

Klimawandel Städte im Brennpunkt

Univ.- Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Kuttler
Universität Duisburg-Essen
Abt. Angewandte Klimatologie
Essen, Deutschland
E-mail: wiku@uni-due.de

Gliederung

- Ursachen des Klimawandels
- Auswirkungen des Klimawandels
- Gegenmaßnahmen auf städtischer Ebene
- Zusammenfassung
- Ausblick

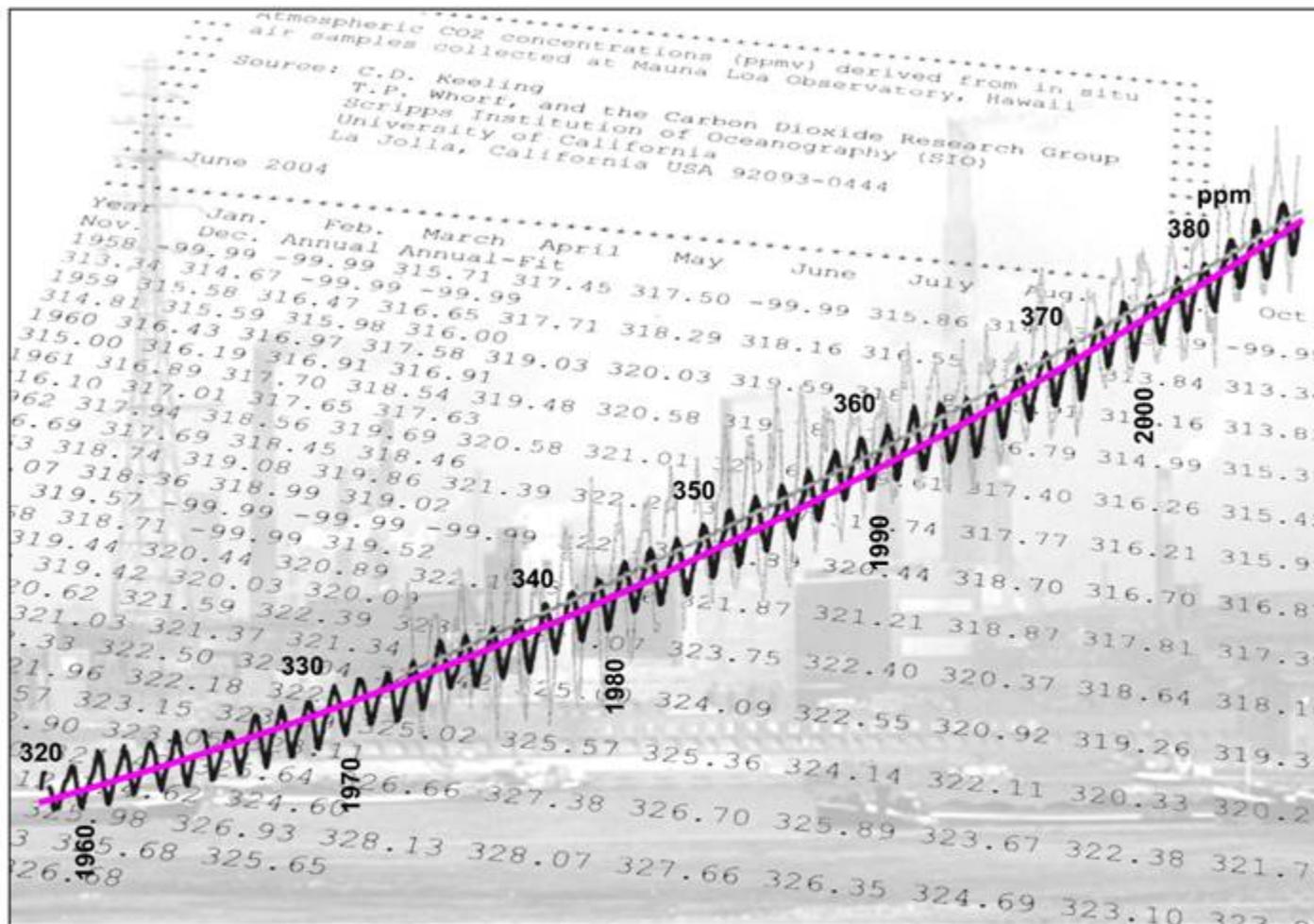
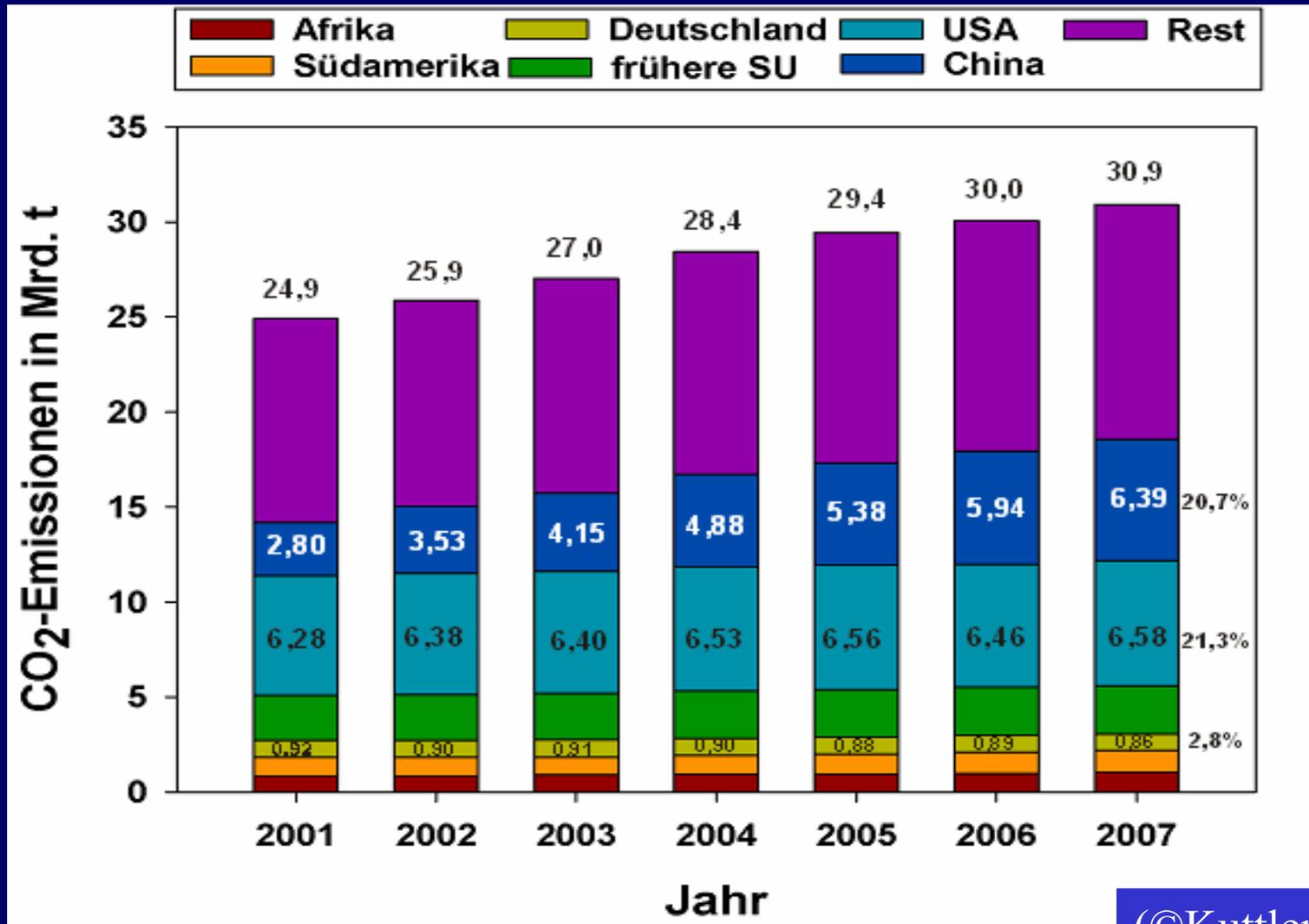


Abb. 11.1 Der Anstieg des CO₂ in der Atmosphäre wurde erstmals 1958 von C.D. Keeling (1928–2005; University of California, La Jolla) in Luftproben vom Mauna Loa Observatory, Hawaii, gemessen. Hier abgebildet ein Ausschnitt aus dem Originalausdruck der Messwerte 1958 bis 1970 (–99,99 = kein Messwert), darüber die Kurve des CO₂-Anstiegs von 1958 bis 2007 monatlich (schwarz) und als Trend (rot) (Kuttler 2009)

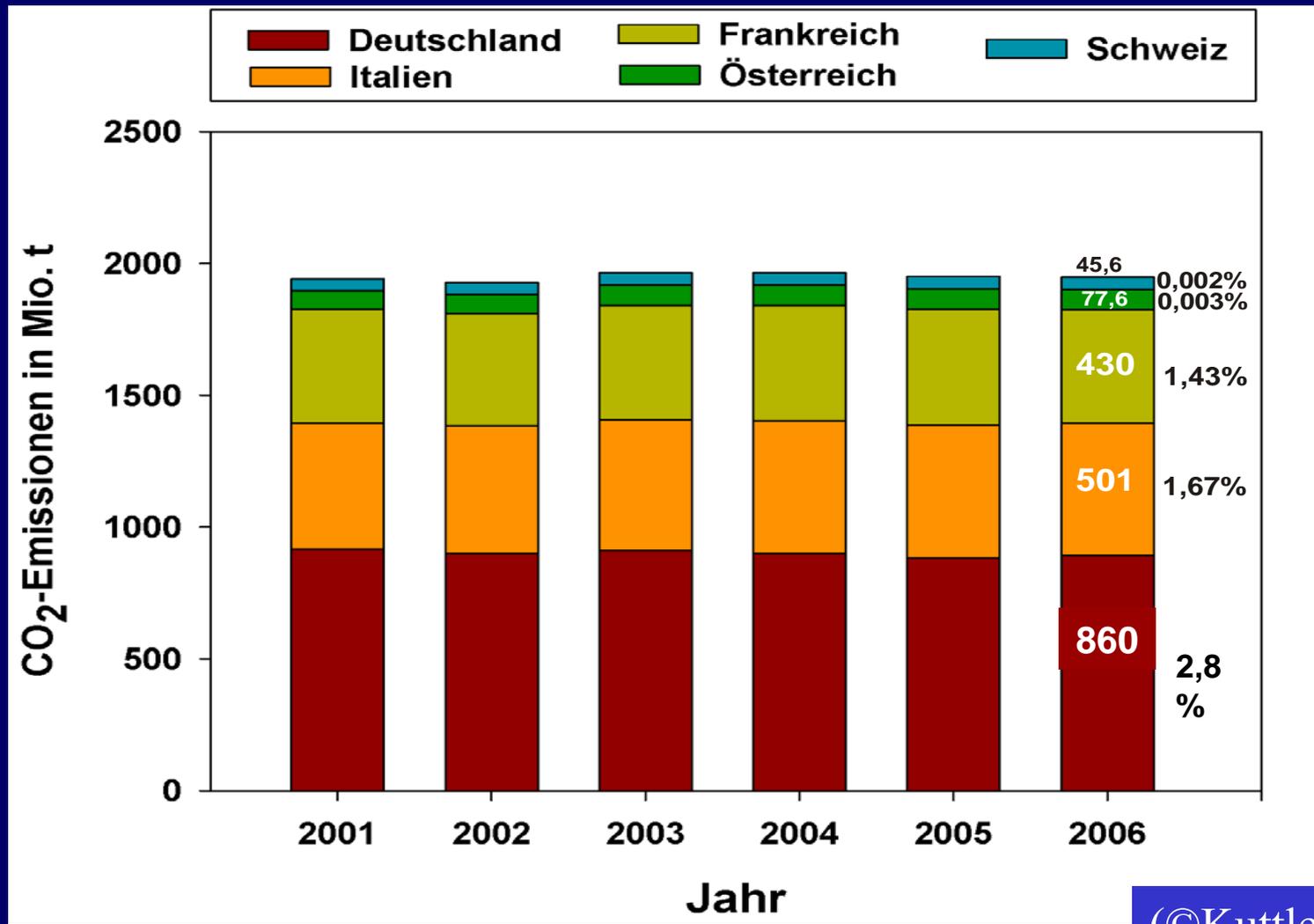
CO₂-Emissionen nach Ländern (1)



(©Kuttler 2009)

(Quelle: Deutsches Bundesministerium für Wirtschaft und Technik, 2008)

CO₂-Emissionen nach Ländern (2)



(Quelle: Deutsches Bundesministerium für Wirtschaft und Technik, 2008)

(©Kuttler 2009)

Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels in Mitteleuropa

- **Weniger Sommer-, mehr Winterniederschläge**
- **Häufigere Sommergewitter mit Starkregenabflussspitzen (Überschwemmungsgefahr) sowie Schlagregen auf Hauswände (Schmutzstofffrachten)**
- **Zunahme autochthoner Wetterlagen**
- **Anstieg der Häufigkeit von Wärmeinsel-Ereignissen (UHI) ?**
- **Zunahme thermischer Extremwerte**
- **Verstärkung des thermischen Stadtklimaeffektes durch zunehmende Gebäudeklimatisierung**
- **Erhöhung der Ozonkonzentration**
- **Einflussnahme auf das Stromverbrauchsverhalten**
- **Veränderung der urbanen Pflanzen- und Tierwelt**

Direkte und indirekte Gegenmaßnahmen auf städtischer Ebene

- (1) Energieeinsparungen durch Verhaltensänderungen
- (2) Optimierung der Gebäudedämmung
- (3) Sinnvoller Einsatz regenerativer Energien
- (4) Entsiegelung von Oberflächen
- (5) Erhöhung der Reflexion und Beschattung versiegelter Oberflächen (Dächer, Wände, Straßen, Bürgersteige, Plätze...)
- (6) Erhaltung/Schaffung von Frischluftbahnen zw. Stadt und Umland
- (7) Anlegen großflächiger Bepflanzungen (Straßenbegleitgrün, Fassaden, Dächer) vornehmen

(©Kuttler 2009)

(1) Energieeinsparungen durch Verhaltensänderungen

- Spez. Wohnungsenergiebedarf und Heizenergiebedarf senken
- Kfz seltener benutzen
- Lebensmittel aus der Umgebung kaufen

(3) Sinnvoller Einsatz regenerativer Energien

Reale Leistungsdaten für Photovoltaikpaneele (PV), Windenergiekonverter (WEK) und Erdwärmennutzung (EWN) im Ruhrgebiet (Deutschland)

PV:	$100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	\rightarrow	$11 \text{ W}/\text{m}^2$
WEK:	$730 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	\rightarrow	$83 \text{ W}/\text{m}^2$
EWN:	$156 \text{ kWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$	\rightarrow	$18 \text{ W}/\text{m}$

Daten sind reale Erntewerte und beziehen sich auf Anlagen, die mindestens ein Jahr in Betrieb sind

(©Kuttler 2009)

INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE

ABTEILUNG ANGEWANDTE KLIMATOLOGIE UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

(4) Entsiegelung von Oberflächen

- Verringerung der Abflussbeiwerte
- Steigerung der Evapotranspiration durch Schaffung verdunstungsaktiver Flächen

Abflussbeiwerte für Oberflächen

Oberflächen	Abflussbeiwert
Dachflächen, Straßendecken	0,85-1,0
Fugendichtes Pflaster	0,8-1,0
Gewöhnliches Pflaster	0,5-0,7
Chaussierung und Mosaikpflaster	0,4-0,6
Promenaden- Befestigung	0,15-0,3
Unbefestigte Flächen	0,1-0,2
Parkanlagen und Gärten	0-0,1

Abflussbeiwert:
Abfluss/Niederschlag

(Quelle: Müller 1979)

Intensivierung des latenten Wärmetransportes

- Erhöhung der Regenwasserrückhaltung
- Verstärkung des Versickerungsverhaltens
- Schaffung verdunstungsaktiver Flächen (Wasser, Boden, Vegetation) und Erhöhung der Evapotranspiration

Denn:

Wasserverdunstung benötigt hohen Energieeinsatz

($Q_v = 2,4 \text{ MJ/kg}$); dieser dient nicht der Lufterwärmung, sondern dem Aggregatzustandswechsel (flüssig → gasförmig)

(5) Erhöhung der Reflexion versiegelter Oberflächen

- Im kurzwelligen Bereich
($400 \text{ nm} > \lambda < 750 \text{ nm}$)
- Im langwelligen Bereich
($\lambda > 750 \text{ nm}$)

(6) Erhaltung/Schaffung von Frischluftbahnen

Voraussetzung: rauigkeitsarme Verbindung zw. kaltluftbildendem Umland und Stadt

Beispiele:

- Bahntrassen
- Ein- und Ausfallstraßen
- Fließ- und Stillgewässer
- Grünfinger

(7) Anlegen großflächiger Bepflanzungen (Straßenbegleitgrün, Fassaden, Dächer)

Bio-Klimaanlagen für die City

Die am Krupp-Hauptquartier und nördlich der Uni auf dem Berliner Platz geplanten Parkflächen bringen nicht nur mehr Grün nach Essen, sie können das Umfeld im Sommer auch kühlen. Stadtkern oft 10 Grad wärmer als Randlagen

Von Christian Duyf

In Sommern wie dem des Jahres 2003 erfahren es die Bewohner der Innenstadt wochenlang über ihre verschwitzte Haut: Je tiefer man im Zentrum wohnt, desto mehr wird die Stadt bei Hitze zum Backofen. Doch die Klimaanlage naht: Mit den zwei neuen Parkflächen im Bereich des künftigen Krupp-Boulevards und des neuen Universitätsviertels auf dem Berliner Platz wird Essen nicht nur grüner, sondern die City an Hitzetagen auch deutlich kühler.

Der Unterschied zwischen Kernstadt und Randlage kann gewaltig sein. „Am Baldeneysee ist es bis zu zehn Grad kühler als in der Innenstadt. Das haben Messungen bestätigt“, sagt Prof. Dr. Wilhelm Kuttler, Leiter des Instituts für Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie an der Universität Duisburg-Essen.

Eine umso größere Chance



Hier lässt es sich aushalten: Grün und Wasser können im Sommer den neuen „Uni-Park“ kühlen. Repro: WAZ

sieht er in den zwei Parkflächen in der West- und Nordstadt. „Im Umkreis von bis zu gut 100 Metern können sie zu einer erheblichen Abkühlung beitragen“, sagt der Experte für Stadtklima.

Die Bio-Klimaanlage funktioniert so: Gräser, Pflanzen und Bäume „schwitzen“ an heißen Tagen zur Eigenkühlung Feuchtigkeit aus - genauso wie der Mensch. Das Verdunsten wiederum entzieht der Atmosphäre Wärme, es wird kühler. Die Summen seien gewaltig, sagt Kuttler. „Wenn man die Energie berechnet, die nötig ist um einen Liter Wasser zu verdunsten, entspricht das der Menge, die ein 3200 PS-Motor in einer Sekunde freisetzt und ein Baum mit stattlicher Krone verdunstet so einiges am Tag.“

Damit es nicht nur im Park, sondern auch im überwärmten bebauten Umland kühler werden kann, müssten aber Spielregeln beachtet werden. So sei

es wichtig, dass Bäume nicht so dicht aneinander gepflanzt werden, dass sich ihre Kronen zum Dach verbinden. „Sonst hängt die kühlere Luft aus dem Baumschatten fest und kann durch den Wind nicht transportiert werden.“ Auch sollten die Parks keine Mauern oder dichte Baumreihen als Umrandung erhalten, weil diese wie eine Barriere für kühle Luft wirken.

Um wie viel Grad exakt sommerliche Hitze im Umkreis der neuen Grünflächen abkühlen wird, vermag Kuttler nicht einzuschätzen, dass der City-Kern kaum in den Genuss der Bio-Kühlung kommt ist für ihn aber sicher. „Dafür ist vorher zu viel im Weg.“ Methoden, um Innenräume und Straßenschluchten abzukühlen gebe es trotzdem: „Eine Dach- oder Fassadenbegrünung hat einen ähnlichen Effekt und stellt durch entstehende Luftpolster für den Winter gleich noch eine gute Isolierung dar.“

WAZ 21.11.07

Klimatisch-lufthygienische Wirkungen von Vegetationsbeständen

- Strahlungsbilanz ($Q^* = K_{\downarrow} - K_{\uparrow} + L_{\downarrow} - L_{\uparrow}$)

Bestandsklima, Kronendach = Strahlungsumsatzfläche, Zurückbleiben der Blatttemperatur (bei intaktem Blatt) hinter der Lufttemperatur, Schattenwurf, Verbesserung des Lichtklimas, kaum Erwärmung des Erdbodens

- Wärmebilanz ($Q^* = Q_H + Q_E + Q_B$)

Kaum Erwärmung der Luft, kaum Wärmespeicherung im Boden, hoher Energieverbrauch zur Kronendachverdunstung (Transpiration, Interzeption; $Q_V = 2,4$ MJ/kg)

- Niederschläge

Vermeidung von Abflussspitzen durch Interzeptionsverdunstung (≤ 40 %) und zeitversetzte Versickerung

- Wind

Reduktion der Windgeschwindigkeit, dadurch Verringerung des Energieaufwandes zur Gebäudebeheizung im Winter (T' -abhängigkeit der Wärmeübergangszahl)

- Luftqualität

Staubfilterung insbesondere bei Immergrünen (PM_{10}), Aufnahme von CO_2 und anderen Spurenstoffen; Senkung des O_3 -Bildungspotenzials durch niedrigere Umgebungstemperaturen, jedoch auch artspezifisch abhängige VOC-Emission möglich (\rightarrow Vorläufer für O_3); deshalb „low-emitter“ Pflanzen bevorzugen

(©Kuttler 2009)

Kühlungseffekte durch Straßenbäume

- (Modell)-Annahmen:
- Straßenschlucht kubischer Ausschnitt von jeweils 10 m;
- Straßenrand: beidseitig jeweils 3 Bäume (Blattfläche 25 m²)
- 100-facher Luftwechsel des Straßenschluchtvolumens pro Stunde (→ 0,3 m/s)
- Strahlungstag zur Mittagszeit im Sommer

- Beschattungskühlung durch niedrigere Oberflächentemperaturen:
- Straßenoberflächentemperatur ohne Baum, $T_{oB} = 55 \text{ °C}$; mit Baum $T_{mB} = 40 \text{ °C}$
- Hälfte der Straße soll beschattet sein
- **Ergebnis: Luftvolumen erfährt durch Beschattung eine um 0,9 K/h verminderte Erwärmung**

- Transpirationskühlung:
- Transpirationsrate: 100 g H₂O/(m² · h)
- Energieeinsatz für Verdunstung (Q_E , 6 Bäume): 10,2 kW
- **Ergebnis: Luftvolumen erfährt durch Transpiration eine um 0,3 K/h verminderte Erwärmung**

- Straßenschlucht ohne Bäume würde sich hingegen um 1K/h erwärmen

(Daten nach Larcher 2001, Katayama pers. Mitt., Hupfer/Kuttler 2006, eigene Berechnungen)

(©Kuttler 2009)

Vereinfachte Energiebilanzen für ein begrüntes Dach und ein Kiesdach während eines Sommertages¹⁾

Begrüntes Dach

- 9 % Lufterwärm.
- 79 % Verdunstung
- 11 % Bodenwärmestr.
- Oberflächent.: 30 °C

Kiesdach

- 50 % Lufterwärm.
- 0 % Verdunstung
- 50 % Bodenwärmestr.
- Oberflächent.: 40 °C

1) Höschele/Schmidt (1974); Q^*_{Kies} : 740 W/m²; $Q^*_{\text{Grün}}$: 420 W/m²; Sommer Mittagszeit, max. Einstrahlung; gleicher Aufbau beider Dächer; jeweils 1000 m² Fläche

Pflanzen mit niedrigen ($< 2 \mu\text{g/g TS}$) und hohen ($> 2 \mu\text{g/g TS}$) VOC-Emissionen

Niedrige VOC-Emissionen („low-emitter“)

Apfel, Birne
Echte Walnuss
Ginkgo
Italienische Zypresse
Kirschpflaume
Olive, Orange
Rot-, Silberahorn
Traubenkirsche

Hohe VOC-Emissionen („high-emitter“)

Ahornblättrige Platane
Blauer Eukalyptus
Buche
Dattelpalme
Trauben- und Stieleiche
Gemeine Fichte
Sandkiefer
Steineiche

(Quelle: Benjamin/Winer, 1998, verändert)

Ziele, Mittel und Wirkungen temperaturreduzierender Maßnahmen im Überblick

Zusammenfassung

- Helle Oberflächen:
Schonen Baumaterial (wg. geringerem ΔT) und reduzieren sommerlichen Einsatz von Klimaanlage; können im Winter (durch geringere Absorption) allerdings zu Mehrverbrauch an Energie führen
- Vegetation:
Sommerliche Schattenwirkung am Objekt, Abkühlung der Umgebung; ferner: winterlicher Windschutz für Gebäude (dadurch geringerer Heizenergiebedarf)
Filterung luftgetragener Spurenstoffe (verstärkt bei Immergrünen), Rückgang der O₃-Entstehung; allerdings VOC-Emission möglich („low-emitter“ anpflanzen!), CO₂-Aufnahme; verminderter Regenwasserabfluss

Ausblick

In Mitteleuropa fehlt es an Untersuchungen auf lokaler Maßstabsebene zum Einfluss der Stadtgestaltung durch helle Oberflächen und pflanzliches Grün auf die thermischen Verhältnisse

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit