

DWD

MERKBLATT

**Bestimmung der in AUSTAL2000 anzugebenden
Anemometerhöhe**

Autor:
Dipl.-Met. Joachim Namyslo

Deutscher Wetterdienst
Abteilung
Klima- und Umweltberatung
Offenbach, Stand: 15.10.2014



1 Motivation

Es ist ein möglichst einfaches Verfahren zur Bestimmung der Anemometerhöhe in Abhängigkeit vom für die Ausbreitungsrechnung zu verwendenden Z_0 -Wert zu finden. Die "Umrechnung" auf andere Z_0 -Werte als dem der gemessenen Zeitreihe der Windgeschwindigkeit zugeordneten "mittleren mesoskaligen Z_0 " (\bar{Z}_{0s}) soll unabhängig von der Ausgangsreihe erfolgen können.

2 Die Bedeutung der verwendeten Größen

h_{as}	Anemometerhöhe über Grund an der Windmessstation
Z_{0s}	mesoskaliges Z_0 für einen 30°-Sektor an der Windmessstation (Sektormittel)
d_{0s}	Verdrängungshöhe an der Windmessstation
\bar{Z}_{0s}	mit Hilfe der mittleren jährlichen Häufigkeit (H_{dd}) der Windrichtungssektoren "dd" berechnetes mittleres mesoskaliges Z_0 an der Windmessstation
h_{ref}	Referenzhöhe zur mesoskaligen Übertragung von Windgeschwindigkeiten über ebenem Gelände nach WIERINGA (1976)
h_{red}	Reduktionshöhe
f_{red}	Reduktionsfaktor (zur Reduktion der Windgeschwindigkeit)
u	Windgeschwindigkeit (u_* = Schubspannungsgeschwindigkeit)
h_a	Anemometerhöhe über Grund am Ort der Ausbreitungsrechnung (TAL ^{*)} , Tab. 15)
Z_0	Rauigkeitslänge am Ort der Ausbreitungsrechnung (TAL, Tab. 14 und Tab. 15)
d_0	Verdrängungshöhe am Ort der Ausbreitungsrechnung (TAL, Tab. 15 und Kap. 8.6)

^{*)} Technische Anleitung (TA) Luft (2002)

3 Vorbemerkungen

Zur Übertragung gemessener Zeitreihen der Windgeschwindigkeit von einer Stationsmesshöhe über Grund auf die im Ausbreitungsmodell zu verwendende Anemometerhöhe " h_a " wird das "Regionalwind-Konzept" von WIERINGA (1976 u. 1986) angewandt. Diesem Übertragungsverfahren liegt zum einen das theoretische Konzept der "internen Grenzschichten" und zum anderen die empirische Erkenntnis zugrunde, daß sich ein Bezugsniveau finden läßt, in welchem der Wind - bezogen auf eine Fläche von ca. 5 km × 5 km - nicht mehr von der lokalen, sondern von einer regionalen Rauigkeit bestimmt wird (Regionalwind U_m ("Mesowind")). Dies Bezugsniveau wurde aus Wind- und Turbulenzmessungen in einer Höhe von etwa 60 m bestimmt; je nach regionaler Situation auch zwischen 50 bis 100 m. Der Regionalwind wird in dieser Höhe durch Hindernisse beeinflusst, die sich - bezogen auf den Messort - innerhalb eines "Entfernungstrahls" von etwa 1 bis 3 km stromauf befinden. Das Bezugsniveau von 60 m liegt oberhalb der zweifachen maximalen Hindernishöhe in ländlichen Regionen (etwa 25 m hohe Wälder) und spiegelt die Höhe des Übergangs von der boden- in die grenzschichtbeeinflusste Tagesgangcharakteristik der mittleren Windgeschwindigkeit wider. Auf Stadtgebiete ist dieses Verfahren daher zumindest nicht ohne die Anwendung einer höheren Bezugshöhe übertragbar. Entsprechend Anhang A der Richtlinie VDI 3782 Blatt 1 (VDI, 2009) ist das Bezugsniveau als Referenzniveau h_r (= h_{ref} , siehe nächste Seite) auf 100 m gesetzt.

4 Das Übertragungsverfahren

Das Verfahren setzt somit voraus, dass eine Referenzhöhe h_{ref} gefunden werden kann, in welcher die mittleren Windprofile (mit der von-Kármán-Konstanten κ) über einer gegebenen Messstation

$$u(h_{as}) = \frac{u_{*s}}{\kappa} \ln\left(\frac{h_{as} - d_{0s}}{Z_{0s}}\right) \quad (1)$$

und über einem Zielort ("Ort der Ausbreitungsrechnung")

$$u(h_a) = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{h_a - d_0}{Z_0}\right) \quad (2)$$

in einem strukturell vergleichbaren "Übertragungsraum" auf den gleichen Wert der Windgeschwindigkeit - den "Regionalwind" - konvergieren.

Dieses Konzept ist geeignet, um einen gemessenen Windgeschwindigkeitswert $u(h_{as})$ auf einen Wert $u(h_{red})$ in andere Umgebungsbedingungen mit Hilfe eines Reduktionsfaktors umzurechnen ("Reduktion"):

$$u(h_{red}) = f_{red} u(h_{as}) \quad (3)$$

Der Reduktionsfaktor, der das "Hochrechnen" von der Mess- auf die Referenzhöhe am Messort und das "Herunterrechnen" von der Referenz- auf die Reduktionshöhe (h_{ref} bzw. h_{red}) am Zielort beschreibt, ist mit

$$f_{red} = \frac{\left[\frac{\ln\left(\frac{h_{ref} - d_{0s}}{Z_{0s}}\right)}{\ln\left(\frac{h_{as} - d_{0s}}{Z_{0s}}\right)} \right]}{\left[\frac{\ln\left(\frac{h_a - d_0}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_{ref} - d_0}{Z_0}\right)} \right]} \quad (4)$$

gegeben.

Bei der Übertragung der Windgeschwindigkeiten vom Messort auf den Ort der Ausbreitungsrechnung ist unter den wählbaren Reduktionshöhen diejenige von besonderem Interesse, in welcher angenommen werden darf, dass über dem Zielort die gleiche Geschwindigkeit gemessen werden würde wie an der Messstation. Für die gesuchte spezielle Höhe – die "physikalische" Anemometerhöhe h_a - ergibt sich mit der Bedingung $u(h_{red}) = u(h_a) = u(h_{as})$ und unter Annahme mittlerer Windprofile nach Gleichung (1) bzw. (2) und aus den Gleichungen (3) und (4) folgende Bestimmungsgleichung:

$$h_a = d_0 + Z_0 \left(\frac{h_{ref} - d_0}{Z_0} \right)^{p_s} \quad (5)$$

Die vorstehende Gleichung stellt die gesuchte Anemometerhöhe über Grund dar. Der "Stations-exponent p_s " ergibt sich zu



$$p_s = \frac{\ln \frac{h_{as} - d_{0s}}{Z_{0s}}}{\ln \frac{h_{ref} - d_{0s}}{Z_{0s}}} \quad (6)$$

5 Hinweise

- Im Dateikopf der AKTerm-Zeitreihe werden als Anemometerhöhen h_a die sukzessiv für die 9 Rauigkeitswerte der Tabelle 14 (TA Luft 2002, Anhang 3) nach Gleichung (5) berechneten Werte angegeben, wobei $d_0 = 6 \cdot z_0$ zu setzen ist (vgl. TA Luft 2002, Anh. 3, Kap. 8.6). Werden die Z_0 -Werte des Messortes nicht aus Turbulenzmessungen, sondern aus einer topografischen Karte bestimmt, ist die flächennutzungstypische Zuordnung tabellarisch vorzunehmen (s. Anlage 1) und das Sektormittel mittels einer messhöhen- und entfernungsängenabhängigen Wichtung zu bestimmen.
- Als minimaler Wert wird zur Zeit $h_{a,min} = 4$ m gesetzt.

6 Literatur

VDI (Verein Deutscher Ingenieure), 2009: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle – Gauß'sches Fahnenmodell zur Bestimmung von Immissionsgrößen. Stand August 2009.

WIERINGA, J., 1976: An objective exposure correction method for average wind speeds measured at a sheltered location, Quart.Journ.Roy.Met.Soc. 102, 241-253.

WIERINGA, J., 1986: Roughness-dependent geographical interpolation of surface wind speed averages. Quart.Journ.Roy.Met.Soc. 111, 867-889.

Ansprechpartner:

Dipl.-Met. Joachim Namyslo

c/o

Deutscher Wetterdienst

Abteilung Klima- und Umweltberatung

Sachgebiet "Angewandte Grenzschichtklimatologie und Luftreinhaltung"

Frankfurter Str. 135

D-63067 Offenbach am Main

Postanschrift: Postfach 100465, D-63004 Offenbach am Main

Tel.: ++49(0)69-8062-2967

Fax.: -2993

e-mail: joachim.namyslo@dwd.de

Einschätzung der Umgebungsrauigkeit von DWD-Stationen für AKTerm-/LMTerm-Zeitreihen

Zuordnung typischer, effektiver z_0 -Werte zu Flächennutzungstypen

$z_{0,eff}$	Flächennutzungstyp (Mittel über Sektorsegment)
0.001 m	Wasserflächen
0.005 m	barer Boden
0.010 m	asphaltierte Verkehrsflächen
0.020 m	Flughäfen (Rasenflächen mit einigen zerstreuten Hindernissen)
0.030 m	landwirtschaftliches Gelände (sehr wenige Gebäude und Bäume)
0.050 m	landwirtschaftliches Gelände (offenes Erscheinungsbild)
0.100 m	landwirtschaftliches Gelände (geschlossenes Erscheinungsbild)
0.200 m	offene Parklandschaft (Viele Bäume und /oder Büsche)
0.300 m	locker bebautes Gelände (offene Siedlungen mit Gärten)
0.500 m	locker bebautes Wohngebiet (Ein- und Mehrfamilienhäuser)
1.000 m	dicht bebautes Wohngebiet (Mehrfamilien- und Reihenhäuser)
1.500 m	Vorstädte, geschlossener Nadelwald
2.000 m	Stadt, geschlossener Laubwald
0.1 H_G	spezielle Hindernisse mittlerer Höhe H_G (z.B. Fabrikhallen, ...)

Anmerkungen:

- effektive z_0 -Werte für Regionalwindverfahren nach WIERINGA (1976)
- Festlegung der flächennutzungsabhängigen z_0 -Werte innerhalb eines Windrichtungssektors erfolgt allein nach aerodynamischen Gesichtspunkten zur Rauigkeitsbewertung von, in der Regel messdatenbasierten, Winddaten – z.B. einer Ausbreitungsklassenzeitreihe (die Tabelle 14 (TA Luft 2002, Anh. 3) ist nur im Rahmen von Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft zu beachten)
- für z_0 -Werte ≤ 0.2 m stimmen die Rauigkeitswerte z.B. mit denen einer "rds-Datei" (Modell WAsP) überein; für größere Werte ist dies in der Regel nicht der Fall!