

# Analyse der nächtlichen Kaltluftdynamik und -qualität einer stadtklimarelevanten Luftleitbahn

S. Weber, W. Kuttler

## 1 Einleitung

Zu den human-biometeorologischen Ungunstoffaktoren von Siedlungsräumen zählen gegenüber den Umlandbereichen die nächtliche Überwärmung und die meist beeinträchtigte Luftqualität [1 bis 4], die sich bevorzugt während austauscharmer Strahlungswetterlagen einstellen. Verbesserungsstrategien für beide Belange zu erarbeiten und in eine klimagerechte Planungspraxis einfließen zu lassen, z. B. durch Freihaltung von Luftleitbahnen zwischen Stadt und Umland, ist ein Ziel der angewandten Stadtklimaforschung [5].

Die Voraussetzung für einen klimaverbessernden Kaltlufttransport in überwärmte und luftverunreinigte Stadtzentren ist sowohl von den meteorologischen Bedingungen als auch von der Oberflächen- und Emittentenstruktur, der topografischen Eignung der Luftleitbahn sowie der Anbindung Kaltluft produzierender Umlandgebiete abhängig. Grundsätzlich lassen sich stadtklimarelevante Luftleitbahnen (z. B. Ein- und Ausfallstraßen, Grünflächen, Gewässer, Gleisanlagen [6]) nach den thermischen und lufthygienischen Eigenschaften der transportierten Luft klassifizieren. In diesem Zusammenhang wird nach [7] unterschieden in

- **Ventilationsbahnen**, die lediglich einen Lufttransport unabhängig von der thermischen und lufthygienischen Qualität in Richtung Siedlungszentrum gewährleisten sollen,
- **Kaltluftbahnen** mit niedrigerem thermischen Niveau im Vergleich zum Stadtbereich, jedoch ohne weitere lufthygienische Klassifizierung sowie
- **Frischlufthahnen** mit unterschiedlichen thermischen Niveaus der transportierten Luft, jedoch lufthygienisch unbelastet.

Durch In-situ-Messungen ist deshalb zu überprüfen und zu bewerten, ob neben der thermischen auch eine Verbesserung der lufthygienischen Situation zu erwarten ist [8].

Untersuchungen zu lokalen Kaltlufttransporten über stadtklimarelevante Luftleitbahnen wurden in der Literatur mehrfach beschrieben (z. B. [9; 10]). Dabei lag der Schwerpunkt vorwiegend auf der quantitativen Analyse der thermischen und dynamischen Komponente von Kaltlufttransporten. Nur wenige Publikationen befassen sich in diesem Zusammenhang mit der lufthygienischen Überprüfung der in eine Stadt über Ventilationsbahnen eindringenden Luft (z. B. Stuttgart [11; 12], Freiburg i. Brsg. [13] und Trier [14]). Insbesondere ist der Anteil an Untersuchungen über den Nachweis aromatischer Kohlenwasserstoffe in nächtlicher Kaltluft gering, obwohl z. B. [15] auf den gestiegenen Anteil und die Bedeutung von Benzol in urbaner Luft hinweist.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung der lufthygienischen Qualität eines Kaltlufttransports über einer Gleisanlage, die die oben genannten Kriterien in Bezug auf die geometrischen und aerodynamischen Eigenschaften als

**Zusammenfassung** Die vorliegende Studie stellt Ergebnisse einer Standortmessung zur Überprüfung der lufthygienischen Qualität eines nächtlichen Kaltlufttransports entlang einer Bahntrasse und eines Güterbahnhofgeländes der Stadt Osnabrück vor. Die ebenfalls während der Sommermonate 2001 durchgeführten klimatischen Untersuchungen (stationäre Messungen, Tracerausbreitung und Vertikalsondierungen) weisen der Luftleitbahn eine wichtige klimatische Funktion während Strahlungsnächten mit Kaltlufttransport in Richtung Innenstadt zu. Die vertikale Mächtigkeit des Kaltluftstroms lag bei 20 bis 30 m. Zentrale Bereiche der Innenstadt wurden während Strahlungsnächten von der Kaltluftausbreitung abgedeckt. Die gemessenen Konzentrationen atmosphärischer Spurenstoffe im Kaltlufttransport waren gering, die aus 5-min-gleitenden Mittelwerten berechneten Maxima der Spurenstoffe von CO und NO<sub>x</sub> lagen bei 0,1 mg m<sup>-3</sup> bzw. 180 pg m<sup>-3</sup>. Die Konzentrationen aromatischer Kohlenwasserstoffe (BTX) zeigten - über den Nachtverlauf - ebenfalls geringe Werte.

## Analysis of nocturnal cold-air dynamics and -quality as transported via an urban ventilation path

**Abstract** The study presents results from measurements of air-pollutants within a nocturnal cold-airflow along a railway track and a goods-station in the city of Osnabrück, Germany. Accompanying climatological observations by stationary measurements, tracer dispersion and balloon ascents during the summer months of 2001 revealed a significant climatic function of the ventilation path with cold-air transport into the urban centre. The vertical extension of the cold-airflow was about 20 to 30 m while central parts of the urban centre were penetrated by cold-air during clear and calm nights. The measured trace substance concentrations within the cold-airflow were quite low with maximum concentrations for CO and NO<sub>x</sub> around 0.1 mg m<sup>-3</sup> and 180 pg m<sup>-3</sup> respectively. Concentrations of aromatic hydrocarbons were also low during the course of the night.

potenzielle urbane Luftleitbahn erfüllt. Die Messungen wurden im Bereich des in Umwidmung befindlichen Güterbahnhofs Osnabrück durchgeführt.

## 2 Untersuchungsgebiet und Methoden

Das Untersuchungsgebiet (5,5 km<sup>2</sup>) erstreckt sich vom Innenstadtbereich nach E in das angrenzende Umland Osnabrücks (**Bild 1**). Der Güterbahnhof (ca. 0,45 km<sup>2</sup>) liegt auf ebenem Gelände (65 m über NN) und grenzt im Westen direkt an das Innenstadtbereich, getrennt durch einen nord-südlich verlaufenden, ca. 12 m hohen Bahndamm. Die Gleisanlage führt vom Güterbahnhof östlich in das Hasetal und wird im Süden und Norden von bis zu 138 m über NN ansteigendem Gelände flankiert. Die moderate Topografie weist zwischen Gleistrasse und umgebenden Höhenzügen ein mittleres Gefälle von rund 2° auf.

Als potenzielle Emissionsquellen ergeben sich am östlichen Rand des Untersuchungsgebiets die Bundesautobahn (BAB) 33 (NE/SW-Richtung) mit einer durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) von 29 000 Kfz sowie zwei

Stephan Weber, Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Kuttler,  
Abteilung Angewandte Klimatologie und Landschaftsökologie,  
Universität Duisburg-Essen, Standort Essen.



- Klimastationen  
ST - InnenStadt  
GB - Güterbahnhof  
GL - Umland
- SF, Emissionspunkte (E1, E2)
- Vertikalsondierung und Messungen der Kaltluftqualität am Lufthygienelabor
- ^ Untersuchungsgebiet
- Bereich des Güterbahnhofs
- A Gewerbegebiet

$t_N$

Bild 1! Überblick über das Untersuchungsgebiet in Osnabrück.

Ein- und Ausfallstraßen im Norden und Süden des Untersuchungsraums mit einer DTV von 15 000 bis 25 000 Kfz [16]. Weiterhin grenzt die Luftleitbahn an ein südöstlich des Güterbahnhofs gelegenes Gewerbegebiet mit verarbeitender und produzierender Industrie (Bild 1).

Der operationelle Bahnbetrieb im Bereich des Güterbahnhofs war infolge voranschreitenden Rückbaus relativ gering. Vereinzelt wurden Rangier- und Güterfahrten, u. a. mit Diesellokbetrieb während des Tages, aber auch in der Nacht, beobachtet.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Zeitraum vom 26. April bis 26. Oktober 2001 während 27 hochdruckbestimmter sommerlicher austauscharmer Strahlungsnächte

durchgeführt, deren Daten kollektiv als Grundlage zur Analyse der Kaltluftdynamik diente. Die klimatischen Kriterien zur Festlegung und Klassifizierung von Strahlungsnächten basieren auf einem Stabilitätsindex, der auf den Diffusionskategorien nach [17] und [18] beruht.

Die Kaltluftqualität wurde exemplarisch während einer durch eine Hochdruckbrücke über Mitteleuropa bestimmten Strahlungsnacht (15./16. August 2001) mit konstanter Ostströmung bei einer maximalen horizontalen Temperaturdifferenz ( $\Delta T_{\max(ST-GL)} - 4 \text{ K}$ ) zwischen Innenstadt (ST) und Umland (GL) untersucht.

Klimatologische Messungen (Windgeschwindigkeit  $v$ , Windrichtung  $\phi$ , Lufttemperatur  $t_a$ , relative Luftfeuchtigkeit, Strahlungsbilanz  $Q^*$ , Luftdruck  $p$ ) wurden an drei Standorten (Innenstadt (ST), Güterbahnhof (GB) und Umland (GL)) vorgenommen (Bild 1, Tabelle 1).

Die Untersuchungen zur Kaltluftdynamik erfolgten durch Ausbreitungsexperimente mit optischen (Rauch) und chemischen Tracern (SF<sub>6</sub>) sowie Ballonsondierungen zur Analyse der Vertikalstruktur der nächtlichen Grenzschicht bis über 200 m über Gr. Aus den Daten der Ballonsonde (10-s-Abtastrate  $v$ ,  $ty$ ,  $p$  sowie trockene ( $t$ ) und feuchte Temperatur ( $t_w$ )) wurden 10-m-Schichtmittel generiert. Für den SF<sub>6</sub>-Nachweis kam ein Gaschromatograf in einem Messwagen (Tabelle 1) zum Einsatz, um die Kaltluftausbreitung an verschiedenen Punkten im Innenstadtbereich quasi zeitgleich, bei einer Analysedauer von ca. 120 s, zu evaluieren.

Die Kaltluftqualität wurde anhand der Indikatoren CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> und BTX (Benzol, Toluol und Xylole) an einem Standort im Übergangsbereich Güterbahnhof/Innenstadt mit einem Lufthygienelabor [19] über eine Zeitspanne von 6,5 h kontinuierlich erhoben. Die Probenahme erfolgte in 4 m über Gr. (zeitl. Auflösung = 1 Hz). Die angesaugte Luft wurde auf Spurenstoffkonzentrationen von CO (IR-Absorption), NO, NO<sub>2</sub> (Chemilumineszenz) und O<sub>3</sub> (UV-Absorption) analysiert, anschließend als 1-Minuten-Mittelwerte gespeichert und in

Massenkonzentrationen umgerechnet. Die aromatischen Kohlenwasserstoffe BTX wurden über einen Zeitraum von 60 min integriert. Als Adsorbentien kam eine TENAX/CARBOTRAP-Kombination während der Probenahme zum Einsatz, die sich für den gewählten Integrationszeitraum eignet [20]. Die anschließende gaschromatografische Analytik der Kohlenwasserstoffkonzentrationen erfolgte mittels Flammenionisations-Detektion (FID).

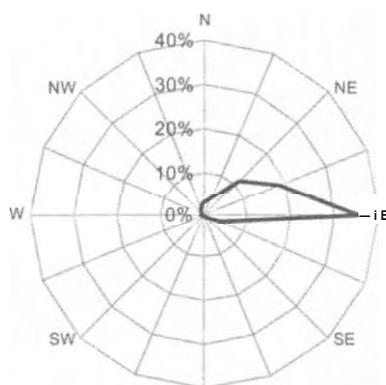
Zusätzlich wurden am Lufthygienelabor die meteorologischen Parameter  $\phi$  und  $v$  in 10 m über Gr. gemessen.

Tabelle 1 | Überblick über Standorte, Untersuchungsmethoden und Messtechnik.

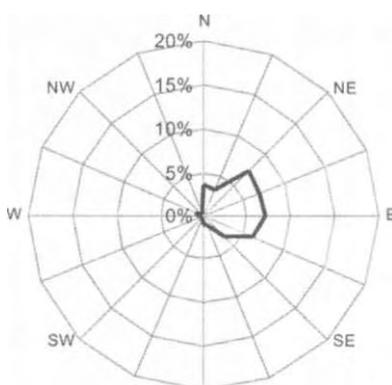
Standort	Met. Größen	Gerät/Hersteller	Höhe ü. NN in m
ST (Innenstadt)	$t_a$ , $f$ , $\phi$ , $v$ <sup>1)</sup>	Th. Friedrichs, Schenefeld	65
GB (Güterbahnhof)	$t_a$ , $f$ , $\phi$ , $v$ , $Q^{*1}$	Q*: CNR-Lite Kipp & Zonen, Delft (NL)	66
GL (Umland)			66
Untersuchungsmethode	Met. Größen/atm. Spurenstoffe	Gerät/Hersteller	Tracer-Emissionspunkt
Vertikalsondierung Kaltluftausbreitung (Tracer-Experiment) Lufthygiene-Messungen	$t$ , $t_w$ , $v$ , $p$	AIR TS-3A-SP, Boulder (USA) GC: Tracertech, Immenstaad	s. Bild 1
Aromatische Kohlenwasserstoffe	CO, NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> Benzol, Toluol, Xylol	CO: Monitor Labs, Colorado (USA) NO, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> : Horiba, Leichlingen O, v: 2D-Sonic Thies, Göttingen Probenahme auf TENAX/CARBOTRAP-Kombination GC mit FID, Hewlett Packard 5890	

<sup>1)</sup>  $t_a$ : Lufttemperatur (2 m ü. Gr.),  $f$ : rel. Luftfeuchtigkeit (2 m ü. Gr.),  $\phi$ : Windrichtung (4 m ü. Gr.),  $v$ : Windgeschwindigkeit (4 m ü. Gr.)  
 $Q^*$ : Strahlungsbilanz (2 m ü. Gr.)  
<sup>1)</sup> 10 m ü. Gr.

Analyse der nächtlichen Kaltluftdynamik und -qualität  
einer stadtklimarelevanten Luftleitbahn



•GB (18% Calmen)



•GL (56% Calmen)

Bild 2! Windrichtungshäufigkeitsverteilung an den Stationen GB und GL während 27 Strahlungsächten im Untersuchungszeitraum vom 26. April bis 26. Oktober 2001 (aus 3-min-Mittelwerten; die Achsen der Windrosen sind unterschiedlich skaliert).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Klimatologie

Während der 27 Strahlungsächte des Untersuchungszeitraums konnte ein nahezu konstanter Kaltlufttransport aus dem östlichen Umland in das Innenstadtgebiet Osnabrücks nachgewiesen werden. Für die Klimastationen Umland (GL) und Güterbahnhof (GB) (Bild 1) wurden geringe mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von  $G_B = 1,1 \text{ m s}^{-1}$  ( $G_U = 0,6 \text{ m s}^{-1}$ ) und  $V_Q = 0,4 \text{ m s}^{-1}$  ( $a_U = 0,5 \text{ m s}^{-1}$ ) ermittelt. An der am östlichen Rand des Untersuchungsraums gelegenen Station GL wurde eine starke Variabilität der Windrichtungen über den gesamten östlichen Sektor beobachtet, die auf Kaltluftabflüsse hindeutet, welche durch das moderate, im NE und SE der Station ansteigende Relief induziert werden. Hingegen ist die Windrichtungshäufigkeitsverteilung an der Station GB durch einen konstanten, aus Richtung E erfolgenden Transport geprägt (Bild 2).

Eine hieraus resultierende Kaltluftausbreitung in Richtung Innenstadt konnte durch Traceruntersuchungen belegt werden. Die Emission des SF<sub>6</sub>-Tracergases erfolgte an zwei Standorten. Standort E1 lag etwa 0,8 km, Standort E2 etwa 2,3 km östlich des Bahndamms. Exemplarisch wird auf die Nacht vom 15./16. August 2001 eingegangen, in der am Standort E2 emittiert wurde, um die Tracerausbreitung entlang der Gleistrasse zu untersuchen. Wind aus E verfrachtete das SF<sub>6</sub> über die Gleise und den Güterbahnhof bis in die Innenstadt von Osnabrück. Die horizontale Eindringtiefe in das Stadtgebiet betrug 1,4 km - gemessen vom Übergangsbereich Güterbahnhof-Innenstadt (Bahndamm) - und erreichte damit den zentralen Innenstadtbereich.

Die Ergebnisse der in derselben Nacht durchgeführten klimatologischen Messungen zur Vertikalstruktur der bodennahen atmosphärischen Grenzschicht werden in den Bildern 3 und 4 anhand der Veränderungen der potenziellen Temperatur ( $\theta$ ) bzw. der Windrichtungen ( $\xi$ ) mit der Höhe dargestellt. Die in der stabilen Grenzschicht vorherrschende Bodeninversion ist im Höhenintervall zwischen etwa 60 bis 80 m über Gr. mit bis zu  $1,6 \text{ K } 10 \text{ nr}^{-1}$  stärker ausgebildet als im Bereich bis

zur Inversionsobergrenze in ca. 120 bis 160 m über Gr. (ca.  $0,1$  bis  $0,5 \text{ K } 10 \text{ nr}^{-1}$ ).

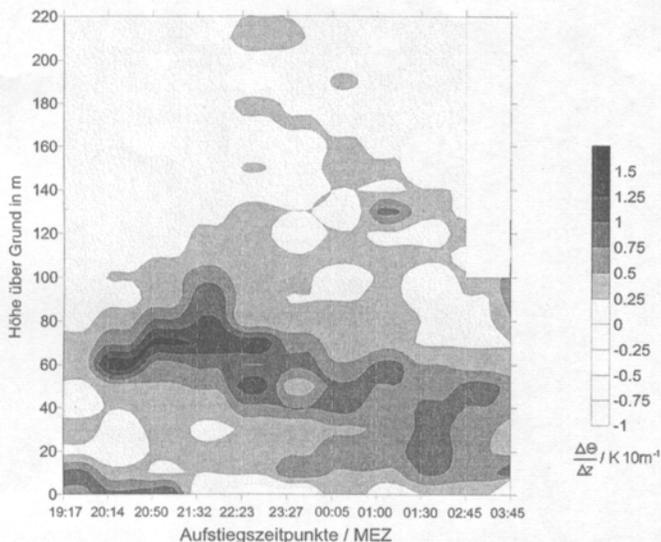
Die großräumig durch Wiehengebirge im Norden und Teutoburger Wald im Süden geprägte Topografie des Hasetals beeinflusst die Windrichtungsverteilung im bodennahen Bereich. Aus Bild 4 wird ersichtlich, dass in den untersten 20 bis 30 m über Gr. ein konstanter westwärts gerichteter Transport vorhanden ist, der von Windrichtungsänderungen in höheren Schichten abgekoppelt ist.

Aufgrund des in Richtung Innenstadt erfolgenden Kaltlufttransports erlangt dessen Luftqualität besondere Bedeutung, da potenzielle Luftschadstoffe in einer stabil geschichteten Atmosphäre aufkonzentriert und in dieser verfrachtet werden können, wenn entsprechende Emittenten im Quellgebiet oder entlang einer Luftleitbahn vorhanden sind.

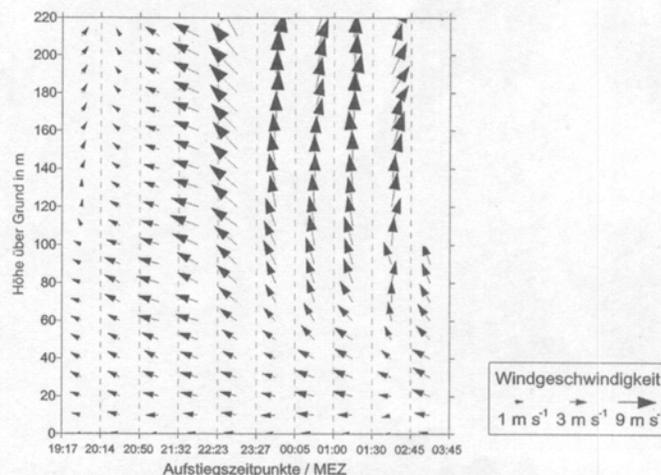
Die Messungen zur Analyse der Kaltluftqualität (s. Abschn. 3.2) konnten unter günstigen meteorologischen Voraussetzungen durchgeführt werden, da während der gesamten Zeit eine Anströmung aus E vorlag. Bild 5 zeigt den Verlauf von Windrichtung und -geschwindigkeit am Standort des Lufthygienelabors zwischen 22:30 Uhr und 04:00 Uhr MEZ (zur Lage vgl. Bild 1).

Hinzuweisen ist auf die Drehung des Windes von E auf NE im Zeitintervall von 1:50 Uhr bis 2:50 Uhr MEZ mit gleichzeitiger Verringerung der Windgeschwindigkeit auf  $< 1,5 \text{ m s}^{-1}$  in 10 m über Gr., welche für die Kaltluftqualität von Bedeutung ist und in Abschn. 3.2 näher betrachtet wird.

Zusammenfassend lässt sich somit eine wichtige Klimafunktion des Güterbahnhofbereichs für das Innenstadtbereich Osnabrücks festhalten, da während aller 27 austauscharmen und windschwachen Strahlungsächte im Untersuchungszeitraum ein konstanter Kaltlufttransport in das Stadtzentrum nachgewiesen werden konnte. Der Kaltluftstrom verursacht eine relativ schwache Ausprägung der städtischen Wärmeinselintensität, gemessen an dem theoretisch für eine Stadt von mehr als 160 000 Einwohnern zu erwartenden Wert. So erreichen rund 50 % der 3-min-Mittelwerte der horizontalen Stadt-Umland-Temperaturdifferenz in Strahlungsächten nur Werte von  $\Delta T_{(ST-GL)} < 2 \text{ K}$ .



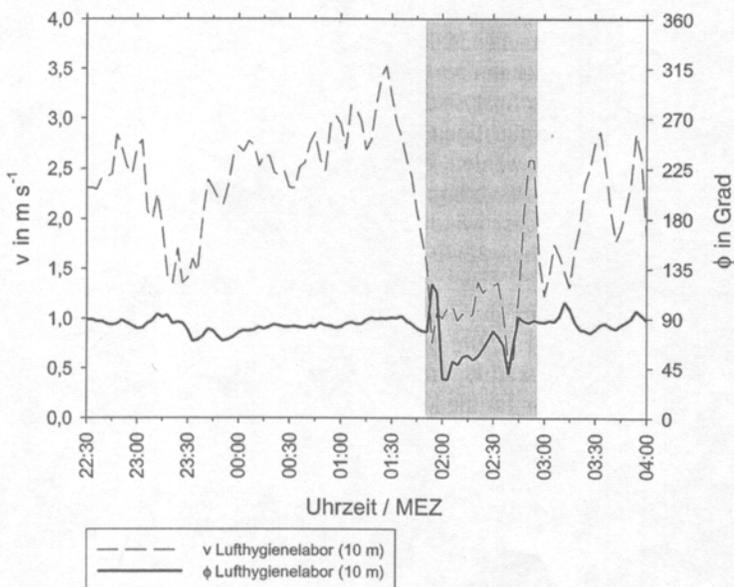
**Bild 3** Gradienten der potenziellen Temperatur (Schattierung) in Abhängigkeit von Höhe und Zeit während des 15./16. August 2001 am Güterbahnhof in Osnabrück. Die betrachtete Schichtdicke beträgt  $\Delta z = 10$  m.



**Bild 4** Horizontale Windrichtung und Windgeschwindigkeit während der Vertikalsondierung am 15./16. August 2001 am Güterbahnhof in Osnabrück (Station GB).

### 3.2 Lufthygienische Messungen der Kaltluftqualität

Die Ergebnisse der lufthygienischen Messungen am 15./16. August 2001 sind in **Tabelle 2** und **Bild 6** dargestellt. Die absoluten Werte der Spurenstoffkonzentrationen bewegen sich auf einem niedrigen Niveau, wobei Grenz- und Schwellenwerte der gängigen Regelwerke zur Luftreinhaltung [21; 22] sowohl im Mittel als auch von den Maxima weit unterschritten werden.



**Bild 5** Verlauf von Windgeschwindigkeit ( $v$ ) und Windrichtung ( $\phi$ ) während der Nacht vom 15./16. August 2001, gemessen am Lufthygienelabor (10 m über Gr., Standort GB, Bild 1). Der grau schattierte Bereich kennzeichnet das in Abschn. 3.1 angesprochene Zeitintervall der Windrichtungsänderung und Windgeschwindigkeitsverminderung.

Die in Bild 6 dargestellten Konzentrationsspitzen von CO ( $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ ) und  $\text{NO}_x$  ( $180 \mu\text{g m}^{-3}$ ) fallen zeitlich mit der Drehung der Windrichtung auf NE bei gleichzeitiger Windgeschwindigkeitsabnahme im Zeitraum von 1:50 Uhr bis 2:50 Uhr MEZ zusammen. Für den deutlichen Anstieg der Spurenstoffkonzentrationen lassen sich neben meteorologischen auch lokale Gründe anführen:

- Aufgrund der verminderten Windgeschwindigkeit in Bodennähe wird die Durchmischung der stabil geschichteten Atmosphäre weiter reduziert. Für das betrachtete Zeitintervall betrug die anhand der Daten der Vertikalsondierung nach GL (1) berechnete Gradient-Richardsonzahl für den bodennahen Bereich ( $< 20$  m über Gr.)  $Ri_G = 1,5$ .

$$Ri_G = \frac{g}{\Theta} \cdot \frac{\Delta \bar{\Theta}}{\Delta z} \left( \left( \frac{\Delta \bar{u}}{\Delta z} \right)^2 + \left( \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta z} \right)^2 \right)^{-1/2} \quad (1)$$

mit  
 $g$ : Schwerebeschleunigung,  
 $\Theta$ : potenzielle Temperatur,  
 $z$ : Höhe,  
 $u, v$ : horizontale Windvektoren.

Hiermit werden stark stabile Schichtungsverhältnisse charakterisiert, die somit zur Aufkonzentrierung der Spurenstoffe beitragen. Für die Zeitpunkte vor und nach der betrachteten Episode wurden jeweils niedrigere  $Ri_G$  von 0,3 bis 0,8 bestimmt.

- Im NE des Standorts des Lufthygienelabors verläuft in einem Abstand von rund 700 m eine auch während der Nacht noch mäßig befahrene Straße, von der Spurenstoffe advektiv verfrachtet werden können.

- Unweit des Messpunkts wurden darüber hinaus zeitweilig Dieselloks rangiert, deren CO- und NO-Emissionen bodennah akkumulieren können.

Der Verlauf der BTX-Konzentrationen am Güterbahnhof in Osnabrück ist in **Bild 7** dargestellt. Die Werte liegen allgemein auf niedrigem Niveau, wobei die über 60 min bestimmten Benzol-Konzentrationen < 1,5 ug nr<sup>3</sup> erreichten. Aufgrund des einstündigen Integrationszeitraums lassen sich die meteorologischen Änderungen während des oben angesprochenen Zeitintervalls in den Konzentrationsverläufen der Kohlenwasserstoffe nicht unmittelbar ablesen. Dennoch weist das mit 3,5 im Gegensatz zu den anderen Messungen deutlich niedrigere Verhältnis von Toluol zu Benzol (T/B) stärker auf einen durch Kfz-Emissionen beeinflussten Wert hin (z. B. [23; 24]). *Hellmeier* und *Humann* [23] klassifizieren ein durchschnittliches T/B Verhältnis von 2,7 als primär durch Kfz-Emissionen verursacht, während höhere T/B-Werte auf andere Emittentengruppen (z. B. lösemittelhaltige Industrie- bzw. Gewerbeemissionen) schließen lassen.

Die übrigen am Güterbahnhof bestimmten T/B-Verhältnisse deuten daher auf den möglichen Einfluss eines südlich gelegenen Gewerbegebiets mit verarbeitender Industrie hin.

Ein direkter Vergleich mit Kurzzeitgrenzwerten für BTX ist aufgrund fehlender Richtwerte für entsprechende Zeiträume (beispielsweise 0,5-h-Grenzwerte) nicht möglich.

#### 4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die vorgestellten Ergebnisse verdeutlichen, dass das Güterbahnhofsgebiet einschließlich der ins Umland führenden Gleisanlage die Klimafunktion einer Urbanen Luftleitbahn - mit Kaltlufttransport bis in den Innenstadtbereich Osnabrücks - erfüllt. Kaltlufttransporte konnten während 27 Strahlungsnächten beobachtet werden. Häufigkeit, vertikale Mächtigkeit und Dynamik des hier untersuchten Kaltluftstroms wurden mit stationären meteorologischen Messungen, Tracer-Experimenten und Vertikalsondierungen analysiert und zeigten die Bedeutung der Kaltluftausbreitung während sommerlicher Strahlungsnächte. Bei einer vertikalen Mächtigkeit von rund 20 bis 30 m betrug die anhand von Tracern ermittelte horizontale Eindringtiefe in das Stadtgebiet 1,4 km.

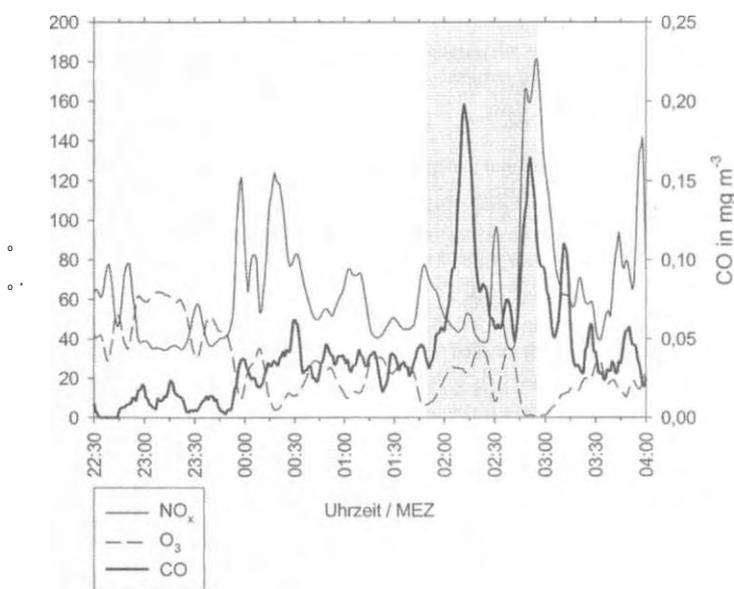
Die Ergebnisse weisen auf die geringe lufthygienische Belastung durch hauptsächlich dem Kfz-Verkehr entstammende Spurenstoffe CO und NO hin. Ebenso konnte eine nur niedrige Konzentration aromatischer Kohlenwasserstoffe nachgewiesen werden. Die Orientierung an entsprechenden Grenzwerten ergab eine deutliche Unterschreitung für CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und O<sub>3</sub>, während Aussagen für die Kohlenwasserstoffe aufgrund fehlender Kurzzeitgrenzwerte nicht möglich sind.

Bezug nehmend auf die Klassifizierung nach [7] kann der untersuchten Bahntrasse samt des Güterbahnhofsgebietes neben einer Ventilationsfunktion für das Innenstadtbereich ebenfalls die Eigenschaft als Kaltluftbahn und - durch Messungen bestätigt - als Frischluftbahn während sommerlicher Strahlungsnächte zugewiesen werden.

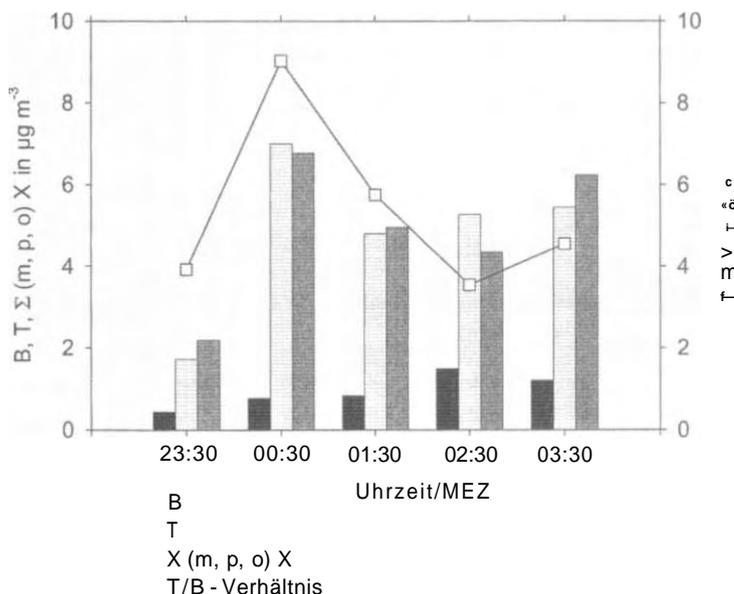
**Bild 7** | Konzentrationen der aromatischen Kohlenwasserstoffe BTX während der Standmessung am Güterbahnhof Osnabrück (15./16. August 2001, Station GB) sowie das Toluol/Benzol-Verhältnis (T/B). In der Abbildung wurden die m-, p- und o-Xylole zur Summen-Gruppe Xylole zusammengefasst. Die Zeitangabe der jeweils einstündigen Messungen wurde auf den zeitlichen Mittelpunkt des Messintervalls zentriert.

**Tabelle 2** | Mittelwerte, Standardabweichungen und Maxima der während der Standmessung am Güterbahnhof in Osnabrück (15./16. August 2001) von 22:30 bis 4:30 MEZ gemessenen Spurenstoffkonzentrationen (berechnet aus 5-min-gleitenden Mittelwerten).

	CO in mg nr <sup>3</sup>	NO in ug nr <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> in ug nr <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> in ug irr <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> in ug m <sup>3</sup>
Mittelwert	< 0,1	12,88	45,56	65,24	25,83
<i>a</i>	< 0,1	15,77	9,66	29,59	16,22
Max	0,2	82,08	69,61	181,55	63,69
Uhrzeit der max. Konzentration (MEZ)	02:12	02:55	00:18	02:55	23:09



**Bild 6** | 5-min-gleitende Mittelwerte der während der Standmessung am 15./16. August 2001 gemessenen Spurenstoffkonzentrationen von CO, NO<sub>x</sub> und O<sub>3</sub> am Güterbahnhof in Osnabrück. Der grau schattierte Bereich kennzeichnet das in Abschn. 3.1 angesprochene Zeitintervall der Windrichtungsänderung und Windgeschwindigkeitsverminderung.



**Literatur**

[1] Heibig, A.; Baumüller, S.; Kerschgens, M. J. H.: Stadtklima und Luftreinhaltung. Berlin: Springer 1999.  
 [2] Mayer, H.: Biometeorologische Auswirkungen des Stadtklimas. In: Umwelt- und Klimabeeinflussung durch den Menschen IV. VDI Berichte 1330, S. 109-126. Düsseldorf: VDI 1997.  
 [3] Barlag, A.-B.: Möglichkeiten der Einflußnahme auf das Stadtklima. In: Umwelt- und Klimabeeinflussung durch den Menschen IV. VDI Berichte 1330, S. 127-146. Düsseldorf: VDI 1997.  
 [4] Kuttler, W.: Städtische Klimamodifikation. In: Umwelt- und Klimabeeinflussung durch den Menschen IV. VDI Berichte 1330, S. 87-108. Düsseldorf: VDI 1997.  
 [5] Schirmer, H.; Kuttler, W.; Label, J.; Weber, K.: Lufthygiene und Klima - Ein Handbuch zur Stadt- und Regionalplanung. Düsseldorf: VDI 1993.  
 [6] Kuttler, W.: Stadtklima. In: Gudehan, R.: Handbuch der Umweltveränderungen und Ökotoxikologie. Bd. 1B, S. 420-470. Heidelberg: Springer 2000.  
 [7] Mayer, H.; Beckröge, W.; Matzarakis, A.: Bestimmung von stadtklima-relevanten Luftleitbahnen. UVP-Report (1994) Nr. 5, S. 265-268.  
 [8] VDI 3787, Blatt 5: Lokale Kaltluft - Umweltmeteorologie. Berlin: Beuth 2002.  
 [9] Groß, G.; Frey, T.; Mosimann, T.; Trute, P.; Lessing, R.: Die Untersuchung kleinräumiger Kaltluftabflüsse mittels empirischer Abschätzung und numerischer Simulation. Meteorol. Z. 5 (1996), S. 76-89.  
 [10] Rickli, R.: Ausbreitungsklimatologie. In: Wanner, H.: Biel- Klima und Luftverschmutzung einer Schweizer Stadt. Bern: Paul Haupt 1991.  
 [11] Vogt, U.; Baumbach, G.; Glaser, K.; Rähling, A.: Determination of cold air drainage flows and the vertical distribution of air pollutants in Stuttgart/Germany. Biometeorology and urban climatology at the turn of the millennium. 8.-12.11.1999. Sydney 1999, S. 613-618.  
 [12] Vogt, U.; Baumbach, G.; Hansen, S.; Rühling, A.: Messungen der Kaltluftströme und Luftverunreinigungs-Vertikalprofile im Plangebiet „Stuttgart 21“. Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz: Untersuchungen zur Umwelt „Stuttgart 21“. Stuttgart 1999.

[13] Baumbach, G.; Vogt, U.: Experimental determination of the effect of mountain-valley breeze circulation on air pollution in the vicinity of Freiburg. Atmosph. Environm. 33 (1999), S. 4019-4028.  
 [14] Helbig, A.: Urban air temperature and wind fields in Trier city under the influence of the valley of the Moselle river. Biometeorology and urban climatology at the turn of the millennium. 08.-12.11.1999, Sydney 1999, S. 635-639.  
 [15] Fenger, J.: Urban air quality. Atmosph. Environm. 33 (1999) Nr. 29, S. 4877-4900.  
 [16] Ausgewählte DTV Werte - Stand 2000. Hrsg.: Stadt Osnabrück, Fachbereich Städtebau - Verkehrsplanung, 2001.  
 [17] Pasquill, F.: The estimation of the dispersion of windborne material. Meteorol. Mag. 90 (1961), S. 33-49.  
 [18] Polster, G.: Erfahrungen mit Strahlungs-, Temperaturgradient-, und Windmessungen als Bestimmungsgrößen der Diffusionskategorien. Meteorolog. Rundschau 22 (1969), S. 170-175.  
 [19] Kuttler, W.; Wacker, T. D.: Analyse der Urbanen Luftqualität mittels mobiler Messungen. Tagung DACH 2001. Österreich. Beiträge zu Meteorol. und Geophysik 27 (2001).  
 [20] Skov, H.; Lindskog, A.; Palmgren, F.; Christensen, C. S.: An overview of commonly used methods for measuring benzene in ambient air. Atmosph. Environm. 35 (2001) Supplement 1, S. S141-S148.  
 [21] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe der Luft) vom 11. September 2002. BGBl. I (2002), S. 3626.  
 [22] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 24. Mi 2002. GMBL vom 30. Juli 2002, S. 511-602.  
 [23] Hellmeier, W.; Huhmann, H.: Gesundheitsindikator 5.9: Benzol, Toluol, m+p Xylol und o-Xylol in der Außenluft. Hrsg.: Landesinstitut für den öffentlichen Gesundheitsdienst, Bielefeld 2001.  
 [24] Brocco, D.; Fratarcangeli, R.; Lepore, L.; Petricca, M.; Ventrome, I.: Determination of aromatic hydrocarbons in urban air of Rome. Atmosph. Environm. 31 (1997) Nr. 4, S. 557-566.

**Technik und Recht**

**Aus der Arbeit des AGS**

Als Bekanntmachung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) wurde im Bundesarbeitsblatt folgende Änderung von Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) angekündigt:

**Übernahme von Luftgrenzwerten in die TRGS 900**

Im Juli 2003 wurde die MAK- und BAT-Werte-Liste 2003 der DFG-Kommission veröffentlicht. Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) bereitet die Übernahme der neuen Grenzwertvorschläge (siehe **Tabelle**) in die TRGS 900 gemäß einer Bekanntmachung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) im Bundesarbeitsblatt [1] vor.

Vorgesehene neue Luftgrenzwerte in der TRGS 900 (DFG-Vorschläge).

Stoff	CAS-Nr.	mg/m <sup>3</sup>	Überschreitungs-faktor
Butylchlorformiat	592-34-7	1,1	= 1 =
Cyclohexylamin	108-91-8	8,2	= 1 =
Cyfluthrin	68359-37-5	0,01 E	= 1 =
Isobutylchlorformiat	543-27-1	1,1	= 1 =
Methylchlorformiat	79-22-1	0,78	= 1 =
Oxalonnitril	460-19-5	11	4

E = einatembare Stauffraktion

Nach dem im AGS beschlossenen Festlegungsverfahren [2] wird den Betrieben bis zum 31. Januar 2004 die Möglichkeit eingeräumt, dem AGS über die Geschäftsstelle (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Postfach 170202, 44061 Dortmund) mitzuteilen, dass diese neuen Grenzwerte nach dem Stand der Technik nicht eingehalten werden können. Der Nachweis ist durch die Vorlage entsprechend aufbereiteter Messergebnisse und Arbeitsplatzdaten (s. [3; 4]) zu erbringen. Nach Ablauf der Einspruchsfrist werden der Unterausschuss V und der Beraterkreis Toxikologie unter Berücksichtigung der vorgelegten Daten aus den Betrieben über die Grenzwertvorschläge beraten.

**Literatur**

[1] Bekanntmachung des BMWA vom 10. Juli 2003: Übernahme von Luftgrenzwerten in die TRGS 900. BArbBL (2003) Nr. 7/8, S. 58.  
 [2] Luftgrenzwerte für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz - Verfahrensablauf bei der Festlegung durch den Ausschuss für Gefahrstoffe. (Kennzahl 1404). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 23. Lfg. X/99. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz - BIA, Sankt Augustin. Bielefeld: Erich Schmidt 1989 - Losebl.-Ausg.  
 [3] Aufbereitung von Daten für die Festsetzung von Luftgrenzwerten für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz nach dem TRK-Konzept (Kennzahl 1405). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 25. Lfg. XI/00. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz - BIA, Sankt Augustin. Bielefeld: Erich Schmidt 1989 - Losebl.-Ausg.  
 [4] Alker, M.; Gielen, H.-G.; Sonnenschein, G.; Pflaumbaum, W.: tuftgrenzwerte - Aufbereitung von Arbeitsplatzdaten. BArbBL (2000) Nr. 1, S. 14-16 oder im Internet unter [www.hvbg.de/d/bia/fac/luft/luftg.htm](http://www.hvbg.de/d/bia/fac/luft/luftg.htm).

Dr. rer. nat. **Wolfgang Pflaumbaum**,  
 Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz - BIA, Sankt Augustin.