

# Meteorologische Vergleichsmessungen

## Deutscher Wetterdienst – Sächsisches Luftmessnetz

### 1. Motivation

An den Luftgütemessstationen im Freistaat Sachsen werden auch kontinuierlich meteorologische Komponenten (Temperatur, relative Luftfeuchte, Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie Globalstrahlung und Luftdruck) gemessen. Diese dienen der besseren Beurteilung der Luftqualität. Sie erfüllen aber nur teilweise die Anforderungen des Deutschen Wetterdienstes, da sie zum Teil durch orographische Faktoren (wie z. B. Standort der Messeinrichtungen in Straßenschluchten, starker Straßenverkehr, Abschattungen durch Gebäude oder Gehölze usw.) beeinflusst werden. Die Höhe der Messstelle über Grund entspricht in der Regel den üblichen Konventionen, die Anbauform kann abweichen. Das Qualitätsmanagement entspricht nicht den Bedingungen des DWD.

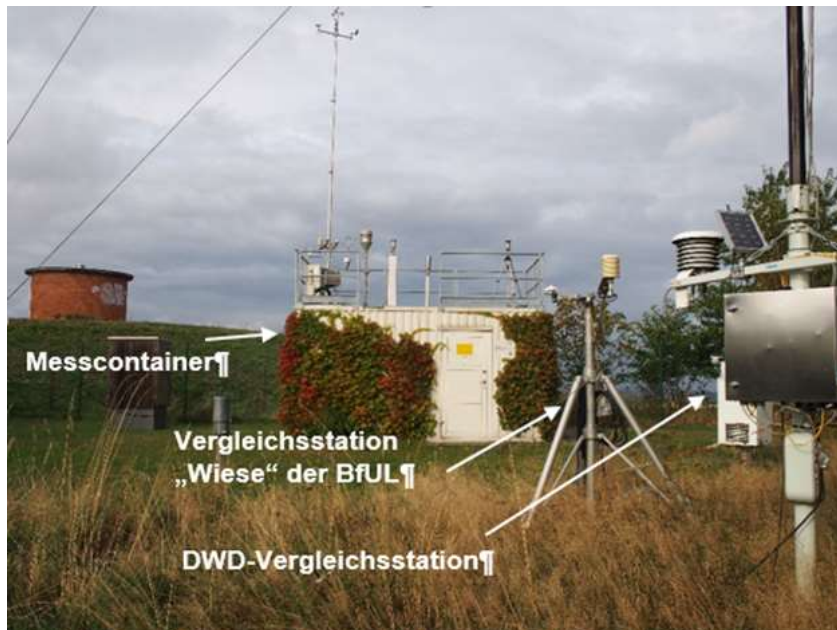
Mit den durchgeführten meteorologischen Vergleichsmessungen zwischen dem deutschen Wetterdienst und dem sächsischen Luftmessnetz sollte geprüft werden, ob die meteorologische Messungen, an den sächsischen Luftgütemessstationen, auch für die Beurteilung des Stadtklimas, insbesondere des innerstädtischen Überwärmungseffektes verwendet werden können.

### 2. Messstandort / Messanordnung

Für die Vergleichsmessungen wurde der Standort der sächsischen Luftmessstation Radebeul-Wahnsdorf (Höhe: 246 m) ausgewählt. Diese befindet sich in ca. 10 km von der DWD-Station Dresden-Klotzsche (Höhe: 227 m) entfernt, deren Daten ebenfalls in die Auswertung einfließen.

Die reguläre meteorologische Messung der Luftmessstation Radebeul-Wahnsdorf (Rade-Wahn) befindet sich auf dem Luftmesscontainer. Die meteorologische Vergleichsstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) wurde in ca. 13 m Entfernung vom Container in süd-süd-östlicher Richtung auf einer Wiese errichtet (Abbildung 1). Zusätzlich wurden durch die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL, Betreiber des Luftmessnetzes) eine weitere meteorologische Vergleichsmessstation (MVMST) direkt neben der DWD-Station auf der Wiese aufgestellt. Diese MVMST ist eine von zwei meteorologischen Vergleichsmessstationen, die zyklisch in einem festgelegtem Rhythmus an allen Stationen im Luftmessnetz zur Qualitätssicherung der meteorologischen Komponenten eingesetzt werden.

Nähere Angaben zu den Messgeräten, die die BfUL verwendet, sind in Tabelle 4 im Anhang zusammengefasst.



**Abbildung 1: Luftmesscontainer Radebeul-Wahnsdorf mit DWD-Vergleichsstation**

Foto: Holm Kühne, BfUL

Die Messungen für Windrichtung und Windgeschwindigkeit finden an der Station Radebeul-Wahnsdorf in einer Höhe von 10 m über Grund statt. Die Messungen für Temperatur, relative Luftfeuchte und Globalstrahlung sind an der Station auf einer Höhe von 4 m über Grund positioniert. Die Luftdruckmessung erfolgt im Container etwa 1,7 m über Boden. Die auf der Wiese betriebene zusätzliche Messeinrichtung der BfUL (MVMST) zur Erfassung von Temperatur, Luftdruck und relativer Feuchte befanden sich in einer Höhe von ca. 1,8 m über Grund. Die Messgeräte des DWD für Temperatur, relative Feuchte, Luftdruck und Globalstrahlung waren 2 m über Grund positioniert. Windrichtung und Windgeschwindigkeit und wurden an der DWD-Station in 10 m Höhe bestimmt.

Der Messzeitraum umfasste die Zeit vom 01. Juni 2018 bis 30. September 2019. Die Messung an der Vergleichsstation MVMST begann am 01. August 2018 und hat im Zeitraum vom 19. März bis 29. Mai 2019 eine Datenlücke, da in diesem Zeitraum die Messgeräte beim Gerätehersteller zur regulären Kalibrierung waren.

Abbildung 2 zeigt die Stationsumgebung in allen Himmelsrichtungen, ein Luftbild der näheren Umgebung Abbildung 3. Bäume in Richtung Ost und Süden können die Messungen beeinflussen.

Um Temperatur- und Luftfeuchtefühler vor direkter und indirekter (Sonnen-)Strahlung zu schützen werden im sächsischen Luftmessnetz unbelüftete Young-Hütten eingesetzt. Bei der Vergleichsmessung des DWD wurde eine „zwangsbelüftete“ LAM 630 Strahlungsschutzhütte eingesetzt. (Durch eine Solarfläche wird bei Sonneneinstrahlung eine Belüftung betrieben) Die unterschiedlichen Hütten sowie die Belüftung bei direkter Sonne könnten Einfluss auf die Temperatur- und Feuchtemessung haben.

Station Radebeul-Wahnsdorf - Umgebung in den Himmelsrichtungen



Fotos: Burkhard Lehmann, LfULG, 17.05.2017

**Abbildung 2: Umgebung der Messnetzstation Radebeul-Wahnsdorf,**  
Fotos: Burkhard Lehmann



**Abbildung 3: Luftbild Umgebung Messstation** (© Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN), 2020)

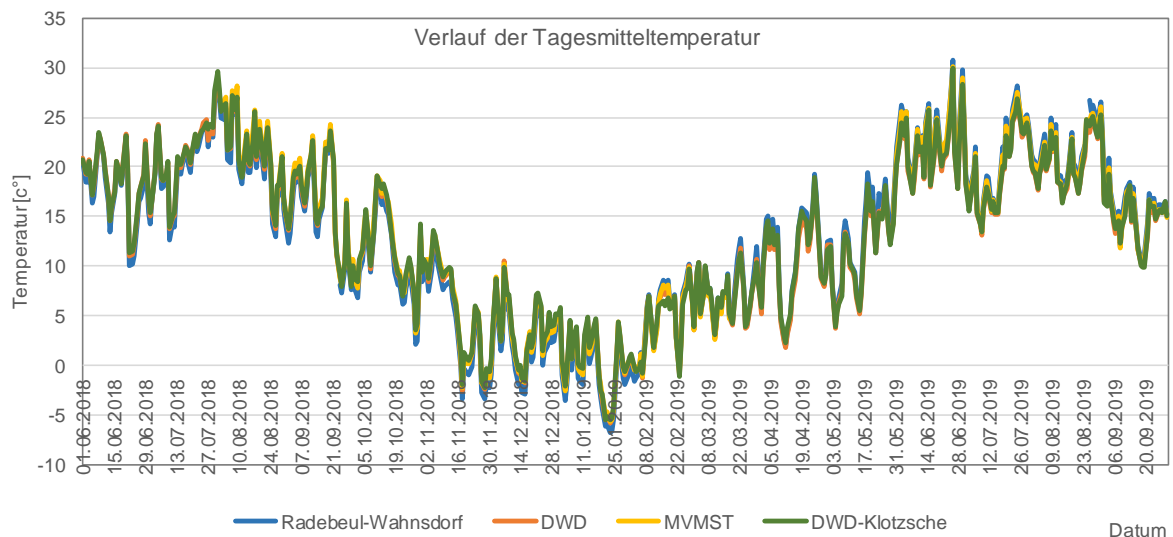
### 3. Temperaturvergleichsmessungen

In der Tabelle 1 sind die mittleren Temperaturdifferenzen und die Standardabweichung zwischen der Luftmessstation Radebeul-Wahnsdorf und den beiden MVMST Container und Wiese, der DWD-Vergleichsstation sowie der DWD-Station Klotzsche zusammengestellt, ebenso die Abweichung zwischen der DWD-Vergleichsstation und der regulären Station DWD-Klotzsche.

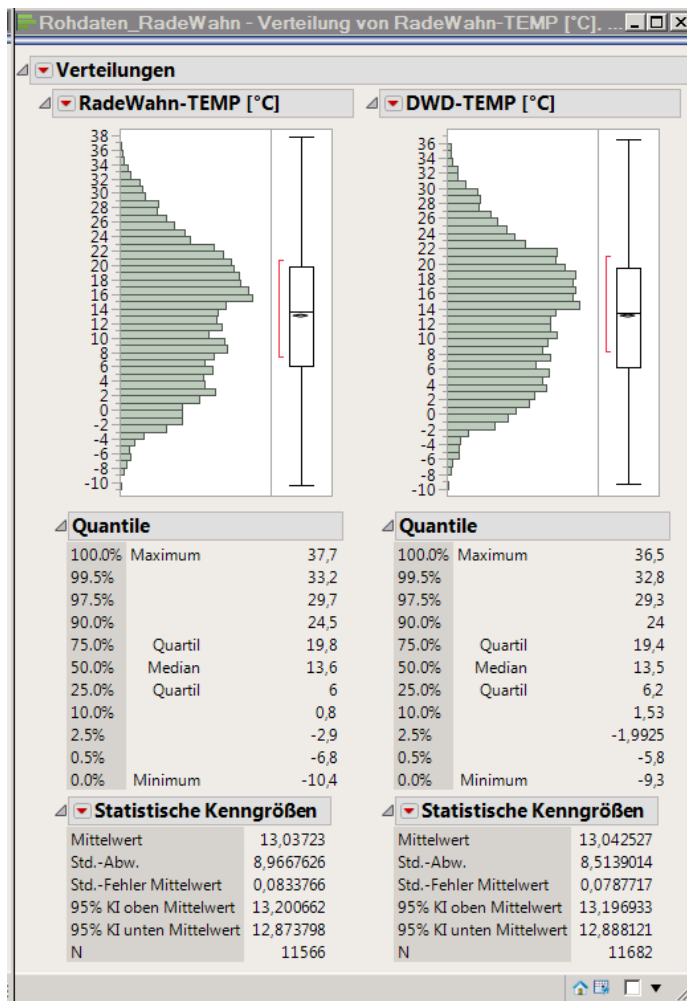
**Tabelle 1: Vergleich der Temperaturmessungen**

	Temperaturdifferenz der Vergleichsstationen [K]				
	Radebeul-Wahnsd.	Radebeul-Wahnsd. - MVMST Container	Radebeul-Wahnsd. - MVMST Wiese	Radebeul-Wahnsd. - Klotzsche	DWD - Klotzsche
	- DWD				
Mittelwert	-0,01	-0,51	-0,43	-0,17	-0,16
Standardabweichung	1,00	0,86	0,84	1,04	0,29

Die mittlere Abweichungen zwischen den einzelnen Stationen sind sehr gering, weit unter 1 K. Die Standardabweichung liegt um 1 K und kleiner. Die Abbildung 4 zeigt den Temperaturverlauf über dem Messzeitraum, Abbildung 5 die statistischen Kenngrößen zur Temperaturmessung der Station Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation.



**Abbildung 4: Temperaturverlauf über den Messzeitraum**



**Abbildung 5: Statistische Kenngrößen zur Temperaturmessung Radebeul-Wahnsdorf und DWD**

#### 4. Relative Feuchte

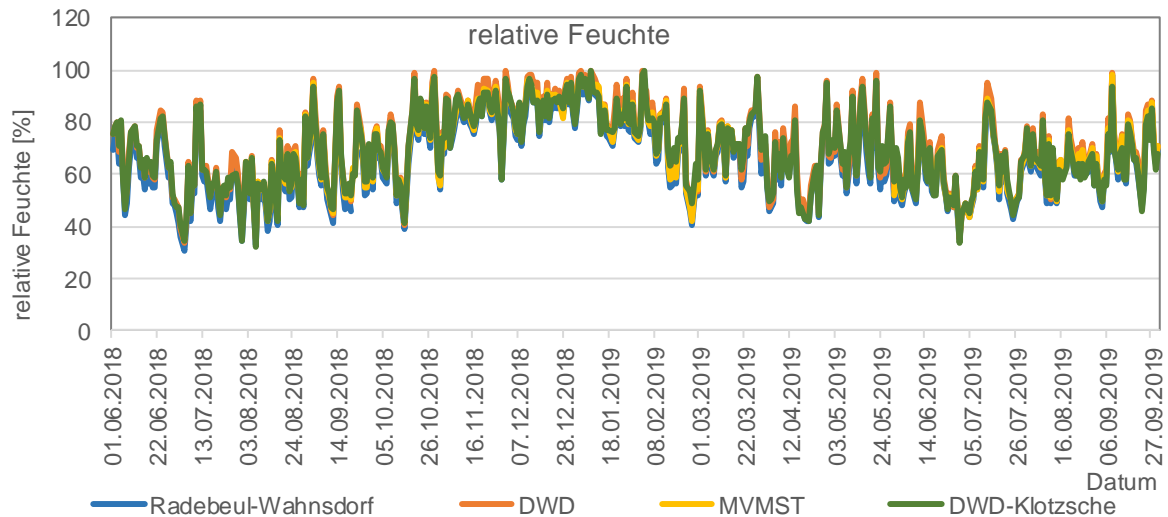
In der Tabelle 2 sind die mittleren Differenzen der relativen Feuchte und die zugehörige Standardabweichung zwischen der Luftmessstation Radebeul-Wahnsdorf und den beiden MVMST Container und Wiese, der DWD-Vergleichsstation sowie der DWD-Station Klotzsche zusammengestellt, ebenso die Abweichung zwischen der DWD-Vergleichsstation und der regulären Station DWD-Klotzsche.

**Tabelle 2: Vergleich der Feuchtemessungen**

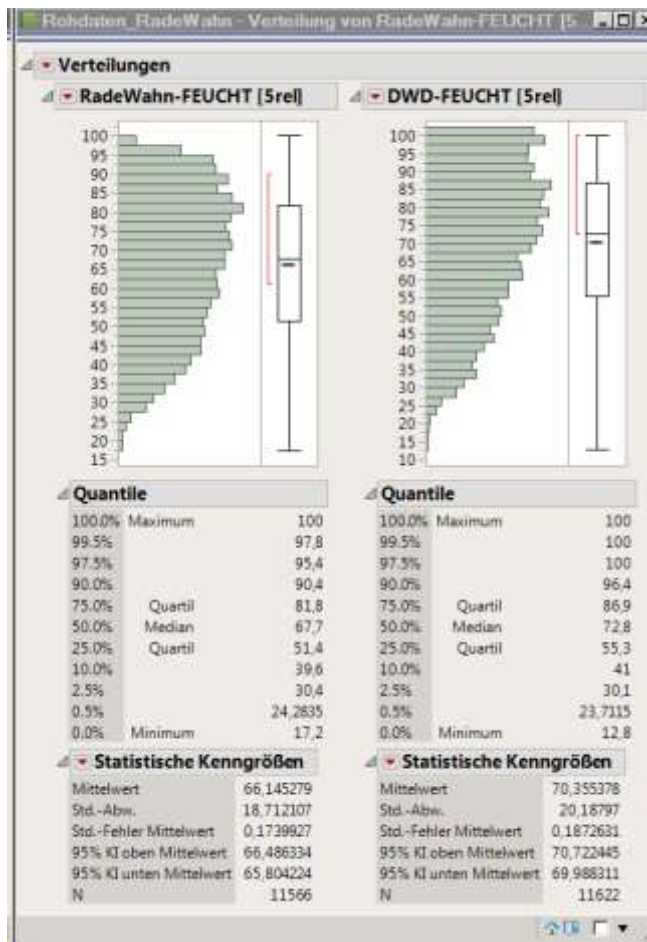
	Differenz der relativen Feuchte der Vergleichsstationen [%]				
	Radebeul-Wahnsd. - DWD	Radebeul-Wahnsd. - MVMST Container	Radebeul-Wahnsd. - MVMST Wiese	Radebeul-Wahnsd. - Klotzsche	DWD - Klotzsche
Mittelwert	-4,31	-3,15	-2,54	-2,67	1,65
Standardabweichung	1,72	1,22	1,22	2,26	2,55



Die größte Differenz mit ca. 4 Prozent trat zwischen den Stationen Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation auf und können auf die etwas abweichenden Messbedingungen (RadeWahn: Messung über Containerdach mit unbelüfteter Strahlungsschutzhütte, Messung an der DWD-Station über Wiese mit belüfteter Strahlungsschutzhütte) zurückgeführt werden. Abbildung 6 zeigt den Verlauf der relativen Feuchte über dem Messzeitraum, Abbildung 7 die statistischen Kenngrößen der Station Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation.



**Abbildung 6: Verlauf der relativen Feuchte über den Messzeitraum**

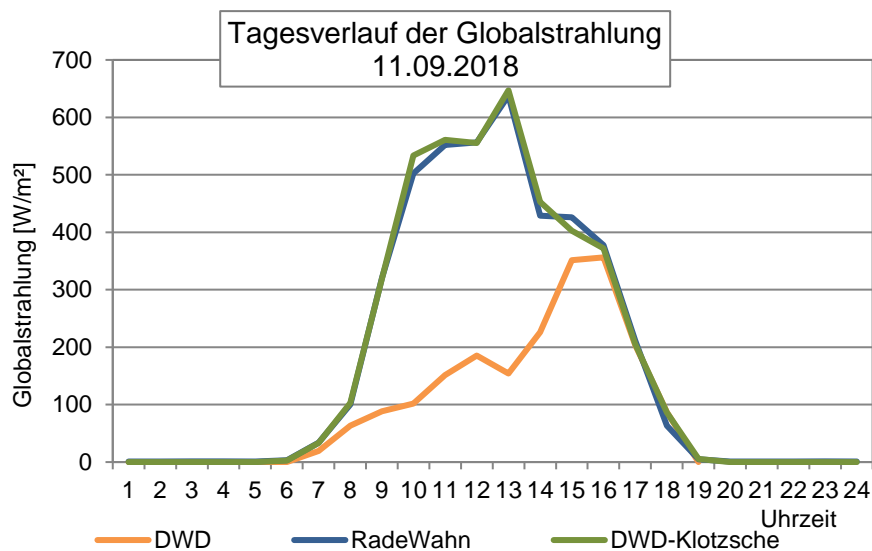


**Abbildung 7: Statistische Kenngrößen zur Messung der relativen Feuchte Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation**

## 5. Globalstrahlung

Der Tagesverlauf der Globalstrahlung für einen wolkenfreien Tag (11.09.2018) ist in Abbildung 8 dargestellt. Die Verläufe der Stationen Radebeul-Wahnsdorf und DWD-Klotzsche stimmen sehr gut überein. Die DWD-Vergleichsstation wird in Abhängigkeit von der Tageszeit (und Jahreszeit) durch die Baumgruppe beeinflusst. Erst ab ca. 16 Uhr wird die Station nicht mehr verschattet und stimmt mit den anderen Stationen überein.

Wegen der unterschiedlichen Verschattung wird keine weitere Auswertung vorgenommen.



**Abbildung 8: Tagesverlauf der Globalstrahlung**

## 6. Luftdruck

In der Tabelle 3 sind die mittleren Abweichungen des Luftdrucks (auch in Prozent) und die zugehörige Standardabweichung zwischen der Station Radebeul-Wahnsdorf und den Vergleichsstationen sowie der DWD-Station Klotzsche (und die Luftdruckdifferenz zwischen den DWD-Stationen) für den Messzeitraum zusammengestellt.

**Tabelle 3: Vergleich der Luftdruckmessungen**

	Differenz des Luftdrucks der Vergleichsstationen [hPa]			
	Radebeul-Wahnsd. - DWD	Radebeul-Wahnsd. - MVMST Container	Radebeul-Wahnsd. - Klotzsche	DWD - Klotzsche
Mittelwert der Differenz	-2,30	0,70	-0,02	2,30
Mittlere Differenz in [%]	-0,2	0,1	0	0,2
Standardabweichung	1,20	0,20	0,80	0,50

Die Vergleichsmessungen erfüllen die Anforderungen der BfUL. Die größten Unterschiede wurden zwischen der Station Dresden-Radebeul und der DWD-Vergleichsstation sowie DWD-Vergleichsstation und Station DWD-Klotzsche mit 2,3 hPa gemessen.

Abbildung 9 zeigt den Verlauf des Luftdrucks über dem Messzeitraum, Abbildung 10 die statistischen Kenngrößen der Station Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation.



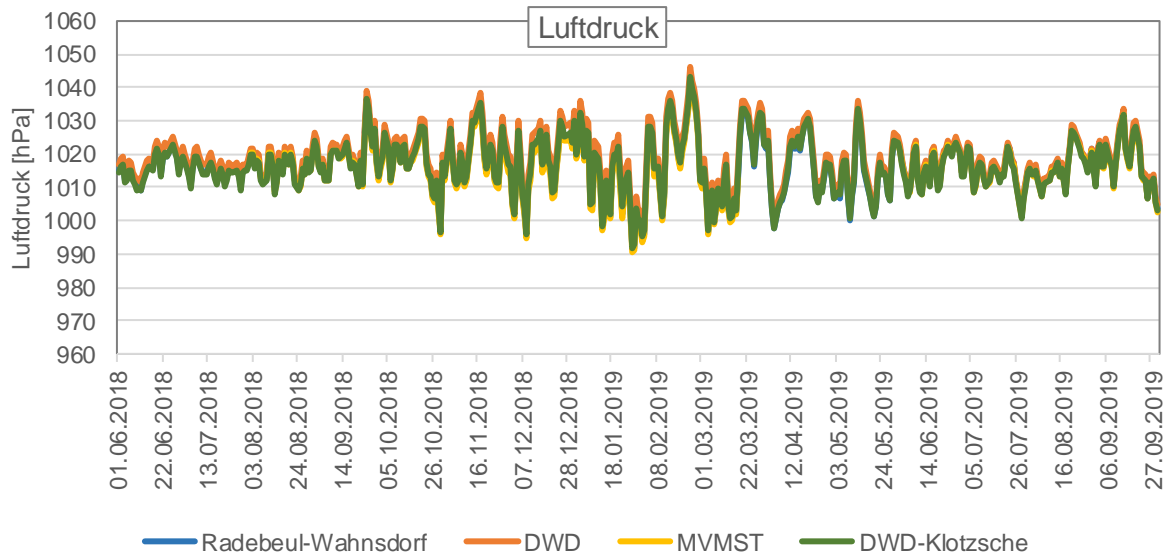


Abbildung 9: Verlauf der Tagesmittelwerte des Luftdrucks über den Messzeitraum

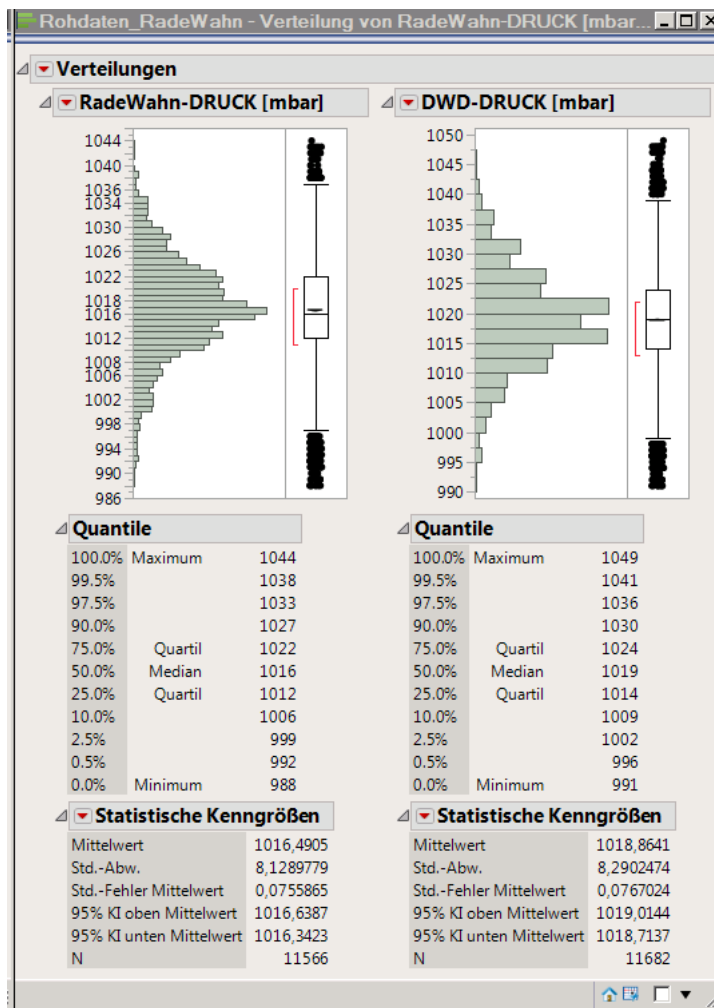
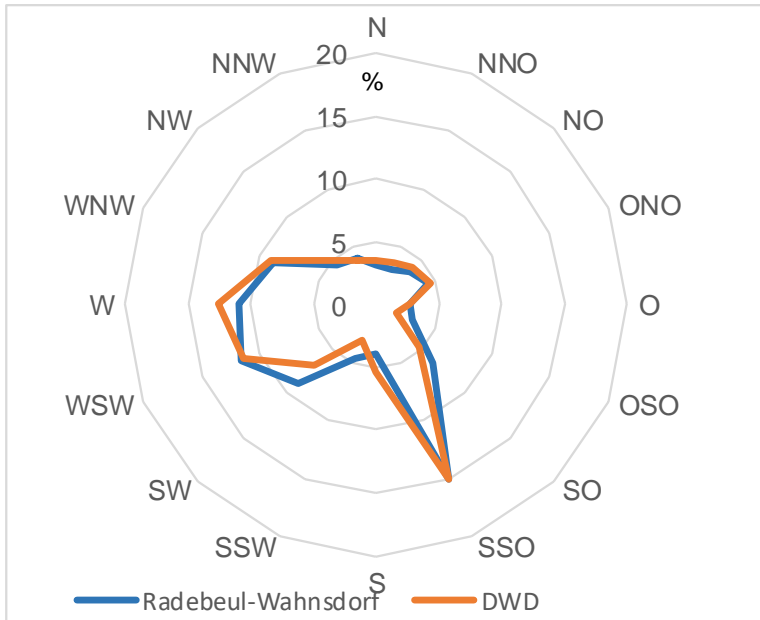


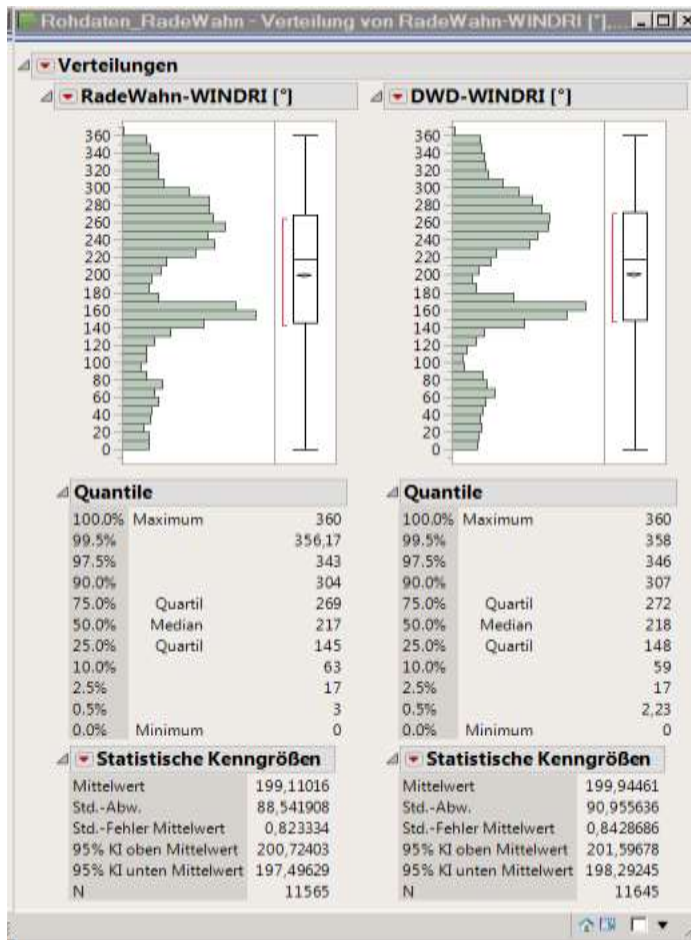
Abbildung 10: Statistische Kenngrößen zur Messung des Luftdrucks an der Station Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation

## 7. Windrichtung

Abbildung 11 zeigt die Windrose für den Standort Radebeul-Wahnsdorf. Es gibt geringfügige standortbedingte Abweichungen zur DWD-Vergleichsstation. Statistische Kenngrößen sind in der Abbildung 12 zusammengefasst. Wegen der unterschiedlichen Aufstellbedingungen wurden die MVMST nicht in den Vergleich einbezogen.



**Abbildung 11: Windrose Radebeul-Wahnsdorf über dem Messzeitraum**



**Abbildung 12: Statistische Kenngrößen zur Messung der Windrichtung an der Station Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation**

## 8. Windgeschwindigkeit

In Abbildung 13 wird die Verteilung der Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten der Luftmessstation Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation gegenübergestellt. Windgeschwindigkeiten im Bereich bis 1,5 m/s werden an der Station Radebeul-Wahnsdorf deutlich weniger gemessen als an der DWD-Vergleichsstation. Insgesamt liegen die gemessenen Windgeschwindigkeiten der Station Radebeul-Wahnsdorf etwas höher als an der Vergleichsstation. (Abbildung 14). Dieser Befund ist vor dem Hintergrund der freieren Anströmung am Luftmesscontainer (siehe auch Abbildung 2) plausibel. Abbildung 15 fasst die statistischen Kenngrößen der Station Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation zusammen. Wegen der unterschiedlichen Aufstellbedingungen wurden die MVMST nicht in den Vergleich einbezogen.

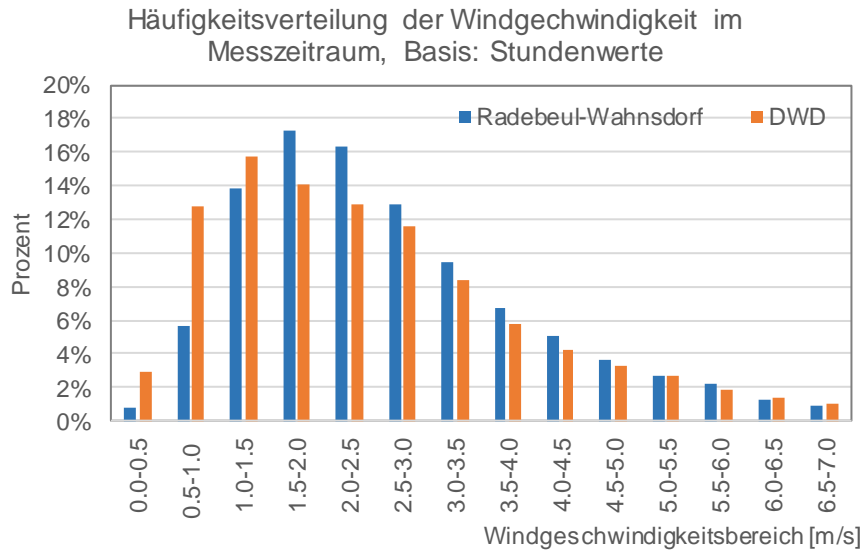


Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit

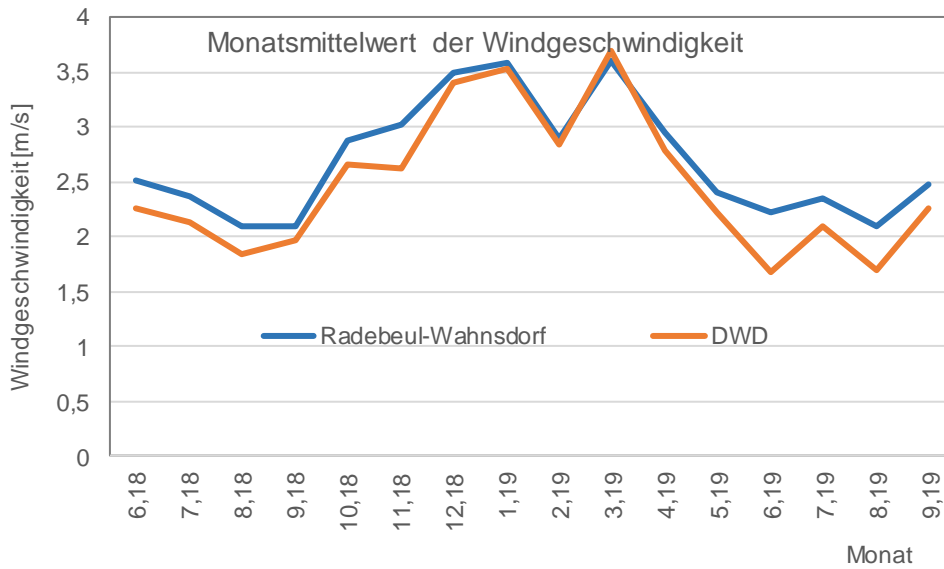
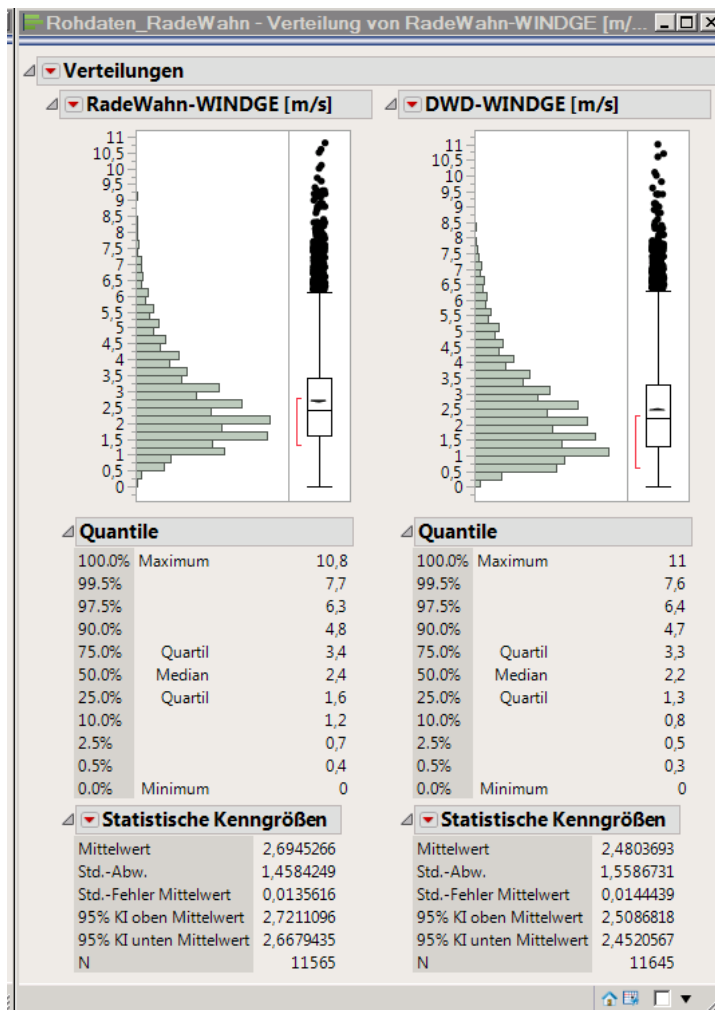


Abbildung 14: Verlauf der Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit über den Messzeitraum



**Abbildung 15: : Statistische Kenngrößen zur Messung der Windgeschwindigkeit an der Station Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation**

## 9. Zusammenfassung

- Der Vergleich der meteorologischen Messergebnisse von der Luftmessstation Radebeul-Wahnsdorf mit denen einer vom DWD betriebenen Station ergibt plausible Ergebnisse und unterstreicht die hohe Qualität der primär zur Interpretation von Luftgütedaten erhobenen meteorologischen Parameter.
- Die Ergebnisse der meteorologischen Messungen im Luftmessnetz können unter Beachtung der Standortbedingungen für die Beurteilung des Stadtklimas, insbesondere des innerstädtischen Überwärmungseffektes mit verwendet werden.

Dem DWD wird für die Bereitstellung und den Betrieb der Vergleichsmessstation - hier insbesondere Herrn Roland Winkler - sowie die Übergabe der Messergebnisse und die fachliche Diskussion der Auswertung recht herzlich gedankt.

## Anhang

**Tabelle 4a: Messgeräte und Angaben zur Messgenauigkeit: Messnetzgeräte**

Messgröße	Maßeinheit	Geber- Typ	Hersteller	Messbereich	Abweichung
Temperatur	°C	Hygrothermogeber kompakt 1.1005.54.241	Adolf Thies	-30- +70	± 0,3 K (MB 10-40 °C)
rel. Feuchte	%	Hygrothermogeber kompakt 1.1005.54.241	Adolf Thies	0- 100	± 2 % rel. Feuchte (MB 5- 95 % r.F. bei 10- 40 °C)
Luftdruck	hPa	Barogeber 3.1157.10.041	Adolf Thies	600- 1060	± 1 hPa
Globalstrahlung	W/m <sup>2</sup>	Pyranometer SMP3- A	Kipp & Zonen	0- 1600	< 1,5 % bei 100- 1000 W/m <sup>2</sup>
Windgeschwindigkeit	m/s	Kombinierter Windgeber 4.3324.31.041	Adolf Thies	0,3- 50	± 0,4 m/s bzw. 2,5 % vom Messwert
Windrichtung	Grad	Kombinierter Windgeber 4.3324.31.041	Adolf Thies	0-360	2,5 °

MB: Messbereich; alle Komponenten Messausgang 4- 20 mA

**Tabelle 4b: Messgeräte und Angaben zur Messgenauigkeit meteorologischen Vergleichsmessstationen der BfUL - Wiese, Containerdach**

Messgröße	Maßeinheit	Geber- Typ	Hersteller	Messbereich	Abweichung
Temperatur	°C	Hygrothermogeber kompakt 1.1005.54.241	Adolf Thies	-30- +70	± 0,3 K (MB 10-40 °C)
rel. Feuchte	%	Hygrothermogeber kompakt 1.1005.54.241	Adolf Thies	0- 100	± 2 % rel. Feuchte (MB 5- 95 % r.F. bei 10-40 °C)
Luftdruck	hPa	Barogeber 3.1157.10.041	Adolf Thies	600- 1060	± 1 hPa
Globalstrahlung	W/m <sup>2</sup>	Pyranometer CMP3	Kipp & Zonen	0- 1300	< 1,5 % bei 100- 1000 W/m <sup>2</sup>
Windgeschwindigkeit	m/s	Kombinierter Windgeber 4.3519.00.741	Adolf Thies	0- 50	± 0,5 m/s bzw. ± 3 % vom Messwert
Windrichtung	Grad	Windrichtungsgeber compact 4.3129.60.741	Adolf Thies	0-360	2 °

MB: Messbereich; alle Komponenten Messausgang 4- 20 mA



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftmesscontainer Radebeul-Wahnsdorf mit DWD-Vergleichsstation .....	2
Abbildung 2: Umgebung der Messnetzstation Radebeul-Wahnsdorf, Fotos: Burkhard Lehmann .....	3
Abbildung 3: Luftbild Umgebung Messstation (© Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN), 2020).....	3
Abbildung 4: Temperaturverlauf über den Messzeitraum.....	4
Abbildung 5: Statistische Kenngrößen zur Temperaturmessung Radebeul-Wahnsdorf und DWD.....	5
Abbildung 6: Verlauf der relativen Feuchte über den Messzeitraum .....	6
Abbildung 7: Statistische Kenngrößen zur Messung der relativen Feuchte Radebeul- Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation.....	7
Abbildung 8: Tageverlauf der Globalstrahlung .....	8
Abbildung 9: Verlauf der Tagesmittelwerte des Luftdrucks über den Messzeitraum .....	9
Abbildung 10: Statistische Kenngrößen zur Messung des Luftdrucks an der Station Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation .....	9
Abbildung 11: Windrose Radebeul-Wahnsdorf über dem Messzeitraum .....	10
Abbildung 12: Statistische Kenngrößen zur Messung der Windrichtung an der Station Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation .....	11
Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit.....	12
Abbildung 14: Verlauf der Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit über den Messzeitraum .....	12
Abbildung 17: : Statistische Kenngrößen zur Messung der Windgeschwindigkeit an der Station Radebeul-Wahnsdorf und der DWD-Vergleichsstation .....	13

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Temperaturvergleich .....	4
Tabelle 2: Vergleich der relativen Feuchte.....	5
Tabelle 3: Vergleich des Luftdrucks.....	8
Tabelle 4: Messgeräte und Angaben zur Messgenauigkeit.....	14

## Abkürzungen

BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen
DWD	Deutscher Wetterdienst
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
MVMST	Meteorologische Vergleichsmessstation

## Einheiten

%	Prozent
°	Grad
°C	Grad Celsius
hPa	Hektopascal
K	Kelvin
m/s	Meter pro Sekunde
W/m <sup>2</sup>	Watt pro Quadratmeter