

## **Bodenmessstation Erstfeld (Pfaffenmatt)**

### **Jahresbericht 2011**



**[www.boden-uri.ch](http://www.boden-uri.ch)**

Altdorf, 13.03.2012

**IMPRESSUM****Auftraggeber:**

Amt für Umweltschutz  
Kanton Uri  
Klausenstrasse 4  
6460 Altdorf  
Tel. 041 875 24 30  
[www.boden-uri.ch](http://www.boden-uri.ch)

**Projektleitung:**

Dr. Alexander Imhof  
Leiter Abteilung Immissionsschutz  
Amt für Umweltschutz

**Projektbearbeitung und Bericht:**

Hansjörg Geisser  
Jens Bohne  
Cornelia Keiser  
CSD INGENIEURE AG  
Rynächtstrasse 13  
CH-6460 Altdorf  
t +41 41 874 80 10  
f +41 41 874 80 11  
e [altdorf@csd.ch](mailto:altdorf@csd.ch)  
[www.csd.ch](http://www.csd.ch)

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>1            TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER BODENSCHUTZSTATION.....</b>	<b>5</b>
1.1 Messungen .....	5
1.2 Zweck der Messungen.....	5
1.3 Beschreibung Messstation .....	5
1.3.1.1 Allgemein .....	5
1.3.1.2 Saugspannung und Bodentemperatur Tensiometer T8 .....	5
1.3.1.3 Wassergehalt / Bodenfeuchtigkeit TRIME-EZ .....	5
1.3.1.4 Niederschlagsmessung Parsivel .....	5
1.3.1.5 Lufttemperatur .....	6
1.3.1.6 Stationsmanager LogoSens2.....	6
1.3.1.7 Solarversorgung.....	6
1.4 Bemerkungen zum Unterhalt und Betrieb.....	6
<b>2            KURZBESCHRIEB DER BODENVERHÄLTNISSE .....</b>	<b>7</b>
2.1 Standortwahl und Bodenart.....	7
2.2 Bodenprofil .....	8
2.3 Bodenart und Bodentyp .....	9
2.4 Bodeneigenschaften.....	9
<b>3            KURZBEURTEILUNG DER MESSDATEN 2008 BIS 2011 .....</b>	<b>9</b>
3.1 Messungen Saugspannung in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe .....	9
3.2 Messdaten Betriebsjahre 2008 bis 2009.....	9
3.3 Messdaten Betriebsjahr 2010 .....	10
3.4 Messdaten Betriebsjahr 2011 .....	10
3.5 Allgemeine Beobachtungen beim Verhalten der Saugspannung in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe in Reaktion auf Niederschlagsereignisse.....	11
3.6 Bodenfeuchtigkeit in 35 cm und 60 cm Tiefe.....	16
3.7 Bodentemperatur in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe.....	17

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 3.1	<b>Verlauf der Saugspannung im April 2011</b>	11
Abbildung 3.2	<b>Grösse der Reaktion der Saugspannungen in den verschiedenen Bodentiefen auf ein Niederschlagsereignis</b>	12
Abbildung 3.3	<b>Zeitliche Verzögerung der Saugspannung auf ein Regenereignis</b>	12
Abbildung 3.4	<b>Erholung der Saugspannung nach einem Regenereignis</b>	13
Abbildung 3.5	<b>Geschwindigkeit der Reaktion der Saugspannung auf weniger starke Niederschlagsereignisse</b>	13
Abbildung 3.6	<b>Geschwindigkeit der Reaktion der Saugspannung auf stärkere Niederschlagsereignisse</b>	14
Abbildung 3.7	<b>Verzögerung der Saugspannung auf wenig intensive lang anhaltende Niederschlagsereignisse</b>	14
Abbildung 3.8	<b>Gleichzeitige Reaktionen der Bodenfechtigkeiten und Saugspannungen auf ein Regenereignis</b>	16
Abbildung 3.9	<b>Bodentemperaturen im Oktober 2011</b>	17
Abbildung 3.10	<b>Tagestemperaturen 2011 im Jahresverlauf (Lufttemperaturen und Bodentemperaturen in den 3 Tiefen)</b>	17

## ANHANGVERZEICHNIS

Anhang A	Saugspannungen 2011
Anhang B	Bodentemperaturen 2011

# ZUSAMMENFASSUNG

## 1 Technische Beschreibung der Bodenschutzstation

### 1.1 Messungen

Der Kanton Uri betreibt seit März 2008 in Erstfeld eine Bodenmessstation. Mit der vollautomatischen Station werden die Saugspannung, der Wassergehalt des Bodens, die Bodentemperatur, Niederschlagsmengen und die Lufttemperatur kontinuierlich und zeitlich hochauflösend erfasst.

### 1.2 Zweck der Messungen

Fruchtbare, nicht verdichtete Böden sind Voraussetzung für hohe Erträge landwirtschaftlicher Produkte. Bodenverdichtungen müssen daher vermieden werden. Dem Messparameter Saugspannung kommt bei der Vermeidung von Bodenverdichtungen eine zentrale Bedeutung zu. Mit der Saugspannung kann die aktuelle Verdichtungsgefährdung des Bodens beurteilt werden. Sie erlaubt die direkte Herleitung des zulässigen Baumaschineneinsatz für bodenschonende Erarbeiten.

### 1.3 Beschreibung Messstation

#### 1.3.1.1 Allgemein

Bei der Messeinrichtung handelt es sich um eine solarbetriebene Station mit Datenfernübermittlung. Die Anlage liefert Messdaten über bodenkundliche und meteorologische Grössen.

#### 1.3.1.2 Saugspannung und Bodentemperatur Tensiometer T8

Mit den 6 Druckaufnehmer Tensiometer T8 werden die Saugspannungen und die Bodentemperaturen in Tiefen von 20cm / 35cm / 60cm gemessen. In jedem Sensor befindet sich ein integrierter Messverstärker und dieser liefert ein Ausgangssignal an den Stationsmanager, welcher sämtliche Daten im 10-Minutentakt speichert. Spezielle gefertigte Keramikkerzen garantieren eine homogene Porosität. Gegenüber herkömmlichen Keramiken weist diese eine deutliche höhere Festigkeit und sogar Frostbeständigkeit aus.

Die integrierten PT 1000 Temperaturfühler ragen in das Füllwasser der Tensiometerkerzen ein. Sie gewährleisten einen guten thermischen Kontakt zum Boden.

#### 1.3.1.3 Wassergehalt / Bodenfeuchtigkeit TRIME-EZ

Die kompakten Sensoren TRIME-EZ sind Messgeräte für kontinuierliche und störungsfreie Bestimmung der volumetrischen Feuchte in Böden. Die Sonden werden vom Stationsmanager mit Strom versorgt und liefern die Messsignale an den Datenlogger. Die Sensoren sind in Tiefen von 35cm und 60cm horizontal im Boden eingebaut.

#### 1.3.1.4 Niederschlagsmessung Parsivel

Parsivel ist ein auf einem Laser basierendes optisches System für die Messung aller Arten von Niederschlägen. Die Niederschlagsmessungen werden mit einem speziellen Sensorkopf ausgeführt. Die ermittelten Daten ergeben sich aus der Grösse und der Geschwindigkeit jeden einzelnen Niederschlagpartikels, woraus die Niederschlagsmenge abgeleitet wird. Die Ergebnisse werden an den Datenlogger übertragen und im Minutentakt gespeichert.

### 1.3.1.5 Lufttemperatur

Der Sensor dient zur Messung der Lufttemperatur und ist in einer kleinen Schutzhütte ca. 1.5m oberhalb des Bodens eingebaut. Das Analogsignal wird an den Datenlogger übermittelt.

### 1.3.1.6 Stationsmanager LogoSens2

Der Datenlogger wurde speziell für die Hydrometrie, Meteorologie und Umwelttechnik konzipiert. Seine wesentlichen Funktionen sind das Erfassen, Speichern, Verarbeiten und Übertragen von Umweltdaten. Ebenso sind auch die die Steuerung der externen Geräte möglich.

Der Datenlogger verfügt über eine Speicherkapazität von 1 MB. Dies ermöglicht ca. 400'000 Messwerte zu speichern. Auf der RS232 ist zusätzlich ein GPRS Modem installiert, welches stündlich die Messdaten via GPRS an einen FTP versendet.

### 1.3.1.7 Solarversorgung

Die Zentraleinheit mit Datenerfassung, Solarspeisung und Datenübermittlung wurde bei der ausgesuchten Fläche auf einem Alu-Dreifachmast installiert. Der Betrieb der ganzen Messstation wird durch eine Solaranlage mit einer Leistung von 90 Watt gewährleistet. Ein innen liegender AKKU sorgt für die Erhaltung und Pufferung der ganzen Stromversorgung.

## 1.4 Bemerkungen zum Unterhalt und Betrieb

Die Anlage wurde im Frühjahr 2007 von der Firma CSD Ingenieure AG in Altdorf angeschafft. Nach dem Zusammenbau und Test sämtlicher Komponenten konnte die Messstation im Auftrag vom Amt für Umweltschutz Uri auf einer vorgegebenen Versuchsfläche in Seedorf im unteren Reusstal im Kanton Uri installiert werden. Der Testbetrieb dauerte bis im Frühjahr 2008. Sämtliche Komponenten konnten während dieser Zeit ohne Probleme betrieben werden.

Im April 2008 entschied sich der Auftraggeber, die Messstation an einem repräsentativen Standort in der Pfaffenmatt in Erstfeld neu einzurichten. Ab diesem Zeitpunkt wurden sämtliche Sensoren ohne technische Probleme betrieben. Im kalten Winter 2009 wurden die Tensiometer aus Sicherheitsgründen betreffs Frostgefahr bis Ende März ausgebaut. Alle übrigen Parameter wurden während der ganzen Winterperiode weiter erhoben.

Die Erfahrungen und die Zuverlässigkeit der Anlage, sowie deren Komponenten überzeugten bis zum heutigen Zeitpunkt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Tensiometer besteht gemäss Aussage des Herstellers die Möglichkeit, die Sensoren während den ganzen Wintermonaten zu betreiben. In den letzten beiden Winterperioden konnten die Daten der Saugspannungen während der ganzen Zeit ohne Probleme erhoben werden.

Die Messstation ist nun inklusive Testphase 5 Jahren in Betrieb. Während dieser Zeit wurden normale Unterhaltsarbeiten und Updates der Firmware von uns ausgeführt. Alle Softwareänderungen konnten kostenlos vom Hersteller bezogen werden und stehen auch künftig unentgeltlich zur Verfügung. Seit der Inbetriebnahme der Messstation fielen keine Reparaturarbeiten an.

Der Auftraggeber Amt für Umweltschutz ist nach dem Kauf im Jahr 2010 neuer Eigentümer der Anlage. Das unterzeichnende Büro ist mit einem Jahresauftrag für den Betrieb und Unterhalt zuständig. Die Messdaten werden auf einen FTP Server der CSD Ingenieure AG übermittelt und von dort an den Webdienst für die Publikation ins Internet weitergeleitet.

Die Internetseite [www.boden-uri](http://www.boden-uri) ist Eigentum des Auftraggebers und deren Bewirtschaftung ist ein Teil der Leistung im jährlichen Auftrag für Betrieb und Unterhalt der Messstation.

## 2 Kurzbeschreibung der Bodenverhältnisse

### 2.1 Standortwahl und Bodenart

Für die Standortwahl der Bodenschutzstation wurde ein Standort gesucht, welcher repräsentativ ist für die Böden in der Urner Reusebene und mit welchen Resultaten man die Befahrbarkeit der Böden in der Urner Reusebene gut abschätzen kann.

Bei den Böden der Urner Reusebene handelt es sich vorwiegend um Schwemmlandböden (66%) und Böden, die sich auf Bachschuttfächern gebildet haben (33%). Unter den Schwemmlandböden kann man in der Reusebene zwischen den folgenden Typen unterscheiden: Frische Böden (66%), welche normal durchlässig sind, feuchte Böden (33%), die grundwasserbeeinflusst sind und nasse Böden (sehr geringer Anteil), welche direkt durch das Grundwasser geprägt sind.

Beim Schwemmlandboden handelt es sich um Boden, welcher aus feinkörnigen Überschwemmungssedimenten, die über dem Reussschotter abgelagert wurden, entstanden sind. Diese Böden weisen keinen Skelettgehalt auf (kein Kies/ keine Steine) und die Feinerde besteht vorwiegend aus Sand und Schluff. Der Tongehalt liegt zwischen 5 und 20 % und mit einer pflanzennutzbaren Gründigkeit von 30 – rund 70 cm können die Böden als „ziemlich flachgründig“ bis „tiefgründig“ eingestuft werden. Die Schwemmlandböden sind je feuchter desto verdichtungsempfindlicher.


Bei den Böden, welche sich auf Bachschuttfächern befinden oder bei welchen der Reussschotter bis dicht an die Oberfläche reicht, handelt es sich um skelettreichere Böden, welche in der Feinerde einen geringeren Schluffgehalt aufweisen. Diese Böden sind weniger verdichtungsempfindlich als die Schwemmlandböden.

In den nachfolgenden Kapiteln 2.2 bis 2.4 wird der Boden im Detail dargestellt und beschrieben.

Beim Boden der Messstation Pfaffenmatt handelt es sich um einen frischen Schwemmlandboden.

## 2.2 Bodenprofil

Gemeinde/Ort/Profil	Erstfeld Pfaffenmatt		Profil Messstation
Koordinaten/Höhe	691 681 / 188 072 / 460		
Bodentyp	<b>B Braunerde</b>		
Untertyp	<b>E2 schwach sauer</b> <b>G2 schwach gleyig</b> <b>ZL labil aggregiert</b> <b>PA alluvial</b>		
Wasserhaushaltsgruppe/	<b>b senkrecht durchwaschen</b> <b>normal durchlässig</b> <b>tiefgründig</b>		
pflanzennutzbare Gründigkeit	<b>2 tiefgründig (75 cm)</b>		
Skelett	Oberboden	0	skelettfrei
	Unterboden	0	skelettfrei
Körnug	Oberboden	12	lehmiger Schluff
	Unterboden	10	sandiger Schluff
Ausgangsmaterial	AL Alluvium		
Geländef./Neigung/Exposition	a eben / 0% / Ø		
Klimaeignungszone	C5-6 (im Grenzbereich zu A4):		
Vegetation/Nutzung	W1 Wiese (Italienisch-Raigraswiese) / Futterbau		
Nutzungseignungsklasse	5 Futterbau bevorzugt, Ackerbau stark eingeschränkt		

Horizont	Tiefe	Bezeichnung	Profilskizze	Gefügeform	organ. Subst. %	Ton %	Schluff %	Sand %	Skelett Kies Vol.-%	Steine Vol.-%	Kalk (CaCO <sub>3</sub> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )
Ah	10			Kr2	4.7	12.7	51.8	35.5	-	-	0	6.1
15	20	AB		Sp3	2.1	10.0	54.9	35.1	-	-	0	5.9
28	30	Bw		Po4	-	7.0	50.1	42.9	-	-	0	5.6
53	50											
53	60	CB(g)		Po2-Ek	-	3.4	29.3	67.3	-	-	0	5.7
67	70	(C)Bg		Po4	-	4.8	39.7	55.6	-	-	0	5.7
82	80											
82	90	BCg		Po2-Ek	-	3.2	19.4	77.3	-	-	0	6.1
105	100											
118	120	(B)Cg(g)		Po2-Ek	-	3.7	25.8	70.5	-	-	0	6.6
150	140	Cg(g)		Ek	-	0	0	100	34	8	5	7½
150	160											

Angaben in ganzen Zahlen und Brüchen sind Schätzwerte, Daten mit Komma sind Analysenwerte.  
 Bodenkundliche Angaben gemäss Datenschlüssel 6 für Profilblatt (siehe auch Kartierungsanleitung FAL, 1997).

(Bodenprofil gemäss Online Angaben <http://www.boden-uri.ch/userfiles/File/Informationen/Bodenprofil.pdf>  
 09.03.2011; Hans Pfister, Pfister Terra GmbH, Alexander Imhof, AfU Uri, im Januar 2009)



## 2.3 Bodenart und Bodentyp

Beim Boden der Messstation handelt es sich um eine tiefgründige, schwach saure, schwach gleyige, alluviale Braunerde, die sich aus Überschwemmungssedimenten über dem Reusschotter gebildet hat.

Der Boden ist skelettfrei und weist einen organischen Gehalt von knapp 5 Gew. % im Oberboden-Horizont auf. Die Feinerde wird als lehmiger (Oberboden), bzw. sandiger (Unterboden) Schluff eingeordnet.

Die Fläche, auf der die Bodenmessstation steht, ist mit Raigras bepflanzt und wird futterbaulich als Mähwiese genutzt. Der Boden wird in Klasse 5 der landwirtschaftlichen Nutzungseignungsklassen eingestuft, welche bevorzugt für Futterbau und nur beschränkt für Ackerbau genutzt werden.

## 2.4 Bodeneigenschaften

Der Boden bei der Bodenmessstation ist gut durchlüftet, nicht vernässt und nicht verdichtet. Seine Bodenfruchtbarkeit wird in Stufe III als tiefgründiger Boden für vorwiegend futterbauliche Nutzung eingestuft.

# 3 Kurzbeurteilung der Messdaten 2008 bis 2011

Da Böden sehr heterogene Kleinstrukturen aufweisen, können die Auswertungen in diesem Bericht nicht für alle Böden angewendet werden. Die unten beschriebenen Resultate gelten als repräsentativ für frische Schwemmlandböden, die im Kapitel 2.1 beschrieben sind und geben generelle Anhaltspunkte auch für andere Bodentypen.

Die Auswertung der Daten erfolgt seit Messbeginn (2008) bis Ende 2011.

## 3.1 Messungen Saugspannung in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe

Die Saugspannung oder Bodenwasserspannung beschreibt die Kraft, mit der das Wasser in den Poren festgehalten wird. Sie wird verwendet, um die Feuchte und Verdichtungsempfindlichkeit der Böden zu charakterisieren. Bei trockenen Verhältnissen ist sie hoch und die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens gering. Bei nassen Verhältnissen nimmt sie kleinere Werte an und die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens steigt an.

Die Saugspannung wird in den drei Tiefen 20 cm, 35 cm und 60 cm gemessen. Ausschlaggebend für die Beurteilung, ob Boden befahr- und verschiebbar ist, ist die Saugspannung in 35 cm Tiefe. Liegt sie unter 6 cbar, sollte der Boden weder verschoben, noch befahren werden. Liegt sie zwischen 6 und 10 cbar, kann der Boden bedingt verschoben werden, sollte aber, nicht befahren werden. Liegt sie über 10 cbar, kann der Boden verschoben und mit den entsprechend geeigneten Geräten befahren werden.

In diesem Kapitel werden die Charakteristika des Bodens beschrieben, wie Niederschlagsereignisse sich in den verschiedenen Bodentiefen auf die Saugspannung auswirken. Die Charakteristika werden mit Beispielen aus der Datenreihe 2011 illustriert.

## 3.2 Messdaten Betriebsjahre 2008 bis 2009

Anfangs April 2008 begannen die Messungen in der Bodenschutzstation Erstfeld. Im Mai stieg die Saugspannung in allen drei Tiefen auf hohe Werte an, wobei sie Anfangs Juli in 20 cm Maximalwerte von über 80 cbar erreichte. Zwischen Juli und Oktober schwankte sie sehr stark zwischen 0 und 20 cbar, stark beeinflusst von den Regenfällen in dieser Periode. Sie lag jedoch in 35 cm Tiefe mehrheitlich über 10 cbar. Bis Ende Jahr lag dann die Saugspannung in allen drei Tiefen überwiegend unter 10 cbar. Anfangs 2009 wurden die Messungen eingestellt wegen Frostgefahr. Im April und Mai wurden wieder sehr hohe Werte von bis zu 52 cbar in 20 cm Tiefe gemessen. Ab Mitte Juni bis Ende Oktober 2009 schwankte die Saugspannung beeinflusst durch die Regenfälle wieder sehr stark zwischen 0 und 25 cbar. Mehrheitlich lagen aber die Werte der Saugspannung in allen drei Tiefen über

10 cbar. Anfangs November 2009 bis Ende Jahr erreichte die Saugspannung in allen 3 Tiefen selten Werte über 10 cbar.

### 3.3 Messdaten Betriebsjahr 2010

Anfangs 2010 stieg die Saugspannung in 35 cm Tiefe bis Mitte April nie höher als auf 15 cbar an. Dann begann sie mit den höheren Temperaturen auch anzusteigen und schwankte in den regenreichen Monaten Mai und Juni zwischen 0 und 15 cbar. Gegen Ende Juni/Anfangs Juli regnete es sehr wenig und die Saugspannung stieg auf ein Maximum von 33.2 cbar an. Ab der zweiten Julihälfte bis Ende September schwankte sie immer zwischen 0 und 15 cbar, blieb jedoch grösstenteils unter 10 cbar. Im Oktober und Anfangs November kamen dann nochmals zwei längere Schönwetterperioden, in denen die Saugspannung konstant über 10 cbar blieb. Ab Ende November bis Ende 2010 blieb sie dann durch die weniger häufigen Niederschläge relativ konstant um einen Wert von 10 cbar.

Erwartungsgemäss wirkten sich die Witterungsverhältnisse auf die Saugspannung in einer Tiefe von 20 cm wesentlich stärker aus. Sie verlief im Jahresverlauf 2010 betrachtet ähnlich wie in 35 cm Tiefe, jedoch reagierte sie viel schneller auf Regenereignisse, sank dann rasant ab, aber erholte sich auch wieder schnell und erreichte höhere Werte. Im Monat Juli hat die Saugspannung einen Maximalwert von 50 cbar erreicht.

Die Saugspannung in 60 cm Tiefe hingegen verhält sich viel ausgeglichener als in den höheren Bodenschichten. Im Gesamtjahresverlauf 2010 betrachtet, lag sie immer etwa um 10 cbar herum und erreichte nur 2-mal Werte über 15 cbar. Nur bei sehr starken Regenereignissen, vor allem in den Sommermonaten, sank sie gelegentlich unter 5 cbar.

Die Saugspannung lag im Winter in 35 cm Tiefe häufig um die 10 cbar. Unter diesen Umständen könnten also unter Einsatz der entsprechenden Maschinen und Vorsichtsmassnahmen auch im Winter in den Perioden, in denen die Saugspannung über 10 cbar erreicht, Bodenarbeiten durchgeführt werden.

### 3.4 Messdaten Betriebsjahr 2011

Die Saugspannung in 35 cm Tiefe war im ersten Quartal des Jahres 2011 meist knapp über 10 bar. Bei einzelnen Niederschlägen sank sie kurzfristig auf unter 6 cbar. Ab April bis Mitte Juni 2011 lag die Saugspannung meist deutlich über 15 cbar. Am 14. Mai erreichte sie ihren Maximalwert von 33.9 cbar. Bei einzelnen Regenereignissen sank sie ein wenig ab, erreichte aber nie Werte unter 10 cbar. Mitte Juni bis Mitte August schwankte die Saugspannung meist im Bereich zwischen 0 und 12 cbar. Danach stieg die Saugspannung, bedingt durch die trockene Witterung, teilweise wieder auf Werte über 20 cbar. Meist befand sie sich aber zwischen 10 und 20 cbar. Der November 2011 war sehr trocken, dadurch hielt sich die Kurve der Saugspannungen konstant zwischen 16 und 21 cbar. Nach den ersten trockensten Tagen im Dezember folgten ergiebige Niederschläge und die Saugspannung fiel wieder auf Werte unter 10 cbar.

Erwartungsgemäss wirkten sich die Witterungsverhältnisse auf die Saugspannung in einer Tiefe von 20 cm wesentlich stärker aus. Sie verlief im Jahresverlauf 2011 ähnlich wie in 35 cm Tiefe, jedoch reagierte sie viel schneller auf Regenereignisse, sank dann rasant ab, aber erholte sich auch wieder schnell und erreichte höhere Werte. Am 12. Mai 2011 erreichte die Saugspannung in 20 cm Tiefe einen Maximalwert von 54.9 cbar.

Im Gesamtjahresverlauf 2011 lag die Saugspannung in 60 cm Tiefe immer etwa um 10 cbar herum. Im Gegensatz zum letzten Jahr stieg sie in den Monaten Mai, Juni und November über längere Zeit auf Werte zwischen 15 und 25 cbar. Nur bei sehr starken Regenereignissen, vor allem im Juli, Oktober und Dezember, sank sie gelegentlich unter 5 cbar.

Die Saugspannung erreichte 2011 in 35 cm Tiefe häufig Werte über 10 cbar. In den Monaten Juli und Dezember gab es Perioden, in denen die Saugspannung länger unter 10 cbar blieb, ansonsten gab es nur vereinzelt Ereignisse, welche die Saugspannung kurzfristig auf unter 10 cbar absanken. Es konnten also in den meisten Monaten Bodenarbeiten ausgeführt werden.

### 3.5 Allgemeine Beobachtungen beim Verhalten der Saugspannung in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe in Reaktion auf Niederschlagsereignisse

Für die Auswertung der Daten der Bodenmessstation Pfaffenmatt wurden die Messwerte 2011 der Saugspannungen in den drei Sensortiefen 20 cm, 35 cm und 60 cm analysiert.

Die Auswirkungen der Niederschlagsereignisse auf das Verhalten der Saugspannungen werden anhand der Regenereignisse im April 2011 dargestellt (siehe Abbildung 3.1). Zur Vervollständigung wurden noch weitere Regenereignisse dargestellt.

Die im 2010 beobachteten Tendenzen zum Verhalten der Saugspannungen (in 20, 35 und 60 cm) in Reaktion auf Niederschläge konnten im 2011 wieder beobachtet werden.

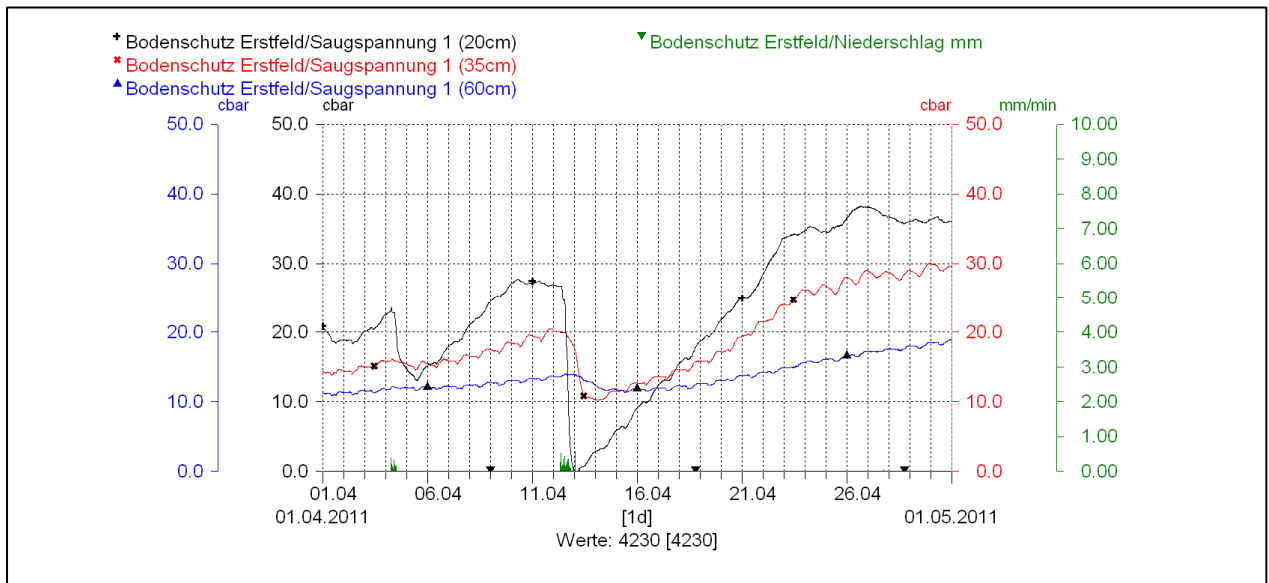


Abbildung 3.1 Verlauf der Saugspannung im April 2011

Das erste Niederschlagsereignis im April 2011 fand am 4. April statt und war relativ kurz und wenig intensiv. Auf dieses Ereignis reagierte nur die Saugspannung in 20 cm Tiefe mit einer Absenkung. Danach stieg sie aber rasch wieder an. Nach dem Regenereignis vom 12. April 2011 sank die Saugspannung in allen 3 Tiefen verschieden deutlich ab und stieg dann wieder auf die Ausgangswerte vor dem Regenereignis und drüber an.

Die Reaktion der Saugspannung auf ein Niederschlagsereignis ist markanter je weniger tief der Sensor unter der Bodenoberfläche liegt (siehe Abbildung 3.2).

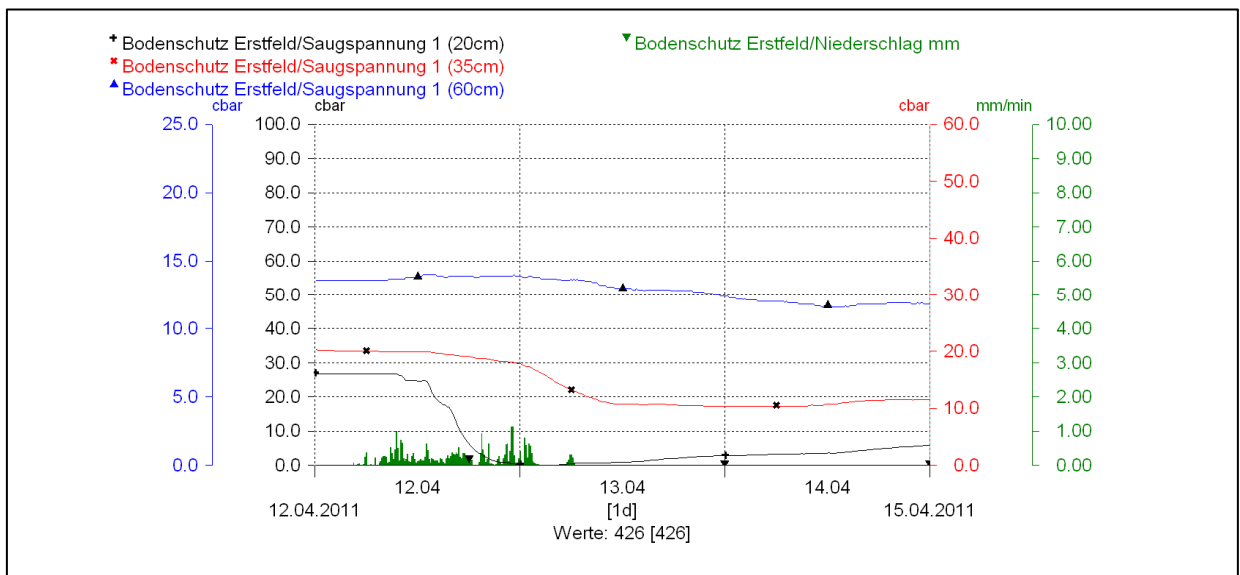


Abbildung 3.2 **Grösse der Reaktion der Saugspannungen in den verschiedenen Bodentiefen auf ein Niederschlagsereignis**

Schon kurz nach Beginn des Regenereignisses vom 12. April 2011 begann die Saugspannung in 20 cm Tiefe auf 0 cbar abzusinken. Die Saugspannung in 35 cm Tiefe reagierte verzögert erst in der Hälfte des Regenereignisses und sank schlussendlich nur auf 10 cbar ab. Bei der Saugspannung in 60 cm Tiefe konnte nur eine minimale Reaktion beobachtet werden.

Die Verzögerung der Reaktion der Saugspannung auf ein Niederschlagsereignis ist grösser in den tieferen Bodenschichten. In der untenstehenden Abbildung wird dies mit der Grafik vom Regenereignis vom 12. Januar 2011 verdeutlicht.

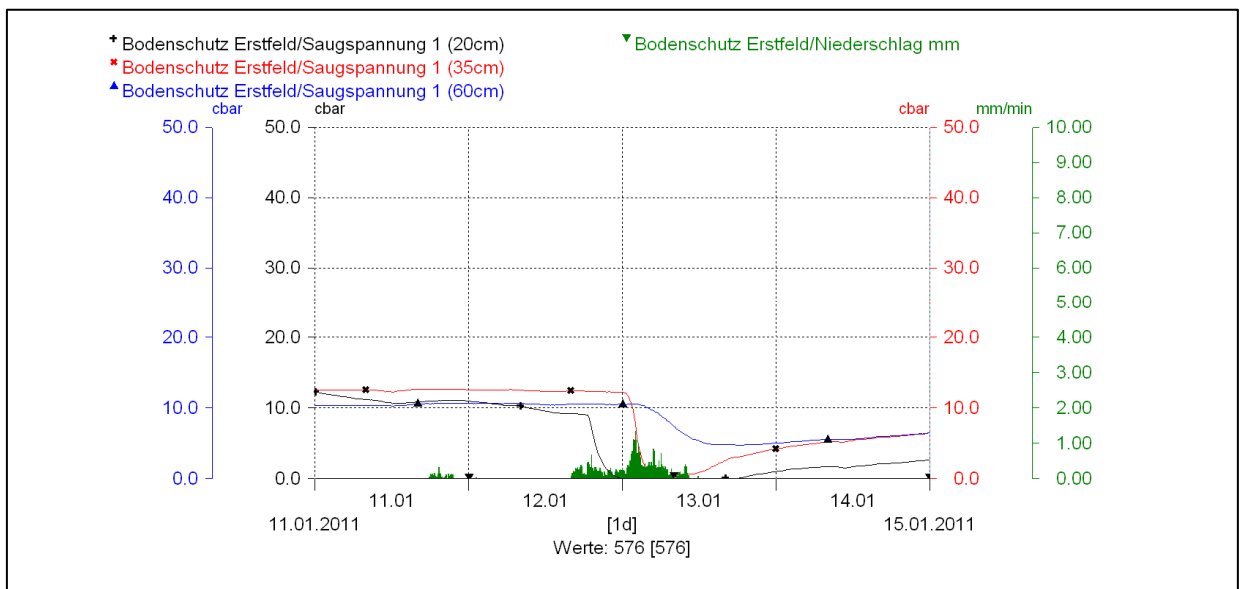


Abbildung 3.3 **Zeitliche Verzögerung der Saugspannung auf ein Regenereignis**

Beim Einsetzen des Niederschlages vom 12. Januar 2011 sank die Saugspannung in 20 cm Tiefe fast unmittelbar auf das Ereignis. Die Saugspannung in 35 cm Tiefe sank erst am Morgen des nächsten Tages ab und die Saugspannung in 60 cm Tiefe folgte nochmals mit einigen Stunden Verzögerung.

**Die Erholung der Saugspannung zu steigenden Werten nach Abschluss eines Niederschlagsereignisses zeigt sich markanter in den höher gelegenen Bodenschichten (siehe Abbildung 3.4).**

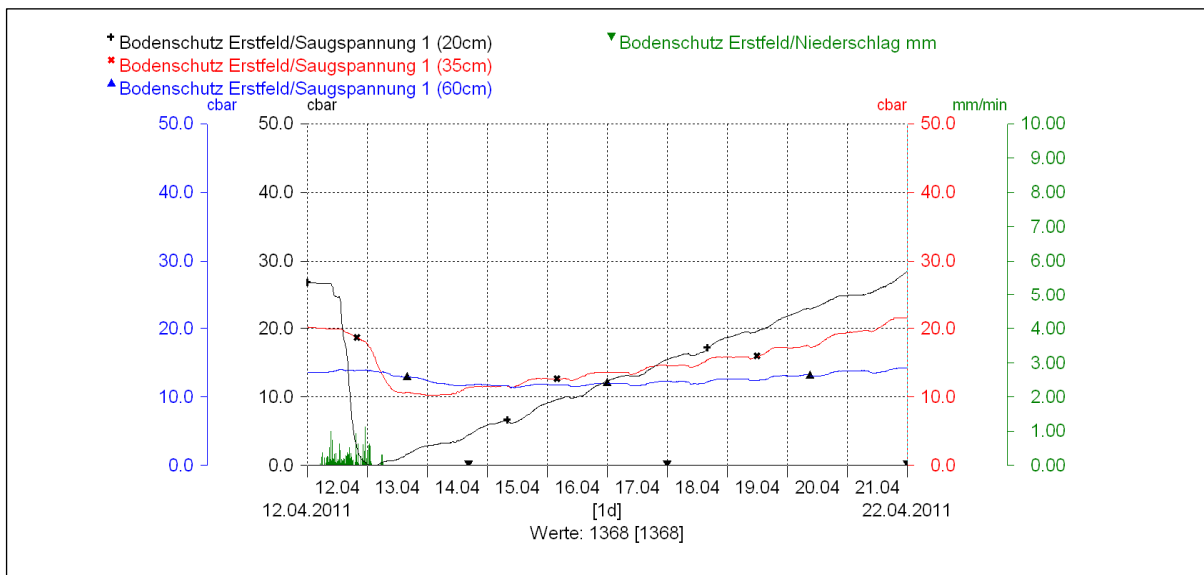


Abbildung 3.4 **Erholung der Saugspannung nach einem Regenereignis**

Nach Ende des Regenereignisses vom 12. / 13. April 2011 stieg die Saugspannung in 20 cm Tiefe sofort wieder an, um nach ca. 4 Tagen auf die gleichen Werte wie die Saugspannungen in 35 cm und 60 cm Tiefe zu kommen. Danach stieg sie noch weiter an. Die Saugspannung in 35 cm Tiefe begann ca. nach einem Tag ein wenig verzögert wieder anzusteigen. 1 Tag später erreichte sie die gleichen Werte wie die Saugspannung in 60 cm Tiefe und stieg weiter an. Die Saugspannung in 60 cm Tiefe begann ca. 3 Tage nach dem Regenereignis zu steigen.

Je nach Heftigkeit und Dauer des Niederschlagsereignisses reagiert die Saugspannung verschieden. Unten werden die Grafiken eines kurzen, wenig intensiven Regenereignisses mit heftigen Regenereignissen (Gewitter) verglichen. Danach wird das Verhalten der Saugspannung auf ein lang anhaltendes wenig intensives Regenereignis dargestellt.

**Je stärker das Niederschlagsereignis ist, desto schneller und markanter ist die Reaktion der Saugspannung im Boden (siehe Abbildung 3.5, Abbildung 3.6).**

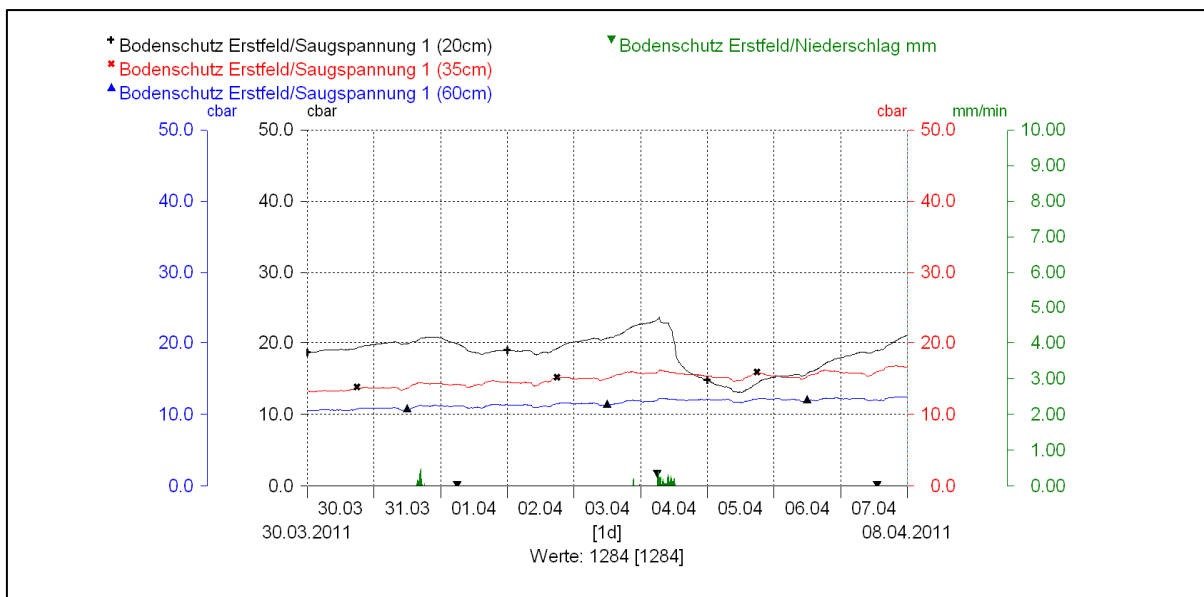


Abbildung 3.5 **Geschwindigkeit der Reaktion der Saugspannung auf weniger starke Niederschlagsereignisse**

Bei den kleineren Niederschlagsereignissen vom 4. April 2011 war die Reaktion der Saugspannung nur mässig und mit einer Verzögerung in der Tiefe von 20 cm feststellbar.

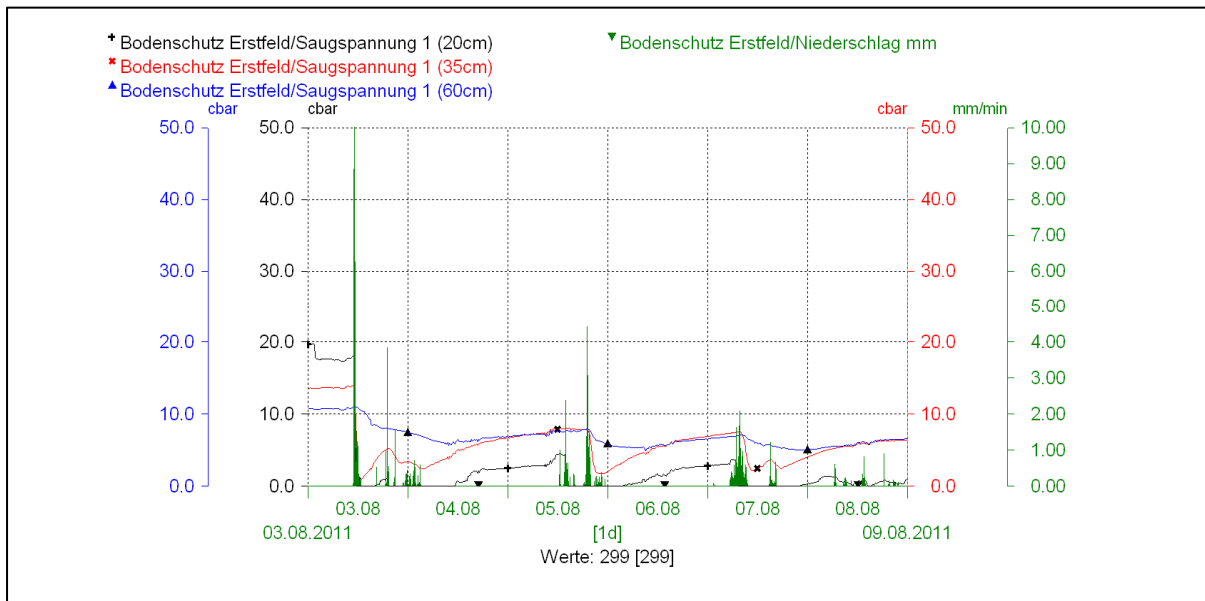


Abbildung 3.6 **Geschwindigkeit der Reaktion der Saugspannung auf stärkere Niederschlagsereignisse**

Bei den grösseren Niederschlagsereignissen vom 3., 5., und 7. August 2011 war die Reaktion der Saugspannung fast sofort in allen Tiefen feststellbar.

**Bei einem weniger intensiven, aber lang anhaltenden Niederschlagsereignis verzögert sich die Reaktion der Saugspannung (siehe Abbildung 4).**

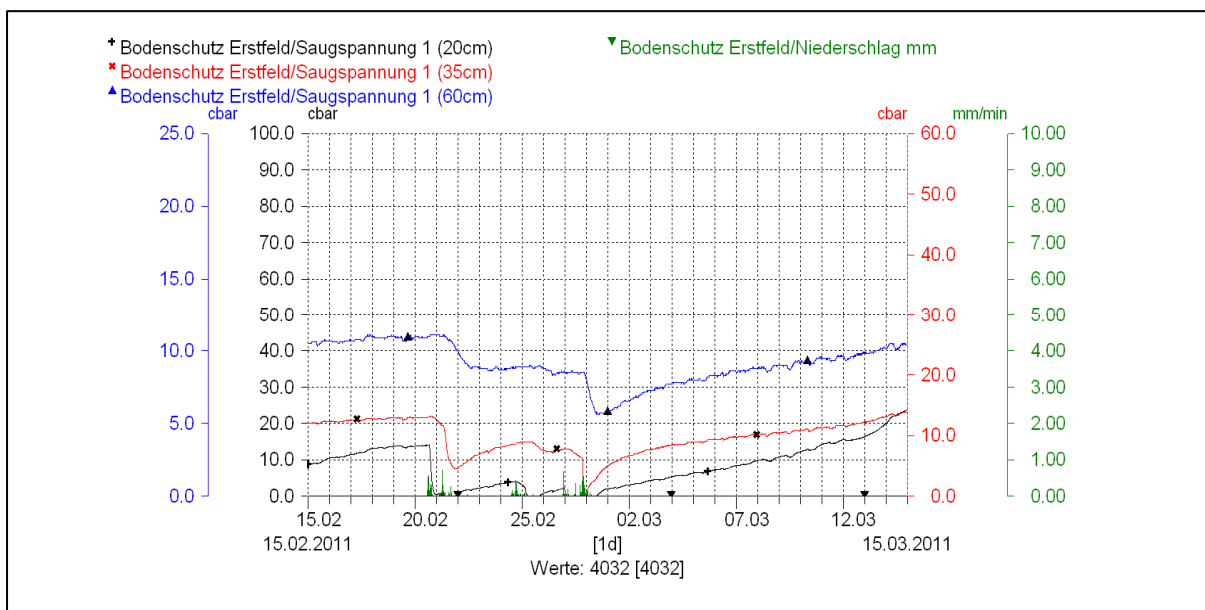


Abbildung 3.7 **Verzögerung der Saugspannung auf wenig intensive lang anhaltende Niederschlagsereignisse**

Bei dem weniger intensiven, aber länger anhaltenden Regenereignissen zwischen dem 20. und 27. Februar 2011 reagierte die Saugspannung stufenweise mit einer Verzögerung in den tieferen Bodenschichten. Erst wenn der Boden genügend durchfeuchtet ist, nimmt die Saugspannung auch ab. Im Jahr 2011 gab es fast nie lang anhaltende, wenig intensive Regenereignisse. Die meisten Ereignisse waren von kurzer Dauer oder von grösserer Intensität.

Durchschnittlich brauchte der Boden 2011 nach einem Regenereignis eine Erholungsphase zwischen 3 und 4 trockenen Tagen, um in 35 cm wieder eine Saugspannung von 10 cbar zu erreichen. Diese Erholungsphase nach den Niederschlagsereignissen, hängt aber sehr stark davon ab, ob der Boden zuvor nass oder trocken war und von den Jahreszeiten. Im Dezember 2011 erreichte die Saugspannung die Werte von 10 cbar nicht mehr, da der Boden in diesem niederschlagsreichen Monat permanent feucht war und durch die fehlende Verdunstung und Pflanzenaktivität die kleinen Poren nicht entwässern werden konnten. Hingegen reduzierten die Niederschläge im April und Mai 2011 die Saugspannung nicht auf Werte unter 10 cbar, da der Boden in diesen Monaten bei Regenbeginn immer relativ trocken war und die Verdunstung und Wasseraufnahme durch die Pflanzen in diesen Monaten besonders intensiv ist.

### 3.6 Bodenfeuchtigkeit in 35 cm und 60 cm Tiefe

Die Bodenfeuchtigkeit misst den Wassergehalt im Boden. Die Saugspannung hängt direkt vom Wassergehalt im Boden ab, verhält sich aber je nach Bodenart verschieden.

Die Bodenfeuchtigkeit wurde in 35 cm und 60 cm Tiefe gemessen und dann mit der Entwicklung der Saugspannung verglichen. Grundsätzlich lagen die Werte der Bodenfeuchtigkeit in 60 cm unter denen in 35 cm, da der Wassergehalt in 60 cm geringer ist. Zwischen den Reaktionen der Bodenfeuchtigkeit und den Reaktionen der Saugspannung entsteht bei einem Regenereignis praktisch keine Verzögerung. Die Kurve der Saugspannung läuft gegengleich zur Kurve der Bodenfeuchtigkeit (siehe Abbildung 3.8). Obwohl der Wassergehalt in 60 cm kleiner ist als in 35 cm, ergeben sich oft sehr ähnliche Saugspannungswerte. Dies liegt daran, dass der Boden verschieden aufgebaut ist. Im Bodenprofil in Kapitel 2.2 sieht man, dass der Boden in 60 cm einen grösseren Anteil an Sand hat als in 35 cm Tiefe. Sandiger Boden enthält bei gleicher Saugspannung weniger Wasser als schluffiger Boden, da die Porenverteilung und Körnung unterschiedlich sind.

Am Morgen des 25. Februars 2011 lag die Saugspannung in beiden Tiefen bei etwa 9 cbar. Der Wassergehalt in 35 cm Tiefe ist bei etwa 41% und der Wassergehalt in 60 cm Tiefe bei ca. 32% (siehe unten).

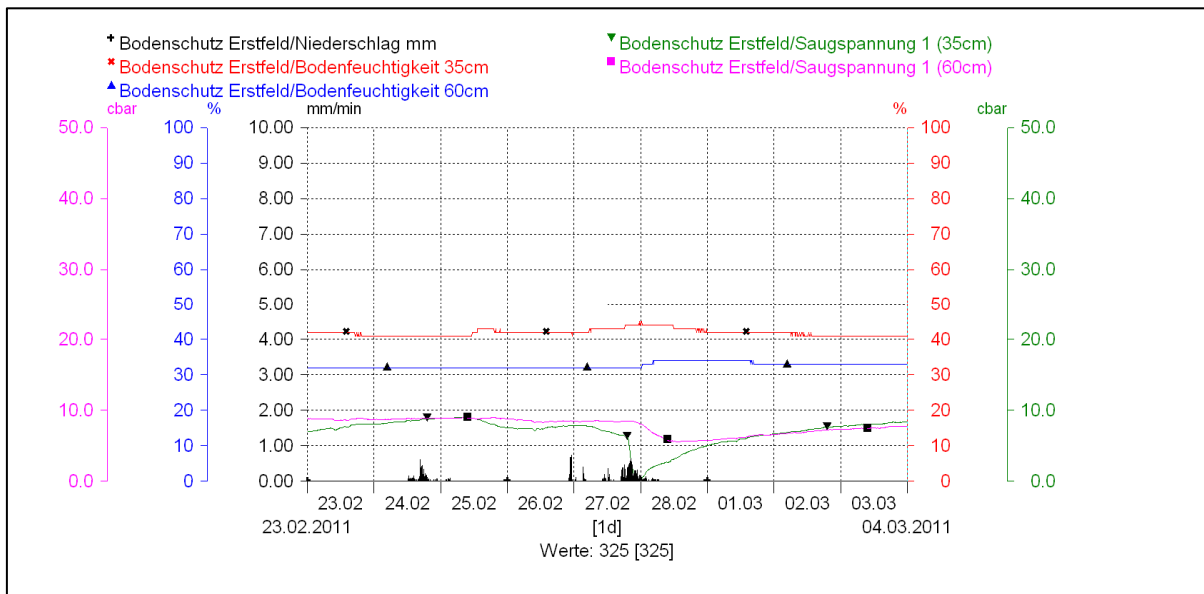


Abbildung 3.8 Gleichzeitige Reaktionen der Bodenfeuchtigkeiten und Saugspannungen auf ein Regenereignis

Am 27. Februar 2011 beginnt es zu regnen. Die Saugspannung in 35 cm Tiefe sinkt ein wenig verzögert zum Anstieg der Bodenfeuchtigkeit in 35 cm ab. Wenig später folgen die Saugspannung und die Bodenfeuchtigkeit in 60 cm Tiefe.



### 3.7 Bodentemperatur in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe

Die Temperatur wird im Boden in den drei Messtiefen 20 cm, 35 cm und 60 cm gemessen.

Grundsätzlich folgten die Bodentemperaturen der Lufttemperatur. In 20 cm Tiefe konnte der Tagesgang der Lufttemperatur sehr gut beobachtet werden, in 35 cm nur noch sehr beschränkt und in 60 cm wurden die täglichen Schwankungen nicht mehr registriert. Schaut man den ganzen Jahresverlauf der Bodentemperaturen an, beobachtet man, dass die Temperatur in 60 cm im Winter über und im Sommer unter den Temperaturen in den höheren Bodenschichten lag. Im Temperaturverlauf von 60 cm Tiefe kann man eine leichte Verzögerung im Vergleich zu den Bodentemperaturen in den höheren Schichten feststellen.

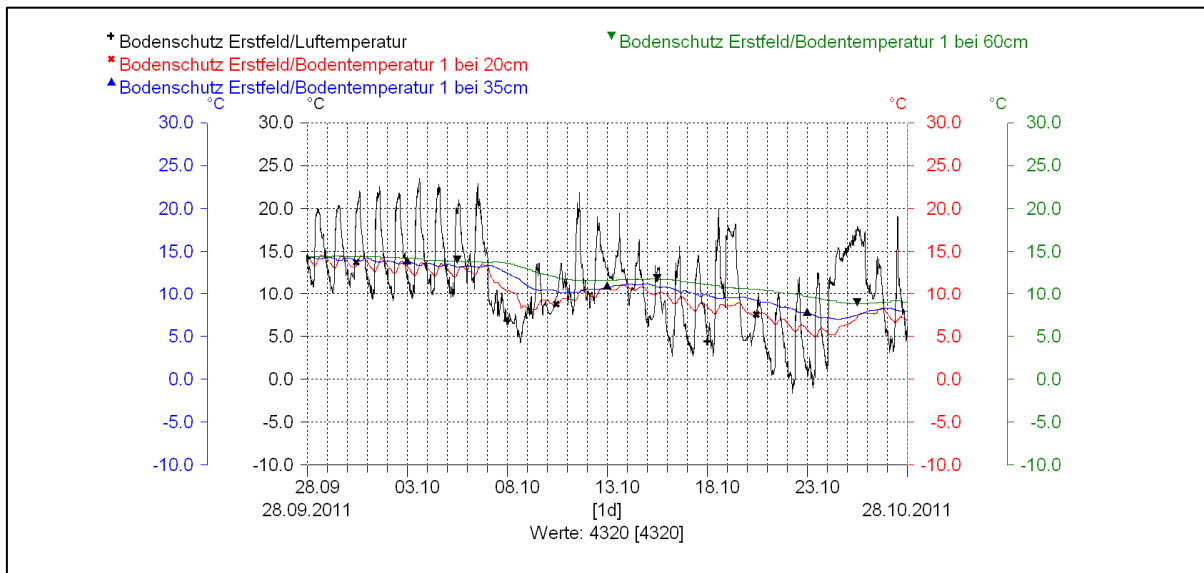


Abbildung 3.9 Bodentemperaturen im Oktober 2011

In den höheren Bodenschichten kann man den Tagesverlauf der Lufttemperaturen nachvollziehen, in 60 cm Tiefe werden die tageszeitlichen Schwankungen hingegen nicht mehr registriert. Die Kaltfront zwischen dem 7. Oktober und 10. Oktober und die Föhnperiode gegen Ende Oktober lassen sich auch gut in den Bodentemperaturen beobachten.

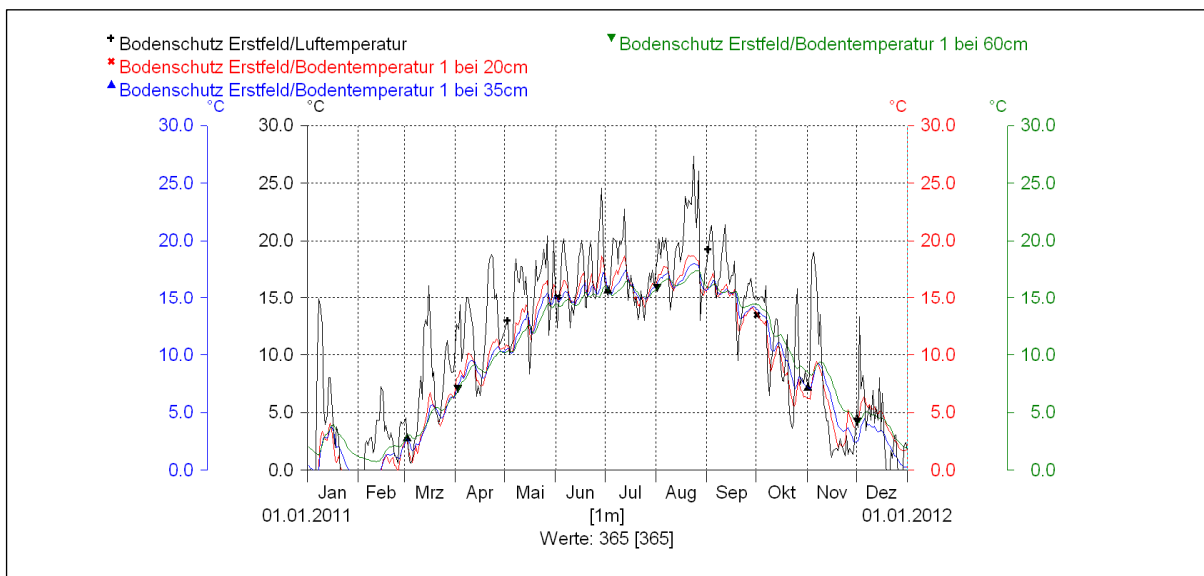


Abbildung 3.10 Tagestemperaturen 2011 im Jahresverlauf (Lufttemperaturen und Bodentemperaturen in den 3 Tiefen)

Die Temperaturen in 60 cm Tiefe sind ausgeglichener als in den höheren Bodenschichten. Im Sommer liegen sie unter den Temperatur in 20 und 35 cm Tiefe und im Winter darüber. Zusätzlich kann man eine kleine zeitliche Verzögerung in den tieferen Bodenschichten beobachten.

## **Anhang A Saugspannungen 2011**

# Saugspannungen 20cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

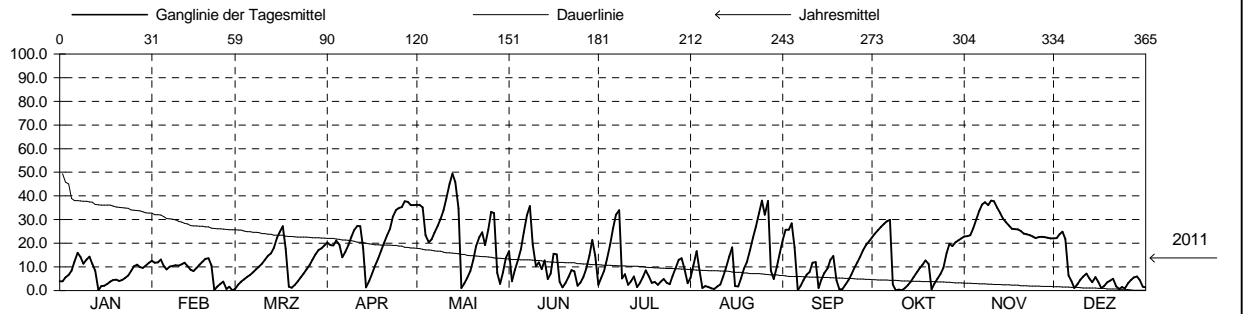
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

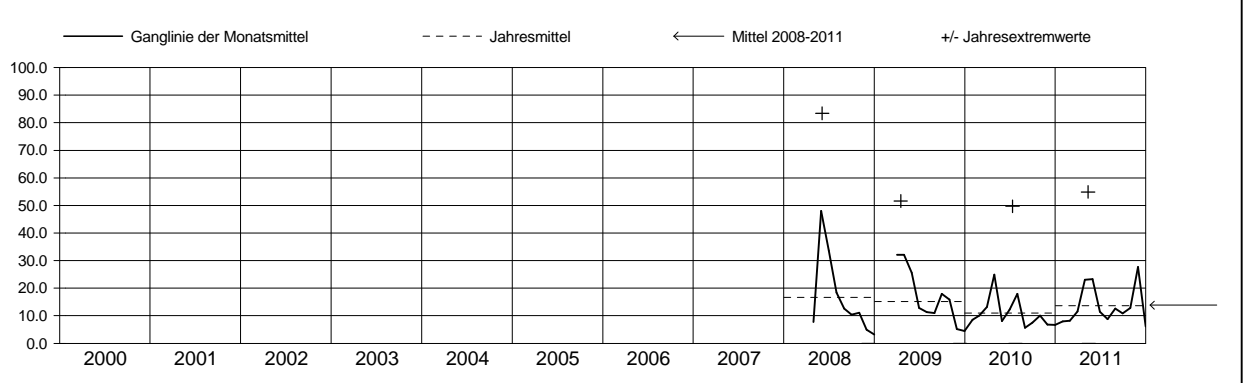
2011		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ		
Tagesmittel cbar	1	3.8	11.8	2.5	19.2	36.1	3.8	5.3	10.7	25.7	24.0	22.9	22.1	1	
	2	5.5	11.9	3.7	19.0	35.2	8.6	8.4	16.6	25.7	25.5	23.4	23.7	2	
	3	6.6	13.1	4.7	21.0	23.4	12.9	13.4	8.5	28.4 +	26.9	26.2	24.9 +	3	
	4	8.4	10.4	5.8	19.4	20.4	17.5	19.6	1.0	18.3	28.1	30.2	21.8	4	
	5	12.2	8.9	6.6	14.1	21.7	24.6	26.4	1.8	0.1 -	29.2	33.7	6.3	5	
	6	15.9 +	10.0	7.7	16.2	24.5	31.8	32.0	1.4	2.0	29.9 +	36.4	4.0	6	
	7	14.1	10.4	9.0	19.2	27.3	35.7 +	34.0 +	0.9	4.5	2.6	37.3	1.0	7	
	8	11.3	10.6	10.1	22.5	30.3	19.3	5.1	0.7 -	6.7	0.1	36.0	2.6	8	
	9	13.0	10.5	11.3	25.6	33.7	10.2	6.8	1.7	7.8	0.4	38.0 +	4.6	9	
	10	14.3	11.0	13.0	27.3	39.0	11.9	2.4	2.5	11.7	0.0 -	37.7	6.0	10	
	11	11.2	11.7	14.7	27.1	45.1	9.1	3.9	5.9	12.0	0.8	35.1	7.2	11	
	12	8.3	10.3	15.7	18.0	49.4 +	12.6	5.9	9.7	1.1	2.2	32.8	5.1	12	
	13	0.1 -	8.8	18.0	1.2 -	45.8	4.8	1.4 -	14.4	4.6	3.8	30.4	3.4	13	
	14	1.8	8.2	22.3	4.0	34.7	7.1	3.2	18.2	7.3	5.6	28.9	5.6	14	
	15	2.0	9.4	24.9	7.1	1.0 -	15.5	5.7	1.8	9.2	7.6	27.4	3.6	15	
	16	2.8	10.9	27.1 +	10.4	2.9	15.2	8.5	1.7	13.0	9.4	26.1	1.1	16	
	17	3.7	12.1	17.7	13.5	5.2	3.6	5.9	5.3	14.6	11.0	25.9	1.9	17	
	18	4.4	13.3	1.5	16.8	8.2	1.3 -	3.2	9.3	4.3	12.6	25.8	3.5	18	
	19	4.5	13.7 +	1.2 -	19.9	12.8	3.0	3.5	12.0	0.5	11.2	25.2	4.1	19	
	20	4.0	10.6	2.2	23.4	18.7	5.8	2.4	17.2	0.5	0.5	24.1	5.0	20	
	21	4.5	0.2	3.9	26.0	22.6	8.6	3.7	22.3	2.3	2.9	23.8	1.7	21	
	22	5.3	1.7	5.5	31.2	24.6	8.0	4.8	26.9	4.3	5.1	23.4	0.6 -	22	
	23	6.3	2.8	7.2	34.1	19.2	2.0	3.2	32.7	6.6	7.0	22.8	1.4	23	
	24	8.2	3.7	8.9	34.9	25.7	3.3	2.6	38.0 +	9.3	9.6	22.2	0.9	24	
	25	10.2	0.6	10.7	35.3	33.3	5.7	6.2	32.1	11.9	15.8	22.6	3.0	25	
	26	10.9	1.5	13.1	37.8 +	32.7	9.2	9.7	37.8	14.2	19.7	22.7	4.4	26	
	27	9.8	0.0 -	15.3	37.4	7.4	14.8	12.9	8.3	17.0	18.8	22.6	5.5	27	
	+ Maximum	28	9.6	0.7	17.1	36.1	2.8	21.4	13.6	4.9	19.2	20.4	22.3	6.0	28
	- Minimum	29	10.6		17.8	36.1	7.6	14.9	9.2	10.2	20.7	21.2	22.0 -	4.3	29
		30	11.8		19.1	36.2	13.8	2.4	3.1	16.0	22.4	22.0	22.0 -	1.6	30
		31	12.5		20.2	16.6	16.6	5.3	21.3	22.8	22.8	22.8	1.2	31	
Monatsmittel		8.0	8.2	11.6	23.0	23.3	11.5	8.7	12.6	10.9	12.8	27.7 +	6.1 -		
Maximum Datum (Tag)		16.8	14.7 -	28.9	38.3	54.9 +	37.6	38.5	42.8	32.4	31.5	38.8	25.5		
Minimum Datum (Tag)		6.	4.	17.	26.	12.	7.	7.	26.	4.	6.	9.	3.		
Minimum Datum (Tag)		0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	20.3 +	0.0 -		
Amplitude		16.8	14.7 -	28.9	38.3	54.9 +	37.6	38.5	42.8	32.4	31.5	18.5	25.5		

Mittel: 13.7      Maximum: 54.9 (12.Mai)      Minimum: 0.0 (15.Mai)      Amplitude: 54.9



2008-2011	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsmittel	8.3	9.1	12.4	21.9	26.2 +	17.6	14.1	10.5	11.7	12.4	11.2	5.1 -
Maximum Jahr	16.8 -	19.3	28.9	51.6	78.0	83.4 +	49.7	42.8	36.3	44.8	38.8	25.5
Minimum Jahr	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +

Mittel: 13.9      Maximum: 83.4 (03.06.2008)      Minimum: 0.0 (07.12.2008)      Amplitude: 83.4      Max.jährliche Schwankung: 83.4 (2008)



# Saugspannungen 35cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

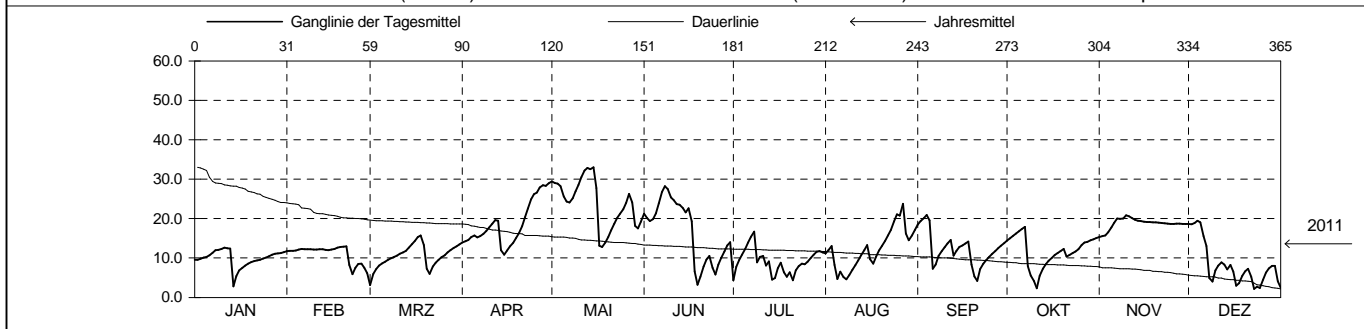
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

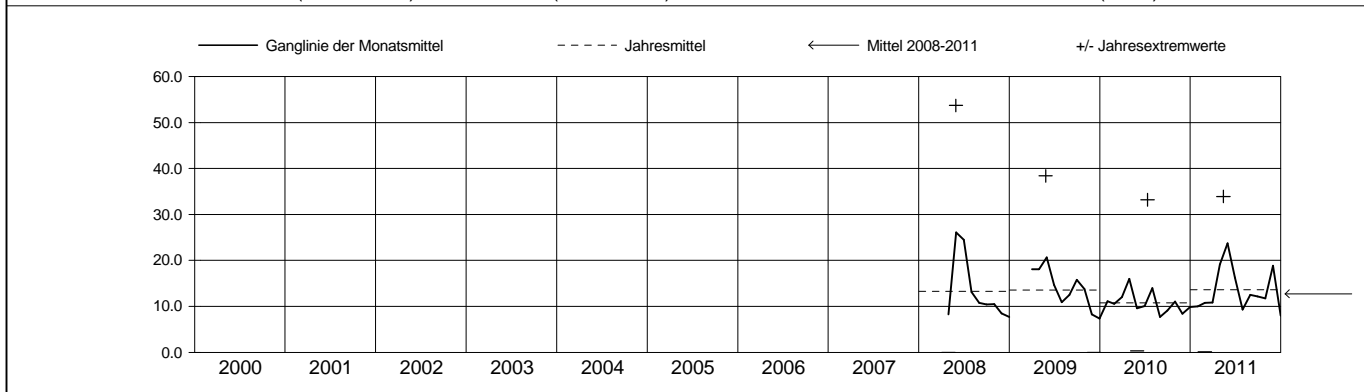
2011		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	
Tagesmittel cbar	1	9.5	11.8	5.9 -	14.3	29.1	20.2	7.8	12.0	19.4	15.0	15.6 -	18.6	1
	2	9.8	11.9	7.2	14.6	28.9	19.4	9.4	13.0	20.1	15.6	15.7	18.9	2
	3	10.1	11.9	8.1	15.3	28.2	19.9	10.9	8.2	21.0 +	16.2	16.5	19.5 +	3
	4	10.3	12.2	8.6	15.8	25.7	21.3	12.3	4.7	19.5	16.8	17.8	19.0	4
	5	10.7	12.3	9.1	15.2	24.4	23.8	13.9	6.6	7.2	17.4	18.9	15.6	5
	6	11.4	12.2	9.5	15.5	24.1	26.8	15.4	5.1	8.3	17.9 +	20.0	13.1	6
	7	12.0	12.2	9.9	16.1	25.2	28.2 +	16.7 +	4.6 -	10.6	7.9	20.0	4.9	7
	8	12.1	12.2	10.3	16.9	26.9	27.5	8.9	5.7	11.7	5.6	20.0	4.1	8
	9	12.3	12.2	10.6	17.8	28.6	25.4	10.3	7.0	12.7	4.2	20.9 +	6.9	9
	10	12.6 +	12.2	11.1	18.7	30.5	24.7	10.6	8.2	13.7	2.4 -	20.6	8.1	10
	11	12.5	12.3	11.5	19.6	32.3	23.7	8.1	9.4	14.6	5.5	20.1	8.9	11
	12	12.4	12.2	11.9	19.5	32.9	23.5	9.2	10.7	10.6	7.3	19.7	8.4	12
	13	2.8 -	12.1	12.7	12.0	32.6	22.7	4.5	12.0	11.8	8.4	19.5	7.1	13
	14	5.4	12.0	13.6	10.8 -	33.1 +	21.6	5.0	13.3	12.8	9.3	19.4	8.3	14
	15	6.9	12.2	14.4	11.9	27.7	22.7	7.4	9.7	13.2	10.1	19.2	6.5	15
	16	7.5	12.3	15.3	13.0	13.1	19.3	8.8	8.6	13.7	10.7	19.1	3.0	16
	17	8.1	12.6	15.7 +	13.9	12.8 -	6.6	6.4	10.3	14.2	11.3	19.1	3.6	17
	18	8.6	12.8	13.3	15.0	13.9	3.2 -	5.2	11.9	8.3	11.8	19.1	5.5	18
	19	9.0	12.9	7.3	16.3	15.4	5.2	6.4	13.1	5.4	12.3	19.0	6.6	19
	20	9.2	13.0 +	5.9 -	18.1	17.1	7.9	4.3 -	14.3	4.2 -	10.4	18.9	7.3	20
	21	9.4	8.2	7.8	20.3	18.7	9.6	6.8	15.8	7.2	10.8	18.9	5.2	21
	22	9.6	5.9	8.8	22.6	20.2	10.5	7.9	17.1	8.5	11.3	18.8	2.1 -	22
	23	9.8	7.6	9.6	24.9	21.3	7.6	8.6	19.3	9.5	11.7	18.7	2.7	23
	24	10.1	8.5	10.2	26.2	22.4	5.8	8.4	21.1	10.3	12.2	18.6	2.4	24
	25	10.4	8.5	10.7	26.6	24.0	8.3	9.1	20.7	11.1	13.3	18.7	4.5	25
	26	10.8	7.5	11.4	27.9	26.3	10.0	10.0	23.7 +	11.8	14.0	18.7	6.3	26
	27	11.1	6.1	12.0	28.5	24.1	11.6	10.9	16.2	12.5	14.1	18.7	7.3	27
	+ Maximum	11.2	3.1 -	12.5	28.3	18.1	13.2	11.6	14.5	13.2	14.5	18.7	8.0	28
	- Minimum	11.3		12.9	29.0	17.5	14.1	11.8	15.8	13.8	14.8	18.6	8.0	29
		11.5		13.4	29.4 +	19.3	4.4	11.4	17.1	14.4	15.1	18.6	4.1	30
		11.7		13.9		21.3		11.2	18.5		15.4		2.5	31
Monatsmittel		10.0	10.7	10.8	19.1	23.7 +	16.3	9.3	12.5	12.2	11.7	18.9	8.0 -	
Maximum Datum (Tag)		12.6 -	13.2	15.9	30.1	33.9 +	29.4	17.9	26.3	22.4	18.6	21.2	19.6	
Minimum Datum (Tag)		10.	20.	17.	29.	14.	7.	7.	26.	3.	6.	9.	3.	
Minimum Datum (Tag)		0.2	0.1 -	2.4	10.3	12.3	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	15.1 +	0.2	
Amplitude		12.4	13.1	13.5	19.8	21.6	28.8 +	17.3	25.7	22.0	18.2	6.1 -	19.4	

Mittel: 13.6      Maximum: 33.9 (14.Mai)      Minimum: 0.1 (27.Februar)      Amplitude: 33.8



2008-2011	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsmittel	10.5	10.7	11.4	15.4	20.0 +	16.4	11.8	10.9	11.9	11.8	11.0	8.2 -
Maximum Jahr	13.2 -	13.6	15.9	30.1	53.7 +	52.3	33.2	26.3	22.4	25.4	21.2	19.6
Minimum Jahr	0.2	0.1	0.6 +	0.0 -	0.3	0.6 +	0.0 -	0.3	0.3	0.4	0.3	0.0 -

Mittel: 12.7      Maximum: 53.7 (29.05.2008)      Minimum: 0.0 (29.04.2008)      Amplitude: 53.7      Max.jährliche Schwankung: 53.7 (2008)



# Saugspannungen 60cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

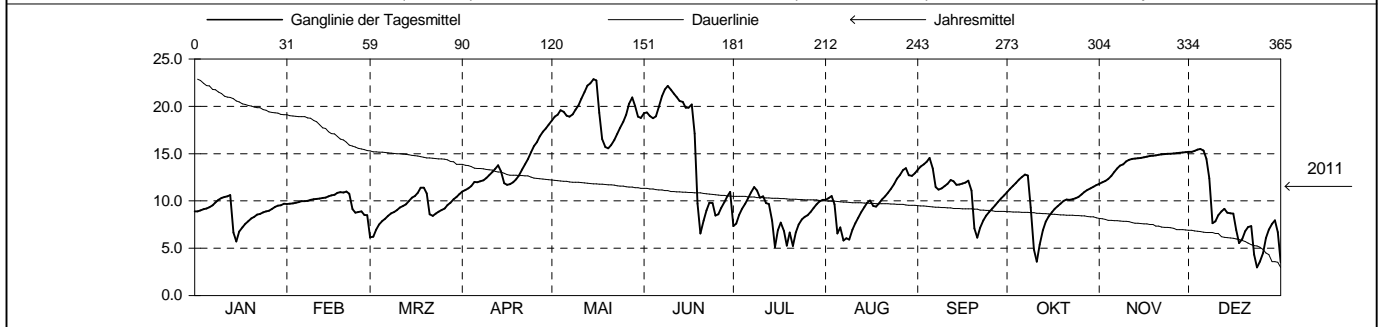
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

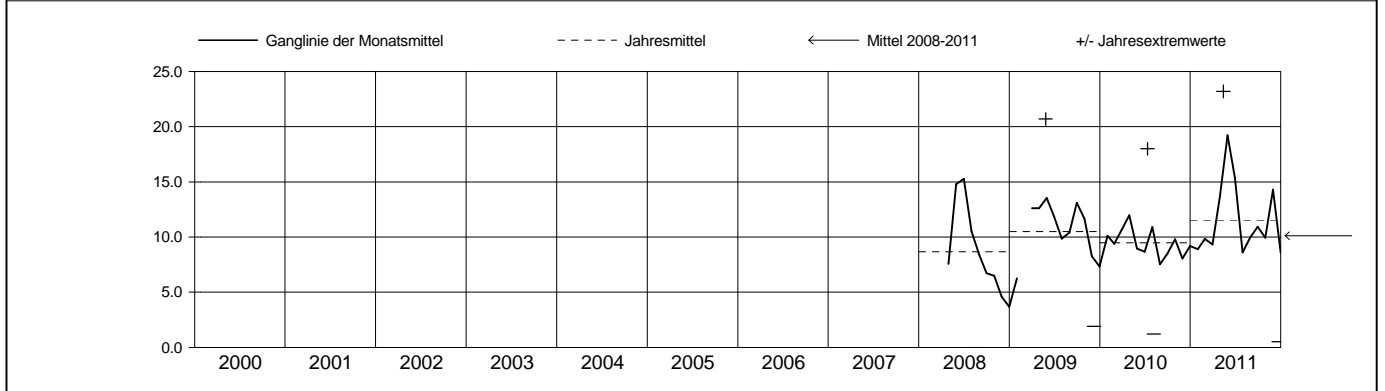
2011		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ		
Tagesmittel cbar	1	8.9	9.7	6.2 -	11.2 -	18.9	19.4	7.6	10.3	13.6	11.3	12.0 -	15.2	1	
	2	9.0	9.8	7.0	11.3	19.1	19.0	8.5	10.5	13.9	11.6	12.1	15.3	2	
	3	9.1	9.8	7.5	11.6	19.6	18.8	9.2	9.6	14.1	11.9	12.3	15.4	3	
	4	9.2	9.9	7.9	12.0	19.4	19.0	9.7	6.5	14.5 +	12.2	12.7	15.5 +	4	
	5	9.3	10.0	8.1	12.0	19.0	19.9	10.3	7.2	13.4	12.5	13.0	15.3	5	
	6	9.5	10.0	8.4	12.1	18.9	21.1	10.9	5.8 -	11.5	12.8 +	13.4	14.4	6	
	7	9.8	10.0	8.7	12.2	19.2	21.8	11.4 +	6.0	11.2	12.7	13.7	12.4	7	
	8	10.1	10.1	8.8	12.4	19.6	22.2 +	11.1	5.9	11.3	9.3	13.9	7.6	8	
	9	10.3	10.2	9.0	12.7	20.1	21.7	10.3	7.0	11.6	4.9	14.2	7.8	9	
	10	10.4	10.2	9.3	13.1	20.8	21.3	10.5	7.7	11.8	3.6 -	14.3	8.5	10	
	11	10.5	10.2	9.5	13.4	21.5	21.0	9.8	8.2	12.2	5.4	14.4	8.9	11	
	12	10.6 +	10.3	9.6	13.8	22.2	20.6	9.7	8.8	12.1	6.9	14.5	9.2	12	
	13	6.7	10.3	10.0	13.1	22.4	20.5	7.9	9.3	11.7	7.8	14.5	8.8	13	
	14	5.7 -	10.5	10.3	11.9	22.9 +	19.9	5.1 -	9.8	11.8	8.4	14.5	8.7	14	
	15	6.7	10.6	10.5	11.7	22.7	19.9	6.9	10.0	11.8	8.8	14.6	8.6	15	
	16	7.2	10.6	10.9	11.8	19.3	20.2	7.7	9.5	12.0	9.1	14.7	6.9	16	
	17	7.6	10.8	11.4 +	12.0	16.5	17.1	6.8	9.4	12.1	9.4	14.7	5.5	17	
	18	7.8	10.9	11.4 +	12.3	15.7	9.7	5.3	9.7	11.1	9.7	14.8	6.0	18	
	19	8.1	10.9	10.8	12.7	15.6 -	6.6 -	6.7	10.1	7.1	10.0	14.8	6.8	19	
	20	8.3	11.0 +	8.6	13.3	15.9	7.9	5.2	10.5	6.1 -	10.1	14.9	7.2	20	
	21	8.5	10.7	8.4	13.9	16.4	9.0	6.7	10.9	7.2	10.1	14.9	7.3	21	
	22	8.6	9.1	8.7	14.4	17.1	9.8	7.5	11.3	8.0	10.2	14.9	4.3	22	
	23	8.8	8.8	8.8	15.1	17.7	9.8	8.0	11.8	8.4	10.3	15.0	3.0 -	23	
	24	8.9	8.8	9.0	15.8	18.4	8.4	8.3	12.3	8.8	10.4	15.0	3.6	24	
	25	9.0	8.9	9.2	16.2	19.1	8.6	8.5	12.7	9.2	10.7	15.0	4.5	25	
	26	9.2	8.5	9.5	16.8	20.3	9.3	8.8	13.3	9.5	11.0	15.1	6.1	26	
	27	9.4	8.5	9.8	17.3	20.9	9.9	9.3	13.5 +	9.9	11.1	15.1	7.0	27	
	+ Maximum	28	9.5	6.2 -	10.2	17.6	20.0	10.5	9.6	12.7	10.2	11.3	15.1	7.6	28
	- Minimum	29	9.5		10.4	18.1	18.9	11.0	9.9	12.7	10.6	11.5	15.1	7.9	29
		30	9.7		10.7	18.5 +	18.8	7.3	10.1	12.9	10.9	11.7	15.2 +	6.7	30
		31	9.7		11.0		19.3		10.1	13.3		11.8		3.5	31
Monatsmittel		8.9	9.8	9.3	13.7	19.2 +	15.4	8.6 -	10.0	10.9	9.9	14.3	8.6 -		
Maximum Datum (Tag)		10.7 -	11.1	11.7	19.0	23.2 +	22.3	12.3	13.9	14.9	13.3	15.3	15.6		
Minimum Datum (Tag)		11.	17.	17.	30.	14.	8.	8.	26.	4.	7.	29.	4.		
Minimum Datum (Tag)		4.7	5.6	5.8	10.9	13.8 +	5.8	3.4	4.9	5.5	1.3	11.7	0.5 -		
Amplitude		13.	28.	1.	1.	19.	18.	13.	6.	20.	10.	1.	22.		
Amplitude		6.0	5.5	5.9	8.1	9.4	16.5 +	8.9	9.0	9.4	12.0	3.6 -	15.1		

Mittel: 11.5      Maximum: 23.2 (14.Mai)      Minimum: 0.5 (22.Dezember)      Amplitude: 22.7



2008-2011	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsmittel	8.4	9.6	10.0	11.5	14.1 +	12.8	10.0	9.1	9.8	9.5	8.8	7.2 -
Maximum Jahr	11.9	11.3 -	12.3	19.0	25.9 +	22.3	21.3	16.2	15.5	17.5	15.3	15.6
Minimum Jahr	4.3	4.6	5.4 +	0.0 -	1.6	4.1	0.7	0.0 -	0.1	0.1	0.1	0.0 -

Mittel: 10.1      Maximum: 25.9 (29.05.2008)      Minimum: 0.0 (15.08.2008)      Amplitude: 25.9      Max.jährliche Schwankung: 25.9 (2008)



## **Anhang B Bodentemperaturen 2011**

# Bodentemperaturen 20cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

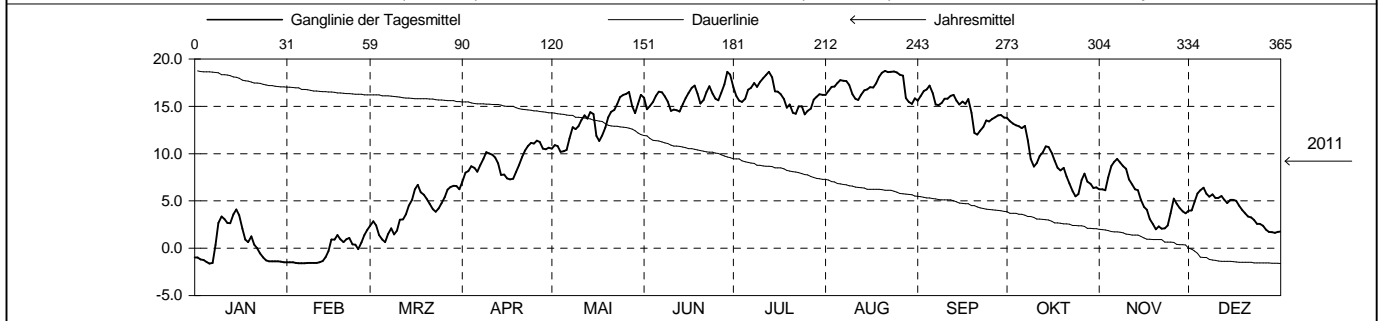
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

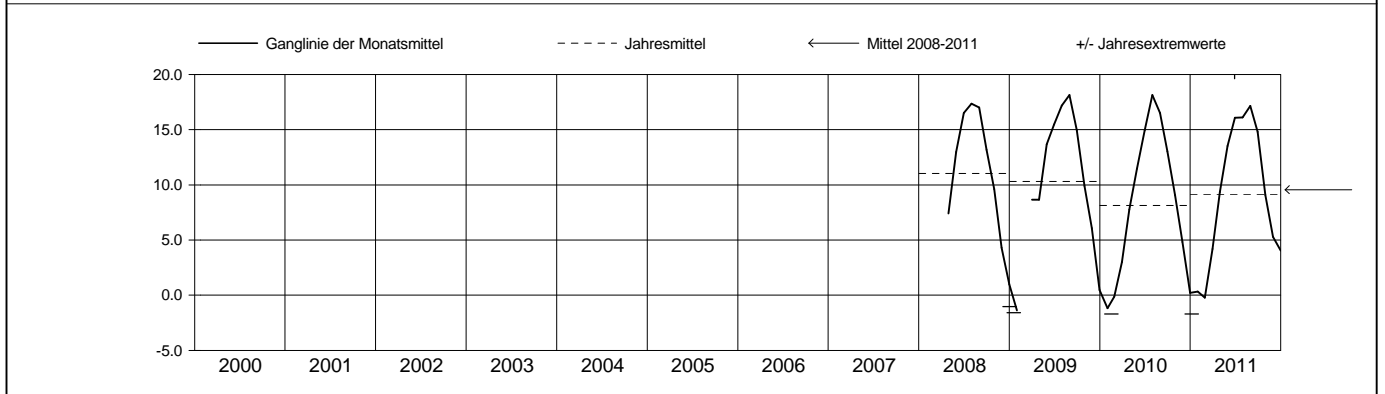
2011		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	
Tagesmittel °C	1	-1.0	-1.5	2.8	8.0	10.9	14.7	16.1	16.6	16.1	13.4 +	6.2	4.0	1
	2	-1.2	-1.5	2.4	8.2	10.8	15.0	15.6	17.1	16.6	13.2	6.1	4.9	2
	3	-1.3	-1.6 -	1.4	8.6	10.2 -	15.5	15.5	17.1	16.8	13.0	7.5	5.8	3
	4	-1.5	-1.6 -	0.9	8.5	10.3	16.1	15.8	17.5	17.2 +	12.9	8.7	6.1	4
	5	-1.6 -	-1.6 -	0.7 -	8.1	10.4	16.5	16.8	17.8	16.4	12.7	9.1	6.4 +	5
	6	-1.6 -	-1.6 -	1.5	8.8	11.6	16.5	17.0	17.7	15.2	12.9	9.4 +	5.8	6
	7	0.3	-1.6 -	2.1	9.5	12.8	16.0	17.4	17.7	15.1	11.4	9.1	5.4	7
	8	2.7	-1.6 -	1.4	10.2	12.6	15.5	17.1	17.3	15.4	9.4	8.7	5.7	8
	9	3.4	-1.6 -	1.9	10.0	12.9	14.5 -	17.6	16.3	15.8	8.6	8.4	5.3	9
	10	3.1	-1.6 -	3.0	9.9	13.5	14.7	18.0	15.8	15.8	9.0	7.3	5.3	10
	11	2.7	-1.5	3.1	9.6	14.0	14.6	18.3	15.7	16.1	9.7	6.7	5.5	11
	12	2.6	-1.4	3.6	9.0	13.7	14.5 -	18.7 +	16.2	16.2	10.1	6.2	5.1	12
	13	3.6	-1.0	4.5	7.8	14.4	15.2	18.1	16.7	15.6	10.7	6.1	4.8	13
	14	4.1 +	-0.3	5.1	7.8	14.2	15.9	16.6	16.8	15.2	10.7	5.1	5.1	14
	15	3.5	0.9	6.2	7.4	11.9	16.4	16.5	17.0	15.5	10.1	4.4	5.1	15
	16	2.1	0.9	6.7	7.3 -	11.3	16.9	16.3	17.0	15.3	9.3	4.0	5.0	16
	17	0.9	1.4	5.9	7.4	11.9	17.2	15.8	17.4	15.8	8.5	3.1	4.5	17
	18	0.6	0.9	5.7	8.1	12.8	16.3	14.9	18.1	14.3	8.2	2.5	4.0	18
	19	1.2	0.6	5.2	8.8	13.8	15.3	15.2	18.5	12.2	8.5	2.0 -	3.7	19
	20	0.4	0.9	4.7	9.6	14.4	15.7	14.3	18.7 +	12.0 -	7.6	2.3	3.4	20
	21	0.0	1.1	4.1	10.3	14.6	16.5	14.2	18.6	12.4	6.8	2.1	3.3	21
	22	-0.6	0.4	3.9	10.8	15.2	17.1	15.0	18.7 +	12.8	6.0	2.1	3.0	22
	23	-1.0	0.4	4.2	11.1	16.0	16.4	15.0	18.7 +	13.5	5.5 -	2.4	2.6	23
	24	-1.3	-0.1	4.7	11.1	16.2	15.8	14.1 -	18.6	13.4	5.7	3.7	2.6	24
	25	-1.4	0.6	5.4	11.4 +	16.3	15.6	14.5	18.4	13.7	7.2	5.2	2.4	25
	26	-1.4	1.4	6.2	11.2	16.5 +	16.4	14.8	18.3	13.9	7.9	4.7	2.0	26
	27	-1.4	1.9	6.5	10.5	15.0	17.3	15.7	15.9	14.0	7.0	4.3	1.7	27
	+ Maximum	-1.4	2.3 +	6.6	10.5	14.3	18.7 +	16.0	15.5	14.1	6.8	3.9	1.7	28
	- Minimum	-1.4		6.6	10.6	15.3	18.3	16.3	15.3 -	13.8	6.4	3.7	1.6 -	29
		-1.5		6.2	10.5	16.2	17.0	16.2	15.8	13.8	6.4	3.9	1.7	30
		-1.5		7.0 +	15.9	16.2	15.6	16.2	15.6	13.8	6.2	3.9	1.8	31
Monatsmittel		0.3	-0.2 -	4.2	9.3	13.5	16.1	16.1	17.2 +	14.8	9.1	5.3	4.0	
Maximum Datum (Tag)		4.8	3.4 -	8.0	12.6	17.9	20.2 +	20.0	19.5	17.6	14.1	9.9	6.5	
Minimum Datum (Tag)		14.	28.	31.	25.	26.	28.	12.	20.	3.	1.	6.	5.	
Amplitude		6.5	5.0	8.2	6.4	9.6 +	7.0	6.6	4.9 -	6.5	9.2	8.3	4.9 -	

Mittel: 9.2      Maximum: 20.2 (28.Juni)      Minimum: -1.7 (5.Januar)      Amplitude: 21.9



2008-2011	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsmittel	-0.7 -	-0.2	3.6	8.3	12.9	15.8	17.2 +	17.2 +	14.0	9.4	5.1	1.4
Maximum Jahr	2011	2010	2011	2010	2009	2008	2010	2009	2009	2009	2011	2011
Minimum Jahr	2011	2010	2010	2008	2009	2010	2011	2010	2008	2008	2010	2009

Mittel: 9.6      Maximum: 21.8 (02.06.2008)      Minimum: -1.7 (16.02.2010)      Amplitude: 23.5      Max.jährliche Schwankung: 23.5 (2010)



# Bodentemperaturen 35cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

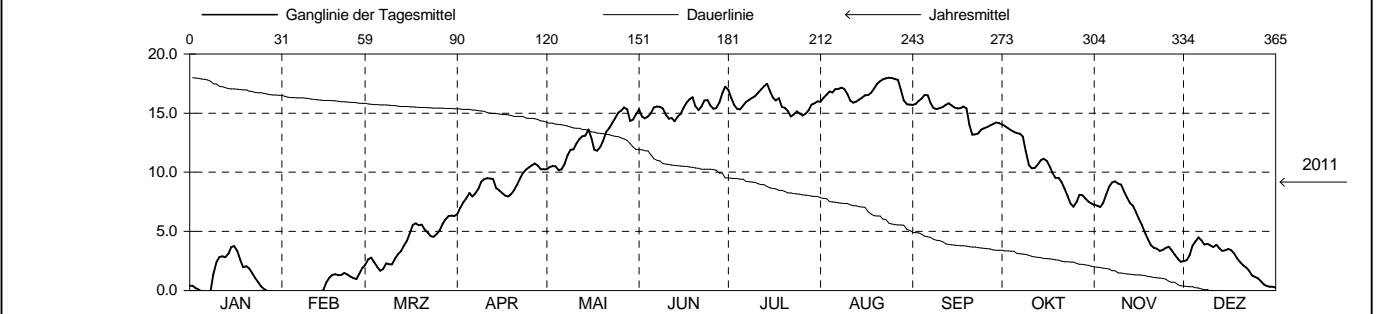
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

2011		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	
Tagesmittel	1	0.4	-0.4	2.7	7.0 -	10.5	14.7	16.3	16.3	15.8	13.9 +	7.2	2.6	1
	2	0.2	-0.4	2.8	7.5	10.5	14.5	15.7	16.6	16.0	13.7	7.1	3.0	2
	3	0.1	-0.4	2.4	7.8	10.5	14.7	15.4	16.8	16.2	13.6	7.4	3.8	3
	4	-0.1	-0.5	2.0	8.2	10.2 -	15.0	15.3	16.8	16.5 +	13.4	8.2	4.1	4
	5	-0.2	-0.5	1.7 -	8.0	10.3	15.5	15.6	17.0	16.5 +	13.3	8.8	4.5 +	5
	6	-0.3 -	-0.5	1.8	8.2	10.7	15.6	16.0	17.1	15.8	13.3	9.1	4.2	6
	7	-0.1	-0.6 -	2.3	8.6	11.5	15.5	16.1	17.2	15.4	13.0	9.2 +	3.9	7
	8	1.4	-0.6 -	2.2	9.2	11.9	15.4	16.3	17.0	15.3	11.8	9.0	4.0	8
	9	2.4	-0.6 -	2.2	9.4	11.9	14.9	16.4	16.6	15.4	10.6	8.9	3.8	9
	10	2.8	-0.6 -	2.7	9.5	12.4	14.5	16.7	16.0	15.5	10.3	8.4	3.7	10
°C	11	2.9	-0.6 -	3.1	9.5	12.8	14.6	17.0	15.9	15.7	10.4	7.8	3.9	11
	12	2.8	-0.6 -	3.3	9.4	13.0	14.3 -	17.3	16.0	15.8	10.6	7.4	3.6	12
	13	3.1	-0.3	3.8	8.7	13.1	14.7	17.5 +	16.2	15.7	11.0	7.2	3.3	13
	14	3.7 +	0.1	4.2	8.5	13.6	14.9	16.9	16.3	15.5	11.1	6.7	3.4	14
	15	3.7 +	0.7	4.9	8.3	12.9	15.4	16.3	16.5	15.4	11.0	6.0	3.5	15
	16	3.3	1.1	5.5	8.0	11.9	15.9	16.1	16.5	15.4	10.5	5.5	3.4	16
	17	2.6	1.3	5.7	7.9	11.8	16.2	16.3	16.7	15.6	9.9	4.9	3.1	17
	18	2.0	1.4	5.5	8.1	12.1	16.4	15.5	17.1	15.4	9.5	4.3	2.7	18
	19	2.1	1.3	5.6	8.5	12.7	15.6	15.5	17.5	14.0	9.5	3.8	2.4	19
	20	1.8	1.3	5.2	9.0	13.4	15.3	15.2	17.7	13.2 -	9.2	3.6	2.1	20
+ Maximum	21	1.5	1.5	4.9	9.5	13.8	15.6	14.7 -	17.9	13.2 -	8.6	3.5	1.9	21
	22	1.1	1.4	4.6	9.9	14.2	16.1	14.9	17.9	13.3	8.0	3.4	1.7	22
	23	0.7	1.2	4.5	10.2	14.6	16.1	15.2	18.0 +	13.6	7.4	3.4	1.3	23
	24	0.3	1.0	4.8	10.4	15.1	15.6	15.0	18.0 +	13.7	7.1 -	3.6	1.2	24
	25	0.1	1.0	5.1	10.6	15.2	15.4	14.8	17.9	13.8	7.5	3.7	1.0	25
	26	0.0	1.4	5.6	10.8 +	15.5 +	15.4	15.0	17.8	14.0	8.1	3.4	0.8	26
	27	-0.1	1.9	6.0	10.5	15.3	15.9	15.3	17.0	14.1	8.1	3.0	0.5	27
	28	-0.2	2.2 +	6.3	10.3	14.3	16.7	15.7	16.1	14.2	7.8	2.7	0.4	28
	29	-0.2		6.3	10.3	14.4	17.2 +	15.8	15.8	14.1	7.5	2.4 -	0.3	29
	30	-0.3 -		6.3	10.2	14.9	17.0	16.0	15.7 -	14.0	7.4	2.5	0.3	30
31	-0.3 -		6.5 +		15.3		16.0	15.7 -		7.3		0.2 -	31	
Monatsmittel		1.2	0.4 -	4.2	9.1	12.9	15.5	15.9	16.8 +	14.9	10.1	5.7	2.5	
Maximum Datum (Tag)		3.9	2.6 -	6.9	10.9	15.7	17.3	17.6	18.1 +	16.7	14.2	9.3	4.5	
Minimum Datum (Tag)		14.	28.	31.	25.	26.	29.	13.	22.	4.	1.	6.	5.	
Amplitude		4.3	3.2	5.4	4.0	5.8	3.2	3.1	2.6 -	3.7	7.2 +	7.0	4.5	

Mittel: 9.2      Maximum: 18.1 (22.August)      Minimum: -0.6 (6.Februar)      Amplitude: 18.7



2008-2011	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsmittel	0.6	0.4 -	3.7	8.1	12.4	15.3	16.9	17.1 +	14.5	10.4	6.1	2.0
Maximum Jahr	3.9	3.1 -	6.9	11.7	15.9	18.5	19.4	19.7 +	17.4	14.7	9.3	5.3
Minimum Jahr	-0.6	-0.7 -	0.4	5.3	8.7	12.0	14.5	14.9 +	11.3	5.8	1.9	0.0

Mittel: 10.0      Maximum: 19.7 (20.08.2009)      Minimum: -0.7 (05.02.2010)      Amplitude: 20.4      Max.jährliche Schwankung: 20.1 (2010)

