

Environmental meteorology – Meteorological  
measurements – Crowdsourcing*Einsprüche bis 2023-06-30*

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchportal  
<http://www.vdi.de/3786-24>
- in Papierform an  
VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft  
Fachbereich Umweltmeteorologie  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung .....	2
Einleitung.....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	2
<b>2 Normative Verweise</b> .....	3
<b>3 Begriffe</b> .....	3
<b>4 Abkürzungen</b> .....	3
<b>5 Überblick zu Datenanforderungen, Datenqualität und Datenquellen</b> ...3	
5.1 Datenanforderungen.....	3
5.2 Klassifizierung der Datenqualität.....	3
5.3 Datenplattformen .....	4
5.4 Metadaten .....	6
<b>6 Sensorik und Plattformen für Crowdsourcing</b> .....	6
6.1 Messprinzipien von Smart-Sensors.....	6
6.2 Sensoren und Plattformen aus verschiedenen Einsatzgebieten bzw. Gerätekonfigurationen.....	10
6.3 Sensormodule .....	12
6.4 Prinzipien der Datenerfassung .....	14
<b>7 Wartung</b> .....	14
<b>8 Bewertung der Datenqualität</b> .....	15
8.1 Ursachen von Messunsicherheiten.....	15
8.2 Kalibrierung und Selektion.....	17
8.3 Einschätzung der Datenqualität im Vergleich zu herkömmlichen Standards.....	18
8.4 Verbesserung der Datenqualität durch Clusterung.....	18
<b>9 Algorithmen zur Bearbeitung von Massendaten</b> .....	19
9.1 Vorbemerkungen .....	19
9.2 Algorithmen mit Nutzung von atmosphärischen Referenzdaten .....	19
9.3 Algorithmen ohne Nutzung von atmosphärischen Referenzdaten .....	19
9.4 Alternative Sichtweisen .....	20
<b>10 Beispiele</b> .....	20
10.1 Netzwerk aus privaten Wetterstationen .....	20
10.2 Citizen-Science-Netzwerk .....	21
10.3 Professionell gehostete Geonetzwerke.....	21
Schrifttum .....	22

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss  
Fachbereich Umweltmeteorologie

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Prof. Dr. *Benjamin Bechtel*, Bochum

Dr. *Matthias Budde*, Karlsruhe

*Andrea Dahl*, Königsmoor

Dr. *Thomas Einfalt*, Lübeck

Dr. *Daniel Fenner*, Freiburg

Prof. Dr. *Thomas Foken*, Bischberg, Vorsitzender

Prof. Dr.-Ing. *Roy Knechtel*, Schmalkalden

Dr. *Fred Meier*, Berlin

Dipl.-Ing. *Matthias Müller*, Göttingen

Dipl.-Met. *Hans-Jürgen Kirtzel*, Elmshorn

Dipl.-Phys. *Karlheinz Klapheck*, Hamburg

Dipl. Met. *Joachim Namyslo*, Braunschweig

Dipl.-Met. *Ralph Oestreicher*, Zeitz

Dipl.-Ing. *Jörg Petereit*, Göttingen

Dr. *Stefan Waas*, Hamburg

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3786](http://www.vdi.de/3786).

## Einleitung

Unter Crowdsourcing versteht man im Bereich meteorologischer Anwendungen das *Sammeln von nicht klassischen Wetterbeobachtungen aus einer großen Anzahl von Quellen mit hoher Auflösung, insbesondere von einer Reihe von öffentlichen Sensoren, die typischerweise über das Internet verfügbar sind* [1]. Fortschritte in der Miniaturisierung von Messwertgebern für meteorologische Elemente wie Temperatur, Feuchte und Druck führten dazu, dass diese Sensoren heute in preiswerten Wetterstationen für den privaten Gebrauch und in vielen weit verbreiteten elektronischen Geräten wie Bordcomputer in Autos, Smartphones usw. enthalten sind. Damit steht eine Vielzahl an Messgeräten

prinzipiell für viele Anwendungen zur Verfügung, die teilweise über das Internet abrufbar sind. Die Richtlinie soll Möglichkeiten aufzeigen, wie diese Sensoren für Zwecke der Reinhaltung der Luft, das heißt die Ausbreitungsmodellierung und die Umweltüberwachung sowie lokalklimatologische Untersuchungen speziell in Stadtgebieten, nutzbar gemacht werden können.

## 1 Anwendungsbereich

Meteorologische Eingangsdaten werden zur Berechnung der Ausbreitung von Luftbeimengungen und zur Bewertung von Havariesituationen dringend gebraucht. Gleiches gilt für lokalklimatische Untersuchungen. Für diese Anwendungen gibt es diverse VDI-Richtlinien (insbesondere die Richtlinienreihe VDI 3783, VDI 3785 und VDI 3787). Dazu sind Messdaten mit hoher Datenqualität nötig. Dabei orientiert man sich an den Richtlinien der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) [2], passt diese aber an die Belange der genannten Fragestellungen mit der Richtlinienreihe VDI 3786 an.

Die massenhafte Verfügbarkeit weiterer Datenquellen würde eine deutliche Verbesserung in der Erfüllung von Fragestellungen der Luftreinhaltung und der lokalen Klimabewertung bedeuten. Dazu müssen die Daten in einer Qualität (Genauigkeit, Wartung, Verfügbarkeit von Metadaten) vorhanden sein, die für die Fragestellungen ausreichend ist. Die massenhafte Verfügbarkeit von Daten und eine geeignete mathematische Datenselektion eröffnen hier durchaus neue Möglichkeiten, die in dieser Richtlinie aufgezeigt werden.

Der Betrieb von Netzwerken unter Einbeziehung von Crowdsourcing-Daten erfolgt unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufgabenstellung, wobei die verantwortlichen Einrichtungen (Industrie, Kommune u. Ä.) ein vorhandenes Netzwerk nutzen oder ein neues Netzwerk organisieren können. Im ersten Fall müssen eigene Daten und die eines Netzwerks über geeignete Schnittstellen verbunden werden und für den jeweiligen Anwendungsfall bereitgestellt werden. Beim Aufbau eines eigenen Netzwerks sollten vorhandene Messstellen in der Region und zusätzlich installierte Messstellen mit Sensormodulen verbunden werden. Dabei könnten beispielsweise die Module an kommunalen Masten, Fahrzeugen des öffentlichen Nahverkehrs, interessierten Einrichtungen (Schulen, Betriebe, Handel), elektrischen Leihfahrrädern usw. angebracht werden. Für lokalklimatologische Untersuchungen bietet sich auch an, ein zeitweises Netzwerk aufzubauen und beispielsweise mit einem mobilen Monitoring nach VDI 3785 Blatt 2 zu verbinden. Die Richtlinie zeigt Möglichkeiten zum Einsatz

geeigneter Geber, der Datenbearbeitung und Qualitätssicherung auf, damit solche Netzwerke für Zwecke der Reinhaltung der Luft und lokalklimatische Untersuchungen angewandt werden können.

Die Nutzung von Messungen für Zwecke der gesetzlichen Überwachung der Luftqualität oder für Genehmigungsverfahren im Rahmen der Luftreinhaltung haben besonders hohe Anforderungen an die Qualität meteorologischer Daten. Hierfür sind Crowdsourcing-Daten meist nicht geeignet. Konzentrationsmessungen werden in dieser Richtlinie nicht behandelt.