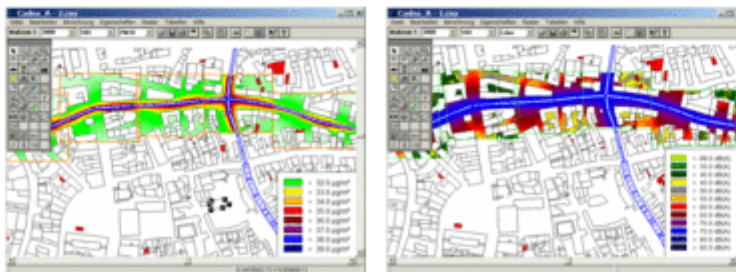


## Option APL - Luftschadstoffe

Der Leistungsumfang von CadnaA wird mit der Option APL um die Berechnung, Bewertung und Darstellung der punktbezogenen und flächenhaften Luftschadstoffbelastung erweitert. Es werden die Anforderungen der TA Luft 2002 an Ausbreitungsrechnungen für Luftschadstoffe erfüllt. Die Kennwerte der 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und der EG-Richtlinien 1999/30/EG und 2000/69/EG können berechnet werden.

Mit der Option APL wird die anwenderfreundliche Benutzerschnittstelle von CadnaA mit dem vom Umweltbundesamt (UBA) entwickelten → **Rechenmodell AUSTAL2000** verbunden. Mit der leistungsfähigen CadnaA PCSP-Technik (Program Controlled Segmented Processing) zur vollautomatischen Kachelung und Verknüpfung mehrerer Rechner innerhalb eines PC-Netzwerks kann die Verteilung der Schadstoffbelastung für beliebige Luftschadstoffe und beliebig große Umgriffe berechnet werden.



Q Feinstaubverteilung entlang einer Hauptstraße

Q Lden-Pegelraster für den selben Ausschnitt

## Anwendungsbereiche

- Emissions- und Immissionskataster Verkehr für Städte und Ballungsräume
- Emissions- und Immissionsprognosen zur Bewertung von Maßnahmen im Verkehrsbereich
- Maßnahmenbewertung im Rahmen von Lärminderungs- und Luftreinhalteplänen
- Emissions- und Immissionsprognosen für Industriequellen

Einige Anwendungsbeispiele finden Sie → [hier](#).

## Funktionen

- Schadstoffbelastungskarten für verschiedene Komponenten (z.B. PM<sub>10</sub> Feinstaub, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Benzol)
- Meteorologische Zeitreihen mit zeitabhängigen Emissionen aus Punkt-, Linien- und Flächenquellen
- Standardisierte Emissionsfaktoren für Straßenverkehr
- Hochaufgelöste Berechnung der Schadstoffverteilung einschließlich Gebäude- und Geländeeinfluss unter Verwendung der Daten aus Lärmkarten
- Berechnung großer Gebiete unter Einsatz der PCSP-Technik
- Rasterarithmetik: Überlagerung von Schadstoffverteilungen aus verschiedenen Emissionsquellen
- Anlagenspezifische Immissionsberechnung unter Berücksichtigung der Abgasfahnenüberhöhung (auch Ableitung über Kühltürme)

## Berechnung mittels AUSTAL2000 Modell

Mit der Option APL wird die anwenderfreundliche Benutzerschnittstelle von CadnaA mit dem vom Umweltbundesamt (UBA) entwickelten Rechenmodell AUSTAL2000 verbunden. Die Ausbreitungsrechnung erfolgt unter Einsatz eines Lagrange'schen Partikelmodells nach der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3. Dieses berücksichtigt zeitabhängige Emissionen bei Straßen- und Industriequellen, variable Windfelder in Abhängigkeit von der atmosphärischen Stabilität, sowie den Einfluss durch Gebäude und Gelände. Mit der Option APL kann auch detailliert die Immissionsbelastung an einzelnen Immissionspunkten berechnet werden. Für jedes AUSTAL2000 Rechengebiet können maximal 10 Immissionspunkte ausgewählt werden.

## Berechnungseinstellungen

- Stoff
- Mittelungsart (Jahr, Tag, Stunde)
- Auswertetyp (Mittel-, Maximalwert)
- Qualitätsstufe qs (-4 bis 4)
- Raster-Überlappung (m)
- Rauigkeitslänge z0 (m)
- Anemometer-Höhe (m)
- Anemometer-Position (m)
- Meteo-Datei (\*.akt oder \*.akterm)
- Berücksichtige Geländemodell
- Berücksichtige Häuser und Schirme
- Anzahl leere Randzellen
- Alte Windfelder (LIB) löschen<sup>1</sup>
- Alte Zeitreihe überschreiben<sup>2</sup>
- Bezugsjahr (für Verkehrsemissionen)

<sup>1</sup>Die Option "Alte Windfelder (LIB) löschen" gestattet es, bei veränderten Emissionsdaten der Quellen eine Neuberechnung ohne erneute Erzeugung der Windfelddateien durchzuführen. Dadurch kann die Rechenzeit bei großen Umgriffen erheblich abgesenkt werden.

<sup>2</sup>Die Option "Alte Zeitreihe überschreiben" ermöglicht die Verwendung extern erzeugter Zeitreihen, zum Beispiel bei Industriequellen mit nicht ganzjähriger Emission. Bei deaktivierter Option bleibt eine vorliegende Emissionszeitreihe erhalten.

**Schadstoffberechnung**

| Nr. | Stoff  | Mittelung | Typ        |
|-----|--------|-----------|------------|
| 1.  | pm-10  | Jahr      | Mittelwert |
| 2.  | pm-2.5 | Jahr      | Mittelwert |
| 3.  | o3     | Jahr      | Mittelwert |
| 4.  | no2    | Jahr      | Mittelwert |

Qualitätsstufe qs: 4

Raster-Überlappung (m): 400.00

Rauigkeitslänge z0 (m): 0.50  /m/sqrt(z)

Anemometer-Höhe (m): 10.00  Standard

Anemometer-Position (m): x: 0.00 y: 0.00

Meteo-Datei: /meteo05.akt

Berücksichtige Geländemodell

Berücksichtige Häuser und Schirme

Alte Windfelder (LIB) löschen

Alte Zeitreihe überschreiben

Bezugsjahr: 2005

🔍 Berechnungseinstellungen der Option APL

**Schadstoffemission**

aus Stromkomponenten berechnen

Emission pro Stunde

| Zeit  | no     | no2   | o3   | pm-2.5 | pm-10  | so2  |
|-------|--------|-------|------|--------|--------|------|
| 00:00 | 29.35  | 4.28  | 0.20 | 1.25   | 32.89  | 1.12 |
| 01:00 | 18.38  | 2.96  | 0.19 | 1.24   | 31.51  | 0.82 |
| 02:00 | 12.59  | 1.71  | 0.18 | 1.14   | 20.68  | 0.54 |
| 03:00 | 12.59  | 1.71  | 0.18 | 1.14   | 20.68  | 0.54 |
| 04:00 | 18.38  | 2.96  | 0.19 | 1.24   | 31.51  | 0.82 |
| 05:00 | 29.35  | 4.28  | 0.20 | 1.25   | 32.89  | 1.12 |
| 06:00 | 444.82 | 36.94 | 1.89 | 30.82  | 192.25 | 1.89 |
| 07:00 | 590.89 | 47.94 | 2.49 | 51.93  | 261.32 | 1.99 |
| 08:00 | 426.09 | 34.26 | 1.99 | 37.23  | 189.54 | 1.89 |
| 09:00 | 268.99 | 21.49 | 1.51 | 22.38  | 125.75 | 1.54 |
| 10:00 | 294.14 | 24.44 | 1.69 | 25.26  | 149.54 | 1.69 |
| 11:00 | 241.49 | 19.44 | 1.59 | 21.12  | 108.59 | 1.54 |
| 12:00 | 260.49 | 21.39 | 1.59 | 22.01  | 119.59 | 1.59 |
| 13:00 | 262.54 | 21.54 | 1.54 | 22.01  | 120.54 | 1.59 |
| 14:00 | 217.09 | 16.59 | 1.42 | 19.09  | 101.09 | 1.59 |
| 15:00 | 426.09 | 34.26 | 1.99 | 37.23  | 189.54 | 1.89 |
| 16:00 | 609.94 | 48.19 | 2.59 | 53.82  | 262.23 | 1.99 |
| 17:00 | 544.82 | 41.92 | 2.49 | 47.24  | 241.29 | 1.89 |
| 18:00 | 426.09 | 34.26 | 1.99 | 37.23  | 189.54 | 1.89 |
| 19:00 | 268.99 | 21.49 | 1.51 | 22.38  | 125.75 | 1.54 |
| 20:00 | 189.54 | 14.09 | 1.29 | 16.09  | 98.54  | 1.29 |
| 21:00 | 138.79 | 11.92 | 0.99 | 12.92  | 78.59  | 1.29 |
| 22:00 | 120.71 | 9.71  | 0.91 | 10.91  | 64.49  | 1.29 |

🔍 Emissionszeitreihen für Straßenverkehrs berechnet auf Grundlage von HBEFA

## Emissionsfaktoren für Straßenverkehr

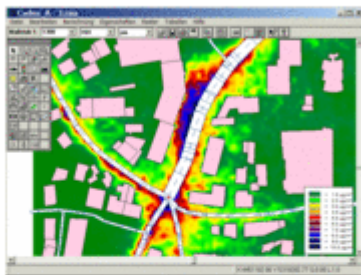
Die zugrunde gelegte Datenbasis für verkehrsspezifische Schadstoffemissionen in der Option APL stellt das Handbuch der Emissionsfaktoren "Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 2.1, UBA Berlin/ BUWAL Bern/ UBA Wien, Februar 2004", dar. Die Emission eines Straßenabschnitts ist abhängig von den Emissionsfaktoren, der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV), dem Lkw-Anteil, der Durchschnittsgeschwindigkeit und dem Bezugsjahr. Dabei werden die bei der Schadstoffberechnung zu berücksichtigenden Durchschnittsgeschwindigkeiten als Textvariable im Memo-Fenster festgelegt.

Alternativ können auch individuelle Emissionszeitreihen eingegeben oder über die Zwischenablage eingefügt werden.

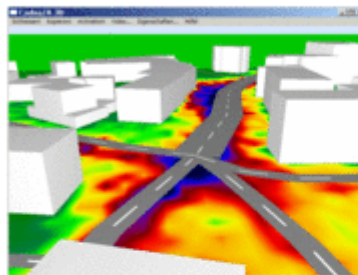
---

## Luftschadstoffverteilung an einer Straßenkreuzung

Bei der Berechnung von verkehrsbedingten Feinstaub-Immissionen in innerstädtischen Bereichen mit Option APL kann der Gebäudeeinfluss berücksichtigt werden. Die lokalen Windfelder infolge Gebäudeumströmung sind von erheblichem Einfluss auf die sich einstellende Immissionsverteilung. In diesem Beispiel liegt der Maximalwert der PM10-Konzentrationen nicht an den Hausfassaden im unmittelbaren Kreuzungsbereich, sondern vor einem Gebäudeblock im weiteren Verlauf der am stärksten befahrenen Straße.



Q Schadstoffverteilung für Feinstaub PM10

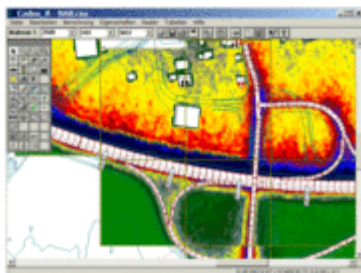


Q 3D-Spezialansicht der PM10-Schadstoffverteilung

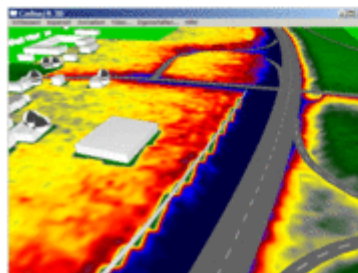
---

## Schadstoffverteilung an einer Autobahn mit Troglage und Schirmwand

CadnaA mit Option APL berücksichtigt neben den Gebäuden auch den Einfluss des Geländes auf die Schadstoffverteilung. Dieses Beispiel zeigt eine Troglage eines Autobahnabschnitts mit nahegelegener Wohnbebauung. Zusätzlich ist auf der Geländekante ein Schallschirm angeordnet. Dieser wird bei der Schadstoff-Ausbreitungsrechnung als Gebäude interpretiert, da AUSTAL2000 Schirme nicht als Hindernisse erkennt. Deutlich ist die abschirmende Wirkung sowohl des Geländes, als auch die des Schallschirms zu erkennen.



Q NO2-Schadstoffverteilung an einer Autobahneinfahrt

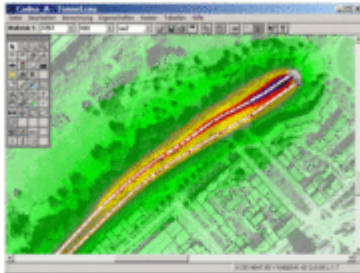


Q Einfluss eines Schallschirms auf die NO2-Schadstoffverteilung

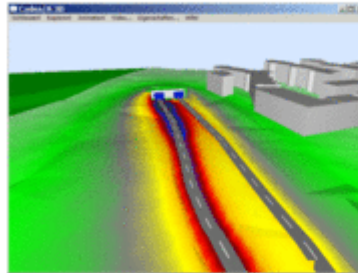
---

## Schadstoffverteilung an einem Tunnelportal

Bei der Berechnung der Immissionsverteilung an Tunnelportalen führt die Volumenverdrängung im Tunnel auf der Ausfahrtseite zu erhöhten Emissionen. Da sich dieser Effekt nicht durch eine vertikale Flächenquelle am Tunnelportal modellieren lässt, werden die Emissionsmassenströme auf mehreren Segmenten der ausfahrenden Fahrbahn so verteilt, dass sich eine exponentiell abklingende Emission mit zunehmendem Abstand vom Tunnelportal ergibt. Auf der Einfahrtseite bleibt dieser Effekt unberücksichtigt.



🔍 NO<sub>2</sub>-Schadstoffverteilung an einem Straßentunnel

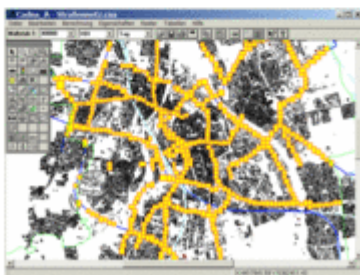


🔍 3D-Spezialansicht der NO<sub>2</sub>-Schadstoffverteilung

---

## Großräumige Schadstoffverteilung in städtischen Gebieten

Aufbauend auf einem für die Lärmberechnung erstellten digitalen Stadtmodell können mit Option APL die Luftschadstoffimmissionen von Städten und Ballungsräumen entlang grossräumiger Straßennetze berechnet und beurteilt werden. CadnaA bietet damit die Möglichkeit, Lärm- und Luftschadstoffprognosen mit einem Software-Werkzeug an ein- und demselben Datensatz durchzuführen. Neben der bekannt benutzerfreundlichen Bedienung von CadnaA stehen damit auch die umfangreichen Auswerte- und Darstellungsmöglichkeiten zur Verfügung. Zur Berechnung werden die PCSP-Kacheln nur entlang der Hauptverkehrsstraßen angeordnet. Die Bilder zeigen die Schadstoffverteilung für Feinstaub PM<sub>10</sub> unter Einbeziehung der Gebäude.



🔍 PCSP-Kacheln entlang der Hauptverkehrsstraßen

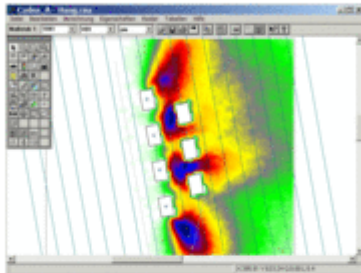


🔍 PM<sub>10</sub>-Schadstoffverteilung an einer Kreuzung

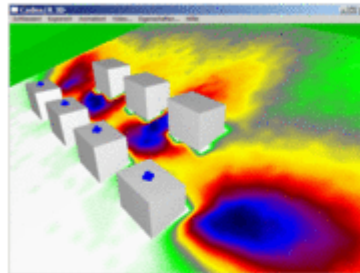
---

## Hausbrand-Immissionen bei Hanglagen

In einem Modellvorhaben wurde CadnaA mit Option APL zur Beurteilung der Verteilung von Hausbrand-Immissionen bei Hanglagen verwendet. Die Hausschornsteine als Emissionsquellen werden als Punktquellen auf dem Gebäudedach eingegeben. Die Abbildungen zeigen die PM10-Feinstaubverteilung bei zwei versetzten Hausreihen an einem Hang mit 20° Steigung bei einem Emissionsmassenstrom von 2 g Feinstaub/h und für die Windrichtung 260° und eine Windgeschwindigkeit von 1 m/s.



☞ Schadstoffverteilung für Feinstaub PM10

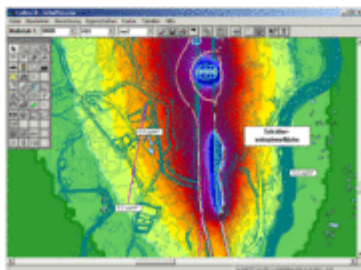


☞ 3D-Spezialansicht der PM10-Schadstoffverteilung

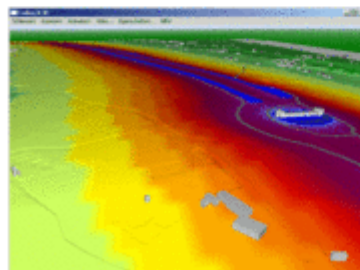
---

## Anlagenbezogene Immissionsprognose bei Industriequellen

Zur Modellierung der Emission von Industrieanlagen stehen die CadnaA-Objekte Punkt-, Linien- und vertikale und horizontale Flächenquelle zur Verfügung. In untenstehendem Beispiel wurde die Emission einer Schotterentnahmefläche durch eine Flächenquelle modelliert. Die Emissionszeitreihe kann für jede Tagesstunde und für jede Schadstoffkomponente eingegeben werden. Die Berechnung erfolgte unter Einbeziehung des Geländes zur Beurteilung der Immissionskonzentrationen an den benachbarten Wohngebäuden.



☞ Schadstoffverteilung für Feinstaub PM10



☞ 3D-Spezialansicht der PM10-Schadstoffverteilung

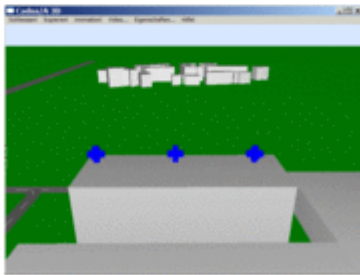
---

## Emission aus hohen Punktquellen

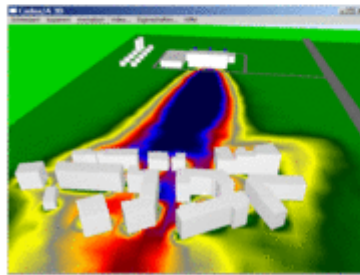
Das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 dient primär zur Berechnung und Beurteilung der Luftschadstoffausbreitung von Industriequellen gemäß Anhang 3 der TALuft 2002. In CadnaA mit Option APL stehen zur Modellierung von Industriequellen die Objekte Punkt-, Linien- und Flächenquellen (horizontal, vertikal) zur Verfügung. Zur Berechnung können neben der stündlichen Zeitreihe des Emissionsmassenstromes u.a. folgende Parameter zur Berücksichtigung der Abgasfahnenüberhöhung eingegeben werden:

- Wärmestrom des Abgases oder Abgastemperatur
- Ausströmgeschwindigkeit
- Schornsteindurchmesser
- Flüssigkeitsgehalt der Abgasfahne oder relative Feuchte des Abgasfahne (bei Kühlturmableitung)

Nachstehendes Beispiel zeigt die  $\text{NO}_x$ -Immissionsverteilung ausgehend von drei hohen Punktquellen bei einem Industriebetrieb. Die Abgasfahne ist infolge Umströmung des Betriebsgebäudes auf der windabgewandten Seite zum Boden gerichtet, so dass gebäudenah hohe Konzentrationen auftreten. Die entfernt liegende Wohnbebauung führt zu einer starken Aufweitung und Verwirbelung der Abgasfahne.



Abgasemission aus drei hohen Punktquellen



$\text{NO}_x$ -Schadstoffverteilung

