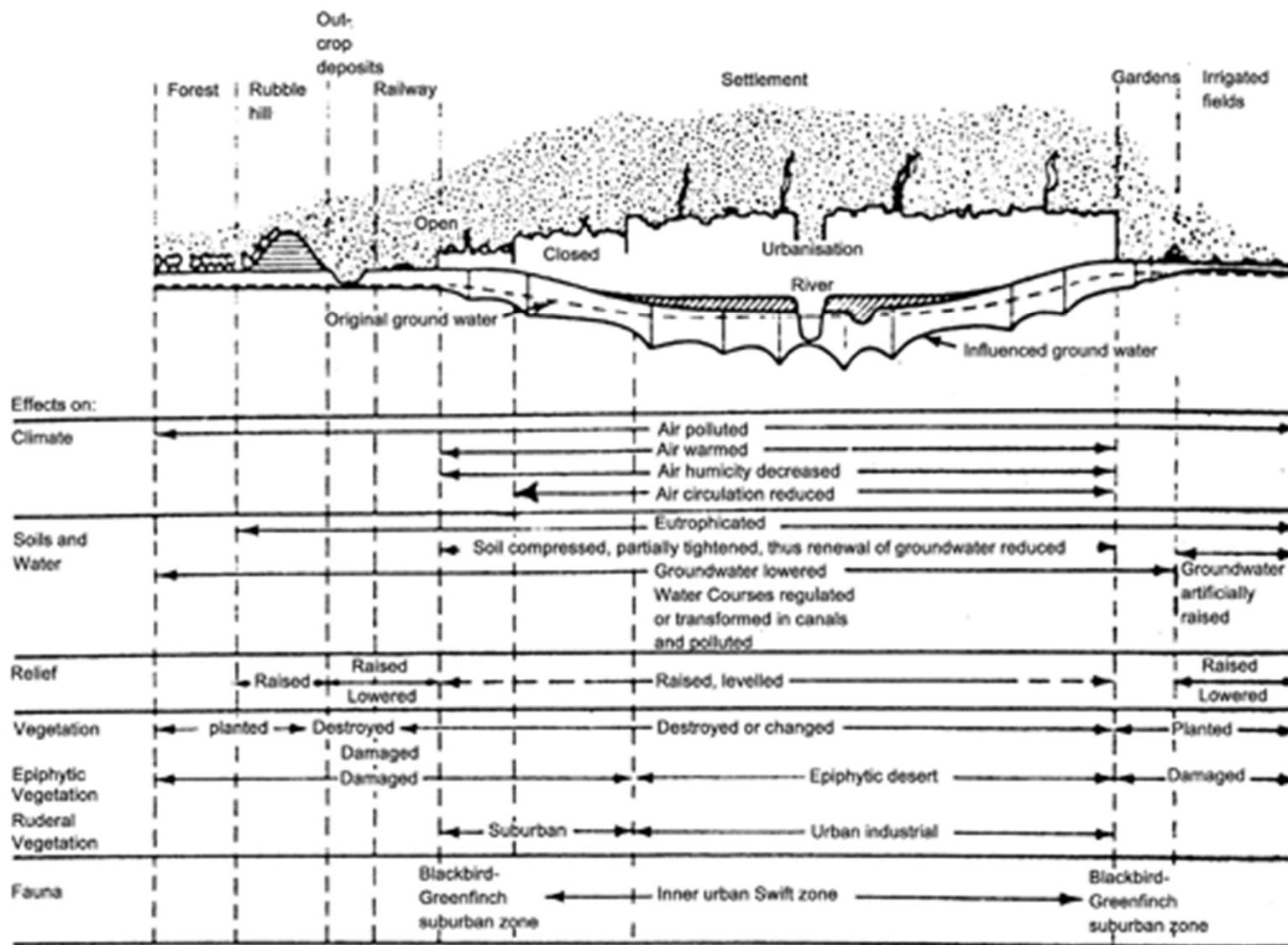


Abb. 3-7
Das konzentrische Stadtmodell (Zonen A, B, C, D) wird durch Unterzentren (a, b), Schlafstädte (S) und azonale Elemente (E, I, P, W) bis hin zur Unkenntlichkeit verwischt (aus WITTIG 1991).
A, a Zone der geschlossenen Bebauung; B, b Zone der aufgelockerten Bebauung; C innere Randzone; D äußere Randzone; E Eisenbahngelände; I Industriegelände; P Parkanlagen und Grünflächen i.w.S.; S Schlafstädte; W Wasserstraßen und Hafengelände.





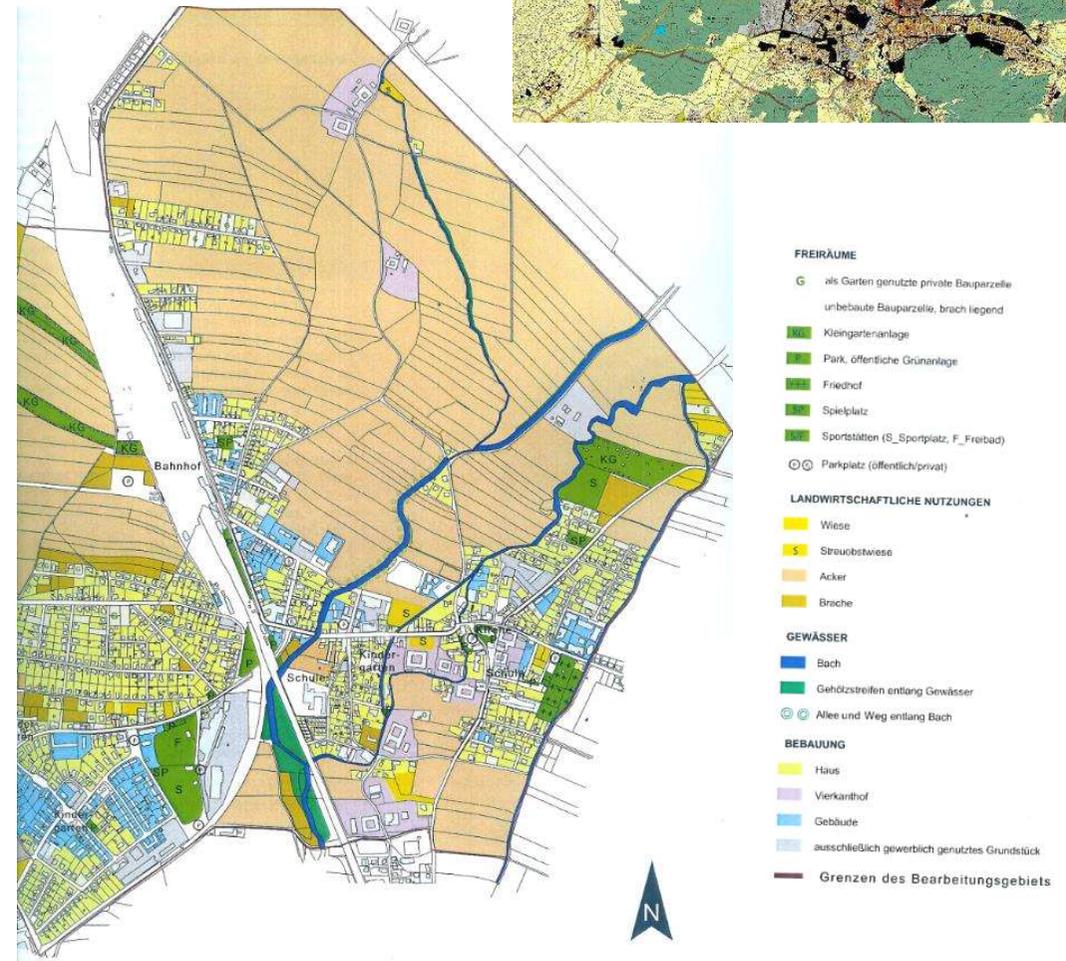
Veränderungen der Ökosphäre in einer Großstadt (aus: Sukopp 1990)

Ökologische Gliederung der Stadt

Neuere stadtökologische Untersuchungen orientieren sich bei der stadtökologischen **Gliederung an Nutzungstypen**.

Sukopp et al. (1980) unterscheiden folgende **sechs Hauptnutzungstypen**, die teilweise in Untergruppen untergliedert werden:

1. Bebaute Gebiete (exkl. Industriebebauung): Dichte Bebauung, Bebauung mit Gärten
2. Industriestandorte, Speicheranlagen, Großmärkte
3. Verkehrsflächen: Straßen, Plätze, Wege; Eisenbahngelände; Wasserstraßen und Häfen
4. Brachflächen
5. Entsorgungsflächen: Mülldeponien, Rieselfelder
6. Grünflächen: Parks und Erholungsgebiete im Wohnbereich, Friedhöfe



Karte zu Grün- und Freiflächen: Quelle: Heilmann, 2006

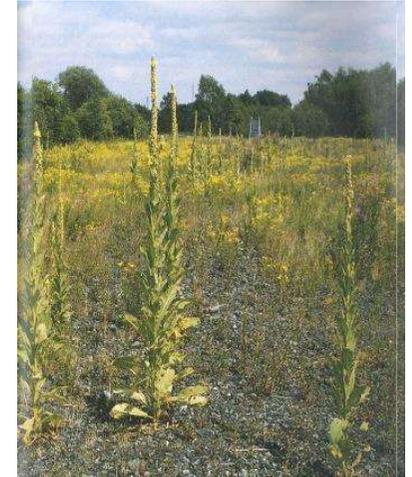
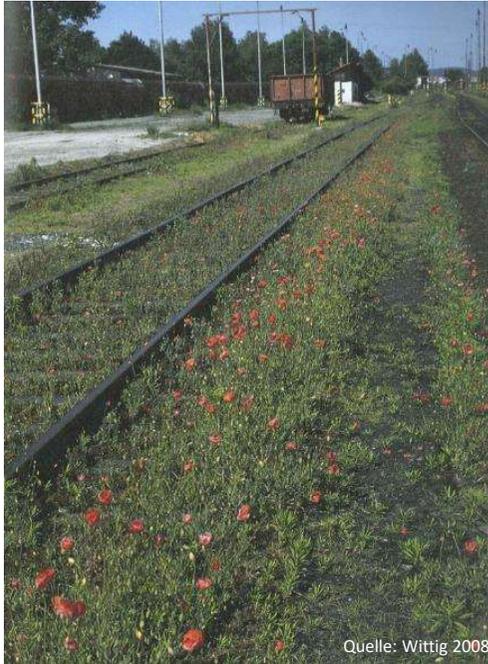
Bebaute Gebiete (exkl. Industriebebauung): Dichte Bebauung, Bebauung mit Gärten

- Kerngebiete
- Gemischte Wohngebiete
- Geschößwohnbau-Quartiere
- Villenviertel und Einfamilienhaussiedlungen



Verkehrsflächen: Straßen, Plätze, Wege; Eisenbahngelände; Wasserstraßen und Häfen

Brachflächen



Grünflächen: Parks und Erholungsgebiete im Wohnbereich, Friedhöfe, Stadtwälder



Vegetation städtischer Ökosysteme

Wasser-, Boden- und Klimaverhältnisse städtischer Ökosysteme sowie die Wirkungen wiederkehrender menschlicher Eingriffe (z.B. Störung, Bekämpfung und Vernichtung, mechanische Schädigung) formen die Grundlage für das pflanzliche Leben in Städten.

Von der sog. **Spontanvegetation**, die sich ohne menschliche Absicht in städtischen Ökosystemen einstellt, ist die **gepflanzte und angebaute Vegetation** („Gärtner*innengrün“) zu unterscheiden.

Nach ihrer Anpassung bzw. Anpassungsfähigkeit an städtische Ökosysteme kann zwischen **urbanophoben** (z.B. die meisten Orchideen, viele Gräser und Liliengewächse), **urbanoneutralen** (viele Ubiquitisten, Trittpflanzen, Hackfrucht-Wildkräuter, nitrophile Saumarten) und **urbanophilen** (z.B. störungsresistente) Arten unterschieden werden.

Die pflanzliche Artenvielfalt bei den Samenpflanzen ist in Städten häufig höher als im Umland. Besonders viele Vertreter*innen finden sich aus den **Familien Asteraceae, Poaceae Brassicaceae, Polygonaceae, Lamiaceae, Chenopodiaceae**.

Quelle: Wittig 2008



Quelle: Wittig 2008

Besonderheiten von Siedlungen und Städten als Lebensräume von Pflanzen und Tieren

| menschliche Einflussnahme | | | Auswirkungen aus "Sicht" der Pflanzen |
|---------------------------|----------|---|---|
| Art | Objekt | Effekt | |
| INDIREKT | Klima | wärmer (insbesondere auch mildere Winter), trockener | Begünstigung wärmeliebender und trockenheits-resistenter Arten; Erhöhung der Überlebenschance frostempfindlicher Arten; kaum Existenzmöglichkeiten für stark (Luft-) feuchtigkeitsabhängige Arten (Hygrophyten); Verlängerung der Vegetationsperiode |
| | | Luft stärker verschmutzt | Begünstigung toxischer Arten; Benachteiligung empfindlicher Arten |
| | Boden | nährstoffreicher, basischer schadstoffreicher wasserärmer | Begünstigung nährstoffliebender, basiphiler Arten Konkurrenzvorteil für schadstoffresistente Arten Vorteil für Wassersparer und/oder extreme Tiefwurzler; kaum Existenzmöglichkeiten für Hygrophyten |
| | Wasser | Grundwasser abgesenkt, Oberflächenwasser schneller abfließend | kaum Chancen für Sumpf- und Wasserpflanzen (Helo- und Hydrophyten) |
| | Gewässer | eingefasst, kanalisiert oder verrohrt, verschmutzt | kaum Chancen für Sumpf- und Wasserpflanzen (Helo- und Hydrophyten) |
| DIREKT | Pflanze | Störung, Vernichtung, Neuschaffung | Begünstigung von einjährigen Arten (Therophyten) mit kurzem Generationszyklus (mehrere Generationen pro Jahr), hoher Samenproduktion, effektiven Ausbreitungsmechanismen (z.B. Windverbreitung), langlebiger Samenbank; Verringerung der Konkurrenz: bessere Chancen für Neuankömmlinge (Neophyten) |
| | | Bekämpfung mechanische Schädigung | Vorteile für regenerationskräftige Arten; Nachteile für zart gebaute oder bruchempfindliche Spezies |

Herkunft der Stadtvegetation

- Indigene Arten = Apophyten
- Anthropochoren:
 - Archäophyten
 - Neophyten

Anökophyten sind Arten, die auf vom Menschen geschaffenen Standorten wachsen, für die kein natürlicher Standort bekannt ist, und von denen man annehmen muss, dass sie erst in der Kulturlandschaft (Wiesen, Weiden, Äcker, Siedlungen) entstanden sind.



| Ursprünglicher Wuchsort | Beispiele |
|--|--|
| Bruchwälder, Auenwälder, Hochstaudenfluren an Flusssufern | Giersch (<i>Aegopodium podagraria</i>), Echte Zaunwinde (<i>Calystegia sepium</i>), Gemeine Quecke (<i>Elymus repens</i>), Acker-Schachtelhalm (<i>Equisetum arvense</i>), Klett-Labkraut (<i>Galium aparine</i>), Gundelrebe (<i>Glechoma hederacea</i>), Hopfen (<i>Humulus lupulus</i>), Gefleckte Taubnessel (<i>Lamium maculatum</i>), Gewöhnliches Rispengras (<i>Poa trivialis</i>), Große Brennnessel (<i>Urtica dioica</i>) |
| Spülsäume, Schlamm-, Sand- und Kiesflächen an Binnengewässern (Pionierfluren), Flutrasen | Dreiteiliger Zweizahn (<i>Bidens tripartita</i>), Gänsefuß-Arten (<i>Chenopodium spec.</i>), Breit-Wegerich (<i>Plantago major</i>), Knöterich-Arten (<i>Polygonum spec.</i>), Gänse-Fingerkraut (<i>Potentilla anserina</i>), Kriechendes Fingerkraut (<i>Potentilla reptans</i>), Stumpfbliättriger Ampfer (<i>Rumex obtusifolius</i>) |
| Spülsäume, Dünen und Felsen der Meeresküsten | Spieß-Melde (<i>Atriplex prostrata</i>), Acker-Gänsedistel (<i>Sonchus arvensis</i>), Geruchlose Kamille (<i>Tripleurospermum inodorum</i>) |
| Windwurf- und Verlichtungsflächen | Acker-Kratzdistel (<i>Cirsium arvense</i>), Gewöhnliche Kratzdistel (<i>Cirsium vulgare</i>), Königskerzen-Arten (<i>Verbascum spec.</i>), Gewöhnliches Leinkraut (<i>Linearia vulgaris</i>), Weideröschchen-Arten (<i>Epilobium spec.</i>), Kletten-Arten (<i>Arctium spec.</i>) |
| Geröllfluren und Sandtrockenrasen | Quendel-Sandkraut (<i>Arenaria serpyllifolia</i>), Scharfer Mauerpfeffer (<i>Sedum acre</i>), Ehrenpreis-Arten (<i>Veronica spec.</i>), Hopfen-Klee (<i>Medicago lupulina</i>), Rote Schuppenmiere (<i>Spergularia rubra</i>) |
| Steppen und Grasfluren | Mäuse-Gerste (<i>Hordeum murinum</i>), Trespen-Arten (<i>Bromus spec.</i>), Hirsen-Arten (<i>Setaria, Echinochloa</i>), Kanadisches Berufkraut (<i>Conyza canadensis</i>), Kanadische Goldrute (<i>Solidago canadensis</i>) |

(nach WITTIG 2008, verändert)

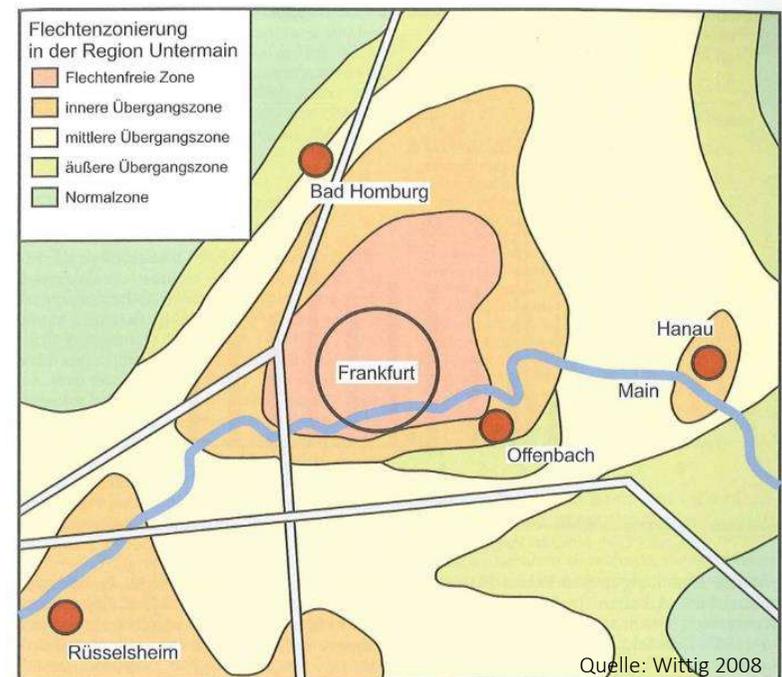
Flechten und Moose

Flechten und Flechtengemeinschaften waren bereits früh (seit dem 19. Jhdt.) Gegenstand stadtökologischer Untersuchungen. Da viele Flechten sensibel auf Emissionen (v.a. SO₂) reagieren, wurden sie als Indikatoren für die Städtische Luftqualität eingesetzt. In Städten finden sich Typische räumliche Zonierungen von Flechten(-gemeinschaften):

1. **Stadttinneres** ist flechtenfrei oder nur von wenigen **Krustenflechten** besiedelt („Flechtenwüste“)
2. **Übergangszone** mit verarmten Gesellschaften aus **Krusten- und Blattflechten**
3. **Normalzone**, in der auch **Strauch- und Blattflechten** vorkommen

Unterschieden werden epiphytische (borkenbewohnende), epilithische (mauer- oder felsbewohnende) und epigäische (erdbewohnende) Flechten.

Moose zeigen in städtischen Gebieten ähnliche Verbreitungsmuster wie Flechten und sind ebenso Indikatoren für die Luftqualität. Sie eignen sich zudem zur Indikation von Schwermetallbelastungen.



Flechtenzonierung in der Region um Frankfurt

Trittpflanzengesellschaften und Einjährige Ruderalfluren

Pflanzen, die gegenüber regelmäßigem **Tritt und/oder Befahren** resistent sind, finden sich bis in die Innenstadtbereiche, z.B. als Bewuchs innerhalb von Pflasterritzen. Zu ihnen gehören:

- Einjährige Arten mit kurzen Entwicklungszyklen, wie Einjähriges Rispengras (*Poa annua*), Strahlenlose Kamille (*Matricaria discoidea*), Niederliegendes Mastkraut (*Sagina procumbens*) und Vogelknöterich (*Polygonum aviculare*).
- Trittverträgliche Arten, die hohe mechanische Belastungen aushalten, wie Breit-Wegerich (*Plantago major*) oder Ausdauerndes Weidelgras (*Lolium perenne*).

Lebensräume mit spezifischer Vegetation sind Stufen und Mauern. Hier finden sich häufig Moose und Farne.

Auf offenen, eutrophierten Böden siedeln **einjährige Ruderalpflanzen** (Therophyten), die auch auf Hackfruchtäckern vorkommen:

- Gräser wie die Mäuse-Gerste (*Hordeum murinii*) und verschiedene Trespens-Arten (*Bromus spec.*).
- Kräuter wie der Weiße Gänsefuß (*Chenopodium album*), der Kompass-Lattich (*Lactuca serriola*), die Weg-Rauke (*Sisymbrium officinale*) oder das Hirtentäschel-Kraut (*Capsella bursa-pastoris*).



Quelle: Wittig 2008



Quelle: www.bayerngarten.de



Ausdauernde ruderale Hochstaudenfluren

Bei mehrjährig andauernder ungestörter Entwicklung können sich im Stadtraum Pflanzen behaupten, die zwei- oder mehrjährige Perioden für ihre Entwicklung benötigen.

- Zu den zweijährigen („biennen“) Arten zählen diverse Königskerzen (*Verbascum spec.*), Disteln (*Cirsium spec.*), Nachtkerzen (*Oenothera biennis*), Natternkopf (*Echium vulgare*), die Rosetten bilden.
- Mehrjährig sind die Hochstauden Großer Beifuß (*Artemisia vulgaris*), die Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*), die Schwarznessel (*Balota nigra*) und der Giersch (*Aegopodium vulgare*).

Außerdem kommen in städtischen Ökosystemen viele Pflanzenbestände vor, die in ihren Artenkombinationen

- Wirtschaftsgrünländern (Wiesen und Weiden)
- Trockenrasen

ähneln. Häufig kommt darin die Acker-Quecke (*Elymus repens*) vor.



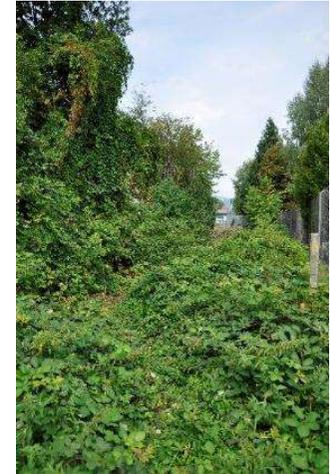
Pioniergehölze und Vorwaldgesellschaften

- **Vorwaldstadien:**

- Brom- und Kratzbeere (*Rubus fruticosus* und *R. caesius*)
- Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*)
- Sommer-Flieder (*Buddleja davidii*)
- Sal-Weide (*Salix caprea*)
- Robinie (*Robinia pseudoacacia*)
- ...

- **Bäume:**

- Gewöhnliche Esche (*Fraxinus excelsior*)
- Ahorn-Arten (*Acer spec.*)
- Hänge-Birke (*Betula pendula*)
- Götterbaum (*Ailanthus altissimus*)
- Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa*)



Dynamik der Stadtvegetation

| Therophyten | | Hemikryptophyten | | Chamaephyten u. Phanaerophyten |
|---|---|---|--|--|
| einjährig | | zweijährig | ausdauernd, krautig | ausdauernd, verholzend |
| Pionierpflanzen, hohe Diasporen- und Samenproduktion, | | lichtbedürftig bis schattenertragend | | strauch- und baumförmig |
| Sommerannuelle | Winterannuelle | | | Entwicklung in Richtung Klimax |
| Keimung im Frühjahr, fruchten im Frühsommer (z.B. <i>Sisymbrium</i>) oder Sommer (z.B. <i>Chenopodium</i>) | Keimung im Herbst, überwintern grün, fruchten im Frühsommer und sterben im Hochsommer | Ausbildung einer Rosette im 1. Jahr, Blüte und Fruchten im 2. Jahr | Überwinternde Speicherungsorgane in der Wurzel | Oberirdische Erneuerungsorgane und Triebspitzen |
| Beispiele: <i>Atriplex sagittata</i> , <i>Conyza canadensis</i> , <i>Lactuca serriola</i> , <i>Descurainia sophia</i> | Beispiele: <i>Hordeum murinum</i> , <i>Bromus hordeaceus</i> | Beispiele: <i>Cirsium spec.</i> , <i>Verbascum spec.</i> , <i>Linaria vulgaris</i> , <i>Echium vulgare</i> , <i>Melilotus spec.</i> | Beispiele: <i>Artemisia vulgaris</i> , <i>Solidago canadensis</i> , usw. | Beispiele: <i>Salix spec.</i> , <i>Sambucus nigra</i> , <i>Acer spec.</i> , <i>Ailanthus altissimus</i> usw. |

← Degradation / Störeinfluss

Sukzession →

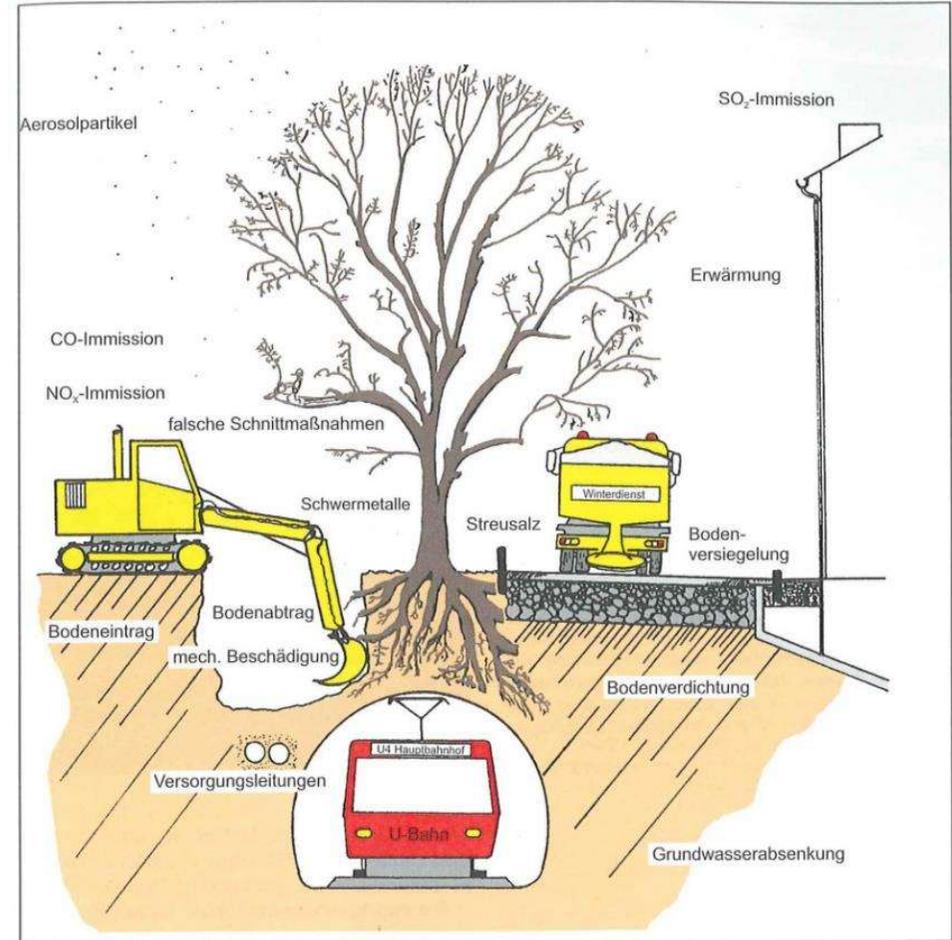


Stadtbäume als Ausstattungselemente urbaner Ökosysteme

Bäume in der Stadt gliedern den Freiraum, bilden durchlässige Grenzen, filtern Staub und Schadstoffe, sorgen für Beschattung und eine Milderung des Klimas durch Evapotranspiration und stellen Teillebensräume für verschiedene Tierarten dar.

Stadtbäume müssen häufig mit extremen standörtlichen Gegebenheiten fertig werden. Zu Stressfaktoren gehören:

- Verdichtung und Versiegelung,
- Einengung des Wurzelraumes
- Streusalz- und Schadstoffeintrag
- mechanische Beschädigungen
- Trockenheit



Einflüsse auf Stadtbäume

Stadtbäume als Ausstattungselemente urbaner Ökosysteme

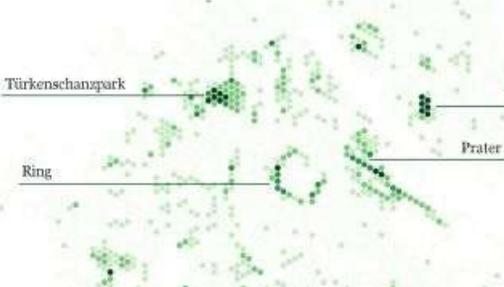
Wesentlich für erfolgreiche Baumpflanzungen in der Stadt sind u.a.:

- Richtige Wahl von Arten bzw. Sorten
- Vorbereitung und Sicherung der Standorte für die Pflanzung: Baumscheiben und Baumstreifen
- Pflege- und Erziehungsmaßnahmen nach der Pflanzung



Baumkataster

Ein Baumkataster ist eine vollständige Dokumentation des Baumbestandes einer Stadt. Er bildet die Grundlage zur Verwaltung des Baumbestandes und zur Exekution der Baumschutzgesetze.



Informationen zum Baumkataster der Stadt Wien: <http://data.wien.gv.at/katalog/baumkataster.html>



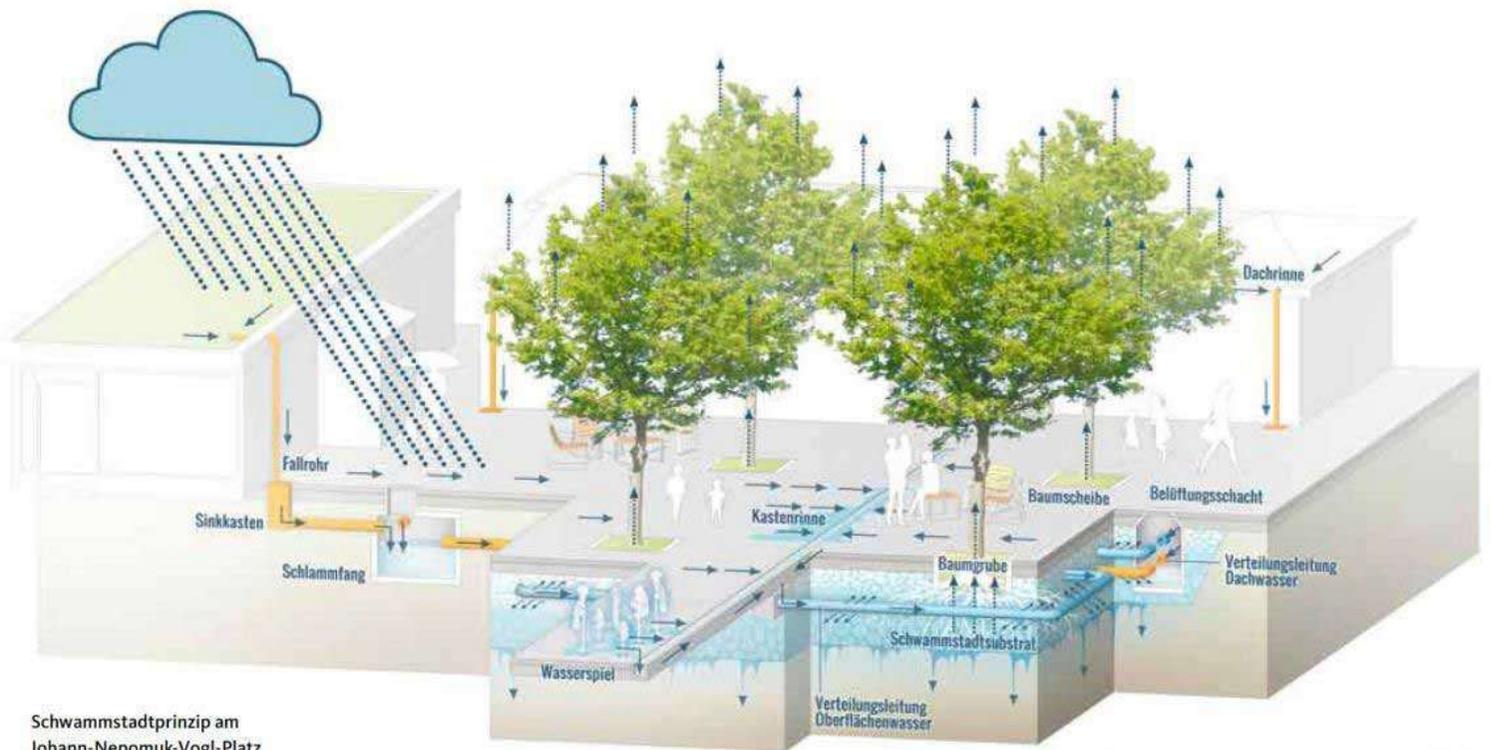
Straßenbaumliste 2006
 GALK-Arbeitskreis Stadtbäume



| lfd. Nr. | Botanischer und deutscher Name | Wuchshöhe in m | Breite in m | Lichtdurchlässigkeit | Lichtbedarf | Verwendbarkeit im städt. Straßenraum m. E. = mit Einschränkung | Bemerkungen |
|----------|--|----------------|-------------------|----------------------|-------------|---|---|
| 1 | Acer campestre, Faldahorn | 10-15 (20) | 10 (15) | m | o-o | geeignet m. E. | Kleiner bis mittelgroßer Baum mit eiförmiger, im Alter mehr rundlicher Krone; Kalk liebend, bevorzugt tieferündige und feuchte Böden und ist deshalb nicht geeignet bei Bodenverdichtungen und hohem Versiegelungsgrad |
| 2 | Acer campestre 'Elsrijk' | 6-12 (15) | 4-6 | m | o-o | geeignet m. E. | Wie Nr. 1, jedoch gerader durchgehender Stamm, im Wuchs schmaler und gleichmäßiger als die Art, später Laubfall; mehrlaufig; Trockenheit und vorübergehende Nässe verträglich. Im Weinbauklima sind Hitzeschäden möglich, dort nicht immer strahlungsfest, gebietsweise Frostschäden in der Krone |
| 3 | Acer monspessulanum *, Französischer Ahorn | 5-8 (11) | 4-7 (9) | m | o-o | | Im Straßenbaumtest seit 2005; anspruchsloser kleiner Baum mit breit-eiförmiger und rundlicher Krone; auf geraden durchgehenden Stamm achten; Kalk liebend; Wärme liebend und für trockene Standorte geeignet (Weinbauklima), gebietsweise Frostschäden; auch für Kübel und Container geeignet |
| 4 | Acer platanoides, Spitzahorn | 20-30 | 15-22 | g | o-o | geeignet m. E. | Großer, rundkroniger, schnellwüchsiger Baum mit dicht geschlossener Krone, blüht vor Blattaustrieb; empfindlich gegen Bodenverdichtung |
| 5 | Acer platanoides 'Allershausen' * | 15-20 | -10 | g | o-o | | Im Straßenbaumtest seit 2005; wie Nr. 4, jedoch raschwüchsiger großer Baum, gerader durchgehender Stamm; bisher keine Hitzeschäden und Rindennekrosen |
| 6 | Acer platanoides 'Apollo' * | 14-18 | 10-15 | g | o-o | | Im Straßenbaumtest seit 2005; wie Nr. 4, jedoch schneller wachsend |
| 7 | Acer platanoides 'Cleveland' | 10-15 | 7-9 | g | o-o | geeignet | Wie Nr. 4, jedoch mittelgroßer Baum mit ovaler, im Alter breit eiförmiger, kompakter und regelmäßigiger Krone, junge Blätter hellrot marmoriert; stadtklimafest |
| 8 | Acer platanoides 'Columnare' | 10 (16) | 2-3 3-5 5-7 | g | o-o | geeignet | Wie Nr. 4, jedoch schmaler säulenförmiger Baum, langsamer wachsend als die Art; Austrieb marmoriert, Belaubung später dunkelgrün; gebietsweise Rindennekrosen. 3 Typen im Handel: Typ 1: schmalste Form Typ 2: breiter als Typ 1 Typ 3: Krone weitet sich auf |
| 9 | Acer platanoides 'Doborah' | 15-20 | 10-15 | g | o-o | geeignet m. E. | Im Straßenbaumtest seit 1995, mittelstark wachsend, Austrieb dunkelrot, später vergrünend, gerader durchgehender Stamm; gebietsweise Frostschäden in der Krone sowie Rindennekrosen |

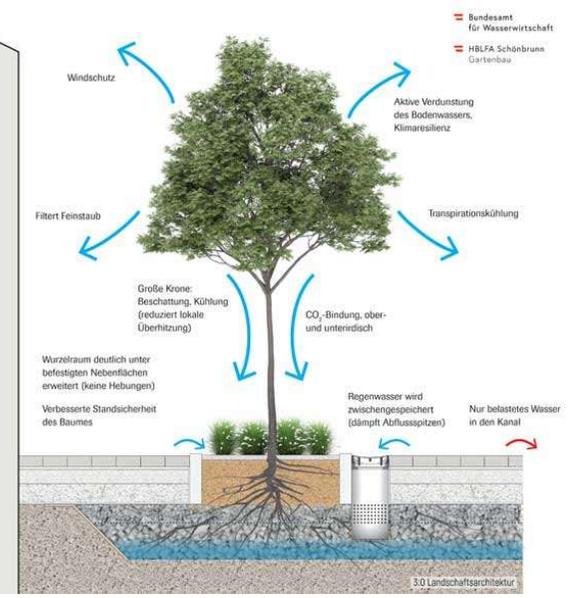
Quelle: Deutscher Arbeitskreis Stadtbäume

Prinzip der Schwammstadt



Schwammstadtprinzip am Johann-Nepomuk-Vogl-Platz

© DI Karl Grimm



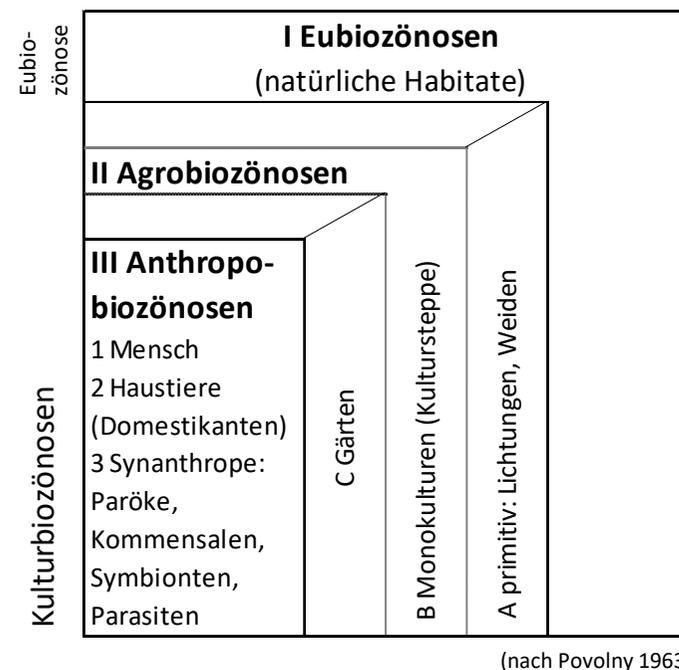
Fauna städtischer Ökosysteme

Die Tierwelt städtischer Ökosysteme besteht aus ursprünglich am Standort vorhandenen Arten (**Residualarten**) und Zuwanderern (**Adventivarten** bzw. **Immigranten**). Bei vielen Arten handelt es sich wie bei den Pflanzen um sog. **Menschen- oder Kulturfolger**, die in symbiotischen oder parasitären Beziehungen mit menschlichen Gemeinschaften leben (z.B. Krankheitserreger, Vorratsschädlinge usw.).

Viele **Adventivarten** in mitteleuropäischen Städten haben ihre Ursprünge in wärmeren Gebieten und sind zu verschiedenen Zeiten zugezogen. Da in Städten viele „**freie ökologische Lizenzen**“ (= offene „Angebote“ – Povolny 1963) vorhanden sind und sich immer wieder neue bilden, entstehen laufend neue Tiergesellschaften (Zoozönosen).

Diese Prozesse der Anpassung von Tier- und Pflanzenarten an menschliche Siedlungen werden als „**Synanthropie**“ bezeichnet. Synanthropie ist vielfach irreversibel, eine Rückkehr von an urbane Milieus angepassten Arten in deren ursprüngliche Umweltbedingungen ist nicht möglich. Bei manchen Arten sind die ursprünglichen Lebensräume auch unbekannt (z.B. Kornkäfer, Getreidemotte) bzw. ist davon auszugehen, dass die Artbildung innerhalb der Anthropozönose stattgefunden hat (**Eusynanthrope** – s.a. Anökophyten).

Für die Urbanisierung wird als wesentlicher Faktor auch die stattfindende Umstellung des **ökologischen Verhaltens** genannt.



Die Zunahme anthropogener bei gleichzeitiger Abnahme „natürlicher“ Lizenzen wird durch die Stufenleiter der Begriffe Kulturflüchter, Kulturindifferente, Kulturfolger, hemisynanthrop und eusynanthrop gekennzeichnet. Nuorteva (1963) hat dazu den

Folgenden **Synanthropieindex** formuliert: $S_i = \frac{2a+b-}{2}$

a = prozentualer Anteil der Individuen der betreffenden Art im Urbangebiet

b = prozentualer Anteil der Individuen der betreffenden Art im Agrarbereich

C = prozentualer Anteil der Individuen der betreffenden Art in weniger vom Menschen beeinflussten Biotopen

Charakteristische Tiergesellschaften städtischer Ökosysteme

Tiergesellschaften urbaner Ökosysteme können – ebenso wie Pflanzengesellschaften – mitunter artenreicher sein als jene des Umlandes. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass in Stadtökosystemen bestimmte Gruppen begünstigt werden, es also zu Verschiebungen in den Artenspektren kommt. So entstehen neue, charakteristische Vergesellschaftungen.

z.B. bei Vogelgemeinschaften (**Avizönosen**):

1. Vogelgemeinschaften der Siedlungsstrukturen:

- **Dohle-Turmfalke-Gesellschaft** (höchste Siedlungsstrukturen wie Kirchtürme, hohe Industriebauten und Brücken)
- **Mauersegler-Gesellschaft** (Siedlungsstrukturen mittlerer Höhe wie drei- bis viergeschoßige Wohnhäuser)
- **Bachstelze-Hausrotschwanz-Rauchschwalben-Gesellschaft** (Siedlungsstrukturen geringer Höhe wie ein- bis zweigeschoßige Wohnhäuser und Flachbauten)

2. Vogelgemeinschaften naturnaher Großstadtstrukturen:

- **Grünfink-Türkentaube-Gesellschaft** (Habitate mit bis zu 50% natürlichen Strukturen wie Bäume und Sträucher sowie kleine naturnahe Flächen im Siedlungsgebiet)
- **Girlitz-Gartenrotschwanz-Gelbspötter-Zaungrasmücke-Gesellschaft** (Gartenstadthabitate mit >50% natürlichen Strukturen)
- **Dorngrasmücke-Sumpfrohrsänger-Gesellschaft** (natürliche Strukturen mit reicher Krautschicht und fehlender Baumschicht; Ruderalstellen)
- **Haubenlerche-Gesellschaft** (ähnlich wie oben, nur mit geringerer Deckung der Krautschicht)



Dohle-Turmfalke-Gesellschaft



Mauersegler-Gesellschaft



Bachstelze-Hausrotschwanz-Rauchschwalben-Gesellschaft



Grünfink-Türkentaube-Gesellschaft



Girlitz-Gartenrotschwanz-Gelbspötter-Zaungrasmücke-Gesellschaft



Dorngrasmücke-Sumpfrohrsänger-Gesellschaft Haubenlerche-Gesellschaft

(Saemann 1970)

Charakteristische Tiergesellschaften städtischer Ökosysteme

Beispiel Bodentiere:

- **Regenwürmer** (*Lumbricidae*) treten in Stadtgebieten häufig in hoher Dichte auf
- Bei **Asseln** (*Isopoda*) erfahren vor allem jene Arten eine Förderung, die alkalische Böden bevorzugen. Gehäuft treten Asseln ferner in alten Parkanlagen mit größeren Humusauflagen und feuchteren Habitatverhältnissen auf.
- **Hundertfüßer** (*Chilopoda*) finden sich in größerer Arten- und Individuenzahlen in Gebüsch.
- **Schnecken** (*Gastropoda*) finden in Städten eher ungünstige Lebensbedingungen vor (verdichtete und versiegelte Böden, wenig abgestorbene Pflanzenteile, Überbesatz von Vögeln). Begünstigt sind:
 - Arten mit geringer Körpergröße (Puppenschnecken, Grasschnecken, Punktschnecken, Schüsselschnecken)
 - Arten, die in Mauerspalt und an Hauswänden leben (Schließmundschnecken, Steinpicker)
 - Arten, die in spezifischen Habitaten optimale Bedingungen vorfinden
 - „Nacktschnecken“ (Wegschnecken, Ackerschnecken, Wurmnacktschnecken) sind offenbar in Städten begünstigt. Dies kann auf den Kalkgehalt des städtischen Bodens zurückzuführen sein, mit dem diese Arten besser zurecht kommen, oder auch auf deren höhere (aktive und passive) Mobilität.



Einflüsse und Gefährdungspotenziale für die Fauna städtischer Ökosysteme

Vogelarten wie Amsel und Star reagieren auf die **Veränderung des Lichtangebotes** mit Änderungen in Gesangsrhythmus, Gonadenwachstum, Brutaktivität und Nahrungsaufnahme.



Quelle: www.mei_schoener_garten.de



Quelle: www.swissinfo.ch

Straßenverkehr ist ein zentraler Mortalitätsfaktor, in Kombination wirkt sich die **Verinselung der Habitate** und damit verbundene **Isolationseffekte** auf die Tierpopulationen aus.

Einsatz von **Pestiziden** und andere **Vergiftungsquellen**.



| Art | geschlossene Bebauung | geschl. Bebauung mit kleinen Grünanlagen | innerstädtische Brachflächen | Großer Tiergarten | Teufelsberg | Pfaueninsel | Spandauer Forst |
|---|-----------------------|--|------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-----------------|
| Igel (<i>Erinaceus europaeus</i>) | | | | + | | + | + |
| Feldspitzmaus (<i>Crocidura leucodon</i>) | | | + | | | | |
| Zwergspitzmaus (<i>Sorex minutus</i>) | | | | + | | + | + |
| Waldspitzmaus (<i>Sorex araneus</i>) | | | | | + | | |
| Wasserspitzmaus (<i>Neomys fodiens</i>) | | | | | | + | |
| Maulwurf (<i>Talpa europaea</i>) | | | | + | + | | + |
| Breitflügelledermaus (<i>Eptesicus serotinus</i>) | | + | + | + | + | | + |
| Wasserledermaus (<i>Myotis daubentoni</i>) | | | | + | | + | + |
| Fransledermaus (<i>Myotis nattereri</i>) | | | | + | | | + |
| Abendsogler (<i>Nyctalus noctula</i>) | | | | | | + | + |
| Rauhhaufledermaus (<i>Pipistrellus nathusii</i>) | | | | | | + | + |
| Zwergledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) | + | + | + | + | | | + |
| Braunes Langohr (<i>Plecotus auritus</i>) | + | | | | | + | + |
| Feldhase (<i>Lepus europaeus</i>) | | | | + | | + | + |
| Kaninchen (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) | | + | + | | + | | + |
| Eichhörnchen (<i>Sciurus vulgaris</i>) | | | + | + | | + | + |
| Rötelmaus (<i>Clethrionomys glareolus</i>) | | | | + | + | | + |
| Schermäuse (<i>Arvicola terrestris</i>) | | | | + | | + | + |
| Feldmaus (<i>Microtus arvalis</i>) | | + | + | | + | | + |
| Erdmaus (<i>Microtus agrestis</i>) | | | | + | | + | + |
| Bisamratte (<i>Ondatra zibethica</i>) | | | | | | + | + |
| Zwergmaus (<i>Micromys minutus</i>) | | | | | | + | + |
| Brandmaus (<i>Apodemus agrarius</i>) | | + | + | + | + | | + |
| Gelbhalsmaus (<i>Apodemus flavicollis</i>) | | + | + | + | + | | + |
| Waldmaus (<i>Apodemus sylvaticus</i>) | + | + | + | + | + | + | + |
| Wanderratte (<i>Rattus norvegicus</i>) | + | + | + | + | + | + | + |
| Hausmaus (<i>Mus musculus domesticus</i>) | + | + | + | + | + | + | + |
| Fuchs (<i>Nyctaleus procyonoides</i>) | | | | | + | | + |
| Mauswiesel (<i>Mustela nivalis</i>) | | | | | | + | + |
| Hermelin (<i>Mustela erminea</i>) | | | | | | + | + |
| Iltis (<i>Mustela putorius</i>) | | | | | | + | + |
| Baummartener (<i>Martes martes</i>) | | | | + | | | + |
| Steinmarder (<i>Martes foina</i>) | | + | + | + | | + | + |
| Dachs (<i>Meles meles</i>) | | | | | + | | + |
| Wildschwein (<i>Sus scrofa</i>) | | | | | + | | + |
| Damwild | | | | | | | + |
| Reh (<i>Capreolus capreolus</i>) | | | | | + | + | + |

Lebensraum- und Artenvielfalt in großstädtischen Lebensräumen: Im Stadtgebiet von Berlin dokumentierte Säugetierarten

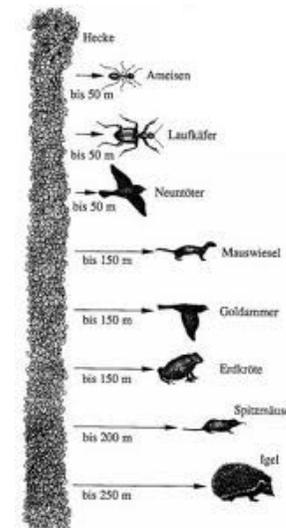
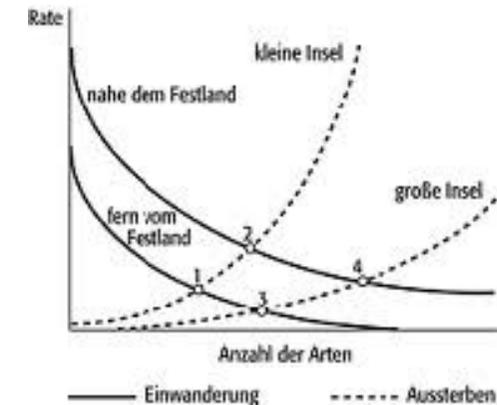
Quelle: Sukopp 1990

Verinselung von Lebensräumen und Insel-Theorie

Ökologische Inseltheorie (MacArthur Wilson 1963, 1967):

- Die Flächengröße einer Insel entscheidet über die Artenzahl (**Arten-Areal-Beziehung**).
- Auf Inseln besteht ein Gleichgewicht zwischen der Zahl neu einwandernder und aussterbender Arten (**Turnover / Artenumsatz** um einen Mittelwert)
- Der Erfolg der Erstbesiedelung einer Insel hängt von ihrer Größe und der Entfernung von einer entsprechenden Besiedelungsquelle ab, also vom nächstliegenden, ähnlich gearteten Lebensraum (**Art-Distanz-Beziehung**)
- Kleine Inseln können als sog. Trittsteine für den vorübergehenden Aufenthalt von Arten den Austausch verstärken (**Trittstein-Effekt**)

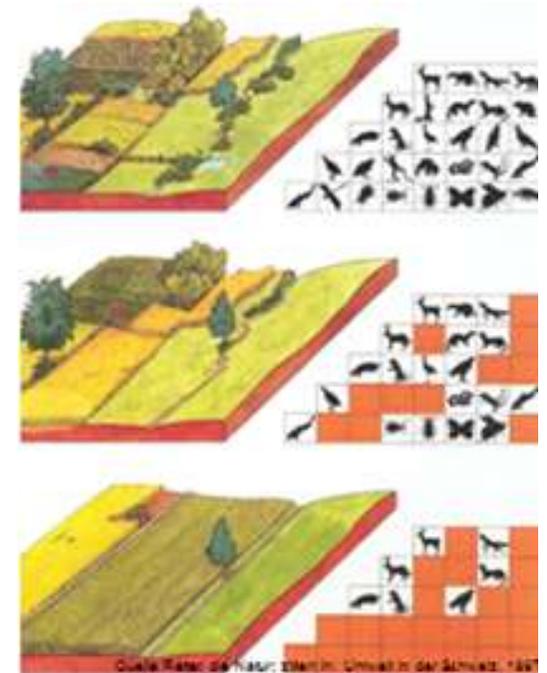
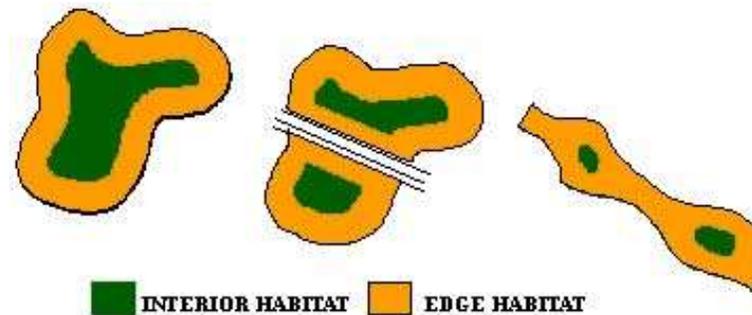
(nach Jedicke 1990)



Verinselung von Lebensräumen und Insel-Theorie

Folgen der Verinselung:

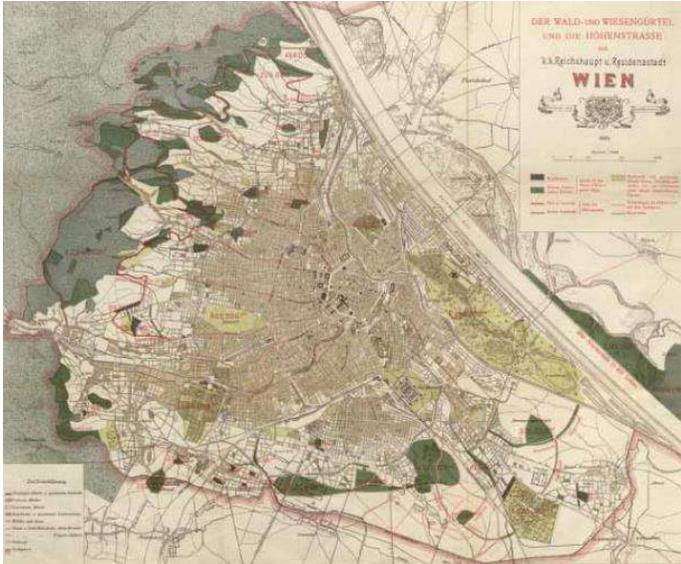
- Einschränkung der Möglichkeiten des Ein- und Auswanderns von Individuen
- Wandel des Artenspektrums in Randzonen der Inseln durch anthropogene Einflüsse
- Wandel des Artenspektrums in den Kernbereichen
- Verlust des genetischen Austauschs
- Rückgang der genetischen, der Arten- und der Habitatdiversität



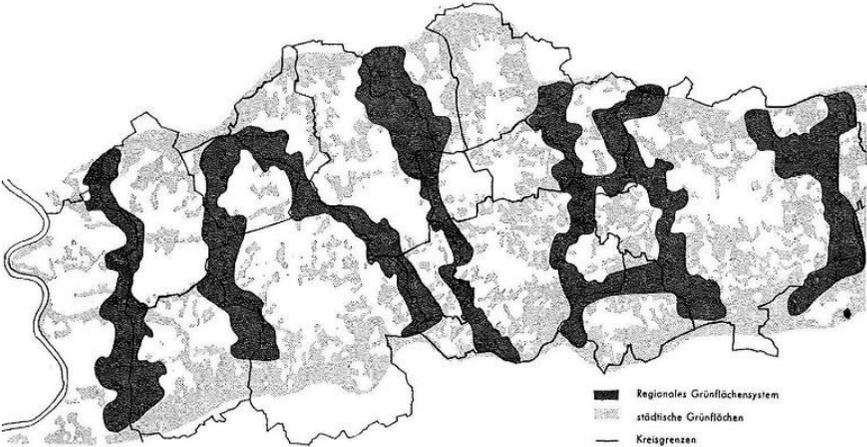
Stadtökologie und Stadtplanung

Erste Ansätze zur Berücksichtigung ökologischer Aspekte in der Stadtplanung reichen in das 19. Jahrhundert zurück. Sie waren eine Reaktion auf die sanitären Verhältnisse der stark verdichteten gründerzeitlichen Stadt. Ausgehend von England wurde innerhalb der **Gartenstadtbewegung** eine Durchgrünung und Auflockerung der Stadtstruktur vorangetrieben.

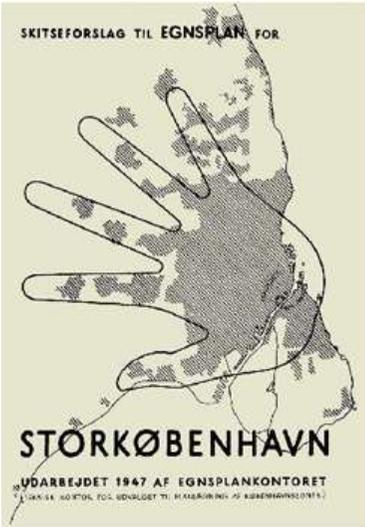
Die Planung und Ausweisung von Grüngürteln und Grünkeilen, die die Versorgung mit frischer Luft, sauberem Wasser und Freiraum für menschliche Nutzungen sicherstellen sollten, erfolgte ab der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts.



Festlegung und Sicherung des Wiener Wald- und Wiesengürtel (1905)



Ausweisung von Grünzügen und „grünen Lungen“, die als Puffer zwischen den Siedlungsgebieten freizuhalten sind.
Grünordnungsplan Siedlungsverband Ruhrkohlebezirk (1923)



5 Finger-Plan Kopenhagen (1947)

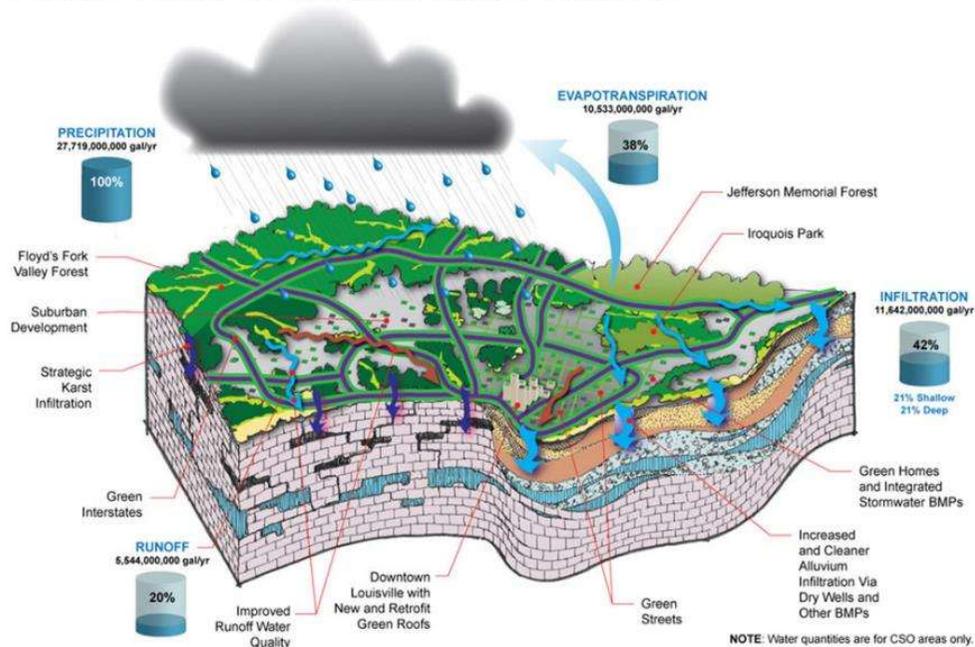


36

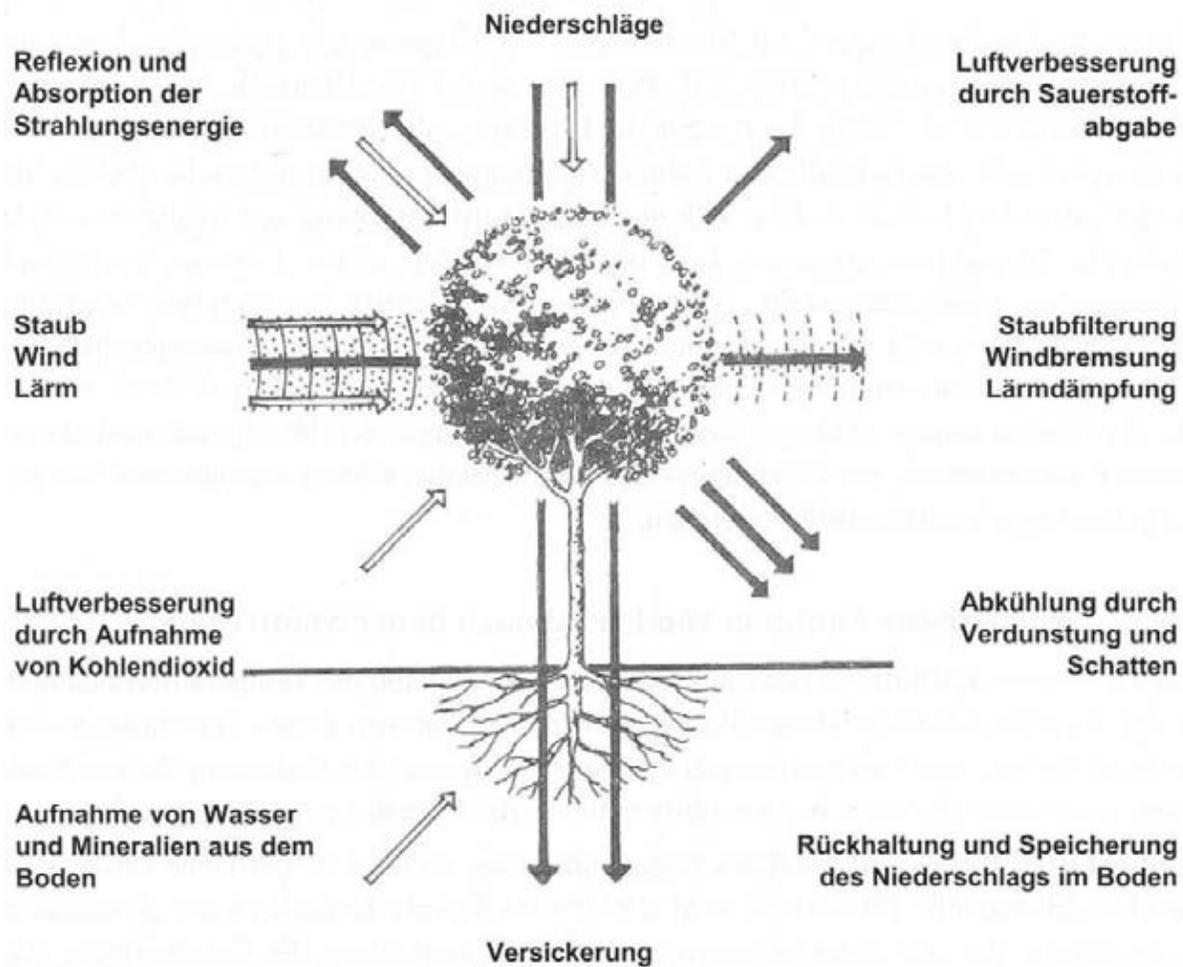
„Grüne Infrastruktur“

„Grüne Infrastruktur“ umschreibt umweltrelevante Ausstattungselemente, die zur Erhaltung und Verbesserung von Ökosystemfunktionen beitragen. Dazu gehören Grünzüge und städtische Grünanlagen, Bepflanzungen in Straßen und an Gebäuden ebenso wie Gewässer und deren (naturnah ausgestaltete) Uferbereiche („grün-blaue Infrastruktur“).

Future Land Cover and Water Balance



Wirkungen der Vegetation auf Standorte und Klima

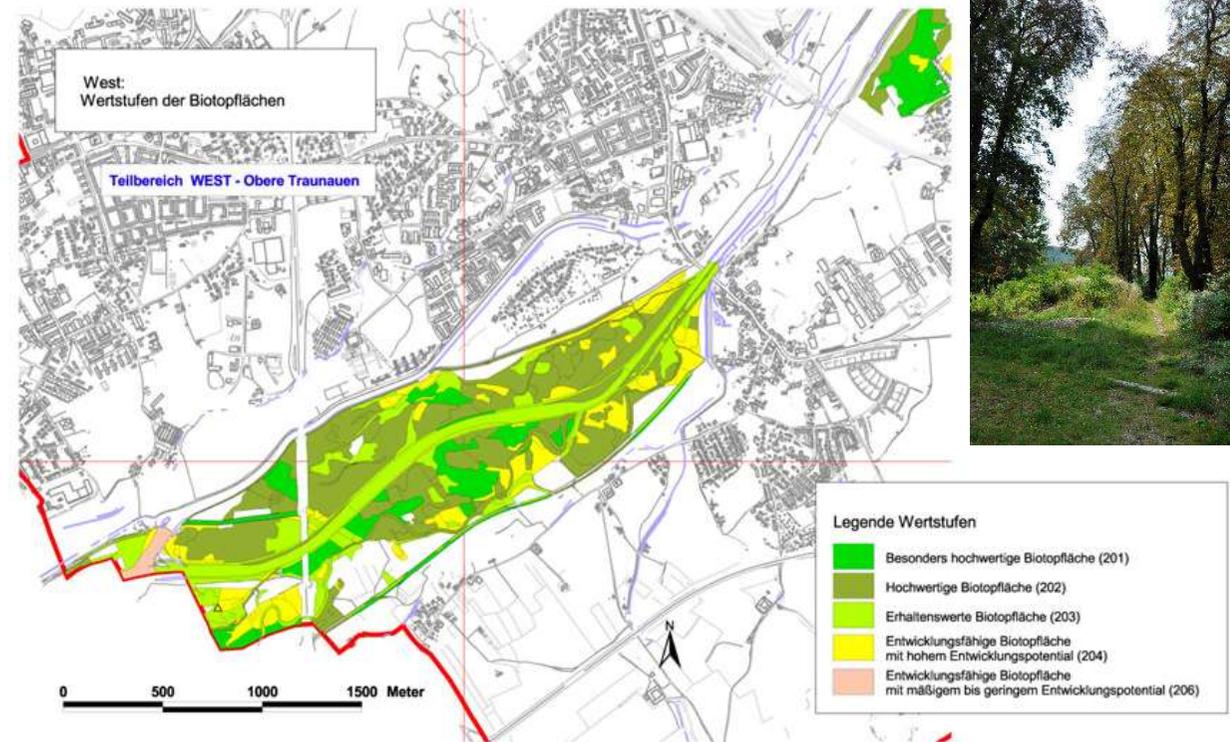
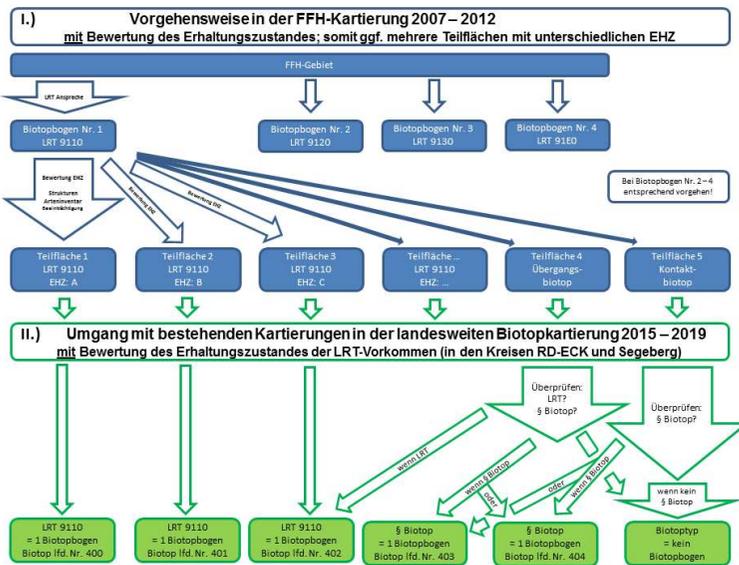


Pflanzen als „Grüne Infrastruktur“

(Quelle: MATHEY et al., 2011)

Arbeitsgrundlagen zur Berücksichtigung von Fauna und Flora in der Stadtplanung

Eine Basis für die Integration ökologischer Inhalte in die Stadtplanung
Bildet die städtische Biotopkartierung. Darin werden nach standardisierten Verfahren Biotopflächen erhoben, inventarisiert und kartographisch dargestellt.



• Quelle: Schanda & Lenglacher 2004

Literatur

Endlicher, W. (2012): Einführung in die Stadtökologie. Grundzüge des urbanen Mensch-Umwelt-Systems. Verlag Eugen Ulmer.

Henninger, S. & Weber, S. (2019): Stadtklima. UTB-Verlag.

Jessel, B. & Kai, T. (2002): Ökologisch orientierte Planung. Verlag Eugen Ulmer.

Sukopp, H. & Wittig, R. (1993): Stadtökologie. Gustav Fischer Verlag.

Wittig, R. (1991): Ökologie der Großstadtflora. Gustav Fischer Verlag.

Wittig, R. (2008): Siedlungsvegetation. Verlag Eugen Ulmer.