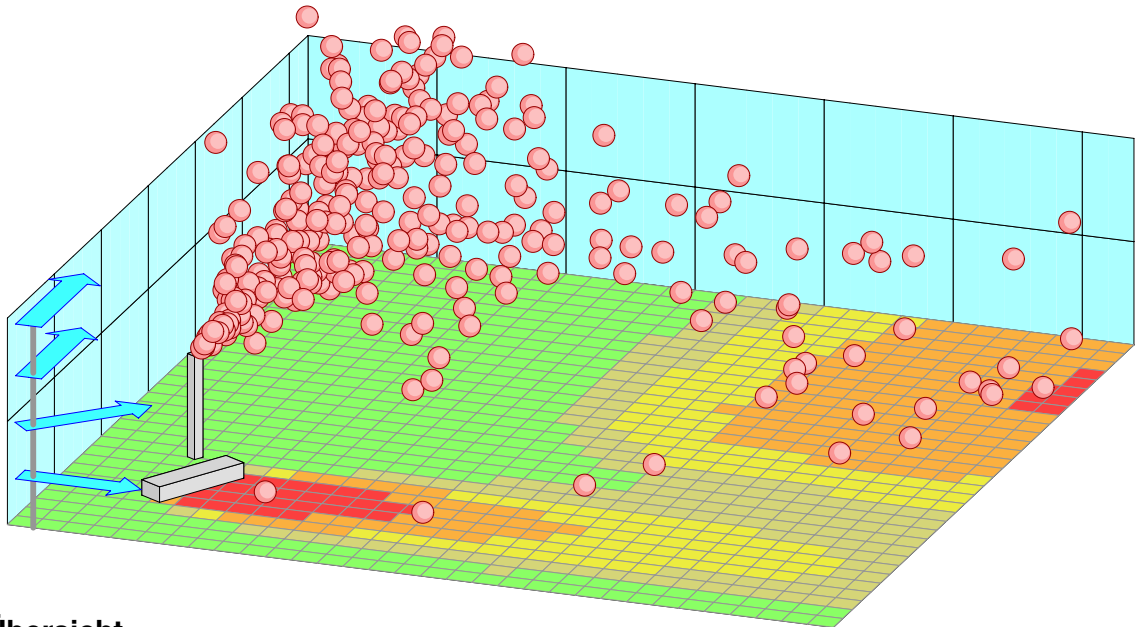


## Ein Programmsystem zur Berechnung von Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre



### Übersicht

Das Ausbreitungsmodell LASAT (Lagrange-Simulation von Aerosol-Transport) berechnet die Ausbreitung von Spurenstoffen in der Atmosphäre, indem für eine Gruppe repräsentativer Stoffpartikel der Transport und die Dispersion durch einen Zufallsprozeß auf dem Computer simuliert wird (Lagrange-Simulation). Vorteile gegenüber anderen Modellierungstechniken sind:

- Im Nahbereich von Quellen (bis einige 100 m Quellentfernung) wird die Dispersion in der Atmosphäre durch den Lagrange-Ansatz wesentlich korrekter beschrieben als durch Modelle, die auf der klassischen Diffusionsgleichung beruhen.
- Die Dispersion wird nicht durch numerische Effekte, wie sie bei Differenzenverfahren in der Regel unvermeidbar sind, verfälscht. Eine Punktquelle wird zum Beispiel tatsächlich als punktförmige Quelle behandelt.
- Durch Wahl der Partikelzahl kann der Anwender selbst bestimmen, ob er kurzer Rechenzeit oder hoher Rechengenauigkeit den Vorzug gibt.

- Komplexe Quellsysteme (z.B. große Straßennetze) lassen sich viel ökonomischer handhaben als bei Fahnenmodellen, indem die Anzahl der freigesetzten Simulationspartikel proportional zur lokalen Quelledichte gewählt wird.

LASAT ist ein Werkzeug für den Fachmann zur Beurteilung von Ausbreitungssituationen. LASAT beruht auf einem Forschungsmodell, das 1980 entwickelt und in verschiedenen Forschungsvorhaben erprobt wurde. Seit 1990 ist es allgemein als Softwarepaket verfügbar und wird bei Landesbehörden, TÜV's, Gutachterbüros und der Industrie als Standardwerkzeug eingesetzt.

LASAT war Grundlage für die Entwicklung des Ausbreitungsmodells AUSTAL2000, dem offiziellen Referenzmodell der TA Luft. LASAT ermöglicht die Behandlung von Fragestellungen, die über den Anwendungsbereich der TA Luft hinausgehen.

Die stetige Weiterentwicklung und Anpassung an die Bedürfnisse der Praxis garantieren ein ausgereiftes, vielseitig einsetzbares Werkzeug.

---

*Das Farbbild zeigt eine komplexe Quellkonfiguration (Schornstein als Punktquelle, Halle als Flächenquelle) in einer Scherströmung: in Bodennähe weht der Wind aus Westen, in der Höhe aus Süden (blaue Pfeile). Entsprechend liegt die vom Schornstein verursachte bodennahe Belastung nordöstlich, die von der Halle verursachte östlich der Quellen.*



### Eigenschaften von LASAT 3.4

Das Ausbreitungsmodell LASAT berechnet die Ausbreitung passiver Spurenstoffe in der unteren Atmosphäre (bis ca. 2000 m Höhe) im lokalen und regionalen Bereich (bis ca. 200 km Entfernung). LASAT ist ein Lagrange-sches Partikelmodell nach Richtlinie VDI 3945 Blatt 3. In diesem Modelltyp wird die Dispersion der Schadstoffpartikel in der Atmosphäre durch einen Zufallsprozeß auf dem Computer simuliert. Es werden folgende physikalische Vorgänge zeitabhängig simuliert:

- Transport durch den mittleren Wind,
- Dispersion in der Atmosphäre,
- Sedimentation schwerer Aerosole,
- Deposition am Erdboden (trockene Deposition),
- Auswaschen der Spurenstoffe durch Regen und nasse Deposition,
- chemische Umwandlungen erster Ordnung.

Eine Abgasfahnenüberhöhung wird parametrisch erfaßt, entweder gemäß Richtlinien VDI 3782 Blatt 3 (Kamine) und VDI 3784 Blatt 2 (Kühltürme) oder mit dem dreidimensionalen Überhöhungsmodell PLURIS. Gamma-Submersion (Wolkenstrahlung) radioaktiver Stoffe wird über einen Post-Prozessor berechnet. Für Geruchsstoffe einschließlich bewerteter Komponenten wird die Häufigkeit von Geruchsstunden gemäß GIRL bestimmt.

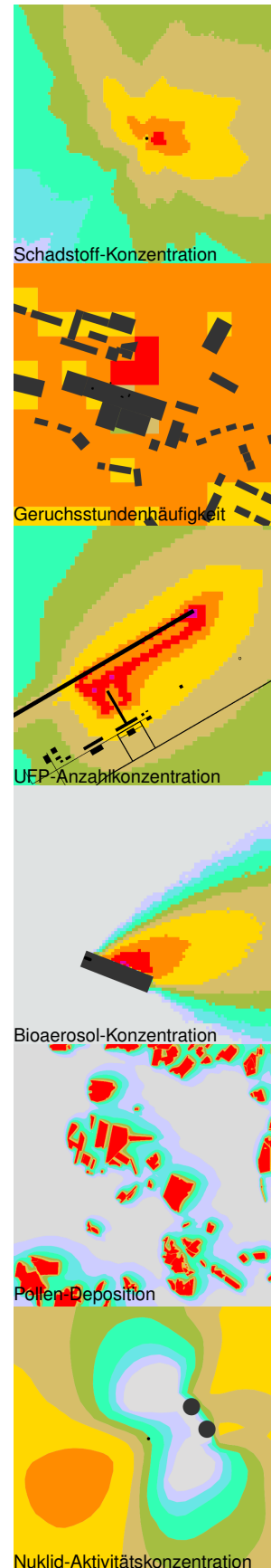
In horizontal homogenem Gelände werden die zeitabhängigen meteorologischen Größen durch ein ebenes Grenzschichtmodell beschrieben, optional nach Richtlinie VDI 3783 Blatt 8. Es greift auf einfache Parameter zur Charakterisierung der Wettersituation zurück. Daneben können Turbulenzdaten von Ultraschall-Anemometern und Vertikalprofile von SODAR-Geräten verarbeitet werden. Das dreidimensionale Grenzschichtprofil kann auch komplett aus einem anderen Modell übernommen werden.

Für Ausbreitungsrechnungen in gegliedertem Gelände oder bei Umströmung einzelner größerer Gebäude ist im meteorologischen Präprozessor ein diagnostisches Windfeldmodell integriert. Dreidimensionale Wind- und Turbulenzfelder aus anderen meteorologischen Modellen, in denen z.B. der Einfluß von dichter Bebauung oder Unebenheiten des Geländes detaillierter berücksichtigt sind, können auch explizit vorgegeben werden.

Emissionsquellen sind in beliebiger Anzahl als Punkt-, Linien-, Flächen-, Raster- oder Volumenquellen vorgebar. Die meisten Parameter der Ausbreitungsrechnung – insbesondere die Quellstärken bzgl. der einzelnen Stoffkomponenten, Quellorte, Umwandlungsraten, Depositionsgeschwindigkeiten – können über unabhängige Zeitreihen vorgegeben werden.

Das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung ist die für fortlaufende Zeitintervalle gemittelte dreidimensionale Konzentrationsverteilung der emittierten Spurenstoffe und die Massenstromdichte ihrer Deposition am Erdboden. Die Größe des Mittelungsintervalles ist vorgebar. Die horizontale räumliche Auflösung beträgt typischerweise 1 bis 3% des Rechengebietes. Die vertikale Auflösung kann höhenabhängig vorgegeben werden.

*Die nebenstehende Bildsequenz zeigt schematisch verschiedene Anwendungsbereiche von LASAT. Dargestellt ist jeweils die bodennahe Immis-sionsverteilung, dunkle Umrisse kennzeichnen Emissionsquellen oder Gebäude, die als Strömungshindernisse wirken. Grundlage sind konkrete Ausbreitungsrechnungen mit LASAT.*



Für den bei Partikelsimulationen immer auftretenden Stichprobenfehler (er kann durch Erhöhung der Partikelzahl beliebig verringert werden) wird während der Ausbreitungsrechnung ein Schätzwert berechnet.

Neben der dreidimensionalen Konzentrationsverteilung wird für vorgegebene Monitorpunkte die Zeitreihe von Konzentration und Deposition ausgewiesen.

Liegen die meteorologischen Daten als Zeitreihe über ein Jahr vor, können auch Jahresmittelwert, Perzentile und Überschreitungshäufigkeiten, z.B. entsprechend der TA Luft und EU-Direktiven, berechnet werden. Alternativ ist die Verwendung von Wetterstatistiken möglich.

Im Nahbereich von Quellen kann die Ausbreitungsrechnung mit erhöhter räumlicher Auflösung durchgeführt werden. Hierzu werden mehrere Rechnetze ineinander geschachtelt, deren Maschenweite sich von Netz zu Netz um einen Faktor 2 ändert. Die berechnete Konzentrationsverteilung kann auf jedem der Netze dargestellt werden.

LASAT ist verifiziert nach Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 und anhand einer Vielzahl experimenteller Datensätze validiert.

LASAT kann konform zur TA Luft (2002 und Entwurf 2018) eingesetzt werden und liefert damit identische Ergebnisse wie AUSTAL2000 bzw. AUSTAL. Die erforderlichen Parameterwerte sind im Referenzbuch erläutert.

## Das Programmsystem

Das Programmsystem ist in ANSI-C und JAVA geschrieben. Es besteht aus mehreren Komponenten:

### Grenzschichtmodell:

Es erzeugt die meteorologischen Eingabe-

felder, entweder als ebene Grenzschicht unter Verwendung üblicher Grenzschichtparameter und/oder vorgegebener Vertikalprofile oder als dreidimensionale Felder unter Verwendung eines diagnostischen Windfeldmodells oder über die Umsetzung vorgegebener Windfelder.

### Ausbreitungsmodell:

Es berechnet die dreidimensionale Konzentrationsverteilung und die Verteilung von trockener und nasser Deposition. Informationen zu den Kurzzeitwerten werden für eine spätere Auswertung abgespeichert. Eine Ausbreitungsrechnung kann bei Bedarf unterbrochen und zu einem späteren Zeitpunkt fortgesetzt werden.

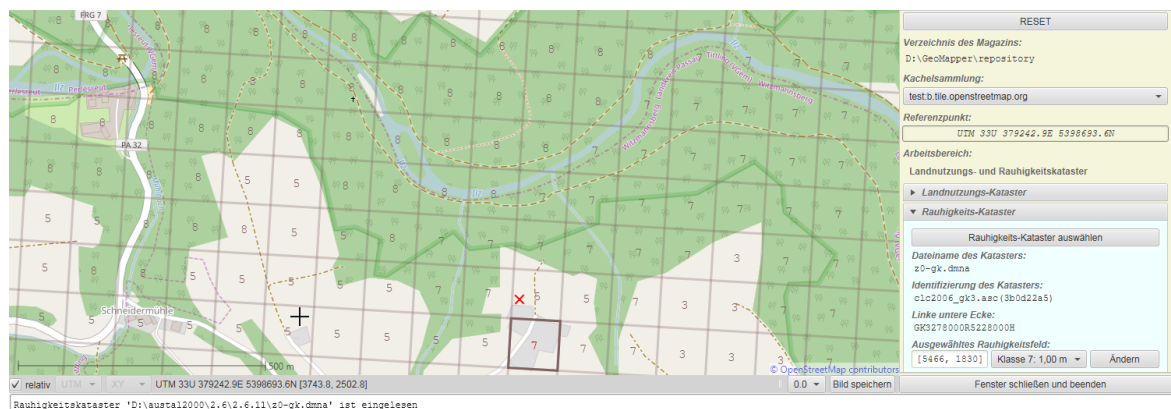
### Prä- und Postprozessoren:

Es wird eine Reihe von Hilfsprogrammen bereitgestellt, von denen neuere in dem Werkzeugkasten *LASAT Tools* mit einer einheitlichen, interaktiven Benutzeroberfläche gebündelt sind. Zu den Aufgaben gehören unter anderem: Darstellung und Verwendung von OpenStreetMap-Karten, Auswertung von Katastern zur Rauigkeit und Landnutzung, Prüfung der Eingabedaten, Konvertierung von externen Dateiformaten, interaktive Festlegung von Objektumrissen, Ergebnisauswertung gemäß TA Luft, interaktive Ergebnisdarstellung.

## Hardware-Voraussetzungen

Das Standard-System wird für Windows (7 bis 10, 64-Bit) und für Linux (64-Bit) angeboten. Es werden ein DVD-Laufwerk für die Installation und ein USB-Anschluß für den Lizenzschlüssel benötigt. Empfohlener Arbeitsspeicher ist mindestens 2 GB und freier Festplattenplatz 10 GB.

Das Ausbreitungsprogramm und das Windfeldprogramm unterstützen *Multi-Threading*, die Anzahl der Prozessorkerne kann vorgegeben werden.



*Darstellung eines Rauigkeitskatasters in einer OpenStreetMap-Karte mit dem Werkzeug GeoMapper. Die Karten werden automatisch aus dem Internet geladen und lokal für die weitere Verwendung gespeichert. Sie sind weltweit einsetzbar und umfassen 18 Auflösungsstufen.*



## Formate, Dokumentation

Alle Ein- und Ausgabedaten stehen in formatierten Textdateien. Formate, Programme und zugrunde liegende Modelle sind im Referenzbuch (300 Seiten) beschrieben und werden anhand von Beispielen im Arbeitsbuch (60 Seiten) näher erläutert.

## Sprache, GUI

Dokumentation, Ausgabetexte und Parameterbezeichnungen sind in Englisch.

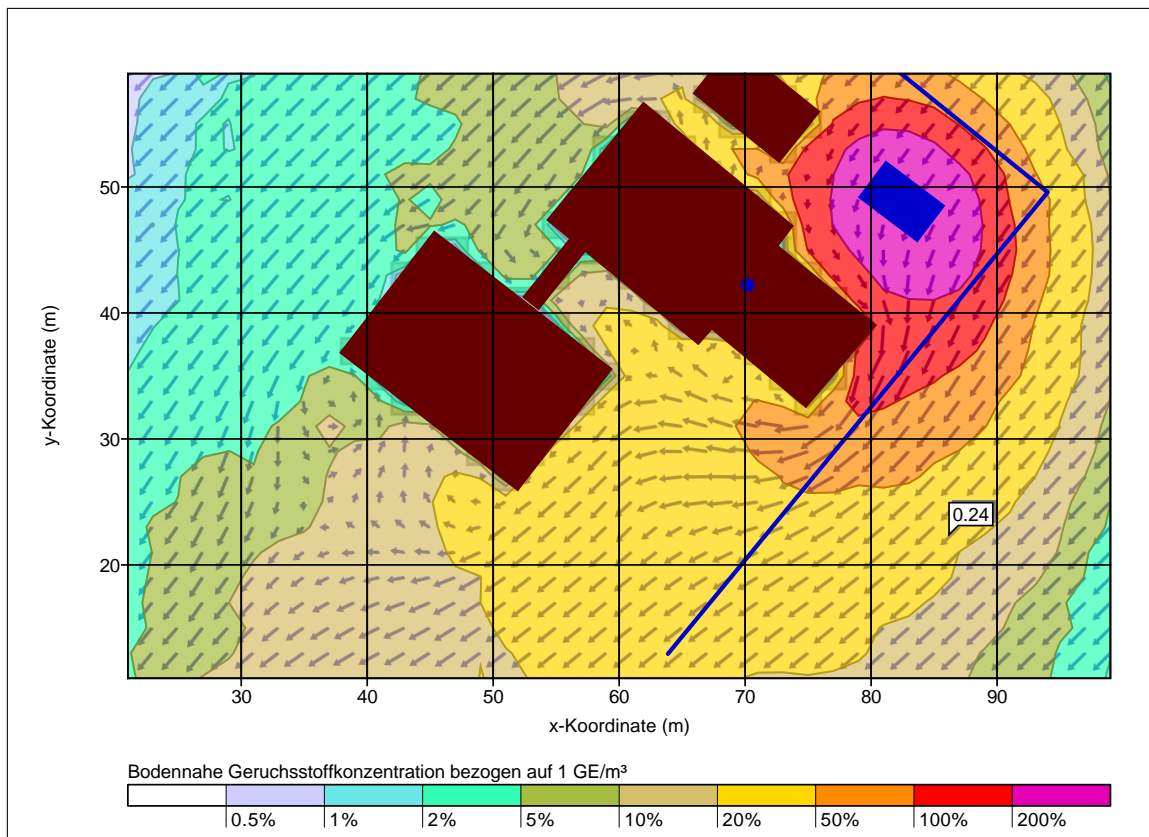
Die interaktiven Programme (unter anderem Kartendarstellung, Eingabedatenprüfung, Festlegung von Objektumrissen, Ergebnisauswertung, Ergeb-

nisdarstellung) besitzen eine grafische Benutzeroberfläche (Deutsch und Englisch).

Die interaktiven Programme setzen ein mitgeliefertes, lokales *JAVA Runtime Environment* (JRE) ein. Die Kernprogramme laufen in einem Konsolenfenster (DOS-Eingabefenster unter Windows).

## Demo-Version

Auf Anfrage kann eine kostenlose Demo-Version des Programmsystems bezogen werden. Sie ist identisch mit der Vollversion, aber ohne Lizenzierung. Mit ihr können die mitgelieferten Beispiele nachgerechnet und teilweise modifiziert werden.



Das Bild zeigt die bodennahe Konzentration eines Geruchstoffes, der von einem Graben, einem Silo und einem Kamin (blaue Umriss) freigesetzt wird. Mit dem integrierten diagnostischen Windfeldmodell wurden die Einflüsse der Gebäude (braune Umriss) berücksichtigt. Im Hintergrund ist das Strömungsfeld in Form einer Hintergrundkarte eingeblendet und an einem Ort wird der aktuelle Konzentrationswert mit einem Fähnchen angezeigt. Die Grafik wurde mit dem Postprozessor IBJdis als PDF-Datei abgespeichert und unverändert in dieses Dokument übernommen.



Ingenieurbüro Janicke  
Gesellschaft für Umweltphysik

Hermann-Hoch-Weg 1  
88662 Überlingen  
Deutschland

Telefon +49 (0)7551 947 1818  
Email [info@janicke.de](mailto:info@janicke.de)  
Internet [www.janicke.de](http://www.janicke.de)

Alle gezeigten Grafiken (außer Seite 1) sind Original-Ausgaben der im Programmsystem enthaltenen Grafik-Software.