

Arbeitsgemeinschaft Föhnforschung Rheintal-Bodensee
(AGF)

Lokale Bedingungen für das Auftreten von Föhn an der inneralpinen Station Davos

Bruno Dürr

b.duerr@pmodwrc.ch

Uebersicht

- » Lokale topographische Verhältnisse
 - Föhnkriterien für Station Davos
 - Erosion von Kaltluftsee durch den Föhn
 - Zusammenfassung
 - Ausblick

Uebersicht

- Lokale topographische Verhältnisse

» Föhnkriterien für Station Davos

- Erosion von Kaltluftsee durch den Föhn
- Zusammenfassung
- Ausblick

Uebersicht

- Lokale topographische Verhältnisse

- Föhnkriterien für Station Davos

» Erosion von Kaltluftsee durch den Föhn

- Zusammenfassung

- Ausblick

Uebersicht

- Lokale topographische Verhältnisse
- Föhnkriterien für Station Davos
- Erosion von Kaltluftsee durch den Föhn

»» Zusammenfassung

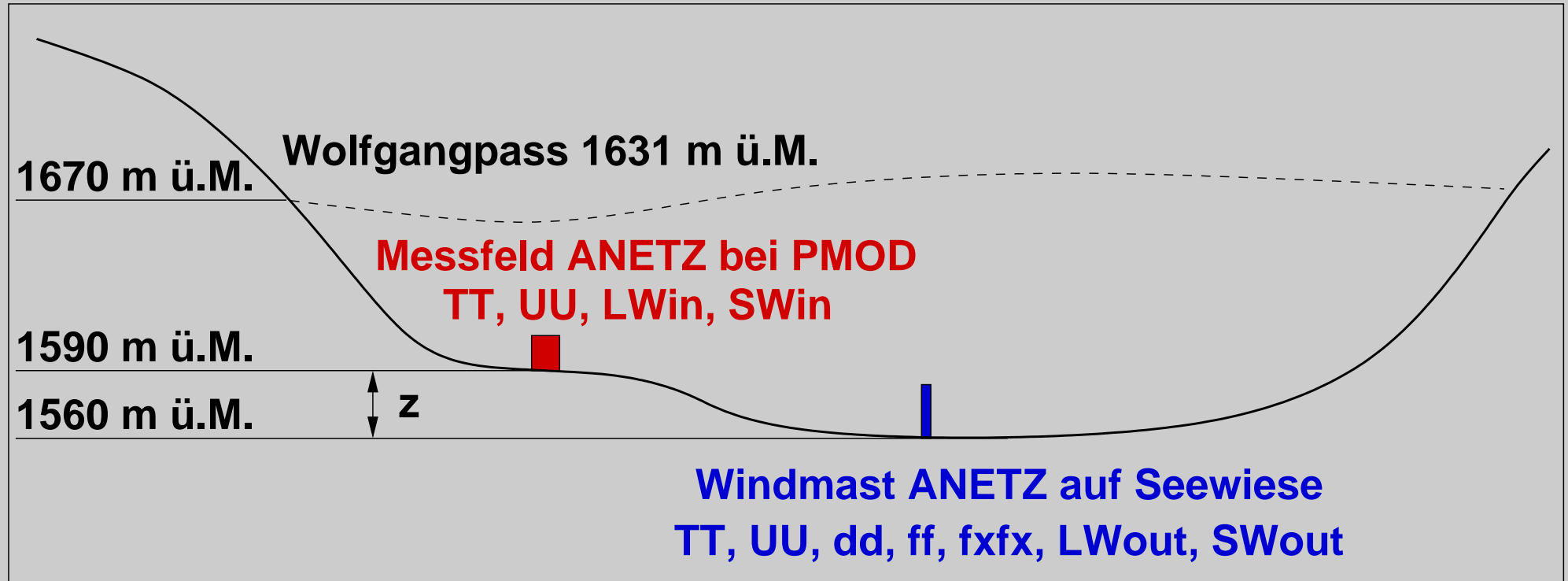
- Ausblick

Uebersicht

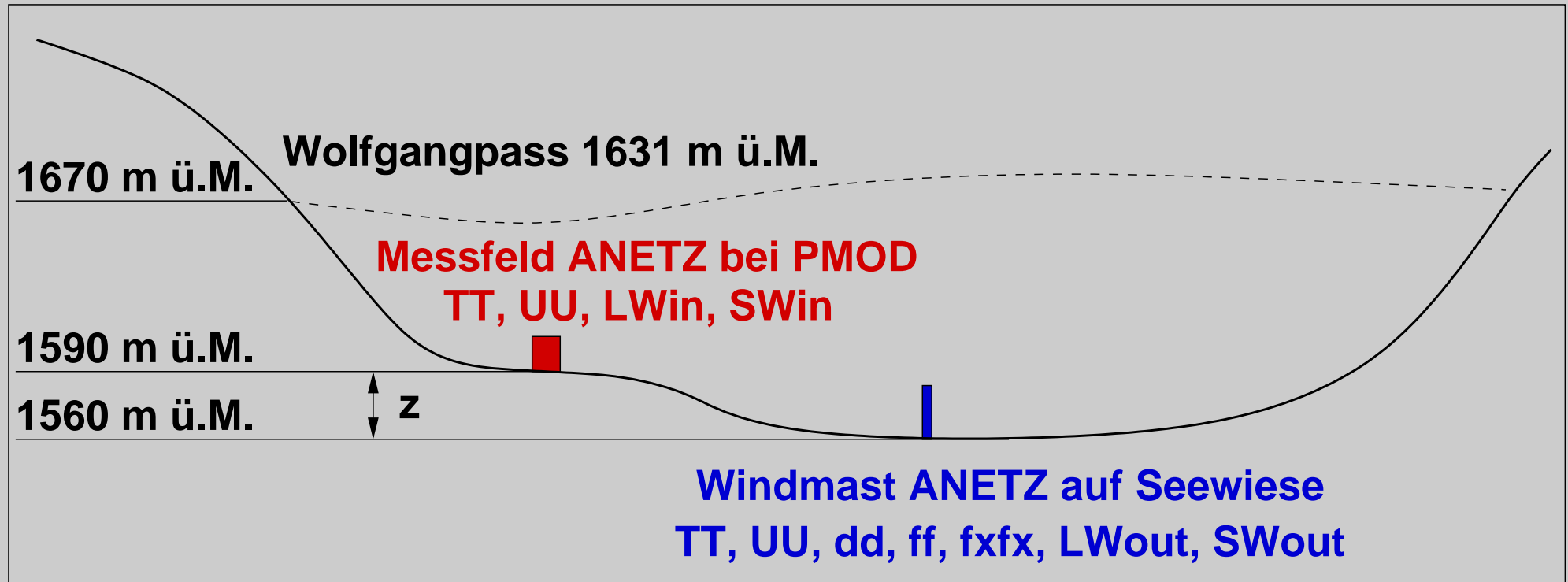
- Lokale topographische Verhältnisse
- Föhnkriterien für Station Davos
- Erosion von Kaltluftsee durch den Föhn
- Zusammenfassung

»» Ausblick

Lokale topographische Verhältnisse

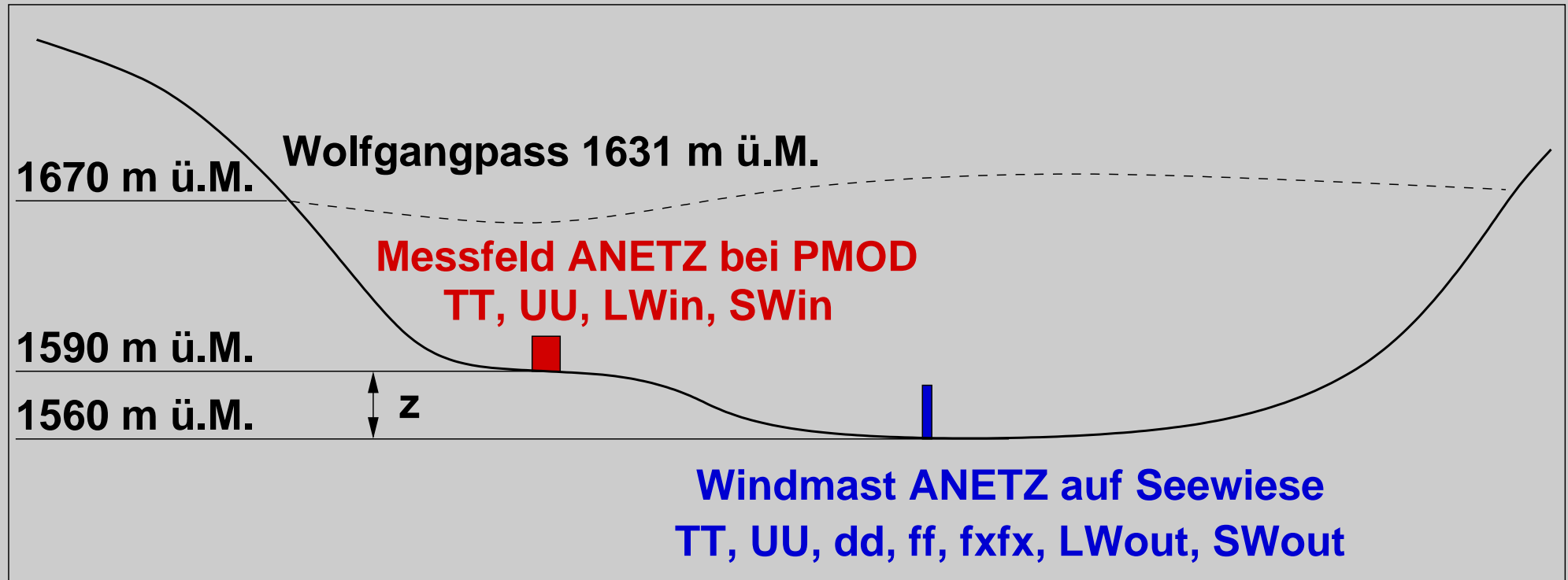


Lokale topographische Verhältnisse



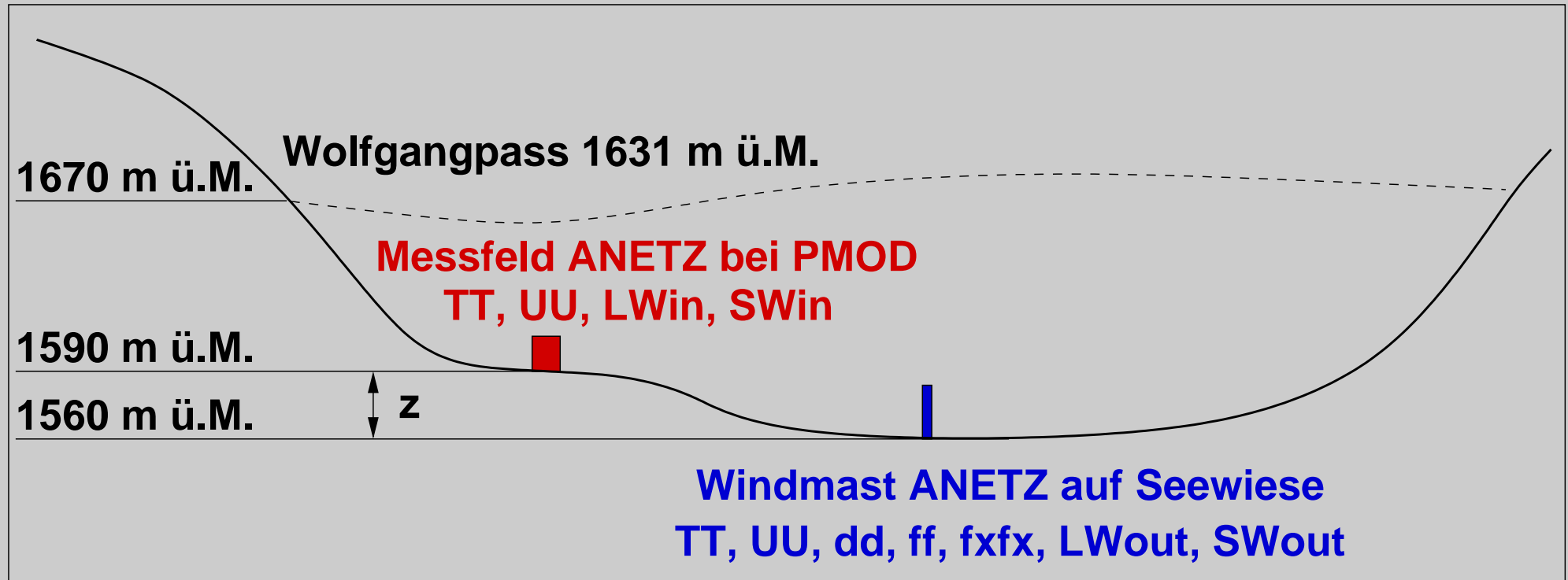
- Talachse des Landwassertales von N-NO nach S-SW orientiert

Lokale topographische Verhältnisse



- Talachse des Landwassertales von N-NO nach S-SW orientiert
- 3 grosse Seitentäler (Sertig-, Dischma- und Flüelatal) in Richtung O-SO

Lokale topographische Verhältnisse



- Talachse des Landwassertales von N-NO nach S-SW orientiert
- 3 grosse Seitentäler (Sertig-, Dischma- und Flüelatal) in Richtung O-SO
- Richtung SW, bei Wiesen, verengt die Zügenschlucht das Tal beträchtlich bis auf eine Höhe von rund 1600 m ü.M.

Föhnkriterien für Station Davos

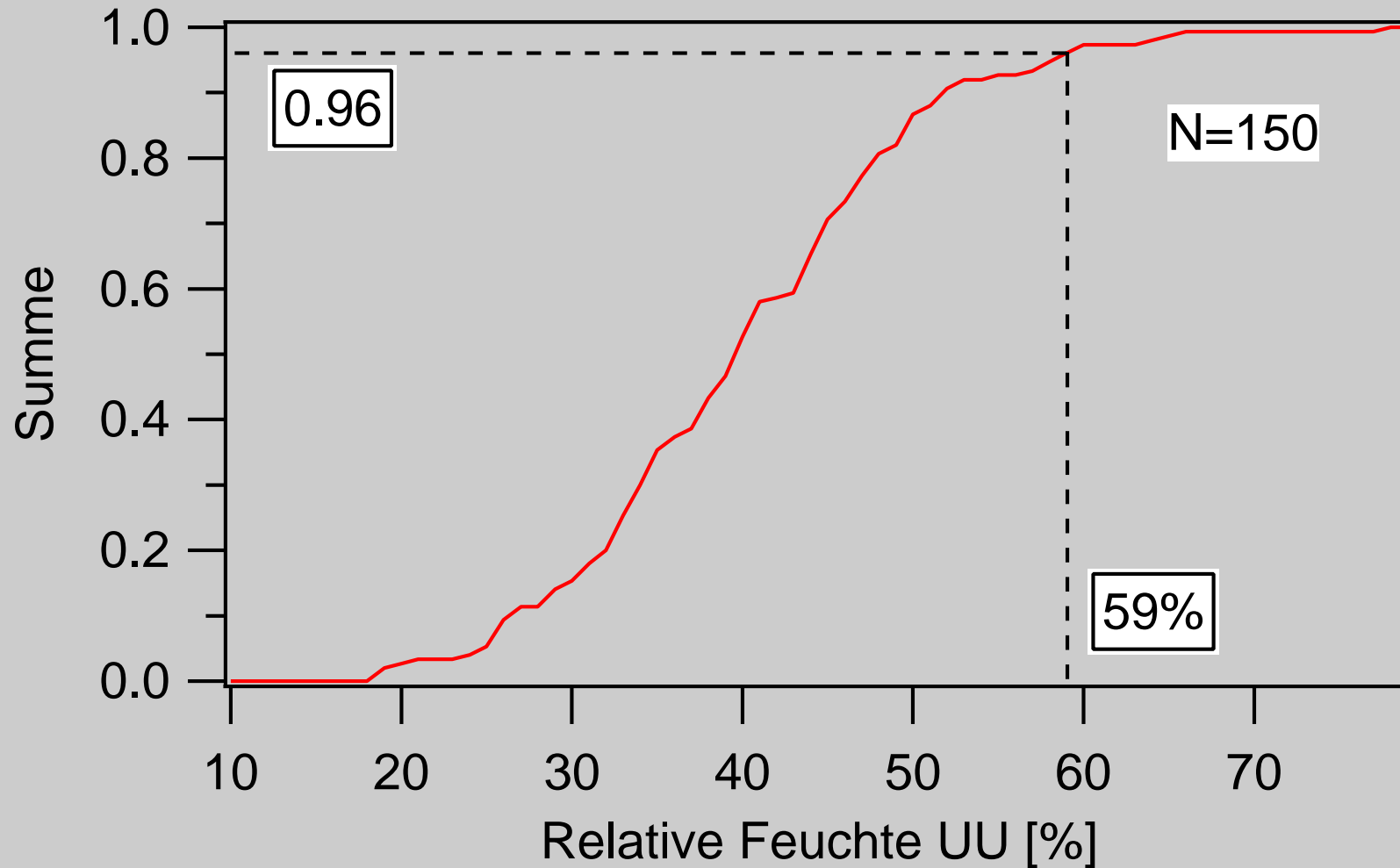
Notwendige Bedingung der AGF: Station nahe am Alpenkamm misst Wind aus Sektor SO – SW mit mindestens 8 ms^{-1} mittlerer Windstärke ff .

Föhnkriterien für Station Davos

Notwendige Bedingung der AGF: Station nahe am Alpenkamm misst Wind aus Sektor SO – SW mit mindestens 8 ms^{-1} mittlerer Windstärke ff .

	Davos	Vaduz	Föhneinsatz
1. Windrichtung dd	SW-S-E	Bergwind +/- 45°	muss
2. Windstärke ff	$\geq 2 \text{ ms}^{-1}$	$\geq 7 \text{ ms}^{-1}$	✓
3. Böenspitze $f_x f_x$	$\geq 5 \text{ ms}^{-1}$	$\geq 10 \text{ ms}^{-1}$	✓
4. Temperatur- änderung	$\geq 2 - 4 \text{ K/h}$	$\geq 3 \text{ K/h}$	✓
5. Feuchtigkeit UU	$\leq 60\%$	$\leq 45\%$	✓ ↓
Anzahl erfüllt (✓)			3 von 4

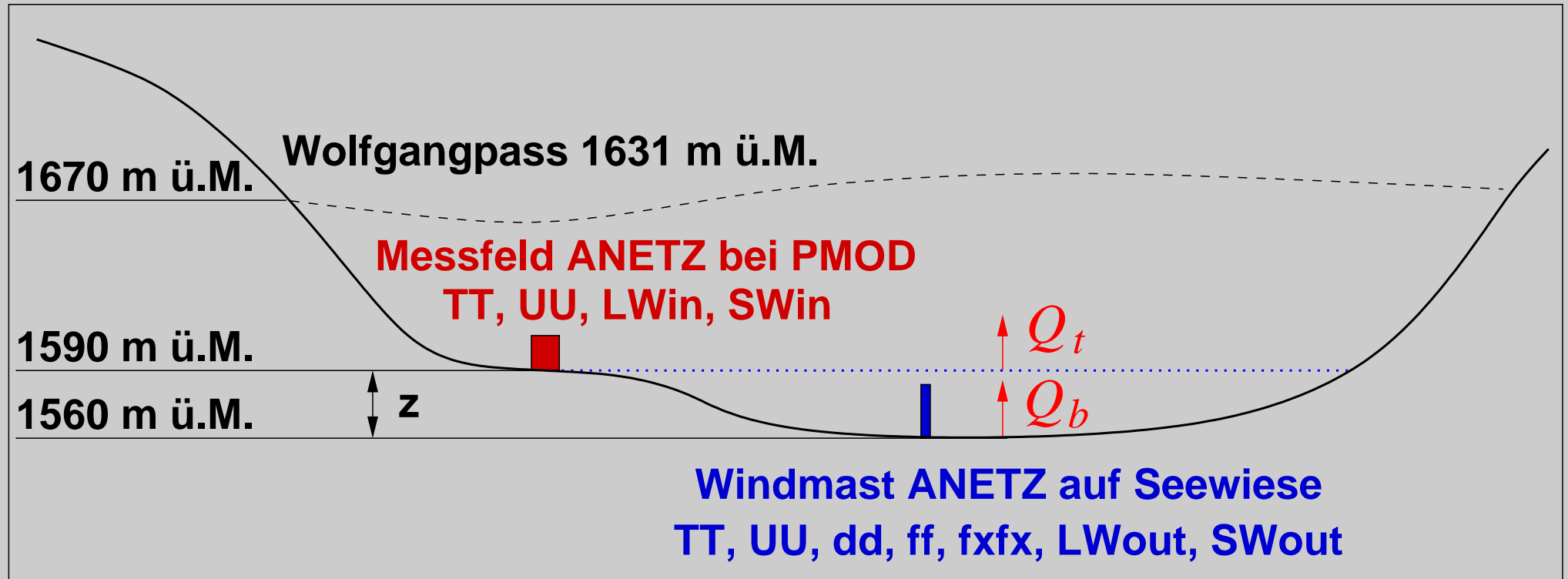
Kumulative Verteilungsfunktion von UU während Föhn



Verteilung der gemessenen relativen Feuchtigkeit während Föhn mit Böenspitzen $f_x f_x \geq 10 \text{ ms}^{-1}$ am Mittag von 1991 – 2000. Weniger als 5% aller Termine zeigen mehr als 60% relative Feuchte an.

Erosion von Kaltluftsee durch den Föhn

Situation bei Föhndurchbruch am PMOD:



Q_t bezeichnet den Wärmefluss an der Obergrenze des Kaltluftsees, und Q_b den sensiblen Wärmefluss an der Erdoberfläche, beide mit der Einheit Wm^{-2} .

Bestimmung der Wärmeflüsse auf der Seewiese und an der Obergrenze der Kaltluft:

$$\begin{aligned} Q &= Q_b - Q_t \\ &= \rho_a c_p z \frac{d\theta}{dt} \\ Q_t &= Q_b - Q \end{aligned}$$

Ein Nettofluss Q führt zu einer Änderung der mittleren potentiellen Temperatur mit der Zeit ($\frac{d\theta}{dt}$) in der betrachteten Luftsäule mit der Höhe z . Der Wärmefluss Q_t an der Obergrenze der Kaltluft kann aus der Differenz des totalen und des sensiblen Wärmeflusses ($Q_b - Q$) bestimmt werden.

Bestimmung der Wärmeflüsse auf der Seewiese und an der Obergrenze der Kaltluft:

$$\begin{aligned} Q &= Q_b - Q_t \\ &= \rho_a c_p z \frac{d\theta}{dt} \\ Q_t &= Q_b - Q \end{aligned}$$

Ein Nettofluss Q führt zu einer Änderung der mittleren potentiellen Temperatur mit der Zeit ($\frac{d\theta}{dt}$) in der betrachteten Luftsäule mit der Höhe z . Der Wärmefluss Q_t an der Obergrenze der Kaltluft kann aus der Differenz des totalen und des sensiblen Wärmeflusses ($Q_b - Q$) bestimmt werden.

$$\begin{aligned} Q_b &= \rho_a c_p \overline{w'\theta'} \\ &\approx \rho_a c_p C_E f f (\theta_{\text{Oberfläche}} - \theta_{2m-\text{Windmast}}) \end{aligned}$$

Der sensible Wärmefluss Q_b an der Erdoberfläche kann mit der potentiellen Temperaturdifferenz Bodenoberfläche / 2m-Windmast ($\theta_{\text{Oberfläche}} - \theta_{2m-\text{Windmast}}$) und dem mittleren Wind $f f$ parametrisiert werden. $C_E = 0.0012$ bezeichnet einen mittleren Austauschkoeffizienten.

Resultate von 77 untersuchten Föhnneinsätzen aus den Jahren 1997 – 2001 in Davos. Der Föhnneinsatz auf der Seewiese muss dabei mindestens 10 min später erfolgen als am PMOD (Sommer: Mai – Nov., Winter: Dez. – April)

Resultate von 77 untersuchten Föhneinsätzen aus den Jahren 1997 – 2001 in Davos. Der Föhneinsatz auf der Seewiese muss dabei mindestens 10 min später erfolgen als am PMOD (Sommer: Mai – Nov., Winter: Dez. – April)

		Sommer N=52	Winter N=25	Gubser/Richner 20.10.1999
Q_b	[Wm ⁻²]	3	-17	15
$\frac{d\theta}{dt}$	[K/h]	2.4	2.2	1.1
Q_t	[Wm ⁻²]	-17	-35	-15
Q	[Wm ⁻²]	20	18	30
$\frac{\Delta\theta}{\Delta z}$	[K/100m]	2.3	7.3	0.8
Dauer	[min]	18	57	-

Resultate von 77 untersuchten Föhneinsätzen aus den Jahren 1997 – 2001 in Davos. Der Föhneinsatz auf der Seewiese muss dabei mindestens 10 min später erfolgen als am PMOD (Sommer: Mai – Nov., Winter: Dez. – April)

	Sommer N=52	Winter N=25	Gubser/Richner 20.10.1999
Q_b [Wm ⁻²]	3	-17	15
$\frac{d\theta}{dt}$ [K/h]	2.4	2.2	1.1
Q_t [Wm ⁻²]	-17	-35	-15
Q [Wm ⁻²]	20	18	30
$\frac{\Delta\theta}{\Delta z}$ [K/100m]	2.3	7.3	0.8
Dauer [min]	18	57	-

- Im Winter ist die Föhnluft meistens wärmer als die Erdoberfläche, was zu einem negativen sensiblen Wärmefluss Q_b führt.

Resultate von 77 untersuchten Föhneinsätzen aus den Jahren 1997 – 2001 in Davos. Der Föhneinsatz auf der Seewiese muss dabei mindestens 10 min später erfolgen als am PMOD (Sommer: Mai – Nov., Winter: Dez. – April)

		Sommer N=52	Winter N=25	Gubser/Richner 20.10.1999
Q_b	[Wm ⁻²]	3	-17	15
$\frac{d\theta}{dt}$	[K/h]	2.4	2.2	1.1
Q_t	[Wm ⁻²]	-17	-35	-15
Q	[Wm ⁻²]	20	18	30
$\frac{\Delta\theta}{\Delta z}$	[K/100m]	2.3	7.3	0.8
Dauer	[min]	18	57	-

- Im Winter ist die Föhnluft meistens wärmer als die Erdoberfläche, was zu einem negativen sensiblen Wärmefluss Q_b führt.
- Die Erwärmungsraten $d\theta/dt$ sind im Sommer und Winter ähnlich gross, was auf einen vergleichbaren Erosionsmechanismus hindeutet.

Zusammenfassung

- **Der Talabschluss beim Wolfgangpass in Richtung Norden führt nachts meist zur Bildung eines rund 100m mächtigen Kaltluftsees über dem Landwassertal.**

Zusammenfassung

- **Der Talabschluss beim Wolfgangpass in Richtung Norden führt nachts meist zur Bildung eines rund 100m mächtigen Kaltluftsees über dem Landwassertal.**
- **Der potentielle Temperaturgradient im Kaltluftsee kurz vor Föhnbeginn ist im Winter rund 3 Mal grösser als im Sommer. Da die Erwärmungsraten in der Kaltluft im Winter und Sommer ähnlich gross sind, dauert der Föhndurchbruch im Winter zwischen PMOD und Seewiese deshalb 3 Mal länger, nämlich 1 Stunde.**

Zusammenfassung

- Der Talabschluss beim Wolfgangpass in Richtung Norden führt nachts meist zur Bildung eines rund 100m mächtigen Kaltluftsees über dem Landwassertal.
- Der potentielle Temperaturgradient im Kaltluftsee kurz vor Föhnbeginn ist im Winter rund 3 Mal grösser als im Sommer. Da die Erwärmungsraten in der Kaltluft im Winter und Sommer ähnlich gross sind, dauert der Föhndurchbruch im Winter zwischen PMOD und Seewiese deshalb 3 Mal länger, nämlich 1 Stunde.
- Der Wärmefluss Q_t durch Einmischung von Föhnluft von oben ist im Winter doppelt so gross wie im Sommer.

Zusammenfassung

- Der Talabschluss beim Wolfgangpass in Richtung Norden führt nachts meist zur Bildung eines rund 100m mächtigen Kaltluftsees über dem Landwassertal.
- Der potentielle Temperaturgradient im Kaltluftsee kurz vor Föhnbeginn ist im Winter rund 3 Mal grösser als im Sommer. Da die Erwärmungsraten in der Kaltluft im Winter und Sommer ähnlich gross sind, dauert der Föhndurchbruch im Winter zwischen PMOD und Seewiese deshalb 3 Mal länger, nämlich 1 Stunde.
- Der Wärmefluss Q_t durch Einmischung von Föhnluft von oben ist im Winter doppelt so gross wie im Sommer.
- Durch die Sonneneinstrahlung wird der seichte Kaltluftsee rasch labilisiert, was den Durchbruch des Föhns in den Mittagstunden erleichtert und zum markanten Tagesgang der Föhnstunden in Davos führt.

Ausblick

- » Weitere Untersuchung von Föhnneinsätzen in Davos
 - Föhnprognose für Station Davos

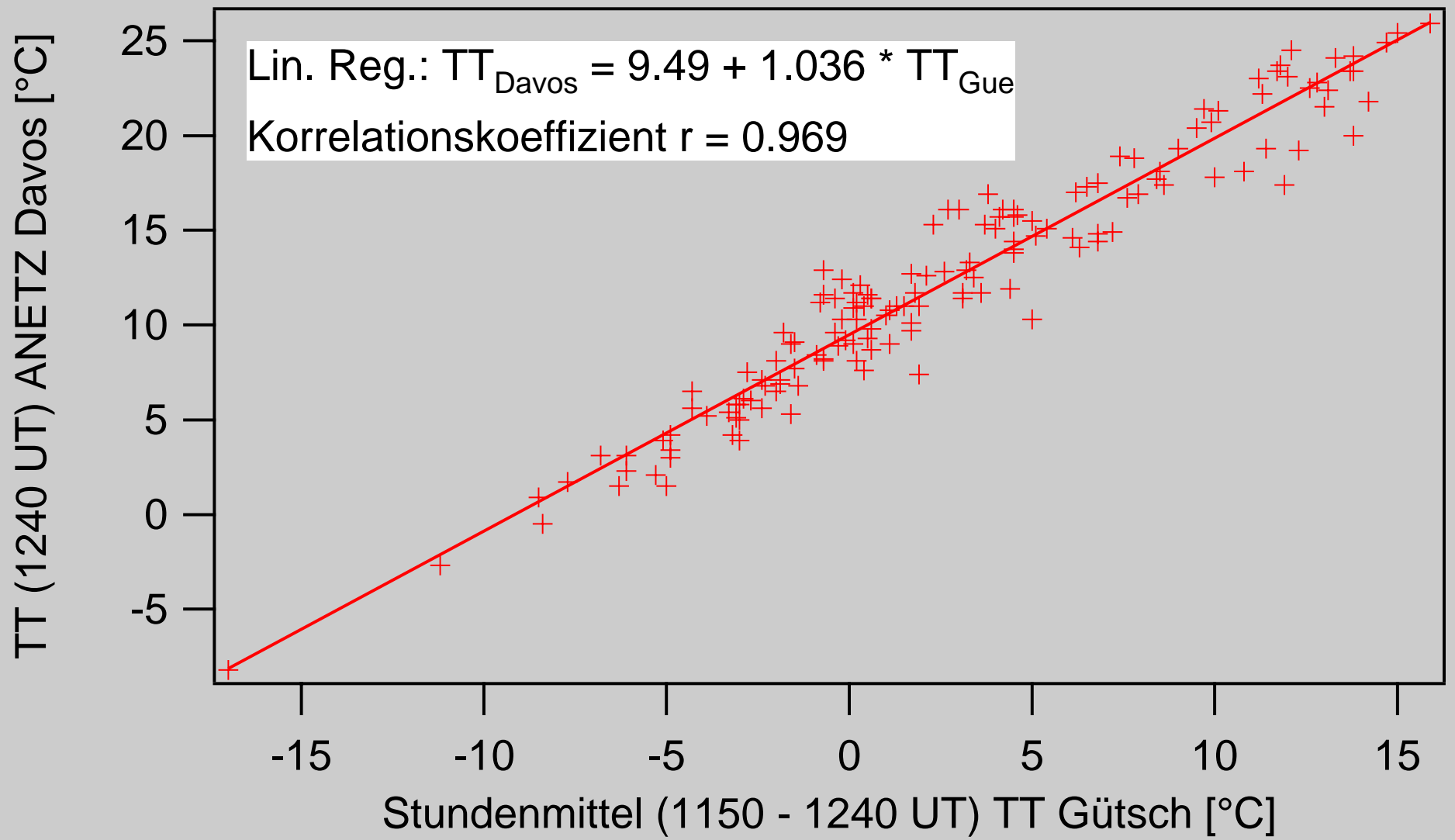


Ausblick

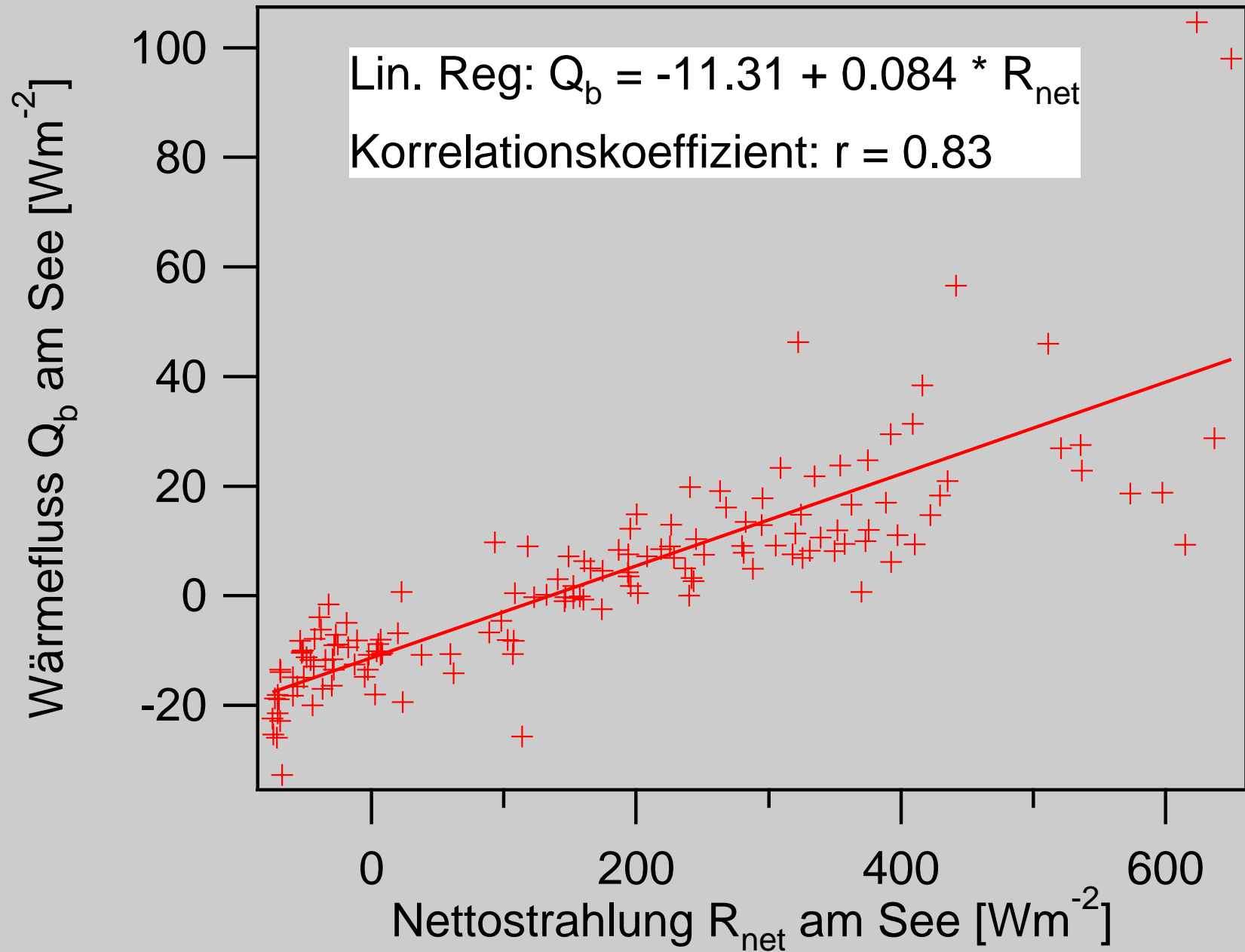
- Weitere Untersuchung von Föhnneinsätzen in Davos
- » Föhnprognose für Station Davos



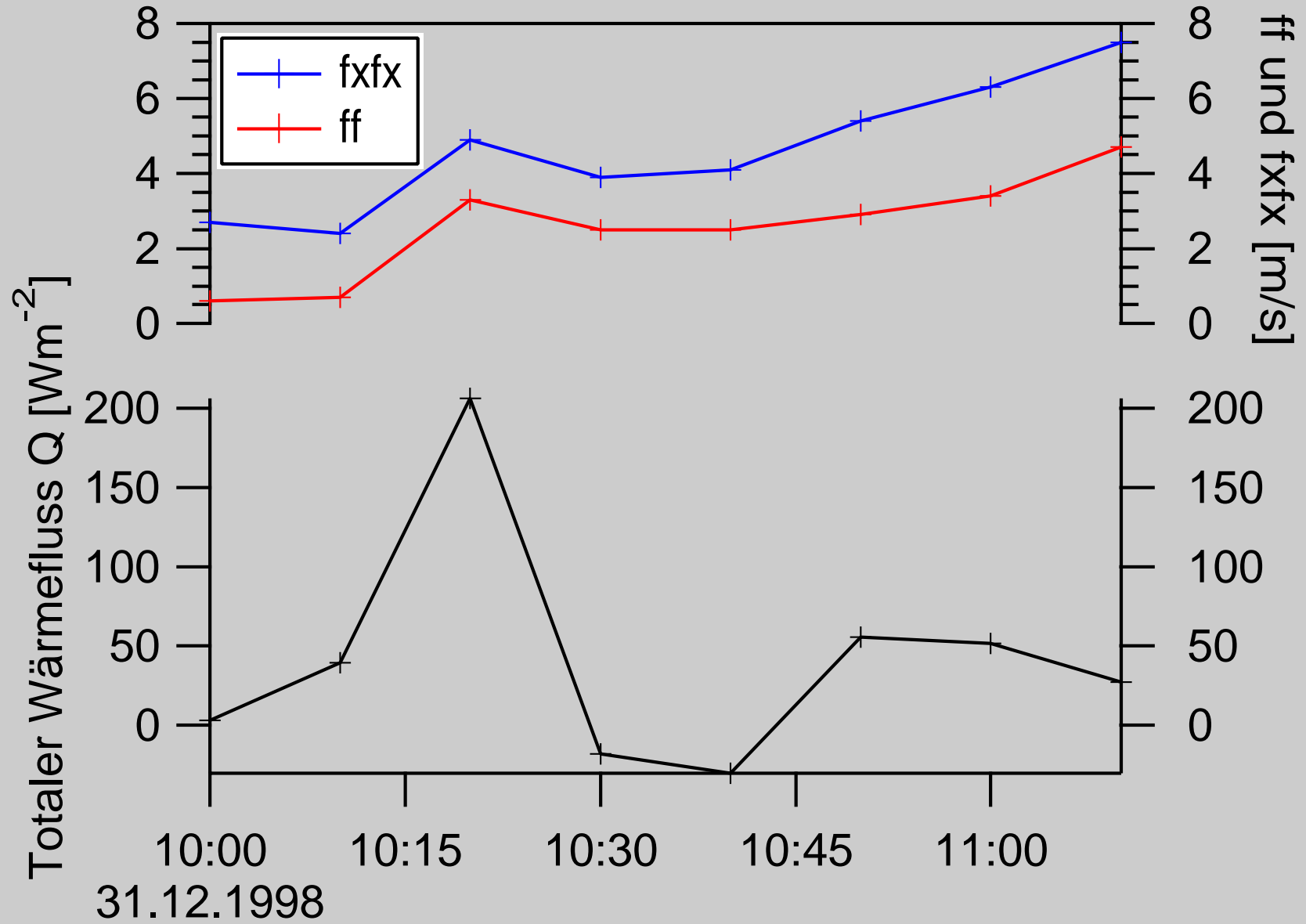
Korrelation Temperatur Davos – Gütsch



Wärmefluss vs. Nettostrahlung für Sommerfälle



Föhnwindbruch: Wind und Nettowärmefluss



Föhnwindbruch(ff): Relative Feuchte und pot. Temperatur

