

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Methoden bodengebundener Stadt- und
Standortklimamessungen mit mobilen Messsystemen

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

VDI 3785
Blatt 2 / Part 2Ausz. deutsch/englisch
Issue German/English

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The draft of this standard has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweise	5
3 Begriffe	5
4 Formelzeichen und Abkürzungen	9
5 Messsysteme	11
5.1 Untersuchungsziele und Messaufgaben	11
5.2 Messmethode und -strategie	12
5.3 Geräteträger	13
5.4 Auswahl geeigneter Sensoren	15
6 Prinzipielle Anforderungen an die Messungen	18
6.1 Auflösungsvermögen	18
6.2 Räumliche Abtastung und Fahrtgeschwindigkeit	21
7 Messplanung	24
7.1 Grundsätze der Messroutenplanung für mobile Messungen	24
7.2 Anforderungen an Wetterlage, Messtermin und -dauer	25
7.3 Streckenlänge und Fahrtgeschwindigkeit	26
7.4 Planung von Messrouten	27
8 Vorbereitung und Durchführung von mobilen Messungen	31
8.1 Vorbereitung	31
8.2 Durchführung	31

Contents	Page
Preliminary note	3
Introduction	3
1 Scope	4
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Symbols and abbreviations	9
5 Measuring systems	11
5.1 Research objectives and measurement tasks	11
5.2 Measurement method and strategy	12
5.3 Equipment platform	13
5.4 Selection of suitable sensors	15
6 Basic requirements for the measurements	18
6.1 Resolution	18
6.2 Spatial scanning and travel speed	21
7 Measurement planning	24
7.1 Principles of measurement route planning for mobile measurements	24
7.2 Requirements for weather type, measurement date and duration	25
7.3 Route length and travel speed	26
7.4 Planning measurement routes	27
8 Preparation and implementation of mobile measurements	31
8.1 Preparation	31
8.2 Implementation	31

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

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b: Umweltmeteorologie

Inhalt	Seite
9 Datenbearbeitung und -auswertung	32
9.1 Räumliche und zeitliche Zuordnung der Messdaten (Geocodierung).....	33
9.2 Dynamischer Fehler bei linearer Änderung des Signals.....	33
9.3 Trendkorrekturen	34
9.4 Räumliche Mittelung	35
9.5 Räumliche Interpolation und Regionalisierung	36
9.6 Zeitliche Analyse und Interpolation.....	38
9.7 Visualisierung	38
10 Qualitätssicherung	39
10.1 Qualitätssicherung während der Messplanung	39
10.2 Qualitätssicherung während der Vorbereitung und Durchführung.....	39
10.3 Qualitätssicherung der Messdaten	39
Anhang A Checklisten für die Vorbereitung und Durchführung von mobilen Messungen.....	40
A1 Checkliste für die Vorbereitung von mobilen Messungen	40
A2 Checkliste für die Durchführung von mobilen Messungen	41
Anhang B Trendkorrekturmethoden am Beispiel der Lufttemperatur.....	43
B1 Null-Methode.....	43
B2 Lineare Trendkorrektur	43
B3 Trendkorrektur mit Referenzstation.....	44
Anhang C Beispiele	45
C1 Beispiel für mobile Messung mit Messrucksack.....	45
C2 Beispiel für mobile Messung mit Fahrrad.....	46
C3 Beispiel für mobile Messung mit Messfahrzeug	47
Schrifttum	50

Contents	Page
9 Data processing and evaluation	32
9.1 Spatial and temporal allocation of the measurement data (geocoding).....	33
9.2 Dynamic error with linear change of the signal.....	33
9.3 Trend corrections.....	34
9.4 Spatial averaging	35
9.5 Spatial Interpolation and regionalisation	36
9.6 Temporal analysis and interpolation.....	38
9.7 Visualisation	38
10 Quality assurance	39
10.1 Quality assurance during measurement planning	39
10.2 Quality assurance during preparation and implementation	39
10.3 Quality assurance of the measurement data	39
Annex A Checklists for the preparation and implementation of mobile measurements	40
A1 Checklist for the preparation of mobile measurements	40
A2 Checklist for the implementation of mobile measurements	41
Annex B Trend correction methods using the example of air temperature.....	43
B1 Zero method.....	43
B2 Linear trend correction	43
B3 Trend correction with reference station ...	44
Annex C Examples.....	45
C1 Example of mobile measurement with measuring backpack.....	45
C2 Example of mobile measurement with bicycle.....	46
C3 Example of mobile measurement with measuring vehicle	47
Bibliography	50

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.

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

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3785.

Introduction

While the standard VDI 3785 Part 1 deals with the methods of urban climate investigations in general and specifies which climate elements are to be regarded as relevant for planning with regard to general urban analyses or case-by-case analyses, the standard VDI 3785 Part 2 deals with the methods for determining the local climate or the climate in small areas with high spatial differentiation by means of moving measuring instrument platforms.

The consideration of local climate conditions and the forecast of local climate changes possibly to be expected due to planning or interventions is a requirement of environmental and public welfare. It is regulated in most sectoral planning by laws, ordinances and administrative regulations (4th BImSchVwV, Paragraph 3.2 “Meteorological Influences”).

This standard contains the basic principles for using mobile measuring systems on the mainland to collect, evaluate and present local climate data in a methodologically sound manner which conforms to planning.

Local climate measurements with moving equipment platforms such as motor vehicles, bicycles, hand carts or carrying systems are either used as stand-alone procedures or complementary to measurements of stationary measurement networks (VDI 3786 Part 13, e.g., various temporary measurement stations) and remote sensing procedures (e.g., thermal infrared surveys, satellite thermography).

The use of unmanned aerial systems (VDI 3786 Part 22) and mobile measurements of airborne

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 jeweiligen 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

pollutants (VDI 4290 Part 1) are not explicitly addressed, although the methodological explanations of VDI 3785 Part 2 also apply in principle to the aforementioned standards. The same applies to vertical soundings with ceilometers or lidar on mobile measuring systems.

1 Scope

Climate is defined as the state of the atmosphere and its variation over a certain, usually long, period of time in a spatially limited area. Insofar as independent climate characteristics develop there, the (local) climate conditions in urban and settlement areas are described as urban climate and in other areas as site climate for the purposes of this standard. If, under certain weather conditions, almost similar and typical climate characteristics repeatedly develop in an area, these can also be determined with sufficient accuracy over shorter periods of time and in individual situations. For local climate studies with a high degree of spatial differentiation, mobile measurements are the preferred option, as stationary measurement networks cannot usually be operated economically due to the large number of measurement stations required. Results from remote sensing methods have only limited information content for this purpose, as they only provide data on surface temperature in the thermal range, for example.

For the purposes of this standard, mobile measurements are measurement procedures in which the transmitter(s) is/are not stationary during the measurement but are mounted on a mobile equipment platform and moved through an investigation area defined as suitable during a previously defined time window.

The research objectives of mobile measurements are data of measured variables, on the basis of which spatial distributions of the relevant climate elements in the study area can be derived. Depending on the respective problem, measured variables can be, for example, air temperature, humidity, or solar and terrestrial radiation. From these, derived variables such as bioclimate indices (VDI 3787 Part 2) can be determined or areas with uniform microclimate characteristics (climatopes) can be delimited.

The spatial distributions of relevant climate elements can be used to describe and explain local patterns. As a result of further analyses, the climate effects of planning interventions or landscape

Wirkungen von planerischen Eingriffen oder Landschaftsveränderungen beurteilt werden. Relevante Fragestellungen mobiler Messungen und deren Ergebnisse sind in der Literatur mehrfach dargestellt [1 bis 4].

changes can be assessed, for example. Relevant questions of mobile measurements and their results are presented several times in the literature [1 to 4].