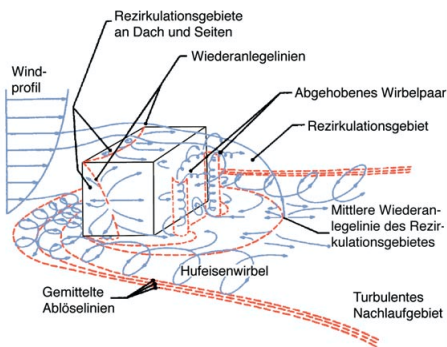


Fortluftausbreitung



Luftströmungen um Gebäude sind in der Regel äußerst komplex und werden durch das Bauwerk selbst, aber auch durch die Bebauung in der Umgebung bestimmt.



Darstellung des gemittelten Strömungsfeldes im Nahbereich eines kubischen Gebäudes in turbulentem Wind, Hosker 1984.

Werden luftfremde Stoffe in dieses Strömungsfeld emittiert, resultiert eine Verteilung der Immissionskonzentrationen, welche sich aus der rechnerisch nur schwer vorhersagbaren Ausbreitung der Emissionen ergibt. Dies gilt besonders bei gebäudenahen Quellen, wie

- Störfallfreisetzungen in Industrieanlagen,
- Fortluftaustritten aus Gebäuden im Einflussbereich der Nachbarbebauung oder
- Kfz-Emissionen in Straßenschluchten und Kreuzungsbereichen mit unterschiedlichsten Randbebauungen, Gebäudelücken etc..

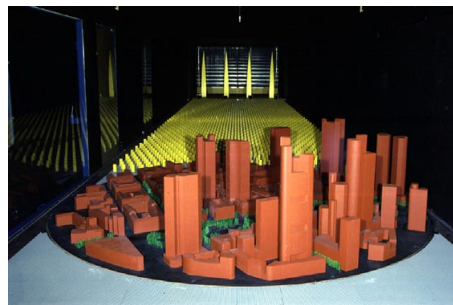


Verwirbelung von Abgasen hinter einem Gebäude, Emission aus Linienquelle in der Straße, Wind von links, Theurer, 1998.

Die physikalische Modellierung der Ausbreitungsvorgänge im Nahbereich komplexer Bauungen in einem Grenzschichtwindkanal ist zu empfehlen, wenn die vorliegende Situation nicht durch geltende Normen oder Richtlinien abgedeckt wird oder eine, aus gestalterischen Gründen favorisierte Lösung zunächst im Widerspruch zu den angewendeten Normen und Richtlinien steht. Im Rahmen einer Ausbreitungsuntersuchung für Fortlüfte oder Abgase lassen sich die Konzentrationen an verschiedenen Varianten einer Baumaßnahme für eine Reihe von Messpunkten, Windrichtungen und Quellkonfigurationen (z.B. Kamine und Abluftöffnungen) vermes-

sen. Das Experiment bietet eine Reihe von Möglichkeiten:

- Genauigkeit - der Versuch erlaubt eine hohe räumliche und zeitliche Auflösung bei der Bestimmung der Immissionskonzentrationen,
- Anschaulichkeit - Modelle im Maßstab 1:100 bis 1:1000 erlauben eine gute Betrachtbarkeit der Strömungs- und Ausbreitungsvorgänge,
- Einfachheit - das physikalische Modell ist im Gegensatz zu numerischen Modellen ohne Kalibrierung einsetzbar, Daten aus Experimenten werden häufig als Referenzdaten zur Kalibrierung numerischer Modelle herangezogen,
- Sicherheit - durch Referenzexperimente wird die Qualität der Ergebnisse immer wieder überprüft.



Modell einer Großstadtbebauung, eingebaut in der Messstrecke des Grenzschichtwindkanals der ETH Zürich.

Zur experimentellen Simulation der Ausbreitung von Küchen-, Tiefgaragen- oder Klimaanlagefortluft oder auch von Kfz-Abgasen wird ein Tracerverfahren angewendet. Als Tracergas wird dabei ein, in der Zusammensetzung der Luft entweder gar nicht oder nur kaum enthaltenes Gas verwendet. Die Freisetzung im Modellversuch erfolgt unter Berücksichtigung der Ähnlichkeitsgesetze, bei Kfz-Abgasen beispielsweise durch im Modellboden integrierte Linienquellen.

Die Messergebnisse werden mit einer Referenzwindgeschwindigkeit und der Quellstärke normiert. Es ergeben sich 'k-Werte' (gebräuchlich bei der Untersuchung von gebäudetechnischen oder industriellen Emissionen) oder 'c*-Werte' (bei der Beurteilung von Straßenverkehrsemissionen).

Die Normierung erlaubt die Übertragung in die Realität durch eine die Verknüpfung mit der Windstatistik und Emissionsdaten.

Auf diese Weise lassen sich aus wenigen, im Windkanalversuch gemessenen Konzentrationswerten für eine Vielzahl, in der Natur vorkommende Windsituationen die zu erwartenden Immissionswerte bestimmen.

Mit Hilfe dieser Technik erhält man statistisch relevante und mit zulässigen Grenz- oder Prüfwertenvergleichebare Immissionswerte.

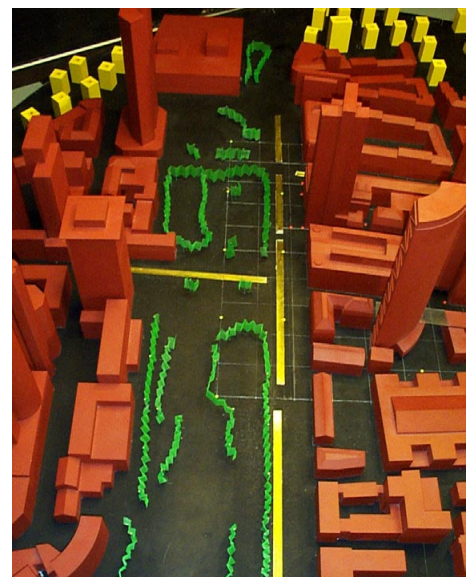
Ein Windkanalexperiment läßt sich im Einzelfall, (z.B. bei der Beurteilung von Straßenverkehrsemissionen in innerstädtischen Gebieten) auch

mit der Anwendung numerischer Rechenmodelle kombinieren.

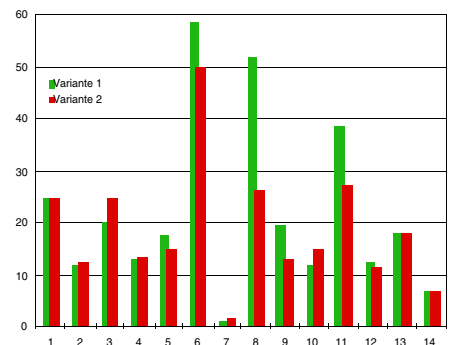
Die im Windkanal gewonnenen Daten bieten zwar punktgenaue räumliche Auflösung und höhere Genauigkeit in der unmittelbaren Umgebung der Emissionsquelle, in weiterer Entfernung vom Verursacher lassen sich aber oft mit Hilfe bestimmter, (durch die Genehmigungsbehörden anerkannter) Rechenmodelle ausreichend genaue Daten wirtschaftlicher bestimmen.

Die höchste Vorhersagequalität der Prognosen läßt sich erzielen, indem die, mit Hilfe beider Methoden gewonnenen Daten mit der Windstatistik und den zu erwartenden Emissionswerten verknüpft werden.

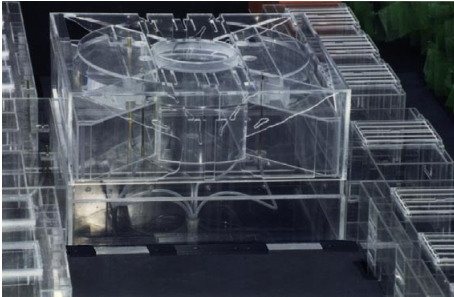
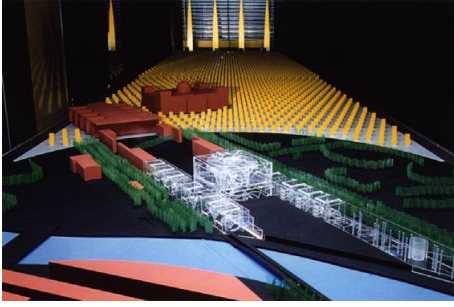
Der Vorteil einer solchen Verbindung von Rechenprogramm und Experiment ist vor allem eine Reduzierung der Anzahl, der im Windkanal zu untersuchenden Varianten und die Verbesserung der Genauigkeit der Rechenprogramme, da mit Hilfe der Vergleichsdaten aus dem Experiment das Rechenmodell kalibriert und die Ergebnisse verifiziert werden können.



In das Modell einer Großstadt (Maßstab 1:300) integrierte Linienquellen zur Simulation verkehrsbedingter Emissionen.



Vergleich der Konzentrationsbeiwerte von zwei Varianten.

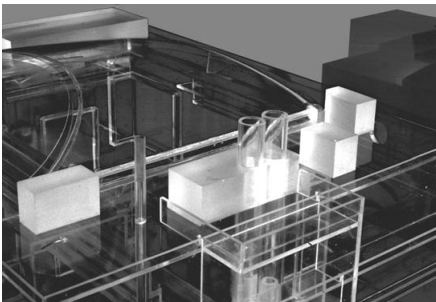


Prestigeträchtige Gebäude, wie hier das neue Bundeskanzleramt in Berlin, stellen besondere Anforderungen an die Gestaltung der Abgas- und Fortluftkamine (die Abbildung zeigt den Modellversuch im Windkanal).

Geruchs- und schadstoffbelastete Fortlüfte und Abgase aus haustechnischen Anlagen werden in der Regel über dem Dach eines Gebäudes abgeführt.

Eine ungewollte Rückführung der Emissionen in die Lüftungsanlage oder an Fensteröffnungen lässt sich durch die Höhe des Kamins, den Austrittsimpuls, vor allem aber durch die geometrische Anordnung von Aus- und Eintrittselementen vermeiden.

Dabei ist das Windkanalexperiment eine wesentliche Planungshilfe. Der Fortluftstrom über die im Modell maßstäblich nachgebildeten Kamine wird mit einer genau definierten Quellstärke und Konzentration des Tracergases erzeugt.



Ansicht der maßstäblich nachgebildeten Kamine für Küchen- und Tiefgaragenfortluft auf dem Dach eines Verwaltungsgebäudes. Der Austrittsquerschnitt ist maßstabsgetreu nachgebildet, die Höhe der Fortluftmündungen ist im Modell variabel ausgebildet, womit eine Optimierung vorgenommen wird.

An möglichen Außenluftansaugstellen für Lüftungsanlagen, im Nahbereich öffentlicher Fenster oder in Eingangsbereichen werden Luftproben entnommen. Diese Proben werden einem auf das Tracergas sensibilisierten Gasanalysator zugeführt und der Tracergasgehalt bestimmt. In Abhängigkeit der beim Versuch eingestellten Windgeschwindigkeit wird anschließend die Verdünnung der Abgaskonzentrationen ermittelt und in Form dimensionsloser Konzentrationswerte (K-Werte) dargestellt.

$$K = \frac{C_I \cdot u_{bez} \cdot H_{bez}^2}{C_E \cdot Q} \quad [-] \quad \text{mit}$$

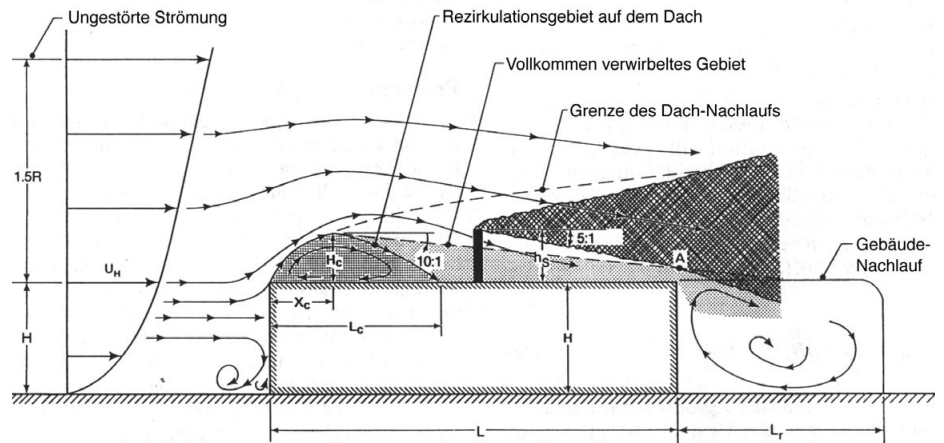
C_I Immissionskonzentration
 C_E Emissionskonzentration
 u_{bez} Windgeschwindigkeit in Bezugshöhe
 H_{bez} Bezugshöhe z.B. Gebäudehöhe
 Q Kaminvolumenstrom

Der Austrittsimpuls der Fortluft ist neben der Quellhöhe ein wesentlicher Faktor für die erzielbare Verdünnung im Nahbereich des Gebäudes. Dieser Austrittsimpuls wird durch die Austritts-

Im Rahmen von Genehmigungsverfahren wird die Ausbreitungssituation an Hand absolut

Auf diese Weise lassen sich aus den gegebenen Emissionsdaten eines Abgas- oder Abluftkamins die zu erwartenden Maximalwerte für die betrachteten Aufpunkte ermitteln.

Diese Werte sind geeignet, mit Prüf- oder Grenzwerten aus Richtlinien oder Gesetzen verglichen zu werden.



Die nötige Kaminhöhe wird im Experiment individuell auf die Umgebungssituation abgestimmt (Abb. n. Wilson).

geschwindigkeit und die Dichte der Fortluft bestimmt.

Für die zu untersuchenden Fortlüfte oder Abgase werden typische Richtwerte der Austrittsgeschwindigkeit vorgegeben. Bei zunehmender Windgeschwindigkeit erhöht sich der Impuls der Anströmung, wodurch unter Umständen eine Ablenkung und Rückführung der Fortluftfahne bewirkt werden kann.

Die korrekte Modellierung einer Fortluftfahne ist dann gegeben, wenn die Quotienten von Fortluftimpuls und Anström-(Wind-)impuls im Modell und in der Großausführung gleich groß sind. Dies bewirkt, dass die Fahnenüberhöhungen im Modell und im Original einander entsprechen. Zur Erfassung der worst-case Situation werden üblicherweise verschiedene typische Windgeschwindigkeitsverhältnisse untersucht und dafür die dimensionslosen Konzentrationswerte wie folgt angegeben: Die, auf die Emissionskonzentration C_E bezogene Immissionskonzentration C_I an einer Messstelle lässt als ein windgeschwindigkeitsabhängiger Verdünnungsfaktor betrachten.

Der Verdünnungsfaktor kann zur Bestimmung einer 'worst case' Situation in Abhängigkeit der Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Kaminhöhen für die einzelnen Quellpositionen an möglichen Außenluftansaugpositionen herangezogen werden.

Der im Original bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit zu erwartende Verdünnungsfaktor lässt sich aus den gemessenen K-Werten dann berechnen nach:

$$\frac{C_I}{C_E} \Big|_{Original} = \frac{K \cdot Q}{u_{bez} \cdot H_{bez}^2} \quad [-]$$

Leistungen der GfA zum Thema Ausbreitung von Fortluft und Abgasen im Überblick:

- **Immissionsprognosen:** Als Beitrag für Umweltverträglichkeitsprüfungen erstellt die GfA Prognosen über die Auswirkungen eines Bauvorhabens auf die Luftqualität in städtischer Umgebung. Dies schließt die Ermittlung von Jahresmittelwerten und 98-Perzentilwerten nach 23. BImSchV ein.
- **Kaminhöhen:** Bei Unterschreitung von, durch Normen oder Richtlinien vorgegebenen Kaminhöhen ermittelt die GfA im Einzelfall im Windkanalexperiment die minimal nötigen Kaminhöhen und führt den Nachweis des ausreichenden Abtransportes der Schadstoffe über Dach.
- **Außenluft und Fortluft:** Die GfA überprüft geplante Standorte von Außenluftansaugrichtungen und Fortluftkaminen im Hinblick auf mögliche Kurzschlüsse oder gibt Empfehlungen für geeignete Anordnungen und Austrittsbedingungen.

GfA – Gesellschaft für Aerophysik mbH

Aidenbachstraße 52
 D-81379 München

Tel.: +49 89 7233081
 Fax: +49 89 7233082
 e-mail: info@gfa.de
 Internet:
 http://www.gfa.de

