

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Methoden bodengebundener Stadt- und
Standortklimamessungen mit mobilen
Messsystemen

VDI 3785
Blatt 2
Entwurf

Environmental meteorology – Methods of urban and site-related ground-based climate measurements with mobile measurement systems

Einsprüche bis 2022-03-31

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchportal <http://www.vdi.de/3785-2>
- in Papierform an
VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft
Fachbereich Umweltmeteorologie
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

| Inhalt | Seite |
|---|-------|
| Vorbemerkung | 2 |
| Einleitung | 2 |
| 1 Anwendungsbereich | 2 |
| 2 Normative Verweise | 3 |
| 3 Begriffe | 3 |
| 4 Formelzeichen und Abkürzungen | 5 |
| 5 Messsysteme | 6 |
| 5.1 Untersuchungsziele und Messaufgaben | 6 |
| 5.2 Messmethode und -strategie | 6 |
| 5.3 Geräteträger | 7 |
| 5.4 Auswahl geeigneter Sensoren | 9 |
| 6 Prinzipielle Anforderungen an die Messungen | 9 |
| 6.1 Auflösungsvermögen | 9 |
| 6.2 Räumliche Abtastung und Fahrtgeschwindigkeit | 12 |
| 7 Messplanung | 13 |
| 7.1 Grundsätze der Messroutenplanung für mobile Messungen | 13 |
| 7.2 Anforderungen an Wetterlage, Messtermin und -dauer | 14 |
| 7.3 Streckenlänge und Fahrtgeschwindigkeit | 15 |
| 7.4 Planung von Messrouten | 15 |
| 8 Vorbereitung und Durchführung von mobilen Messungen | 17 |
| 8.1 Vorbereitung | 17 |
| 8.2 Durchführung | 17 |
| 9 Datenbearbeitung und -auswertung | 18 |
| 9.1 Räumliche und zeitliche Zuordnung der Messdaten (Geocodierung) | 18 |
| 9.2 Dynamischer Fehler bei linearer Änderung des Signals | 18 |

| Inhalt | Seite |
|---|-------|
| 9.3 Trendkorrekturen | 19 |
| 9.4 Räumliche Mittelung | 19 |
| 9.5 Räumliche Interpolation und Regionalisierung | 20 |
| 9.6 Zeitliche Analyse und Interpolation | 21 |
| 9.7 Visualisierung | 21 |
| 10 Qualitätssicherung | 21 |
| 10.1 Qualitätssicherung während der Messplanung | 21 |
| 10.2 Qualitätssicherung während der Vorbereitung und Durchführung | 21 |
| 10.3 Qualitätssicherung der Messdaten | 21 |
| Anhang A Checklisten für die Vorbereitung und Durchführung von mobilen Messungen | 22 |
| A1 Checkliste für die Vorbereitung von mobilen Messungen | 22 |
| A2 Checkliste für die Durchführung von mobilen Messungen | 22 |
| Anhang B Trendkorrekturmethode am Beispiel der Lufttemperatur | 24 |
| B1 Null-Methode | 24 |
| B2 Lineare Trendkorrektur | 24 |
| B3 Trendkorrektur mit Referenzstation | 24 |
| Anhang C Beispiele | 25 |
| C1 Beispiel für mobile Messung mit Messrucksack | 25 |
| C2 Beispiel für mobile Messung mit Fahrrad | 25 |
| C3 Beispiel für mobile Messung mit Messfahrzeug | 26 |
| Schrifttum | 28 |

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

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b: 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), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Prof. Dr. *Benjamin Bechtel*, Bochum

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

Dr. *Valeri Goldberg*, Tharandt

Prof. Dr. *Wilhelm Kuttler*, Essen

Dr. *Fred Meier*, Berlin

Dr. *Bodo Wichura*, Stahnsdorf

Dr. *Sarah Wiesner*, 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/3785.

Einleitung

Während die Richtlinie VDI 3785 Blatt 1 die Methoden stadtklimatischer Untersuchungen allgemein abhandelt und festlegt, welche Klimaelemente für gesamtstädtische oder Einzelfallanalysen als planungsrelevant anzusehen sind, behandelt die Richtlinie VDI 3785 Blatt 2 die Methoden zur Ermittlung des Standortklimas oder Klimas in kleinräumigen Gebieten mit hoher räumlicher Differenziertheit mittels bewegter Messgeräteträger.

Die Berücksichtigung lokalklimatischer Verhältnisse und die Prognose der aufgrund von Planungen oder Eingriffen möglicherweise zu erwartenden lokalen Klimaänderungen ist ein Erfordernis der Umwelt- und Daseinsvorsorge. Sie ist bei den meisten Fachplanungen durch Gesetze, Verordnungen und Verwaltungsvorschriften geregelt (4. BImSchVwV, Absatz 3.2 „Meteorologische Einflußgrößen“).

Diese Richtlinie enthält die Grundlagen, um mithilfe mobiler Messsysteme auf dem Festland planungsgerecht und methodisch abgesichert lokalklimatische Daten zu erheben, auszuwerten und darzustellen.

Lokalklimatische Messungen mit bewegten Geräteträgern wie Kraftfahrzeugen, Fahrrädern, Handwagen oder Tragesystemen werden entweder als selbstständige Verfahren eingesetzt oder ergänzend zu Messungen stationärer Messnetze (VDI 3786 Blatt 13, z. B. verschiedene temporäre Messstationen) und Fernerkundungsverfahren (z. B. Thermal-Infrarot-Befliegungen, Satelliten-Thermografie) verwendet.

Auf den Einsatz unbemannter Fluggeräte (VDI 3786 Blatt 22) und mobiler Messungen von Luftbeimengungen (VDI 4290 Blatt 1) wird nicht explizit eingegangen, obwohl die methodischen Ausführungen der VDI 3785 Blatt 2 prinzipiell auch für die genannten Richtlinien gelten. Gleiches gilt für vertikale Sondierungen mit Ceilometern oder Lidar auf mobilen Messsystemen.

1 Anwendungsbereich

Als Klima wird der Zustand der Atmosphäre und dessen Variation über einen bestimmten, üblicherweise langen, Zeitraum in einem räumlich begrenzten Gebiet bezeichnet. Soweit sich dort eigenständige Klimacharakteristika ausbilden, werden im Sinne dieser Richtlinie die (lokal-)klimatischen Gegebenheiten in Stadt- und Siedlungsgebieten als Stadtklima und in anderen Gebieten als Standortklima beschrieben. Bilden sich unter bestimmten Wetterlagen in einem Gebiet immer wieder nahezu gleichartige und typische Klimacharakteristika aus, so lassen sich diese auch über kürzere Zeiträume und in Einzelsituationen hinreichend genau bestimmen. Für lokalklimatische Untersuchungen mit hoher räumlicher Differenziertheit kommen bevorzugt mobile Messungen infrage, da stationäre Messnetze wegen der Vielzahl erforderlicher Messstationen in der Regel nicht wirtschaftlich betrieben werden können. Ergebnisse von Fernerkundungsverfahren haben für diesen Zweck nur einen eingeschränkten Informationsgehalt, da sie z. B. im thermischen Bereich nur Daten zur Oberflächentemperatur liefern.

Mobile Messungen sind im Sinne dieser Richtlinie Messverfahren, bei denen der oder die Messwertgeber während der Messung nicht ortsfest aufgestellt sind, sondern auf einem mobilen Geräteträger montiert, während eines zuvor definierten Zeitfensters durch ein als geeignet festgelegtes Untersuchungsgebiet bewegt werden.

Untersuchungsziele mobiler Messungen sind Daten von Messgrößen, auf deren Grundlage räumliche Verteilungen der relevanten Klimaelemente im Untersuchungsgebiet abgeleitet werden können. Messgrößen können in Abhängigkeit von der je-

weiligen Fragestellung beispielsweise die Lufttemperatur, die Luftfeuchte oder die solare und terrestrische Strahlung sein. Daraus lassen sich abgeleitete Größen wie bioklimatische Indizes (VDI 3787 Blatt 2) bestimmen oder Gebiete mit einheitlicher mikroklimatischer Ausprägung (Klimatope) abgrenzen.

Die räumlichen Verteilungen relevanter Klimaelemente können dazu dienen, lokale Muster zu beschreiben und zu erklären. Im Ergebnis weiterer Analysen können beispielsweise die klimatischen Wirkungen von planerischen Eingriffen oder Landschaftsveränderungen beurteilt werden. Relevante Fragestellungen mobiler Messungen und deren Ergebnisse sind in der Literatur mehrfach dargestellt [1 bis 4].