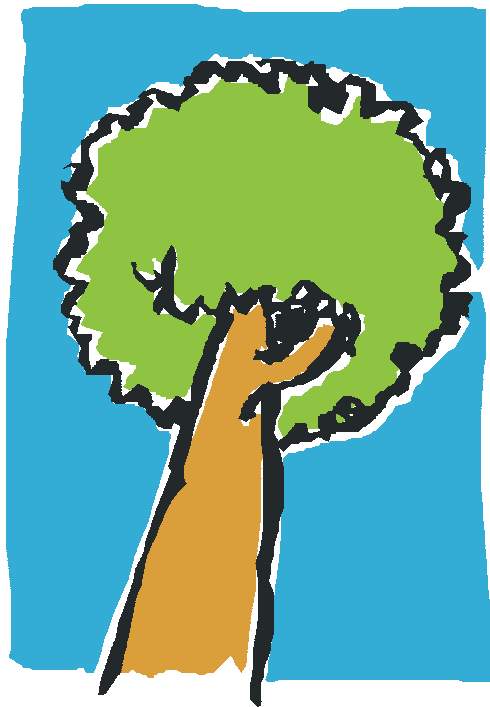


Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Geographische Institute

Seminar (G) A: Stadt- und Geländeklimatologie
Wintersemester 2000/2001

Leiter: Dr. STIEHL

Referent: Carsten KOLENDA



Die Funktion von Grünflächen in der Stadt

Inhalt

Inhalt	2
1 Einleitung	3
2 Funktion städtischer Grünflächen	3
2.1 Wirkungsraum und Ausgleichsraum	3
2.2 Stadtklima	3
2.2.1 Zum Begriff Stadtklima	3
2.2.2 Temperatur und relative Luftfeuchte.....	4
2.2.3 Strukturwindzirkulation	5
2.2.4 Herabsetzung der Windgeschwindigkeiten.....	6
2.2.5 Einflussfaktoren auf Luftmassenverlagerung.....	6
2.2.6 Fallbeispiel Stuttgart.....	7
2.3 Luftqualität	8
2.3.1 Sauerstoffproduktion durch Photosynthese	8
2.3.2 Filterwirkung	9
2.4 Wasserhaushalt	10
2.5 Bodenfestigkeit	10
2.6 Lärmschutz.....	10
3 Grünflächen in der Stadtplanung	11
4 Literatur	12

eMail: kolenda@uni-bonn.de

Hinweis zur Typographie:

- **fett**: erstes Vorkommen Begriff
- *kursiv*: Ortsbezeichnungen, andere Hervorhebungen

1 Einleitung

Diese Arbeit gibt einen Überblick über die *Funktion von Grünflächen in der Stadt*. **Städtische Grünflächen** haben bedeutende Auswirkungen auf

- **Stadtklima,**
- **Luftqualität,**
- **Wasserhaushalt** und
- **Bodenfestigkeit.**

Sie dienen auch dem

- **Lärmschutz.**

„Grünflächen sind verbreitete Bestandteile des städtischen Gefüges. Aufgrund ihrer naturnahen, meist gering versiegelten Oberfläche unterscheiden sie sich jedoch grundsätzlich von den für die Stadt typischen Strukturmerkmalen und klimatischen Prozessen.“ (Amt für Umweltschutz 1998)

Der folgende Abschnitt zeigt schwerpunktmäßig klimatische Wirkungen städtischer Grünflächen und ihre Bedeutung für die Luftqualität. Weitere ökologische Aspekte sind enthalten. Es schließen sich Hinweise an, wie Stadtplaner der Bedeutung von Grünflächen bei Ihrer Tätigkeit Rechnung tragen, in ökologischer (und damit auch stadtklimatischer) und in sozialer Hinsicht.

2 Funktion städtischer Grünflächen

2.1 Wirkungsraum und Ausgleichsraum

Städtische Grünflächen treten in **Wechselwirkung** mit ihrer Umgebung. Sie haben aktive Funktion bis in angrenzende, bebaute Bereiche hinein. Diese Bereiche sind der **Wirkungsraum** der Grünfläche. Die Grünfläche selbst ist der **Ausgleichsraum** (Amt für Umweltschutz 1998).

2.2 Stadtklima

2.2.1 Zum Begriff Stadtklima

Die *World Meteorological Organization* definiert **Stadtklima** als „das durch die Wechselwirkung mit der Bebauung und deren Auswirkungen (einschließlich der Abwärme und den Emissionen von luftverunreinigenden Stoffen) modifizierte Klima“ (WMO 1981).

Wichtigster Aspekt des Stadtklimas ist der Temperaturunterschied zum Umland. Beton und Asphalt haben eine hohe **Wärmespeicherkapazität** und geben nachts Wärme ab. Heizungen, Kraftwerke und Straßenverkehr erhitzen die Luft weiter. Diese Vorgänge erzeugen

Wärmeinseln. Deren Entwicklung wird begünstigt durch die große räumliche Ausdehnung der Stadt — Beispiel: *Berlin* — oder deren topographische Lage im Tal — Beispiele: *Bonn, Stuttgart*. Schließlich wird die gesamte Stadt als Wärmeinsel bezeichnet (LAUER 1999:231).

Die Eigenschaften des Stadtklimas wirken auf den Menschen belastend. Nach KNAPP (1999) liegt die Temperatur an **Strahlungstagen** in der *City von Berlin* bis zu 10 K über der Temperatur in *Karolinenhöhe (Spandau)*. In *Mexico-Stadt* beträgt die Differenz ebenfalls 10 K, jedoch nicht nur an extremen Tagen, sondern im Monatsmittel der Minimumtemperaturen für Dezember (LAUER 1999:233).

Eine ausführliche Beschreibung der Ursachen, Erscheinungsformen und Auswirkungen von Stadtklima bietet das vorangehende Referat.

2.2.2 Temperatur und relative Luftfeuchte

Grünflächen sind **Kälteinseln** innerhalb der Wärmeinsel Stadt. Die Temperatur liegt niedriger, die Luftfeuchtigkeit höher als in umgebenden Bereichen. Die Bedeutung der **latenten Wärme** ist also verstärkt gegenüber der **sensiblen Wärme**.

Der **Strahlungshaushalt** von **Vegetationsflächen** unterscheidet sich grundsätzlich von demjenigen stärker versiegelter Stadtstrukturtypen.

Dunkle Oberflächen besitzen geringe, helle Oberflächen hohe **Albedo**-Werte. Feuchte Oberflächen haben eine geringere Albedo als trockene. MILLER (1999) nennt als typische Werte für Bäume 15% bis 18% (siehe Abbildung 1).

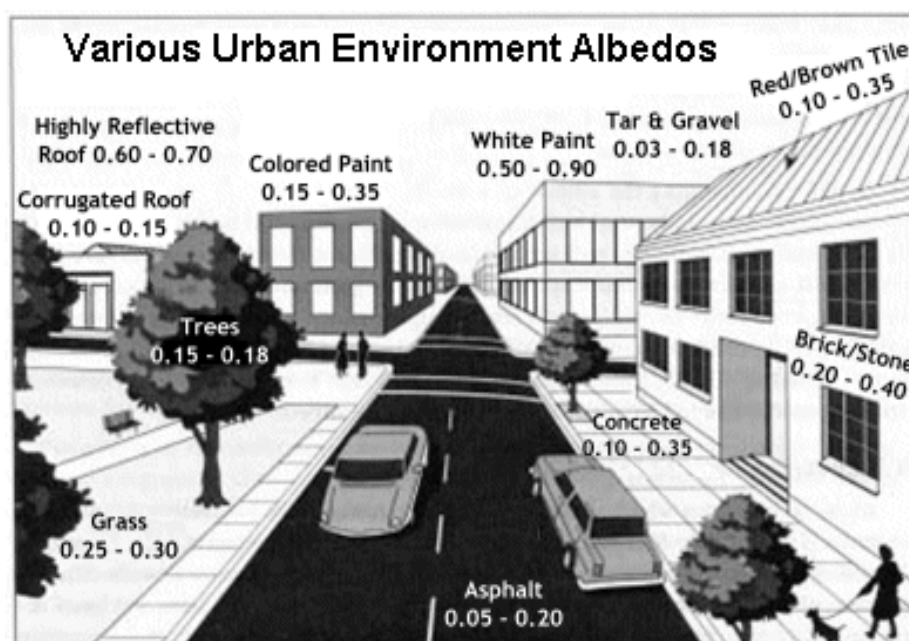


Abbildung 1: Charakteristische Albedo-Werte in der Stadt. (MILLER 1999)

Damit ist die Albedo von Vegetationsflächen geringer als diejenige von Gebäuden, die mit weiß gestrichenen Wänden bis zu 90% erreichen.

“Low albedo implies higher surface temperatures since the larger amounts of energy are absorbed.” (MILLER 1999). Die Temperatur von Vegetationsflächen liegt dennoch unter derjenigen anderer Stadtstrukturtypen. Dies hat folgende Gründe:

Die Pflanze

- ... absorbiert **Energie** für die **Photosynthese** – also zur Nahrungsherstellung. Eine Beschreibung dieses Vorgangs folgt unten (Abschnitt *Luftqualität*).
- ... verdunstet Wasser. Dabei wird **Verdunstungskälte** frei.
- ... schattet den Boden ab vor direkter Sonneneinstrahlung. Die **Strahlungsumsatzfläche** von Bäumen befindet sich in der Höhe.

Beispiel: Eine *frei stehende Rotbuche* mit 25 m Höhe und 14 m Kronendurchmesser hat eine *Blattfläche* von 1600 m². Es ist Sommer.

Dieser Baum

- ... verdunstet bis 400 l Wasser pro Tag.
Im Bereich, der durch die Krone abgeschattet wird, ist die relative Luftfeuchte um 10 Prozent erhöht. Die Verdunstungskälte senkt die Temperatur in diesem Bereich um 3 K ab.

(G.O. – Wissen Online 1999)

Vegetationsflächen sind bereits tagsüber kälter als deren bebaute Umgebung. Sie kühlen nachts noch stärker aus als diese, da die Wärmespeicherkapazität geringer ist als die von Beton und Asphalt.

2.2.3 Strukturwindzirkulation

Es findet **Luftaustausch** zwischen der Grünfläche und ihrer Umgebung statt. Die Luftmassen, die aus dem Ausgleichsraum Grünfläche in den Wirkungsraum eingebracht werden, sind kühler und feuchter (wie im vorangehenden Unterabschnitt beschrieben) als diejenigen, die sich umgekehrt verlagern.

Der Vorgang läuft ab in zwei Teilprozessen (Amt für Umweltschutz 1999):

- Der vorherrschende – also makroklimatisch bestimmte – Wind ruft **dynamischen Luftaustausch** hervor.
- Der **thermische Luftaustausch** findet statt durch Turbulenzen und kleinräumige Zirkulationssysteme, basierend auf Druckunterschieden.

Meist dominiert der dynamische Luftaustausch den thermischen. Fällt der dynamische Luftaustausch jedoch aus – bei Strahlungswetterlage mit geringer Windgeschwindigkeit –, ist der

thermische Luftaustausch bedeutsam. Rein thermischer Luftaustausch wird bezeichnet als **Strukturwindzirkulation**.

Über den bebauten Gebieten entsteht ein **Wärmetief**, über der Grünanlage ein **Kältehoch**. „Der resultierende Druckgradient [kann] ein Zirkulationssystem initiieren. Über den bebauten Bereichen steigen Luftmassen auf und führen über eine Strömung in der Höhe zu absinkender Luft über der Grünanlage. Die Zirkulation ermöglicht es weiter, dass korrespondierend kalte Luftmassen am Boden der Grünanlage in die Bebauung hinein ausstreichen. Die gedachten korrespondierenden Vertikalbewegungen sind bisher empirisch nicht nachgewiesen. Anders als bei der **Land-See-Windzirkulation** entstehen nur relativ geringe Luftbewegungen, die nach Burkert (1992) in ihrer Ausgleichsleistung während austauscharmer Strahlungswetterlagen aber nicht unterschätzt werden dürfen.“ (Amt für Umweltschutz 1999)

Die Strukturwindzirkulation kann aufgrund des beschriebenen Mechanismus auch entgegen der vorherrschenden Windrichtung ablaufen.

2.2.4 Herabsetzung der Windgeschwindigkeiten

Der vorangehende Unterabschnitt beschreibt, wie Winde – im Rahmen der Strukturwindzirkulation – durch Grünflächen entstehen. Grünflächen setzen jedoch ebenso **Windgeschwindigkeiten** herab.

Im Wald ist die Geschwindigkeit nach 40 m um 30% bis 40% herabgesetzt, nach 120 m bis 200 m ist es meist windstill.

Pflanzungen in der Stadt, entlang von Straßen, vermindern auf gleiche Art und Weise **Seitenwinde**. In trockenen, sandigen Gebieten vermindern Grünflächen so die Aufwirbelung von Staub und Sand.

2.2.5 Einflussfaktoren auf Luftmassenverlagerung

Wie in den vorangehenden Unterabschnitten beschrieben, fußt die klimatische Wirkung von Vegetationsflächen auf der Verlagerung von Luftmassen. Der Austausch bodennaher Luftmassen wird nach Amt für Umweltschutz 1999 von diesen Faktoren beeinflusst:

- Nur wenn *Größe und Form der Grünfläche* die Ausbildung eines Mikroklimas erlauben, kann sich ein Druckgradient aufbauen. Dieser kann die Ausgleichsströmung initiieren.
- *Art und Anordnung der Vegetation* unterstützen die Produktion kühler, feuchter Luft und verhindern nicht eine Zirkulation im Randbereich.
- Wenn die Grünanlage *höhenmäßig unter dem Niveau der Umgebung* liegt und/oder die Anlage *randlich bebaut* ist, stagniert die Kaltluft innerhalb der Grünfläche.

- *Verkehrsreiche Straßen*, direkt am Rand der Grünfläche, hindern die Luftmassenzirkulation gleichermaßen. „Straßen, die durch eine Grünanlage führen, können diese in mehrere kleine klimatische Teilflächen untergliedern und ihre Wirksamkeit vermindern. Dagegen können von Grünflächen radial ausstrebende, breite, möglichst baumbestandene Straßen als Kaltluftleitbahnen einen positiven Einfluss auf das Ausströmen von Luftmassen nehmen.“

2.2.6 Fallbeispiel Stuttgart

Die Stadt Stuttgart hat 1997 eine Studie über die klimatische Bedeutung ihrer städtischen Grünanlagen anfertigen lassen, die 1998 erschienen ist (siehe Literaturverzeichnis: Amt für Umweltschutz 1998).

Die Gutachter grenzen den Wirkungsbereich der Grünanlagen ab aufgrund von Temperaturmessungen entlang 14 Messrouten: „Der Bereich, in dem noch signifikante Unterschiede zum Temperaturniveau der angrenzenden Baukörperstruktur auftreten, [wird] als Wirkungsbereich der Grünanlagen definiert und über den Parameter der Lufttemperatur gemessen.“ Die Gutachter legen den Grenzwert für die Signifikanz der Temperaturdifferenz auf 0,4 K fest: „Voraussetzung war die Definition eines Grenzwertes, ab welchem von einer signifikanten Temperaturänderung auszugehen war [...] Dieser wurde berechnet über die im Stuttgarter Stadtgebiet gemessenen mittleren Temperaturdifferenzen innerhalb abgeschlossener, identischer Strukturtypen. [...] Die berechnete mittlere Temperaturdifferenz betrug 0,37 K und wurde, gerundet auf 0,4 K, als Grenzwert herangezogen.“

Tabelle 1: Wirkungsbereich von Grünanlagen in Stuttgart (Verändert nach Amt für Umweltschutz 1998:Tabelle 6.6)

Grünanlage	Niveau	Kaltluftfluss	Mittl dT	Max WB	Mittl WB
Pragfriedhof	+ 13 m	+	1,7 K	300 m	265 m
Rosensteinpark	- 18 m		negativ	0 m	0 m
Schlossgarten	+ 4 m	0	1,2 K	150 m	90 m

dT: Temperaturdifferenz auf 2 m zwischen höchstem und tiefstem gemessenen Temperaturwert entlang der Transekte

WB: Wirkungsbereich auf der Messhöhe von 2 m

Die (gegenüber der Quelle stark vereinfachte) Tabelle zeigt, dass der Niveauunterschied von Grünanlage und Umgebung sich tendenziell auswirkt auf den Wirkungsbereich. Der *Rosensteinpark* liegt 18 m unter der Umgebung, die Ausgleichsströmung ist blockiert, und eine Ausgleichsleistung ist unterbunden. Der maximale Wirkungsbereich des *Pragfriedhofs*, der 13 m über Umgebung liegt, überschreitet mit 300 m deutlich den Wirkungsbereich des *Schlossgartens*, der nur 4 m über Umgebung liegt.

Viele Faktoren sind hier nicht dargestellt. Die *Grenzgestaltung* etwa ist bedeutsam für die Außenwirkung der Grünanlage. Eine wichtige Rolle spielt auch der *Strukturtyp* des *Wirkungsraums*. Kapitel 6.5 der Studie enthält eine ausführliche Analyse.

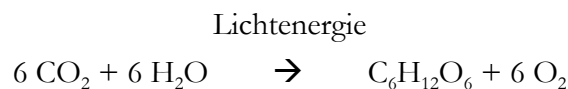
2.3 Luftqualität

2.3.1 Sauerstoffproduktion durch Photosynthese

In der Stadt fallen große Mengen **Kohlendioxid CO₂** durch Menschen, Verkehr und Abgase aus Heizungsanlagen an. Kohlendioxid hat gleichermaßen Auswirkungen auf Klima und Luftqualität:

- Dieser Stoff ist **Treibhausgas**. Er mindert die Abstrahlung von Wärme und erhöht so die Temperatur in der Stadt weiter.
- Menschen benötigen **Sauerstoff O₂** zur Atmung, und produzieren, nicht benötigten, CO₂.

Pflanzen betreiben Photosynthese, um **Glucose C₆H₁₂O₆** (Zucker) zu produzieren und sich so mit Nahrung zu versorgen. Sie verbessern die **Luftqualität**, weil sie dazu CO₂ aufnehmen und O₂ abgeben.



Der Grünfarbstoff **Chlorophyll** absorbiert Lichtenergie, und die angegebene **photochemische Reaktion** läuft ab. („Photosynthese“ in Microsoft 1998)

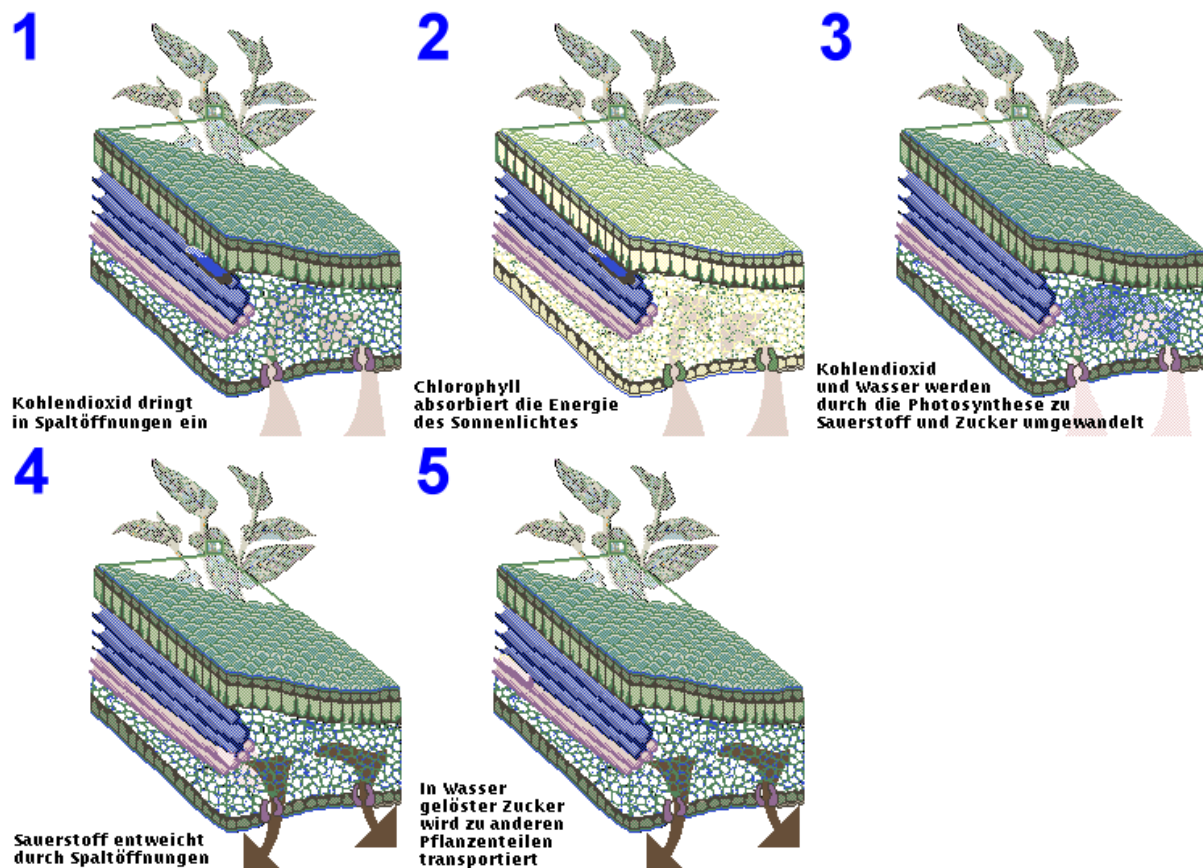


Abbildung 2: Photosynthese. (Verändert nach „Photosynthese“ in Microsoft 1998)

Beispiel: Eine *frei stehende Rotbuche* mit 25 m Höhe und 14 m Kronendurchmesser hat eine *Blattfläche* von 1600 m². Es ist Sommer.

Dieser Baum

- ... produziert innerhalb einer Stunde 1,75 kg *Sauerstoff*.

Dies ist genug Atemluft für zehn Menschen.

(G.O. – Wissen Online 1999)

2.3.2 Filterwirkung

Neben der Belastung der städtischen Luft durch erhöhte CO₂-Konzentration spielt auch die Verunreinigung mit **Staub** eine wichtige Rolle.

Pflanzen filtern **Staubpartikel** aus der Luft. Problematisch dabei sind Staubpartikel mit Größen unter 10 nm (= ¹/_{100 000} mm). Sind derartige Staubteilchen in der Luft enthalten, dringen diese in die **Spaltöffnungen** der Blätter ein und beschädigen dadurch das **Gewebe** der Pflanze.

Beispiel: Eine *frei stehende Rotbuche* mit 25 m Höhe und 14 m Kronendurchmesser hat eine *Blattfläche* von 1600 m². Es ist Sommer.

Dieser Baum

- ... nimmt Staub auf und senkt die Staubbelastung auf *weniger als 3000 Staubteilchen pro m³*.

Dies ist eine Absenkung um bis zu 75 Prozent (je nach Ausgangsbelastung am Standort)

(G.O. – Wissen Online 1999)

2.4 Wasserhaushalt

Der **Wasserhaushalt** der Stadt ist anthropogen modifiziert: die Oberfläche ist zu einem großen Teil versiegelt. Wo sich Straßen und Bauwerke befinden, versickert kein Wasser. Stattdessen fließt es über die **Kanalisation** ab. Der Boden erhält kein Niederschlagswasser und damit nimmt die **Bodenfeuchte** ab.

Die geringe Bodenfeuchte ist für das Stadtgrün bedeutend, denn ein einzeln stehender **Straßenbaum** erhält dann nicht genügend Wasser, wenn dieses nur in einer kleinen Grünfläche wenige Quadratmeter um ihn herum versickert. Um eine derartige Vertrocknung zu vermeiden, führt das zuständige Amt (Grünflächenamt) Bodenfeuchtemessungen durch und lässt, wenn erforderlich, künstliche **Bewässerungsanlagen** installieren (unterirdische Rohrleitungen).

Wo aber eine größere Grünfläche vorhanden ist, tragen die Pflanzen selbst durch **Interzeption** zur Verbesserung des Bodenwasserhaushalts bei. Der Niederschlag erreicht den Boden nicht unmittelbar, weil die Pflanzen ihn auffangen. Der **Oberflächenabfluss** wird so vermindert: wenn das Wasser den Boden verzögert erreicht, kann dieser es ohne Verlust aufnehmen.

2.5 Bodenfestigkeit

Das Wurzelwerk der Pflanzen vermindert die **Bodenerosion** effektiver als die meisten technischen Verfahren. Das sich regenerierende Material reagiert elastisch auf Bodenbewegungen.

In der Stadt ist der Großteil der Oberfläche künstlich. Bedeutung für **Bodenfestigkeit** haben Pflanzen an den Stellen, an denen keine Straßen und Häuser stehen, zum Beispiel **Hänge** und **Schrägen**.

2.6 Lärmschutz

Pflanzen, insbesondere Hecken und Bäume, halten **Lärm** ab. Die Dämmung höherer Frequenzbereiche ist stärker als diejenige tiefer Töne. In der Stadt wird die Lärmschutzwirkung der Pflanzen auf zwei Weisen genutzt:

- *Hohle dichte Hecken* und *weiträumige Waldbestände* dämmen effektiv Straßenlärm.
- *Rasen* vermindert Schall zwischen Wohnblöcken. Hauswände reflektieren den Schall auf den Boden, wo das Grün ihn auffängt.

3 Grünflächen in der Stadtplanung

Die im vorangehenden Abschnitt genannten Funktionen – Verbesserung des Stadtklimas und der Luftqualität und Wirkung auf Wasserhaushalt, Bodenfestigkeit und Lärmschutz – beschreiben allesamt physische Zusammenhänge (aus dem Bereich **Ökologie**).

Grünflächen erfüllen jedoch daneben **soziale Aufgaben**. In der **Stadtplanung** sind diese Aufgaben zentral: „Durch eine bessere Verbindung zwischen Mensch und Natur soll ermöglicht werden, dass Stadtmenschen die Natur aus erster Hand erleben.“ (KORDA 1999:658)
„Öffentliche Parkanlagen, Stadtgärten, Westentaschenparks und grüne Stadtplätze sind **multifunktionale Freiräume** [...] dienen einem vielfältigen Aufenthalt im Freien von Fußgängern, von Nutzern mit nicht motorisierten Kinderfahrzeugen und mit Rollstühlen, eingeschränkt auch von Radfahrern und Benutzern anderer nicht motorisierter Fahrzeuge und Reitern.“ (KORDA 1999:540)

KORDA (1999:536) nennt **Zielgrößen** für die Konzeption der städtebaulichen Planung:

- Aufenthalt im Freien → **Erlebniswert, Gesundheitswert**
- Verbesserung Stadtklima → **Gesundheitswert, Stadtnaturwert**
- Sicherung Funktionsfähigkeit offenes Ökosystem Stadt → **Stadtnaturwert, Gesundheitswert**
- Strukturierung Stadtraum → **Strukturwert, Sozialwert, Erlebniswert**
- Bewahrung Eigenart und Charakter → **Kultur-/Geschichtswert, Sozialwert, Erlebniswert**

Der Fokus der Stadtplaner liegt offensichtlich *nicht primär* auf Ökologie; sie berücksichtigen *soziale Funktion* und *Ökologie* gleichermaßen.

In der Praxis erarbeiten Stadtplaner ein **Freiraumsystem** (KORDA 1999:538) mit vernetzten Grünflächen. Solche Systeme sind effektiver als einzelne, kleine Grünflächen.

4 Literatur

- G.O. – Wissen Online (Hrsg.) (1999): *Lebensraum Stadt: Artenarme Betonwüste oder lebendiger Flickenteppich?* Abgerufen am 22. Oktober 2000 unter <http://www.geowissenschaften.de/kap4/40fb0036.htm>
- KNAPP, D. (1999): *Grüne Lungen kühlen die überhitzte City*. In: Berliner Zeitung 18. August 1999. Abgerufen am 22. Oktober 2000 unter http://www.berlinonline.de/wissen/berliner_zeitung/archiv/1999/0818/wissenschaft/0011/
- KORDA, M. (Hrsg.) (1999): *Städtebau*. Stuttgart, Leipzig.
- LAUER, W. (1999³): *Klimatologie*. — Das Geographische Seminar. Braunschweig.
- LESER, H. (Hrsg.) (1997): *DIERCKE Wörterbuch Allgemeine Geographie*. München, Braunschweig.
- Microsoft Corp. (Hrsg.) (1998): *Microsoft Encarta 99 Enzyklopädie*. Redmond.
- MILLER, T. (1999): *Urban Climatology and Air Quality. Heat Island*. Abgerufen am 08. November 2000 unter http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/urban/urban_heat_island.html
- Stadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz (Hrsg.) (1998): *Klimamessungen im Plangebiet „Stuttgart 21“ – eine Analyse thermisch induzierter Ausgleichsströmungen an städtischen Grünanlagen*. In: Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz: Untersuchungen zur Umwelt – Stuttgart 21, Heft 12. Abgerufen am 22. Oktober 2000 unter http://www.stadtklima.de/stuttgart/websk21/Heft12/index_h12.htm