

Zentrum für Klima und Umwelt

Topic 5: Urbane Systeme und Stoffstrommanagement

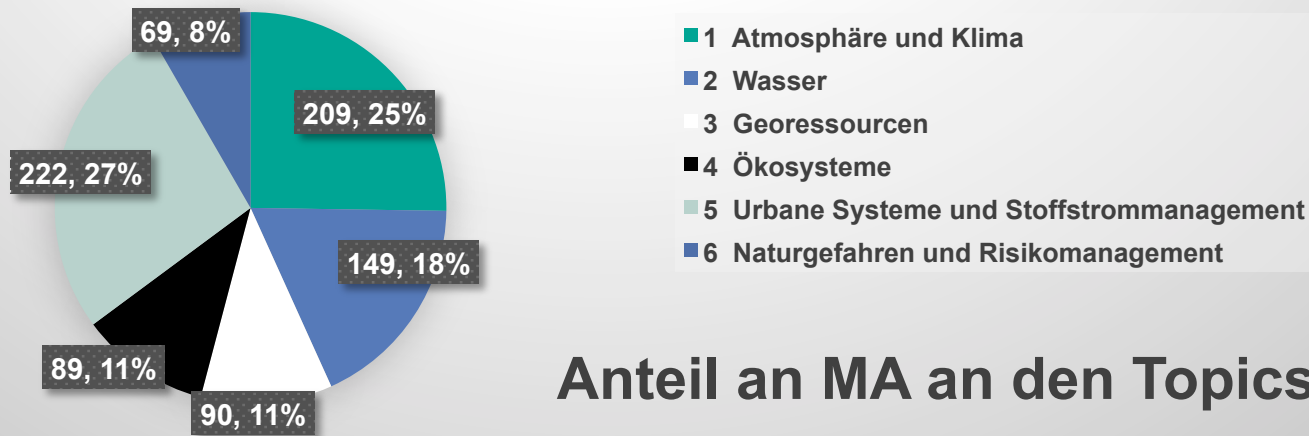


Hintergrund zum Topic (I)

- um 1900 lebten ca. **3%** der Weltbevölkerung in Städten
- in den 50er ca. **33%**
- und seit 2007 mehr als **50 %**
- **15 %** der Stadtbevölkerung leben in Megacities (>10 Mill.)
- Emissionen der Städte tragen mit **5-10 %** zu den Treibhausgasen bei (Butler et al. 2012)
- ca. **75 %** der Materialflüsse werden in den Städten umgesetzt
- **Emissionen** der Städte beeinflussen die **Luftqualität** und das **regionale Klima** (Hodzic et al. 2010, Kanakidou et al. 2012, Parrish & Zhu 2009)
- **Klima** hat einen starken Einfluss auf die Städte (z.B. **Wärmeinsel**) und zu anderen gekoppelten Prozessen (**meteorologische & chemische Prozesse**)

Hintergrund zum Topic (II)

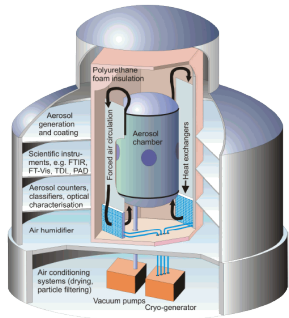
- Beteiligung von über **20** Instituten des KIT mit über **200** Mitarbeiter
- Städteplaner, Architekten, Atmosphärenforscher, Stadtökologen, Hydrologen, Wasserbauingenieure, Energieforscher, Verkehrsforscher, Sozialwissenschaftler, ...
 - Nachhaltige Entwicklung, Verbesserung der Gesundheit und der Lebensqualität, Rohstoffgewinnung ...



Anteil an MA an den Topics

- Anthropogene und geogene Stoffflüsse in urbanen Systemen
- Rohstofferschließung und Rohstoffnutzung
- Stoffumwandlung, Prozess- und Umwelttechnik
- Technikfolgenanalyse, betriebliches Umweltmanagement und Umweltpolitik
- Energieeffizienz und Ressourcenverbrauch
- Abfallbeseitigung und Abwasserbehandlung
- Gebäude- und Umweltaerodynamik
- Interaktion zwischen Städten und regionalen Umfeld (urban-rural interaction)
- Urbane Ökosysteme in Stadtentwicklungsprozessen
- Soziale Vulnerabilität

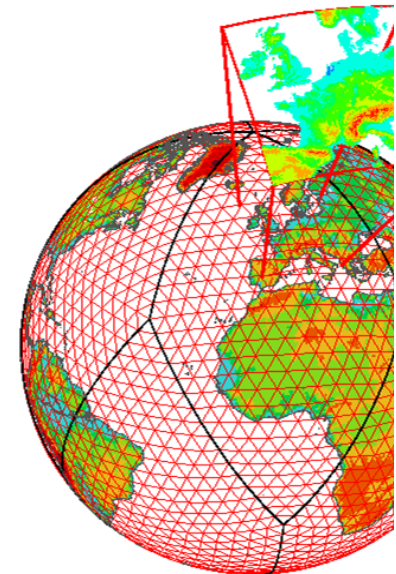
AIDA Aerosolkammer



Windkanal Labor



Regionalisierung des Klimawandels



Theodor-Rehbock-Labor



KITcube



- Lebensqualität - Auswirkungen auf die Gesundheit
- Demographischer Wandel
- Mobilität
- Komplexe Wechselwirkung von Emission-Transmission-Luftverschmutzung-Deposition/Belastung
- Einfluss des Klimas auf die Zusammenhänge
- Entwicklung von Minderungs-, Vermeidungs- und Anpassungsstrategien
- Holistische Ansätze benötigen interdisziplinäre Ansätze
- ...

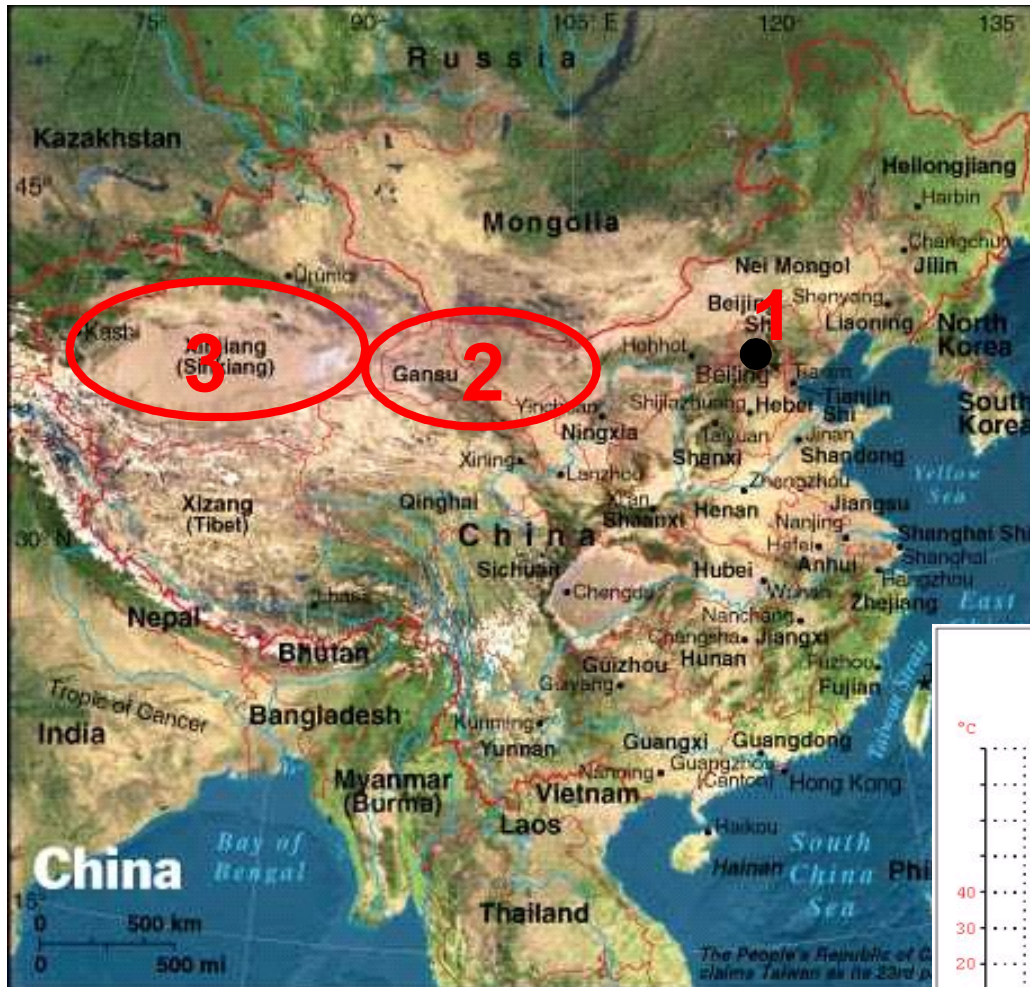
BMBF - Wissenschaftsjahr 2015: Zukunftsstadt



➤ Landnutzungsänderung

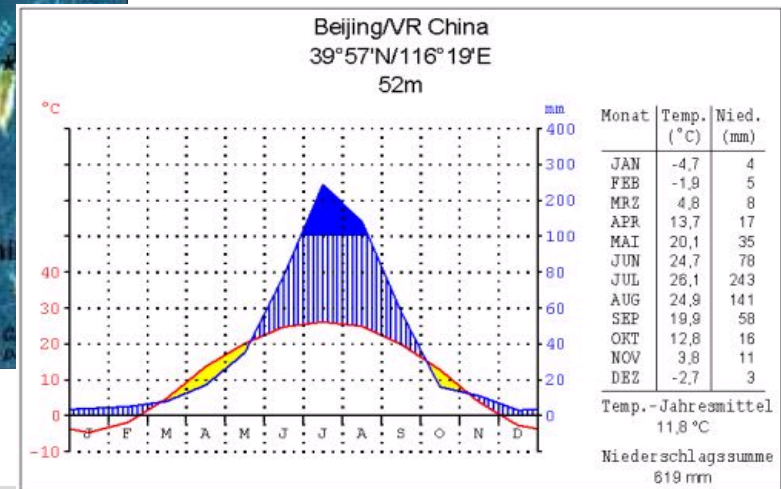


„Natürliche“ Landnutzungsänderung



- 1: Peking**
- 2: Wüste Gobi**
- 3: Wüste Takla Makan**

Source: Stefan Norra (KIT/IMG)



Auswirkungen

Peking

18.04.2006



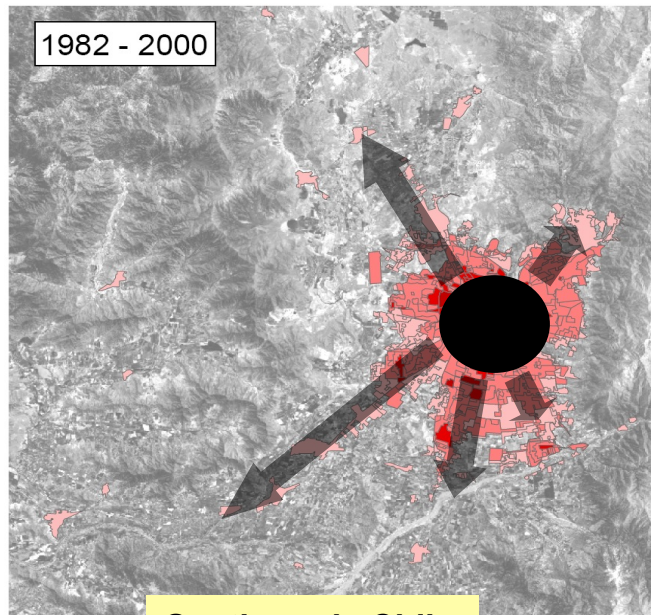
Photos by Stefan Norra

„Anthropogene“ Landnutzungsänderung

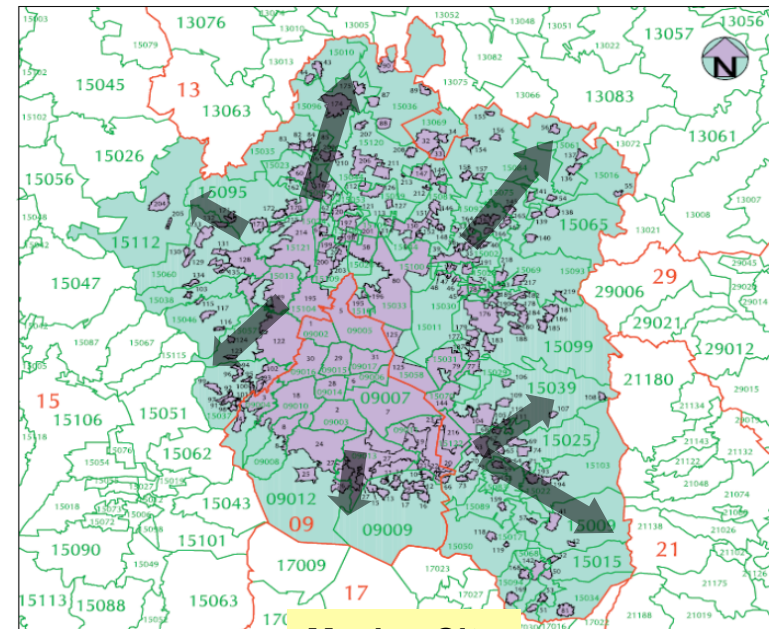
Santiago de Chile 2002	Mexico City 2005
Population	6.061.000 / 19.410.000
Urbanized area (km ²)	641 / 1800
Population density (p / km ²)	9.500 / 10.800
Population growth (% / y)	~1,32 ~1,28

Quelle:
U. Weiland, E. Banzhaf, A. Ebert,
A. Kindler, R. Höfer (UFZ)

Quelle:
Poduje 2005 (Santiago de Chile)
APERC 2007 (Mexico City)



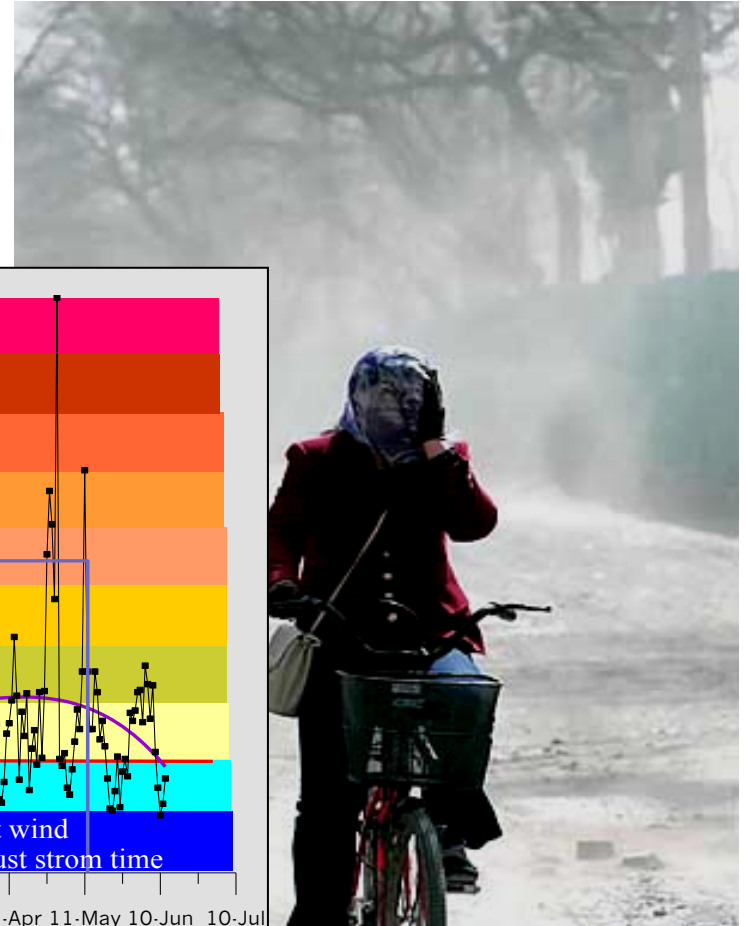
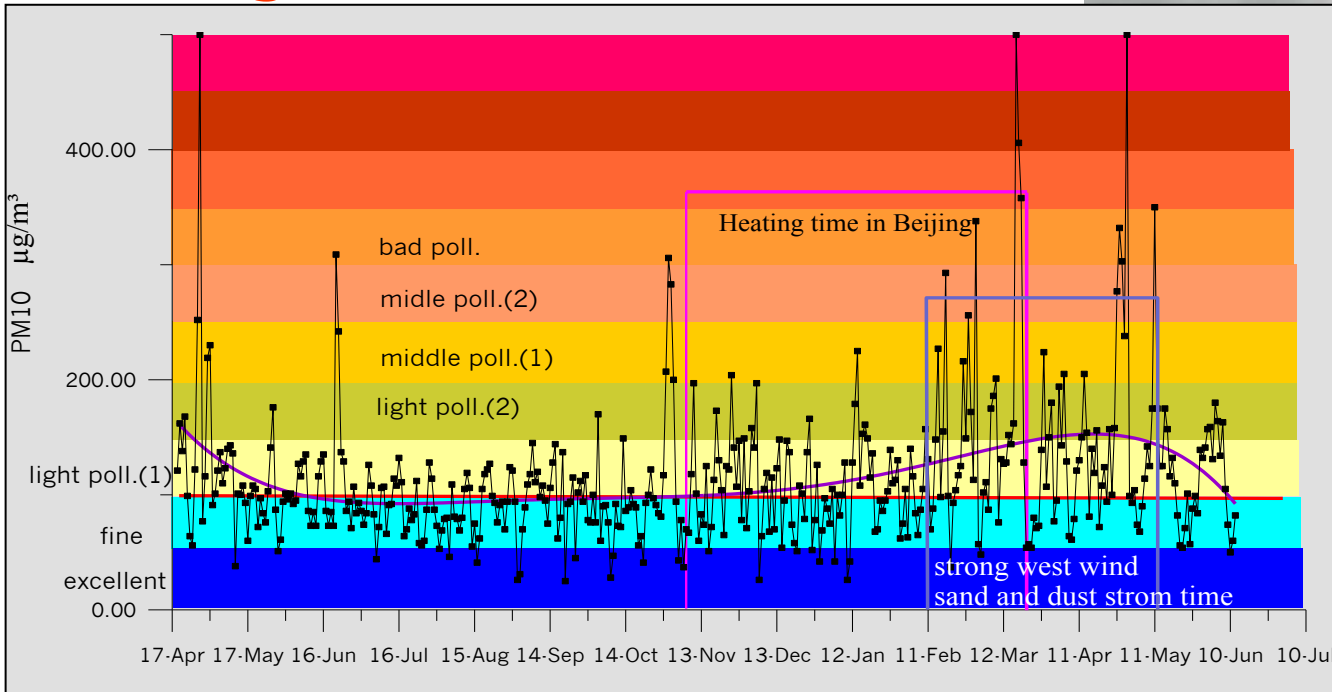
Santiago de Chile



Mexico City

Auswirkungen PM₁₀

Peking



Source: Stefan Norra, KIT

Visuelle Auswirkungen

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

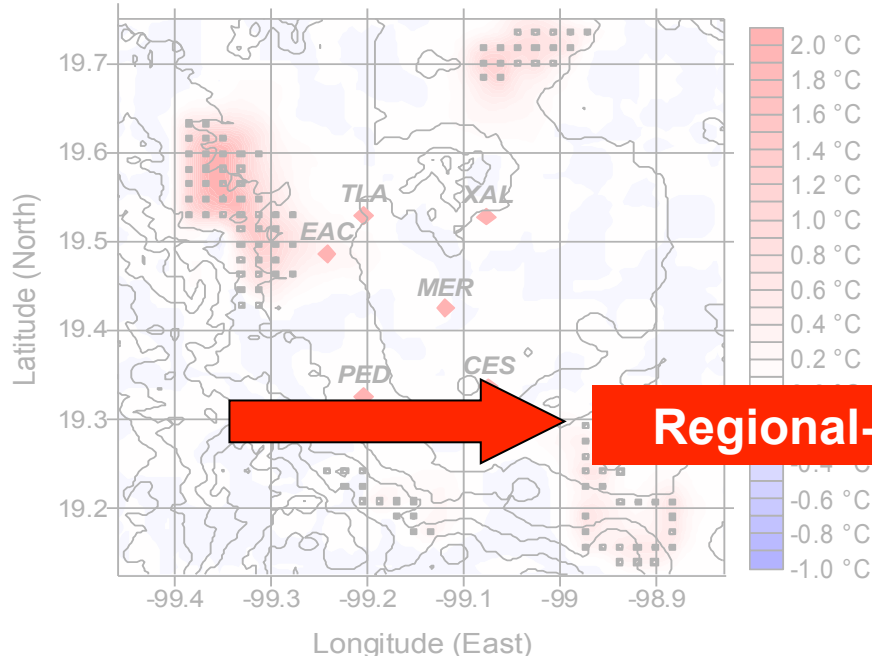
344 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2005/01/18

2005/01/22

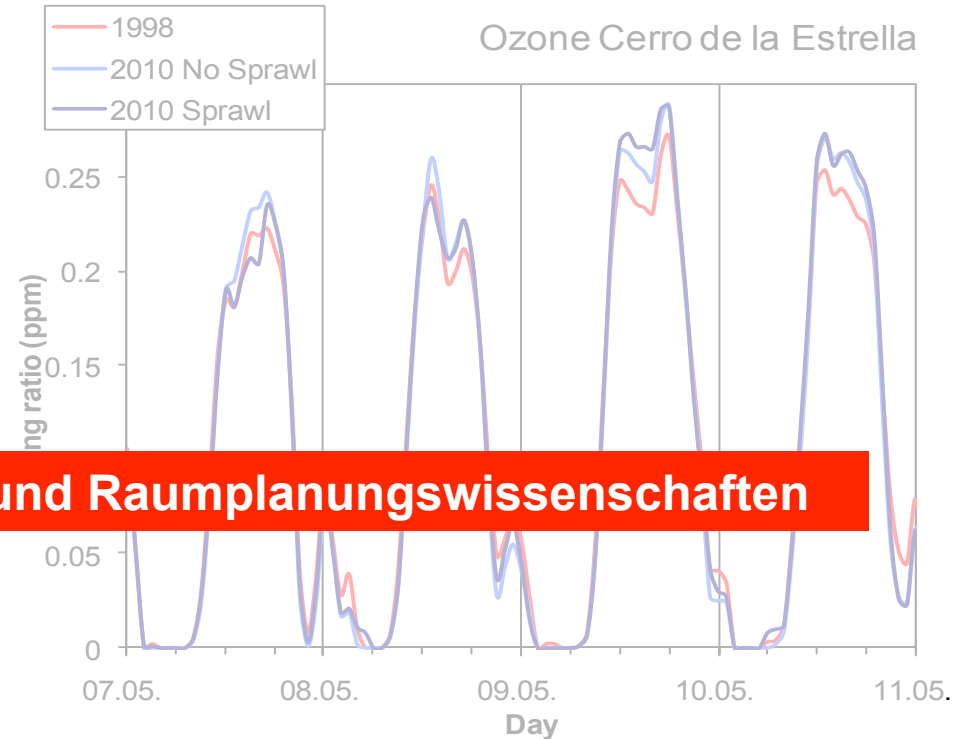
Source: Matthias Tesche, IfT

Auswirkungen auf die Luftqualität



Regional- und Raumplanungswissenschaften

Temperaturdifferenz mit / ohne Ausweitung der Stadt



Tägliche Änderung der Ozonkonzentrationen unter Berücksichtigung der Landnutzungsänderung

Einflussfaktoren

- Landnutzungsänderung
- Energie

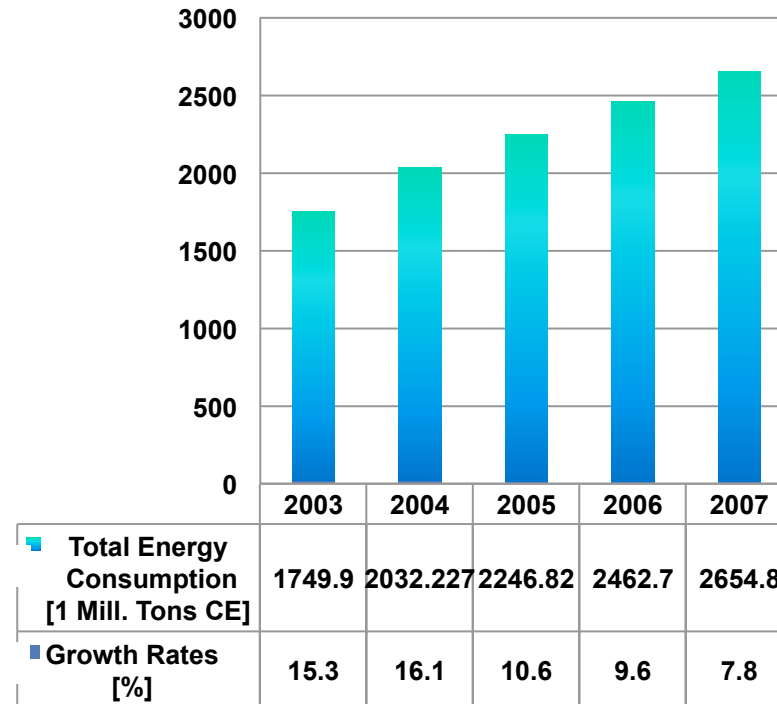


Energieverbrauch

Energieverbrauch nach Quellen

	Industrie	Transport	Residential
Peking	75%	8%	17%
Shanghai	83%	10%	7%
Seoul	38%	25%	37%
Tokio	41%	37%	22%
Mexiko City	38%	44%	18%

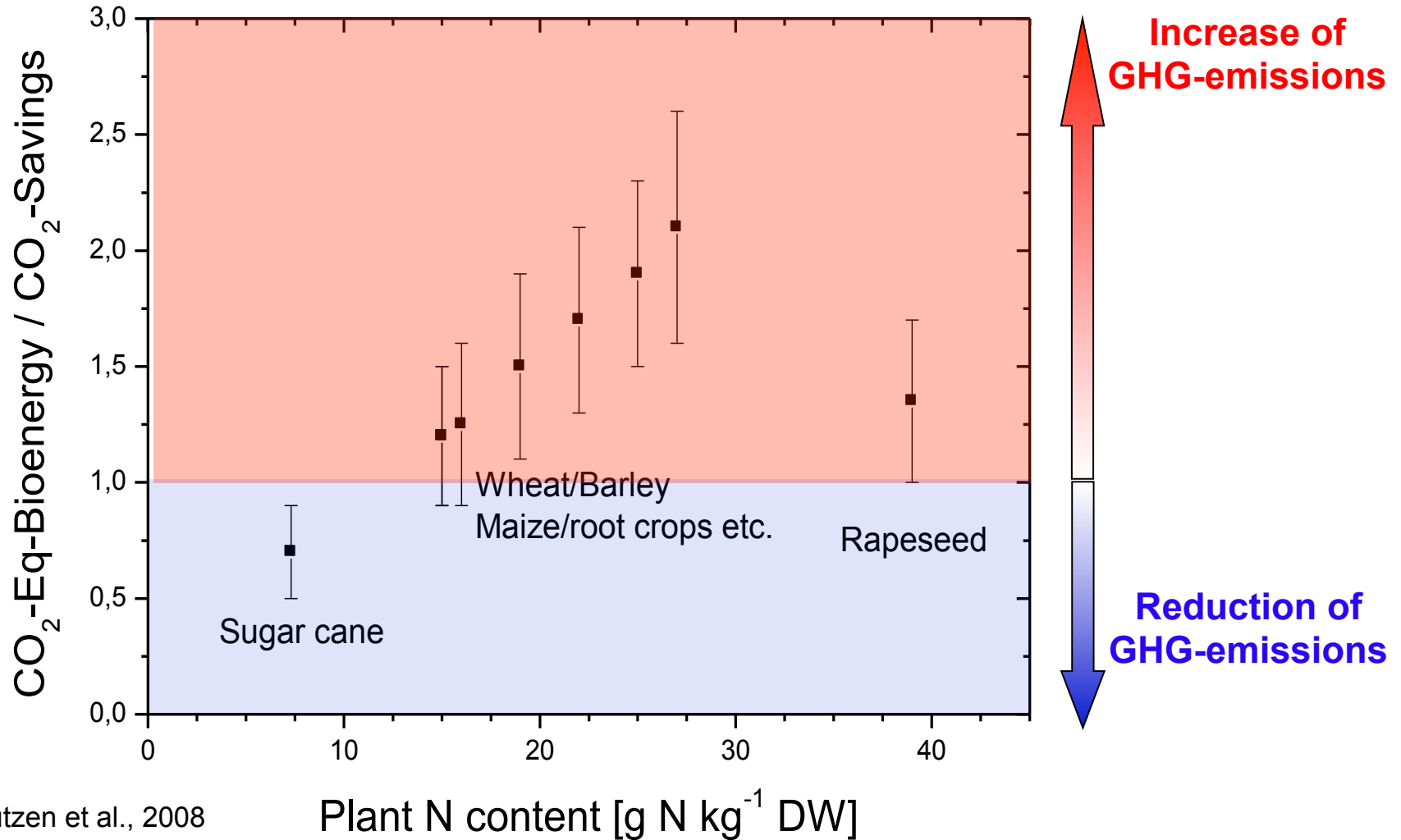
Energieverbrauch - China



Source: APERC 2007, Shobhakar Dhakal (2004). Urban Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in East Asian Megacities

Source: China Statistical Abstract 2009

Bioenergienutzung aus Pflanzen



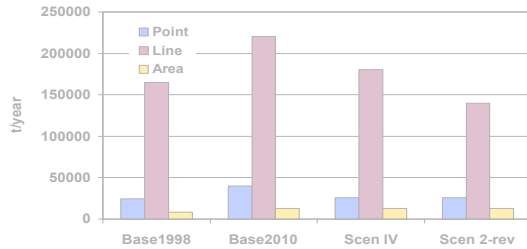
Crutzen et al., 2008

Plant N content [g N kg⁻¹ DW]

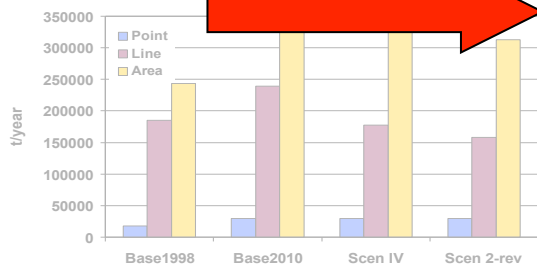
Anpassungsstrategien

z.B. Mexiko City

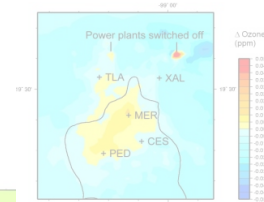
NOx emission



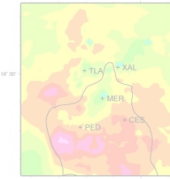
VOC emission



Informationen über derzeitige Emissionen und Emissionsminderungsmaßnahmen



O₃-Differenz in 2010



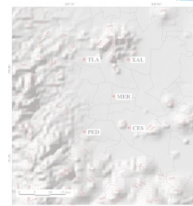
O-Konzentrationen in 2010

Disziplinen zu Energie- & Technologieentwicklung

NOx Emissionen



Landnutzungsänderung



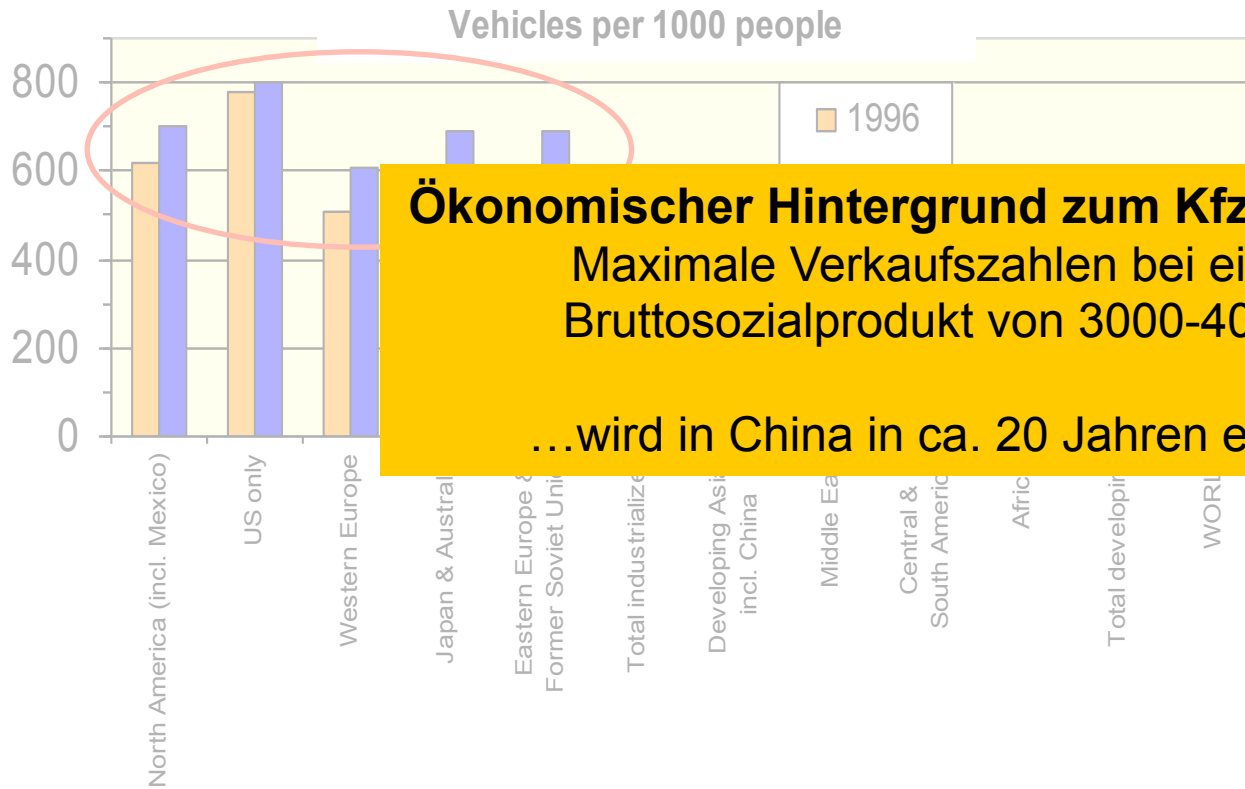
Topographie

Einflussfaktoren

- Landnutzungsänderung
- Energie
- Mobilität



Verkehr



Ökonomischer Hintergrund zum Kfz-Besitzum
 Maximale Verkaufszahlen bei einem
 Brutto sozialprodukt von 3000-4000 \$
 ...wird in China in ca. 20 Jahren erreicht



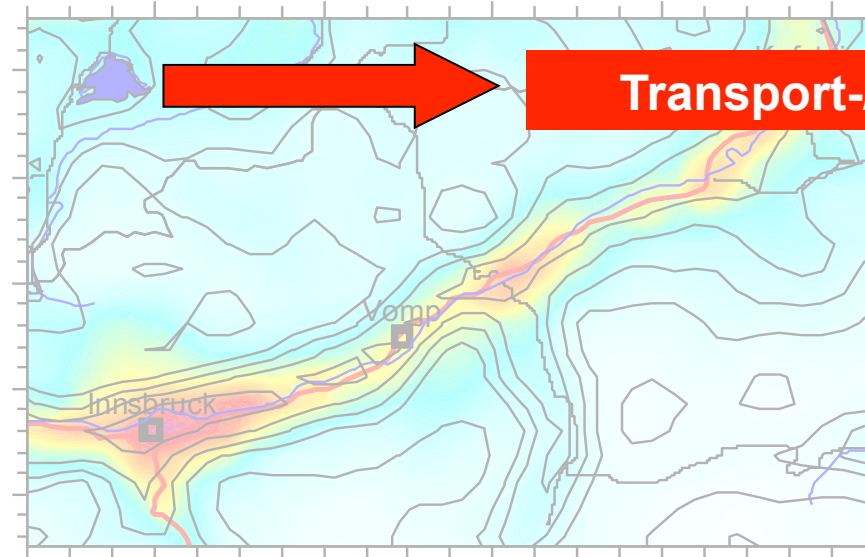
Verkehrsaufkommen
in 1996 und 2020

Source: US Dept.of Energy, 2000 / 2008

Verkehr: Verknüpfung von Skalen

Grenzwertüberschreitung

Mesoskalige Modellierung z.B.
von NO_2 mit MCCM



Transport-/Verkehrswissenschaften



Source: EU-LIFE Project
Klagenfurt Graz Bozen

KAPA GS

Mikroskalige Modellierung
z.B. von NO_2 mit GRAL

- Landnutzungsänderung
- Energie
- Mobilität
- Sozialwissenschaften



Entwicklung von Szenarien

Szenarien basierend auf Entwicklungspfaden von sozialen Antriebsfaktoren (→ bis 2030)

- Ökonomische Entwicklung, Institutionelle Rahmenbedingungen, Demographie, Technische Entwicklung, Soziale Wertesysteme

Business-as-usual (BAU)

Continuation of liberalisation and privatisation trends, persistence of strong market forces and weak public regulation activities, continuation of existing social protection measures and subsidy schemes for the poorest

Collective Responsibility (CR)

Characterised by social and environmental justice as principal goals of public regulation, strong regulation of market activities and large public investments, together with the embedding of technologies in society and decoupling of socioeconomic development from resource use

Market Individualism (MI)

Increasing individual freedom and freedom of action, markets as the dominant vehicle for all societal transactions, together with resources and services generation and distribution strongly subject to supply and demand principles.



Umsetzung auf Verkehrsemissionen

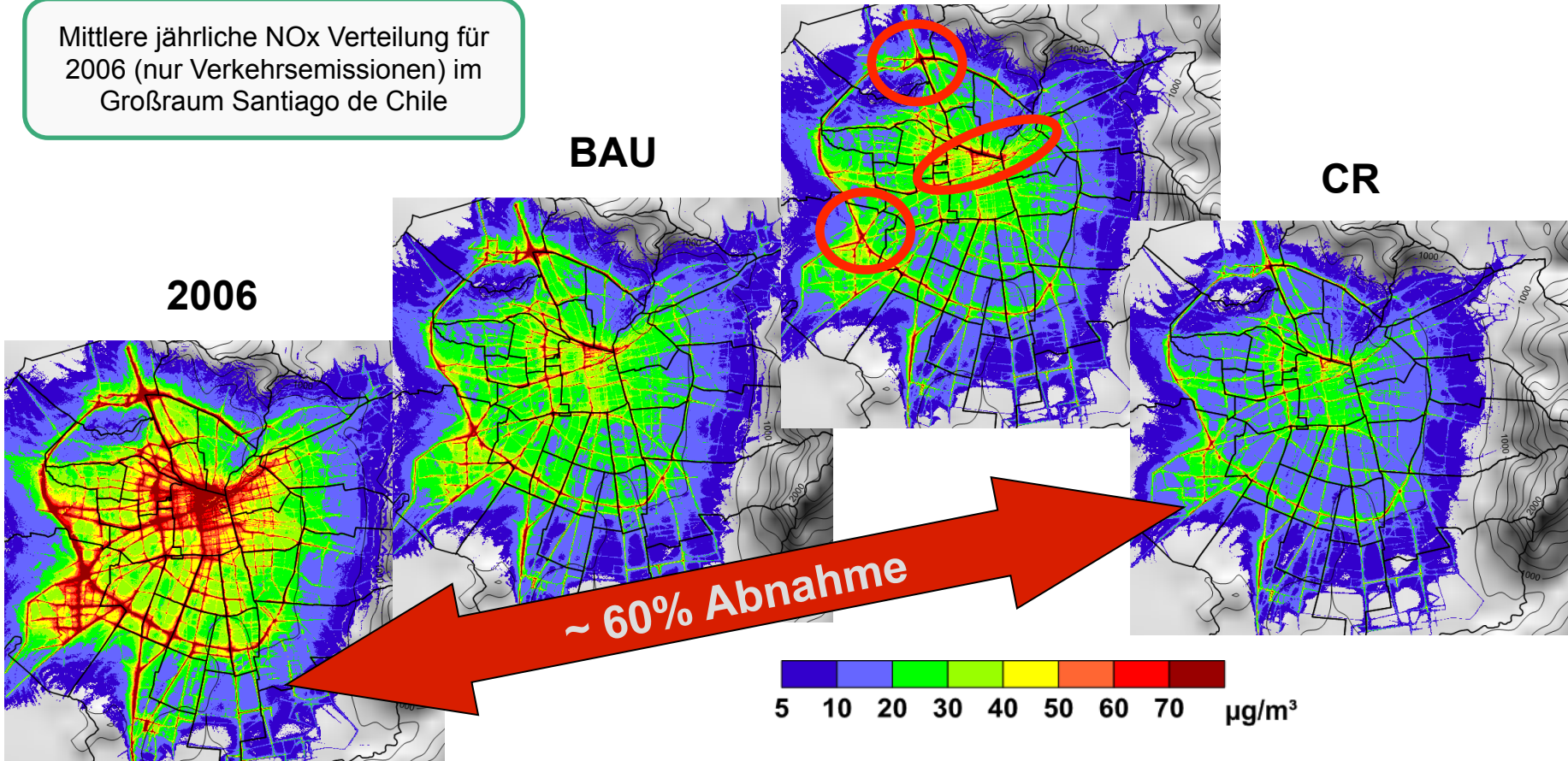
Mittlere jährliche NO_x Verteilung für 2006 (nur Verkehrsemissionen) im Großraum Santiago de Chile

MI

BAU

CR

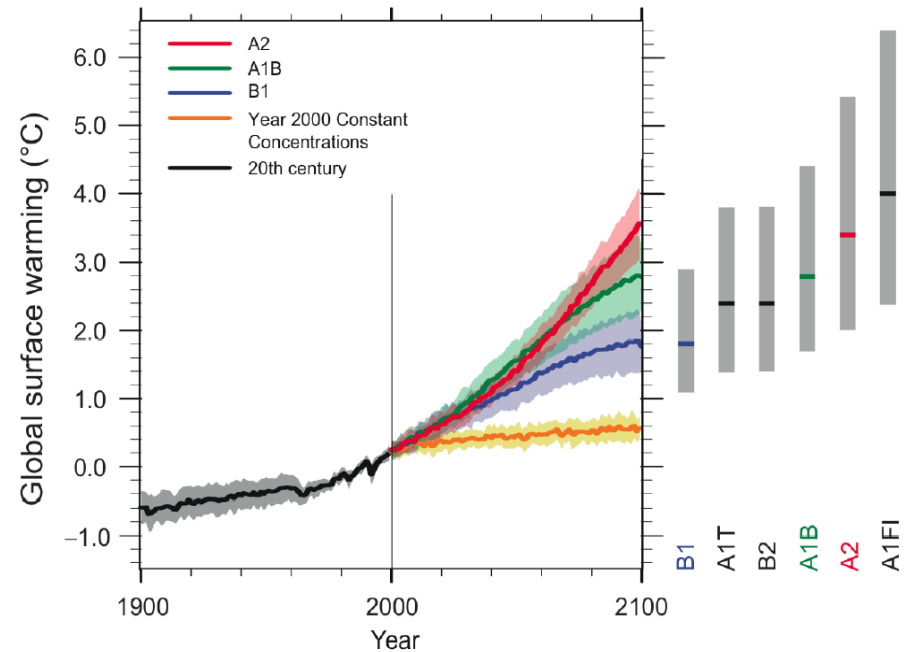
2006



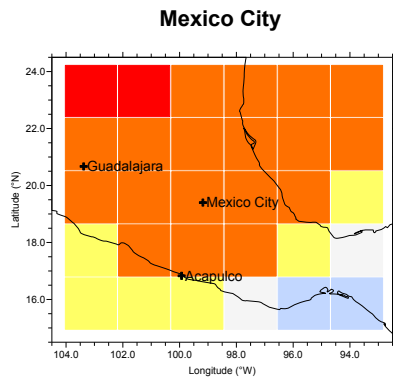
Suppan, P., Franck, U., Schmitz, R., Baier, F., 2012: Air Quality and Health: A Hazardous Combination of Environmental Risks (Chapter 11). In: Risk Habitat Megacity, Heinrichs, D.; Krellenberg, K.; Hansjürgens, B.; Martínez, F. (Eds.), 2012, XXVI, 363 p. 75 illus., 8 in color. ISBN 978-3-642-11543-1, e-ISBN 978-3-642-11544-8, DOI 10.1007/978-3-642-11544-8, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2012

BAU - business as usual
MI - market individualism
CR - collective responsibility

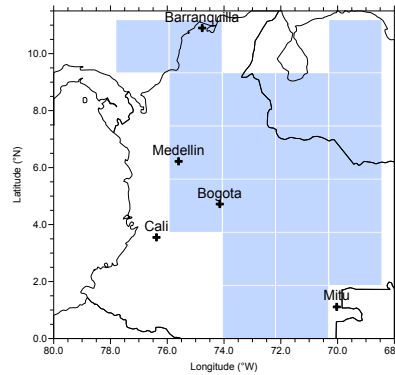
- Landnutzungsänderung
- Energie
- Mobilität
- Sozialwissenschaften
- Klimaänderung



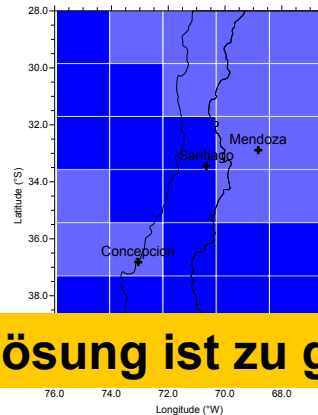
Klimaänderung



Bogota

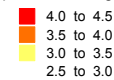


Santiago de Chile

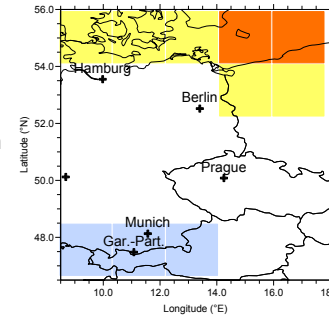


ECHAM5 - A1B scenario
Future (2071-2100) - Present (2001-2030)

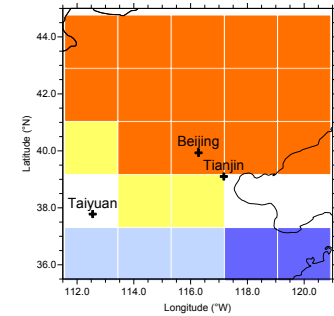
Temperature Change in °C



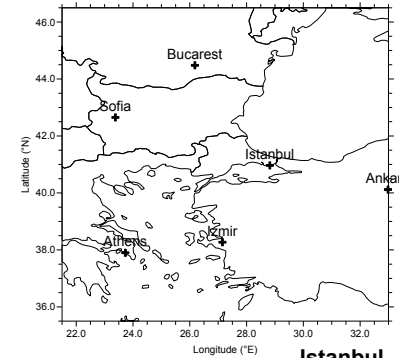
Berlin



Beijing



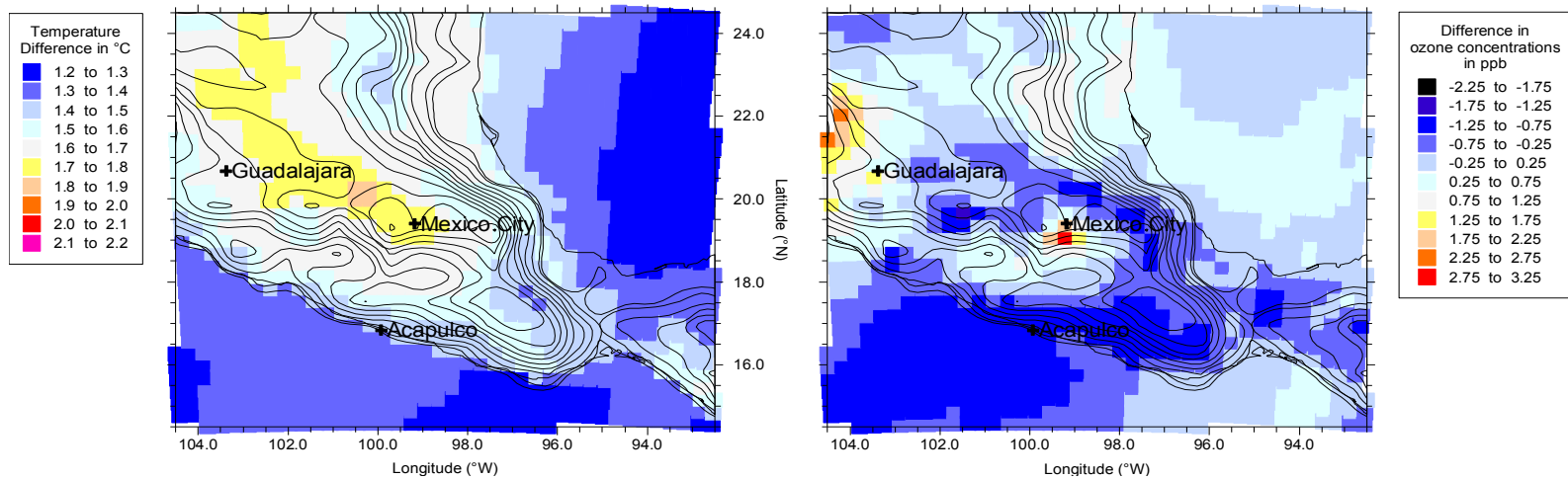
Istanbul



Einfluss der
Klimaänderung
auf urbane
Bereiche

Auflösung ist zu grob für regionale Analysen !

Klimaänderung



Hoch aufgelöste Klima-
Chemie-Simulationen
für Mexiko

- Landnutzungsänderung
- Energie
- Mobilität
- Sozialwissenschaften
- Klimaänderung

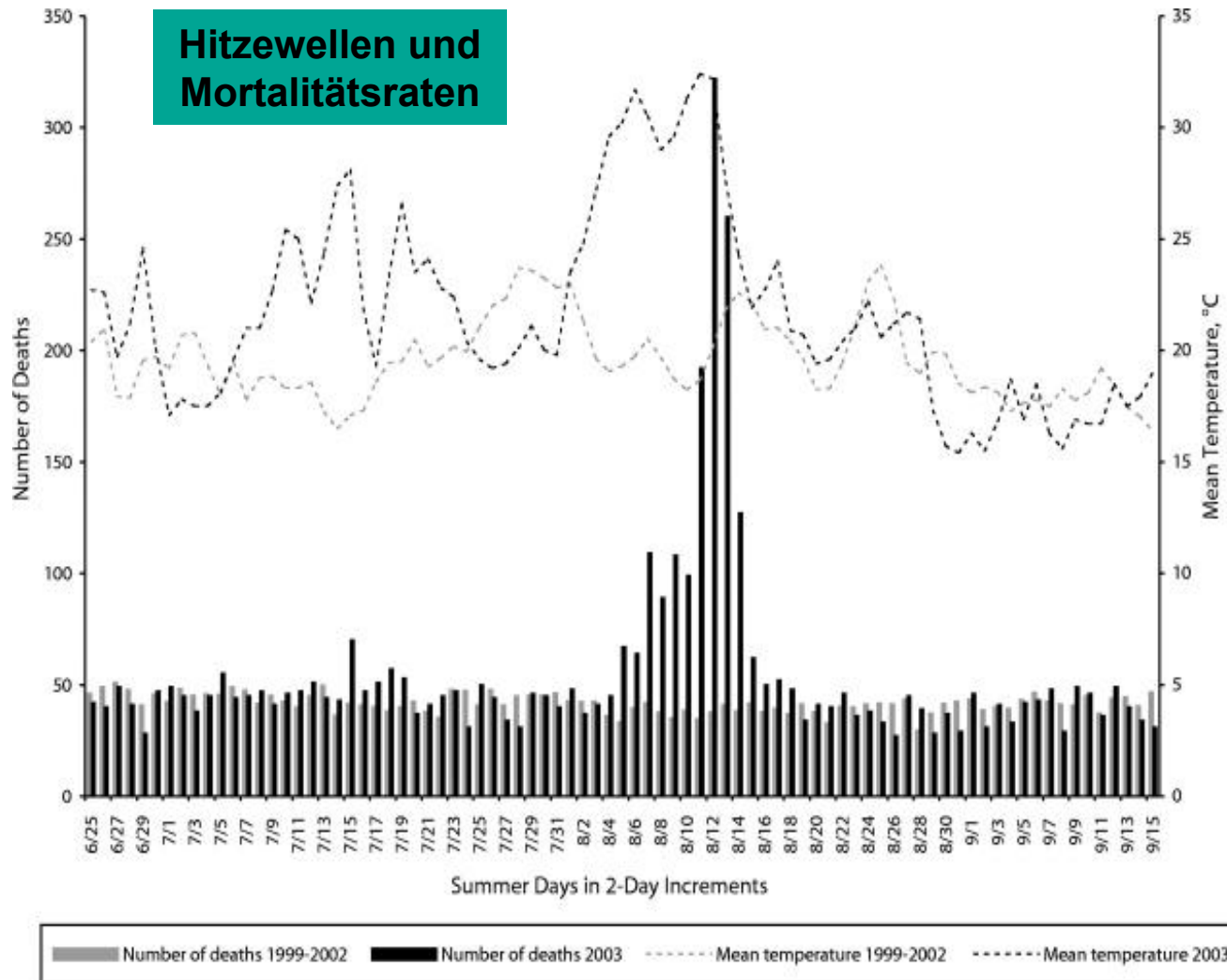
- Luft- und Lebensqualität
- Gesundheitsauswirkungen
- Ökonomischer Nutzen

Integrierter Ansatz
notwendig



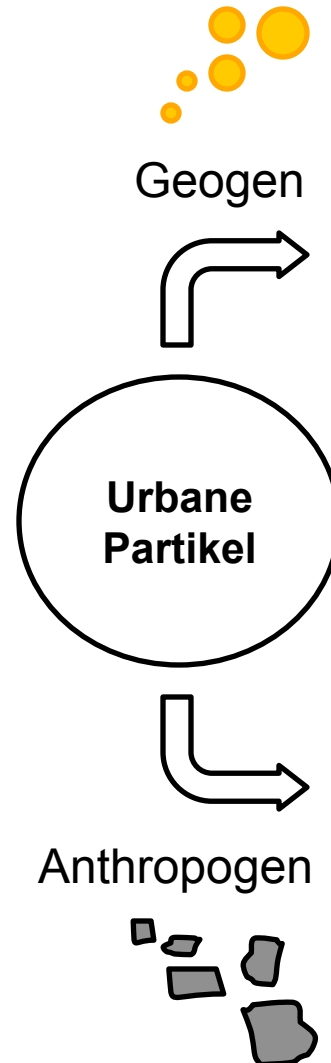
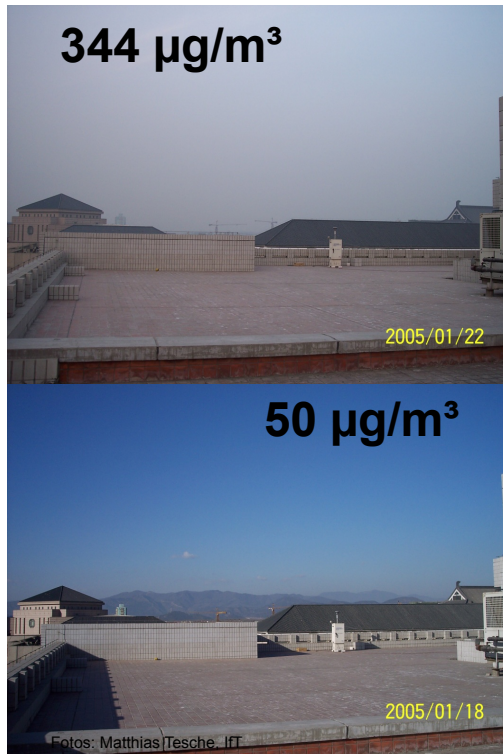


Gesundheits- und Lebensqualitätsaspekt



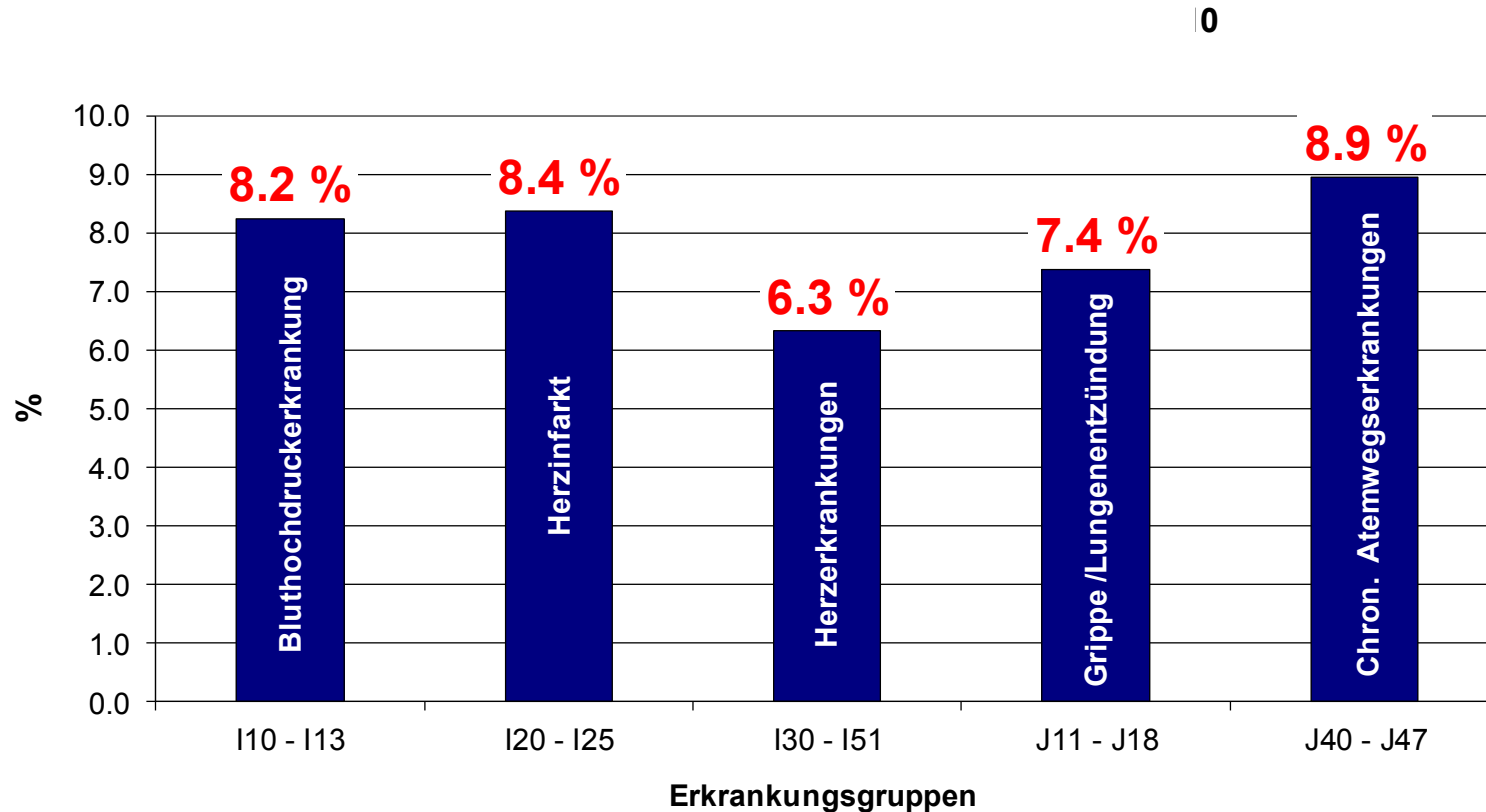
Source: Vandentorren et al. 2004

Partikel & Gesundheit



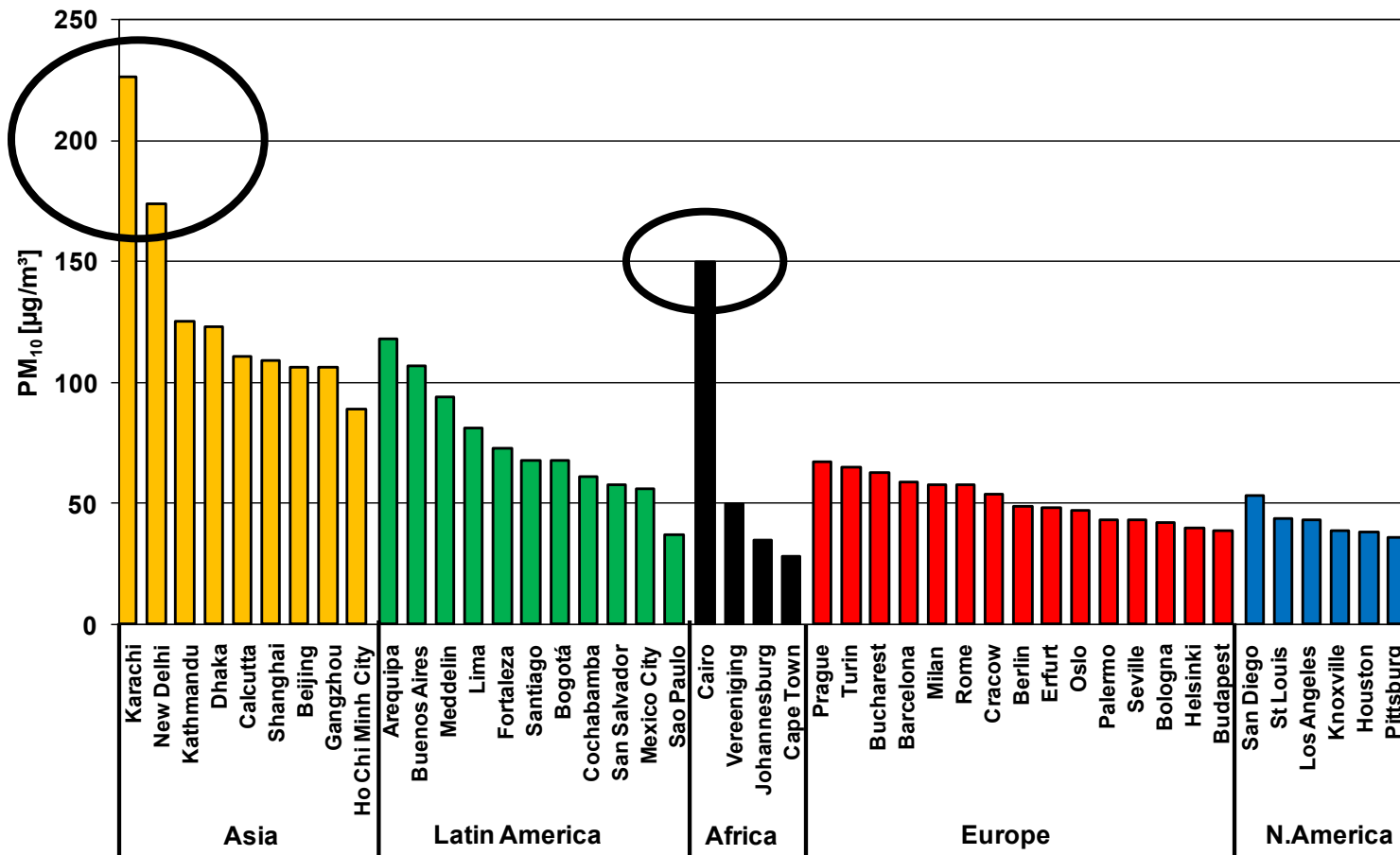
Shao, Longyi; Hu, Ying; Shen, Rongrong; Schäfer, Klaus; Wang, Jing; Wang, Jianying; Schnelle-Kreis, Jürgen; Zimmermann, Ralf; BeruBe, Kelly; Suppan, Peter, 2014: Particle-induced oxidative capacities of airborne particulate matter in Beijing from June 2010 to June 2011. Submitted to Environmental Science & Technology

Gesundheitsauswirkungen: Santiago de Chile



Mortalitätsrisiko bei einer
Änderung von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$

Franck, U., Leitte, A., Suppan, P., 2014: Respiratory diseases in Santiago de Chile are related to multiple airborne exposures more than to exposure by a single pollutant. Science of the Total Environment



Ökonomischer Nutzen PM₁₀ zu reduzieren ist ca. 10x größer als bei Ozon, z.B. Mexico City ca. \$2 Mrd.

M. Krzyzanowski & H-G. Mucke, WHO update by Jordan et al, CEPAL

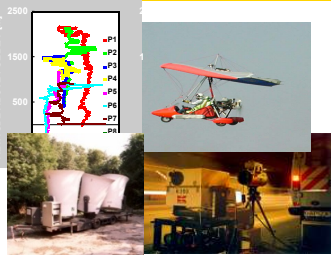
Molina and Molina, 2002

Zusammenfassung: Integrierter Ansatz

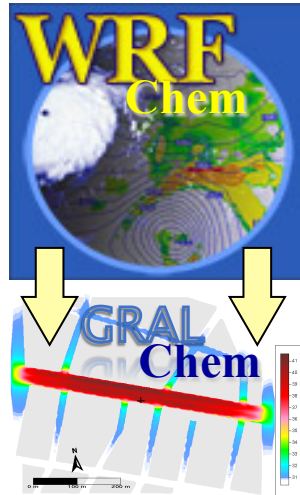
Stadtentwicklung



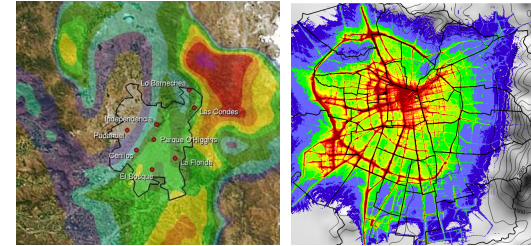
Monitoring/Messungen



Verkehrsdaten



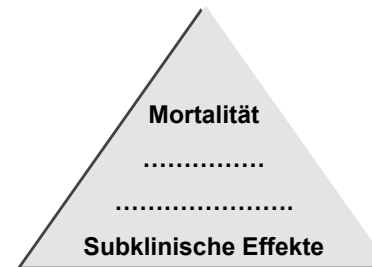
**Integrierte
Luftqualitäts-
untersuchungen**



Luftqualität

Szenarien

Indikatoren



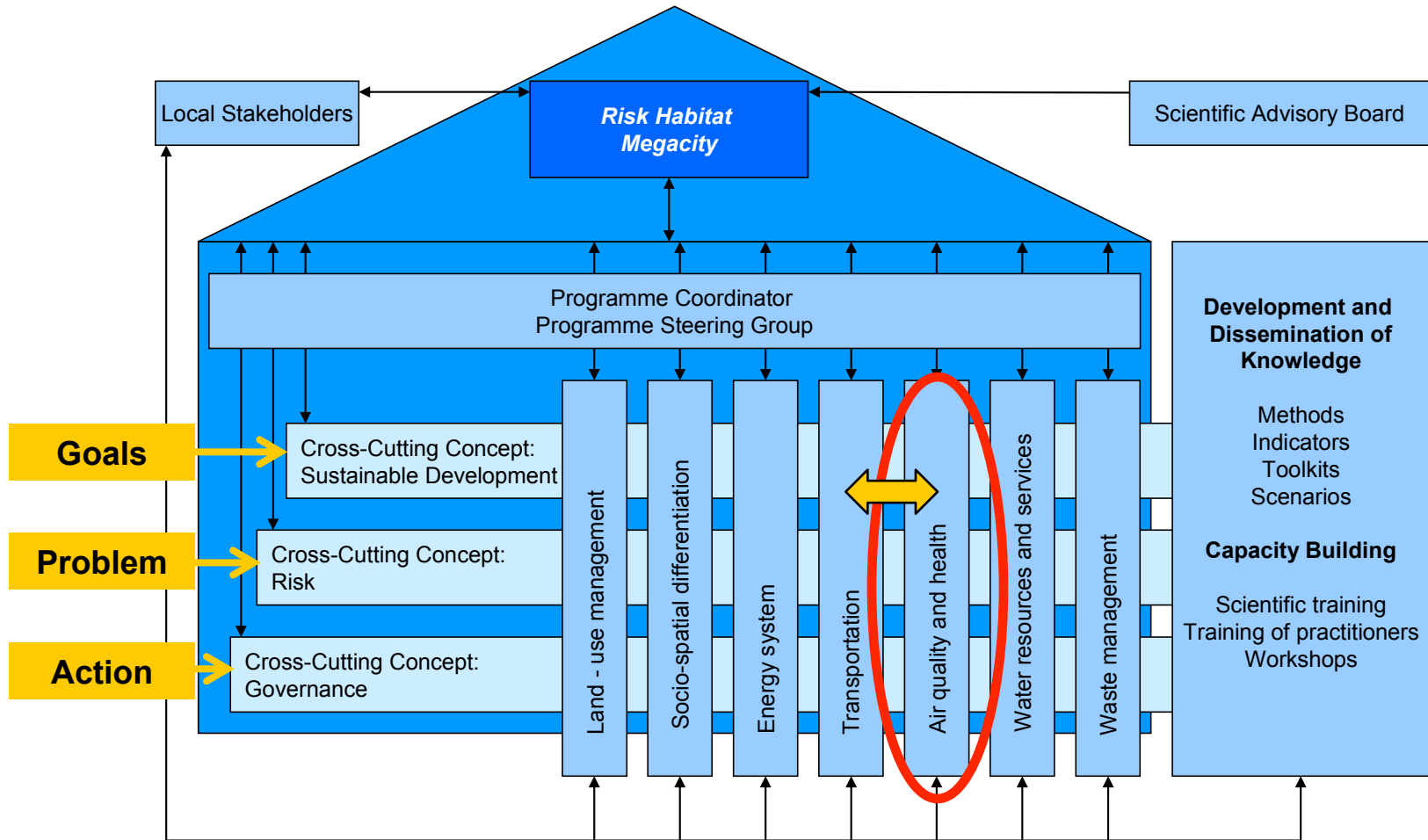
**Gesundheits-
auswirkungen**



Stakeholder

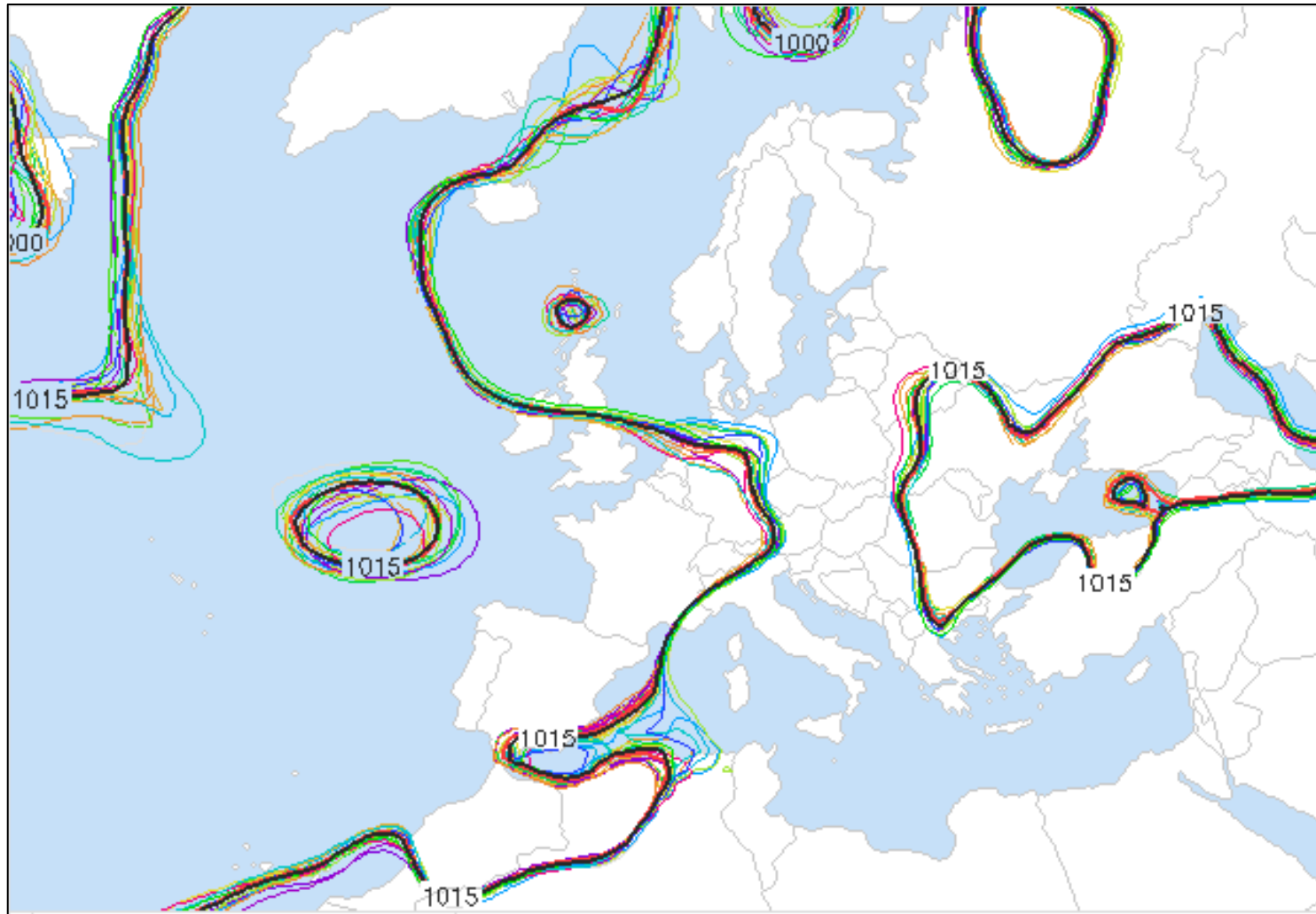
Risk Habitat Megacity

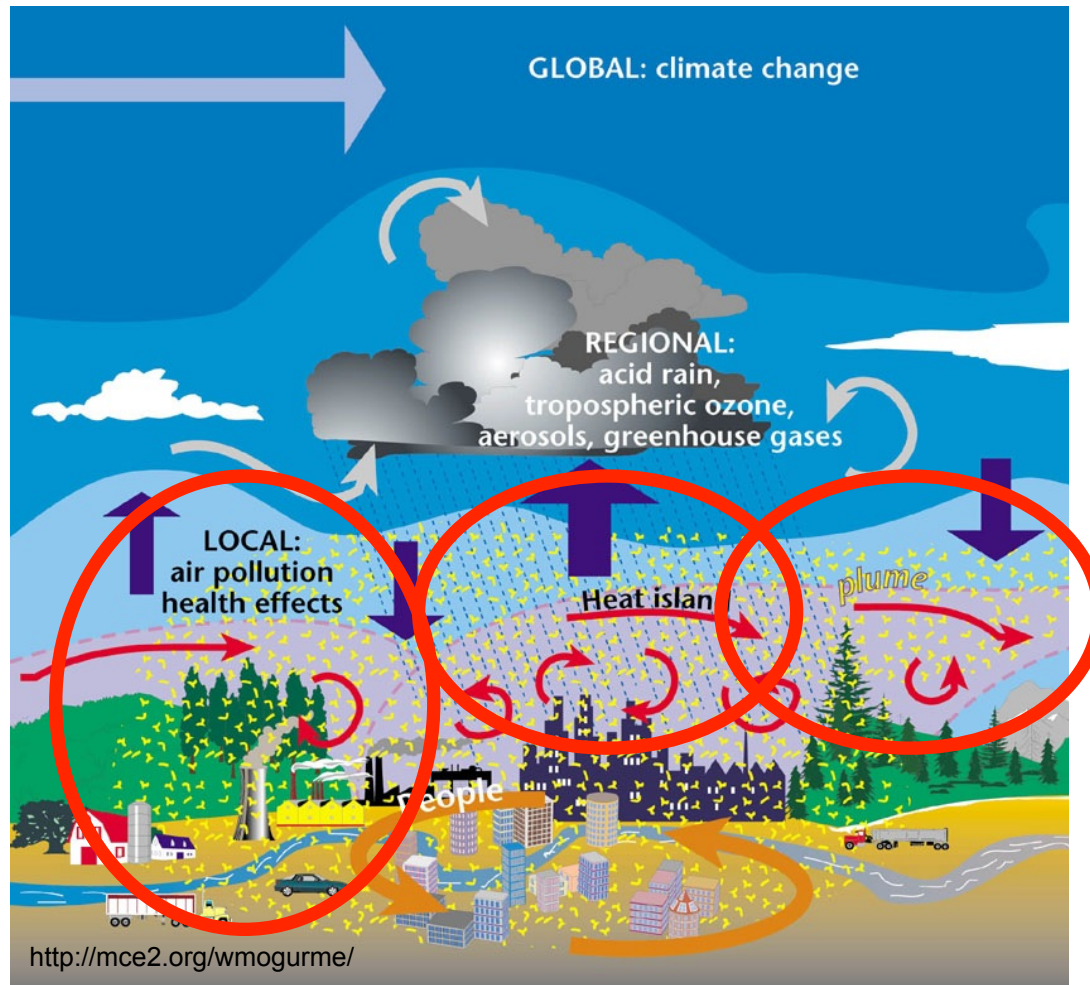
¿sostenibilidad en riesgo?



<http://www.ufz.de/risk-habitat-megacity/index.php?de=15003>

.... etwas klarer





Treibende Kräfte

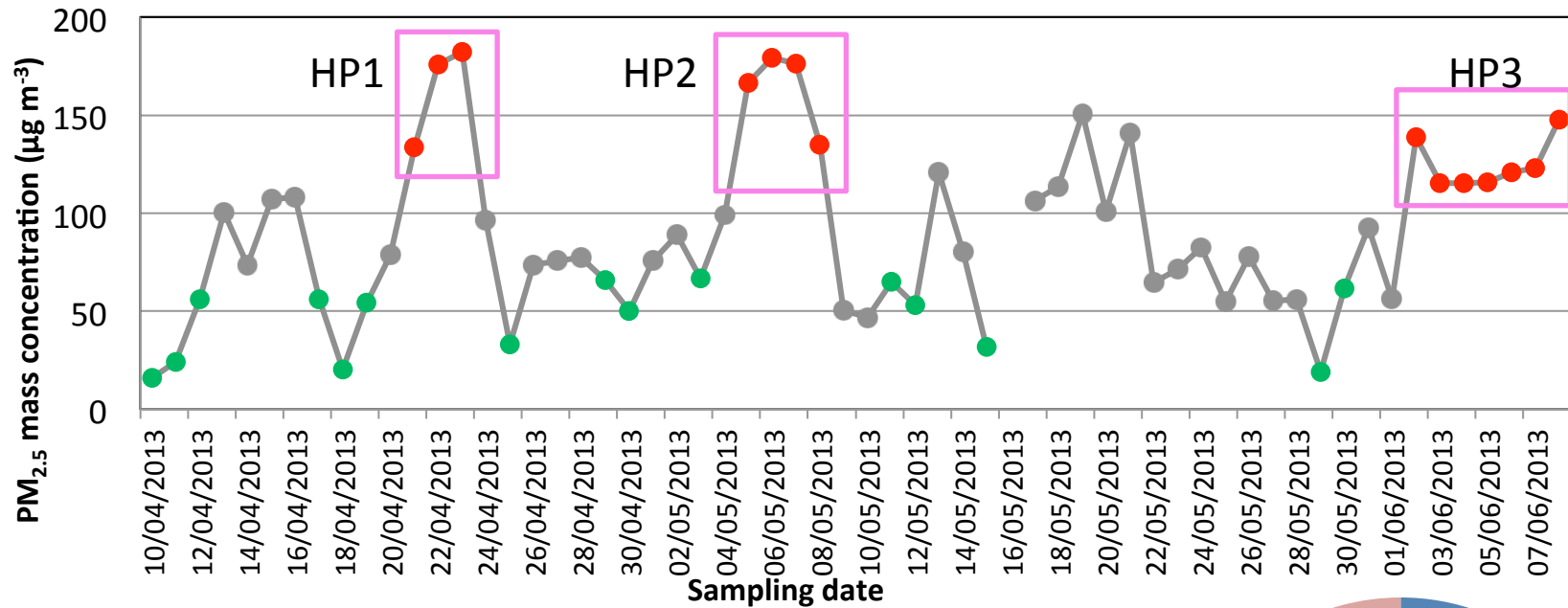
- Anthropogene / biogene / geogene Emissionen
- Landnutzungsänderung
- Strahlungs- & Wärmehaushalt
- Klimaänderung

Auswirkungen

- Wärmeinseleffekt
- Zusammensetzung & Verteilung der Schadstoffe
- Gesundheitsauswirkungen

Identifizierung von Aerosolpartikelquellen

- anthropogene, biogene, geogene Emissionen, sekundäre Bildung -



Mittelwert: 89 µg m⁻³

Grün: „Saubere“ Tage

Rot: Smog-Tage

24 h PM_{2.5} Grenzwerte:

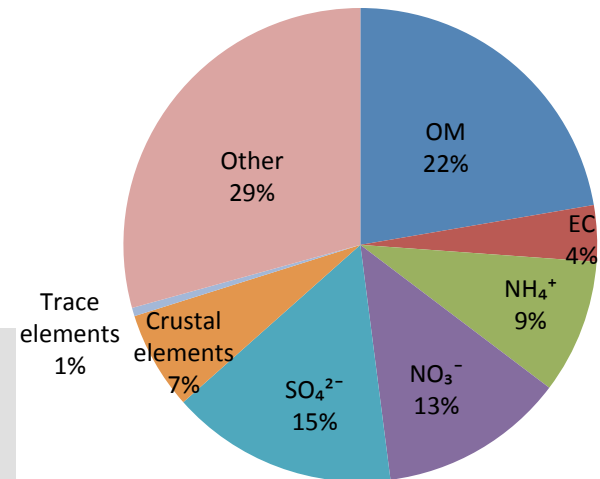
WHO: 25 µg m⁻³

US-EPA: 35 µg m⁻³

China (Grade II): 75 µg m⁻³

Peking

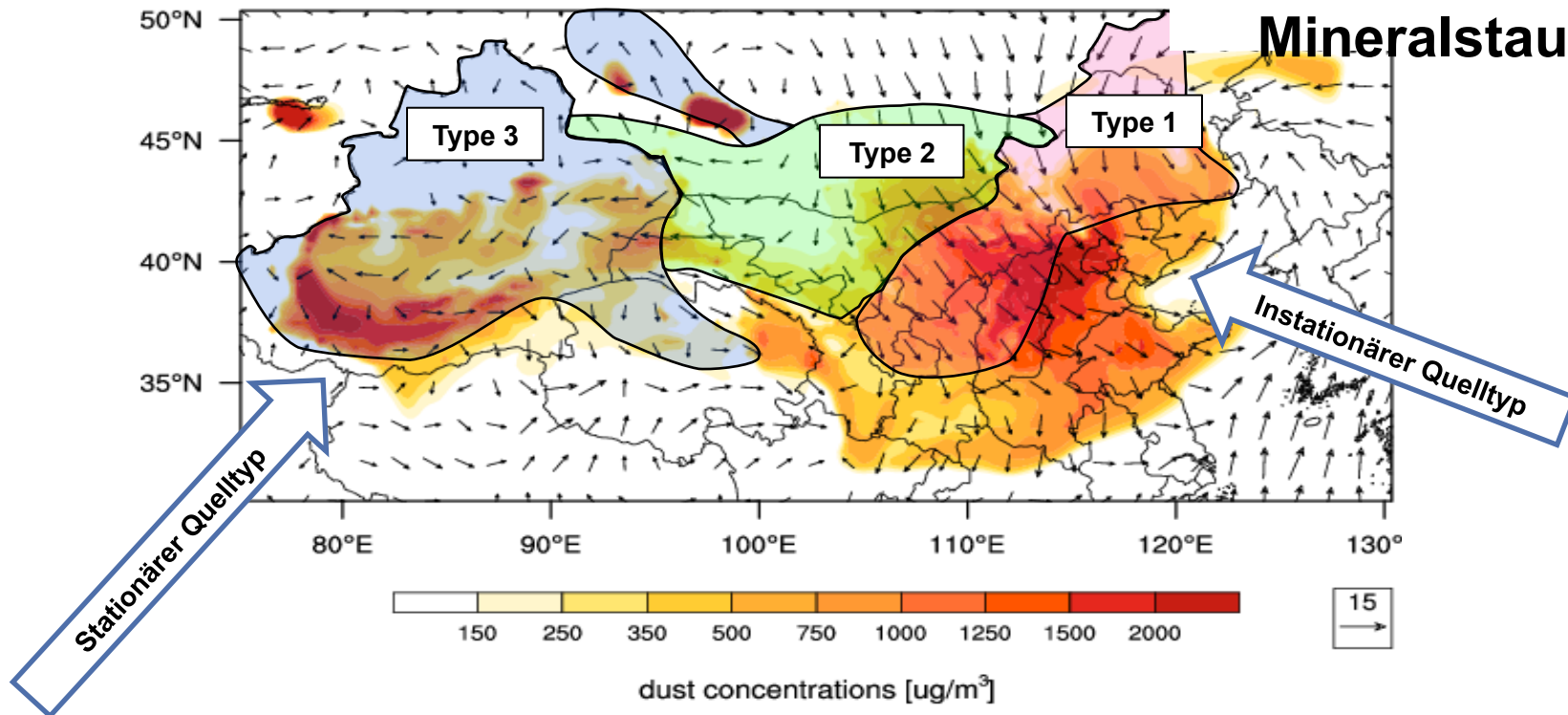
PhD Thesis:
Rongrong Shen, 2015: Annual variation of chemical composition and source apportionment of particulate matter in Beijing



Identifizierung von Aerosolpartikelquellen

- anthropogene, biogene, geogene Emissionen, sekundäre Bildung -

Quellregionen von Mineralstaub

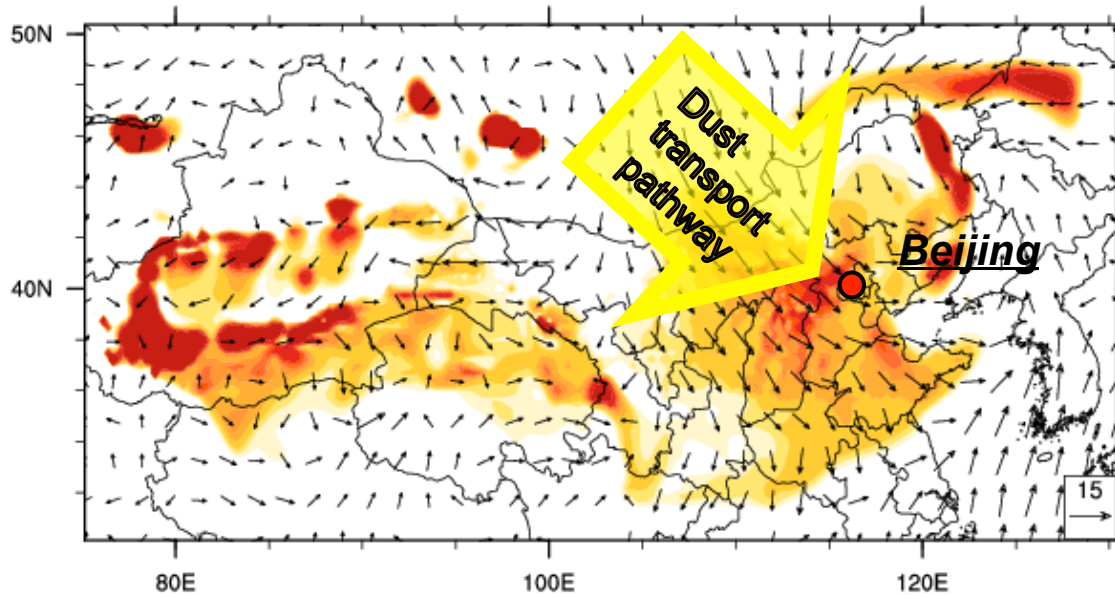


Quelltyp 1: Wüsten in trockenen Agrarbereichen im Süd-Osten der mongolischen Hochebene

Quelltyp 2: Wüsten incl. Teile der Wüste Gobi in Hochplateaus

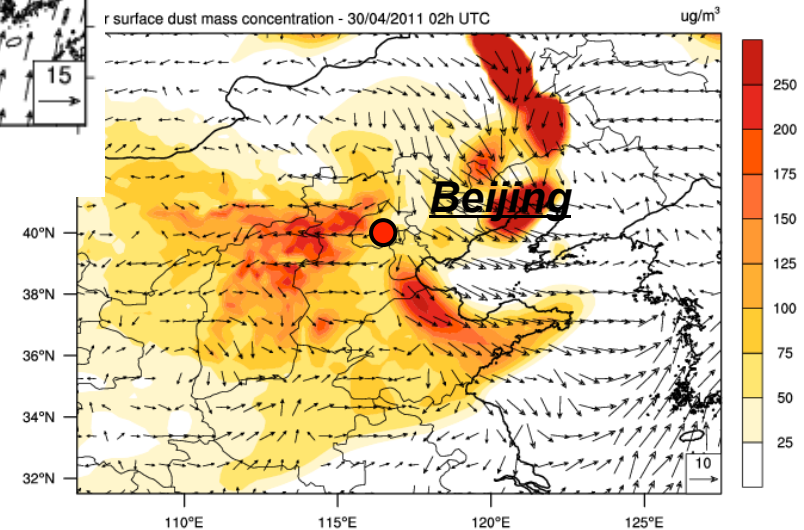
Quelltyp 3: Wüsten incl. Teile der Wüste Gobi in topographisch tieferliegenden Gebieten, z.B. Great Lake Basin

Identifizierung von Aerosolpartikelquellen - anthropogene, biogene, geogene Emissionen, sekundäre Bildung -



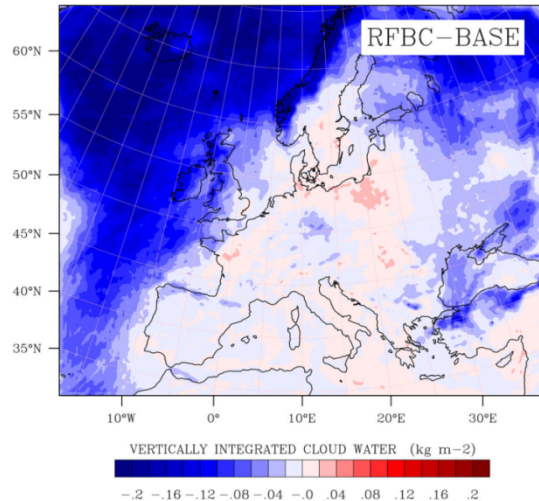
Modellierung von Sandsturmereignissen

PhD Thesis:
Stephanie Schrader, 2014: Simulation des Einflusses geogener Partikel auf die Aerosolbelastung im Großraum Peking



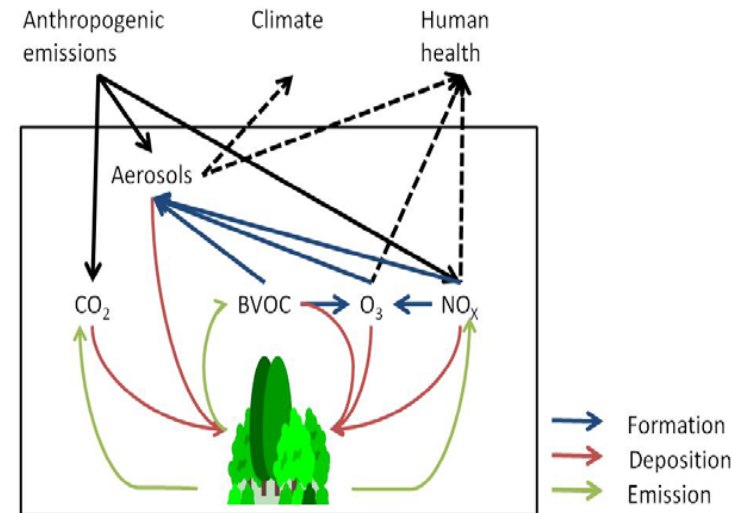
**Staubkonzentrationen und
Windrichtungen in Bodennähe
in der Beijing, Tianjin und Hebei Provinz
30. April 2011, 03 UTC**

Einfluss von anthropogenen und biogenen Emissionen auf die Luftqualität, die regionale Meteorologie und die Klimatologie untersuchen



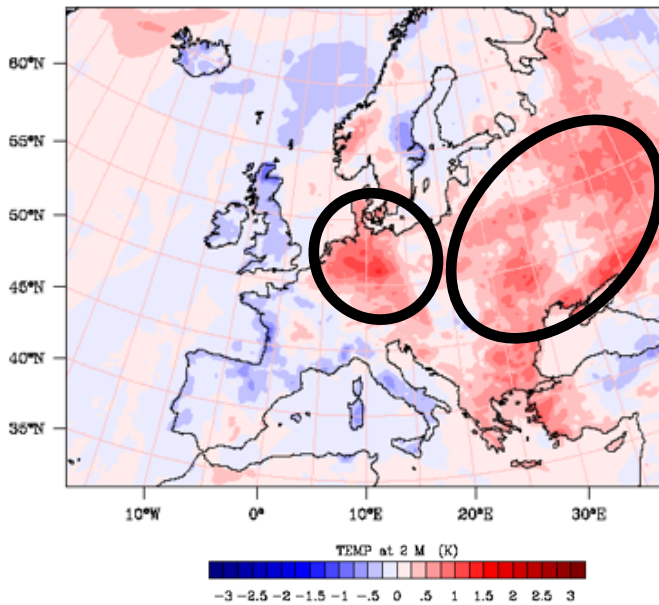
Geänderter Wolkenwassergehalt durch indirekte Aerosolrückwirkung

Kong, X., Forkel, R., Sokhi, R.S., Suppan, P., Baklanov, A., Gauss, M., Brunner, D., Barò, R., Balzarini, A., Chemel, C., Curci, G., Jiménez-Guerrero, P., Hirtl, M., Honzak, L., Im, U., Pérez, J.L., Pirovano, G., San Jose, R., Schlünzen, H.K., Tsegas, G., Tuccella, P., Werhahn, J., Žabkar, R., Galmarini, S., 2014: **Analysis of meteorology-chemistry interactions during air pollution episodes using online coupled models within AQMEII phase-2, Atmospheric Environment**, ISSN 1352-2310, <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.09.020>



BVOC-Wechselwirkungen in Stadtluft

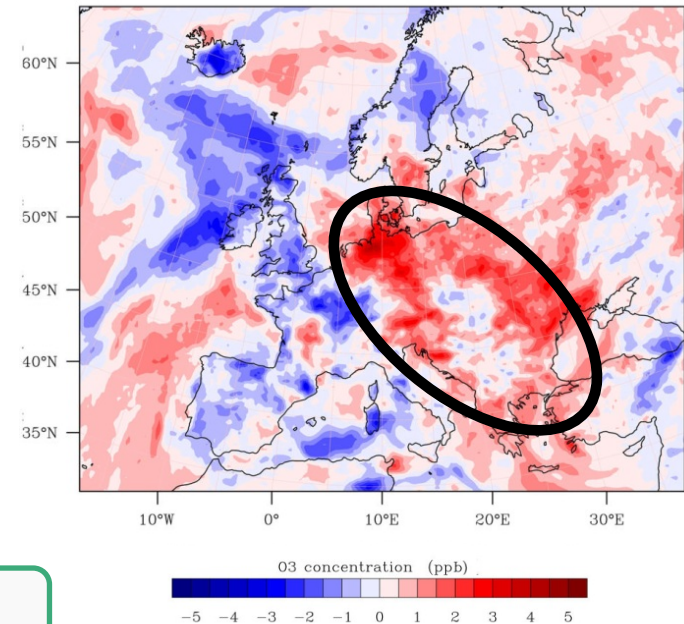
Einfluss von anthropogenen und biogenen Emissionen auf die Luftqualität, die regionale Meteorologie und die Klimatologie untersuchen



Direkte & indirekte Effekte

RFB-BASE

Juli

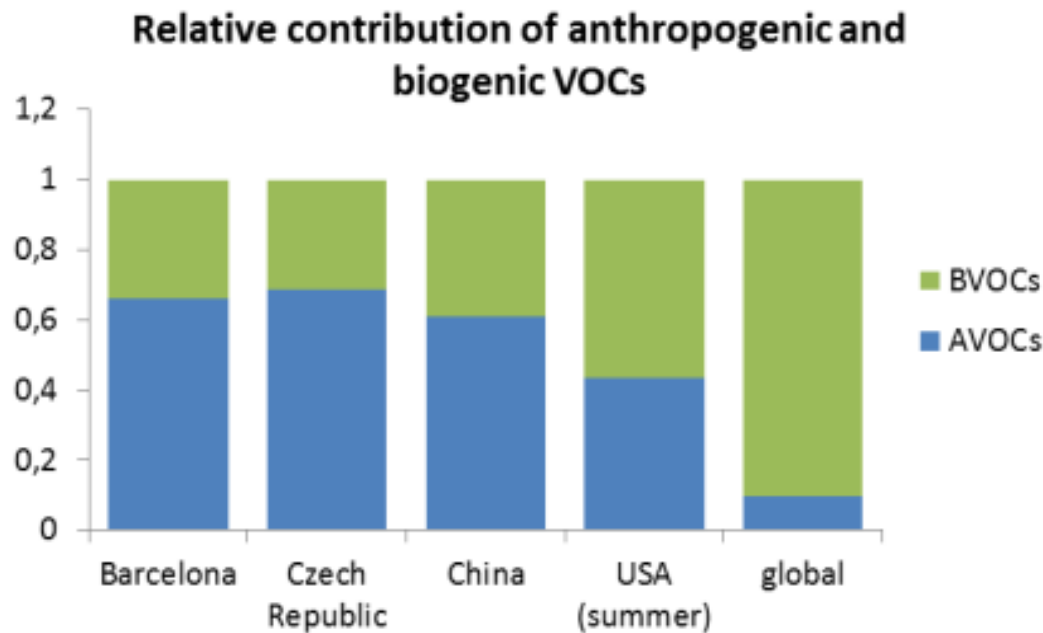


**Online gekoppelte
Luftchemiemodellierung**

Baklanov, A., Schlünzen, H., Suppan, P., Baldasano, J., Brunner, D., Aksoyoglu, S., Carmichael, G., Douros, J., Flemming, J., Forkel, R., Galmarini, S., Gauss, M., Grell, G., Hirtl, M., Joffre, S., Jorba, O., Kaas, E., Kaasik, M., Kallos, G., Kong, X., Korsholm, U., Kurganskiy, A., Kushta, J., Lohmann, U., Mahura, A., Manders-Groot, A., Maurizi, A., Moussiopoulos, N., Rao, S.T., Savage, N., Seigneur, C., Sokhi, R.S., Solazzo, E., Solomos, S., Sørensen, B., Tsegas, G., Vignati, E., Vogel, B., and Zhang, Y., 2014: Online coupled regional meteorology chemistry models in Europe: current status and prospects. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 317-398, 2014, www.atmos-chem-phys.net/14/317/2014/ doi:10.5194/acp-14-317-2014

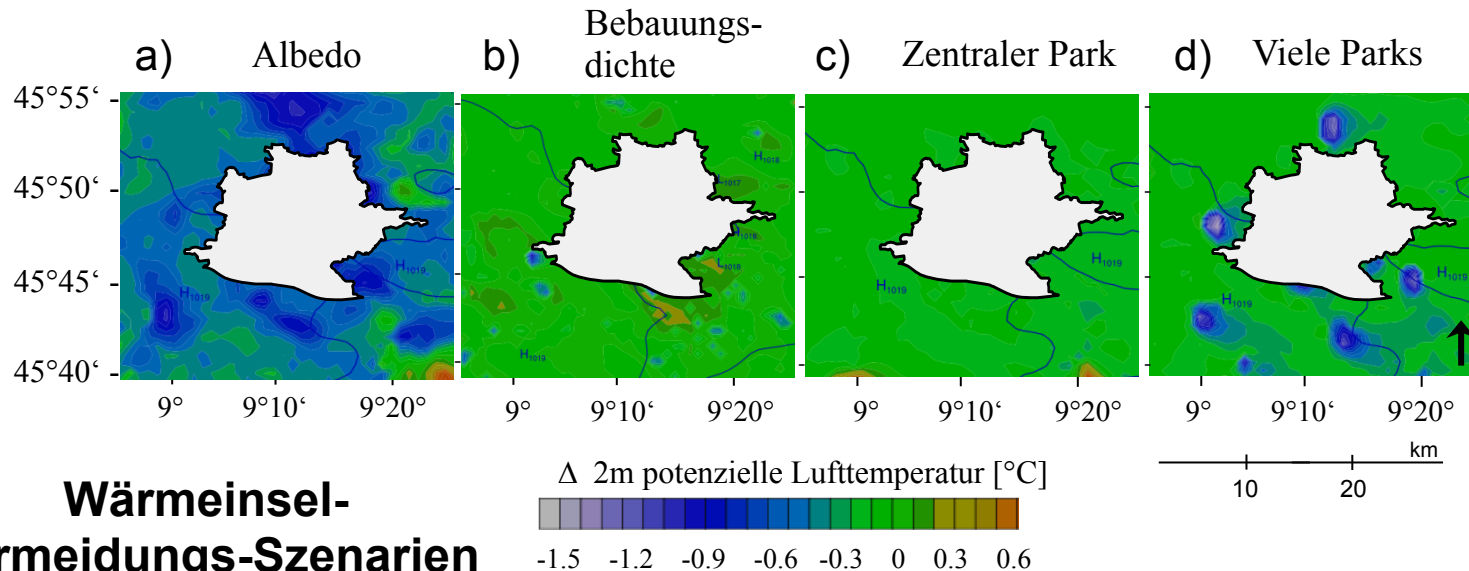
Einfluss von anthropogenen und biogenen Emissionen auf die Luftqualität, die regionale Meteorologie und die Klimatologie untersuchen

BVOC Emissionen durch die Vegetation ist von großer Bedeutung



Churkina G, Grote R, Butler TM, Lawrence M. 2015. **Natural selection? Picking the right trees for urban greening. Environmental Science & Policy**, 47: 12-17.

Anpassungs- und Vermeidungsmaßnahmen für städtische Wärmeinseln untersuchen und deren Einfluss auf die Luftqualität analysieren



**Wärmeinsel-
Vermeidungs-Szenarien**
13. Aug. 2003 – 8 Uhr
abends

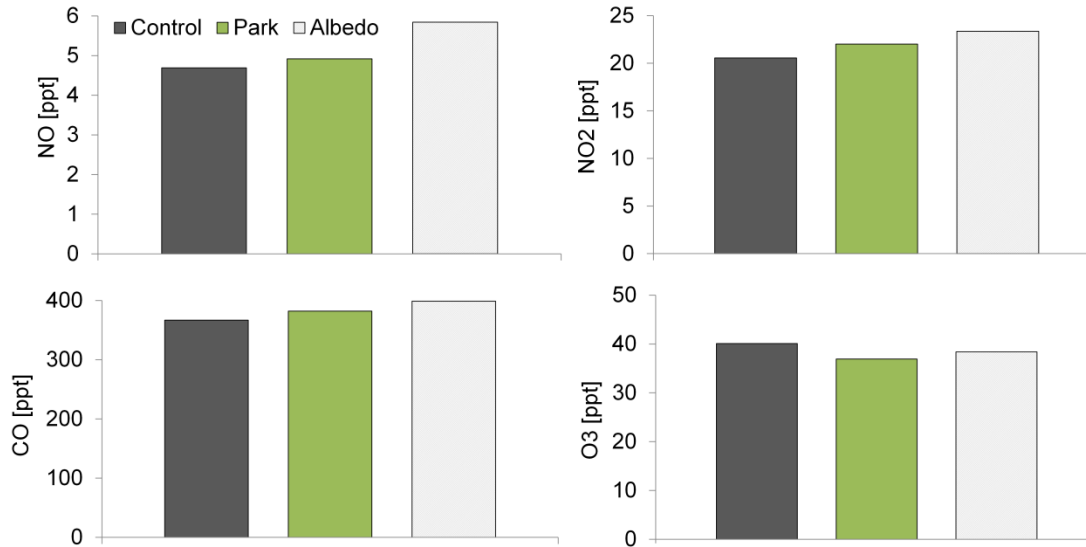
Einfluss der Vermeidungsmaßnahmen auf die Wärmeinselintensität

Scenario	Control	Albedo	Many Parks	Big Park	Density
T mean urban [°C]	33.1	31.5	32.5	32.3	32.4
T max [°C]	34.3	31.9	33.5	33.3	33
UHI; delta Θ	2.52	0.84	1.47	1.19	1.32

PhD Thesis:
 Joachim Fallmann, 2014: Numerical simulations to assess the effect of urban heat island mitigation strategies on regional air quality.

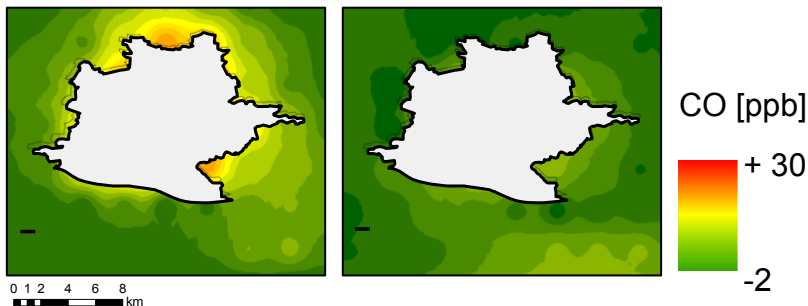
Anpassungs- und Vermeidungsmaßnahmen für städtische Wärmeinseln untersuchen und deren Einfluss auf die Luftqualität analysieren

- Control
- Park
- Albedo

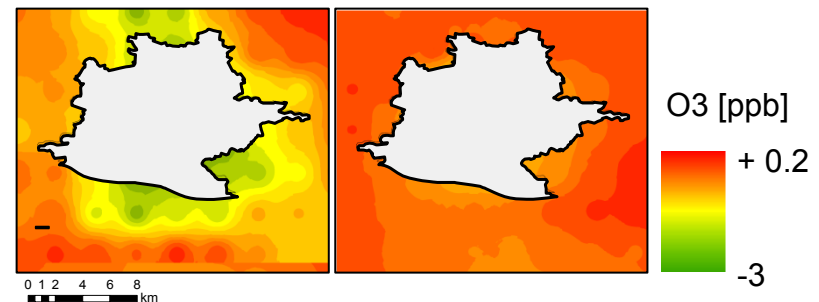


Effekt auf die bodennahe Schadstoff-Konzentration

Primäre Schadstoffe (Bsp. CO)
,Albedo‘ ,Park‘



Sekundäre Schadstoffe (Bsp. Ozon)
,Albedo‘ ,Park‘



Ausblick: Wo wollen wir hin, was steht an ?

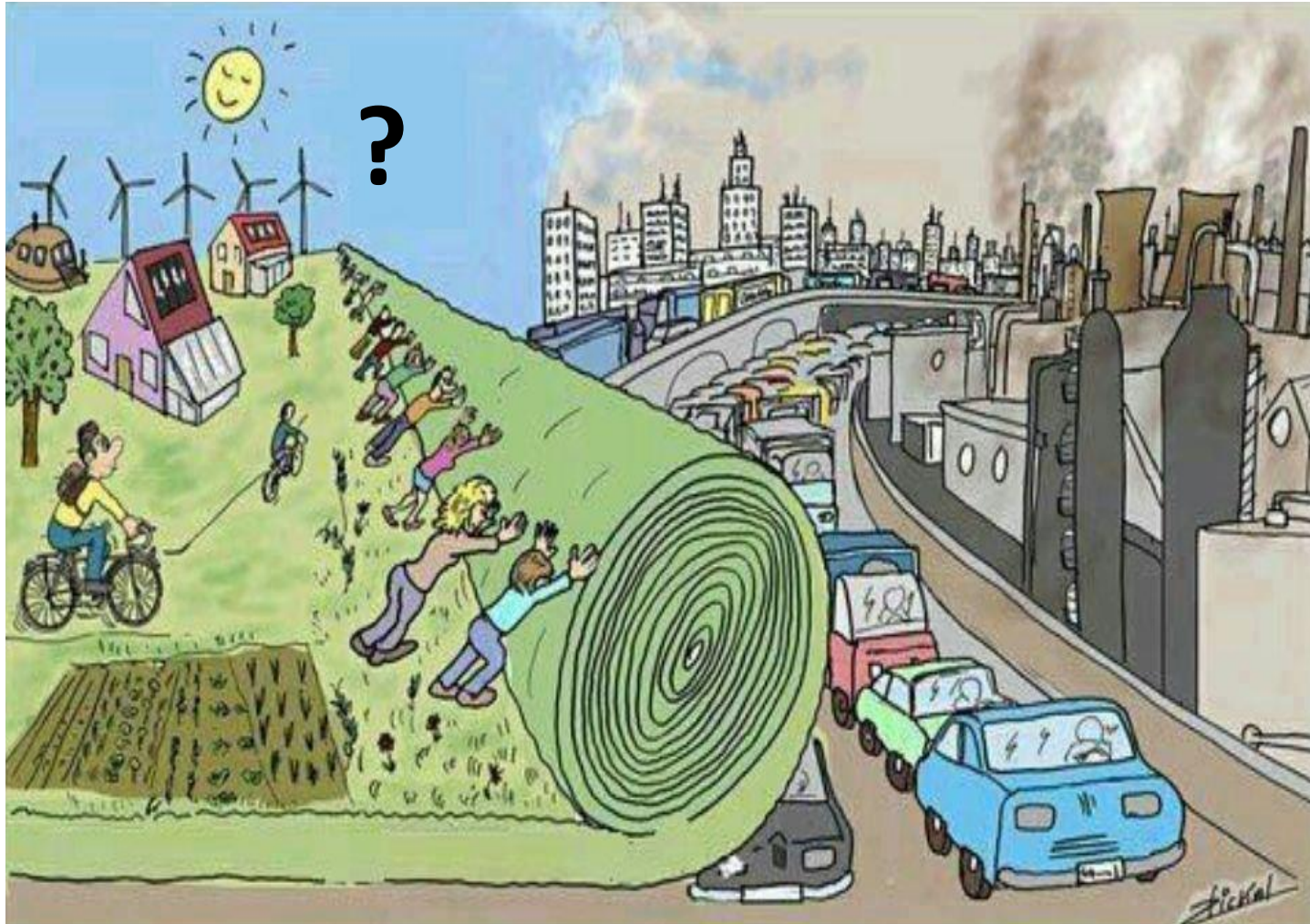
- Neue Ansätze in der Modellierung und Messung, z.B.
 - **Unbemannte Flugplattformen (UAV)**
 - **Kompartimentübergreifende gekoppelte Modellierung**
 - **Skalenübergreifende gekoppelte Modelle**
- Stadtforschung im nationalen wie internationalen Fokus
 - **BMBF Research Programme ‘Stadtklima im Wandel (Urban Climate under Change)’**
 - Modul A: Entwicklung eines leistungsstarken Stadtklimamodells
 - Modul B: Evaluierung von Stadtklimamodellen
 - Modul C: Überprüfung der Praxis- und Nutzertauglichkeit von Stadtklimamodellen für eine klimawandelgerechte Stadtentwicklung
 - **Helmholtz-Stadtforschungs-Initiative**
 - Gesamtkonzepts mit natur-, ingenieur-, gesundheits- und sozialwissenschaftliche sowie architektonisch-stadtplanerische Komponenten. Thematische Schwerpunkte. Langfristigkeit (10-30 Jahre). Internationale Vorreiterrolle. KIT als Koordinator
 - **EU-HORIZON2020**
 - Improving the air quality and reducing the carbon footprint of European cities



- Holistischer und interdisziplinärer Ansatz ist wichtig, aber ohne die “tiefergehende” Forschung in den beteiligten Disziplinen geht es nicht
- Höchstes Ziel sollte sein die Lebensqualität zu verbessern, dafür brauchen wir geeignete
 - Tools für Messungen und Modellierung (alle Skalen)
 - Szenarien (Sozial, Wirtschaftlich, Technologisch)
 - Kenntnis der zukünftigen Klimaänderung auf regionaler Ebene



... oder (es) geht alles viel einfacher ...



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



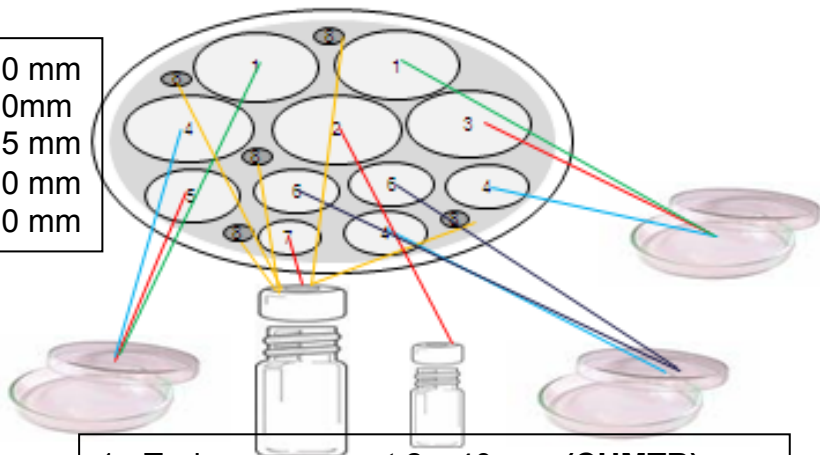
Particle Analysis

Sample A

Organic composition

GC-MS, EC/OC/ WSOC, stable isotopes, toxic-testing

5 x 40 mm
1 x 30mm
4 x 25 mm
1 x 20 mm
5 x 10 mm



- 1 - Toxic assessment 2 x 40 mm (**CUMTB**)
- 2 - Organic 40 mm (**HMGU**)
- 3 - IRMS 40 mm (**IMK-IFU**)
- 4 - Spare 40 mm + 2 x 25 mm
- 5 - Toxic assessment 30 mm (**U. Cardiff**)
- 6 - EC/OC WSOC 2 x 25 mm (**U. Rostock**)
- 7 - Isotope extraction 20 mm (**IMK-IFU**)
- 8 - EC/OC 5 x 10 mm (**U. Rostock**)

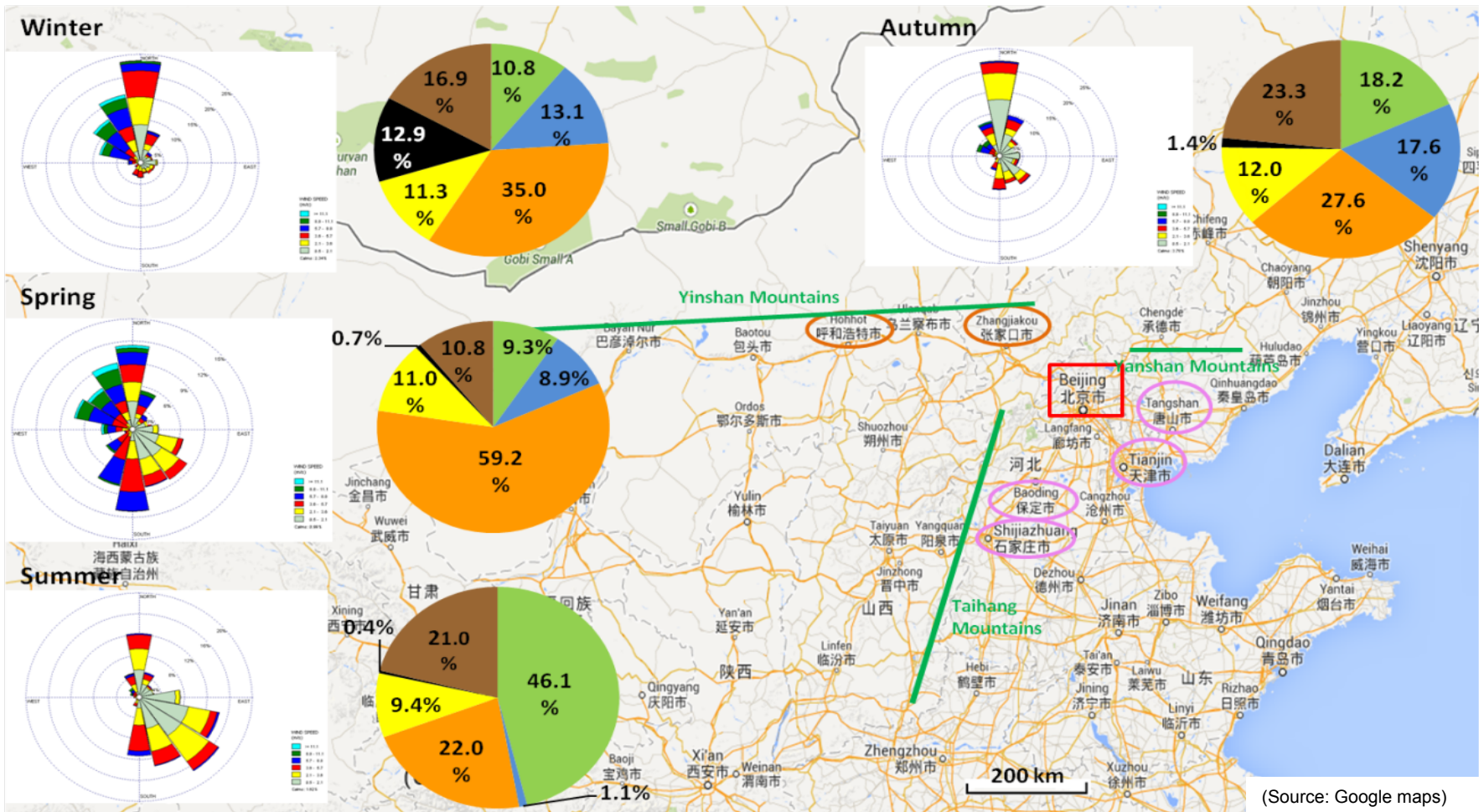
Sample B

PM mass

*ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry),
PEDXRF (Polarized Energy Dispersive X-ray Fluorescence)*

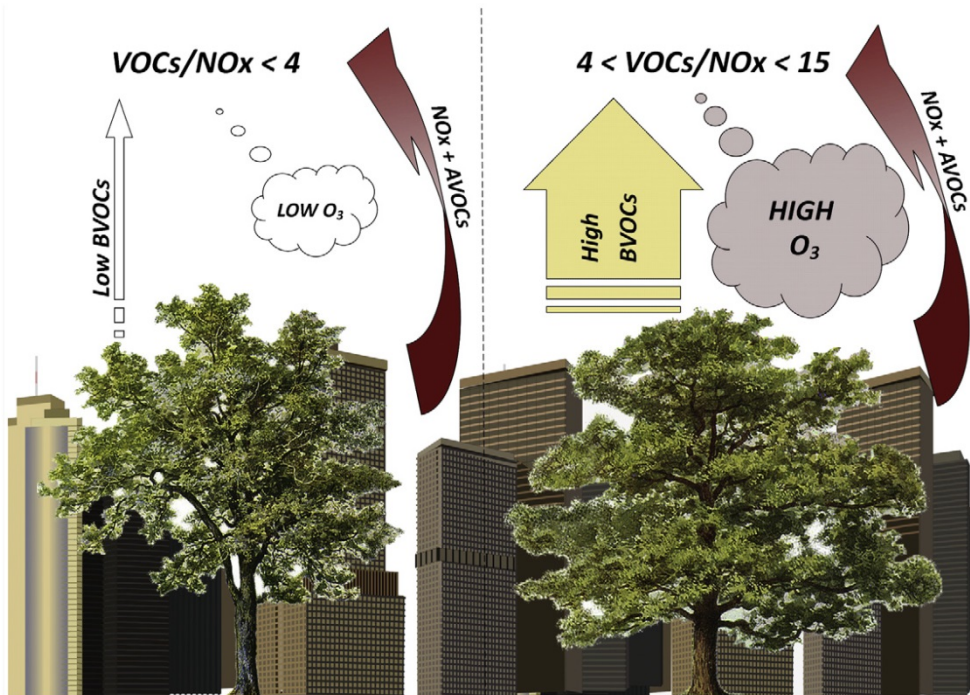


Identifizierung von Aerosolpartikelquellen - anthropogene, biogene, geogene Emissionen, sekundäre Bildung -



(Source: Google maps)

VOC/NO_x Ratio als Grundlage für Ozon-Produktion



- Kein VOC: Photo-Stationärer Zustand, keine Ozon-Bildung
- VOCs dazu: schnelle Photo-Oxidation (mit OH)
- Menge an O₃ abhängig von Menge an VOC
- OFP = Gramm O₃ pro Gramm VOC

- Ratio:
 - VOC limitiert $VOC/NO_x < 4$
 - Optimum für O₃ Prod.:
 $15 < VOC/NO_x < 4$
 - NO_x-limitiert $VOC/NO_x < 15$

Methodology



- **Sampling methods**

Sampling period: 2013.04.10 – 2013.06.08

Samplers: 2 high volume samplers DHA-80 (500 l min^{-1})

Filters: Quartz fiber filters ($\varnothing 150 \text{ mm}$)

Sampling time: 24 h (00:00-24:00)
(4 h during some haze episodes)

- **Meteorological parameters**

ZBAA: T, RH, P, WD, WS, visibility

IAP: Precipitation, MLH

Komplexe Zusammenhänge



esotericastrologer.org