

Ausgewählte Kapitel der Photogrammetrie (PAK) 2009 WS

Urban Heat Islands

Studentische Ausarbeitung
von

Teresa Bräuer

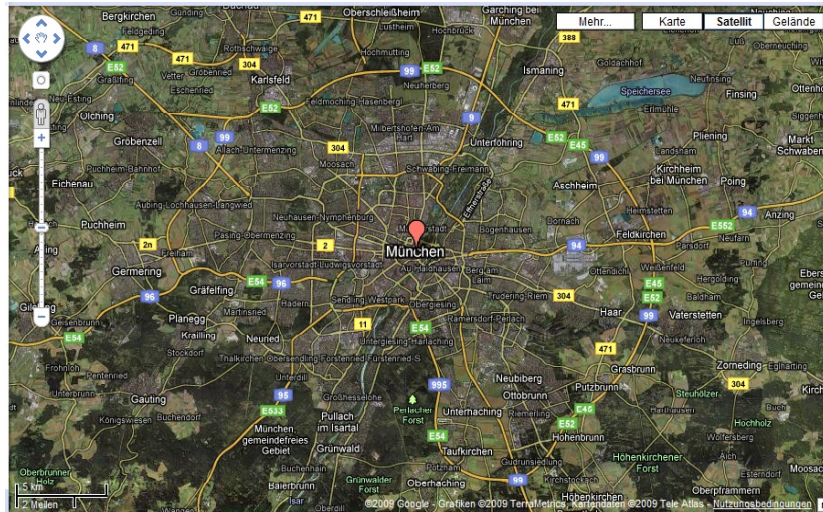


Gliederung

- 1 Definition Urban Heat Island (UHI)
- 2 Ursachen
- 3 Auswirkungen auf Stadtklima, Bioklima und menschliche Gesundheit
- 4 Erfassung der Oberflächentemperatur
- 5 Maßnahmen zur Minderung
- 6 Integration in die Stadtplanung
- 7 Zusammenfassung



Motivation

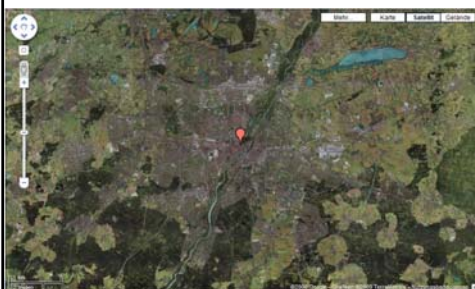


Quelle: Google Maps 2009



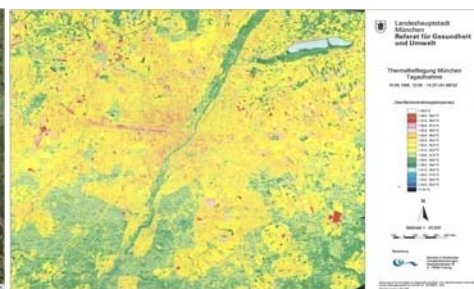
Motivation

Satellitenaufnahme



Quelle: Google Maps 2009

Thermalaufnahme



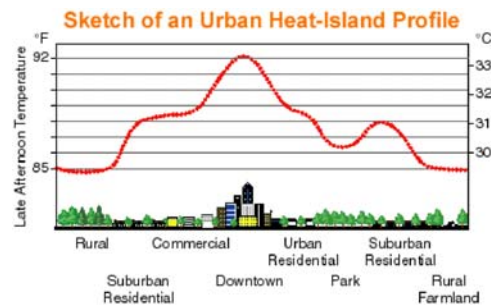
Quelle: Landeshauptstadt München 1998



1 Definition Urban Heat Island UHI

Urban Heat Island (UHI)

- ❑ UHI ist ein Phänomen/Effekt bei dem die Stadt wärmer ist als das Umland (bei Städten ab ca. 10.000 Einwohnern).
- ❑ Synonyme: urbanes Wärmearchipel oder städtische Wärmeinsel
- ❑ Maximalen Temperaturunterschiede sind im Sommer gegen 14:00 Uhr und 04:00 Uhr MEZ zu erkennen.



Quelle: Heat Island Group in Valsson, S. und Bharat, A. (2009)



2 Ursachen (Inhalt)

2 Ursachen

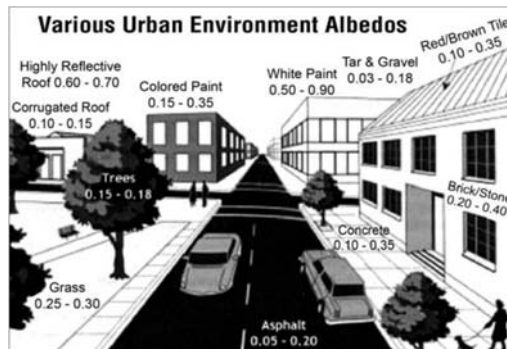
- 2.1 Künstliche Oberflächen
- 2.2 Versiegelungsgrad und Bebauungsdichte
- 2.3 Stadtgeometrie
- 2.4 Direkte Abgabe von Wärme



2.1 Künstliche Oberflächen

Künstliche Oberflächen

- ❑ Verhältnismäßig viel Sonneneinstrahlung wird absorbiert (→ niedriger Albedo)
- ❑ Künstliche Oberflächen erwärmen sich stärker als natürliche Oberflächen



Quelle: U.S. Environmental Protection Agency in Valsson, S. und Bharat, A. (2009)

Albedo (Reflexionsvermögen) verschiedener Oberflächen (Nachbarschaftsverband Stuttgart 1992)	
Oberflächenbeschaffenheit	Reflexionsanteil (%)
schwarze Erde, trocken	14
schwarze Erde, feucht	8
heller Sand	30 – 40
Schnee, sauber	99
Wasserflächen	5 – 15
grünes Gras	26
Weizen	10 – 25
Beton	14 – 22
Mauer, weiß	65 – 80
Mauer, gelb	35 – 50
Mauer, grau	20 – 45
Asphalt	12 – 25
Schotter	5 – 10
Mittelwert der Erdoberfläche	35

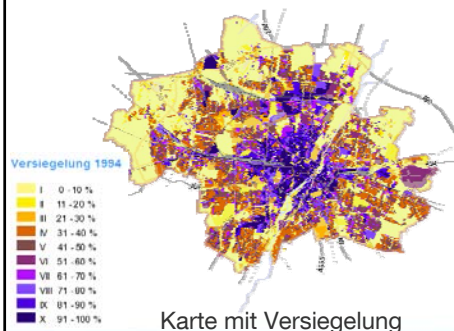
Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.) (1993 und 2001)



2.2 Versiegelungsgrad und Bebauungsdichte

Versiegelungsgrad und Bebauungsdichte

- ❑ Je größer eine zusammenhängende Fläche mit hoher Wärmerückstrahlung (z. B. durch hohen Überbauungsgrad) und je ungünstiger die Wärmeabfuhr (z. B. durch eingeschränkte Luftzirkulation infolge der Bebauung), desto stärker wird sich auch die umgebende Luft erwärmen.
- ❑ Höhere Lufttemperatur und eingeschränkte Wärmeabfuhr fördern wiederum die Erwärmung der Oberflächen



Karte mit Versiegelung



Thermalaufnahme

Quelle: Landeshauptstadt München 1994 und 1998

Stadtgeometrie

- Sky View Factor (SVF): Sein maximaler Wert SVF ist 1, er tritt in offenen Gebieten, ohne Häuser, Bäume etc. auf. Das bedeutet, dass ein großer Teil der Energie während des Tages in der Stadt gespeichert wird und dann allmählich während der Nacht abgegeben wird. Dies verzögert die nächtliche Abkühlung im Gegensatz zu ländlichen Gebieten
- Gebäude stellen großflächige Oberflächen zur Reflexion und Absorption von Sonnenlicht dar, dadurch wird die Effizienz mit der sich urbane Gebiete erwärmen gesteigert. Dieser Effekt wird „canyon effect“ genannt.
- Der natürliche Windstrom wird durch Gebäude verhindert, dadurch wird die Abkühlung durch Konvektion verhindert.



Quelle: www.atmosphere.mpg.de in
Valsson, S. und Bharat, A. (2009)



Direkte Abgabe von Wärme (und Schadstoffen) durch den Menschen

- Durch anthropogene Tätigkeiten, wie Verkehrsmittel, Klimaanlage oder Industrieanlagen erwärmt sich die Stadt zusätzlich.
- Grund für weitere Erforschung der UHI: Derzeit lebt ca. die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten. Dieser Prozentsatz soll auf 61 % bis zum Jahr 2030 ansteigen.



3 Auswirkungen auf Stadtklima, Bioklima und menschliche Gesundheit (Inhalt)



3 Auswirkungen auf Stadtklima, Bioklima und menschliche Gesundheit

- 3.1 Definition Stadtklima, Biometeorologie und Bioklima
- 3.2 Einfluss der UHI auf das Stadtklima
- 3.3 Beispiel: Barra Funda
- 3.4 Einfluss der UHI auf die menschliche Gesundheit



3.1 Definition Stadtklima, Biometeorologie und Bioklima



Definition Stadtklima, Biometeorologie und Bioklima

- **Stadtklima** ist nach Schirmer, H. et al. 1987 „das gegenüber dem Umland stark modifizierte Mesoklima von Städten und Industrieballungsräumen. Es umfaßt das gesamte Volumen der bodennahen Luftschicht oberhalb und in unmittelbarer Umgebung der Stadt bzw. der städtischen Grenzschicht. Verursacht wird es durch die **Art und Dichte der Bebauung**, das **Wärmespeichungsvermögen der Baustoffe**, die **Versiegelung des Bodens**, das **Fehlen von Vegetation**, durch einen **veränderten Wasserhaushalt** und die **vermehrte Emission von Abgasen, Aerosolen und Abwärme**“.
- Die **Biometeorologie** ist ein Teilgebiet der Meteorologie und interdisziplinäre Wissenschaft. Sie behandelt direkte und indirekte Zusammenhänge zwischen der Atmosphäre und dem Weltraum und biologischen Systemen wie dem Menschen und auch ganzen Ökosystemen. Synonyme Begriffe sind die Medizinmeteorologie, die Bioklimatologie und Meteoro-Biologie. Gefragt wird nach **Beziehungen zwischen Wetter und Gesundheit**. (Definition www.bioklima.de)
- Als **Bioklima** versteht sich die **Summe aller umweltklimatischen Faktoren auf lebende Organismen**, speziell den Menschen innerhalb einer Biosphäre. (Definition www.bioklima.de)



3.2 Einfluss der UHI auf das Stadtklima

Einfluss der UHI auf das Stadtklima

- ❑ Jedes Haus, Gebäude oder Straße hat Einfluss auf das Mikroklima und trägt zur UHI der Städte bei.
- ❑ Die Intensität der UHI ist abhängig von der Topographie, der Vegetation, der Nähe zu Wassermassen und dem lokalen Klima.
- ❑ UHI kann sich auf das lokale Wetter auswirken, lokale Windmuster beeinflussen, die Bildung von Wolken und Nebel vorantreiben, die Anzahl von Blitzeinschlägen erhöhen und die Niederschlagsmenge beeinflussen.
- ❑ UHI steigert zudem die Niederschlagsmenge in Städten und Gebieten in die die Windrichtung zeigt.
- ❑ Wärme verbessert die photochemische Reaktion, wodurch es vermehrt zu Partikel in der Luft kommt, welche zur Bildung von Nebel und Wolken beigetragen. Dadurch hat eine Stadt weniger Sonnenstunden im Jahr, als das Umland.
- ❑ Städte verlieren nachts nur langsam Wärme, dadurch entstehen die größten Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland in der Nacht.



3.3 Beispiel: Barra Funda (1)

Beispiel: Urbanes Stadtgefüge und Wärme komfort in Barra Funda (Stadtviertel in Sao Paulo Brasilien)

- ❑ Beurteilung des Stadtviertels Barra Funda nach
 - „thermale Komfort“ und
 - Unterschiede im Mikroklima, verursacht durch die urbane Gestalt (Vegetation, Morphologie, Gebäudematerialien und Bebauungsdichte)
- ❑ Betrachtung verschiedener Variablen des Mikroklimas an 7 Standorten
- ❑ Messung mit Thermo-Hygrometer (relative Luftfeuchte und Temperatur) und Anemometer (Windgeschwindigkeit) + zusätzliche Daten einer meteorologischen Station



3.3 Beispiel: Barra Funda (2)

7 Standorte in Barra Funda

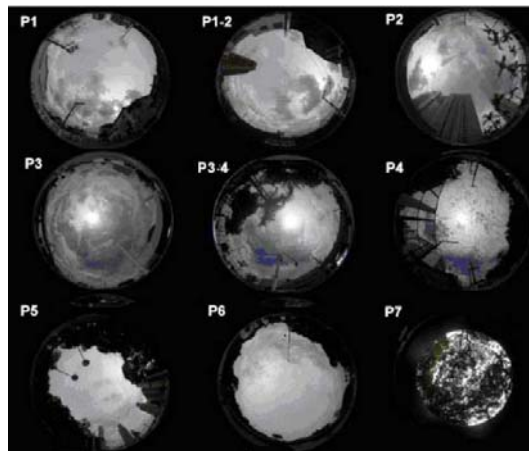


Quelle: aller folgenden Abbildungen zum Beispiel Barra Funda Duarte: D. et al. (2009)



3.3 Beispiel: Barra Funda (3)

Ermittlung der Sonnenstrahlung
aus Bewölkungsgrad und Sky View Faktor



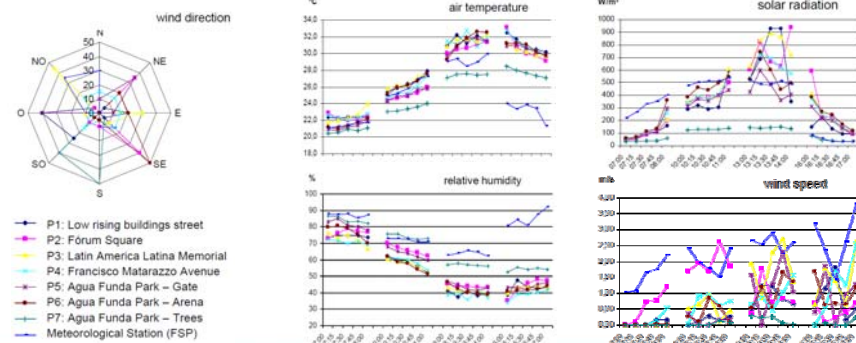
Quelle: Duarte, D. et al. (2009)



3.3 Beispiel: Barra Funda (4)

Ergebnisse aus den Messungen/Berechnungen

- ❑ Lufttemperatur in °C
- ❑ Relative Luftfeuchtigkeit in %
- ❑ Sonnenstrahlung in W/m²
- ❑ Windrichtung in Himmelsrichtungen
- ❑ Windgeschwindigkeit in m/s



3.3 Beispiel: Barra Funda (5)

Computermodell für Thermo-Physiologische-Bilanz

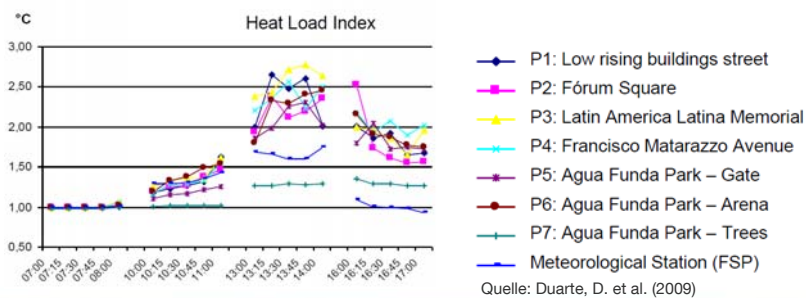
$$S = M + L + R_c + C + K + E_{sk} + R_{es}$$

- ❑ S : Wärmespeicherung im Körper
- ❑ M : metabolische Energie (hier: [M = 130 W/m²] Bewegung mit 3,6 km/h nach ISO 8996 (1990))
- ❑ L : Wärmeaustausch auf der Haut durch Strahlung
- ❑ R_c: Sonnenstrahlung
- ❑ C : Wärmeaustausch an der Haut durch Konvektion
- ❑ K : Wärmeaustausch an der Haut durch Konduktion (Wärmeleitung)
- ❑ E_{sk} : Wärmeverlust durch Evaporation an der Oberfläche der Haut
- ❑ R_{es} : Wärmeverlust durch Atmung
- ❑ Einheit überall [W/m²]

3.3 Beispiel: Barra Funda (6)

Berechnung des heat load index (Wärmebelastungsindex)

- Verwendung des Modells MENEX (Man-ENvironment heat Exchange) nach Blazejczyk
 - Energieverlust durch Evaporation je nach Geschlecht
 - Strahlungsaustausch nach Bewölkungsgrad
 - Sonnenstrahlung
- Ergebnisse: mean radiant temperature, superficial skin temperature und heat load index



3.3 Beispiel: Barra Funda (7)

Kalibrierung des heat load index

- Kalibrierung mit den Ergebnissen einer wissenschaftlichen Umfrage von Monteiro und Alucci (2007) wobei 80 Mikroklimata betrachtet und 2000 Fragebögen ausgewertet wurden.

HL (Blazejczyk, 2002) und

Kalibrierung nach Monteiro & Alucci (2007)

HL	Classification	Calibration	Sensation
		$\geq 1,65$	very hot
$\geq 1,600$	high stress (hot)	1,23-1,65	hot
1,186-1,600	stress (hot)	1,08-1,23	warm
0,931-1,185	neutrality	0,88-1,08	neutral
0,811-0,930	stress (cold)	0,72-0,88	cool
$\leq 0,810$	high stress (cold)	0,65-0,72	cold
		$\leq 0,65$	very cold

Quelle: Duarte, D. et al. (2009)

3.3 Beispiel: Barra Funda (8)

Endergebnisse des thermalen Gefühlseindrucks an den 7 Standorten

HL	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	MS
07:00	N	N	N	N	N	N	N	N
07:15	N	N	N	N	N	N	N	N
07:30	N	N	N	N	N	N	N	N
07:45	N	N	N	N	N	N	N	N
08:00	N	N	N	N	N	N	N	N
10:00	W	W	H	W	W	W	N	H
10:15	H	H	H	H	W	H	N	H
10:30	H	H	H	H	W	H	N	H
10:45	H	H	H	H	W	H	N	H
11:00	H	H	H	H	H	H	N	H
13:00	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	VH
13:15	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	VH
13:30	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	H
13:45	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	H
14:00	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	H
16:00	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	W
16:15	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	N
16:30	VH	H	VH	VH	VH	VH	H	N
16:45	H	H	VH	VH	VH	VH	H	N
17:00	H	H	VH	VH	VH	VH	H	N

N: neutral

W :warm

H: heiß

VH: sehr heiß



Quelle: Duarte, D. et al. (2009)

BRÄUER (2010-02-02) PAK: Urban Heat Islands

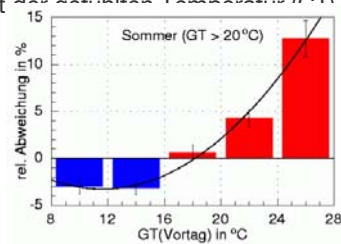
21

3.4 Einfluss der UHI auf die menschliche Gesundheit

Einfluss der UHI auf die menschliche Gesundheit

- UHI beeinflusst die Sterblichkeit und das Auftreten von Erkrankungen
- UHI erschwert andere gesundheitlichen Stressfaktoren
 - Luftverschmutzungskonzentration: chemische Reaktionsrate und Emissionen
 - Wasserverunreinigung: menschliche Aufnahme des z.B. mit Virus oder Bakterien verunreinigten Wassers

Mortalitätsrate (relative Abweichung) in Baden-Württemberg in Abhängigkeit der gefühlten Temperatur (GT) unter warmen Bedingungen



Quelle: LUBW 2009,
http://www2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt5/klimaatlas_bw/bioklima/index.html



BRÄUER (2010-02-02) PAK: Urban Heat Islands

22

4 Erfassung der Oberflächentemperatur (Inhalt)

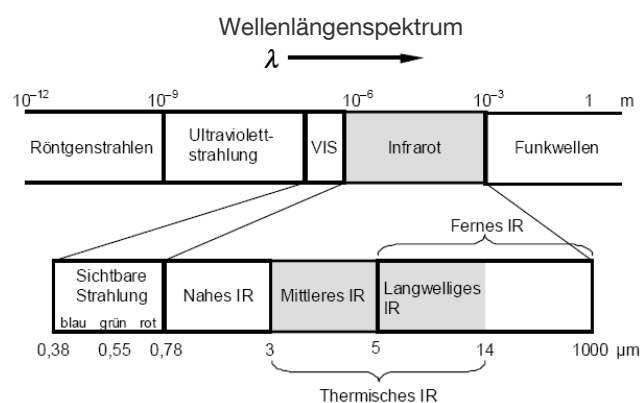
4 Erfassung der Oberflächentemperatur

- 4.1 Erfassung mit TIR-Daten
- 4.2 Zusammenhang Oberflächentemperatur und Oberflächenmaterial
- 4.3 Oberflächenenergiebilanz
- 4.4 Vorteile und Nachteile verschiedener Messverfahren
- 4.5 Darstellung im 3D-Modell
- 4.6 Forschungsbedarf



4.1 Erfassung mit TIR-Daten (1)

Erfassung der Oberflächentemperatur mit thermischen Infrarot -Daten



Quelle: Stilla, U. und Hoegner, L. (2009)



4.1 Erfassung mit TIR-Daten (2)

- ❑ Thermische Infrarotdaten (TIR) für Analyse des Stadtklimas und Umweltstudien
 - Bestimmung der Oberflächentemperatur und Analyse der Beziehung zur Oberflächenbeschaffenheit (v.a. Vegetationsindizes und land cover / land use)
 - Ermittlung von UHI und deren Parameter
 - Herstellung einer Beziehung zwischen Oberflächentemperatur und Oberflächenenergieflüssen um Landschaftseigenschaften (Muster und Prozesse) zu untersuchen
- ❑ Erfassung der TIR-Daten durch flugzeug- und satellitengetragene Systeme (z.B. HCMM, Landsat TM/ETM+, AVRR, MODIS, ASTER) → Messung der Oberflächentemperatur + Ableitung des Emissionsgrades von unterschiedlichen Oberflächen
- ❑ Durch die Oberflächentemperatur wird die Lufttemperatur der niedrigen städtischen Atmosphäre beeinflusst.

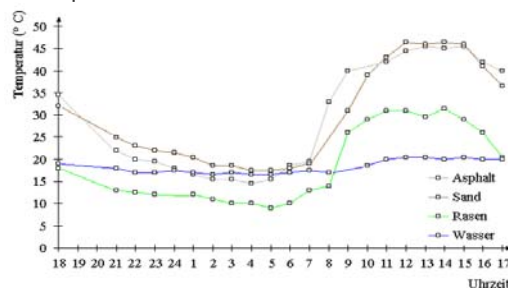


4.2 Zusammenhang Oberflächentemperatur und Oberflächenmaterial (1)

Zusammenhang Oberflächentemperatur und Oberflächenmaterial

- ❑ Oberflächenmaterial hat innere Eigenschaften (z.B. Wärmespeicherfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit)
- ❑ Emissionsgrad ist abhängig vom Wasseranteil, der chemischen Zusammensetzung und der Rauigkeit

Temperaturverhalten verschiedener Oberflächen



Quelle: Kessler 1971 in Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.) (1993 und 2001)



4.2 Zusammenhang Oberflächentemperatur und Oberflächenmaterial (2)

Oberflächenenergieflüsse

sind abhängig von

- ❑ Kräften die Energie leiten (z.B. Einfallswinkel der Sonne, Albedo, resultierende Nettostrahlung)
- ❑ Bodenfeuchtigkeit und Boden-Vegetation-Interaktion
- ❑ Fähigkeit der Atmosphäre Energie zu absorbieren → hängt von Lufttemperatur, Wasserdampfgradient und Windverhältnissen ab



4.3 Oberflächenenergiebilanz (1)

Oberflächenenergiebilanz

Oberflächentemperatur ist eine Hauptkomponente der Oberflächenenergiebilanz

$$K^* = (1 - a)(K \downarrow)$$

K^* : Netto-Sonnenstrahlung

a : Albedo

$$a = \frac{K \uparrow}{K \downarrow}$$

$K \downarrow$: einfallende Sonnenstrahlung

$K \uparrow$: reflektierte Sonnenstrahlung

$$L \uparrow = \varepsilon [\sigma \cdot T^4]$$

ε : Emissionsgrad

σ : Stefan-Boltzman-Konstante ($5.7 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$)

T : Oberflächentemperatur (Kelvin)

→ Die langwellige vom Boden emittierte Strahlung $L \uparrow$ ist abhängig von der Oberflächentemperatur

$$L^* = L \downarrow - L \uparrow$$

L^* : langwellige Nettostrahlung der Oberfläche

$L \downarrow$: langwellige Strahlung der Atmosphäre

$$Q^* = K^* + L^*$$

Q^* : Gesamt Nettostrahlung



4.3 Oberflächenenergiebilanz (2)

- Die Gesamtnettostrahlung kann als Summe von nichtstrahlenden Energieflüssen ausgedrückt werden:

$$Q^* = \lambda E + H + G$$

H = fühlbarer Wärmestrom
 λ = latenter Wärmefluss
E = Transpirationsfluss
G = Bodenwärmestrom

- Die Einteilung in λE , H und G hängt von der Zusammensetzung der Oberfläche ab. Physiologische Kontrolle von Feuchtigkeitsverlust und Blatt- und Bodenbedeckungsmorphologie legt fest, wie sich Q^* in λE , H und G aufteilt. Bei städtischen Oberflächen lässt die Bedeckung mit künstlichen Oberflächen und Vegetation Rückschlüsse auf die Energieverteilung von Q^* zu.

- Energiebilanz der Oberfläche

$$Q^* + A = H + L_E + G \text{ (W/m}^2\text{)}$$

A = anthropogener Wärmefluss
 L_E = latenter Wärmefluss (λE)



4.4 Vorteile und Nachteile verschiedener Messverfahren

Vorteile und Nachteile verschiedener Messverfahren

- In-situ Messung
 - Hohe Kosten für einzelne Messstellen
 - Hoher Zeitaufwand
 - Nur punktuelle Messwerte
 - Sehr genaue Messwerte
- Flugzeuggetragene Messung
 - Kosten für Befliegung
 - Hoher Zeitaufwand für Flug
 - Relativ großes Gebiet in kurzer Zeit (ca. 1000 km² in 2,5 h bei Thermalbefliegung München)
 - Relativ genaue Messwerte (3 - 5m)
- Satellitengetragene Messung
 - Geringer Aufwand für Datenbeschaffung
 - Abhängigkeit von der Flugbahn und Winkel
 - Großes Gebiet in kurzer Zeit
 - Relativ ungenaue Messwerte (z.B. Landsat ETM+ 60m)



4.5 Darstellung im 3D-Modell (1)

Darstellung im 3D-Modell

3D-Simulationen von Umweltparametern (Urban Environmental Quality)

- ❑ Ganzheitliches Konzept mit einer Vielzahl an Parametern, u.a. Luftqualität und Lärm
- ❑ MODIS, Landsat und SPOT Bilder haben für Aussagen über die Luftqualität haben zu schlechte Auflösung für eine kleinräumige Planung (z.B. Straßenebene)
- ❑ Weiterhin ist die Auflösung von Thermalbilder relativ niedrig (60m für Landsat ETM und 90m für ASTER)
- ❑ Very high resolution (VHR) Satellitensensoren wie IKONOS und Quickbird ermöglichen das Abbilden von Vegetation und Temperaturprodukte können durch hinzufügen von land-cover Informationen abgeleitet werden.
- ❑ Durch die Kopplung an GIS können weitere Parameter hinzugefügt werden. In einem GIS können alle Parameter gespeichert und verschnitten werden.



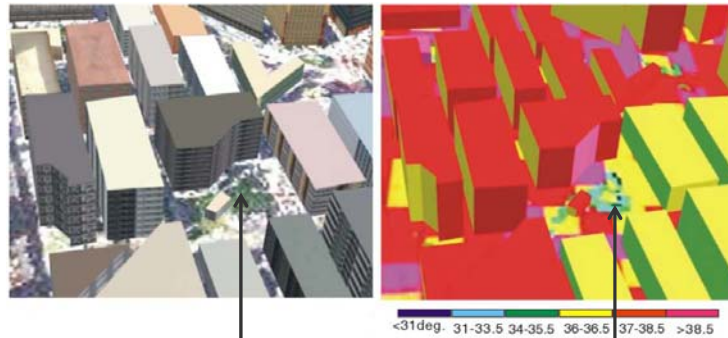
4.5 Darstellung im 3D-Modell (2)

- ❑ Parameter: Biomasse und Temperatur aus Satellitendaten und vier Parameter in GIS (Lärm, Luftqualität, Gebäudedichte und Gebäudehöhe)
- ❑ Problem sind die unterschiedlichen Einheiten der Parameter und deren unterschiedlicher Maßstab → zwei Ansätze PCA (principal component analysis) und GIS overlap approach
- ❑ Visualisierung mit 3D Modell um jedem Parameter Rechnung zu tragen. Im Modell haben alle Parameter mindestens „Gebäudegenauigkeit“.



4.5 Darstellung im 3D-Modell (3)

3D-Modell mit Orthofoto und Thermalbild



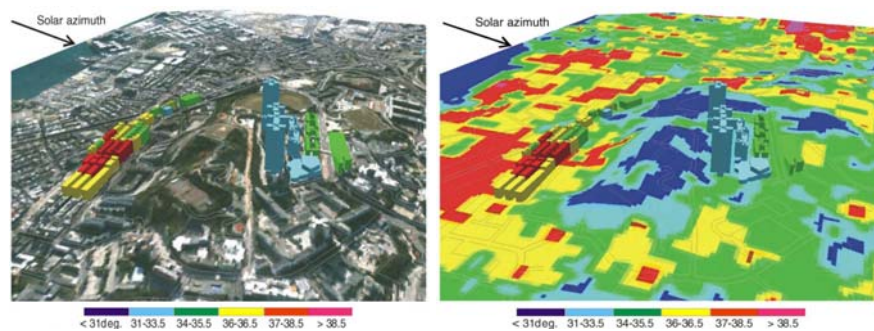
Parkfläche ist ca. 6 °C kälter als seine Umgebung

Quelle: Nichol, J.E. und Wong, M.S. (2005)



4.5 Darstellung im 3D-Modell (4)

3D-Modell im IKONOS-Bild und im Bild der Oberflächentemperatur



Kühlender Effekt entsteht durch Topographie, Vegetation und Gebäudeschatten



Forschungsbedarf

- ❑ Genauere Definition von „urban surface“ um aus Sicht der Fernerkundung um Messungen, Modellierungsmaßstab und Energieflüsse besser untersuchen zu können.
- ❑ Entwicklung neuer Satellitensensoren mit höherer Auflösung
- ❑ Betrachtung der Messungs- und Modellierungsmaßstäbe. Erforschung von allgemeingültigen Zusammenhängen, welche auf alle Messgebiete übertragbar sind.
- ❑ Besseres Verständnis für Unterschiede von Modellierungs- und Messungsenergieflüssen ist wichtig.
- ❑ Zusammenarbeit von Energie-Bilanz-Modellieren, „Feldarbeitern“ und Fernerkundern um Verbindung zwischen Oberflächentemperatur, Oberflächenenergiebilanz und Lufttemperatur in städtischen Gebieten besser herzuleiten.



5 Maßnahmen zur Minderung

- 5.1 Verwendung von speziellen Baumaterialien
- 5.2 Begrünung
- 5.3 Veränderung der Stadtgeometrie
- 5.4 Schaffung eines öffentlichen Bewusstseins
- 5.5 Beispiel: Hong Kong



5.1 Verwendung von speziellen Baumaterialien (1)

Verwendung von speziellen Baumaterialien

Austausch von Oberflächen in kühle Oberflächen

- ❑ Helle reflektierende Materialien
- ❑ Farbpigmente, welche Strahlung reflektieren
- ❑ Materialien existieren und kosten nicht mehr als Andere (nach Synnefa, A. et al. (2009))
- ❑ Ästhetische Frage
- ❑ Mangel an Bewusstsein, Erfahrung und Prämien



5.1 Verwendung von speziellen Baumaterialien (2)

Mikroverkapselten Latentwärmespeicher

- ❑ Mikrokapseln mit Durchmesser von ca. 5 μm
- ❑ Rohstoff Micronal PCMR
- ❑ passive Kühlung durch Phasenwechselmaterialien (z.B. Paraffin) Übergang von festem zu flüssigem Zustand
- ❑ Verwendung für Baumaterialien



© Angsar Pudenz/Deutscher Zukunftspreis



© Angsar Pudenz/Deutscher Zukunftspreis



© Angsar Pudenz/Deutscher Zukunftspreis

Quelle: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (2009)



5.2 Begrünung (1)

Begrünung

- Anpflanzung von Bäumen
 - Bäume beeinflussen das Mikroklima auf zwei Arten: menschlicher Komfort und Gebäude-Energie-Budget
 - Bäume beschatten Städte und schützen sie dadurch vor Sonneneinstrahlung
 - Durch verstärkte Evapotranspiration wird die Lufttemperatur gesenkt
 - Bäume können die Energiekosten um 10-20% senken
 - Beton und Asphalt führen zu höherem Oberflächenabfluss, senken die Evapotranspiration und erhöhen so die Temperatur
- Gebäudebegrünung
 - Geringere Erwärmung der Oberfläche im Vergleich zu „normalen“ Dachflächen
 - Positive Beeinflussung des Mikroklimas



5.2 Begrünung (2)

Beispiel: Tokyo

Dachbegrünung auf einem Einkaufszentrum



Quelle: Tokyo Metropolitan Government (2007)

Wandbegrünung Tokyo



5.2 Begrünung (3)

Beispiel: Tokyo

Bäume an den Straßenseiten



Quelle: Tokyo Metropolitan Government (2007)

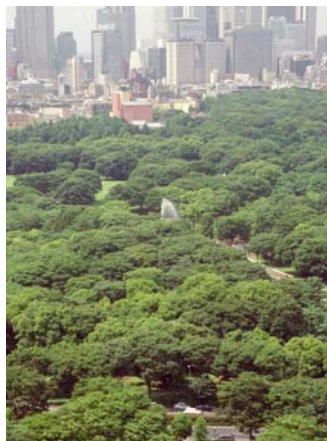
Begrünung des Bahndamms der
Tokyu Tokyoko Line



5.2 Begrünung (4)

Beispiel Tokyo

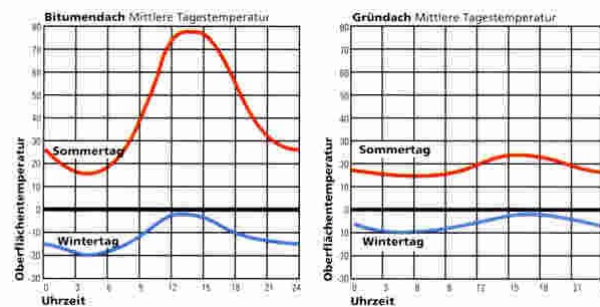
Yoyogi Park Tokyo



Quelle: Tokyo Metropolitan Government (2007)



Vergleich der Oberflächentemperatur zwischen einem Bitumendach und einem Gründach



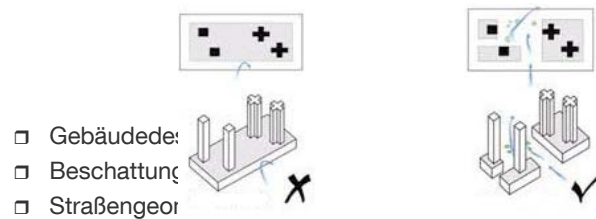
Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz 1992 in: www.goebelsmann.net



Veränderung der Stadtgeometrie

- Trennung von Gebäuden und Schaffung von mehr Durchlässigkeit

Windstrom behindert - durchdringender Windstrom



Quelle: Ng, E. und Wong, K.S. (2009)



5.4 Schaffung eines öffentlichen Bewusstseins

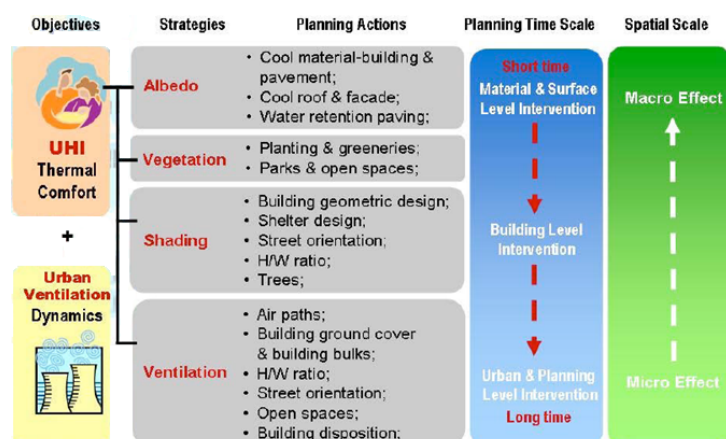
Schaffung eines öffentlichen Bewusstseins

- ❑ Komitees welche UHI Verringerung wollen, sollen Vertreter der Bevölkerung mit einbeziehen.
- ❑ Politik muss sich an den Bedarf nach UHI-Verringerungsmaßnahmen anpassen.
- ❑ Wenn die Qualität und der Charakter der Wohngegend verbessert wird, kann durch Zusammenarbeit erleichtert werden.
- ❑ Privatinvestoren können UHI durch Begrünungen und Baumplantungen verringern.



5.5 Beispiel: Hong Kong (1)

Beispiel: Hong Kong



Quelle: Ng, E. und Wong, K.S: (2009)



5.5 Beispiel: Hong Kong (2)

Beispiel: Hong Kong

Design und Layout für Gebäude



Quelle: Ng, E. und Wong, K.S: (2009)



6 Integration in die Stadtplanung (Inhalt)

6 Integration in die Stadtplanung

- 6.1 Stadtklima als Planungsfaktor
- 6.2 Thermalscannerbefliegung
- 6.3 Planungskonsequenzen



6.1 Stadtklima als Planungsfaktor (1)

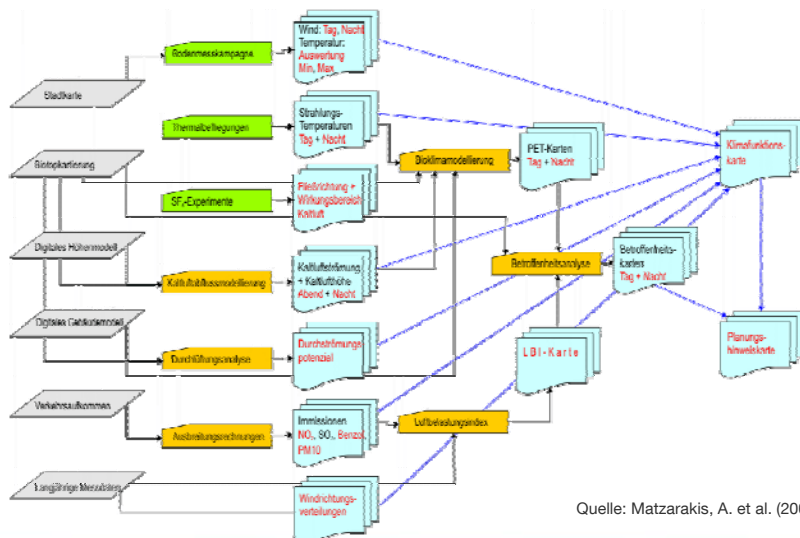
Stadtklima als Planungsfaktor am Beispiel Freiburg

- ❑ Stadt Freiburg will im Jahr 2020 den Flächennutzungsplan fortschreiben.
- ❑ Flächennutzungsplan soll die Erhaltung und die Verbesserung eines günstigen Kleinklimas und einer günstigen lufthygienischen Situation angemessen berücksichtigen.
- ❑ 2 wichtigsten Komponenten des Stadtklimas:
 - Thermische Komponente (Energetik der Stadtluft, d. h. Strahlung, fühlbare und latente Wärme, Gebäude- und Bodenwärme, anthropogen erzeugte Wärme)
 - Lufthygienische Komponente (umfasst chemisch und physikalisch bedingte Qualität der Stadtluft; Emission, Transmission, Immission bis zur Deposition)
- ❑ Stadtplanung kann durch verantwortungsvolle Ausweisung von Flächen auf klimatische und lufthygienische Belange eingehen
 - welche Flächen sind gut, weniger gut oder gar nicht für die Ausweitung von Wohngebieten oder Gewerbegebieten geeignet
- ❑ Messung: Thermalbefliegung (Oberflächentemperatur), Bodenmessprogramm (Bioklimafaktoren) und SF₆-Experimente (Windströme)
- ❑ Modellrechnung: Humanbioklimakartierung, Kaltluftabflusssimulation, Durchlüftungsanalyse, Lufthygieneindexberechnung:



6.1 Stadtklima als Planungsfaktor (2)

Fließbild der Stadtklimaanalyse: Freiburg im Breisgau

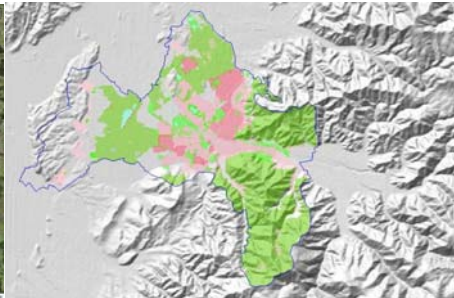


6.1 Stadtklima als Planungsfaktor (3)

Untersuchungsgebiet



Quelle: Google Maps 2009



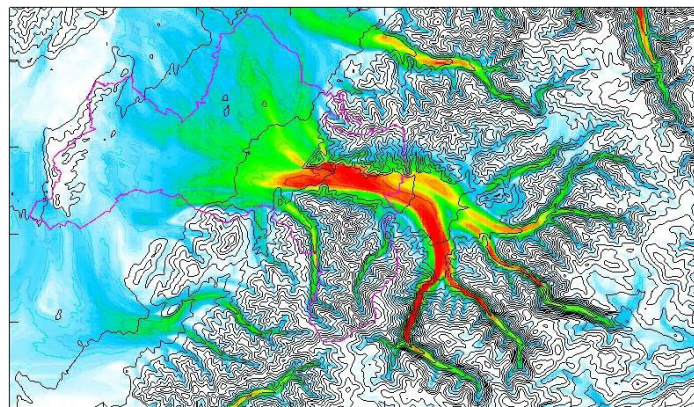
Quelle: Köhler, B. (2007)



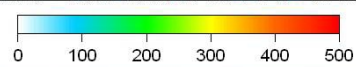
6.1 Stadtklima als Planungsfaktor (4)

Nächtlicher Kaltluftabfluss

5 Stunden nach Einsetzen der Kaltluftabflüsse



Volumenstrom in m^3/sm



Quelle: Köhler, B. (2007)



Durchlüftung der Innenstadt bei Höllentälersituation



Durchlüftungsmaß (steigt von rot über grün zu hellblau)

Quelle: Köhler, B. (2007)



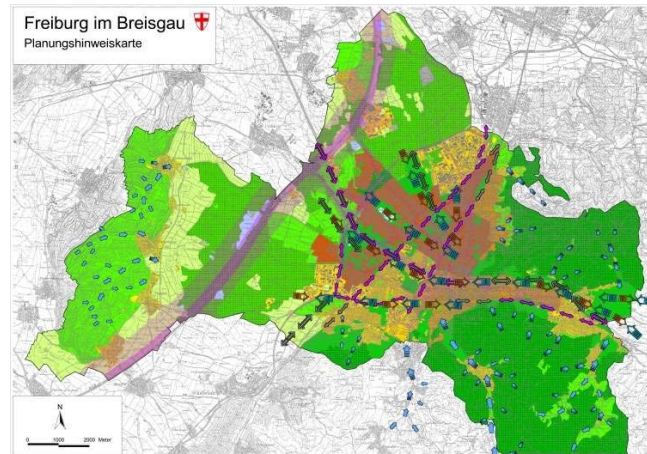
6.2 Thermalscannerbefliegung

Thermalscannerbefliegung

- Auflösung 3-5 m
- Um Tag-Nacht Dynamik darzustellen wurden zwei Flüge durchgeführt; zum Zeitpunkt der stärksten Aufheizung (Nachmittags 8. Juli 2001) und zum Zeitpunkt der größten Abkühlung (kurz vor Sonnenaufgang 9. Juli 2001)
- Verhalten der Bodenbedeckung
 - Verkehrsflächen und dicht bebaute Gebiete erwärmen sich tagsüber sehr stark und geben nach die Wärme ab.
 - Wasserflächen ändern ihre Temperatur fast gar nicht. → ausgleichender Effekt des Wassers
 - Flächen mit Vegetation erwärmen sich nicht so stark wie Beton, oder Asphaltflächen.
 - Wälder sind während des Tages kühler, als die normale Vegetation, jedoch speichern sich nachts im Kronenbereich der Bäume länger die Wärme.
- Verhalten der UHI: maximale Oberflächendifferenz zwischen Innenstadt und Umland am Nachmittag 2,5 °C und nachts 5.5 °C.



Planungshinweiskarte



Quelle: Köhler, B. (2007)



Klimatisch begründete Planungskonsequenzen

- ❑ Freihalten von stadtklimarelevanten Luftleibahnen (für Frisch- und Kaltluft)
- ❑ Kleinräumige Klimamanipulationen, um das Aufheizen der Gebäude tagsüber zu reduzieren, z.B. durch Anpflanzung von breitkronigen Laubbäumen (Verschattung) oder Oberflächengestaltung mit Materialien die hohe Reflektion der ankommenden kurzwelligen Strahlung bewirken (Albedomanagement)
- ❑ Für menschliche Aktivitäten im Außenbereich (Freizeit, Erholung, Zurücklegen von Wegen) ist möglichst große Klimavielfalt günstig.



Zusammenfassung

- ❑ Die Urban Heat Island bzw. die städtische Wärmeinsel ist ein Effekt, bei dem die Stadt wärmer ist als das Umland. Ihre stärkste Ausprägung hat sie um 4 Uhr und 14 Uhr MEZ.
- ❑ Ursächlich für die UHI sind die künstlichen Oberflächen mit niedrigem Albedo, der Versiegelungs- und Bebauungsgrad, die Stadtgeometrie und die direkte Abgabe von Wärme.
- ❑ Die UHI wirkt sich auf das Stadt- und Bioklima aus. In der Stadt kommt es zu höheren Temperaturen, verstärkten Niederschlägen und mehr Smog. Der menschliche Körper nimmt sie als Hitzestress wahr und es führt zu einer höheren Sterblichkeitsrate.
- ❑ Für die Oberflächentemperaturerfassung werden TIR-Daten verwendet. Diese Daten werden zusammen mit den Energieflüssen analysiert um Rückschlüsse auf Umweltparameter und Materialeigenschaften zu ziehen.
- ❑ Die Oberflächenenergiebilanz setzt sich aus $Q^* + A = H + L_E + G$ zusammen.
- ❑ In-situ Messungen, Flugzeugmessungen oder Satellitenmessungen bieten verschiedene Genauigkeiten, Kosten und räumliche Abdeckungen.



- ❑ Durch die Darstellung in einem 3D-Modell lassen sich unterschiedliche Umweltparameter miteinander verknüpfen. Durch die räumliche Perspektive lassen sich Zusammenhänge leichter erkennen.
- ❑ Forschungsbedarf besteht in der Entwicklung räumlich genauerer Satellitendaten. Außerdem müssen die Oberflächenenergieflüsse näher erforscht werden.
- ❑ Um den UHI-Effekt zu mindern können spezielle Baumaterialien (z.B. kühle Oberflächen) verwendet, Gebäude und Stadteile begrünt und Veränderung in der Stadtgeometrie vorgenommen werden.
- ❑ In der Stadtplanung können die Ergebnisse unter anderem im Flächennutzungsplan verwendet werden, aber auch bei Kleinprojekten, z.B. bei der Gestaltung von öffentlichen Plätzen oder einem Bebauungsplan. Die Stadt trägt dafür Rechnung, dass bei der Flächenausweisung Klimaparameter berücksichtigt werden. Derzeit werden in der Stadtplanung für die Erfassung der Oberflächentemperatur hauptsächlich Befliegungen durchgeführt. Bei der Befliegung kann der Erfassungszeitpunkt selbst bestimmt werden und die Genauigkeit ist ausreichend.



Literaturverzeichnis (1)



- Akbari, H. (2009): Global Cooling: Policies to Increase World-wide Urban Albedos to Offset CO₂. Second International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands - 21. - 23. September 2009 - Berkley, California, USA. Powerpointpräsentation. - URL <http://heatisland2009.lbl.gov/docs/231200-akbari-ppt.pdf> - Zugriffsdatum 10.01.2010.
- Celga, S. (2007): Umweltmonitoring mit satellitengetragenen Infrarotsensoren. Vortrag im Rahmen der Vorlesung „Geodätisches Seminar“. Fachgebiet für Photogrammetrie und Fernerkundung an der TU München. Powerpointpräsentation.
- Duarte, D. et al. (2009): URBAN DESIGN AND THERMAL COMFORT: ASSESSMENT OF OPEN SPACES IN BARRA FUNDA, A BROWNFIELD SITE IN SÃO PAULO, BY MEANS OF SITE MEASUREMENTS AND PREDICTIVE SIMULATIONS. The Seventh International Conference on Urban Climate (ICUC-7) - 29. - 3. Juli 2009 - Yokohama (Japan). - URL <http://www.urbanclimate.net/> - Zugriffsdatum 20.01.2010.
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (Hrsg.) (2009): Energieeffizienz mit Komfort durch intelligente Baustoffe. - URL <http://www.fraunhofer.de/forschungsthemen/bautechnologie/Mikrokapseln-Energieeffizienz-Baumaterial.jsp> - Zugriffsdatum: 10.01.2010.
- González, J.E. et al. (2007): Urban Heat Island Identification and Climatological Analysis in a Coastal, Tropical City: San Juan, Puerto Rico. In: Weng, Q. und Quattrochi, A.D. (Hrsg.): Urban Remote Sensing. Boca Raton. CRC Press. 2007. S. 223-252.
- Hart, M. (2009): ASSESSING CAUSES IN SPATIAL VARIABILITY IN URBAN HEAT ISLAND MAGNITUDE. The Seventh International Conference on Urban Climate (ICUC-7) - 29. - 3. Juli 2009 - Yokohama (Japan). - URL <http://www.urbanclimate.net/> - Zugriffsdatum: 19.01.2010.
- Ihara, T. et al. (2009): URBAN HEAT ISLAND MITIGATION AND LIFE CYCLE CO₂ REDUCTION - BY INSTALLATION OF URBAN HEAT ISLAND COUNTERMEASURES. The Seventh International Conference on Urban Climate (ICUC-7) - 29. - 3. Juli 2009 - Yokohama (Japan). - URL <http://www.urbanclimate.net/> - Zugriffsdatum: 19.01.2010.
- Köhler, B. (2007): Strategien für den Klimaschutz in der Stadtentwicklung. Powerpointpräsentation. - URL <http://www.fahle-freiburg.de/downloads/news/07-05-04/Praesentation%20Koehler.pdf> - Zugriffsdatum: 15.01.2010.



Literaturverzeichnis (2)



- Mannstein, H. (1991): Fernerkundung thermischer Eigenschaften der Erdoberfläche. Meteorologische Fortbildung. 21. Jahrgang. Heft 1/2. S. 11-23.
- Matzarakis, A. und Streiling, S. (2004): Stadtklimatische Eigenschaften von Bäumen. Falluntersuchung in Freiburg im Breisgau - URL http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/GRL_2004.pdf - Zugriffsdatum: 15.01.2010.
- Matzarakis, A. et al. (2008): Planungsrelevante Bewertung des Stadtklimas. Am Beispiel von Freiburg im Breisgau. - URL www.mif.uni-freiburg.de/matzarakis/papers/GFR_2008_Freiburg.pdf - Zugriffsdatum 15.12.2009
- Mills, D. (2009): Health Benefits of Urban Heat Island Mitigation. Second International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands - 21. - 23. September 2009 - Berkley, California, USA. Powerpointpräsentation. - URL <http://heatisland2009.lbl.gov/docs/231100-mills-ppt.pdf> - Zugriffsdatum: 10.01.2010.
- Nichol, J.E. (2005a): Remote Sensing of Urban Heat Islands by Day and Night. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Jahrgang 71. Heft 5. S. 613-621.
- Nichol, J.E. und Wong, M.S. (2005b): Modeling urban environmental quality in a tropical city. Landscape and Urban Planning. Jahrgang 73. S.49-58.
- Nichol, J.E. und Wong, M.S. (2007): Assessing Urban Environmental Quality with Multiple Parameters. In: Weng, Q. und Quattrochi, A.D. (Hrsg.): Urban Remote Sensing. Boca Raton. CRC Press. 2007. S. 253-267.
- Ng, E. und Wong, K.S. (2009): Urban Ventilation for Counter Measures for Heat islands towards Quality and Sustainable City Planning in Hong Kong. Towards mitigating urban heat islands in sub-tropical cities. Second International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands - 21. - 23. September 2009 - Berkley, California, USA. Powerpointpräsentation. - URL <http://heatisland2009.lbl.gov/docs/231140-ng-ppt.pdf> - Zugriffsdatum: 10.01.2010.
- OKE, T.R. (1988): The urban energy balance. Progress in Physical Geography. Jahrgang 12. Heft 4. S. 471-508.
- Schirmer, H. et al. (1987): Meyers Kleines Lexikon. Meteorologie. Meyers Lexikon Verlag. Mannheim.
- Senatverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.) (1993 und 2001): Digitaler Umweltatlas Berlin. Oberflächentemperaturen bei Tag und Nacht. Ausgabe 1993 und 2001. Kapitel 04.06 - URL http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/dinh_04.htm - Zugriffsdatum: 15.01.2010.



- Stadt Aachen (Hrsg.) (2001): Gesamtstädtisches Klimagutachten Aachen. Kurzfassung und Bürgerinformation. – URL http://www.aachen.de/de/stadt_buerger/pdfs_stadtbuerger/pdf_umwelt/klimagutachten2.pdf – Zugriffsdatum: 30.11.2009.
- Stilla, U. und Hoegner, L. (2009): Thermographie. Vorlesungsskript Photogrammetrie und Fernerkundung 3. Kapitel 4. Fachgebiet für Photogrammetrie und Fernerkundung an der TU München.
- StMUGV Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (Hrsg.) (kein Veröffentlichungsjahr): Sachinformation Flächeninanspruchnahme. – URL http://www.stmug.bayern.de/umwelt/boden/lernort_boden/doc/modul_g.pdf – Zugriffsdatum: 28.12.2009.
- Synnefa, A. et al. (2009): Promotion of Cool Roofs in the EU – The Cool Roofs Projekt. Second International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands - 21. – 23. September 2009 – Berkley, California, USA. Powerpointpräsentation. – URL <http://heatisland2009.lbl.gov/docs/231120-synnefa-ppt.pdf> – Zugriffsdatum: 10.01.2010.
- Tokyo Metropolitan Government (Hrsg.) (2007): Basic Policies for the 10-Year Project for Green Tokyo – Regenerating Tokyo's Abundant Greenery. URL – <http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/kouhou/english/pdf/Project%20for%20Green%20Tokyo.pdf> – Zugriffsdatum: 24.11.2009.
- Valsson, S. und Bharat, A. (2009): Urban Heat Island. Cause of microclimate variations. ARCHITECTURE – Time Space & People. Magazin of the Council of Architecture. April 2009. – URL http://www.coa.gov.in/mag/Archi_Apr09-Lowres-pdf/20-25-Urban%20heat%20island.pdf – Zugriffsdatum: 30.11.2009.
- Weingart, S. (1999): Thermal- und Multispektralscannerbefliegung Landeshauptstadt München 1998. Unveröffentlichter Abschlussbericht. 30. August 1999. Büro Steinicke und Streifeneder, Umweltuntersuchungen. Freiburg.
- Weng, Q. (2009): Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Jahrgang 64. S. 335-344.



Lernziele

- Der Student kann die Urban Heat Island, das Stadtklima und das Bioklima definieren.
- Weiterhin ist er in der Lage Ursachen der UHI näher zu erklären. Durch den Vortrag erlangt er die Fähigkeit die Auswirkungen der UHI auf Stadtklima, Bioklima und die menschliche Gesundheit zu erkennen. Er kann die notwendigen Parameter beschreiben und ihre Auswirkungen bewerten.
- Ihm sind die Möglichkeiten zur Temperaturerfassung bekannt. Dabei kennt er den Unterschied zwischen Oberflächentemperatur und Lufttemperatur. Außerdem ist er in der Lage, die unterschiedlichen Messverfahren nach Kosten, Zeitaufwand und Genauigkeit beurteilen zu können. Überdies dies hinaus kann er die Oberflächenenergiebilanz erklären.
- Er kann erörtern, welche Umweltparameter in einem 3D-Modell zusammengefasst werden können und warum ein 3D-Modell sinnvoll ist. Er weiß auch, warum die Verschneidung von verschiedenen Parametern Probleme darstellt.



- ❑ Zudem ist er in der Lage das unterschiedliche Verhalten der Oberflächentemperatur bei unterschiedlichen Materialien über den Tag verteilt zu beurteilen (z.B. durch Einzeichnen in ein Diagramm)
- ❑ Der Student kann Maßnahmen zur Urban Heat Island Minderung nennen und aufzeigen, warum sie zur UHI Minderung beitragen.
- ❑ Außerdem kann er wiedergeben, welche Parameter für die Stadtplanung einer Rolle spielen und in welchen Plänen sie zur Geltung kommen. Er besitzt die Fähigkeit darzulegen, mit welchen Maßnahmen ein Stadtplaner auf die UHI einwirken kann.