

# Vergleich Windkataster - Schweizer Windatlas

Daniel Oppliger, NTB <sup>1</sup>  
 Dr. Bruno Dürr, Sunergy GmbH

Am NTB wurde von 2013 bis 2016 in Zusammenarbeit mit Sunergy GmbH das Projekt Windkataster durchgeführt. Das Resultat ist eine Windleistungskarte für den Kanton St. Gallen und für Teile des Kantons Graubünden.

Parallel dazu wurde im Auftrag des BFEs der Schweizer Windatlas erstellt und im Mai 2016 veröffentlicht. Hier werden die Resultate des Projektes Windkataster mit den Resultaten des Schweizer Windatlas verglichen.

## Vergleichsstationen

Die Resultate des Schweizer Windatlases und die des Windkatasters NTB werden mit zwölf unabhängigen Messstationen verglichen. Für zwei der zwölf Stationen sind Messwerte nur für die Höhen 50m und 150m über Grund vorhanden. Die Messstationen wurden weder bei der Erstellung des Schweizer Windatlases noch des Windkatasters NTB verwendet. Die zwölf Stationen sind:

Station	x	y	m.ü. M.	Station	x	y	m.ü. M.
Aelpli	716635	246386	957	Alt Rüttena	754617	214728	484
Buchs-Jäggenrang	751660	224450	1160	Buchs-Vorderberg	752230	223915	1082
Buchs-Rheinau	755765	224470	450	Chrüzbüel	715726	246565	988
Gams	749780	230690	1006	Oberegg	757318	252305	1122
Trübbach	754294	214965	542	Sennwald	757754	235441	436
Vilters	755593	210895	490	Ans	757725	213510	697

Da die Messresultate nicht veröffentlicht werden, werden die Resultate der zwölf Messungen jeweils nur anonymisiert dargestellt, so dass kein Messwert der jeweiligen Station zugeordnet werden kann.

Die Werte des Schweizer Windatlases wurden am 20. Mai 2016 aus der veröffentlichten Karte<sup>2</sup> gelesen.

Die mittlere Windleistung ist die physikalische Grösse, welche für die Eignung eines Standortes massgebend ist. Der Windkataster NTB gibt direkt die mittlere Windleistung pro Rotorfläche in  $W/m^2$  an. Der Schweizer Windatlas gibt nicht direkt die mittlere Windleistung an. Es werden jedoch die Weibull-Parameter angegeben.

## Windleistung aus den Weibull-Faktoren

Aus den Weibull-Parametern wird über folgende Funktion die mittlere Windleistung berechnet.

$$P_{\text{mean}} = \frac{1}{2} A^3 \rho \cdot \Gamma\left(\frac{k+3}{k}\right) \quad (1)$$

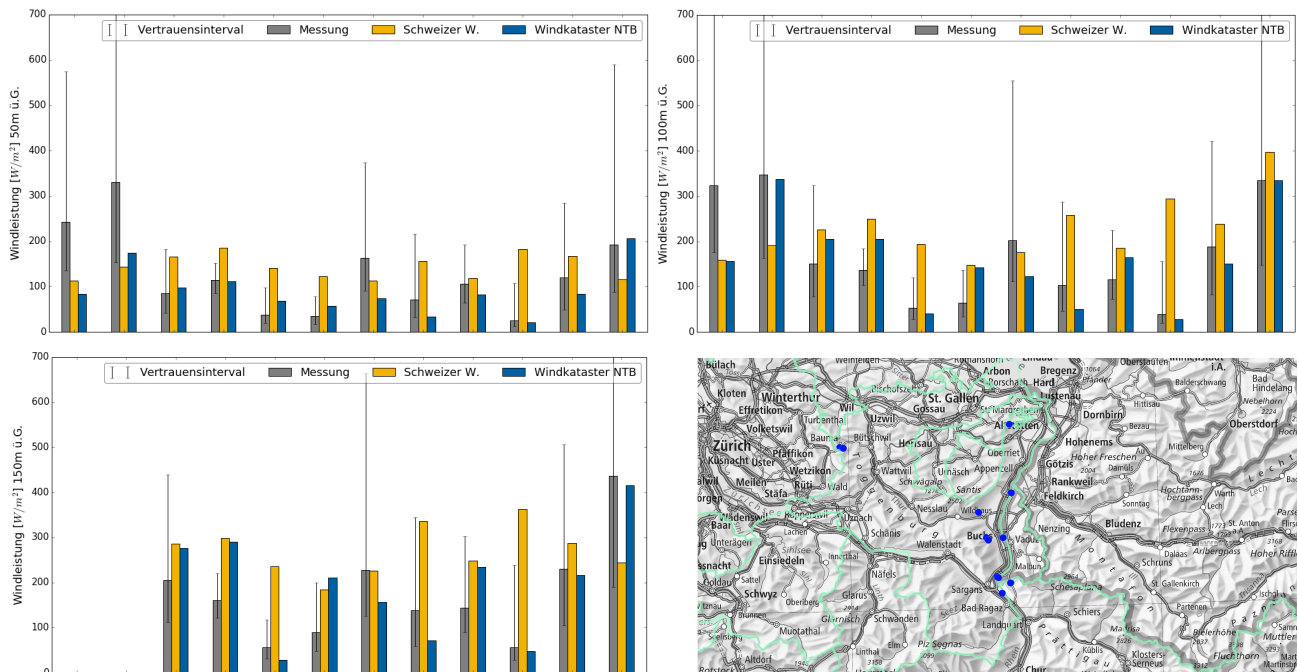
wobei  $A$  der Weibull-Skalierungsfaktor in  $m^2$  ( $A$  ist proportional zur mittleren Windgeschwindigkeit) ist,  $\rho$  die mittlere Dichte der Luft in  $kg/m^3$ ,  $k$  der Weibull-Formfaktor (dimensionslos) und  $\Gamma(\cdot)$  die Gammafunktion.

<sup>1</sup>Email: daniel.oppliger@ntb.ch Tel: 081 755 33 84, NTB Buchs, Werdenbergstr. 4, 9471 Buchs SG

<sup>2</sup><http://www.windatlas.ch>

## Vergleich Windleistung

In den folgenden drei Abbildungen sind die Messresultate der zwölf Messungen (graue Balken) inkl. dem Vertrauensintervall der Messungen, sowie die Resultate des Schweizer Windatlasses (gelb) und des Windkatasters NTB (blau) abgebildet. Die vierte Abbildung zeigt eine Übersicht über die Messstandorte (blau).



Für einen besseren Vergleich werden die folgenden statistischen Grössen über die zwölf Vergleichsmessungen betrachtet:

- Anzahl der Werte, welche innerhalb des Vertrauensintervalls der Messungen liegen (HIT)
- das Mittel des absoluten Fehlers (MAD)
- der Mittelwert (MEAN)
- das quadratische Mittel des Fehlers (RMS)
- die Standardabweichung (STD)

Der Unterschied zwischen der Standardabweichung (STD) und dem mittleren Fehlerquadrat (RMS) ist der, dass die Standardabweichung die mittlere Abweichung (MEAN) nicht berücksichtigt.

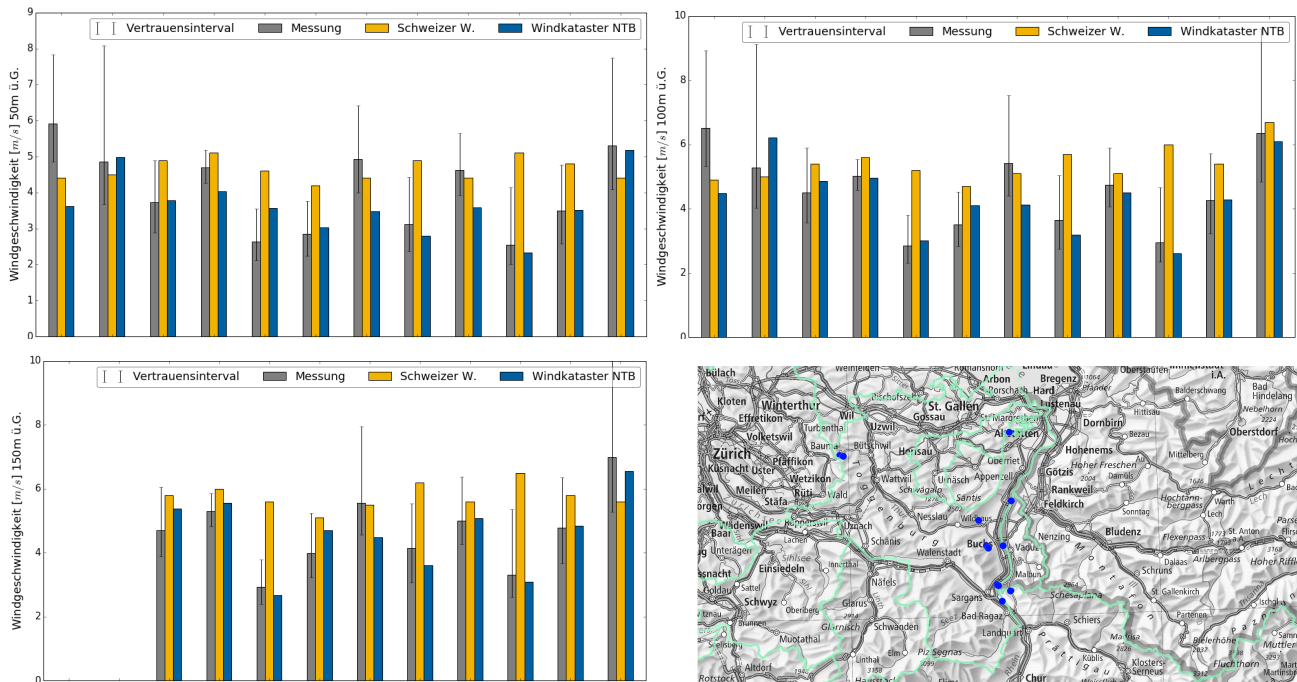
		HIT	MAD $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	MEAN $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	RMS $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	STD $\left[\frac{W}{m^2}\right]$
50 m.ü. Grund	Windkataster NTB	10/12	49	-36	72	63
50 m.ü. Grund	Schweizer Windatlas	6/12	90	17	102	100
100 m.ü. Grund	Windkataster NTB	9/12	51	-10	67	67
100 m.ü. Grund	Schweizer Windatlas	7/12	113	55	128	116
150 m.ü. Grund	Windkataster NTB	7/10	62	20	74	72
150 m.ü. Grund	Schweizer Windatlas	7/10	136	97	159	126

Der Fehler des Windkatasters NTB ist für alle statistischen Grössen erheblich kleiner als der Fehler des Schweizer Windatlas:

- Der mittlere absolute Fehler (MAD) des Windkatasters NTB ist auf allen Höhen ungefähr halb so gross wie beim Schweizer Windatlas.
- Der Mittelwert (MEAN) der Abweichungen ist beim Windkataster NTB leicht negativ, d.h. die Windgeschwindigkeit wird eher etwas unterschätzt. Beim Schweizer Windatlas wird die Windgeschwindigkeit im Mittel überschätzt. Die Abweichung des Windkataster NTB ist auf 50m über Grund grösser, auf 100m und 150m über Grund ist der Fehler beim Windkataster deutlich kleiner.
- Das quadratische Mittel des Fehlers (RMS) des Windkatasters NTB ist zwischen 30% und 53% kleiner als im Schweizer Windatlas.
- Die Standardabweichung (STD) des Windkatasters NTB ist auf allen Höhen um ca 40% kleiner als im Schweizer Windatlas.

## Vergleich Windgeschwindigkeit

Der Vollständigkeit halber wird hier auch der Vergleich für die mittlere Windgeschwindigkeit gezeigt.



In den obigen drei Abbildungen sind die Messresultate der zwölf Messungen (graue Balken) inkl. dem Vertrauensintervall der Messungen, sowie die Resultate des Schweizer Windatlas (gelb) und des Windkatasters NTB (blau) abgebildet. Die vierte Abbildung zeigt die Position der zwölf Messstandorte (blau).

		HIT	MAD	MEAN	RMS	STD
			<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>
50 m.ü. Grund	Windkataster NTB	7/12	0.62	-0.40	0.91	0.82
50 m.ü. Grund	Schweizer Windatlas	5/12	1.17	0.58	1.36	1.23
100 m.ü. Grund	Windkataster NTB	10/12	0.56	-0.22	0.80	0.77
100 m.ü. Grund	Schweizer Windatlas	6/12	1.18	0.82	1.47	1.23
150 m.ü. Grund	Windkataster NTB	8/10	0.43	0.07	0.53	0.52
150 m.ü. Grund	Schweizer Windatlas	6/10	1.40	1.11	1.67	1.25

Auch beim Vergleich der Windgeschwindigkeiten ist der Fehler des Windkatasters NTB für alle statistischen Grössen erheblich kleiner als der Fehler des Schweizer Windatlas:

- Der mittlere absolute Fehler (MAD) ist auf 50m und 100m über Grund etwa halb so gross wie beim Schweizer Windatlas, und auf 150m über Grund knapp 70% kleiner.
- Der Mittelwert (MEAN) der Abweichungen ist beim Windkataster NTB leicht negativ, d.h. die Windgeschwindigkeit wird eher etwas unterschätzt. Beim Schweizer Windatlas jedoch wird die Windgeschwindigkeit im Mittel deutlich überschätzt. Die Abweichung ist auf 50m über Grund etwa gleich gross, auf 100m und 150m über Grund ist der Fehler beim Windkataster deutlich kleiner.
- Die Standardabweichung (STD), respektive Unsicherheit, des Windkatasters NTB ist auf allen Höhen zwischen 33% und 58% geringer als beim Schweizer Windatlas. Die Unsicherheit des Schweizer Windatlas liegt über dem von den Verfassern des Windatlas angegebenen Wert von  $\pm 1.0 \text{ m/s}$ .