



Bodenmessstation Erstfeld (Pfaffenmatt)

Jahresbericht 2015



www.boden-uri.ch

Altdorf, 11.05.2016

IMPRESSUM

Auftraggeber

Amt für Umweltschutz
Kanton Uri
Klausenstrasse 4
6460 Altdorf
Tel. 041 875 24 30
www.boden-uri.ch

Projektleitung

Harry Ilg
Abteilung Immissionsschutz
Amt für Umweltschutz

Projektbearbeitung und Bericht

Hansjörg Geisser
Melanie Fedier
Monitron AG
Rynächtstrasse 13
CH-6460 Altdorf
t +41 41 874 77 88
f +41 41 874 77 89
e altdorf@monitron.ch
www.monitron.ch

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	5
1 TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER BODENMESSSTATION	6
1.1 Messungen	6
1.2 Zweck der Messungen.....	6
1.3 Beschreibung Messstation	6
1.3.1 Allgemein	6
1.3.2 Saugspannung und Bodentemperatur Tensiometer T8	6
1.3.3 Wassergehalt / Bodenfeuchtigkeit TRIME-EZ	6
1.3.4 Niederschlagsmessung Parsivel.....	6
1.3.5 Lufttemperatur.....	7
1.3.6 Stationsmanager LogoSens2	7
1.3.7 Stromversorgung	7
1.4 Bemerkungen zum Unterhalt und Betrieb.....	7
2 KURZBESCHRIEB DER BODENVERHÄLTNISSE	8
2.1 Standortwahl und Bodenart.....	8
2.2 Bodenprofil.....	9
2.3 Bodenart und Bodentyp	10
2.4 Bodeneigenschaften.....	10
3 KURZBEURTEILUNG DER MESSDATEN 2008 BIS 2015.....	11
3.1 Messung Saugspannung in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe	11
3.2 Messdaten Betriebsjahr 2008	11
3.3 Messdaten Betriebsjahr 2009	11
3.4 Messdaten Betriebsjahr 2010	11
3.5 Messdaten Betriebsjahr 2011	12
3.6 Messdaten Betriebsjahr 2012	12
3.7 Messdaten Betriebsjahr 2013	13
3.8 Messdaten Betriebsjahr 2014	13
3.9 Messdaten Betriebsjahr 2015	13
3.10Allgemeine Beobachtungen beim Verhalten der Saugspannung in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe in Reaktion auf Niederschlagsereignisse	14
3.11Bodenfeuchtigkeit in 35 cm und 60 cm Tiefe.....	14
3.12Bodenarbeiten in Abhängigkeit der Saugspannung (2008 - 2015).....	15
3.12.1 Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2008.....	16
3.12.2 Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2009.....	17

3.12.3	Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2010.....	17
3.12.4	Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2011.....	17
3.12.5	Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2012.....	17
3.12.6	Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2013.....	17
3.12.7	Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2014.....	17
3.12.8	Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2015.....	17
3.12.9	Allgemeines	19

3.13	Bodentemperatur in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe.....	19
-------------	---	-----------

4 ERDARBEITEN WÄHREND DER WINTERMONATE – VERGLEICH MIT ZWEI BODENMESSSTATIONEN IM KANTON SOLOTHURN.....21

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Jahresverlauf 2015 der Saugspannung in 35 cm Tiefe (im Zusammenhang mit Lufttemperatur und Niederschlagsmenge)	14
Abbildung 2	Gleichzeitige Reaktionen der Bodenfechtigkeiten und Saugspannungen auf ein Regenereignis	15
Abbildung 3	Empfehlungen für die Baubranche und Landwirtschaft (Hans Pfister, Pfister Terra GmbH, Alexander Imhof, AfU Uri im Januar 2009)	16
Abbildung 4	Saugspannungen 2010-2015 nach Beurteilungsklassen gegliedert	16
Abbildung 5	Anzahl Tage mit Saugspannung > 6 cbar	18
Abbildung 6	Anzahl Tage mit Saugspannung > 10 cbar	18
Abbildung 7	Anzahl Tage mit Saugspannung > 15 cbar	18
Abbildung 8	Anzahl Tage mit Saugspannung > 20 cbar	19
Abbildung 9	Luft- und Bodentemperaturen (in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe) im Juli 2015	20
Abbildung 10	Tagestemperaturen 2015 im Jahresverlauf (Lufttemperaturen und Bodentemperaturen in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe)	20
Abbildung 11	Saugspannungen in 35 cm Tiefe im Jahr 2015 während der Wintermonate (Januar, Februar, November, Dezember, total 120 Tage) bei den Stationen Erstfeld, Matzendorf und Stüsslingen nach Beurteilungsklassen gegliedert	21
Abbildung 12	Saugspannung in 35 cm Tiefe von Mitte November bis Mitte Dezember 2015 bei den Bodenmessstationen Erstfeld sowie Matzendorf und Stüsslingen im Kanton Solothurn	22

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang A	Saugspannungen 2015
Anhang B	Bodentemperaturen 2015
Anhang C	Bodenfechtigkeiten 2015

ZUSAMMENFASSUNG

Seit 2008 wird im Kanton Uri eine Bodenmessstation betrieben. Diese misst die Saugspannung, den Wassergehalt des Bodens, die Bodentemperatur, die Niederschlagsmengen und die Lufttemperatur. Dank diesen Daten kann hergeleitet werden, ob der Einsatz von Baumaschinen bei den aktuellen Bodenverhältnissen zulässig ist.

Der Standort der Bodenmessstation ist repräsentativ für die Böden in der Urner Reussebene. Beim Boden handelt es sich um eine tiefgründige, schwach saure, schwach gleyige, alluviale Braunerde, die sich aus Überschwemmungssedimenten über dem Reussschotter gebildet hat.

Im Vergleich zu 2014 waren die ersten fünf Monate des Jahres 2015 etwas feuchter, die Monate Juni/Juli sowie Oktober/November jedoch deutlich trockener. Insgesamt konnte der Boden an 205 Tagen befahren werden und damit bedeutend häufiger als 2014. An 49 Tagen war es zu nass um Bodenarbeiten auszuführen. Während mindestens 19 Tagen pro Monat konnten über das gesamte Jahr Bodenarbeiten ausgeführt werden. An 28 Tagen war der Boden so trocken, dass er auch mit sehr schweren Maschinen befahren werden konnte.

1 Technische Beschreibung der Bodenmessstation

1.1 Messungen

Der Kanton Uri betreibt seit März 2008 in Erstfeld eine Bodenmessstation. Mit dieser vollautomatischen Station werden die Saugspannung, der Wassergehalt des Bodens, die Bodentemperatur, die Niederschlagsmenge 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 Baumaschineneinsatzes für bodenschonende Erarbeiten.

Das Ziel der Messungen liegt auch in der Sensibilisierung, Schulung und Information des Personals in der Bau- und der Landwirtschaft. Zusammen mit Fz-Kennzahlen dienen die Saugspannungswerte als Entscheidungsgrundlage für einen bodenverträglichen Maschineneinsatz. Mit den Angaben zu Einsatzgewicht und Flächenpressung lässt sich die Einsatzgrenze von Raupenfahrzeugen berechnen oder mit Hilfe des Nomogramms bestimmen (siehe www.boden-uri.ch).

1.3 Beschreibung Messstation

1.3.1 Allgemein

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

1.3.2 Saugspannung und Bodentemperatur Tensiometer T8

Mit den sechs Druckaufnehmern Tensiometer T8 werden die Saugspannungen und die Bodentemperaturen in Tiefen von 20 cm, 35 cm und 60 cm gemessen. In jedem Sensor befindet sich ein integrierter Messverstärker. Dieser liefert ein Ausgangssignal an den Stationsmanager, der sämtliche Daten im 10-Minutentakt speichert. Speziell gefertigte Keramikkerzen garantieren eine homogene Porosität. Gegenüber herkömmlichen Keramiken weist diese eine deutlich höhere Festigkeit und sogar Frostbeständigkeit auf.

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

1.3.3 Wassergehalt / Bodenfeuchtigkeit TRIME-EZ

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

1.3.4 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 jedes einzelnen Niederschlagpartikels, woraus die Niederschlagsmenge abgeleitet wird. Die Ergebnisse werden an den Datenlogger übertragen und im Minutentakt gespeichert.

1.3.5 Lufttemperatur

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

1.3.6 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 ist auch die Steuerung von externen Geräten möglich.

Der Datenlogger verfügt über eine Speicherkapazität von 1 MB. Dies ermöglicht eine Speicherung von ca. 400'000 Messwerten. Auf der RS232 ist zusätzlich ein GPRS-Modem installiert, das stündlich die Messdaten via GPRS an einen FTP-Server versendet.

1.3.7 Stromversorgung

Die Zentraleinheit mit Datenerfassung, Solarspeisung und Datenübermittlung wurde bei der ausgesuchten Fläche auf einem Dreifachmast aus Aluminium installiert. Der Betrieb der Messstation wird durch das Stromnetz gewährleistet, kann aber alternativ durch eine Solaranlage sichergestellt werden. 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 des Amtes 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 in Bezug auf Frostgefahr bis Ende März ausgebaut. Alle übrigen Parameter wurden während der gesamten Winterperiode weiterhin erhoben.

Die Erfahrungen und die Zuverlässigkeit der Anlage sowie deren Komponenten überzeugen bis zum heutigen Zeitpunkt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Tensiometern besteht gemäss Aussage des Herstellers die Möglichkeit, die Sensoren über die gesamten Wintermonate zu betreiben. In den vergangenen Winterperioden konnten die Saugspannungsdaten während der ganzen Zeit ohne Probleme und Unterbruch erhoben werden.

Die Messstation ist nun inklusive Testphase zehn Jahre in Betrieb. Während dieser Zeit wurden Unterhaltsarbeiten und Updates der Firmware durch die Monitron AG ausgeführt. Alle Softwareänderungen konnten kostenlos vom Hersteller bezogen werden und stehen auch künftig unentgeltlich zur Verfügung. Seit der Inbetriebnahme der Messstation fielen ausser den üblichen Unterhaltsarbeiten keine nennenswerten Reparaturarbeiten an.

Der Auftraggeber Amt für Umweltschutz des Kantons Uri ist seit dem Kauf im Jahr 2010 Eigentümer der Anlage. Das unterzeichnende Büro ist mit einem Jahresauftrag für den Betrieb und Unterhalt zuständig. Die Messdaten werden auf einen FTP-Server der Monitron AG übermittelt und über diesen an den Webdienst für die Publikation im Internet weitergeleitet. Die Internetseite www.boden-uri.ch ist Eigentum des Auftraggebers. Deren Bewirtschaftung ist Teil der Leistung im jährlichen Auftrag für Betrieb und Unterhalt der Messstation.

2 Kurzbeschreibung der Bodenverhältnisse

2.1 Standortwahl und Bodenart

Für den Standort der Bodenmessstation wurde eine Fläche gesucht, die repräsentativ für die Böden in der Urner Reussebene ist und mit der man die Befahrbarkeit der Böden in der Urner Reussebene gut abschätzen kann.

Bei den Böden der Urner Reussebene handelt es sich vorwiegend um Schwemmlandböden (66 %) und Böden, die sich auf Bachschuttfächern gebildet haben (33 %). Die Schwemmlandböden der Reussebene lassen sich in folgende Typen unterteilen: Frische Böden (66 %), die normal durchlässig sind, feuchte Böden (33 %), die grundwasserbeeinflusst sind und nasse Böden (sehr geringer Anteil), die direkt durch das Grundwasser geprägt sind.


Schwemmlandböden sind aus feinkörnigen Überschwemmungssedimenten, die über dem Reusschotter abgelagert wurden, entstanden. Sie weisen keinen Skelettgehalt auf (kein Kies, keine Steine) und die Feinerde besteht vorwiegend aus Sand und Schluff. Der Tongehalt liegt zwischen 5 und 20 %. Mit einer pflanzennutzbaren Gründigkeit von 30 bis rund 70 cm können die Böden als "ziemlich flachgründig" bis "tiefgründig" eingestuft werden. Schwemmlandböden sind je feuchter desto verdichtungsempfindlicher.

Bei Böden, die sich auf Bachschuttfächern befinden oder bei denen der Reusschotter bis dicht an die Oberfläche reicht, handelt es sich um skelettreichere Böden. Sie weisen in der Feinerde einen geringeren Schluffgehalt auf und sind weniger verdichtungsempfindlich als Schwemmlandböden.

Der Boden bei der Messstation Pfaffenmatt ist ein typischer Vertreter der frischen Schwemmlandböden. In den nachfolgenden Kapiteln 2.2 bis 2.4 wird der Boden im Detail dargestellt und beschrieben.

2.2 Bodenprofil

Gemeinde/Ort/Profil	Erstfeld Pfaffenmatt	Profil Messstation
Koordinaten/Höhe	691 681 / 188 072 / 460	
Bodentyp	B Braunerde	
Untertyp	E2 schwach sauer G2 schwach gleyig ZL labil aggregiert PA alluvial	
Wasserhaushaltsgruppe/	b senkrecht durchwaschen normal durchlässig tiefgründig	
pflanzennutzbare Gründigkeit	2 tiefgründig (75 cm)	
Skelett	Oberboden	0 skelettfrei
	Unterboden	0 skelettfrei
Körnung	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 cm	Profilskizze	Gefüge- form	organ. Subst. %	Ton %	Schluff %	Sand %	Skelett Kies Vol.-%	Steine Vol.-%	Kalk (CaCO ₃)	pH (CaCl ₂)	
Ah 15 10		Kr2	4.7	12.7	51.8	35.5	-	-	0	6.1	
AB 28 20		Sp3	2.1	10.0	54.9	35.1	-	-	0	5.9	
Bw 53 40		Po4	-	7.0	50.1	42.9	-	-	0	5.6	
CB(g) 67 60		Po2-Ek	-	3.4	29.3	67.3	-	-	0	5.7	
(C)Bg 82 70		Po4	-	4.8	39.7	55.6	-	-	0	5.7	
BCg 105 90		Po2-Ek	-	3.2	19.4	77.3	-	-	0	6.1	
(B)Cg(g) 118 120		Po2-Ek	-	3.7	25.8	70.5	-	-	0	6.6	
Cg(g) 150 140		Ek	-	0	0	100	34	8	5	7½	

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>, 23.12.2015;
Hans Pfister, Pfister Terra GmbH, Alexander Imhof, AfU Uri, 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 feinkörnigen 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 sich die Bodenmessstation befindet, ist mit Italienischem Raygras bepflanzt und wird futterbaulich als Mähwiese genutzt. Der Boden wird in die landwirtschaftliche Nutzungseignungsklasse 5 eingestuft (Futterbau bevorzugt, Ackerbau stark eingeschränkt).

2.4 Bodeneigenschaften

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

3 Kurzbeurteilung der Messdaten 2008 bis 2015

Da Böden sehr heterogene Kleinstrukturen aufweisen, können die Auswertungen in diesem Bericht nicht für alle Böden angewendet werden. Die nachfolgenden Resultate gelten als repräsentativ für frische Schwemmlandböden (Beschreibung siehe Kapitel 2.1) und geben generelle Anhaltspunkte für andere Bodentypen.

Die Auswertung der Daten erfolgt seit Messbeginn 2008 bis Ende 2015.

3.1 Messung 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 beschreiben. Bei trockenen Verhältnissen sind die Werte hoch und die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens gering. Bei nassen Verhältnissen sind die Werte niedriger und die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens steigt an.

Die Saugspannung wird in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe gemessen. Ausschlaggebend für die Beurteilung, ob Boden befahr- und verschiebbar ist, ist standardmässig die Saugspannung in 35 cm Tiefe. Liegt diese unterhalb 6 cbar, sollte der Boden weder verschoben noch befahren werden. Zwischen 6 und 10 cbar kann der Boden bedingt verschoben werden, sollte aber nicht befahren werden. Bei Saugspannungswerten ab 10 cbar kann der Boden verschoben und mit entsprechend geeigneten Geräten befahren werden.

In diesem Kapitel werden die Charakteristika des Bodens beschrieben und wie Niederschlagsereignisse sich in den verschiedenen Bodentiefen auf die Saugspannung auswirken. Die Charakteristika werden teilweise mit Beispielen aus den Datenreihen illustriert.

3.2 Messdaten Betriebsjahr 2008

Anfang April 2008 wurden die Messungen bei der Station in Erstfeld aufgenommen. Im Mai stieg die Saugspannung in allen drei Tiefen auf hohe Werte an, wobei sie Anfang Juli in 20 cm Tiefe 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. In 35 cm Tiefe lag der Saugspannungswert jedoch mehrheitlich über 10 cbar. Anschliessend wurden bis Ende 2008 in allen drei Tiefen überwiegend Werte unter 10 cbar verzeichnet.

3.3 Messdaten Betriebsjahr 2009

Anfang 2009 wurden die Messungen wegen Frostgefahr eingestellt. Im April und Mai 2009 wurden erneut sehr hohe Werte von bis zu 52 cbar in 20 cm Tiefe gemessen. Ab Mitte Juni bis Ende Oktober schwankte die Saugspannung, beeinflusst durch die Regenfälle, wieder sehr stark zwischen 0 und 25 cbar. Mehrheitlich lagen jedoch die Werte in allen drei Tiefen über 10 cbar. Anfang November 2009 bis Ende Jahr erreichte die Saugspannung in allen drei Tiefen selten Werte über 10 cbar.

3.4 Messdaten Betriebsjahr 2010

Anfang 2010 stieg die Saugspannung in 35 cm Tiefe bis Mitte April nie höher als auf 15 cbar an. Mit den höheren Temperaturen stiegen die Saugspannungswerte ebenfalls und schwankten in den regenreichen Monaten Mai und Juni zwischen 0 und 15 cbar. Gegen Ende Juni/Anfang Juli regnete es sehr wenig und die Saugspannung stieg auf ein Maximum von über 33 cbar an. Ab der zweiten Julihälfte bis Ende September schwankte sie zwischen 0 und 15 cbar, blieb jedoch grösstenteils unter 10 cbar. Während zwei längeren Schönwetterperioden im Oktober und Anfang November lag die Saugspan-

nung konstant über 10 cbar. Ab Ende November bis Ende 2010 blieb sie schliesslich aufgrund der weniger häufigen Niederschläge relativ konstant um einen Wert von 10 cbar.

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

Die Saugspannung in 60 cm Tiefe verhält sich erwartungsgemäss viel ausgeglichener als in den höheren Bodenschichten. Im Gesamtjahresverlauf 2010 betrachtet lag sie immer etwa bei 10 cbar und erreichte nur zweimal 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 10 cbar. Unter diesen Umständen sind folglich unter Einsatz der entsprechenden Maschinen und Vorsichtsmassnahmen auch im Winter Bodenarbeiten möglich.

3.5 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 6 und 12 cbar. Danach stieg die Saugspannung bedingt durch die trockene Witterung teilweise wieder auf Werte über 20 cbar. Meist befand sie sich 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 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 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 bei 10 cbar. 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 und es konnten in allen Monaten Bodenarbeiten ausgeführt werden.

3.6 Messdaten Betriebsjahr 2012

Die Saugspannung in 35 cm Tiefe lag im Januar aufgrund der Regenfälle oft unter 10 cbar. Im Februar und März erreichte sie bereits Werte bis 20 cbar. Mitte April fielen wieder mehr Niederschläge und meist zeigte die Saugspannung Werte zwischen 5 und 10 cbar. Im Mai wurden Höchstwerte von ca. 25 cbar erreicht. In den Sommermonaten schwankte die Saugspannung aufgrund der regelmässigen Niederschläge und der hohen Verdunstungsrate des Bodenwassers zwischen wenigen und ca. 20 cbar. Im Herbst 2012 erreichte die Saugspannung zeitweise immer noch Werte zwischen 10 und 15 cbar. Im Dezember regnete es oft und die Werte stiegen nie höher als etwa 9 cbar.

Analog wie in den letzten beiden Jahren schwankte die Saugspannung in 20 cm Tiefe viel extremer als in 35 und 60 cm Tiefe und die Kurve der Saugspannung in 60 cm Tiefe reagierte weniger schnell auf Niederschlagsereignisse.

Die Saugspannung in 35 cm Tiefe erreichte in allen Monaten ausser im Dezember Werte über 10 cbar.

3.7 Messdaten Betriebsjahr 2013

Die Saugspannung in 35 cm Tiefe lag im Januar und Februar meist unter 10 cbar. Da es im März nur wenig regnete, pendelte die Saugspannung zwischen 10 und 15 cbar. Anfang April erreichte die Saugspannung immer noch Werte über 10 cbar, danach sank sie bis Ende Mai bedingt durch die häufigeren Regenfälle und blieb meist unter 10 cbar. Im Juni und Juli befand sich die Saugspannung meist über 10 cbar und erreichte teilweise sogar Werte über 20 cbar. Ab Mitte August regnete es wieder häufiger und der Boden blieb länger nass. Die Saugspannung schwankte meist zwischen 5 und 15 cbar, erreichte aber Anfang September während einiger Tage erneut Werte bis über 15 cbar. Ende Oktober war nochmals eine Schönwetterphase mit Saugspannungswerten zwischen 10 und 15 cbar. Im November war der Boden immer feucht und im Dezember pendelte sich die Saugspannung bei Werten um 10 cbar ein.

3.8 Messdaten Betriebsjahr 2014

Im Januar und Februar 2014 erreichte die Saugspannung in 35 cm Tiefe meist Werte zwischen 6 bis knapp über 10 cbar. Nach einigen Niederschlägen Anfang März stieg sie konstant bis über 17 cbar, bevor sie aufgrund starker Regenfälle Mitte März unter 6 cbar sank. Bis Ende April wurden nur geringe Niederschläge registriert und die Werte lagen während 24 Tagen über 15 cbar resp. an 15 Tagen über 20 cbar (Jahresmaxima). Abhängig von den regelmässigen Niederschlagsereignissen im Mai lag die Saugspannung meist zwischen 6 und 15 cbar. Nach einem längeren trockenen Abschnitt wurde Mitte Juni das Jahresmaximum von 26.9 cbar erreicht. In der zweiten Jahreshälfte wurden keine Saugspannungen über 20 cbar gemessen. Im Juli und November lagen während sieben resp. zehn Tagen die Werte unter 6 cbar (Jahresmaxima), ansonsten pendelte die Saugspannung grösstenteils zwischen 6 und 15 cbar. Vereinzelt wurden im Juli, September und Oktober Werte über 15 cbar registriert.

3.9 Messdaten Betriebsjahr 2015

Die Saugspannung in 35 cm Tiefe lag im Januar 2015 an knapp der Hälfte der Tage unter 6 cbar. Der Februar war deutlich trockener, jedoch wurde wie im Januar nur an einem Tag eine Saugspannung von mindestens 10 cbar erreicht. Nach einigen Niederschlägen Anfang März lagen die Werte bis Ende des Monats konstant über 6 cbar mit einem Maximum von 15.3 cbar. Januar und Mai waren über den Jahresverlauf die feuchtesten Monate. An 12 bzw. acht Tagen lagen die Saugspannungswerte unter 6 cbar. Abhängig von den Niederschlagsereignissen lag die Saugspannung zwischen April und Juni meist zwischen 6 und 15 cbar. Nach einer längeren Trockenperiode wurde Mitte Juli das Jahresmaximum von 44.3 cbar erreicht, welches das letztjährige Maximum von 26.9 cbar deutlich übersteigt. Während der übrigen fünf Monate wurden nur noch im September an einem Tag Werte über 20 cbar registriert. Zwischen August und Dezember pendelte die Saugspannung grösstenteils zwischen 6 und 15 cbar. Vereinzelt wurden im August, September als auch im November Werte über 15 cbar registriert.

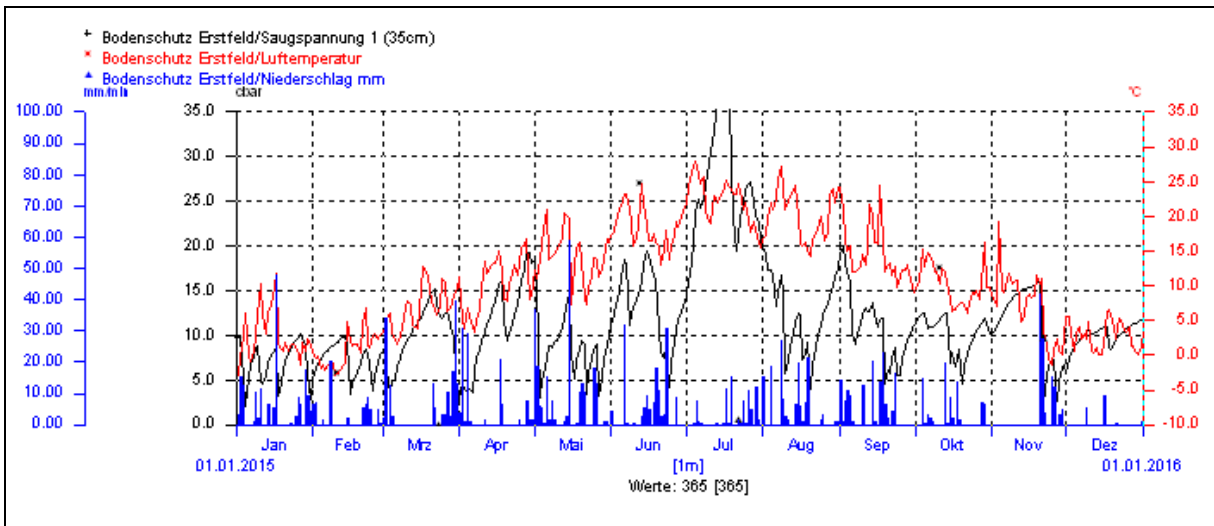


Abbildung 1 Jahresverlauf 2015 der Saugspannung in 35 cm Tiefe (im Zusammenhang mit Lufttemperatur und Niederschlagsmenge)

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

Aus den Daten 2010 und 2011 konnten allgemeine Beobachtungen beim Verhalten der Saugspannung gemacht werden. Sie wurden in beiden Jahren ausführlich mit Messdaten und Graphiken dokumentiert. Diese Beobachtungen gelten auch für die Messwerte 2015.

- Die Reaktion der Saugspannung auf ein Niederschlagsereignis ist markanter, je weniger tief der Sensor unter der Bodenoberfläche liegt.
- Die Verzögerung der Reaktion der Saugspannung auf ein Niederschlagsereignis ist grösser in den tieferen Bodenschichten.
- Die Erholung der Saugspannung zu steigenden Werten nach Abschluss eines Niederschlagsereignisses zeigt sich markanter in den höher gelegenen Bodenschichten.
- Je stärker das Niederschlagsereignis ist, desto schneller und markanter ist die Reaktion der Saugspannung im Boden.
- Bei einem weniger intensiven, aber lang anhaltenden Niederschlagsereignis verzögert sich die Reaktion der Saugspannung.

3.11 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 mit der Kurve der Saugspannung verglichen. Grundsätzlich lagen die Werte der Bodenfeuchtigkeit in 60 cm unter jenen 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 3.2). 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 ist ersichtlich, dass der Sandanteil des Bodens in 60 cm grösser ist 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 20. Novembers 2015 setzen lang anhaltenden Niederschläge ein, die sich in der Nacht verstärken und bis zum nächsten Morgen dauern (Abbildung 2). Kurz davor liegt die Saugspan-

nung in 35 cm Tiefe bei 16 cbar, in 60 cm Tiefe zwischen 12-13 cbar. Der Wassergehalt in 35 cm Tiefe erreicht einen Wert von 38%, derjenige in 60 cm Tiefe 30%. Die Saugspannung sowie die Bodenfeuchtigkeit in 35 cm Tiefe reagieren mit einer Verzögerung von ca. vier Stunden auf das Regenereignis. Die Saugspannung sinkt, während die Bodenfeuchtigkeit gleichzeitig steigt. Ebenfalls gleichzeitig und einen halben Tag später reagieren die Saugspannung sowie die Bodenfeuchtigkeit in 60 cm Tiefe. Während des trockenen Abschnitts um die Mittagszeit am 21. November liegen die Saugspannungen in 35 cm und 60 cm Tiefe bei knapp 2.5 cbar, die Bodenfeuchtigkeit in 35 cm Tiefe bei 45% resp. in 60 cm Tiefe bei 37%.

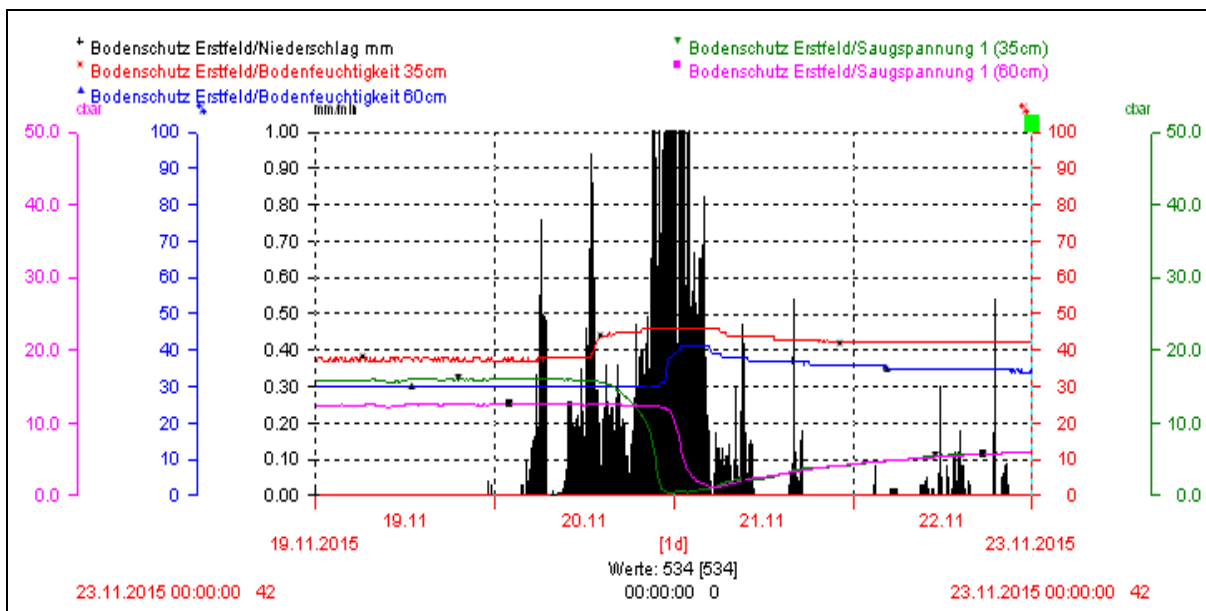


Abbildung 2 Gleichzeitige Reaktionen der Bodenfeuchtigkeiten und Saugspannungen auf ein Regenereignis

3.12 Bodenarbeiten in Abhängigkeit der Saugspannung (2008 - 2015)

Für Bodenarbeiten auf der Baustelle sind die Saugspannungswerte ausschlaggebend. Generell gilt, dass bei einer Saugspannung unter 6 cbar keine Bodenarbeiten zulässig sind und unter 10 cbar der Boden nicht befahren werden darf.

Durch das Befahren und Bearbeiten mit zu schweren Geräten bei zu geringer Saugspannung können nachhaltige Verdichtungen durch die Zerstörung des Bodengefüges entstehen. Die Empfindlichkeit des Bodens ist abhängig von seiner Zusammensetzung. Tonböden sind beispielsweise viel empfindlicher als Sandböden. Zusätzlich hängt die Bodenempfindlichkeit vom momentanen Bodenzustand (der Saugspannung) ab.

Die Saugspannungen aus den Jahren 2008 bis 2015 wurden in fünf verschiedene Beurteilungsklassen (nass, feucht, frisch, trocken, sehr trocken) eingeteilt, um die Tage für zulässige Bodenarbeiten zu evaluieren und über die gemessenen Jahre zu vergleichen. Die Aussagen beziehen sich auf den Standort Pfaffenmatt in Erstfeld, können aber auch für andere Standorte im Kanton Uri mit ähnlichen Klima- und Bodeneigenschaften verwendet werden. Die Beurteilungsklassen und ihre Konsequenzen auf den Baustellen bzw. in der Landwirtschaft sind in untenstehender Tabelle aufgelistet.

Messwert	Beurteilung	Bau: Bodenverschiebungen	Landwirtschaft
< 6 cbar	nass	keine Bodenverschiebung	Boden wenn möglich nicht befahren
6 - 10 cbar	feucht	Bodenverschiebung nur bedingt möglich, kein Befahren des Bodens	Befahren des Bodens nur mit geringen Lasten; wenn möglich Doppelradausrüstung oder Terrabereifung
10 - 15 cbar	frisch	Bodenverschiebung möglich; Befahren mit Raupenfahrzeugen gemäss speziellen Vorgaben → siehe Rückseite oder im Merkblatt "Umgang mit Boden" unter: www.umwelt-zentralschweiz.ch	Befahren ohne erhöhte Verdichtungsgefahr möglich
15 - 60 cbar	trocken		
> 60 cbar	sehr trocken		

Abbildung 3 Empfehlungen für die Baubranche und Landwirtschaft (Hans Pfister, Pfister Terra GmbH, Alexander Imhof, AfU Uri im Januar 2009)

Für die Beurteilung des Bodenverdichtungsrisikos beim Einsatz von landwirtschaftlichen Fahrzeugen kann im Weiteren das Simulationsmodell Terranimo (www.bodenverdichtung.ch) beigezogen werden.

In untenstehender Abbildung ist die Verteilung der Saugspannung nach Beurteilungsklassen in den Jahren 2010 bis 2015 illustriert. Die Daten von 2008 und 2009 werden aufgrund unvollständiger Datensätze in den Grafiken nicht berücksichtigt. Nachfolgend werden die einzelnen Jahre beschrieben. In den Abbildungen 3.4 bis 3.8 sind die Anzahl Tage mit Saugspannungswerten der verschiedenen Beurteilungsklassen über den ganzen Jahresverlauf dargestellt (2010 – 2015).

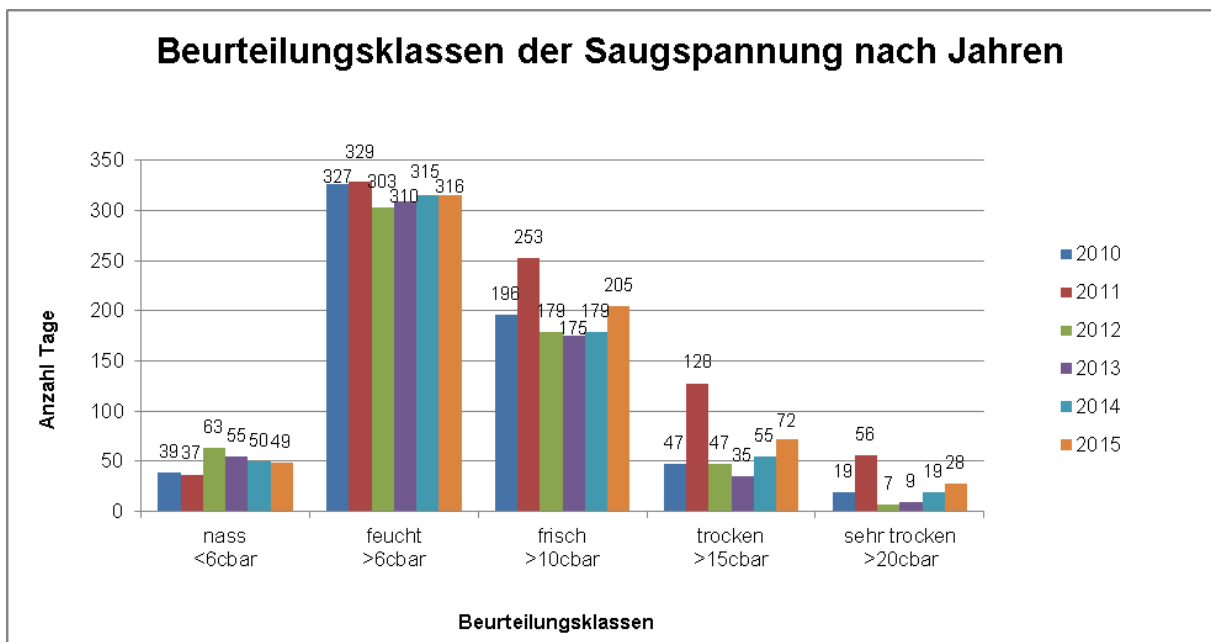


Abbildung 4 Saugspannungen 2010-2015 nach Beurteilungsklassen gegliedert

3.12.1 Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2008

Am 10. April 2008 wurde die Messstation in Betrieb genommen. Für das Jahr 2008 liegen demnach Daten von 266 Tagen vor. An 238 Tagen konnten Bodenarbeiten ausgeführt werden, davon war der Boden an 153 Tagen befahrbar. Mitte Mai bis Mitte Juni sowie Ende Juni bis Anfang Juli war der Boden äusserst trocken und erreichte an insgesamt 45 Tagen Saugspannungswerte über 20 cbar.

3.12.2 Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2009

Anfang Januar bis Mitte März wurden die Messungen aufgrund Frostgefahr eingestellt. Für das Jahr 2009 liegen Daten von 289 Tagen vor. Insgesamt war es während dieser Zeit an 34 Tagen zu nass, um Bodenarbeiten auszuführen. An 51 Tagen (vorwiegend April bis Mai) war der Boden hingegen so trocken, dass er auch mit sehr schweren Maschinen befahrbar war (Saugspannung > 20 cbar).

3.12.3 Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2010

Insgesamt konnten 2010 an 327 Tagen Bodenarbeiten durchgeführt werden. An 196 Tagen konnte der Boden mit entsprechenden Maschinen befahren werden. Während 19 Tagen war der Boden so trocken, dass er auch mit sehr schweren Maschinen befahren werden konnte, ohne nachhaltige Schäden zu verursachen.

3.12.4 Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2011

2011 war ein sehr warmes Jahr mit wenigen Niederschlägen und extrem viel Sonne. An 329 Tagen konnten Bodenarbeiten ausgeführt werden, davon war der Boden an 253 Tagen befahrbar. Die Saugspannung zeigte im Vergleich zu den anderen Jahren sehr hohe Werte und erreichte an 128 Tagen über 15 cbar. Im Vergleich war dies in den Jahren 2010 und 2012 jeweils nur an 47 Tagen möglich. Der Boden war ausser im Dezember in allen Monaten während mindestens der Hälfte der Tage befahrbar.

3.12.5 Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2012

2012 war ein vergleichsweise niederschlagreiches Jahr. Die Anzahl Tage, an denen Bodenarbeiten ausgeführt werden konnten, verkürzte sich in Bezug auf 2011 um rund einen Monat und für die Befahrbarkeit des Bodens um zweieinhalb Monate. Insgesamt war es an 63 Tagen zu nass, um Bodenarbeiten auszuführen.

3.12.6 Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2013

2013 war in Bezug auf Jahresmitteltemperatur und Regenmenge ein sehr durchschnittliches Jahr. Charakteristisch waren die bis Ende Mai anhaltenden winterlichen Verhältnisse. Der Boden war an 175 Tagen mit entsprechenden Maschinen befahrbar. An insgesamt 55 Tagen war der Boden zu nass, um Bodenarbeiten auszuführen. Im Dezember war der Boden verglichen mit anderen Jahren oft befahrbar.

3.12.7 Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2014

2014 war ein vergleichsweise trockenes Jahr. Insgesamt konnte der Boden an 179 Tagen befahren werden, an 50 Tagen war es zu nass, um Bodenarbeiten auszuführen. Die Monate Juli und August waren vergleichsweise niederschlagsreich, trotzdem konnte an nur wenigen Tagen der Boden nicht bearbeitet werden. Während wenigstens 20 Tagen pro Monat konnten über das gesamte Jahr Bodenarbeiten ausgeführt werden. An 19 Tagen war der Boden so trocken, dass er auch mit sehr schweren Maschinen befahrbar war.

3.12.8 Bodenbefahr- und Bearbeitbarkeit 2015

Im Vergleich zu 2014 war die erste Jahreshälfte 2015 etwas feuchter, der Monat Juli hingegen deutlich trockener. An 27 Tagen dieses Monats erreichte die Saugspannung Werte über 20 cbar. Insgesamt konnte der Boden an 205 Tagen befahren werden, an 49 Tagen war es zu nass, um Bodenarbeiten auszuführen. Im Januar war es am feuchtesten, dennoch konnten an wenigstens 19 Tagen pro Monat über das gesamte Jahr Bodenarbeiten ausgeführt werden.

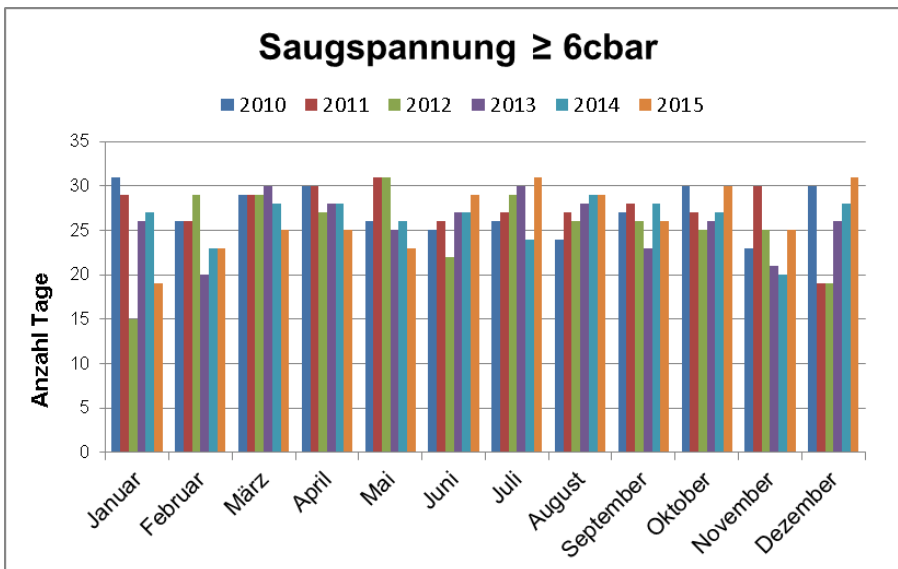


Abbildung 5 Anzahl Tage mit Saugspannung \geq 6 cbar

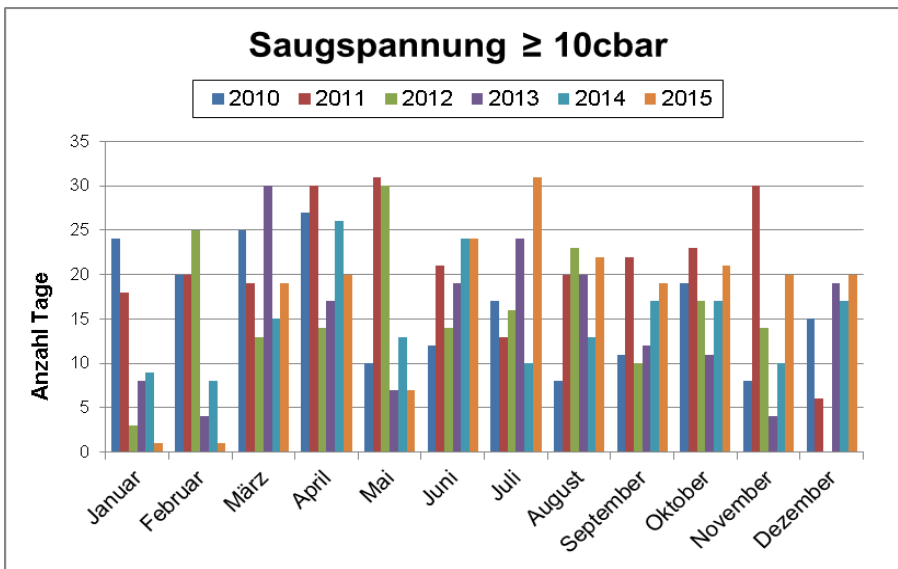


Abbildung 6 Anzahl Tage mit Saugspannung \geq 10 cbar

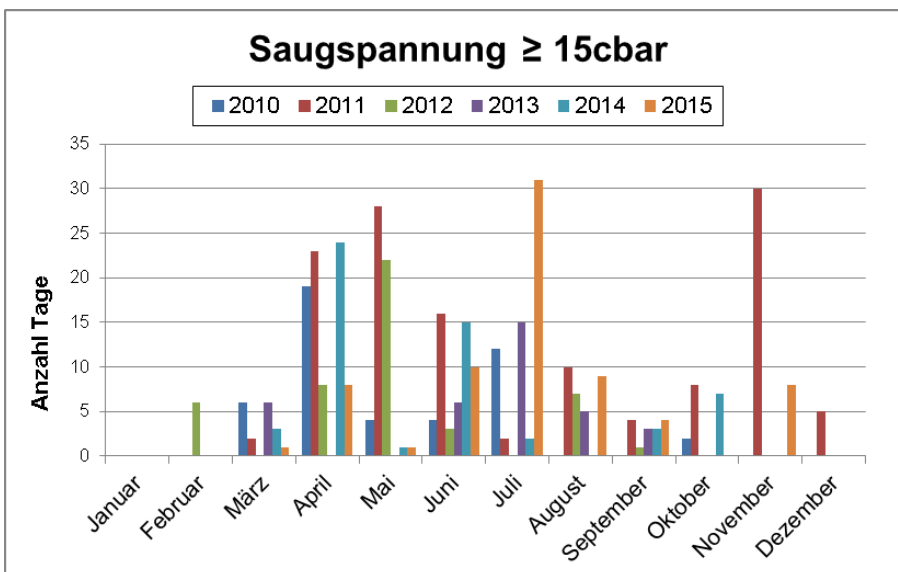


Abbildung 7 Anzahl Tage mit Saugspannung \geq 15 cbar

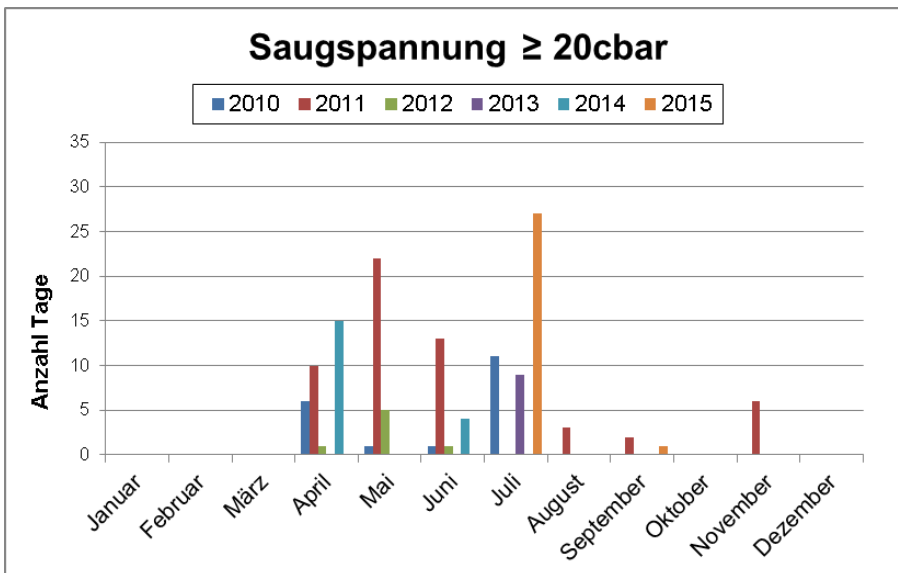


Abbildung 8 Anzahl Tage mit Saugspannung ≥ 20 cbar

3.12.9 Allgemeines

Um mit schweren Fahrzeugen den Boden ohne Beschädigung zu befahren, muss die Saugspannung sehr gross sein (je nach Maschine > 20 cbar). Durchschnittlich beträgt diese Dauer weniger als ein Monat pro Jahr und ist sehr schwer voraussehbar. Ebenfalls schwer abschätzbar sind die Anzahl Tage während der Wintermonate, an denen der Boden bearbeitet oder befahren werden kann. Die Wintermonate sind einerseits kälter und feuchter, andererseits zieht die Vegetation während dieser Zeit kein Wasser. Die Böden trocknen daher weniger rasch ab. Im Dezember 2011 und im Januar 2012 konnte der Boden nur an sehr wenigen Tagen befahren werden, im Januar und Februar 2015 nur gerade an je einem Tag. Im Dezember 2012 erreichte die Saugspannung nie Werte über 10 cbar. Sowohl im Dezember 2013 als auch im Dezember 2014 war jeweils an mehr als 15 Tagen der Boden aufgrund der Saugspannungswerte befahrbar. Im Jahr 2013 erreichte die Saugspannung nur an neun Tagen im Juli Werte über 20 cbar. 2014 konnte an deutlich mehr Tagen - insgesamt 19 im April und Juni – der Boden mit schweren Maschinen befahren werden, im Juli 2015 fast während des gesamten Monats. Für eine Maschine mit einem Gewicht über 32 Tonnen und mit einer Flächenpressung von 0.5 bar muss der Boden eine Saugspannung von mindestens 20 cbar aufweisen, um keine Schäden davonzutragen.

Die Resultate der letzten sechs Jahre zeigen, dass im Kanton Uri grundsätzlich in jedem Monat Bodenarbeiten ausgeführt werden konnten (Saugspannung ≥ 6 cbar). Das Minimum wurde im Januar 2012 mit 15 Tagen erreicht. Das heisst, dass in den vergangenen sechs Jahren in jedem Monat an mindestens der Hälfte der Tage Erdarbeiten zulässig waren. Durchschnittlich konnte in den Winterhalbjahren (Oktober bis März) verglichen zu den Sommerhalbjahren (April-September) der Boden knapp 1.5 Tage weniger bearbeitet und drei Tage weniger befahren werden.

3.13 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, ist zu beobachten, 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. Im Februar 2015 erreichten die Bodentemperaturen in 35 cm Tiefe während neun Tagen Werte von knapp unter 0°C (Minimum -0.3°C). Ansonsten lagen die Bodentemperaturen in allen drei Tiefen stets über 0°C .

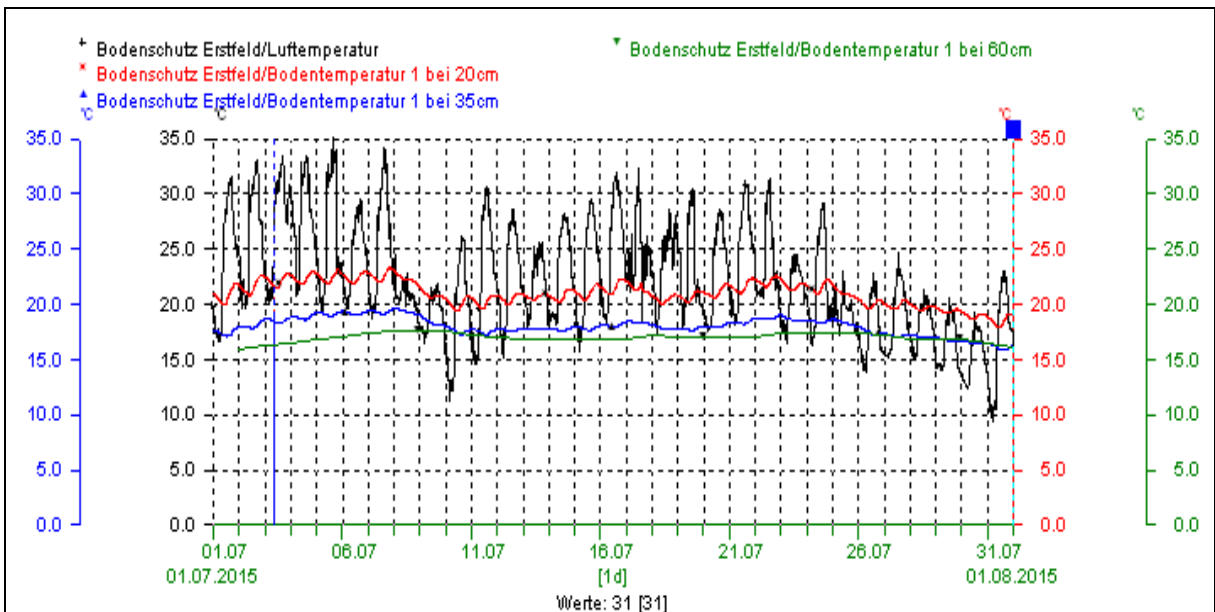


Abbildung 9 Luft- und Bodentemperaturen (in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe) im Juli 2015
 In den höheren Bodenschichten lässt sich der Tagesverlauf der Lufttemperaturen nachvollziehen, in 60 cm Tiefe werden die tageszeitlichen Schwankungen hingegen nicht mehr registriert. Die Abkühlung der Tagestemperaturen zwischen dem 8. und 10. Juli und der anschließende geringfügige Anstieg bis zum 18. Juli lassen sich ebenfalls in den Bodentemperaturen beobachten.

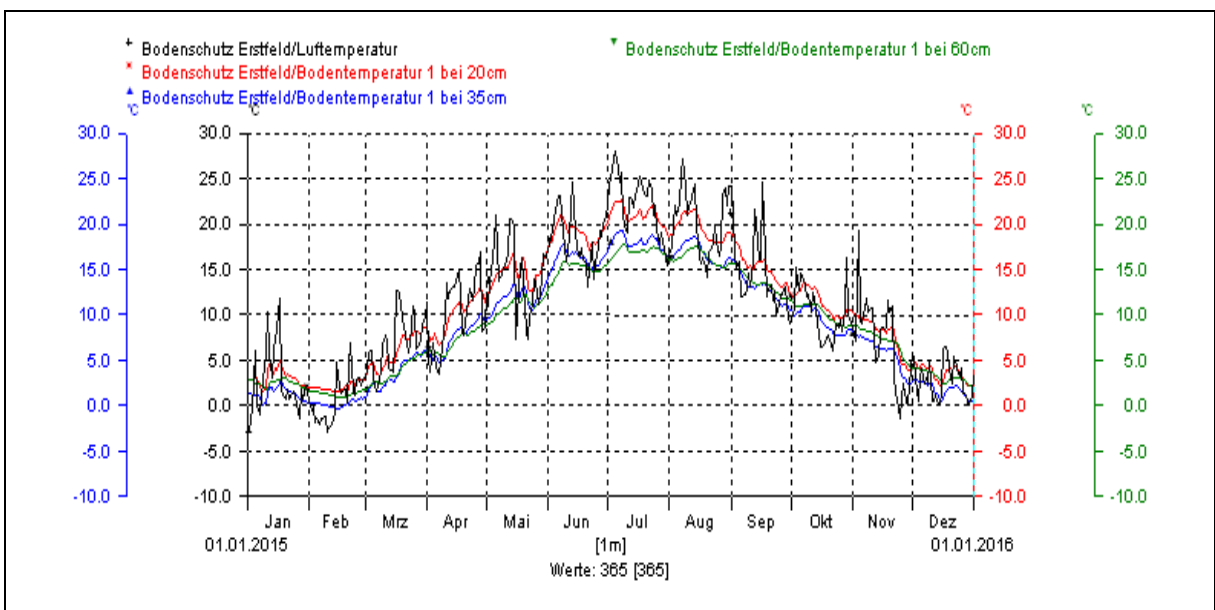


Abbildung 10 Tagestemperaturen 2015 im Jahresverlauf (Lufttemperaturen und Bodentemperaturen in 20 cm, 35 cm und 60 cm Tiefe)
 Die Schwankungen der Temperaturen in 60 cm Tiefe sind geringer als in den höheren Bodenschichten. Im Sommerhalbjahr liegen sie unter den Temperaturen in 20 und 35 cm Tiefe, im Winterhalbjahr über den Werten in 35 cm Tiefe. Ausserdem lässt sich eine geringe zeitliche Verzögerung in den tieferen Bodenschichten beobachten.

4 Erdarbeiten während der Wintermonate - Vergleich mit zwei Bodenmessstationen im Kanton Solothurn

Im Kanton Uri herrschen hinsichtlich der Befahrbarkeit von Böden und Durchführbarkeit von Bodenarbeiten im Gegensatz zu anderen Kantonen insbesondere während der Wintermonate sehr günstige Voraussetzungen. Der Tonanteil der vorherrschenden Schwemmlandböden ist sehr gering (<15 %), dadurch entwässert sich der Boden einfacher und ist unempfindlicher gegen Verdichtung als ein Tonboden. Ebenfalls ein wichtiger Faktor für die günstigen Bodenbedingungen ist der Föhn, der die Böden nach Niederschlägen schneller abtrocknet.

Nachfolgend werden die Daten von Erstfeld während der Wintermonate (Januar – Februar 2015, November – Dezember 2015) mit zwei Bodenmessstationen im Kanton Solothurn verglichen. Die Station bei Matzendorf (Koordinaten 614150/240370) liegt auf 597 m ü. M., die Station bei Stüsslingen (Koordinaten 640045/248561) auf 451 m ü. M. Beim Boden der Station Matzendorf handelt es sich um eine Braunerde (gleyig), bei Stüsslingen um einen Regosol (pseudogleyig). Damit sind die Standorte hinsichtlich Bodentyp vergleichbar mit Erstfeld.

Die Lufttemperatur im Monatsmittel und Minimum liegt bei der Station Erstfeld im Vergleich zu Matzendorf zwischen Januar und Februar als auch zwischen November und Dezember leicht höher. Verglichen zu Stüsslingen wurden in Erstfeld ebenfalls überwiegend höhere Temperaturen registriert, wobei es starke Schwankungen gibt. Ebenfalls fielen im Kanton Uri ausser im Dezember mehr Niederschläge (Monatssumme) als bei den beiden Stationen im Kanton Solothurn.

In untenstehender Abbildung ist die Verteilung der Saugspannung nach Beurteilungsklassen bei den drei Standorten ersichtlich. Im Vergleich zu Erstfeld lagen die Anzahl Tage, an denen keine Bodenarbeiten zulässig sind (<6 cbar) während der Wintermonate in Matzendorf und Stüsslingen ca. fünf Mal höher. Ebenfalls lagen die Saugspannungswerte im Kanton Uri an doppelt so vielen Tagen über 10 cbar. Hingegen war im Kanton Solothurn der Boden im November äusserst trocken, bei beiden Stationen wurden Saugspannungswerte über 70 cbar registriert. Das Maximum in Erstfeld lag im selben Zeitraum bei 15.9 cbar. Auch das Jahresmaximum von 44.3 cbar im Juli bleibt deutlich unter diesen Werten.

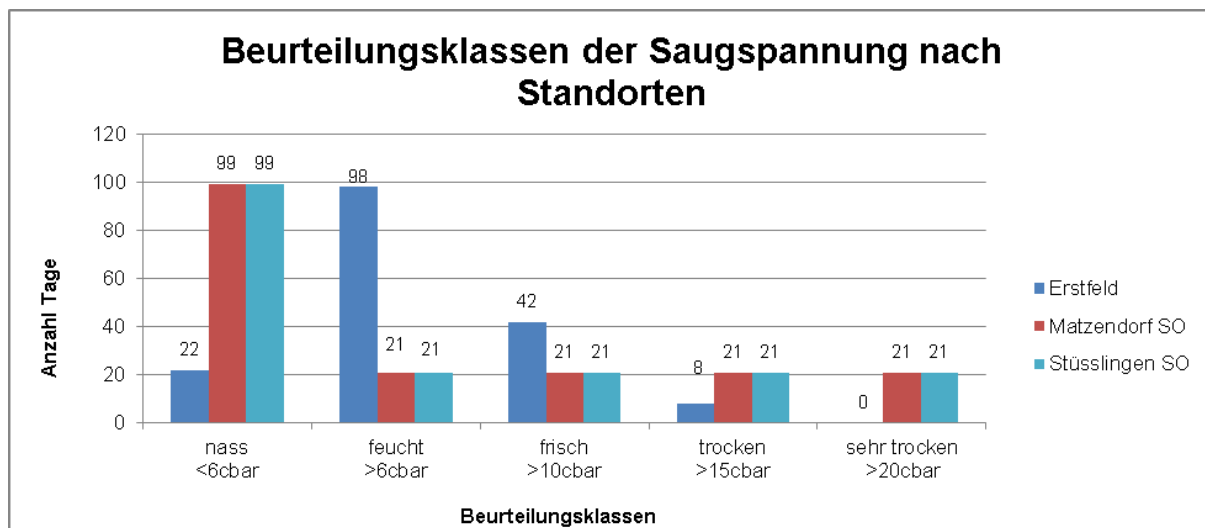


Abbildung 11 Saugspannungen in 35 cm Tiefe im Jahr 2015 während der Wintermonate (Januar, Februar, November, Dezember, total 120 Tage) bei den Stationen Erstfeld, Matzendorf und Stüsslingen nach Beurteilungsklassen gegliedert

Das Abtrocknungsverhalten der betrachteten Böden wird anhand eines starken Niederschlagsereignisses im November 2015 nachfolgend genauer veranschaulicht.

Am 21. November 2015 wurden sowohl bei der Station Matzendorf als auch bei der Station Stüsslingen Niederschläge von über 50 mm (Tagessumme) gemessen. Im Kanton Uri setzten die starken Niederschläge bereits am 20. November ein. Bis am 21. November wurden knapp 70 mm registriert.

In untenstehender Abbildung ist der Verlauf der Saugspannungswerte in 35 cm Tiefe ersichtlich. Aufgrund des Regenereignisses fallen die Werte bei der Messstation in Erstfeld am 21. November auf 2.5 cbar, bei den beiden Stationen im Kanton Solothurn am 22. November auf 1.2 cbar (Matzendorf) bzw. 1.5 cbar (Stüsslingen). Die anschliessende Abtrocknung des Bodens wird im Kanton Solothurn regelmässig durch kleinere Niederschläge unterbrochen. Die Saugspannung erreicht einen Maximalwert von 3.0 (Matzendorf) resp. 3.8 (Stüsslingen) bis Ende Jahr, Bodenarbeiten sind folglich keine mehr möglich. Trotz insgesamt höheren Niederschlagsmengen in Erstfeld von Mitte November bis Mitte Dezember 2015 und einer ähnlichen Ausgangslage am 21./22. November 2015 trocknet der Boden in Erstfeld wesentlich schneller ab. Im Gegensatz zu den beiden Standorten im Kanton Solothurn werden jeweils nach zwei Tagen bereits wieder Saugspannungswerte von über 6 cbar erreicht, so dass Bodenarbeiten zulässig sind. Auch die durchschnittliche Lufttemperatur sowie die Bodentemperatur liegen in dem Zeitabschnitt tiefer als in Matzendorf und Stüsslingen. Bis Ende Jahr steigt die Saugspannung in Erstfeld bis auf 10.9 cbar.

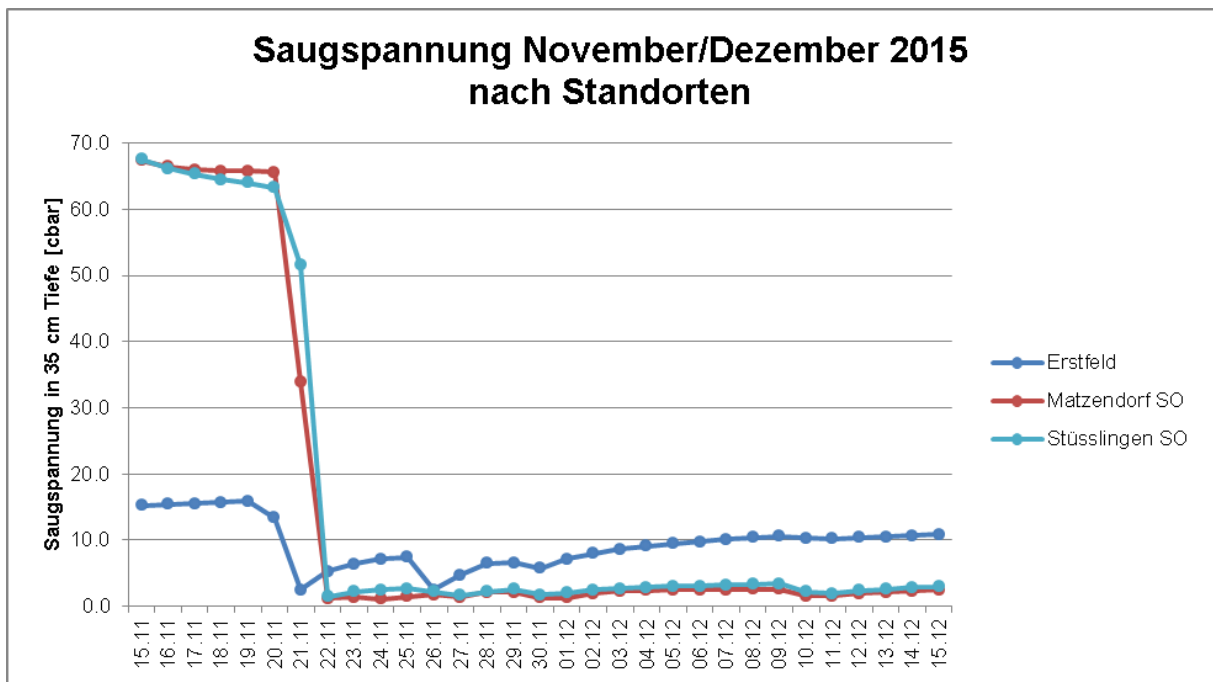


Abbildung 12 Saugspannung in 35 cm Tiefe von Mitte November bis Mitte Dezember 2015 bei den Bodenmessstationen Erstfeld sowie Matzendorf und Stüsslingen im Kanton Solothurn

Fazit

- **Der Boden bei der Station Erstfeld trocknet im Vergleich zu Matzendorf und Stüsslingen im Kanton Solothurn rascher ab, insbesondere auch während der Wintermonate.**
- **Bodenarbeiten können nach Niederschlagsereignissen im Kanton Uri schneller wieder aufgenommen werden.**
- **Bodenarbeiten sind im Kanton Uri entsprechend häufiger zulässig und insbesondere auch während der Wintermonate sehr oft möglich.**

Anhang A Saugspannungen 2015

Saugspannungen 20cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

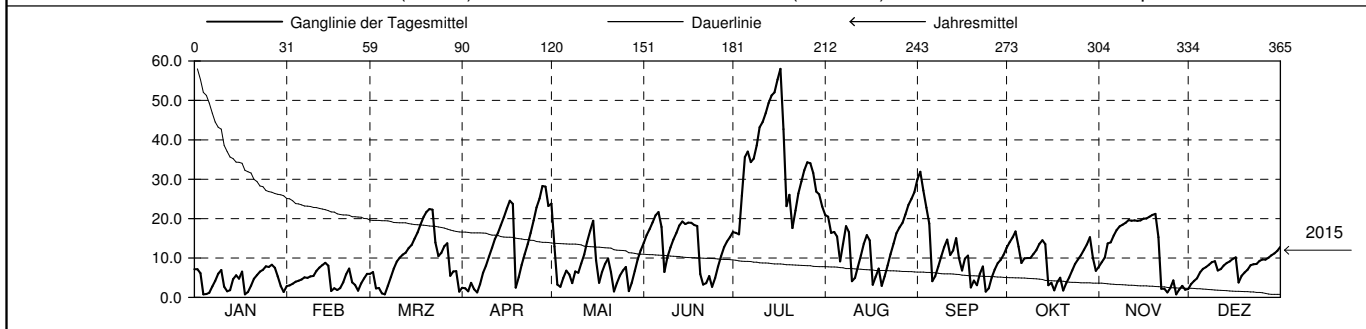
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

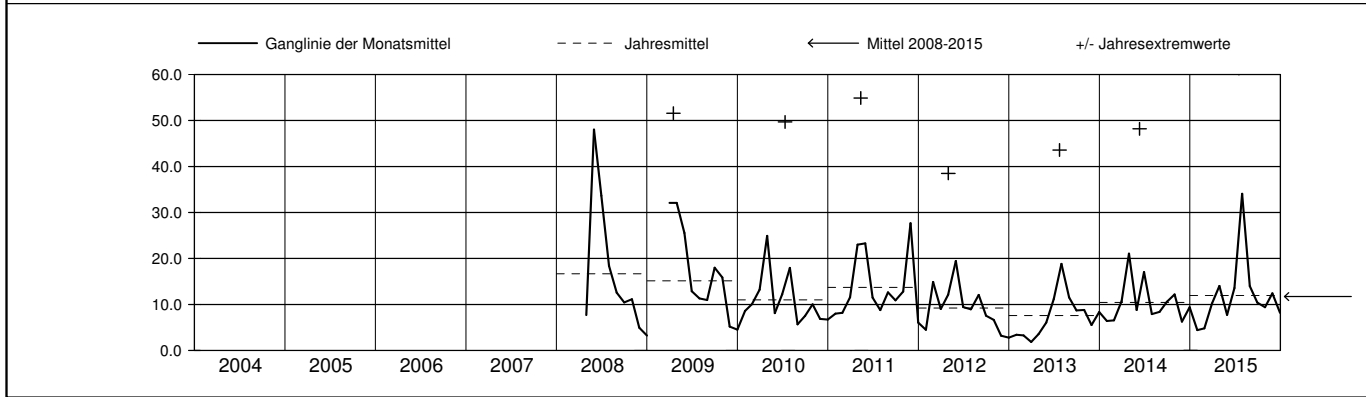
2015		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ		
Tagesmittel	1	7.1	3.1	6.4	2.3	12.9	15.8	16.4	20.5	31.9 +	14.0	8.9	3.4 -	1	
	2	6.2	3.5	2.3	1.5	3.3	17.4	16.0 -	16.4	27.2	15.3	10.1	4.2	2	
	3	0.8 -	4.0	2.4	3.7	2.7	19.0	25.8	16.6	22.8	16.7 +	13.7	4.9	3	
	4	0.9	4.2	1.0	2.1	4.9	20.9	35.6	15.5	18.7	12.9	14.0	6.3	4	
	5	1.2	4.6	0.8 -	1.3 -	6.8	21.7 +	37.0	9.2	4.1	8.7	15.7	7.2	5	
	6	2.8	5.1	2.9	3.3	5.8	17.9	34.3	13.5	5.4	9.9	17.1	7.7	6	
	7	4.2	5.0	5.2	6.3	3.6	6.5	35.2	18.1	7.8	10.0	18.1	8.3	7	
	8	6.0	5.3	7.3	8.0	6.6	10.2	38.6	16.6	10.4	10.0	18.4	8.9	8	
	9	6.9	5.4	9.1	10.4	6.3	12.7	43.2	4.1	12.8	11.0	18.9	9.2	9	
	10	2.7	6.7	10.1	12.6	8.6	14.7	44.5	5.0	14.7	12.0	19.6	6.8	10	
	cbar	11	1.5	7.6	10.8	14.8	10.9	16.4	46.8	7.8	10.8	13.6	19.5	7.2	11
		12	1.8	8.2	11.3	16.4	14.1	18.2	49.3	10.6	11.9	14.5	19.5	8.1	12
		13	4.6	8.8 +	12.5	18.3	16.9	19.3	51.3	13.6	15.0	13.5	19.4	8.8	13
		14	5.6	8.0	13.3	20.4	19.5 +	18.6	52.1	15.8	9.9	3.1	19.5	9.2	14
		15	4.8	1.6 -	14.9	22.6	9.4	19.0	55.3	14.5	6.8	3.7	20.0	9.7	15
		16	6.6	2.3	16.5	24.6	3.7	18.9	58.0 +	3.2	9.8	1.8	20.0	10.2	16
		17	0.8 -	1.9	18.5	23.7	6.4	18.4	42.7	5.2	10.6	3.9	20.5	3.8	17
		18	1.4	2.4	20.4	2.5	8.5	18.1	23.2	7.3	2.5	5.0	20.9	5.5	18
		19	3.0	3.8	21.7	5.2	9.9	5.9	26.0	2.9 -	4.3	1.7 -	21.2 +	6.3	19
		20	4.7	5.9	22.4 +	8.2	6.4	3.3	17.6	5.3	3.1	3.6	15.3	7.0	20
	21	5.7	7.3	22.3	11.0	1.5 -	3.6	22.0	8.1	6.0	5.1	2.2	8.2	21	
	22	6.5	3.8	14.0	13.5	3.6	5.4	26.4	11.0	7.8	6.8	2.2	8.4	22	
	23	7.0	3.2	10.5	16.3	5.5	2.7 -	29.4	13.7	1.5 -	8.5	1.3	8.5	23	
	24	7.9	1.7	11.3	19.6	6.8	4.9	32.3	16.3	2.3	9.7	2.4	9.3	24	
	25	7.7	3.6	13.0	22.8	7.7	7.8	34.3	17.8	5.0	10.7	4.3	9.6	25	
+ Maximum	26	8.3 +	4.8	13.7	25.1	1.6	10.5	34.0	18.9	7.1	12.1	0.8 -	9.6	26	
	27	7.5	6.0	5.5	28.3 +	3.7	12.8	31.6	21.0	8.7	13.5	2.0	10.1	27	
	28	5.3	6.0	6.6	28.1	6.7	14.2	26.9	23.5	9.5	15.3	2.9	10.7	28	
	29	2.9		6.7	23.2	9.6	15.3	26.2	25.0	10.8	10.0	2.0	11.2	29	
	- Minimum	30	1.4		1.5	23.8	11.9	16.6	23.1	26.7	12.6	6.7	2.1	11.8	30
		31	2.8		2.4		13.8		20.9	30.0 +		7.8		12.8 +	31
Monatsmittel		4.4 -	4.8	10.2	14.0	7.7	13.6	34.1 +	14.0	10.4	9.4	12.4	8.2		
Maximum Datum (Tag)		9.5 -	13.5	23.8	30.3	24.3	22.5	61.3 +	32.2	33.2	18.8	23.2	14.3		
Minimum Datum (Tag)		27.	14.	20.	27.	1.	5.	17.	31.	1.	3.	10.	30.		
Amplitude		9.5 -	12.8	23.8	30.3	24.3	22.1	49.8 +	31.1	33.2	18.8	23.2	12.5		

Mittel: 12.0 Maximum: 61.3 (17.Juli) Minimum: 0.0 (3.Januar) Amplitude: 61.3



2008-2015	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsmittel	5.9 -	7.9	9.4	17.3	18.4 +	15.2	15.8	11.0	10.5	10.8	9.0	6.1
Maximum Jahr	16.8 -	34.6	28.9	51.6	78.0	83.4 +	61.3	42.8	36.3	44.8	38.8	25.5
Minimum Jahr	0.0 +	0.0 +	0.0 +	-1.4	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +	0.0 +	-0.6	-2.3 -	-0.8

Mittel: 11.7 Maximum: 83.4 (03.06.2008) Minimum: -2.3 (06.11.2014) Amplitude: 85.7 Max.jährliche Schwankung: 83.4 (2008)



Saugspannungen 60cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

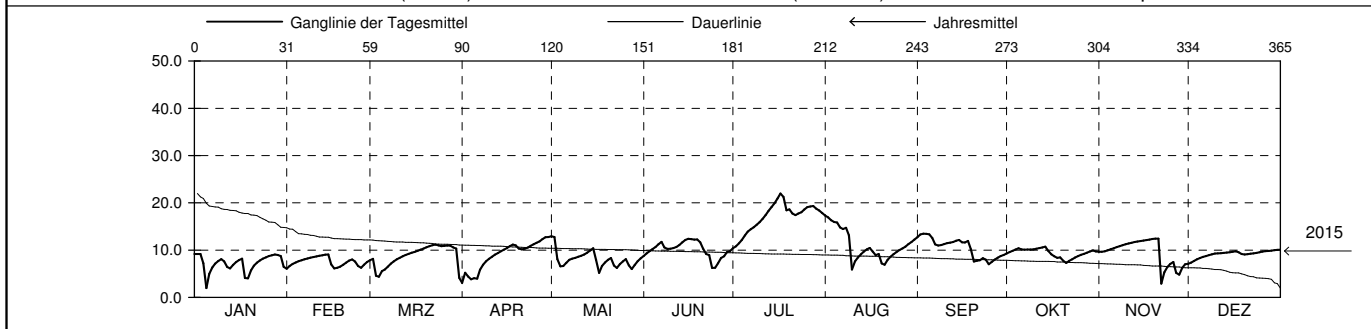
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

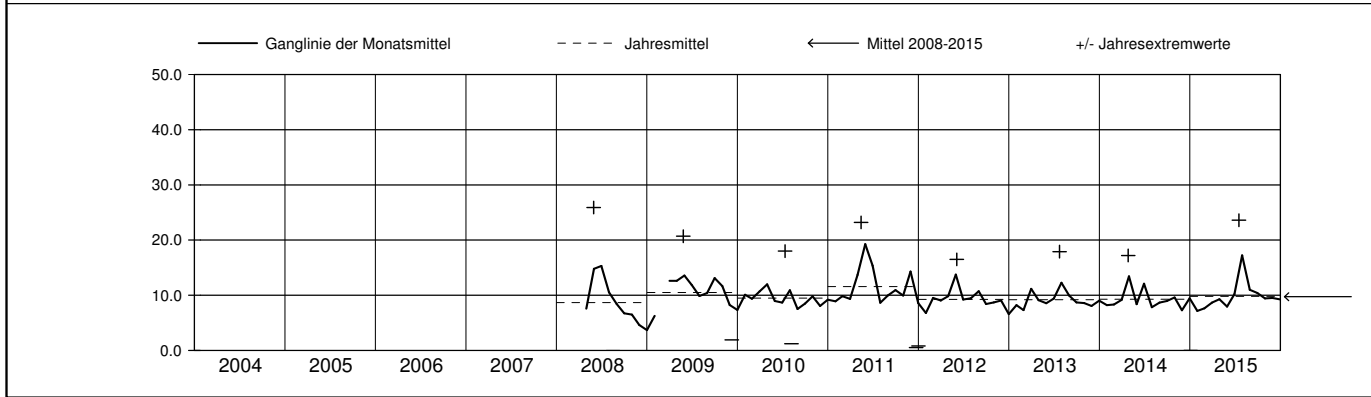
2015		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ		
Tagesmittel cbar	1	9.2 +	6.6	8.1	5.2	12.8 +	9.3	10.8 -	17.0 +	13.3	9.6	9.7	7.4 -	1	
	2	9.2 +	7.1	4.6	4.4	8.1	9.8	11.4	16.3	13.5 +	9.9	9.7	7.7	2	
	3	7.2	7.4	4.4	3.8 -	6.6	10.2	12.2	15.9	13.4	10.1	10.0	8.1	3	
	4	2.0 -	7.7	5.6	4.1	6.7	10.7	13.1	15.8	13.3	10.4	10.2	8.3	4	
	5	5.0	7.9	5.9	4.0	7.3	11.2	13.9	14.8	12.6	10.2	10.4	8.6	5	
	6	6.3	8.1	6.5	5.9	8.0	11.7	14.4	14.5	11.2	10.1	10.6	8.7	6	
	7	7.2	8.3	7.1	6.9	8.2	10.6	14.9	14.8	11.0	10.1	10.9	8.9	7	
	8	7.7	8.4	7.6	7.6	8.4	10.3	15.4	13.1	11.1	10.1	11.1	9.1	8	
	9	8.1	8.5	8.1	8.2	8.6	10.3	15.9	5.9 -	11.3	10.2	11.2	9.3	9	
	10	7.6	8.7	8.4	8.6	8.8	10.4	16.6	7.6	11.5	10.3	11.4	9.3	10	
	11	6.4	8.8	8.7	9.0	9.1	10.7	17.4	8.5	11.6	10.4	11.6	9.4	11	
	12	6.1	8.9	9.0	9.4	9.5	11.1	18.3	9.1	11.7	10.6	11.7	9.4	12	
	13	6.9	9.0	9.2	9.7	9.9	11.7	19.1	9.7	12.0	10.7 +	11.8	9.5	13	
	14	7.5	9.1 +	9.4	10.1	10.4	12.1	19.9	10.2	12.1	9.8	11.9	9.6	14	
	15	7.9	7.0	9.6	10.5	7.9	12.4 +	20.9	10.5	11.7	9.1	12.0	9.7	15	
	16	8.2	6.2 -	9.9	10.8	5.2 -	12.3	22.0 +	9.7	11.6	8.7	12.1	9.7	16	
	17	4.1	6.3	10.1	11.2	6.6	12.2	21.3	8.9	12.0	8.4	12.2	9.6	17	
	18	4.1	6.5	10.3	11.0	7.4	12.2	18.4	9.2	10.2	8.5	12.3	9.2	18	
	19	5.7	6.9	10.6	10.3	8.0	11.7	18.6	7.2	7.6	7.8	12.4 +	9.1	19	
	20	6.7	7.3	10.8	10.2	8.3	10.3	17.7	6.9	7.7	7.3 -	12.4 +	9.1	20	
	21	7.4	7.8	11.0	10.3	6.8	9.2	17.4	8.0	7.8	7.7	2.9 -	9.2	21	
	22	7.8	8.0	11.2 +	10.6	6.2	8.9	17.7	8.6	8.3	8.1	5.3	9.3	22	
	23	8.2	7.6	11.0	10.9	7.0	6.2 -	18.0	9.1	8.0	8.4	6.5	9.4	23	
	24	8.5	6.6	10.8	11.3	7.6	6.3	18.6	9.6	7.0 -	8.7	7.1	9.5	24	
	25	8.7	6.3	10.9	11.5	8.1	7.2	19.1	10.0	7.5 -	9.0	7.5	9.7	25	
	26	8.9	6.9	11.0	11.9	6.8	8.3	19.2	10.4	8.0	9.2	5.2	9.8	26	
	27	9.1	7.5	10.9	12.3	6.0	8.7	19.3	10.8	8.4	9.5	4.8	9.8	27	
	+ Maximum	28	9.0	7.9	10.6	12.7	6.9	9.6	18.8	11.3	8.7	9.7	6.3	9.9	28
	- Minimum	29	8.8		10.3	12.8	7.7	9.8	18.4	11.7	9.0	9.9	7.0	10.0	29
		30	6.5	4.1	12.9 +	8.3	10.4	17.8	12.2	9.3	9.7	7.1	10.1 +	30	
		31	6.1	3.1 -		8.8		17.3	12.7		9.7		10.1 +	31	
Monatsmittel		7.2 -	7.6	8.7	9.3	7.9	10.2	17.2 +	11.0	10.4	9.4	9.5	9.2		
Maximum Datum (Tag)		9.4 -	9.4 -	11.4	13.1	13.1	15.0	23.6 +	17.3	13.7	10.8	12.6	10.3		
Minimum Datum (Tag)		1.	14.	22.	30.	1.	30.	17.	1.	2.	12.	19.	30.		
Amplitude		9.4	3.5	11.4	13.1	9.3	10.4	15.8 +	14.1	7.0	3.7	11.4	3.1 -		

Mittel: 9.8 Maximum: 23.6 (17.Juli) Minimum: 0.0 (4.Januar) Amplitude: 23.6



2008-2015	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsmittel	7.9 -	8.7	9.7	10.9	11.9 +	11.5	10.8	9.6	9.5	9.3	8.6	7.9 -
Maximum Jahr	2009	2012	2013	2011	2008	2011	2015	2015	2009	2009	2011	2011
Minimum Jahr	2015	2013	2015	2008	2010	2013	2008	2008	2014	2008	2014	2008

Mittel: 9.7 Maximum: 25.9 (29.05.2008) Minimum: -1.5 (15.11.2014) Amplitude: 27.4 Max.jährliche Schwankung: 25.9 (2008)



Anhang B Bodentemperaturen 2015

Bodentemperatur 20cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

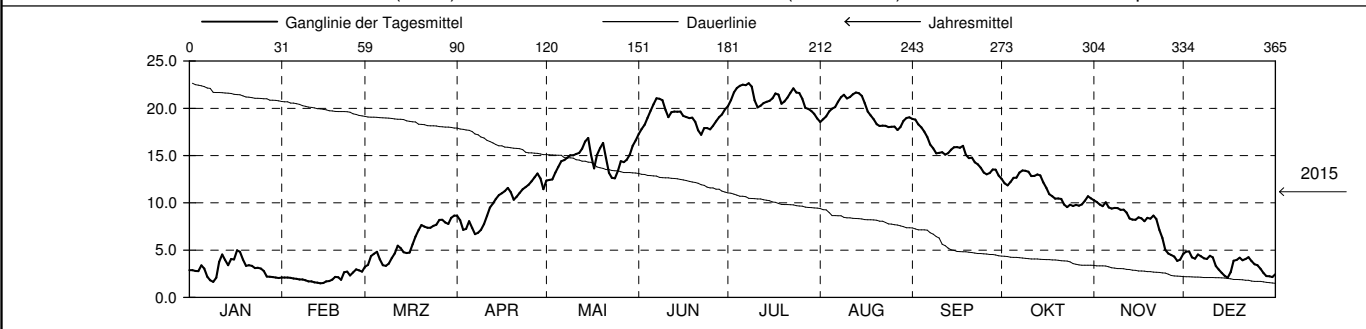
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

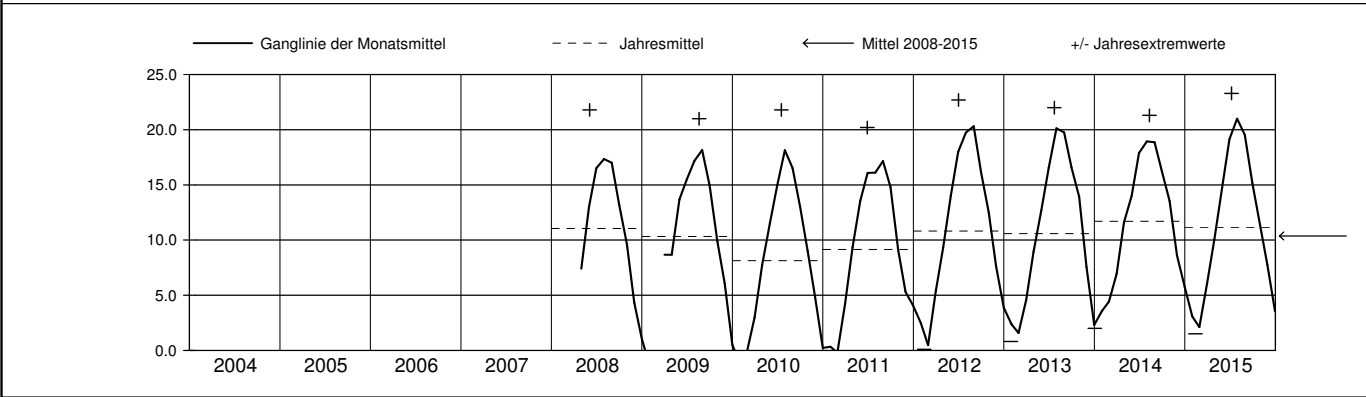
2015		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	
Tagesmittel °C	1	2.9	2.1	3.4	8.2	12.4 -	17.8	20.9	18.8	18.8 +	12.1	10.1 +	4.8	1
	2	2.8	2.1	4.4	7.1	12.5	18.3	21.7	19.1	18.3	11.9	9.8	4.9 +	2
	3	2.8	2.1	4.6	7.2	13.2	19.0	22.1	19.7	18.0	12.2	9.7	4.2	3
	4	3.4	2.0	4.8	8.1	13.8	19.7	22.4	20.0	17.5	12.7	10.1 +	4.1	4
	5	3.1	2.0	4.0	7.3	14.4	20.4	22.5	20.1	17.0	12.7	9.5	4.5	5
	6	2.2	1.9	3.4	6.7 -	14.5	21.1 +	22.4	20.7	16.2	13.2	9.4	4.4	6
	7	1.8	1.9	3.3 -	6.8	14.8	21.0	22.7 +	21.2	15.8	13.4 +	9.5	4.1	7
	8	1.6 -	1.8	3.6	7.1	15.0	20.9	22.3	21.4	15.2	13.4 +	9.4	4.1	8
	9	2.1	1.7	4.2	7.8	15.0	19.8	20.8	21.0	15.3	13.3	9.3	4.4	9
	10	3.8	1.7	4.6	8.6	15.2	19.1	20.1	21.2	15.3	12.8	9.3	4.2	10
	11	4.5	1.6	5.5	9.5	15.3	19.6	20.3	21.5	15.1	12.9	9.0	3.3	11
	12	4.0	1.6	5.2	9.9	15.7	19.7	20.6	21.7 +	15.3	13.0	8.3	3.0	12
	13	3.4	1.5 -	4.8	10.4	16.5	19.6	20.7	21.6	15.6	12.9	8.2	2.6	13
	14	4.1	1.5 -	4.7	10.8	16.9	19.7	20.8	21.3	15.9	12.2	8.2	2.3	14
	15	4.0	1.7	4.7	11.0	15.1	19.2	21.1	20.5	15.9	11.6	8.5	2.1 -	15
	16	5.0 +	1.7	5.6	11.2	13.6	19.1	21.6	19.6	15.8	10.9	8.4	2.7	16
	17	4.8	1.9	6.4	11.6	15.1	19.0	21.4	19.2	16.0	10.7	8.1	3.9	17
	18	4.0	2.2	7.1	11.1	15.8	19.0	20.5	18.9	15.1	10.4	8.4	4.0	18
	19	3.3	2.1	7.7	10.3	16.3	18.6	20.7	18.3	14.7	10.5	8.3	4.2	19
	20	3.4	1.9	7.5	10.7	14.8	17.7	21.1	18.1	14.8	10.4	8.6	3.9	20
	21	3.3	2.7	7.4	11.0	13.2	17.2 -	21.6	18.2	14.3	9.8	8.3	4.1	21
	22	3.1	2.7	7.4	11.4	12.6	17.9	22.1	18.1	14.1	9.5 -	7.1	4.3	22
	23	3.1	2.3	7.6	11.7	12.6	17.9	21.7	18.0	13.7	9.8	6.3	3.9	23
	24	3.1	2.6	7.7	11.9	13.4	17.8	21.6	18.0	13.2	9.7	5.0	3.5	24
	25	2.8	3.0	8.2	12.3	14.4	18.1	21.0	18.1	13.0	9.8	4.6	3.4	25
	26	2.2	2.9	8.2	12.7	14.3	18.6	20.0	17.7 -	13.2	9.7	4.5	3.0	26
	27	2.2	2.7	7.9	13.1 +	14.6	19.1	19.9	18.0	13.5	9.8	4.3	2.6	27
	+ Maximum	2.2	3.2 +	7.8	12.6	15.1	19.4	19.7	18.7	13.5	10.2	3.9 -	2.2	28
	- Minimum	2.1		8.4	11.4	16.0	19.9	19.4	19.0	12.9	10.7	4.0	2.2	29
	30	2.1		8.7 +	12.4	16.6	20.2	18.9	19.0	12.5 -	10.5	4.6	2.2	30
	31	2.1		8.6	17.3 +			18.6 -	18.9		10.3		2.5	31
Monatsumme		3.1	2.1 -	6.0	10.1	14.7	19.1	21.0 +	19.5	15.2	11.4	7.8	3.5	
Maximum Datum (Tag)		5.4	3.7 -	9.1	13.7	18.3	22.2	23.3 +	22.1	19.1	13.6	10.4	5.1	
Minimum Datum (Tag)		16.	28.	31.	27.	31.	6.	7.	12.	1.	7.	4.	1.	
Amplitude		1.6	1.5 -	2.8	6.1	11.8	16.8	17.9 +	17.2	12.4	9.3	3.8	2.0	
Mittel		8.	12.	7.	6.	2.	21.	31.	26.	30.	22.	28.	15.	
Amplitude		3.8	2.2 -	6.3	7.6 +	6.5	5.4	5.4	4.9	6.7	4.3	6.6	3.1	

Mittel: 11.2 Maximum: 23.3 (7.Juli) Minimum: 1.5 (12.Februar) Amplitude: 21.8



2008-2015	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsumme	1.3 -	1.4	5.0	9.1	13.4	16.8	18.6 +	18.4	15.0	11.1	6.5	2.7
Maximum Jahr	5.4 -	6.3	9.7	15.2	18.7	22.7	23.3 +	22.1	19.4	16.4	12.1	8.4
Minimum Jahr	-1.7 -	-1.7 -	-0.7	3.6	7.5	11.1	13.4 +	13.0	9.3	3.0	-0.3	-1.5

Mittel: 10.4 Maximum: 23.3 (07.07.2015) Minimum: -1.7 (16.02.2010) Amplitude: 25.0 Max.jährliche Schwankung: 23.5 (2010)



Bodentemperatur 35cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

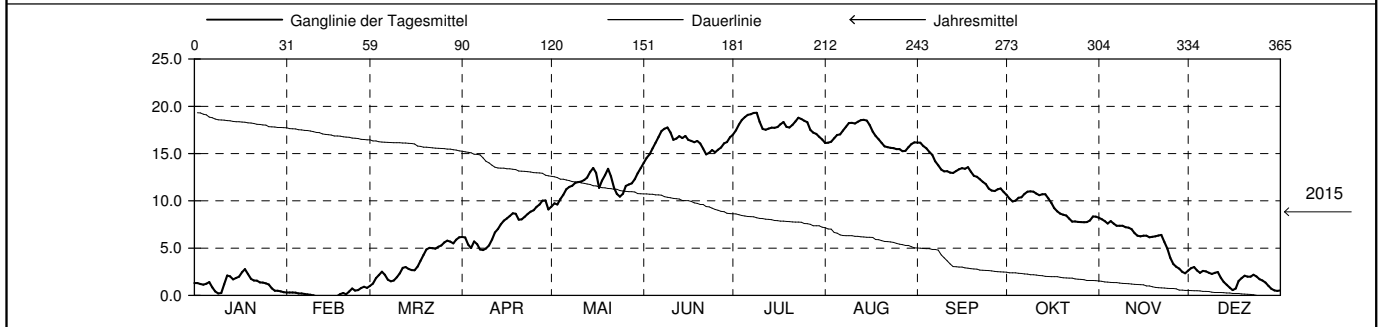
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

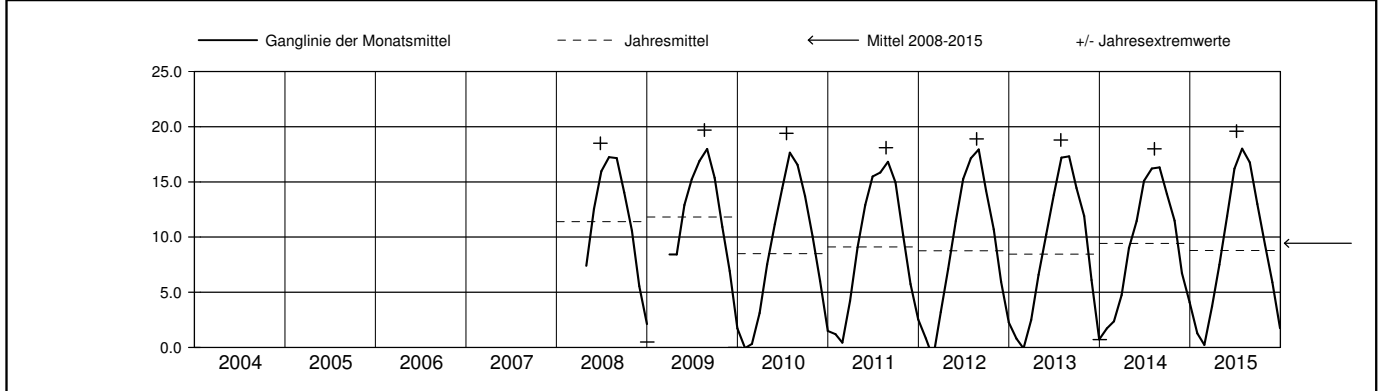
2015		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	
Tagesmittel °C	1	1.3	0.3	1.3 -	6.1	9.7	14.5 -	17.5	16.2	16.2 +	10.2	8.1 +	2.9	1
	2	1.2	0.3	1.8	5.4	9.6 -	14.9	18.1	16.3	15.8	9.9	7.9	3.0 +	2
	3	1.1	0.3	2.1	5.0	10.2	15.5	18.6	16.6	15.6	10.0	7.6	2.6	3
	4	1.2	0.2	2.5	5.7	10.6	16.2	18.9	17.0	15.2	10.3	7.8	2.4	4
	5	1.4	0.2	2.2	5.4	11.2	16.8	19.1	17.0	14.9	10.4	7.6	2.6	5
	6	0.8	0.1	1.7	4.9	11.5	17.4	19.2	17.4	14.2	10.7	7.4	2.5	6
	7	0.4	0.1	1.5	4.8 -	11.6	17.6	19.3 +	17.8	13.8	11.0 +	7.4	2.4	7
	8	0.2 -	0.1	1.6	5.0	11.9	17.8 +	19.3 +	18.2	13.3	11.0 +	7.4	2.3	8
	9	0.3	0.0	1.9	5.3	12.0	17.2	18.4	18.3	13.1	11.0 +	7.2	2.4	9
	10	1.2	-0.1	2.3	5.9	12.0	16.4	17.6	18.2	13.1	10.8	7.2	2.5	10
	11	2.1	-0.2	2.9	6.7	12.2	16.6	17.5	18.4	13.0	10.6	7.0	1.9	11
	12	2.0	-0.2	3.0	7.0	12.5	16.8	17.6	18.5	13.0	10.7	6.6	1.4	12
	13	1.7	-0.3 -	2.8	7.5	13.1	16.6	17.8	18.6 +	13.1	10.7	6.3	1.1	13
	14	1.8	-0.3 -	2.7	7.9	13.5	16.9	17.7	18.5	13.3	10.3	6.2	0.8	14
	15	2.0	-0.3 -	2.7	8.1	13.0	16.5	17.8	18.0	13.5	9.8	6.3	0.6	15
	16	2.5	-0.2	3.1	8.4	11.4	16.3	18.1	17.3	13.4	9.2	6.3	0.7	16
	17	2.8 +	-0.1	3.7	8.7	12.1	16.2	18.3	16.9	13.6	8.9	6.1	1.5	17
	18	2.3	0.1	4.3	8.6	12.7	16.3	17.8	16.5	13.1	8.7	6.2	1.8	18
	19	1.8	0.3	4.9	8.0	13.4	16.1	17.8	16.1	12.7	8.5	6.2	2.1	19
	20	1.6	0.1	5.0	8.1	12.6	15.5	18.0	15.8	12.6	8.4	6.3	2.0	20
	21	1.6	0.4	5.0	8.3	11.4	14.9	18.4	15.7	12.3	8.1	6.4	2.0	21
	22	1.4	0.7	4.9	8.6	10.7	15.1	18.8	15.6	12.0	7.8	5.7	2.2	22
	23	1.4	0.5	5.1	8.9	10.5	15.4	18.7	15.6	11.8	7.8	4.9	2.0	23
	24	1.3	0.6	5.3	9.0	10.7	15.1	18.5	15.5	11.3	7.8	4.0	1.7	24
	25	1.1	0.8	5.6	9.4	11.6	15.4	18.3	15.5	11.1	7.8	3.3	1.6	25
	26	0.8	0.9	5.8	9.6	11.7	15.6	17.5	15.3 -	11.0	7.7 -	3.0	1.4	26
	27	0.5	0.8	5.7	10.0 +	11.8	16.1	17.2	15.3 -	11.2	7.8	2.8	1.0	27
	28	0.5	1.0 +	5.5	10.0 +	12.3	16.2	17.1	15.7	11.3	7.9	2.5	0.7	28
	29	0.4		5.9	9.1	12.9	16.7	16.8	16.0	10.9	8.3	2.3 -	0.5 -	29
	30	0.3		6.1	9.4	13.5	17.0	16.5	16.2	10.6 -	8.3	2.6	0.5 -	30
	31	0.3		6.2 +	14.0 +			16.1 -	16.2		8.2		0.5 -	31
Monatsmittel		1.3	0.2 -	3.7	7.5	11.9	16.2	18.0 +	16.8	13.0	9.3	5.9	1.7	
Maximum Datum (Tag)		2.9	1.3 -	6.4	10.4	14.6	18.1	19.6 +	18.7	16.3	11.1	8.2	3.1	
Minimum Datum (Tag)		16.	28.	31.	27.	31.	7.	7.	8.	1.	7.	1.	2.	
Amplitude		2.8	1.6 -	5.3	5.9 +	5.2	3.9	3.7	3.6	5.8	3.5	5.9 +	2.7	

Mittel: 8.8 Maximum: 19.6 (7.Juli) Minimum: -0.3 (13.Februar) Amplitude: 19.9



2008-2015	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsmittel	1.0	0.4 -	3.6	7.8	11.8	15.2	17.0	17.1 +	14.2	10.6	6.1	2.1
Maximum Jahr	3.9 -	3.9 -	6.9	11.7	15.9	18.8	19.6	19.7 +	17.4	14.7	10.4	6.4
Minimum Jahr	-0.7	-1.3 -	-1.2	2.6	8.7	9.2	13.7	14.7 +	10.5	5.8	1.3	-0.4

Mittel: 9.4 Maximum: 19.7 (20.08.2009) Minimum: -1.3 (13.02.2012) Amplitude: 21.0 Max.jährliche Schwankung: 20.2 (2012)



Bodentemperatur 60cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

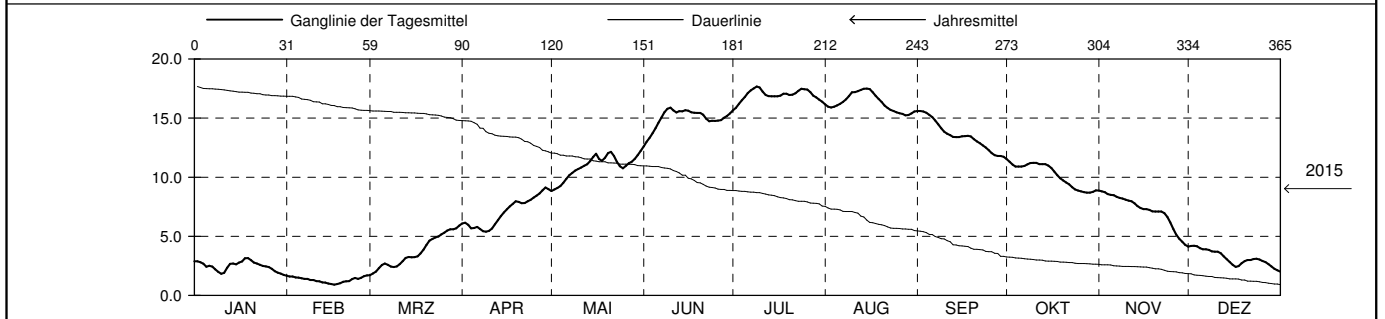
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

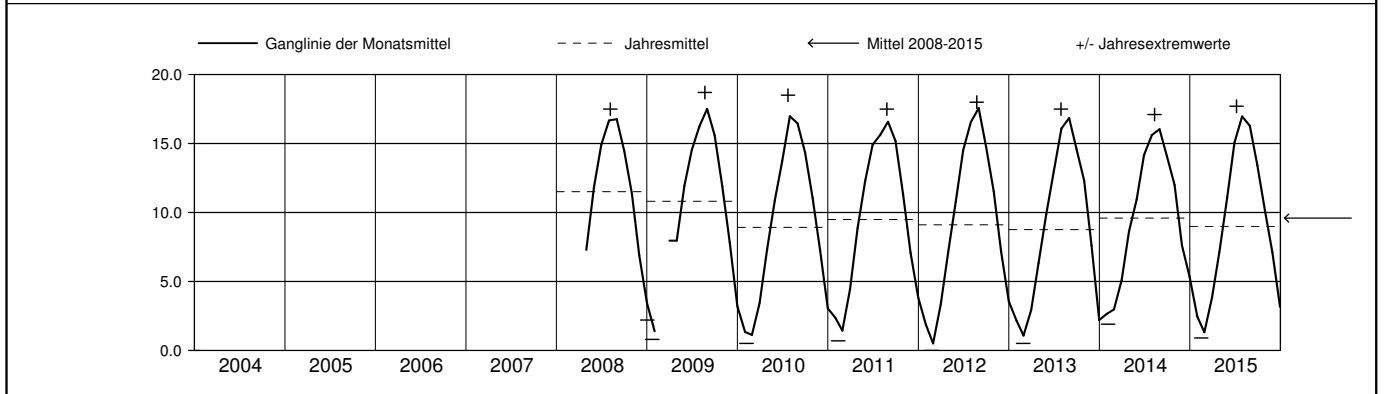
2015		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	
Tagesmittel °C	1	2.9	1.6	1.9 -	6.1	9.0 -	13.0 -	15.9 -	16.0	15.6 +	11.3 +	8.8 +	4.2 +	1
	2	2.8	1.6	2.0	6.0	9.1	13.3	16.2	15.9	15.6 +	11.1	8.7	4.2 +	2
	3	2.7	1.5	2.3	5.7	9.3	13.7	16.5	16.0	15.5	10.9	8.6	4.2 +	3
	4	2.4	1.5	2.6	5.7	9.5	14.2	16.8	16.1	15.3	10.9	8.5	4.0	4
	5	2.5	1.5	2.7	5.8	9.9	14.6	17.1	16.2	15.1	10.9	8.5	3.9	5
	6	2.4	1.4	2.6	5.6	10.2	15.1	17.4	16.4	14.8	11.0	8.3	3.9	6
	7	2.2	1.4	2.4	5.4 -	10.4	15.5	17.5	16.6	14.5	11.1	8.2	3.8	7
	8	2.0	1.3	2.4	5.4 -	10.6	15.8	17.7 +	16.9	14.1	11.2	8.2	3.7	8
	9	1.8	1.3	2.5	5.5	10.7	15.9 +	17.6	17.2	13.9	11.2	8.1	3.7	9
	10	1.9	1.2	2.6	5.7	10.8	15.7	17.2	17.2	13.7	11.2	8.0	3.7	10
	11	2.3	1.2	2.9	6.0	11.0	15.5	17.0	17.3	13.6	11.1	8.0	3.6	11
	12	2.7	1.1	3.2	6.4	11.1	15.6	16.9	17.4	13.4	11.1	7.8	3.3	12
	13	2.7	1.1	3.3	6.7	11.4	15.6	16.9	17.5 +	13.4	11.1	7.6	3.1	13
	14	2.6	1.0	3.2	7.0	11.7	15.7	16.9	17.5 +	13.4	11.0	7.4	2.8	14
	15	2.8	1.0	3.2	7.3	12.0	15.6	16.8	17.5 +	13.5	10.8	7.3	2.6	15
	16	2.9	0.9 -	3.3	7.5	11.5	15.5	16.9	17.2	13.5	10.5	7.3	2.4	16
	17	3.1	1.0	3.6	7.8	11.4	15.5	17.1	16.9	13.5	10.2	7.2	2.5	17
	18	3.2 +	1.0	3.9	8.0	11.6	15.4	17.1	16.6	13.5	9.9	7.1	2.7	18
	19	3.0	1.2	4.3	7.9	12.0	15.4	17.0	16.4	13.2	9.7	7.1	2.9	19
	20	2.8	1.2	4.6	7.8	12.2	15.3	17.0	16.1	13.0	9.6	7.1	3.0	20
	21	2.7	1.2	4.8	7.8	11.8	14.9	17.1	15.9	12.9	9.4	7.1	3.0	21
	22	2.6	1.4	4.9	8.0	11.3	14.7	17.3	15.7	12.7	9.2	7.0	3.1	22
	23	2.5	1.5	5.0	8.1	10.9	14.8	17.5	15.6	12.5	9.0	6.6	3.1	23
	24	2.5	1.4	5.2	8.3	10.8	14.8	17.4	15.5	12.3	8.9	6.2	3.0	24
	25	2.4	1.5	5.3	8.4	11.0	14.8	17.4	15.4	12.0	8.8	5.6	2.9	25
	26	2.3	1.6	5.5	8.6	11.2	14.8	17.2	15.4	11.9	8.7 -	5.2	2.8	26
	27	2.0	1.7 +	5.6	8.9	11.3	15.0	16.9	15.2 -	11.8	8.7 -	4.8	2.6	27
	+ Maximum	1.9	1.7 +	5.6	9.1 +	11.6	15.2	16.8	15.3	11.8	8.7 -	4.5	2.5	28
	- Minimum	1.8		5.7	9.0	11.9	15.4	16.6	15.4	11.7	8.8	4.3	2.2	29
		1.7 -		5.9	8.8	12.2	15.7	16.4	15.6	11.5 -	8.9	4.1 -	2.1	30
		1.7 -		6.1 +		12.6 +		16.2	15.6		8.9		2.0 -	31
Monatsmittel		2.4	1.3 -	3.8	7.1	11.0	15.1	17.0 +	16.3	13.4	10.1	7.1	3.1	
Maximum Datum (Tag)		3.2	1.8 -	6.1	9.2	12.8	15.9	17.7 +	17.5	15.6	11.4	8.9	4.2	
Minimum Datum (Tag)		17.	28.	31.	28.	31.	8.	8.	12.	1.	1.	1.	1.	
Amplitude		1.6	0.9 -	4.3	3.9	3.9	3.1	2.0	2.3	4.2	2.7	4.8 +	2.2	

Mittel: 9.0 Maximum: 17.7 (8.Juli) Minimum: 0.9 (15.Februar) Amplitude: 16.8



2008-2015	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsmittel	2.0	1.4 -	3.8	7.6	11.2	14.4	16.3	16.8 +	14.6	11.4	7.3	3.5
Maximum Jahr	4.0 -	4.1	6.5	10.5	14.5	17.0	18.5	18.7 +	17.2	14.9	11.2	7.2
Minimum Jahr	0.7	0.0 -	0.1	3.6	8.6	9.4	13.4	14.8 +	11.4	8.1	3.5	1.3

Mittel: 9.6 Maximum: 18.7 (21.08.2009) Minimum: 0.0 (22.02.2012) Amplitude: 18.7 Max.jährliche Schwankung: 18.0 (2010)



Anhang C Bodenfeuchtigkeiten 2015

Bodenfeuchtigkeit 35cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

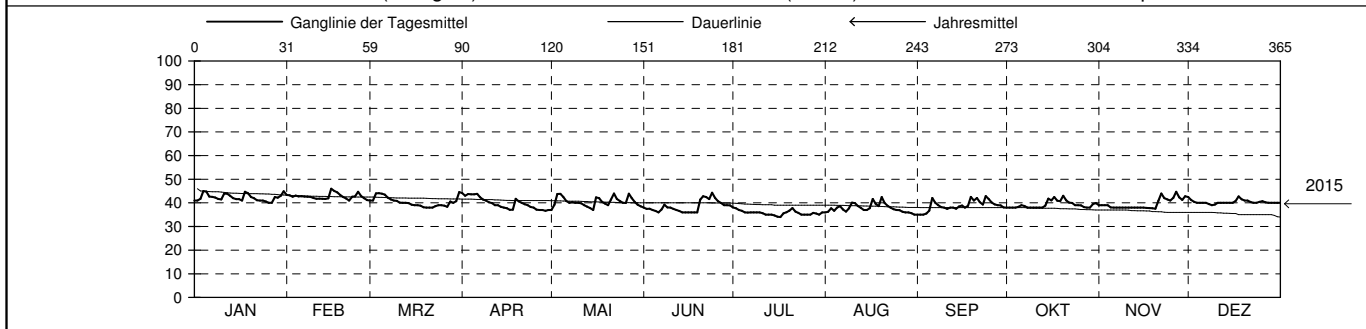
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

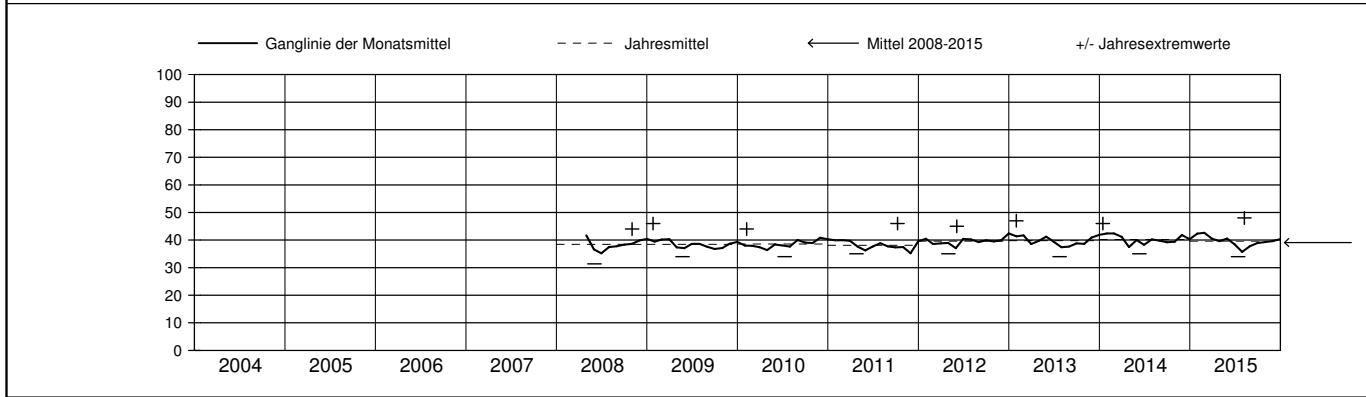
2015		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ		
Tagesmittel	1	41	43	41	43	39	37	38 +	36	35 -	38 -	39	41	1	
	2	42	43	44	44 +	44 +	37	37	38	35 -	38 -	39	40	2	
	3	45 +	43	44	44 +	44 +	37	37	37	35 -	38 -	39	40	3	
	4	45 +	43	44	44 +	43	37	36	38	37	38 -	38 -	40	4	
	5	43	43	43	44 +	41	36 -	36	39	42	39	38 -	40	5	
	6	43	43	42	42	40	37	36	37	40	39	38 -	40	6	
	7	42	43	41	41	40	39	36	36	39	38 -	38 -	39 -	7	
	8	42	43	41	41	40	38	36	38	38	38 -	38 -	39 -	8	
	9	41	42	41	40	40	38	36	40	38	38 -	38 -	39 -	9	
	10	44	42	40	40	40	37	36	40	37	38 -	38 -	40	10	
	11	44	42	40	39	39	37	35	39	38	38 -	38 -	40	11	
	%	12	43	42	40	39	38	37	35	38	38	38 -	38 -	40	12
		13	42	42	40	38	38	36 -	35	37	38	39	38 -	40	13
		14	42	42	39	38	37 -	36 -	35	37	39	42	38 -	40	14
		15	42	46 +	39	38	42	36 -	34 -	38	39	41	38 -	40	15
		16	41	45	39	37 -	42	36 -	34 -	42 +	38	42	38 -	41	16
	17	45 +	44	39	37 -	40	36 -	36	40	39	41	38 -	43 +	17	
	18	44	43	38 -	42	40	36 -	36	39	43 +	41	38 -	42	18	
	19	42	42	38 -	41	39	41	37	42 +	41	43 +	38 -	41	19	
	20	42	42	38 -	40	41	43	38 +	40	42	41	41	41	20	
	21	41	41 -	38 -	39	44 +	42	36	39	40	40	44	40	21	
	22	41	43	39	39	42	42	36	38	39	40	42	40	22	
	23	41	43	39	38	41	44 +	35	37	43 +	39	41	40	23	
	24	41	45	39	38	40	42	35	37	42	39	41	40	24	
	25	40 -	43	39	37 -	40	41	35	37	40	39	42	41	25	
	26	40 -	42	38 -	37 -	44 +	40	35	36	39	38 -	45 +	40	26	
	27	42	41 -	41	37 -	42	39	36	36	39	38 -	42	40	27	
	+ Maximum	28	42	41 -	40	37 -	40	39	35	36	39	38 -	41	40	28
		29	43		41	37 -	39	39	35	36	38	39	43	40	29
	- Minimum	30	45 +		45 +	37 -	39	38	36	35 -	38	40	42	40	30
		31	43		44		38		36	35 -		39		40	31
Monatsumme		42	43 +	40	40	41	38	36 -	38	39	39	40	40		
Maximum Datum (Tag)		46	47	45	45	46	46	44 -	48 +	45	46	46	44 -		
Minimum Datum (Tag)		30.	14.	2.	2.	1.	6.	17.	8.	18.	19.	20.	16.		
Amplitude		6	7	7	9	9	11	10	13 +	10	9	9	5 -		

Mittel: 40 Maximum: 48 (8.August) Minimum: 34 (14.Juli) Amplitude: 14



2008-2015	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsumme	41 +	40	39	39	38 -	38 -	38 -	38 -	39	39	40	41 +
Maximum Jahr	47	47	46	46	46	46	46	48 +	45 -	46	46	46
Minimum Jahr	37 +	36	36	35	32	31 -	34	35	35	35	35	35

Mittel: 39 Maximum: 48 (08.08.2015) Minimum: 31 (02.06.2008) Amplitude: 17 Max.jährliche Schwankung: 14 (2015)



Bodenfeuchtigkeit 60cm

Flussgebiet: Reuss

Gemeinde Erstfeld

Messstelle: Bodenstation Pfaffenmatt

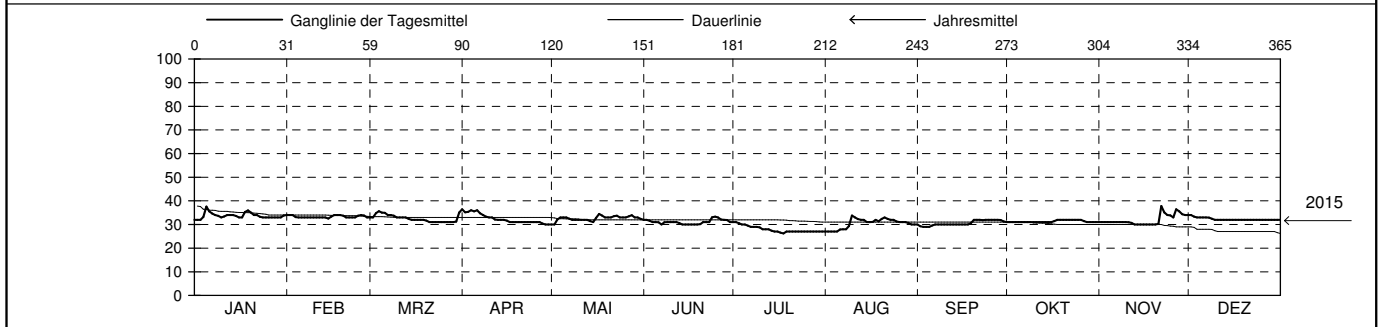
1206-9999

Koordinaten: 691 681 / 188 073

Stationshöhe: 457.50 m.ü.M.

2015		JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ		
Tagesmittel	1	32 -	34 +	33	35	30 -	32	31 +	27 -	29 -	31 -	31	34 +	1	
	2	32 -	34 +	35	35	32	32	31 +	27 -	29 -	31 -	31	33	2	
	3	33	33 -	36 +	36 +	33	31	30	27 -	29 -	31 -	31	33	3	
	4	38 +	33 -	35	36 +	33	31	30	27 -	29 -	31 -	31	33	4	
	5	36	33 -	35	36 +	33	31	30	28	30	31 -	31	33	5	
	6	35	33 -	34	35	32	30 -	29	28	30	31 -	31	33	6	
	7	34	33 -	34	34	32	31	29	28	30	31 -	31	33	7	
	8	34	33 -	34	33	32	31	29	29	30	31 -	31	32 -	8	
	9	33	33 -	33	33	32	31	29	34 +	30	31 -	31	32 -	9	
	10	33	33 -	33	33	32	31	28	33	30	31 -	31	32 -	10	
	11	34	33 -	33	32	32	31	28	32	30	31 -	31	32 -	11	
	%	12	34	33 -	33	32	32	31	28	32	30	31 -	30 -	32 -	12
		13	34	33 -	32	32	31	30 -	27	32	30	31 -	30 -	32 -	13
		14	34	33 -	32	32	31	30 -	27	31	30	31 -	30 -	32 -	14
		15	33	33 -	32	32	33	30 -	27	31	30	31 -	30 -	32 -	15
		16	33	34 +	32	31	34 +	30 -	27	31	30	31 -	30 -	32 -	16
	17	35	34 +	32	31	34 +	30 -	26 -	32	30	32 +	30 -	32 -	17	
	18	36	34 +	32	31	33	30 -	27	31	31	32 +	30 -	32 -	18	
	19	35	34 +	32	31	33	30 -	27	32	32 +	32 +	30 -	32 -	19	
	20	34	33 -	31 -	31	33	31	27	33	32 +	32 +	30 -	32 -	20	
	21	34	33 -	31 -	31	34 +	31	27	32	32 +	32 +	38 +	32 -	21	
	22	33	33 -	31 -	31	34 +	31	27	32	32 +	32 +	35	32 -	22	
	23	33	33 -	31 -	31	33	33 +	27	32	32 +	32 +	34	32 -	23	
	24	33	34 +	31 -	31	33	33 +	27	31	32 +	32 +	34	32 -	24	
	25	33	34 +	31 -	31	33	33 +	27	31	32 +	32 +	33	32 -	25	
	26	33	34 +	31 -	31	33	32	27	31	32 +	31 -	36	32 -	26	
	27	33	33 -	31 -	30 -	34 +	32	27	31	32 +	31 -	36	32 -	27	
	+ Maximum	28	33	33 -	31 -	30 -	33	32	27	31	32 +	31 -	34	32 -	28
		29	33	31 -	30 -	33	31	27	30	31	31 -	34	32 -	29	
	- Minimum	30	34	35	30 -	32	31	27	30	31	31 -	34	32 -	30	
		31	34	36 +	32	32	32	27	30	30	31 -	32 -	32 -	31	
Monatsmittel		34 +	33	33	32	33	31	28 -	31	31	31	32	32		
Maximum Datum (Tag)		4.	1.	31.	2.	15.	23.	1.	8.	18.	16.	21.	1.		
Minimum Datum (Tag)		32 +	32 +	31	30	30	30	26 -	27	29	31	30	32 +		
Amplitude		7	2	6	7	5	4	5	10	3	1 -	11 +	2		

Mittel: 32 Maximum: 41 (21.November) Minimum: 26 (16.Juli) Amplitude: 15



2008-2015	JAN	FEB	MRZ	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
Monatsmittel	33 +	33 +	32	31	30 -	30 -	31	31	31	31	32	33 +
Maximum Jahr	40	37 -	37 -	39	40	41	37 -	39	39	42	43 +	40
Minimum Jahr	30	31 +	30	27	24 -	24 -	26	27	28	28	29	29

Mittel: 31 Maximum: 43 (01.11.2008) Minimum: 24 (01.06.2008) Amplitude: 19 Max.jährliche Schwankung: 19 (2008)

