

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Umweltmeteorologie  
Meteorologische Messungen  
Verdunstung  
Environmental meteorology  
Meteorological measurements  
Evaporation

VDI 3786  
Blatt 21 / Part 21

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

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

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

*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

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

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung .....	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>3</b>	<b>1 Scope.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Normative Verweise.....</b>	<b>4</b>	<b>2 Normative references.....</b>	<b>4</b>
<b>3 Begriffe.....</b>	<b>4</b>	<b>3 Terms and definitions.....</b>	<b>4</b>
<b>4 Formelzeichen und Abkürzungen.....</b>	<b>5</b>	<b>4 Symbols and abbreviations.....</b>	<b>5</b>
<b>5 Direkte Messverfahren.....</b>	<b>7</b>	<b>5 Direct measurement methods.....</b>	<b>7</b>
5.1 Bestimmung der potenziellen Verdunstung mit Verdunstungskesseln (Class-A-Pan).....	7	5.1 Determining the potential evaporation with evaporation pans (class A evaporation pan).....	7
5.2 Bestimmung der aktuellen Verdunstung.....	7	5.2 Determining the actual evaporation.....	7
<b>6 Berechnungsverfahren.....</b>	<b>11</b>	<b>6 Calculation methods.....</b>	<b>11</b>
6.1 Bestimmung der potenziellen Verdunstung.....	11	6.1 Determining the potential evaporation.....	11
6.2 Bestimmung der aktuellen Verdunstung nach Penman-Monteith.....	14	6.2 Determining the actual evaporation using the Penman-Monteith method.....	14
6.3 FAO-Standardmethode zur Bestimmung der aktuellen Verdunstung.....	16	6.3 FAO standard method for determining the actual evaporation.....	16
<b>7 Anwendbarkeit und Genauigkeit der   Verfahren.....</b>	<b>17</b>	<b>7 Applicability and accuracy of the   methods.....</b>	<b>17</b>
<b>8 Überprüfung und Wartung.....</b>	<b>17</b>	<b>8 Verification and maintenance.....</b>	<b>17</b>
Schrifttum .....	20	Bibliography.....	20

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](http://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 Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3786](http://www.vdi.de/3786).

## Einleitung

Die Verdunstung beschreibt den Prozess des Transports von Wasser in Form von Wasserdampf von Unterlagen, von Pflanzen und von freien Wasserflächen in die Atmosphäre. Zusammen mit dem Niederschlag und dem Abfluss gehört sie zu den hydrometeorologischen Größen, die Meteorologie und Hydrologie verbinden. Da beim Verdunstungsprozess Energie benötigt wird, erfolgt durch den Wasserdampf ein latenter Energietransport (latente Wärme), wobei die Freisetzung der Energie erst bei der Kondensation erfolgt. Die für die Ausbreitung wichtige Schichtung der Atmosphäre ist nicht nur temperatur- sondern auch feuchteabhängig (Feuchtkonvektion). Weiterhin ist der Wasserdampf wesentlich verantwortlich für die Aerosolbildung und das wichtigste Treibhausgas. Damit hat die Verdunstung erhebliche Auswirkungen auf alle Vorgänge in der Atmosphäre einschließlich Wasserkreislauf, Klima und Wettergeschehen (siehe DWA-M 504-1) und damit auch die Ausbreitung und Deposition von Luftbeimengungen.

Man unterscheidet zwischen der potenziellen und der aktuellen Verdunstung. Erstere ist die maximal mögliche Verdunstung bei ungehinderter Wasser-Verfügbarkeit. Die aktuelle Verdunstung ist die wahre Verdunstung einer bewachsenen oder unbewachsenen Unterlage. Messmethoden und Berechnungsverfahren unterscheiden zwischen beiden Arten der Verdunstung. Die direkte Messung von potenzieller und aktueller Verdunstung erweist sich als außerordentlich aufwendig und schwierig auch bezüglich der Übertragung auf größere Flächen.

## 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](http://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 can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/3786](http://www.vdi.de/3786).

## Introduction

Evaporation describes the process of the transport of water in the form of water vapour from surfaces, from plants, and from free water surfaces into the atmosphere. Together with precipitation and runoff, it is one of the hydrometeorological variables that connect meteorology and hydrology. Since the evaporation process requires energy, the water vapour effects a latent energy transport (latent heat), whereby the release of energy occurs only during condensation. The stratification of the atmosphere, which is important for dispersal, is not only temperature- but also humidity-dependent (moist convection). Furthermore, the water vapour is essentially responsible for aerosol formation and is the most important greenhouse gas. Thus, evaporation has significant effects on all processes in the atmosphere, including the hydrological cycle, the climate, and weather events (see DWA-M 504-1), therefore also the dispersal and deposition air pollutants.

A distinction is made between potential and actual evaporation. The former is the maximum possible evaporation where there is no limit on the availability of water. The actual evaporation is the true evaporation of a vegetated or unvegetated surface. Measurement and calculation methods differ between the two types of evaporation. Direct measurement of potential and actual evaporation proves to be extraordinarily complex and difficult, including with regard to its extrapolation to larger areas.

## 1 Anwendungsbereich

Bei Fragestellungen der Reinhaltung der Luft zu kurzzeitigen Phänomenen und Prozessen wird die aktuelle Verdunstung benötigt, beziehungsweise Verfahren, die Verdunstungsangaben für Mittelwerte zwischen 10 min und 60 min liefern. Mittelwerte über längere Zeiträume dienen eher klimatologischen Untersuchungen. Da die Verfahren aufeinander aufbauen, wird ein möglichst vollständiger Überblick gegeben und auf mögliche Einschränkungen hingewiesen.

Für Zwecke der Reinhaltung der Luft spielen der Auftrieb und die Konvektion eine wichtige Rolle, da feuchte Luft leichter als trockene ist. Dies kann durch die virtuelle Temperatur beschrieben werden (VDI 3786 Blatt 2, Blatt 3 und Blatt 12). Die Menge an Wasserdampf, die in die Atmosphäre gelangt, kann über die Verdunstung abgeschätzt werden. Gleiches gilt für Wasserdampfmengen zur Aerosol- und Nebelbildung. Der Feuchtegehalt kann auch die Stabilität der atmosphärischen Schichtung beeinflussen. Für agrarmeteorologische und hydrologische Fragestellungen ist die Verdunstung eine entscheidende Größe. Sie ist genauso stadtklimatologisch eine wichtige Größe, da verdunstende Oberflächen abkühlend auf das Temperaturregime wirken.

Da die direkte Messung der Verdunstung aufwendig ist, kommen mehrere Näherungsformeln zur Anwendung, bei denen die Verdunstung aus anderen Größen abgeleitet wird. Diesen Parametrisierungen oder Modellen liegen Beziehungen zugrunde, die teilweise klimatologisch bestimmte Parameter enthalten. Dies hat zur Folge, dass trotz Messungen von 10-Minuten- bis 60-Minuten-Mitteln die bestimmte Verdunstung nur als Mittelwert oder Summe für deutlich längere Zeiträume ermittelt werden kann.

Durch die in dieser Richtlinie aufgeführten Verfahren kann die Interzeptionsverdunstung nicht separat bestimmt werden.

Zur Bestimmung der Parameter in den Formeln für die aktuelle Verdunstung in Abhängigkeit von der Pflanzenart und den meteorologischen Bedingungen wurde von der Welternährungsorganisation (FAO) eine Standardverdunstung festgelegt. Damit soll die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Klimazonen erreicht werden [2]. Diese entspricht nicht immer den wahren Bedingungen.

Bei den in dieser Richtlinie genannten Mess- und Berechnungsverfahren sind die Anwendungsbedingungen unbedingt zu berücksichtigen.

## 1 Scope

Investigations concerning air quality control that involve short-term phenomena and processes require the actual evaporation, or else methods that provide evaporation data for mean values of between 10 min and 60 min. Means over longer periods tend to serve more for climatological investigations. Since the methods build on each other, the most complete overview possible is provided and potential limitations highlighted.

For air quality purposes, buoyancy and convection play an important role, since moist air is lighter than dry air. This can be described through the virtual temperature (VDI 3786 Part 2, Part 3, and Part 12). The quantity of water vapour that reaches the atmosphere can be estimated by way of the evaporation. The same applies to water vapour quantities for aerosol and mist formation. The moisture content can also affect the stability of the atmospheric stratification. Evaporation is a decisive quantity in agrometeorological and hydrological investigations. It is just as important in urban climate studies, since evaporation-generating surfaces have a cooling effect on the temperature regime.

Since direct measurement of the evaporation is a complex procedure, several approximation formulae are used in which the evaporation is derived from other variables. These parameterisations or models are based on relationships, which in part contain parameters determined climatologically. The consequence is that despite measurements of 10-minute to 60-minute averages, the particular evaporation can be determined only as a mean or sum for significantly longer periods.

The interception evaporation cannot be determined separately through the methods discussed in this standard.

For determining the parameters in the formulae for the actual evaporation as a function of plant species and of the meteorological conditions, the Food and Agriculture Organisation (FAO) has defined a standard evaporation with which comparability between different climatic zones should be achieved [2]. It does not always correspond to the true conditions.

The defined application conditions must always be adhered to in the measurement and calculation methods discussed in this standard.

## **2 Normative Verweise**

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 3786 Blatt 1:2013-08 Umweltmeteorologie;  
Meteorologische Messungen; Grundlagen

## **2 Normative references**

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI 3786 Part 1:2013-08 Environmental meteorology; Meteorological measurements; Fundamentals