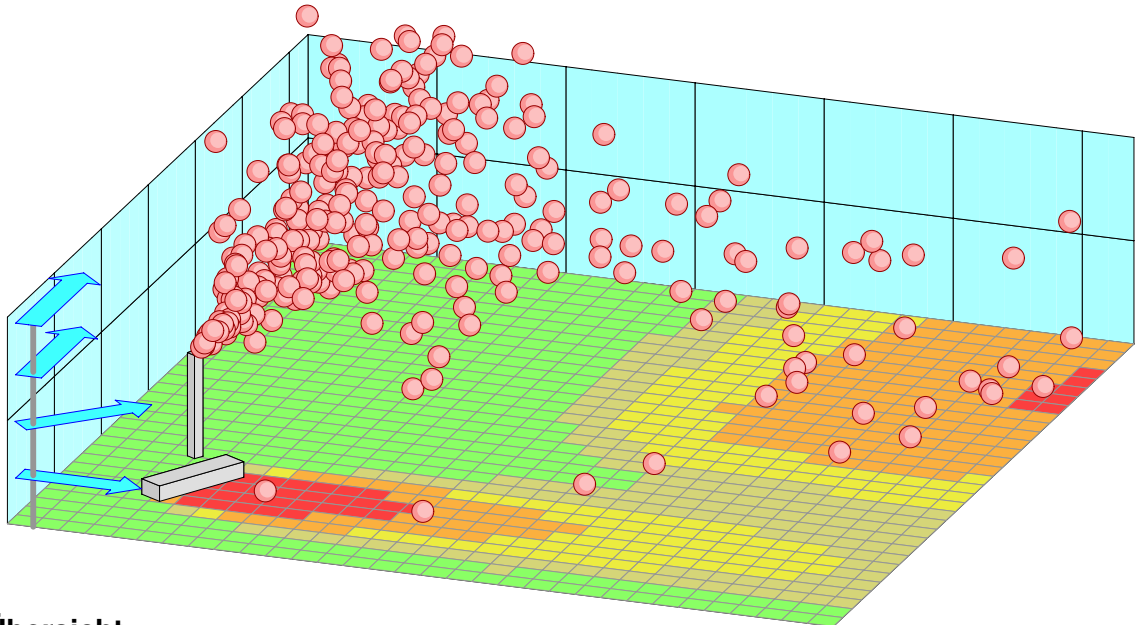


Ein Programmsystem zur Berechnung von Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre



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 3.3

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 der 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 gemäß Richtlinien VDI 3782 Blatt 3 (Kamine) und VDI 3784 Blatt 2 (Kühltürme). Gamma-Submersion (Wolkenstrahlung) radioaktiver Stoffe wird über einen Post-Prozessor berechnet. Für Geruchsstoffe einschließlich bewerteter Komponenten wird die Häufigkeit von Geruchsstunden gemäß GIRL bestimmt.

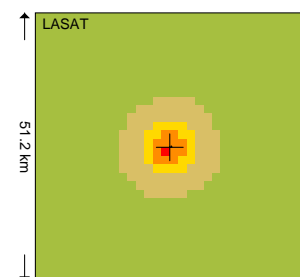
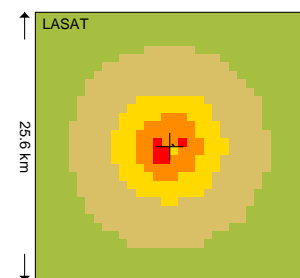
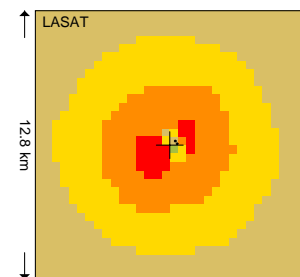
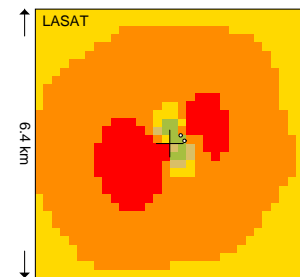
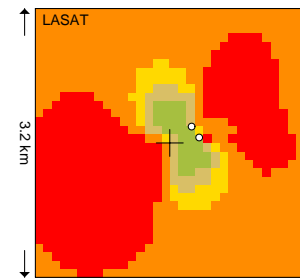
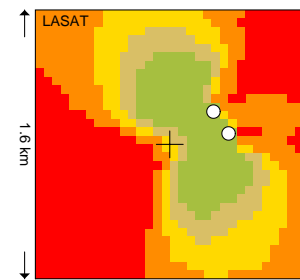
In horizontal homogenem Gelände werden die zeitabhängigen meteorologischen Größen durch ein ebenes Grenzschichtmodell beschrieben, optional nach Richtlinie VDI 3783 Blatt 8. Es greift auf einfache Parameter zur Charakterisierung der Wettersituation zurück. Daneben können Turbulenzdaten von Ultraschall-Anemometern 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 eine Netzschachtelung, wie sie im Kernkraftwerk-Fernüberwachungssystem des Landes Niedersachsen eingesetzt wird. Damit ist es möglich, sowohl mit feiner räumlicher Auflösung den Einfluß von Bauwerken (hier Kühltürme) in Quellnähe zu berücksichtigen (oben), als auch bis in Entfernungen von 25 km die Ausbreitung zu berechnen (unten). Dargestellt ist die bodennahe Konzentration bei einer isotropen Windrose.





Für den bei Partikelsimulationen immer auftretenden Stichprobenfehler (er kann durch Erhöhung der Partikelzahl beliebig verringert werden) wird während der Ausbreitungsrechnung ein Schätzwert berechnet. Er ermöglicht es auch dem Programm, die Fluktuationen in der berechneten Konzentrationsverteilung nachträglich zu glätten.

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 Rechenetze ineinander geschachtelt, deren Maschenweite sich von Netz zu Netz um einen Faktor 2 ändert. Die berechnete Konzentrationsverteilung kann auf jedem der Netze dargestellt werden (siehe Abbildungen auf der vorigen Seite).

LASAT is verifiziert nach Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 und anhand verschiedener experimenteller Datensätze validiert. Die Verifikationstests können vom Benutzer nachgerechnet werden.

LASAT kann konform zur TA Luft eingesetzt werden und identische Ergebnisse wie AUSTAL2000 liefern. Die erforderlichen Parameterwerte und Beispiele sind im Referenzbuch erläutert.

Das Programmsystem

Das Programmsystem ist in ANSI-C und JAVA geschrieben und besteht aus mehreren Komponenten,

die einzeln oder gemeinsam eingesetzt werden können:

Grenzschichtmodell:

Es erzeugt die meteorologischen Eingabefelder, 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.

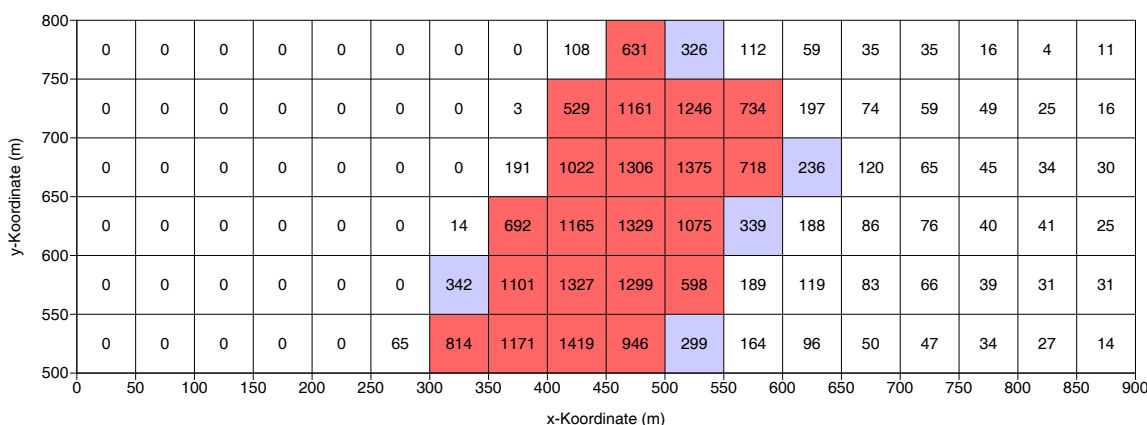
Prä- und Postprozessoren:

Es werden verschiedene Hilfsprogramme bereitgestellt, u.a. zur Prüfung der Eingabedaten auf formale Korrektheit und inhaltliche Plausibilität, zur Konvertierung von externen Dateiformaten in LASAT-Formate, zur interaktiven Festlegung von Objektumrissen, zur Ergebnisauswertung gemäß TA Luft und zur interaktiven Ergebnisdarstellung.

Hardware-Voraussetzungen

Das Standard-System wird für Windows XP/Vista/7/8 und für Linux angeboten. Ein DVD-Laufwerk für die Installation und ein USB-Anschluß für den Lizenzschlüssel werden benötigt. Empfohlener Arbeitsspeicher ist 2 GB und freier Festplattenplatz 10 GB.

Es werden 32-Bit- und 64-Bit-Programmversionen bereitgestellt. Das Ausbreitungsprogramm und das Grenzschichtprogramm unterstützen *Multi-Threading*, die Anzahl der eingesetzten Prozessorkerne kann vorgegeben werden.



Darstellung berechneter Konzentrationswerte (Ausschnitt) in Form einer Karten-Tabelle. Werte zwischen 200 und 400 und oberhalb von 400 sind farblich unterlegt.



Formate, Dokumentation

Alle Ein- und Ausgabedaten stehen in formatierten Textdateien. Formate, Programme und zugrunde liegende Modelle sind im Referenzbuch (270 Seiten) beschrieben und werden anhand von Beispielen im Arbeitsbuch (60 Seiten) näher erläutert.

Sprache, GUI

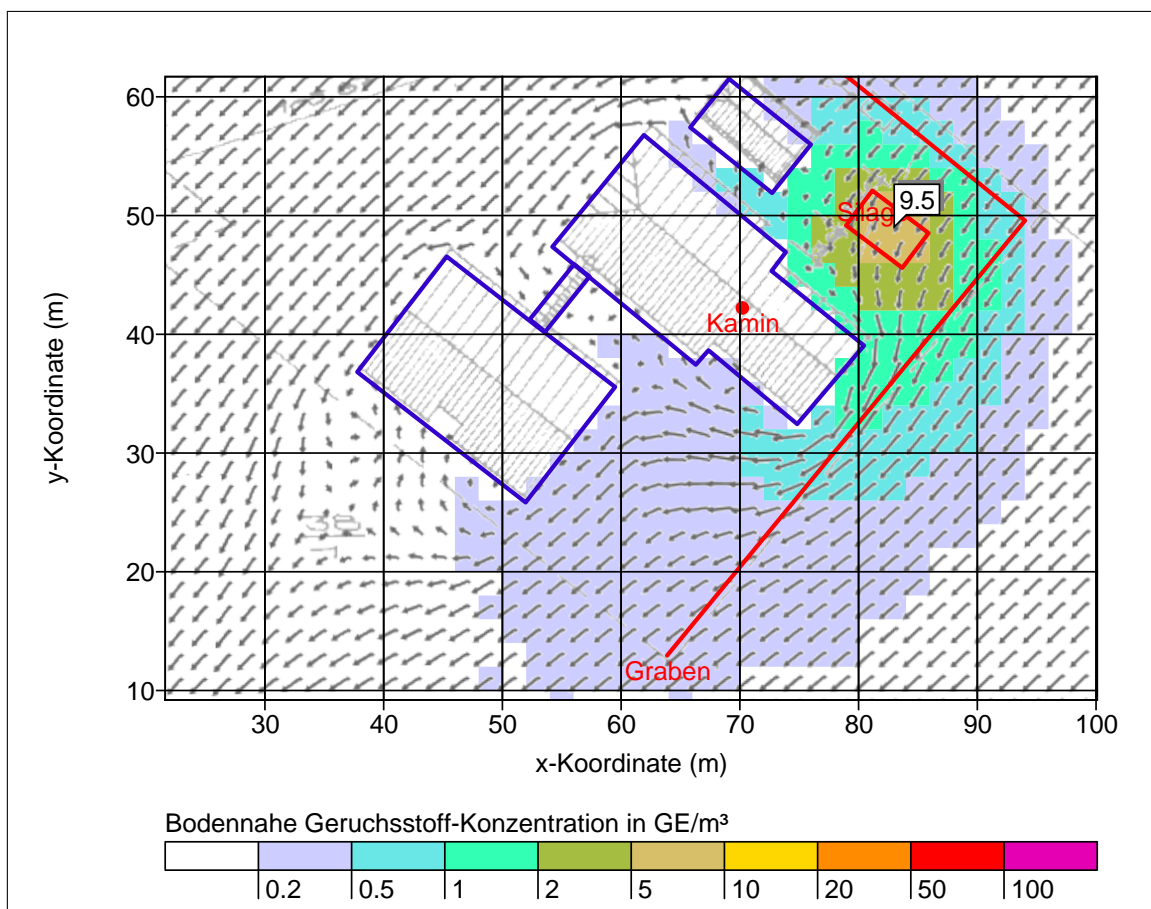
Dokumentation, Ausgabetexte und Parameterbezeichnungen sind in Englisch.

Die Kernprogramme laufen in einem Konsolenfenster (DOS-Eingabefenster unter Windows).

Die interaktiven Programme (Datenprüfung, Festlegung von Objektumrissen, Ergebnisauswertung und Ergebnisdarstellung) besitzen eine grafische Benutzeroberfläche (Deutsch und Englisch).

Demo-Version

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



Das Bild zeigt die bodennahe Konzentration eines Geruchstoffes, der von einem Graben, einem Silo und einem Kamin (rote Umrisse) freigesetzt wird. Mit dem integrierten diagnostischen Windfeldmodell wurden die Einflüsse der Gebäude (blaue Umrisse) berücksichtigt. Im Hintergrund ist der Anlagenplan und das berechnete Strömungsfeld eingeblendet, Wert und Ort der maximalen Konzentration werden in einem Fähnchen angezeigt. Die Grafik wurde mit dem Postprozessor IBJdis als PDF-Datei abgespeichert und unverändert in dieses Dokument übernommen.



Ing.-Büro Janicke
Gesellschaft für Umweltphysik
Deutschland

Büro Überlingen
Hermann-Hoch-Weg 1
88662 Überlingen

Telefon: +49 (0)7551 947 1818
Email: info@janicke.de
Internet: www.janicke.de

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