

Screening Modell zur Beurteilung der Immissionsbelastung um Parkgaragen

Prof.Dr.A.Zenger
FH Mainz

Dipl.Ing.M.Rau
Ingenieurbüro Rau

Einleitung

Die Lufthygiene in Siedlungsgebieten wird mittlerweile nicht mehr alleine von der flächenhaften Schadstofffreisetzung durch Hausbrand, aus der Industrie und dem Verkehr geprägt. Neuerdings häufen sich in vielen Stadtgebieten die Beschwerden von Anwohnern über die Belastung durch lokale Emissionsquellen wie z.B. durch Parkgaragen. Indem ganze Stadtbereiche als Fußgängerzonen oder mit Parkgenehmigungen nur für Anwohner ausgewiesen werden, wächst der Bedarf an verfügbarem öffentlichem Parkraum. Garagen mit 1000 Stellplätzen inmitten von Siedlungsgebieten sind mittlerweile keine Seltenheit. Die früher flächig freigesetzten Emissionen der in dem Stadtgebiet parkenden bzw. an- und abfahrenden Pkw treten nun räumlich eng begrenzt, d.h. „punktuell“ auf. In einer ausgewählten Tiefgarage mit 250 Stellplätzen, die im Tagesmittel nur zu 30% belegt war, wurde eine mittlere Benzol- Schadstofffreisetzung von 0,5 mg/s gemessen. Dies entspricht in etwa der Emission eines 100m langen Straßenabschnittes mit einem durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen von 20.000 Pkw. Nur, dass diese Emission nicht über eine Länge von 100 m verteilt ist, sondern eventuell durch eine oder mehrere Nachströmöffnung fast punktuell entweicht. Hierdurch kann es zu einer deutlichen Belastung der benachbarten Anwohner durch Benzol, Ruß, PM10, Toluol oder NO₂ kommen (Zenger, 1999). Besonders wenn die Abluftfreisetzung im unmittelbaren Nahbereich von Fenstern, Balkonen, Spielplätzen o.ä. erfolgt, sind Konflikte vorprogrammiert. Diese Immissionen schon in der Planungsphase zu prognostizieren und durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden oder bestehende Belastungen zu minimieren ist eine neue Aufgabe der Luftreinhaltung in Stadtgebieten.

Notwendigkeit eines Screeningverfahrens

Zur Immissionsprognose ist es nötig, daß sowohl die Emission aus der betrachteten Garage als auch die Ausbreitung und Verdünnung um die betrachtete Freisetzungsquelle ermittelt werden. Während die Emissionen einer speziellen Garage beispielsweise mit Hilfe des Programms MOPELIT (Zenger und v.d.Pütten 1998, 1999 und Zenger, 1998) auf der Basis weniger Eingangsgrößen bestimmt werden können, ist die Beurteilung der Ausbreitungsbedingungen für eine ausgewählte Gebäudeanordnung und Quellbedingung nur mit komplexen Strömungs- und Ausbreitungsmodellen möglich. Der hierfür erforderliche Aufwand ist dabei jedoch so groß, daß derartige Untersuchungen in der Planungsphase nicht standardmäßig zur Beurteilung der lufthygienischen Belastung um Parkgaragen durchgeführt werden können.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens (Rau, Zenger, 2001) das Screening- Modell ADIP (*Abschätzung der Immissionen um Parkgaragen*) entwickelt, mit dem die Immissionen im Bereich der Abluftöffnungen von Parkgaragen für standardisierte Bebauungsstrukturen und unterschiedliche meteorologische Situationen abgeschätzt werden können. Es sei jedoch schon im Vorfeld darauf hingewiesen, daß das Modell keine detaillierte Immissionsprognose unter Berücksichtigung der realen Bebauung ersetzen kann. Das Screeningmodell soll im Vorfeld einer geplanten Baumaßnahme, bei der Analyse der Lage bestehender oder geplanter Luftaustritte oder im Fall der Überprüfung bestehender Konflikte helfen,

- mögliche Belastungsschwerpunkte aufzuzeigen,
- Minderungspotentiale einzuschätzen
- sowie einen Vergleich der Relevanz unterschiedlicher Freisetzungsorte durchzuführen.

Screening-Modelle

Ein Screening-Modell ist ein einfaches Verfahren, mit dessen Hilfe die Immissionskonzentrationen sowohl für meteorologische Einzelsituationen als auch im Jahresmittel abgeschätzt werden können. Die Grundlage von Screening-Modellen bilden eine Vielzahl von Ergebnissen, die im Vorfeld mit komplexen Ausbreitungsmodellen für standardisierte Randbedingungen gewonnen werden. Standardisierte Randbedingungen bedeutet, daß die Immissionen flächendeckend für fest vorgegebene

- Quellbedingungen
- Emissionen $E_{\text{Screening}}$
- Windgeschwindigkeiten $U_{\text{Screening}}$
- Windrichtungen
- und Bebauungsstrukturen

bestimmt werden. Für eine real gegebene Situation kann daraus die interessierende Immission I_{real} durch eine Skalierung mit der Emission E_{real} und der Windgeschwindigkeit U_{real} ermittelt werden:

$$I_{\text{real}} = I_{\text{Screening}} \cdot \frac{E_{\text{real}}}{E_{\text{Screening}}} \cdot \frac{U_{\text{Screening}}}{U_{\text{real}}} \quad (\text{Gl.1})$$

Mit Hilfe eines Screening-Modells zur Beurteilung der Immissionen um Parkgaragen muß es möglich sein, abzuschätzen, ob in einem konkreten Fall, das heißt für eine definierte Gebäude- und Quellkonfiguration, in der Umgebung des Freisetzungspunktes mit immissionsseitigen Problemen zu rechnen ist. Das Modell sollte daher eine große Bandbreite unterschiedlicher Bebauungs- und Quellkonfigurationen sowie eine Auswahlhilfe anbieten, damit auch ein fachfremder Anwender für einen gegebenen Fall eine passende Wahl treffen kann. Da zur Beurteilung der Immissionen meist Jahresmittelwerte relevant sind, müssen mit Hilfe des Screeningmodells auch statistische Kenngrößen berechenbar sein.

Das Modellkonzept von ADIP

Kernstück der Basisversion des Screening-Modells ADIP ist eine Datenbank mit mehr als 8000 Immissionsfeldern, die für unterschiedlich positionierte Einzelquellen in verschiedenen Gebäudeanordnungen unter standardisierten Bedingungen berechnet wurden. Daraus können die Immissionen in der Umgebung von unterschiedlichsten Freisetzungsbereichen, wie z.B. Portalen, Lüftungsschächten, gebäudenahen Nachströmöffnungen etc. ermittelt werden. Dem liegt der Ansatz zugrunde, dass die Immissionsverteilung um eine z.B. 8 m lange Linienquelle in etwa der Immissionsverteilung, die man durch Überlagerung von vier benachbarten, 2 m langen einzelnen Quellen enthält, entspricht.

Dieser Ansatz wird in verschiedenen praxisbezogenen Ausbreitungsmodellen angewendet, obwohl er physikalisch nicht ganz korrekt ist. Das Problem bei dieser Angehensweise ist, dass die turbulente Diffusion proportional zum Gradienten der Konzentration ist und sich somit in Quellnähe das Resultat bei einer Überlagerung der Ergebnisse von Einzelquellen von dem Resultat einer langgezogenen Quelle unterscheiden muß. Ausführliche Sensitivitätsuntersuchungen, die im Vorfeld durchgeführt wurden, belegen jedoch, dass die hierdurch hervorgerufenen Fehler im vorliegenden Fall schon in einem Abstand von einigen Metern seitlich der Quelle auf wenige Prozent zurückgehen.

Berücksichtigung unterschiedlicher Bebauungsstrukturen

Um die Praxistauglichkeit eines Screeningmodells zu gewährleisten stellt sich die Frage, welche Gebäudeanordnungen und –geometrien bzw. Quellpositionen aufzunehmen sind, um möglichst viele in der Realität auftretende Fälle darstellen zu können. Prinzipiell existiert eine unendliche Anzahl von möglichen Kombinationen der Gebäudekonfiguration und Positionen der Abluftöffnungen. Diese müssen auf ein realistisches Maß reduziert werden. Die Auswahl der in ADIP wählbaren Bebauungsfälle und Quellpositionen basiert auf den Ergebnissen einer Vorstudie, in der die Informationen zur Bebauungsstruktur um mehr als 60 Garagen in 12 bundesdeutschen Städten ausgewertet wurden (Zenger und Simon, 2001). Für die erste Realisierungsstufe von ADIP wurde die Umgebungsbebauung in die 5 in der Abb. 1 dargestellten Bebauungsgrundtypen sowie den (nicht abgebildeten) Fall eines freien Geländes unterteilt:

- Einzelgebäude
- unterbrochener einseitiger Gebäuderiegel
- durchgängiger einseitiger Gebäuderiegel
- einseitig durchbrochene Straßenschlucht
- beidseitig geschlossene Straßenschlucht

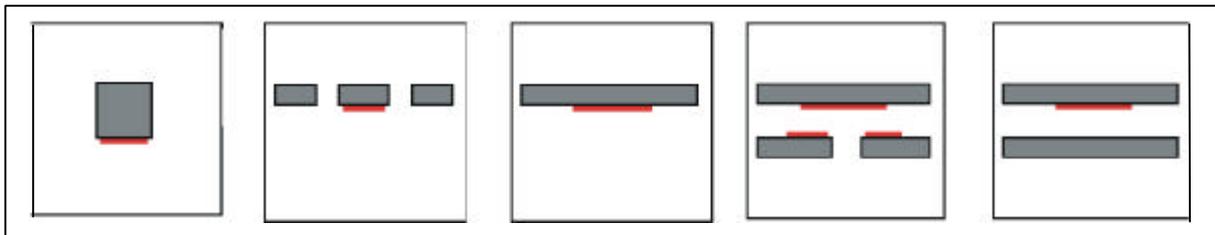


Abb. 1: Schematische Darstellung unterschiedlicher Bebauungsgrundtypen und der Bereiche, innerhalb derer die Abluftöffnungen der Garage festgelegt werden können (rote Markierung)

Weitere Bebauungsstrukturen, wie z.B. die Freisetzung in einen Gebäude-Innenhof sind in Arbeit. Für jeden Bebauungsgrundtyp können die wesentlichen Lineardimensionen, das sind die Höhe der Randbebauung und die Breite der Straßenschlucht, angepaßt werden. In der nachfolgenden Abbildung 2a und 2b ist exemplarisch die Zuordnung einer Garagenabluftöffnung in einer einseitig unterbrochenen Straßenschlucht zu der vereinfachten Bebauungsstruktur in ADIP dargestellt.

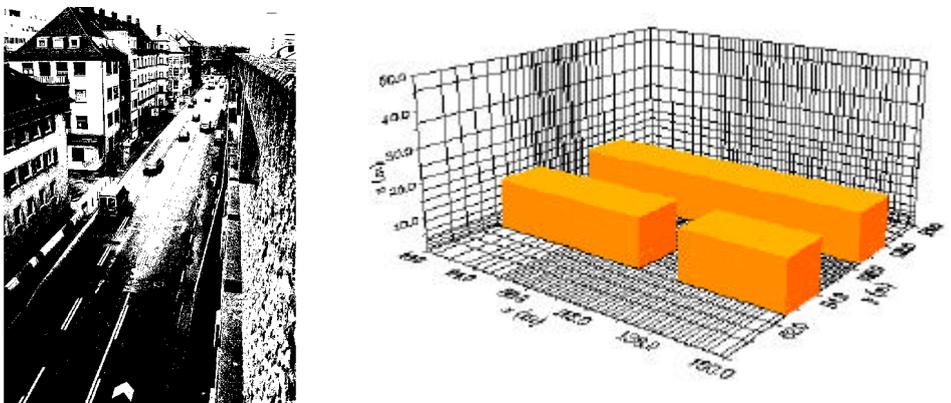


Abb. 2 : Beispiel einer realen Garage in einer einseitig unterbrochenen Straßenschlucht (Photo links), und der Bebauungsgrundtyp, der diesem Fall am ähnlichsten ist (rechts)

In vielen realen Fällen liegen jedoch keine derart einfachen Bebauungsstrukturen vor und auch eine genaue Übereinstimmung der tatsächlichen und in ADIP wählbaren Gebäudehöhe und Straßenbreite ist kaum zu erreichen. Der Nutzer muß daher aus der vorhandenen Palette einen „ähnlichen“ Fall so auswählen, dass konservative Ergebnisse zu erwarten sind.

Umsetzung

Der konzeptionelle Aufbau des Screening- Modells ADIP ist in der Abb.3 dargestellt.

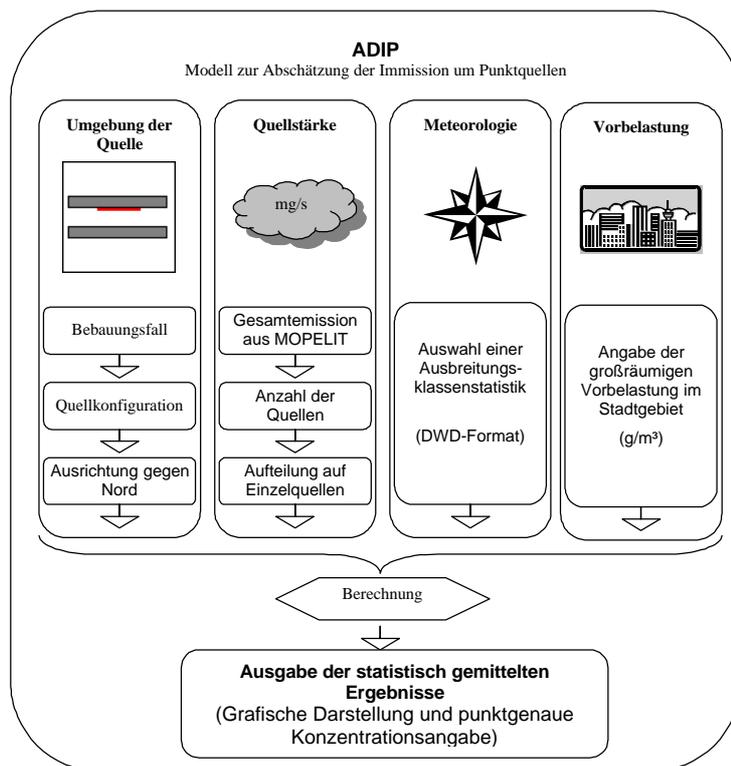


Abb.3: Konzeptioneller Aufbau des Modells ADIP

Als wesentliche Einflußfaktoren muss der Anwender

- die Art und Geometrie der Bebauungsstruktur, die Orientierung der Bebauung gegen Nord sowie die Lage und Ausdehnung der Quelle relativ zum Gebäude
- die Quellstärke und Quellbedingungen
- die meteorologischen Kenngrößen (Windstärke und -richtung)
- die Vorbelastung

angeben. Das Vorgehen soll nachfolgend anhand eines Beispiels erläutert werden.

Beispiel: Immissionsbelastung um ein Tiefgaragenportal

Nachfolgend ist ein hypothetischer, reell nicht existierender Fall beschrieben, der so oder so ähnlich in vielen Städten auftritt. Die betrachtete Tiefgarage mit 241 Stellplätzen soll zu einem Bürogebäude gehören, das in einem 17 m hohen Bebauungsriegel untergebracht ist. Die Garage wird zu 70% über ein 6 m breites und 2,2 m hohes Portal natürlich zu einem freien Platz hin entlüftet. Die restliche Emission erfolgt mit einer Zeit- und CO- gesteuerten mechanischen Abluftführung über Dach. Rund um das Portal sind Fenster angeordnet.



Abb.4: Beispiel von Fenstern im unmittelbaren Nahbereich eines Tiefgaragenportals, wie dies in verschiedenen Städten öfter zu beobachten ist

Die Pkw sollen in der Garage eine mittlere Wegstrecke von 180 m zurücklegen. Pro Tag fahren 220 Fahrzeuge ein und aus. Mit einer mittleren Standdauer von 8 h ist die Garage im Tagesmittel nur zu etwa 35% belegt. Es muß betont werden, dass kommerzielle Garagen normalerweise eine erheblich höhere Belegung und Wechselrate aufweisen. Die mittlere Emission (Tagesmittel) aus der Garage ergibt sich mit Hilfe des Programms MOPELIT mit diesen Angaben zu 0,4 mg/s Benzol, 1 mg/s NO_x und 0,04 mg/s Ruß. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse von MOPELIT nicht nur auf theoretischen Überlegungen und ausgewählten Laboruntersuchungen auf Rollenprüfständen, sondern auf Messungen in reellen Tiefgaragen beruhen. Die oben aufgeführten Emissionen wurden durch eine Untersuchung in einer vergleichbaren Garage bestätigt (Zenger, 1998).

Ausgehend von den gegebenen Emissionsmassenströmen stellt sich die Frage, wie hoch die Immissionen im Bereich der um das Portal angeordneten Fenster und Zugänge sind. In ADIP findet sich ein vergleichbarer Bebauungsgrundtyp, der durchgängige Gebäuderiegel (Abb.5). Das Screeningprogramm bietet für diesen Fall drei verschiedene Höhen an, und zwar 15m, 20m und 25m. Eine Gebäudehöhe von 15 m kommt der tatsächlichen Bebauungshöhe von 17 m nahe und wird im folgenden Beispiel gewählt. Der Gebäuderiegel soll in Ost - Westrichtung orientiert sein.

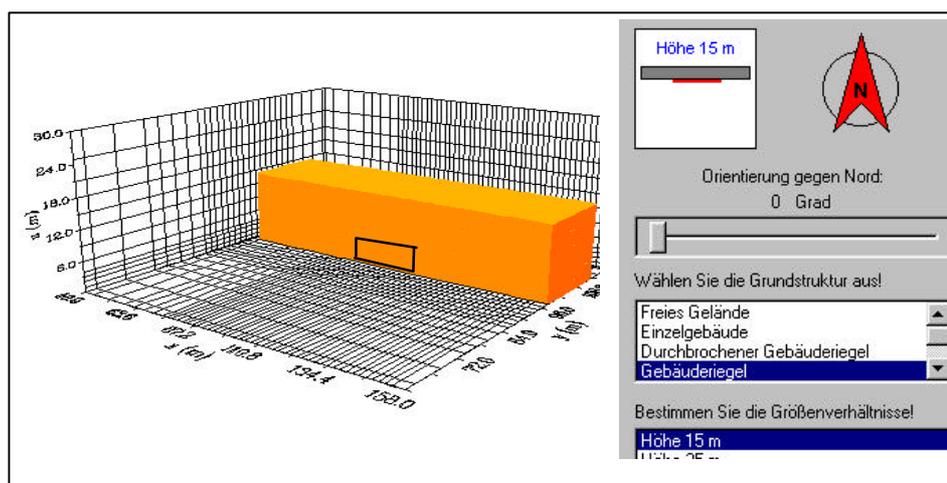


Abb. 5: Wahl des Bebauungstyps „einseitiger Gebäuderiegel“ mit 15 m Höhe

Nach der Auswahl des Bebauungstypes, der Höhe desselben und der Ausrichtung der Gebäudelängsachse gegen Nord muß die Ausdehnung und Lage der Ablufftfreisetzung festgelegt werden. In dem hierfür zur Verfügung stehenden Menüpunkt kann die 6 m lange Portalquelle aus 3 Einzelquellen zusammengesetzt werden. Der Vorteil dieses Verfahrens

ist, dass der Nutzer sehr unterschiedliche Quellkonfigurationen selbst festlegen kann. Die für das beschriebene Beispiel bestimmte Quellverteilung ist in der Abb. 6 dargestellt.

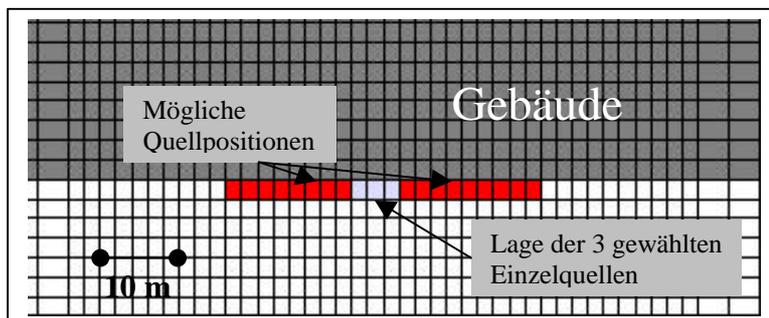


Abb.6: Spezifikation der Portalquelle aus 3 Einzelquellen in dem entsprechenden Untermenü

Nach der Eingabe der Quellstärke und Vorbelastung kann man spezifizieren, ob die Immissionsverteilung für eine einzelne meteorologische Situation oder ob der Jahresmittelwert der Immission unter Zugrundelage einer Windstatistik berechnet werden soll. Als Beispiel soll eine gleich verteilte Windrichtungsverteilung mit einem Jahresmittel der Windgeschwindigkeit von 3 m/s in 10 m Höhe herangezogen werden. Selbstverständlich kann der Anwender aber auch eine standortspezifische Windstatistik einbinden. Die Berechnung der Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung erfolgt analog der Gl.1, wobei eine Mittelung über die Häufigkeit der verschiedenen Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten erfolgt. Da ADIP bei der Berechnung auf eine Immissionsdatenbank zurückgreift, liegt das Ergebnis schon nach wenigen Sekunden Rechenzeit vor.

Als ein Ergebnis ist in der Abb. 7 für das beschriebene Beispiel der Jahresmittelwert der Benzol - Zusatzbelastung in Isolinienform zusammen mit der Gebäudefassade dargestellt.

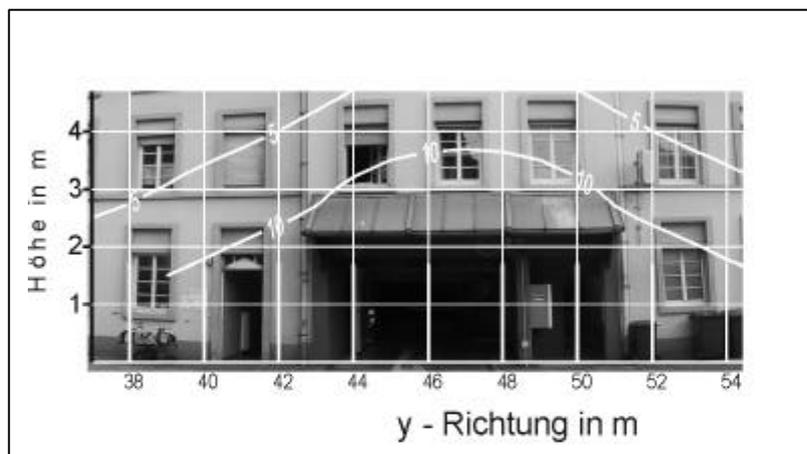


Abb.7: Jahresmittel der Benzol - Zusatzbelastung in Isolinienform in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Es muss betont werden, dass in dem beschriebenen Beispiel ein rein hypothetischer Fall behandelt wurde. Ähnlichkeiten mit existierenden Tiefgaragen sind rein zufällig

Man erkennt, dass für das beschriebene Beispiel im Fensterbereich der unmittelbaren Anwohner Jahresmittelwerte der Benzolzusatzbelastung von bis zu $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auftreten können. Diese vergleichsweise hohe Immissionszusatzbelastung ist überraschend, vor allem

wenn man bedenkt, dass für die Beispielrechnung angenommen wurde, dass die Garage im Mittel nur zu 35% belegt ist, dass 30% der Abluft mechanisch über Dach abgeführt wird und eine vergleichsweise hohe mittlere Windgeschwindigkeit von 3 m/s vorherrscht.

Vergleicht man diese Zusatzbelastung mit dem geplanten EU- Grenzwert von 5 µg/m³ für die Gesamtbelastung, so wird klar, dass bei der Beurteilung von geplanten und bestehenden Tiefgaragen ein besonderes Augenmerk auf die Abluffreisetzung gelegt werden sollte. Es ist zu hoffen, dass die im Gründruck der überarbeiteten VDI-Richtlinie 2053 „Raumluftechnische Anlagen für Garagen“ geplanten Vorgaben zur Berücksichtigung der Immissionsbelastung im Nahbereich von Abluftöffnungen auch umgesetzt werden.

Literatur

Zenger, A., v.d.Pütten, N., (1998): Entwicklung eines numerischen Modells zur Prognose der Emissionen und mittleren Luftqualität in Tiefgaragen. Abschlußbericht über das Projekt 12667, Deutsche Bundesstiftung Umwelt.

Zenger, (1998): Luftqualität in und um Tiefgaragen, *Immissionschutz* 4, 1998 und 1, 1999

Zenger, A., v.d.Pütten, N., (1999): Überprüfung eines numerischen Modells zur Prognose der Emissionen und mittleren Luftqualität in Tiefgaragen sowie Bewertung weiterer, nicht limitierter Immissionen in Tiefgaragen. Abschlußbericht über das Projekt 12667, Deutsche Bundesstiftung Umwelt.

Zenger (1999): Gesundheitliche Relevanz von Tiefgaragenemissionen, *Wohnmedizin und Bauhygiene*, Heft 6, Dezember 1999

Zenger, A., Simon, H., (2001): Ermittlung typischer Gebäudekonfigurationen in der Umgebung von Pkw-Tiefgaragen sowie Erfassung weiterer Garagen-Kenngrößen. *FH Mainz*, 2001

Rau, A., Zenger, A., (2001): Entwicklung eines benutzerfreundlichen Screening-Modells zur Abschätzung der Immissionskonzentrationen im Nahbereich von innerstädtischen Parkanlagen und Tiefgaragen. Abschlußbericht über das Projekt 08391, Deutsche Bundesstiftung Umwelt.

Anschrift der Verfasser

Prof.Dr.A.Zenger
FH Mainz
Holzstr. 36
55116 Mainz
Axel.Zenger@fh-mainz.de

Dipl.Ing.M.Rau
Ingenieurbüro Rau
Traminerstr.8
76228 Karlsruhe