

# Blätterdach als Schadstoffsammler?

Je grüner, desto besser ist die allgemein gültige Meinung, wenn es um Bäume in der Stadt geht. Gut für das Klima, gut gegen Schadstoffe, gut gegen Feinstaub - und natürlich spielt auch der Wohlfühlaspekt eine grosse Rolle. Doch Bäume können die Konzentrationen der Schadstoffe erhöhen, die vom Verkehr freigesetzt werden. Das zeigen Windkanal-Untersuchungen aus Deutschland. Und auch Schweizer Forscher haben bestätigt, dass es darauf ankommt, wie urbanes Grün gepflanzt wird.

Text: Susanne Wannags, D-Geltendorf  
Bilder: Christof Gromke, Empa/ETH Zürich

Christof Gromke ist Bauingenieur und hat im Anschluss an sein Studium am Karlsruher Institut für Technologie promoviert. Sein Thema: «Einfluss von Bäumen auf die Durchlüftung von innerstädtischen Strassenschluchten.» Die Idee zu diesem Thema hatte sein Doktorvater Professor Bodo Ruck, der am Institut für Hydromechanik lehrt und forscht. «Abgasausbreitung in Städten ist ein wichtiges Thema, das seit fast 20 Jahren im Windkanal untersucht wird», sagt Dr. Gromke. «Es wurden jedoch immer Strassenschluchten ohne Grünanlagen untersucht.» Dass Häuser die Durchlüftung einer Strasse beeinflussen, leuchtet ein. Doch auch Bäume können Strömungen verändern. «Dichte Baumreihen schneiden den Strassenraum vom Oberdachbereich ab.» Bäume sind natürliche Hindernisse. Die Folge: Schadstoffe können sich unter dem Blätterdach sammeln.

Gromkes Arbeit befasst sich vor allem mit strömungsmechanischen Berechnungen. Zahlreiche Konfigurationen hat er untersucht - mit dichten und weniger dichten Baumkronen sowie ein- und zweireihigen Alleen. Viel Aufmerksamkeit widmete Christof Gromke der Gestaltung der Bäume. Baumkronen sind im Gegensatz zu Gebäuden porös. Während bei Gebäuden der Strömungswiderstand fast ausschliesslich vom Formwiderstand abhängt, muss bei porösen Körpern der Reibungswiderstand berücksichtigt werden. Zudem sind Bäume flexibel und versuchen, dem Wind möglichst wenig Widerstand zu bieten. Die Modelle sollten daher un-

terschiedlich porös und unterschiedlich durchlässig sein, um die Bandbreite natürlicher Bäume abzudecken. Ergebnis war der Gitterkäfigbaum - ein Metallgitter, das mit fadenförmigem Kunststoffmaterial gefüllt wurde und auf den ersten Blick an die grüne Füllung von Osternestern erinnert.

Anhand des «Strassenmodells» untersuchte Gromke - vereinfacht gesagt - was in Strassen bei unterschiedlich dichter Bepflanzung und unterschiedlichen Windrichtungen mit den Autoabgasen passiert.

Am unproblematischsten ist der Wind, der parallel zur Strasse weht. «In dieser Situation sind die Schadstoffkonzentrationen nicht sehr hoch», sagt Gromke. Anders sieht es aus, wenn der Wind im 90°-Winkel, also senkrecht auf die Strasse trifft. Zur Verdeutlichung: Der Wind weht über die Häuserreihe der einen Strassenseite (Wand A, siehe Grafik) in Richtung der gegenüberliegenden Häuserreihe (Wand B). Diese «senkrechte Anströmung» ist für die Durchlüftung einer Strasse sehr kritisch, da Gebäude dem Wind den Weg versperren. Schon der Versuch ohne Bepflanzung zeigt, dass an Wand A die Schadstoffbelastung deutlich höher ist als an der gegenüberliegenden Wand. Bäume verändern diese Situation insofern, dass die Schadstoffbelastung an Wand A steigt, während sie an Wand B sinkt - allerdings ist die Abnahme der Schadstoffe geringer als die Zunahme, so dass sich die Konzentration vor allem bei einem dichten Blätterdach insgesamt erhöht.

Zusammengefasst ergaben die Ergebnisse der Untersuchungen:

- Je länger eine Strassenschlucht (begrünt oder unbegrünt), desto höher



Untersucht wurden dichte und weniger dichte Baumkronen sowie ein- und zweireihige Alleen.

sind die gemessenen Schadstoffkonzentrationen.

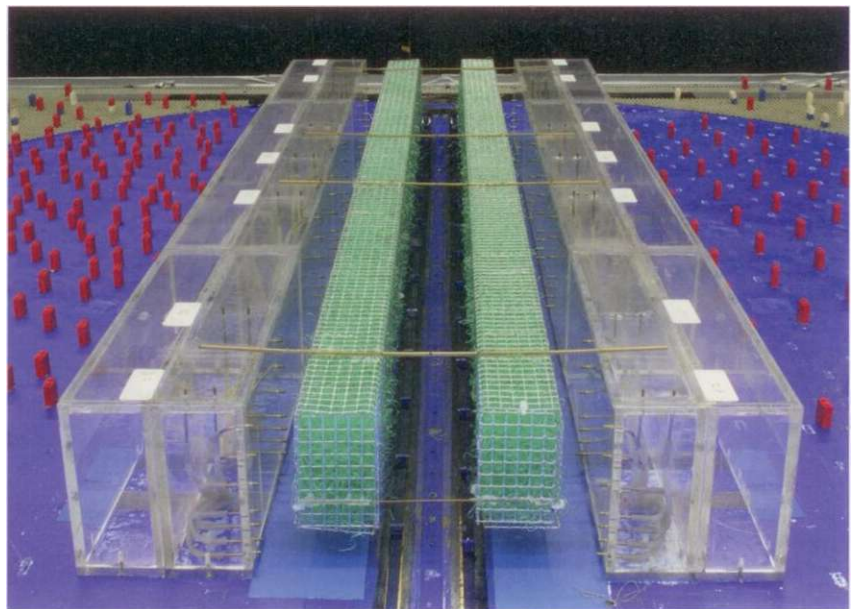
- Alleenartige Baumpflanzungen mit dichtem Blätterdach beeinflussen die natürliche Durchlüftung negativ, vor allem, wenn der Wind senkrecht oder schräg, z.B. in einem 45°-Winkel, auf die Strasse trifft.

- Bei langen Strassenschluchten mit alleinartigen Baumpflanzungen sind die kritischsten Schadstoffbelastungen bei schrägem Wind zu erwarten, während dies bei kürzeren Strassenschluchten für senkrechten Wind der Fall ist.

- Bäume sollten nicht zu dicht gepflanzt werden. Eine aufgelockerte Pflanzung mit ausreichend grossen Baumabständen behindert die natürliche Durchlüftung des Strassenraums kaum.

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen entwickelte Christof Gromke Formeln, mit denen sich die maximale Konzentration der vom Verkehr freigesetzten Schadstoffe in einer Strassenschlucht berechnen lässt. Mit deren Hilfe kann beispielsweise ein Stadtplaner anhand einer vorhandenen Strassensituation ermitteln, wie sich Veränderungen - beispielsweise in der Bepflanzung - auf die Schadstoffkonzentrationen auswirken. Natürlich können die Ergebnisse auch in Neuplanungen einfließen.

Als ehemaliges Teammitglied von Professor Bodo Ruck weiss Christof Gromke, der mittlerweile am Institut für Schnee und Lawinenforschung in Davos arbeitet, wie schnell man mit dem Thema «Bäume» in die Schlagzeilen diverser Magazine oder auch im Fernsehen landen kann. Die ersten Vermutungen seines Doktorvaters, dass Bäume, die doch eigentlich zur grünen Lunge einer Stadt gehören, nicht nur hilfreich sein können, haben schon für Aufsehen gesorgt, bevor Gromke den strömungsmechanischen Aspekt detailliert unter-



Zweireihige Allee mit Gitterkäfigbaum im

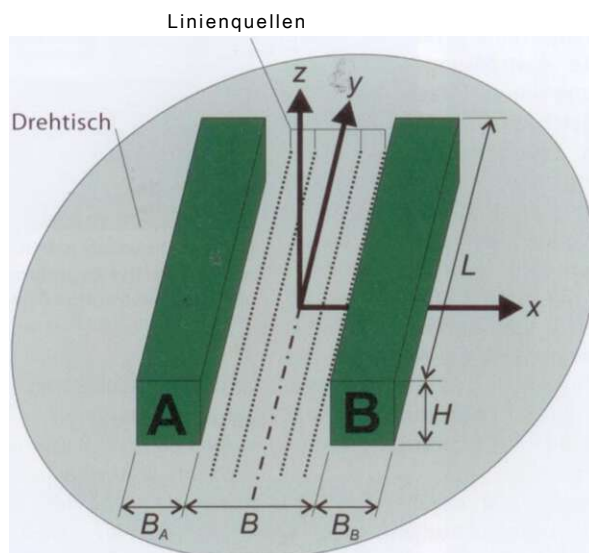
suchte. Nie ging es darum, Bäume zu verteufeln - im Gegenteil. «Man sollte die Bepflanzung lediglich optimieren», sagt Gromke. Denn für den Wissenschaftler ist selbstverständlich klar, dass Bäume enorm zum Wohlbefinden von Menschen beitragen. «Diese Aspekte müssen jedoch die Psychologen untersuchen», lacht er.

Wie sehr man aufpassen muss, nicht mit einer einzelnen Aussage populär zu werden, hat man auch an der Empa gemerkt. Die Empa als Forschungsinstitution für Materialwissenschaften und Technologie ist Teil der ETH. Hier

werden Materialien und Technologien untersucht und anwendungsorientierte Forschung betrieben. Etwas erstaunt war Viktor Dorer, stellvertretender Leiter der Abteilung Building Science and Technology und Leiter der Gruppe Urban Physics, dann doch, mit welchem Schwerpunkt ein Projekt der Abteilung in einer populärwissenschaftlichen Sendung vorgestellt wurde. Obwohl es um «Häuser der Zukunft» ging - ein Bereich, in dem die Empa-Mitarbeiter intensiv forschen - entstand der Eindruck, im Zentrum der Untersuchungen stünden vor allem die Bäume. Bei dem Projekt geht es in erster Linie um Gebäude, nicht um Bäume. «Unser Ursprung ist die Bauphysik. Wir beschäftigen uns mit komplexen Gebäudestrukturen und berücksichtigen dabei den Einfluss des lokalen Urbanen Klimas. Im Mittelpunkt stehen dabei die Möglichkeiten der numerischen und experimentellen Simulation», erklärt Dorer. Luftströmungen in Strassen und der Transport von Wärme, Feuchtigkeit und Schadstoffen werden mit Hilfe von Computerprogrammen simuliert und berechnet, bestimmte Aspekte werden experimentell im Windkanal untersucht. So möchte man feststellen, welchen Einfluss das urbane Klima auf den Energiebedarf von Gebäuden hat. Wie kann zum Beispiel Wind genutzt werden, um Gebäude zu kühlen?

Bei den Stadt- und Gebäudemodellen wurde rechnerisch auch der «Strömungswiderstand» von Bäumen berücksichtigt. Die Ergebnisse bestätigten, was schon Christof Gromke festge-

## Grafik: Strassenschlucht



stellt hatte: Bäume verändern die Strömungen in einer Strasse, und zwar nicht immer positiv. Schadstoffe des fliessenden Verkehrs werden im ungünstigsten Fall nicht so verdünnt und abtransportiert, wie das ohne Blätterdach möglich wäre.

Das war jedoch nicht die Hauptbotschaft, die man an die Öffentlichkeit bringen wollte. Viel mehr als das Grün interessiert die Empa-Forscher die städtische Bebauung und deren Einfluss auf die Strömungsrichtung des Windes. «Erst in einer zweiten Projektphase wird auch der «Einfluss von Bäumen auf das Urbane Klima» ein Thema sein. Allerdings beschäftigen wir uns da eher mit Fragen der Modellierung und der Entwicklung entsprechender Modelle, mit deren Hilfe ein Stadtplaner dann im konkreten Fall zum Beispiel die geeignete Platzierung von Bäumen festlegen kann», sagt Dorer. Und schränkt ein: «Wir können die rechnerischen Grundlagen für derartige Modelle liefern, wir werden keine eigenen Planungsprogramme entwickeln.»

Dass «Energieeffizienz» ein wichtiges Thema im Städtebau ist, zeigen Städte wie Masdar City in Abu Dhabi. Masdar City wird gerne als «Vision einer emissionsfreien Stadt» betitelt: Windtürme, die Strassen mit einer kühlen Brise versorgen, Fassaden, die Tageslicht, aber keine Hitze in die Gebäude lassen, Solarzellen auf den Dächern, solarbetriebene Kühlanlagen - das sind nur einige der technischen Raffinessen, die das Architekturbüro Foster-i-Partner vorgesehen hat. Umgesetzt wurde bis auf den Campus des Masdar Institute of Science and Technology bisher nichts. Der immer wieder hinausgeschobene Fertigstellungstermin für Masdar City - erst 2012, dann 2016, mittlerweile ist von 2020 oder sogar 2025 die Rede - zeigt, dass zwischen Planung und Realisierung ein grosser Unterschied ist. Nicht alles, was theoretisch machbar ist, erweist sich als praxistauglich. So wird zum Beispiel die Vision, Strom für Masdar City aus Erdwärme zu gewinnen, wohl eine Vision bleiben - die Bohrungen sind viel zu teuer.

Es muss nicht gleich ein so ehrgeiziges Projekt wie eine ganze Stadt sein, wenn es darum geht, effizienter mit Energie umzugehen. Viktor Dorer, Abteilungsleiter Professor Jan Carmeliet und deren Mitarbeiter, sind davon überzeugt, dass es gelingen kann, mit Wind Gebäude zu kühlen und so einen Beitrag zur Energieeffizienz zu leisten. Dazu muss man den Wind, seine Turbu-

lenzen und seine Kräfte allerdings erst einmal verstehen.

Bei den Berechnungen und Simulationen urbaner Strukturen versuchen die Forscher daher, die natürlichen Prozesse so gut wie möglich zu berücksichtigen. Dazu gehören auch die Bepflanzung einer Strasse, die Verdunstung, die über die Blätter erfolgt, der Schatten unter Bäumen, der einen Bereich abkühlt. All das beeinflusst die Windströmungen und somit das Urbane Klima - teils positiv, teils negativ. Wie das genau funktioniert, das werden die Untersuchungen an der Empa ergeben. Egal, was die Ergebnisse bringen werden, eins ist sicher: Bäume werden aus den Städten nicht verschwinden. Möglicherweise wird es Empfehlungen für optimale Pflanzungen geben. Denn auch die Schweizer Forscher wissen, dass es abseits aller wissenschaftlichen Messungen etwas gibt, das sich mit Computermodellen nicht berechnen lässt: den Genuss, an einem heissen Nachmittag in einem Strassencafe unter schattigen Bäumen zu sitzen, oder an einem warmen, aber windigen Abend von Sträuchern geschützt sein Bier zu trinken. Das ist wichtig, um sich wohl und zu Hause zu fühlen. Woher da der Wind weht und wie er sich verteilt, ist den meisten Menschen in diesen Momenten relativ egal! Schön, wenn man dabei so wenige Schadstoffe wie möglich einatmet. 0

*Nachdruck mit freundlicher Genehmigung aus «Taspo Gartendesign», Juli 2017*

## Simulationen im Windkanal

*Im 26 Meter langen und rund 4 Meter hohen Windkanal, den die Empa zusammen mit der ETH Zürich aufgebaut hat, lassen sich Ideen, wie Städte besser «belüftet» werden könnten, im Massstab von ca. 1:50 bis 1:300 simulieren. Ein Ventilator mit einem Durchmesser von 1,8 Meter und ein Elektromotor mit 110 kW (150 PS) erzeugen in der Teststrecke Wind mit einer Maximalgeschwindigkeit von bis 90 Kilometer pro Stunde. Allerdings geht es den Forschenden nicht darum, möglichst hohe Windlasten zu erzeugen, um etwa eine Fassade zu testen. Sie möchten wissen, wie Luftmassen Gebäude umströmen, welche Geschwindigkeiten und Turbulenzen auftreten und welche Auswirkungen dies in Bezug auf Energie, Komfort und Gesundheit hat: Ob sich so etwa Häuser im Sommer allein durch Wind (und erst noch gratis) kühlen lassen, wo Zugluft stören könnte - etwa in Strassencafes - und ob sich Schadstoffe natürlich abtransportieren lassen.*

*Lasertechnik macht Windgeschwindigkeiten mess- und sichtbar. Anders als bei Simulationen am Computer, bei denen sich Resultate lediglich berechnen lassen und entsprechende Unsicherheiten enthalten, erlaubt der Windkanal exakte Messungen. Simulationen können so verifiziert und weiter verfeinert werden - ein wichtiger Aspekt für die Forschenden.*



Arbeiten am Windkanal der Empa/ETH Zürich.