



Bodenmessnetz Kanton Solothurn (www.bodenmessnetz.ch)

Jahresbericht 2021 - 2022



Titelbild: Standort Hochwald, Foto AfU Kt. SO

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	5
1.1.	Wozu ein Bodenmessnetz?	5
1.2.	Saugspannung als zentrale Grösse für die Bodenfeuchte	5
1.3.	Beurteilung der Bodenfeuchte	6
1.4.	Standorte.....	6
1.5.	Technische Grundlagen	7
1.6.	Betrieb und Wartung	8
2.	Überblick über die Messdaten	9
2.1.	Einstieg in die Saugspannungswerte	9
2.2.	Überblick über die Jahresverläufe der Witterung.....	11
2.3.	Jahresverlauf Luft- und Bodentemperaturen	15
2.4.	Auswertung der Saugspannungswerte für die Jahre 2012-2022	17
2.4.1.	Aetigkofen	17
2.4.2.	Bellach	19
2.4.3.	Breitenbach.....	21
2.4.4.	Dulliken	23
2.4.5.	Etziken.....	25
2.4.6.	Fulenbach.....	27
2.4.7.	Hochwald	29
2.4.8.	Hofstetten-Flüh.....	31
2.4.9.	Kestenholz	33
2.4.10.	Matzendorf.....	35
2.4.11.	Mühledorf.....	37
2.4.12.	Stüsslingen	39
2.4.13.	Subingen.....	41
3.	Analyse und Interpretation	43
3.1.	Identifizierung von trockenen und nassen Standorten	43
3.1.1.	Überblick	43
3.1.2.	Charakterisierung der Standorte.....	45
3.2.	Charakteristik der Saugspannung im Jahresverlauf.....	47
3.3.	Abtrocknungsdauer nach Niederschlägen	50
3.4.	Vergleich Wald- und Landwirtschaftsstandorte	52
3.4.1.	Unterschiede der Bodentemperaturen nach Jahreszeiten	52
3.4.2.	Unterschiede der Saugspannungen nach Jahreszeiten	54
4.	Fazit.....	56
5.	Ausblick/Weiterentwicklung Messnetz.....	57

5.1.1.	Neue Messgeräte für die Bodenfeuchte	57
5.1.2.	Neuer Standort	57
5.2.	Literatur	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beurteilungskriterien für die Bereiche Land-, Bau- und Forstwirtschaft.	6
Abbildung 2: Übersicht über die Messstandorte im Kanton Solothurn (Karte Massstab 1:200'000).....	7
Abbildung 3: Jahresmediane der Saugspannung in 20 cm Tiefe je Standort, 2012 bis 2022	10
Abbildung 4: Jahresmediane der Saugspannung in 35 cm Tiefe je Standort, 2012 bis 2022	10
Abbildung 5: Boden- und Lufttemperaturen je Standort für das Jahr 2013	16
Abbildung 6: Boden- und Lufttemperaturen für das Jahr 2013 am Standort Kestenholz	16
Abbildung 7: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Aetigkofen	18
Abbildung 8: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Bellach	20
Abbildung 9: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Breitenbach.....	22
Abbildung 10: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Dulliken	24
Abbildung 11: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Etziken.....	26
Abbildung 12: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Fulenbach.....	28
Abbildung 13: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Hochwald	30
Abbildung 14: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Hofstetten-Flüh.....	32
Abbildung 15: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Kestenholz	34
Abbildung 16: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Matzendorf	36
Abbildung 17: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Mühledorf	38
Abbildung 18: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Stüsslingen	40
Abbildung 19: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Subingen	42
Abbildung 20: Boxplots der Tagessummen der Jahre 2012 bis 2022 je Saugspannungskategorien, im Ober- und Unterboden.	44
Abbildung 21: Monatliche Saugspannungswerte (Median) in Kestenholz 2012-2022	48
Abbildung 22: Monatliche Saugspannungswerte (Median) in Bellach 2012-2022.....	49
Abbildung 23: Monatliche Saugspannungswerte (Median) in Dulliken 2012-2022.....	49
Abbildung 24: Abtrocknungsdauern (Erreichen von 6 cbar nach mind. 15 mm Niederschlag) des Unterbodens (35 cm) der Standorte des BMN SO in den vier Jahreszeiten.	51
Abbildung 25: Jahreszeitabhängige Bodentemperatur in 20 cm Tiefe der Landwirtschafts- und Waldstandorte, über alle Standorte.	53
Abbildung 26: Vergleich der jahreszeitenabhängigen Saugspannungen in 35 cm Tiefe der Landwirtschafts- und Waldstandorte über alle Standorte anhand von Boxplots.	55

1. Einleitung

1.1. Wozu ein Bodenmessnetz?

Die land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung sowie bauliche Eingriffe in den Boden sind immer mit Befahren und Bearbeiten der Böden verbunden. Um langfristigen Schadverdichtungen des Bodens vorzubeugen, muss die Bodennutzung schonend erfolgen. Die Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo; SR 814.12) verlangt in Art. 6: «Wer Anlagen erstellt, den Boden bewirtschaftet oder anders beansprucht, muss unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften und der Feuchtigkeit des Bodens Fahrzeuge, Maschinen und Geräte so auswählen und einsetzen, dass Verdichtungen und andere Strukturveränderungen des Bodens vermieden werden, welche die Bodenfruchtbarkeit langfristig gefährden.»

Die Bodenfeuchte bestimmt die Tragfähigkeit und somit Verdichtungsempfindlichkeit eines Bodens und muss darum für eine schonende Bewirtschaftung und Bearbeitung des Bodens unbedingt berücksichtigt werden – sei es auf der Baustelle oder in der Land- und Forstwirtschaft.

Die Saugspannung ist ein indirektes Mass für die Bodenfeuchte. Die Saugspannungsdaten dienen, unter Einbezug der Kenndaten von Fahrzeugen und Maschinen, als Entscheidungsgrundlage für die bodenschonende Durchführung von Erdarbeiten im Hoch- und Tiefbau sowie für einen bodenverträglichen Maschineneinsatz in der Land- und Forstwirtschaft. Bei Nichtbeachten dieser Belastungsgrenzen besteht die Gefahr für Verdichtungen und Strukturschädigungen des Bodens.

Deshalb hat der Kanton Solothurn mit dem Regierungsratsbeschluss Nr. 2010/1519 vom 7. September 2010 beschlossen, ein Bodenmessnetz aufzubauen, das allen Interessierten aktuelle Bodenmesswerte online zur Verfügung stellt. Seit 2012 sind nach und nach an 12 repräsentativen Standorten Messstationen errichtet worden, an denen fortlaufend die Saugspannung, der Niederschlag, die Luft- und die Bodentemperatur sowie zum Teil der Bodenwassergehalt gemessen werden.

Auf der Webseite bodenmessnetz.ch stehen seither kontinuierliche Informationen zur Bodenwasserdynamik in Abtrocknungs- und Niederschlagsphasen zur Verfügung. Sie dienen als Entscheidungshilfe bei geplanten Arbeiten auf dem Boden, aber auch bei einem eventuell notwendigen Bewässerungseinsatz in Trockenphasen oder als zusätzliches Hilfsmittel für die Risikoabschätzungen bei Hochwassersituationen. Das Bodenmessnetz ist somit eine wichtige Grundlage für einen schonenden Umgang mit den Böden.

1.2. Saugspannung als zentrale Grösse für die Bodenfeuchte

Die Saugspannung ist ein indirektes Mass für die Bodenfeuchte und entspricht der Kraft, welche die Pflanzenwurzeln aufbringen müssen, um dem Boden Wasser zu entziehen. Die Saugspannung ist physikalisch gesehen ein Unterdruck. Dieser kommt durch Bodenwasser zustande, das aufgrund der Kapillarkräfte in den mittleren und feinen Poren festgehalten wird. Je weniger Wasser im Boden ist, desto grösser sind diese Kräfte und folglich auch die Saugspannung.

Die Saugspannung wird normalerweise mit Tensiometern gemessen. Eine poröse Keramikkerze am unteren Ende des luftdichten Tensiometers ermöglicht den Austausch zwischen dem Bodenwasser und dem wassergefüllten Tensiometer. Trocknet der Boden um den Tensiometer aus, so wird Wasser aus der Keramikkerze «gezogen» bis dieses Ungleichgewicht aufgehoben ist. Dabei entsteht ein Unterdruck im Tensiometer, welcher an einem Manometer erfasst und abgelesen werden kann. Dieser Unterdruck entspricht dem Unterdruck, der im Boden besteht. Bei Wiederbefeuchtung des Bodens läuft dieser Prozess in Gegenrichtung ab, d.h. das Wasser läuft wieder in den Boden und der Druck fällt. Als Masseinheit für die Saugspannung wird für Vollzugsfragen normalerweise Centibar (cbar) verwendet.

1.3. Beurteilung der Bodenfeuchte

Mit abnehmender Saugspannung nimmt die Tragfähigkeit des Bodens ab und dessen Verdichtungsempfindlichkeit nimmt zu. Um bleibende Bodenverdichtungen zu vermeiden, sollte deswegen das Befahren des Bodens bei «sehr feuchten» bis «nassen» Bedingungen unterlassen werden. Eine Bodenverdichtung reduziert das Porenvolumen des Bodens, wodurch der Boden weniger Niederschlagswasser aufnehmen kann. Dadurch kommt es bei Starkniederschlägen zu verstärktem Oberflächenabfluss und Erosion. Gleichzeitig ist die Durchlüftung des Bodens gestört. Vor allem im Unterboden (ab 30 cm Tiefe) sind Verdichtungen irreparabel und können die Bodenfruchtbarkeit langfristig gefährden.

Bei den Standorten des Bodenmessnetzes wird die Saugspannung sowohl in 20 cm (Oberboden) als auch in 35 cm Tiefe (Unterboden) gemessen. Wegen der grösseren Verdichtungsempfindlichkeit bzw. der fehlenden Regenerationsfähigkeit des Unterbodens ist für den Vollzug des Bodenschutzes v.a. der Messwert im Unterboden von Bedeutung.

Die Messwerte zur Bodenfeuchte werden in vier Beurteilungs-Kategorien eingeteilt, entsprechend den Möglichkeiten der Befahr- und Bearbeitbarkeit (*Abbildung 1*). Diese Handlungsanweisungen sind für die Bauwirtschaft entwickelt und in Analogie für die Land- und Forstwirtschaft übernommen worden. Zusätzlich zur Saugspannung ist der Niederschlag zu berücksichtigen: Ab einem Niederschlag von 10 mm während 24 Stunden sind jegliche Erdarbeiten zu vermeiden. Dieser Grenzwert greift auch bei trockenen Bodenbedingungen. Die Grenzwerte können bei Böden mit hohem Tongehalt abweichen. Die entsprechenden Handlungsanweisungen sind auf der Seite www.bodenmessnetz.ch/beurteilung/grundlagen einsehbar.






	> 20 cbar	«trocken»
	10–20 cbar	«feucht»
	6–10 cbar	«sehr feucht»
	< 6 cbar	«nass»
	> 10 mm	«Niederschlag»

Abbildung 1: Beurteilungskriterien für die Bereiche Land-, Bau- und Forstwirtschaft.

1.4. Standorte

Das Bodenmessnetz besteht aktuell aus 12 Messstandorten, 8 davon im Landwirtschaftsland und 4 davon im Wald. Die Lage der Standorte ist auf der Karte (*Abbildung 2*) ersichtlich. Neben den aktuellen Standorten zeigt die Karte auch die Lage des Standorts von Subingen. Dieser ist seit 2020 ausser Betrieb. Die Daten von Subingen werden aber ebenfalls in die Analyse des vorliegenden Berichts integriert.

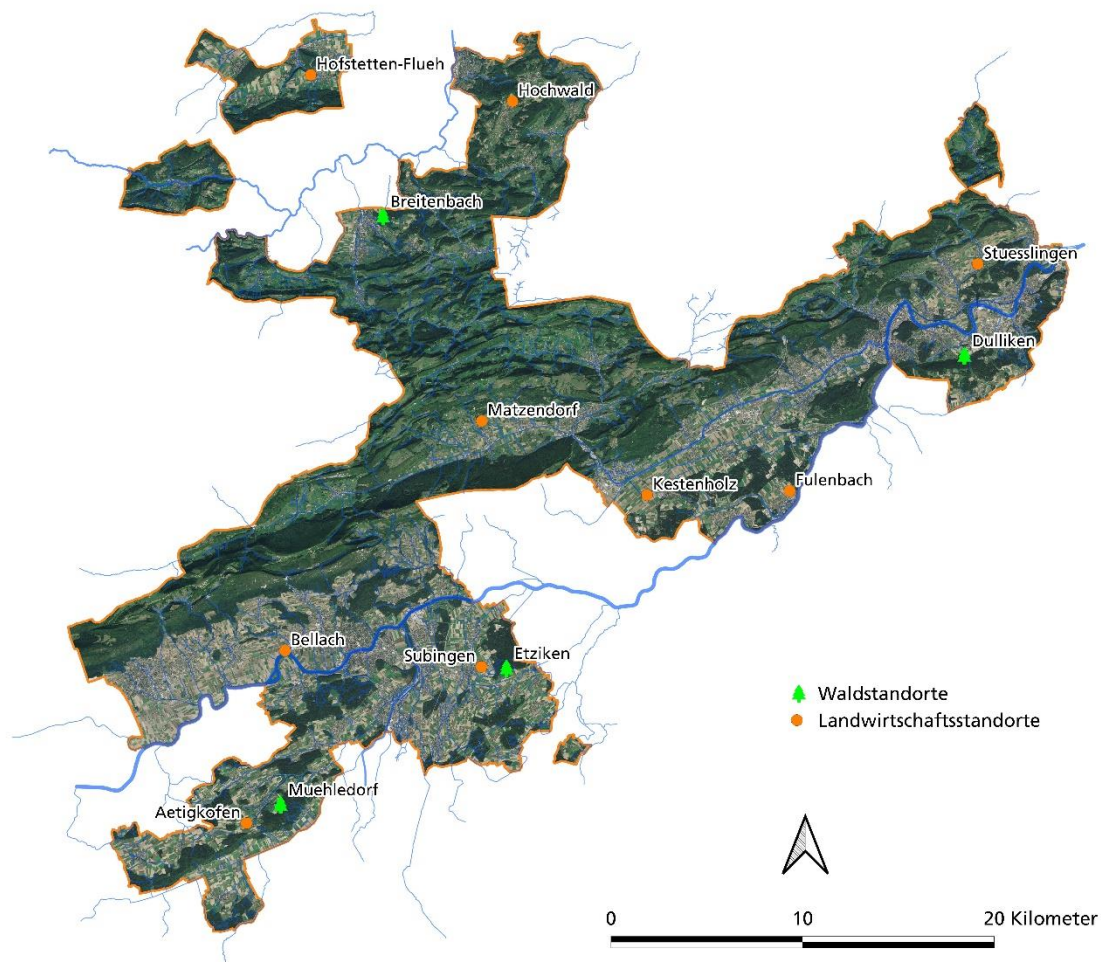


Abbildung 2: Übersicht über die Messstandorte im Kanton Solothurn (Karte Massstab 1:200'000)

1.5. Technische Grundlagen

Jeder Standort ist mit je drei vollautomatischen Tensiometern in 20 cm Tiefe (Oberboden) und 35 cm Tiefe (Unterboden) ausgerüstet. Die Saugspannung wird mit dem oberhalb der Keramikkerze positionierten piezoelektrischen Drucksensor gemessen. Die Tensiometer messen ausserdem die Bodentemperatur in den beiden Bodentiefen. An den Standorten des Bodenmessnetz des Kantons Solothurn (BMN SO) wurden die T8 Tensiometer der Metergroup eingebaut. Da diese nicht mehr hergestellt werden, werden sie, falls sie defekt sind, mit den T32 Tensiometern der gleichen Firma ersetzt.

Zur Messung des volumetrischen Wassergehalts sind die meisten Messstationen zusätzlich mit einem Wassergehalts-Sensor (Stevens Hydra Probe) in 20 cm Tiefe ausgestattet. An jedem Standort ist ein Lamprecht- oder Adcon RG1-Regenmesser sowie eine Vaisala-Sonde zur Messung von Lufttemperatur und -feuchtigkeit installiert. Zwei Solarpanels versorgen die Messgeräte mit Strom. Die Datenübermittlung erfolgt mittels Mobilfunknetz. Weitere Informationen zur Technik der Anlagen sind auf der Seite www.bodenmessnetz.ch/hintergrund/technik einsehbar.

1.6. Betrieb und Wartung

Das Bodenmessnetz wurde ursprünglich durch die Kantone SO, AG und BL aufgebaut und betrieben. Im Laufe der letzten Jahre schlossen sich schrittweise weitere Kantone an. Aktuell wird das Messnetz und die Webseite bodenmessnetz.ch durch elf Kantone gemeinsam betrieben.

Die Firma Meteotest AG in Bern ist für den technischen Unterhalt der Messstationen im Kanton Solothurn verantwortlich und betreibt im Auftrag des Kantons Solothurn die Datenaufbereitung und Präsentation der Daten auf der Webseite www.bodenmessnetz.ch/.

Der Betrieb des BMN SO erwies sich während den zwölf Jahren als relativ stabil. Dennoch gab es immer wieder Ausfälle oder Störungen, die auch zu längeren Messunterbrüchen führten. Nachfolgend einige Beispiele von Störungen und Unterbrüchen:

- Im April 2013 kam es in Bellach zu einer einwöchigen Unterbrechung der Messungen aufgrund einer undichten Verteilerbox. Der sich darin befindende Akku wurde durch eindringendes Wasser zerstört.
- Die Waldstation Breitenbach verzeichnete 2012 mehrere Ausfälle: Zwischen dem 5. August und dem 6. Dezember kam es zu einer nahezu vollständigen Ausfallzeit der Station aufgrund eines defekten Modems, das die korrekte Datenübermittlung verhinderte. Im Herbst 2012 stürzte ein Baum auf die Station. Es entstand glücklicherweise kein grösserer Schaden an den Messgeräten. Aufgrund der geringeren Sonneneinstrahlung wiesen die Akkus der Station im Winter sehr niedrige Spannungen auf, was zu erneuten Unterbrechungen im Messbetrieb führte.
Im Frühling 2014 wurde die Station Opfer von Vandalismus. Dabei wurden verschiedene Anschlüsse herausgerissen, und die SIM-Karte gestohlen.
- Insbesondere in Dulliken, aber auch bei den anderen Waldstandorten, musste der Regenschirm regelmässig vom Laub befreit werden. Der relativ dichte Buchenwald in Dulliken führt zu viel Laubfall, was den Niederschlagsmesser behindern kann. Trotz regelmässiger Kontrolle kann manchmal ein zwischenzeitlicher Ausfall der Niederschlagsmessungen nicht ganz verhindert werden.
- Zu Beginn der Messungen ergaben sich bei der Station Kestenholz Probleme tierischer Natur: Kurz nach der Installation musste festgestellt werden, dass sich sehr viele Mäuse um und bald auch innerhalb der Station befanden. Zur Mäusebekämpfung wurde ein feinmaschiger Zaun rund um die Station installiert. Zusätzlich wurden Mäusefallen an der Aussenseite des Zaunes sowie innerhalb der Station aufgestellt. Diese Massnahmen der Mäusebekämpfung wurden auch in Bellach eingesetzt und bewährten sich.
- Während Jahren mit längeren Trockenperioden (Juni und Oktober) erhöhte sich der Aufwand zum Nachfüllen der Tensiometer ausserordentlich.
Bei andauernden Trockenphasen laufen die mit Wasser gefüllten Tensiometer aufgrund des trockenen Bodens leer. Dieser Saugspannungsabrisss äussert sich in Form stark abfallenden Saugspannungswerten. Ein Nachfüllen vor Wiedervernässung ergibt in diesem Fall keinen Sinn. Als Lösung werden die Messwerte bei Saugspannungsabrisss zwischen Mitte Juli und anfangs Oktober bei 80 cbar blockiert.

2. Überblick über die Messdaten

2.1. Einstieg in die Saugspannungswerte

Als grobe Übersicht und zur allgemeinen Charakterisierung der «Bodenfeuchte»-Jahre wurde je Standort der Median aller Saugspannungswerte jahresweise ermittelt und die resultierenden Jahregänge in den untenstehenden Grafiken (*Abbildung 3* und *Abbildung 4*) visualisiert.

Der Median wurde gewählt, um einen robusteren Wert zu erhalten, da die Mittelwerte stärker durch Ausreisser beeinflusst werden. Die Farben repräsentieren die Jahre 2012 bis 2022 (sofern vorhanden). Die gestrichelte horizontale Linie stellt den Median aller Mediane (Gesamtmedian) dar. Die Wald- und Landwirtschaftsstandorte sind jeweils mit den Symbolen «Karotte» (Landwirtschaftsstandort) und «Baum» (Waldstandort) gekennzeichnet. In diesem Kapitel werden erste Beobachtungen der Messreihen beschrieben, diese werden erst im Kapitel 3 fachlich interpretiert.

Über die gesamte Messreihe betrachtet zeigen die jährlichen Mediane der Saugspannungswerte die Trockenheits-Rekordjahre wie auch die «nassen» Jahre deutlich auf. Die Jahre 2015, 2017 und 2018 wiesen an praktisch allen Standorten überdurchschnittlich höhere jährliche Saugspannungen auf, wobei das Jahr 2018 nochmals besonders hervorsticht. Zudem zeigen *Abbildung 3* und *Abbildung 4*, dass die frühen Jahre des Bodenmessnetzes (2012, 2013 und auch 2014) niedrige Mediane aufweisen, unabhängig davon, ob es sich um Wald- oder Landwirtschaftsstationen handelt.

Bei einer genaueren Betrachtung der einzelnen Standorte fällt auf, dass in Fulenbach sowie in Kestenholz die jährlichen Saugspannungswerte in 20 und 35 cm Tiefe immer über dem Gesamtmedian lagen – ein Indiz dafür, dass es sich um die «trockensten» Standorte im BMN SO handelt. Auch an den Standorten Matzendorf und Stüsslingen (mit Ausnahme von 2019) sind die jährlichen Mediane in 20 und 35 cm Tiefe seit 2015 stets über dem Gesamtmedian, was verdeutlicht, dass in diesen Böden ebenfalls «trockenere» Bedingungen herrschen als an anderen Standorten.

In Bellach und in Hofstetten-Flüh hingegen liegen die jährlichen Mediane mit Ausnahme der Extremjahre 2015, 2017 und 2018 unter dem Gesamtmedian. Dies schienen also etwas nassere Standorte zu sein. Bei den Waldstandorten Dulliken und Breitenbach liegt gar nur der jährliche Median von 2018 über dem Gesamtmedian. Im Allgemeinen scheinen die Waldstandorte eher tiefere jährliche Mediane zu haben, verglichen mit den Landwirtschaftsstandorten.

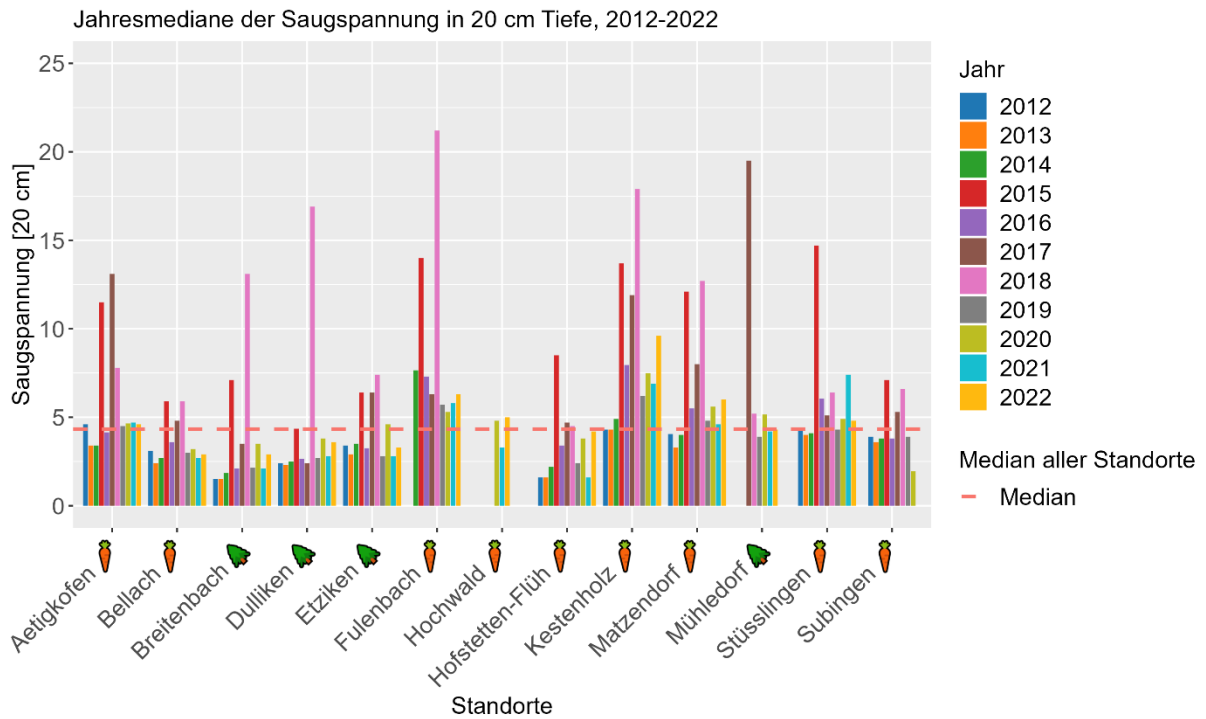


Abbildung 3: Jahresmediane der Saugspannung in 20 cm Tiefe je Standort, 2012 bis 2022

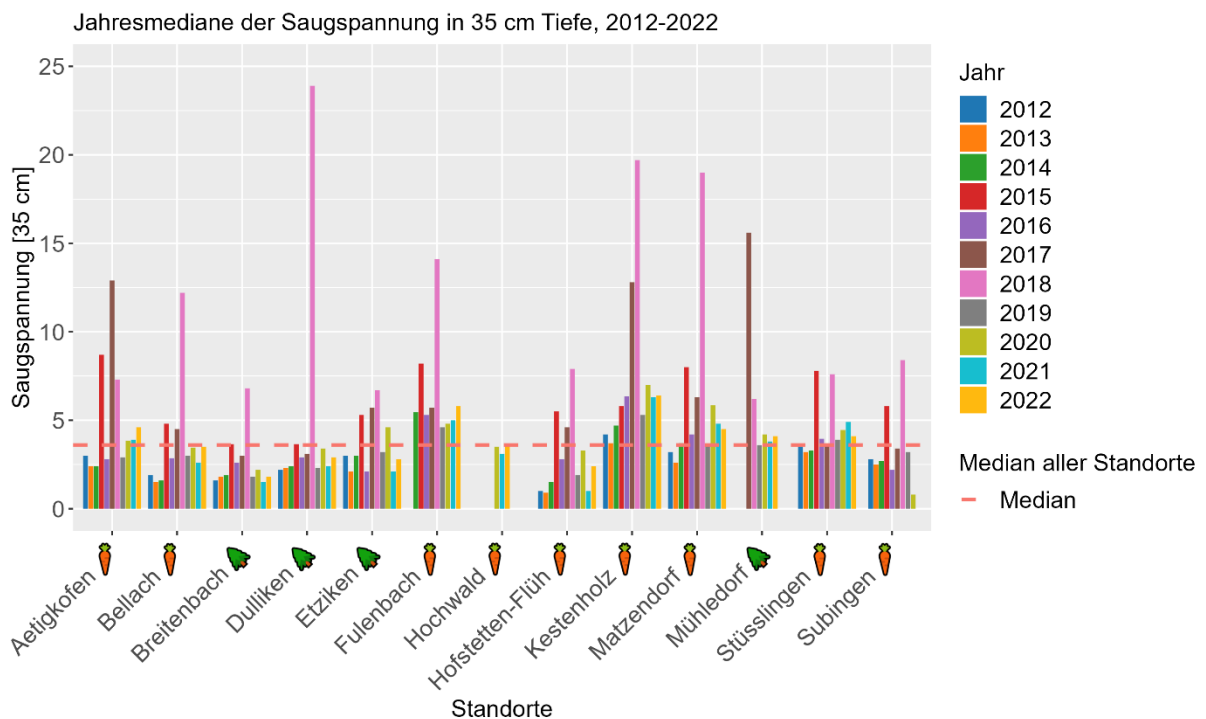


Abbildung 4: Jahresmediane der Saugspannung in 35 cm Tiefe je Standort, 2012 bis 2022

2.2. Überblick über die Jahresverläufe der Witterung und die Reaktionen der Saugspannungen 2012-2022

Die nachfolgenden Abschnitte behandeln die jährliche Witterung und deren Auswirkungen auf die Saugspannung im Kanton Solothurn. Die Daten zur Jahreswitterung stammen aus den Berichten von MeteoSchweiz (MeteoSchweiz, 2012-2022). Grafiken zu den monatlichen Saugspannungscharakteristiken der jeweiligen Standorte sind auf der Seite: afu.so.ch > [Umweltdaten](#) > [Boden/Untergrund/Geologie](#) > [Bodenmessnetz](#) zu finden.

In *Abbildung 1* werden die Kategorien «nass», «sehr feucht», «feucht» und «trocken» bereits eingeführt. Dieser Bericht verwendet hauptsächlich diese vier Begriffe. Die Begriffe mit Anführungszeichen («») beziehen sich auf die Saugspannung und nicht auf die Witterung.

2012

Die Schweizer Jahresmitteltemperatur 2012 lag 1.3 Grad über dem Normwert von 1961-1990. Die Jahresniederschläge brachten einen Überschuss von etwa 10 Prozent im Vergleich zur Norm.

Das Jahr begann sehr winterlich mit überdurchschnittlich viel Schnee in den Bergen und einer massiven Kältewelle im Februar. Der Frühling war extrem warm, sehr sonnig und recht trocken. In den Messstationen spiegelten sich diese Witterungsbedingungen nur teils wieder. Der Sommer kam nur langsam in Fahrt und Hochsommerwetter einschliesslich einer Hitzewelle gab es erst im August. Der Unterboden trocknete an den meisten Standorten entsprechend erst im August über eine längere Zeit vollständig ab. Nach ersten Wintervorboten im Frühherbst mit Schnee bis in mittlere Lagen bescherte der Oktober der Schweiz erst einen prächtigen Altweibersommer, um es gleich darauf bis ins Flachland schneien zu lassen.

Insgesamt war das Jahr 2012 also eher nass, wodurch der Boden meist «nass» war.

2013

Das Jahr 2013 startete trüb, mit anhaltenden winterlichen Verhältnissen bis Ende April und einer Rekord-Sonnenarmut von Januar bis Mai. Die nasse und sonnenarme Witterung spiegelte sich in den Saugspannungswerten wieder, die im Unter- und Oberboden bis Ende Mai kaum über 6 cbar stiegen.

Auf den trübnassen Jahresbeginn folgte ein sonniger und trockener Sommer. Die Böden trockneten in den Monaten Juli, August und September ab. Einzig in Bellach erreichten die Saugspannungen im Unterboden bereits im September keine Werte mehr über 10 cbar.

Ab Oktober stieg dann die Saugspannung im Unterboden auch bei den anderen Standorten kaum mehr über 10 cbar. Nur bei den Waldböden in Breitenbach, Dulliken und Etziken und am eher trockenen Standort in Kestenholz blieb der Unterboden etwas länger «feucht» oder gar «trocken». Nach dem heftigen Wintereinbruch kurz vor Oktobermitte herrschten bis Ende Jahr ausschliesslich «nasse» Bodenverhältnisse.

Wie schon im Vorjahr herrschten im Jahr 2013 eher «nasse» Bodenbedingungen.

2014

Im Gegensatz zu 2013 begann das Jahr 2014 mit einem regenarmen ersten Halbjahr. Darauf folgten ein nasser, kühler und sonnenarmer Hochsommer und ein überdurchschnittlich trockener Herbstbeginn.

Der Frühling 2014 verlief mit Ausnahme vom Mai überdurchschnittlich warm. Entsprechend erreichte die Saugspannung im Unterboden an den meisten Standorten im April die ersten Werte im «feuchten» oder im Fall von Hofstetten-Flüh und Matzendorf im «trockenen» Bereich. In Breitenbach, Etziken, Bellach und am neuen Standort in Mühledorf blieb der Unterboden im April grösstenteils «nass» oder «sehr feucht». Im Juni folgte eine kurze Hitzewelle, weshalb die Saugspannungswerte in diesem Monat an allen Standorten über einen längeren Zeitraum Werte über 20 cbar erreichten. Es folgte ein sehr kühler und nasser Sommer mit einer Rekordsonnenarmut. Vor allem im Juli fiel extrem viel Regen. So lagen die Werte noch im August, mit Ausnahme von Kestenholz, an allen Standorten überwiegend im «nassen» oder «sehr feuchten» Bereich. Dank

des warmen Herbstwetters stieg die Saugspannung im Unterboden im September und Oktober in Aetigkofen, Breitenbach, Matzendorf und Subingen noch einmal für einige Tage über 10 cbar und in Etziken, Fulenbach und Kestenholz trockneten die Böden über 20 cbar ab.

Im Winter waren die Bodenverhältnisse überall «nass».

Insgesamt waren die Böden 2014 an weniger Tagen über 20 cbar abgetrocknet als 2013 und mehrheitlich «nasse» Bodenbedingungen prägten das Jahr.

2015

Der Frühling 2015 war geprägt durch grosse Niederschlagsmengen von Ende April bis anfangs Mai. Innerhalb von sechs Tagen fielen gemäss den Messstationen von MeteoSchweiz im Mittel über die ganze Schweiz rund 100 mm Regen. Dies führte dazu, dass die Bodenfeuchte bei allen Stationen nach einer kurzen Abtrocknungsphase nochmals in den «nassen» Bereich absank und danach nur zögerlich wieder anstieg. Erst gegen Ende Mai trockneten die Böden ab, so dass die Messwerte der meisten Stationen langsam anstiegen. Nach dem sehr regnerischen Frühling folgte der Rekordsommer 2015, welcher als zweitwärmster Schweizer Sommer in die 152-jährige Mess-Geschichte von MeteoSchweiz einging. Der Sommer lieferte verbreitet deutlich unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Im Herbst setzte sich die Niederschlagsarmut fort. Dies widerspiegelte sich in der Bodenfeuchte. Praktisch alle Standorte wiesen von Mitte Juni bis Mitte Oktober und teilweise bis Anfang November «trockene» Bodenverhältnisse auf. Niederschlagsereignisse während dieser Zeit hatten häufig keine Auswirkungen auf die Bodenfeuchte im Unterboden.

Das Jahr 2015 setzte sich deutlich von den drei vorhergegangenen ab und kann als Extremjahr mit überdurchschnittlich vielen «trockenen» Bodenbedingungen gezählt werden.

2016

Winter und Frühling waren sehr regnerisch, was sich in «nassen» Böden, respektive tiefen Saugspannungswerten widerspiegelte. Die Rekord-Niederschläge hielten sich bis in den Juni. Mit Ausnahme der Stationen Fulenbach, Kestenholz und Matzendorf dauerte es bis anfangs Juli, bis die Saugspannungen in den zweistelligen Bereich kamen. Mit dem Juli kam der Sommer und die Saugspannungswerte stiegen an allen Standorten an. Die niederschlagarmen Bedingungen hielten sich bis Oktober. Der Winter erwies sich als zweitwärmster Winter seit den Messungen von MeteoSchweiz und prägte sich durch anhaltendes Hochdruckwetter aus.

Im Vergleich zum Rekordtrockenjahr 2015 zeigten die Auswertungen für 2016 deutlich mehr «nasse» und weniger «trockene» Tage.

2017

Das Jahr 2017 startete mit einem sehr kalten Januar und im allgemeinen trockenen Winter. Der milde Frühling wurde Ende April durch einen Spät-Winter-Einschub gebremst. Es folgte ein sehr warmer Frühling.

Gefolgt von dem milden Frühling setzte sich die Wärme im Sommer fort und bereits im Juni gab es eine fünftägige Hitzewelle. An den meisten Standorten führte der Hitzesommer zu sehr «trockenen» Böden. Gleich wie im Frühling galt dies jedoch nicht für alle Stationen des BMN: SO In Fulenbach und Stüsslingen herrschten auch im Sommer wechselhafte Bodenbedingungen, was auf die regional höheren Niederschlagssummen zurückzuführen war. Der Standort in Gösgen verzeichnete gar die niedrigsten Trocken-Werte über die ganze Messperiode. Nach einem kühlen Herbstanfang wurde es nochmals sonnig und warm. Der Altweibersommer führte mit Ausnahme der vorhin angesprochenen Stationen nochmals zu «trockenen» Böden. Im November kam der Wetterwechsel mit hohem Niederschlag. Auch im Dezember erreichten die Stationen des BMN SO überdurchschnittlich viel Niederschlag.

Das Jahr 2017 lässt sich als Extremjahr einstufen, jedoch nicht an allen Standorten des BMN SO: so traten in Dulliken oder Stüsslingen die überdurchschnittlich «trockenen» Bedingungen nicht ein, und in Fulenbach und Subingen lagen die Saugspannungswerte mehrheitlich in den «feuchtnassen» Bereichen.

2018

Auch das Jahr 2018 zeichnet sich durch unüblich hohe Temperaturen aus. Die Wintermonate waren niederschlagsreich. Der Frühlingsbeginn war noch relativ kühl, im weiteren Verlauf blieb es v.a. im April niederschlagsarm, was sich an den hohen Saugspannungswerten widerspiegelte. An einigen Standorten wie in Bellach, Dulliken, Matzendorf oder Stüsslingen trocknete der Boden über mehrere Tage durchgehend ab. Nachdem schon im Frühling wenig Niederschlag fiel, breitete sich die Regenarmut auch im Sommer aus. Niederschlagsarm ging es auch im Herbst auf der Alpennordseite weiter. Erst anfangs Winter kam es wieder vermehrt zu Niederschlägen.

Die andauernden hohen Temperaturen und niederschlagsarmen Perioden im Jahr 2018 führten zu den durchwegs überdurchschnittlich vielen Tagen mit «trockenen» Bodenbedingungen.

2019

Der Jahresbeginn zeichnete sich durch kalte Temperaturen aus. Ein kräftiges Atlantikhoch mit einem Tiefdruckgebiet über Nordeuropa brachte kalte und feuchte Luft in die Schweiz mit lokal massiven Neuschneeereignissen.

Schweizweit blieb es nach den Messungen von MeteoSchweiz lokal niederschlagsarm. An den Standorten des BMN SO brachte der Frühling reichlich Niederschlag, was sich auch in den tiefen Saugspannungswerten widerspiegelte. Ähnlich wie in den Jahren zuvor lieferte der Sommer 2019 konstante hohe Temperaturen und eine einwöchige Hitzewelle. Trotz des trockenen Septemberbeginns fiel ab Oktober wieder mehr Niederschlag, was sich auch an den «nassen» Böden im BMN SO zeigte. Im Winter blieb es regnerisch.

Trotz eines Hitzesommers verzeichnete das Jahr 2019 nicht mehr so viele Trockentage wie beispielsweise das Vorjahr.

2020

Das Jahr startete mit dem mildesten Winter seit Messbeginn 1864 (MeteoSchweiz). Nach dem extrem milden Winter stiegen die Temperaturen stetig an und der Frühling erwies sich als drittwärmster seit 1864. Die warmen Temperaturen und tiefen Niederschlagssummen im Frühling führten zu überdurchschnittlich hohen Saugspannungswerten im April.

Der Sommer 2020 brachte wie in den vorangehenden Jahren Hitzewellen, jedoch im Vergleich zu vorherigen Jahren moderater. Auch der Herbstbeginn brachte weiter schönes warmes Wetter und der Niederschlag blieb in den meisten Regionen aus. Gegensätzlich dazu erwies sich der Oktober als kühl und niederschlagsreich. Starkniederschläge gekoppelt mit teils orkanartigen Südwinden führten in manchen Regionen gar zu Rekordmengen. Im Winter blieb es in den Böden des BMN SO «nass».

Der niederschlagsreiche Spätherbst und Winter relativierte das sonst sehr «trockene» Jahr.

2021

Das Jahr startete mit mildem Wetter, wobei vor allem zum Ende des Februars Rekordtemperaturen verzeichnet wurden. Zudem galt der Januar als sehr niederschlagsreich. Im Vergleich zu dem warmen Februar, kühlte es im Frühling deutlich ab. Ausserdem kam es nach den eher trockenen Frühlingsmonaten im Mai wieder zu kräftigen Niederschlägen. Im Vergleich zu den letzten Jahren war der Sommer 2021 deutlich nasser, was sich auch mit tiefen Saugspannungswerten an den Standorten des BMN SO widerspiegelte. Die enormen Regenmengen führten teilweise zu Hochwasser und Überschwemmungen. Über alle Herbstmonate hinweg fiel schweizweit wenig Niederschlag, was zu einem nochmaligen Anstieg der Saugspannungen in den Herbstmonaten führte.

Ende November fiel Neuschnee bis ins Flachland. Zum Jahresende stiegen die Temperaturen wieder an und es regnete stark.

Insgesamt prägte sich das Jahr 2021 durch die Niederschläge, v.a. im Sommer, mit wenigen «trockenen» Bodenbedingungen

2022

Das Jahr 2022 erwies sich, als überdurchschnittlich warmes Jahr und setzt den Erwärmungstrend deutlich fort. Der Winter verlief schweizweit milde mit wenig Niederschlag im Januar.

Der Frühling zeichnete sich durch einen extrem warmen Mai und viel Sonnenschein in der gesamten Schweiz aus. Die Niederschlagssummen lagen gegenüber der Norm in allen Teilen der Schweiz tief (MeteoSchweiz), was sich auch an den Standorten des BMN SO mit «trockenen» Bodenbedingungen im Mai widerspiegelte.

Der Sommer erwies sich als zweitwärmster seit Beginn der Messungen 1864 von MeteoSchweiz. Es kam zu vielen Hitzetagen und lokal wurden beinahe der Rekord von 50 Hitzetagen aus dem Sommer 2003 geschlagen. Zudem gab es periodenweise lange Trockenzeiten.

Nördlich der Alpen regnete es im Herbst überdurchschnittlich viel, an den Standorten des BMN SO wurde überdurchschnittlich viel Niederschlag im September gemessen. Der Regen hatte aber an den meisten Standorten einen geringen Einfluss auf die Saugspannung und die Werte blieben v.a. im Unterboden im «trockenen» Bereich. Im Winter blieb es mehrheitlich regnerisch.

Im Jahr 2022 führte der regenarme Sommer zu einer hohen Anzahl an Tagen mit «trockenen» Bedingungen. An einigen Standorten eine ähnlich hohe Anzahl an Trockentagen wie in den Jahren 2015 oder 2018 festgestellt wurde (z.B. in Breitenbach im Unterboden).

2.3. Jahresverlauf Luft- und Bodentemperaturen

Die beiden Diagramme in *Abbildung 5* und *Abbildung 6* veranschaulichen die Temperatur-Charakteristika am Beispiel des Jahres 2013.

Abbildung 5 zeigt links die Charakteristiken der Lufttemperaturen aller Standorte, in der Mitte die Bodentemperaturen in 20 cm Tiefe rechts die Bodentemperaturen in 35 cm Tiefe. Das Jahr 2013 ist exemplarisch ausgewählt worden: Da es sich um ein Jahr mit viel Niederschlägen handelt, sind die Unterschiede zwischen den Landnutzungen Wald und Landwirtschaft in diesem Jahr entsprechend gross.

Über den Zeitraum 2012 bis 2022 hinweg zeigen die Stationen ähnliche Lufttemperaturen, wobei die Jahresmittelwerte zwischen 8.9 und 11.2 °C variieren. Der linke Graph in *Abbildung 5* verdeutlicht, dass keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Standorten bezüglich der Lufttemperaturen feststellbar sind. Die Böden reagieren hingegen unterschiedlich.

Die Bodentemperaturen in 20 cm Tiefe sind zwischen 2012 und 2022 nicht unter 0 °C gefallen. Einzige Ausnahme sind vier Tage im März 2012 in Bellach, im extrem kalten Winter 2012. Im Vergleich zu den Lufttemperaturen ist dieser Unterschied auffällig. In den Wintermonaten liegt die Lufttemperatur wiederholt für längere Perioden im negativen Bereich. Direkt an der Oberfläche gefrieren in der Folge die Böden. Der Bodenfrost reicht jedoch in den Solothurner Böden kaum je bis in die Tiefe von 20 cm.

Je nach mildem oder kaltem Winter beginnt der Temperaturanstieg in den Böden im Frühling früher oder später. Im Allgemeinen überschreiten die Bodentemperaturen der Standorte im BMN SO in 20 cm Tiefe Anfang bis Mitte März die 5 °C-Marke – also etwa dann, wenn die Vegetationsperiode beginnt. Ausnahmen bilden die Jahre 2013 und 2018, wo diese Marke erst im April bzw. bereits Mitte Februar überschritten worden ist.

Die Schwankungen der Bodentemperaturen im Jahresverlauf nehmen mit zunehmender Tiefe ab und sind immer weniger ausgeprägt als diejenigen der Lufttemperaturen. Diese Tatsache ist in der Übersicht aller Standorte in *Abbildung 5* gut ersichtlich. In *Abbildung 6*, die den Jahresverlauf von 2013 von Kestenholz zeigt, ist dies noch besser zu sehen. Z. B. steigt die Lufttemperatur (blaue Linie) im Januar zwischendurch stark an, während bei den Bodentemperaturen (rot: Oberboden, grün: Unterboden) dieser Anstieg kaum ersichtlich ist. Die Bodentemperaturen reagieren tendenziell auf langfristige Trends. Für kurzfristige Schwankungen der Bodentemperatur braucht es starke Kälte- oder Wärmeeinbrüche, wie z.B. der Kälteeinbruch Ende Juli 2013. Vom 28.07.2013 -29.07.2013 ist die Lufttemperatur um 6.2 °C gesunken, während im Oberboden die Bodentemperatur um 2.5 °C abgenommen hat. Im Unterboden ist die Bodentemperatur lediglich um 0.8 °C gesunken.

Unterschiede im Verhalten der Bodentemperaturen zeigen sich auch zwischen Wald- und Landwirtschaftsstandorten: Die Bodentemperaturen im Wald zeigen geringere Jahresschwankungen (*Abbildung 5*, Mitte und rechts). und die Jahresmittel der Bodentemperaturen im Wald sind während allen Messjahren tiefer als in den Wiesen-Standorten. Wiesenböden erwärmen sich in den Frühlings- und Sommermonaten schneller als Böden im Wald, denn die Bäume spenden Schatten und reflektieren einfallende Sonnenstrahlen. Im Herbst und Winter verhält es sich umgekehrt: Wiesenböden verlieren die Wärme schneller als Waldböden, wo wohl die isolierende Laubschicht die Bodentemperaturen stabilisiert. Somit weisen Böden, die mit Gras bewachsen sind, sowohl im Sommer als auch im Winter höhere Extremtemperaturen auf.

Auf die Unterschiede zwischen Landwirtschafts- - und Wald-Standorte wird im 3.4 näher eingegangen.

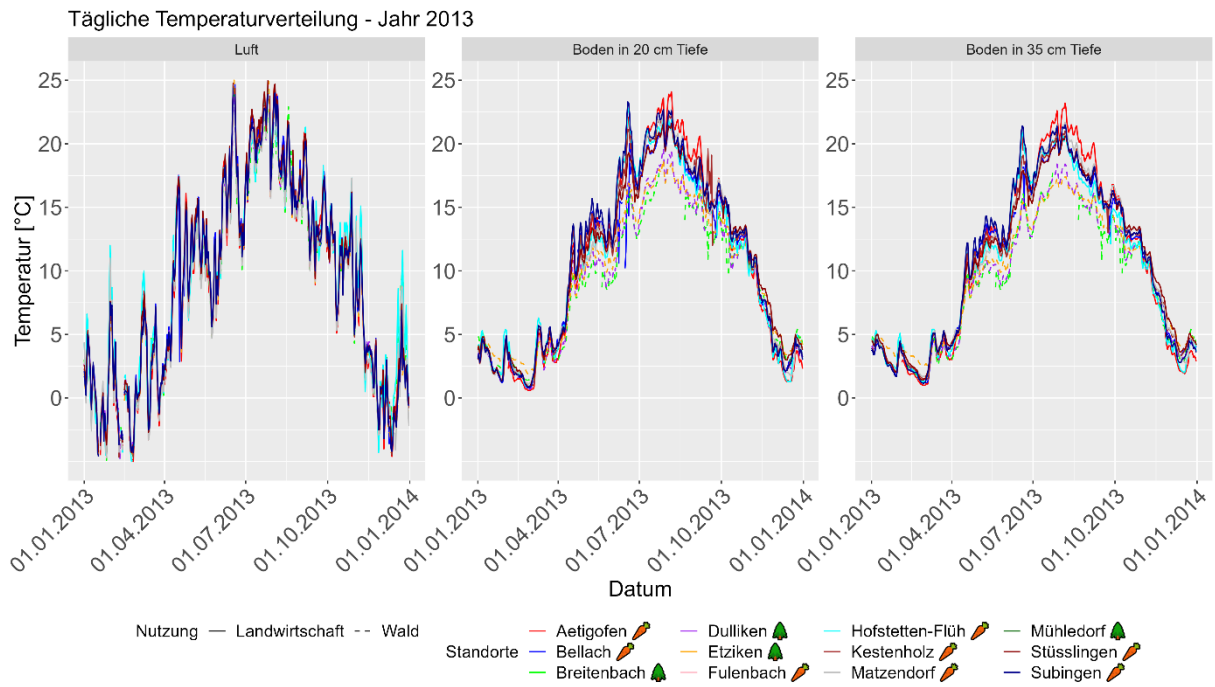


Abbildung 5: Boden- und Lufttemperaturen je Standort für das Jahr 2013

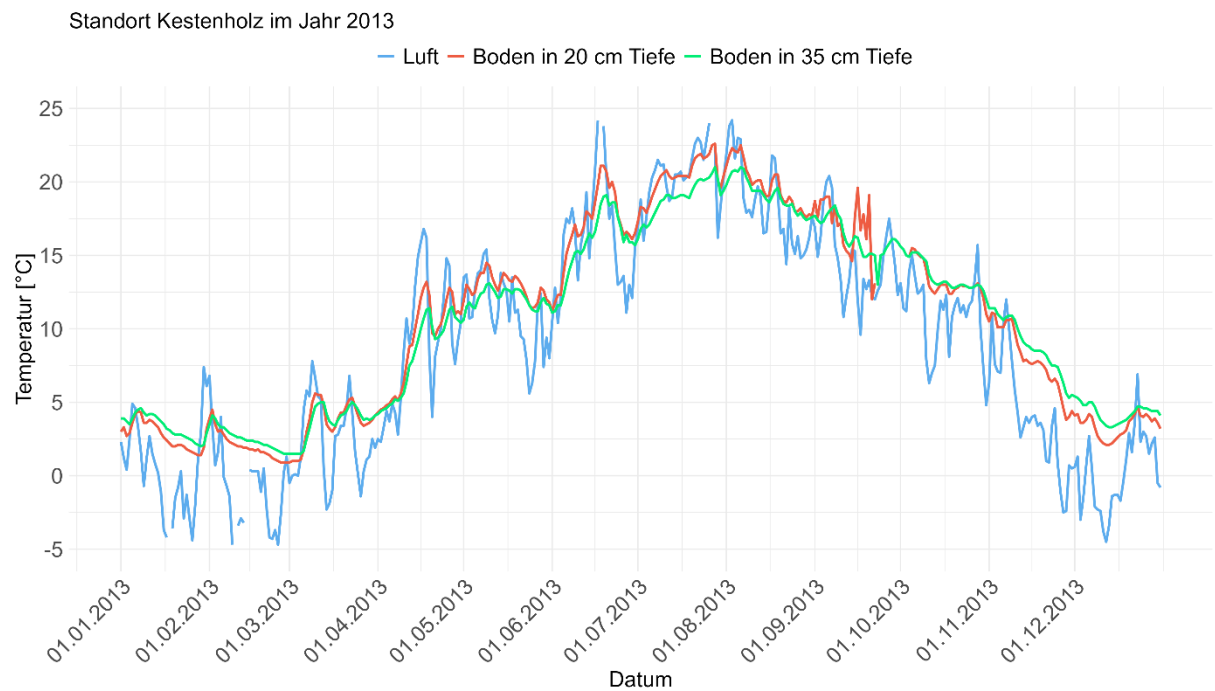


Abbildung 6: Boden- und Lufttemperaturen für das Jahr 2013 am Standort Kestenholz

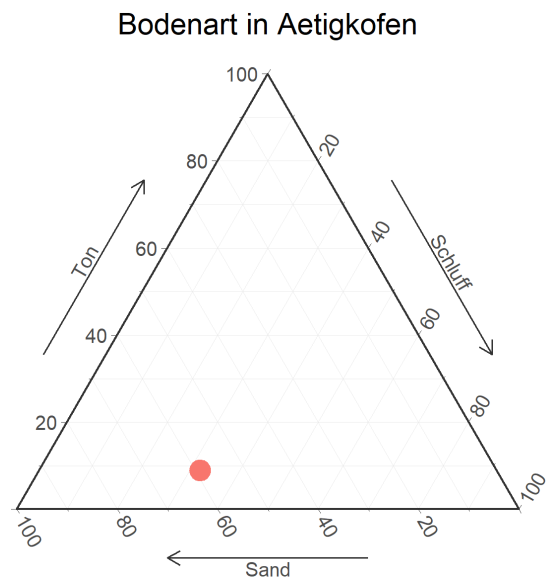
2.4. Auswertung der Saugspannungswerte für die Jahre 2012-2022

Die nachfolgenden Kapitel betrachten den Jahresverlauf der Saugspannungswerte für die einzelnen Standorte in den Jahren 2012 bis 2022 und fassen die wichtigsten standortbezogenen Erkenntnisse zusammen. In den Abbildungen sind jeweils pro Jahr die Anzahl Tage mit Saugspannungswerten in den vier Bodenfeuchtekategorien «nass», «sehr feucht», «feucht» und «trocken» für den Ober- und den Unterboden dargestellt.

Die detaillierten Jahres-Statistiken der einzelnen Standorte sind auf der Webseite des Amtes für Umwelt publiziert: afu.so.ch > [Umweltdaten](#) > [Boden/Untergrund/Geologie](#) > [Bodenmessnetz](#)

2.4.1. Aetigkofen

Nutzung:	Wiese
Kurzcharakterisierung Boden:	Parabraunerde schwach pseudogleyig, sauer, verdichtet, labil aggregiert, lehmreicher Sand
Topographie:	Flachhang
Koordinaten / Höhe über Meer:	601870, 219372 / 601 m
Geologie:	Moräne (Würm)
Klimazone:	Futterbau und Ackerbau (B3)
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit	82 (von max. 100) / 74 cm
Landwirtschaftliche Nutzungseignung:	Uneingeschränkte Fruchtfolge 2. Güte



Im ersten Messjahr 2012 wurden im Oberboden bereits im Februar zweistellige Saugspannungswerte gemessen. Der Unterboden hingegen blieb lange «nass»: erst Ende Juni kletterten die Werte über 10 cbar, im Juli gab es einige Tage mit einer Saugspannung von >20 cbar, im August gab es eine längere «trockene» Phase. Die Abtrocknung der Böden erfolgte im Unterboden an einigen Tagen im Juli sowie den grössten Teil des Augusts.

Mit dem Ausfall bis in den Februar 2013 liegen keine Daten für den Jahresbeginn vor. Bis Ende Mai herrschten sehr «nasse» Bedingungen, was mit den sonnenarmen, nassen Witterungsbedingungen zu erklären ist. Die Böden trockneten in den sonnigen Sommermonaten ab. Im September nahm die Saugspannung wieder ab und die Werte kamen nicht mehr über 6 cbar.

2014 vermochte die Saugspannung im Unterboden bereits im April über 10 cbar zu steigen. Im Juni gab es eine längere Trockenphase. Der Sommer brachte viel Niederschlag und die Böden waren durchgehend «nass». Im September und Oktober trockneten die Böden noch einmal ab, mit vereinzelt Werten über 20 cbar.

Im Hitzejahr 2015 war der Boden in Aetigkofen bereits im Juni komplett abgetrocknet (>20 cbar im Ober- und Unterboden) und blieb bis in den Spätherbst «trocken». So sank die Saugspannung erst ab Ende November wieder ab.

Der nasse Frühling mit Rekordniederschlägen führte 2016 zu einer langen «nassen» Phase, die bis in den Sommer andauerte. Erst Ende Juli stieg die Saugspannung im Oberboden erstmals auf über 20 cbar, im Unterboden sogar erst Mitte August. Im September und Oktober gab es dann wieder vereinzelt Niederschläge, die den Boden aber nicht zu durchnässen vermochten – es blieb überwiegend «feucht» bis «trocken». Erst mit einem grösseren Niederschlagsereignis (34 mm) Ende Oktober fielen die Saugspannungswerte in den «nassen» Bereich, wo sie dann bis Ende Jahr blieben.

Im Hitzejahr 2017 trocknete der Boden bereits im April ab. Die Niederschläge Ende April vermochten den Unterboden nochmals zu durchnässen. Ab Ende Mai hielt die Trockenheit aber weitgehen bis in den November an. Nur nach einzelnen starken Niederschlagsereignissen sank die Saugspannung wieder unter 20 cbar. Sie blieb aber zumindest im Unterboden jeweils über 10 cbar und die Böden trockneten innerhalb wenigen Tagen wieder ganz ab. In keinem anderen Jahr gab es in Aetigkofen im Oberboden so viele Trockentage (>20 cbar).

2018 zeigte sich ein ähnliches Bild wie 2017: Bereits im April wurden Werte mit über 20 cbar gemessen. Allerdings vermochten die starken Niederschläge den Boden bis in den Unterboden zu durchnässen. Mitte Mai bis in den Juni fiel die Messung aus. Wahrscheinlich waren aufgrund der «trockenen» Bedingungen die Tensiometer leergelaufen. Erst ab dem Dezember erreichte der Boden wieder Werte im «nassen» Bereich.

Das Jahr 2019 startete wieder «nasser». An vereinzelt Tagen stieg die Saugspannung im Unterboden auf 6 oder gar 10 cbar. Bis zur vollständigen Abtrocknung (>20 cbar) dauerte es aber bis in den Juli. Es fielen jedoch zum Sommerende hin reichlich Niederschläge, sodass der Boden nicht bis in den Herbst durchgehend «trocken» war. Ab Oktober sanken die Saugspannungswerte unter 6 cbar und der Boden blieb «nass» bis zum Jahresende.

2020 gestaltete sich mit vielen Trockenperioden und kurzen Nassphasen von Frühling bis Herbst sehr durchzogen. Bereits im April kam es zu einer längeren Trockenperiode. Durch die vielen Niederschlagsereignisse sanken die Saugspannungswerte immer wieder in den «feucht-nassen» Bereich. Erst Ende Juli gab es eine längere Trockenphase, die bis Ende September hielt. Dann fiel die Saugspannung aufgrund mehrerer Niederschlagsereignisse im Unterboden schnell, im Oberboden leicht verzögert in den «nassen» Bereich.

Nach dem kalten Winter und vielen Schneefall war auch der Sommer 2021 äusserst niederschlagsreich, was sich in den tiefen Saugspannungswerten und wenigen Trockentagen widerspiegelte. Erst im September konnte der Boden über längere Zeit abtrocknen, ehe anfangs November die Werte wieder dauerhaft unter die 6 cbar-Grenze sanken.

Das Jahr 2022 begann mit viel Niederschlag im Frühling und durchgehend tiefen Saugspannungswerten. Mitte Mai trocknete der Boden ab, was sich bis in den Juli hielt, ehe für kurze Zeit «feuchte» Bedingungen herrschten. Den Rest des Sommers blieb «trocken», bis Ende August die Werte stark sanken. Im September trocknete der Boden nochmals ab, ehe im Oktober bis Jahresende der Boden konstant Werte im «nassen» Bereich aufzeigte.

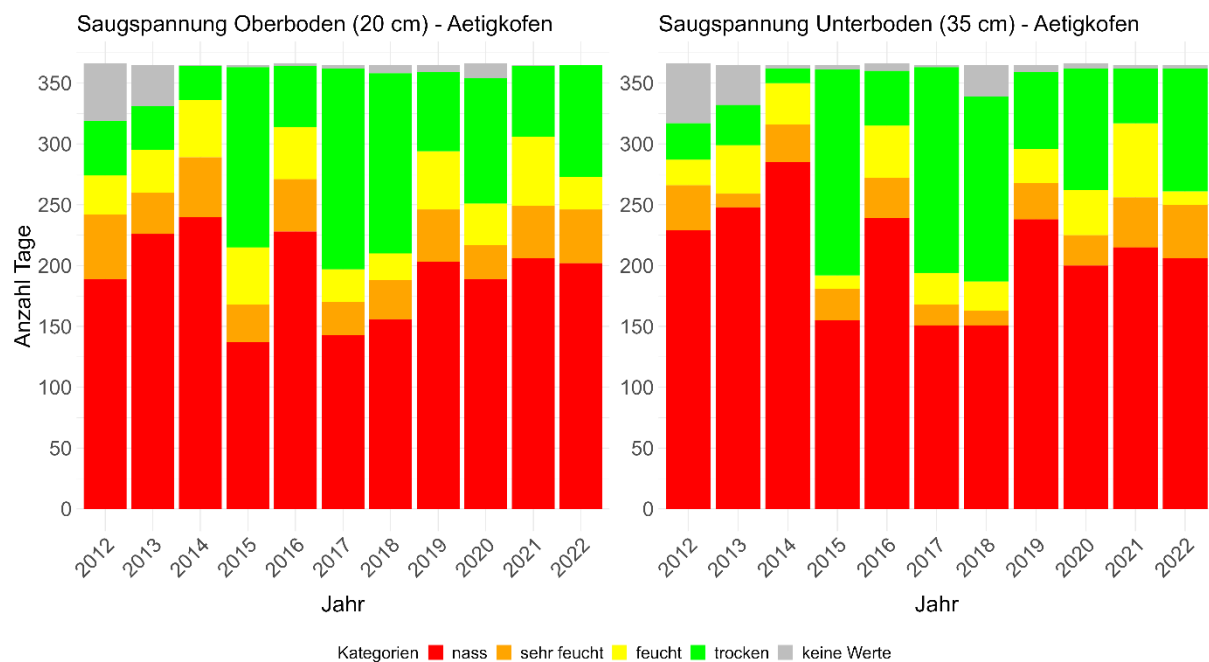
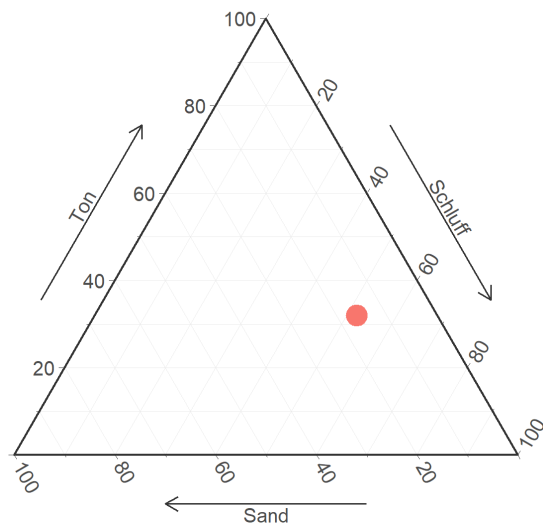


Abbildung 7: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Aetigkofen

2.4.2. Bellach

Nutzung:	Wiese
Kurzcharakterisierung Boden:	Braunerde-Gley stark gleyig, grundnass, alkalisch, toniger Lehm über Lehm
Topographie:	Ebene
Koordinaten / Höhe über Meer:	603887, 228387 / 430 m
Geologie:	Alluvionen, Torf
Klimazone:	Futterbau begünstigt (A4)
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	57 (von max. 100) / 37 cm
Landwirtschaftliche Nutzungseignung:	Futterbau bevorzugt; Ackerbau stark eingeschränkt

Die Messresultate in Bellach verdeutlichen die Bodenart in Bellach



dort zu erwartenden «nassen» Bodenverhältnisse. Die Saugspannung im Unterboden stieg 2012 nur von Mai bis September über den «nassen» Bereich (0-6 cbar). Im August blieben die Messwerte im Unterboden praktisch den ganzen Monat im «trockenen» Bereich.

Wie bereits im Jahr 2012 zeigten auch die Saugspannungswerte von 2013 und 2014 in Bellach eher «nasse» Bodenverhältnisse. Im Jahr 2013 trocknete der Unterboden nur für rund eine Woche im Monat Juli vollständig ab. Der Oberboden blieb rund eine Woche länger und für zwei Tage im August «trocken». Ab Oktober stieg die Saugspannung nicht mehr über 6 cbar.

Im Frühling 2014 war der Boden in Bellach aufgrund der trockenen Witterung weniger «nass» als im Jahr zuvor. Im Unterboden stiegen die Saugspannungswerte an manchen Tagen über 6 cbar. Der Oberboden vermochte im April fast ganz abzutrocknen. Im Juni herrschten während mehrerer Tage «trockene» Bodenverhältnisse. Während den niederschlagsreichen Sommermonaten Juli und August blieb der Boden durchgehend «nass» und erreichte erst im September noch einmal Saugspannungswerte über 6 cbar. Im Oberboden trocknete der Boden in den Monaten September und Oktober für einige Tage ab.

Auch während des trockenen Sommers 2015 gehörte der Boden in Bellach zu den «nassen» Standorten. Der Unterboden trocknete erst (ausser an zwei Tagen) ab Anfang Juli ab, erreichte dann aber Saugspannungswerte über 20 cbar. Im Herbst sanken die Saugspannungsmesswerte im Vergleich zu der nahegelegenen Station Aetigkofen früher ab.

Im Jahr 2016 trocknete der Boden im Oberboden erst anfangs Juli, respektive im Unterboden anfangs September, ab. Im Oktober dauerte die Trockenperiode jedoch länger an als noch im Jahr zuvor.

Das Hitzejahr 2017 war auch an den Saugspannungswerten des Bellacher Standort zu sehen. Ab dem April stiegen die Werte zuerst im Ober- und dann auch im Unterboden über 20 cbar. Die «trockenen» Bedingungen, mit vereinzelt Niederschlagsereignissen und den folglich kurzen Nassperioden, hielten bis in den Herbst an. Während den Monaten September und Oktober blieb der Unterboden sogar durchgehend «trocken» und nur der Oberboden wurde nach den kleineren Niederschlägen «nass». Zudem blieb der Unterboden bis in die erste November-Woche «trocken», ehe die Saugspannung bis zum Jahresende unter 6 cbar sank.

Ähnlich wie im Vorjahr erwies sich das Jahr 2018 als sehr «trocken». Bereits Ende April Anfang Mai stiegen die Werte auf über 20 cbar. Von August bis Oktober hielten sich die Saugspannungswerte konstant über 20 cbar, sowohl im Ober- als auch im Unterboden. Erst Mitte November, im Unterboden gar erst Anfang Dezember, sanken die Werte in den «nassen» Bereich. Das Jahr 2018 war sogar das «trockenste» Jahr in Bellach während der gesamten Messperiode.

Im Jahr 2019 blieb der Boden den Frühling hindurch «nass» bis «sehr feucht», ehe Ende Juni die ersten Werte in den «trockenen» Bereich stiegen. Im Sommer blieb insbesondere der Unterboden dank den heißen Temperaturen über längere Perioden «trocken». Ab Ende September (Oberboden) bzw. Anfang Oktober (Unterboden) blieben die Saugspannungswerte konstant im «nassen» Bereich.

Nach dem milden Winter 2020 stiegen die Werte bereits im April auf über 20 cbar, sanken aber nach Niederschlagsereignissen immer wieder in den «nassen» Bereich. Im Sommer vermochten die Niederschläge nur den Oberboden zu nassen. Der Unterboden blieb im Juli und August «trocken». Ab Ende September blieb es bis ans Jahresende «nass».

Das Jahr 2021 zeigte sich deutlich «nasser» im Vergleich zum Vorjahr. Da es im Frühling niederschlagsarm war, trocknete zumindest der Oberboden schon früh im April kurze Zeit ab. Aufgrund der vielen Niederschläge ab Mai gab es keine längere Trockenperiode im Sommer. Erst im Herbst nahmen die Niederschläge ab und der Boden war im September über mehrere Tage «trocken». Im Oktober blieb es immerhin «feucht» bis Ende Monat die Saugspannung wieder in den Bereich <6 cbar sank.

Im Jahr 2022 dauerte es bis Mitte Mai, ehe die Werte über 20 cbar stiegen. Die starken Niederschläge im Frühsommer vermochten den Boden wieder tageweise ganz zu durchfeuchten bzw. zu durchnassen. Ab Mitte Juli bis Anfang September blieb der Unterboden dann «trocken». Ab dem August lagen die Werte im Oberboden im «nassen» bis «sehr feuchten» Bereich. Im Gegensatz dazu blieb der Unterboden während des ganzen Augusts «trocken». Mitte September sanken die Werte unter 6 cbar. Da der Herbst sehr nass war, blieb auch der Boden «nass».

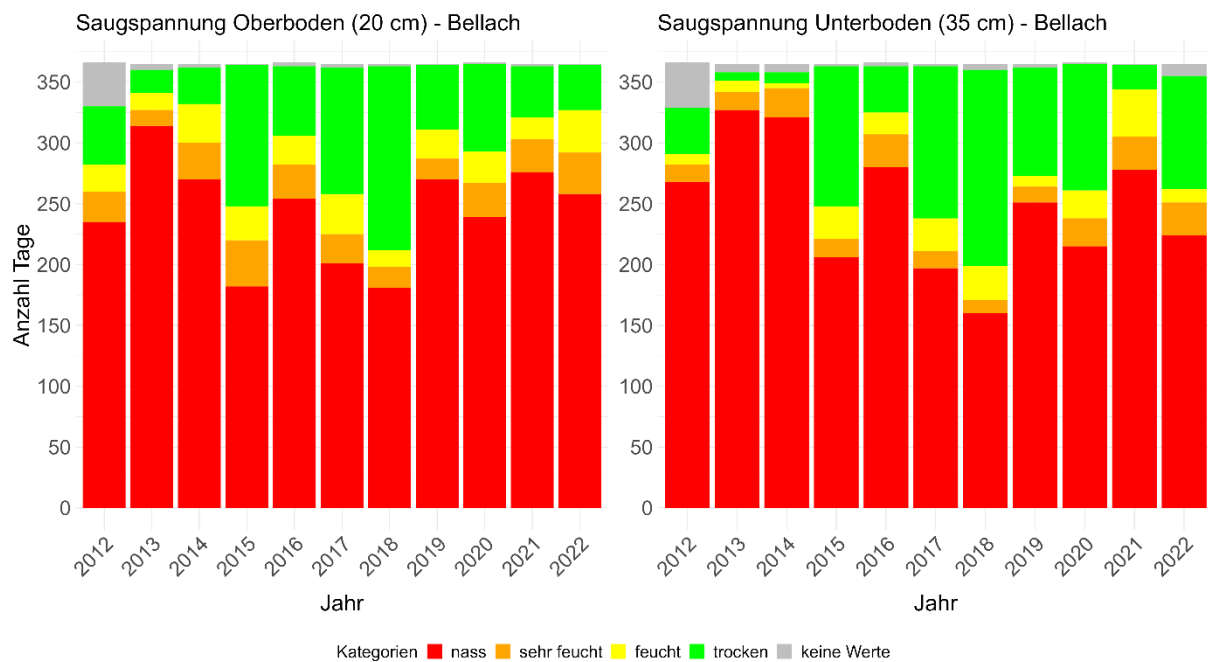
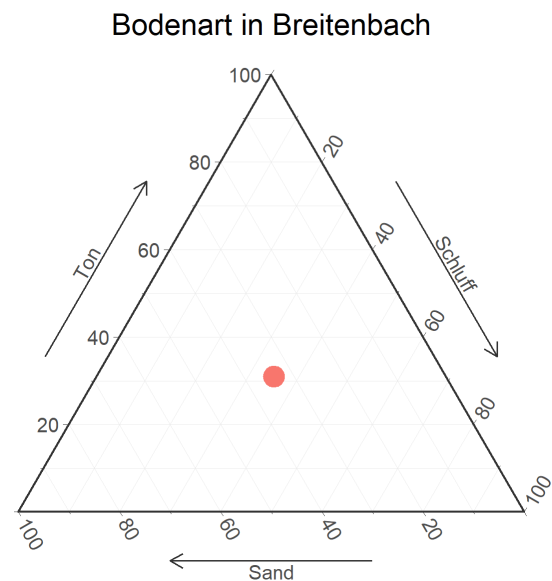


Abbildung 8: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Bellach

2.4.3. Breitenbach

Nutzung:	Wald
Kurzcharakterisierung Boden:	Braunerde-Pseudogley stark pseudogleyig, stark sauer, tonhüllig, Lehm über lehmigem Ton
Topographie:	Flachhang
Koordinaten / Höhe über Meer:	608893, 251067 / 485 m
Geologie:	Moräne (Riss), Mergel
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	73 (von max. 100) / 56 cm
Pflanzensoziologische Einheit:	Waldmeister-Buchenwald (7a)



Im Jahr 2012 blieb der Boden in den ersten Monaten konstant «nass». Einzig ab dem Mai trocknete zumindest der Oberboden bis in den August gelegentlich für wenige Tage ab. Im Unterboden stieg die Saugspannung das ganze Jahr hindurch nie über 20 cbar an.

Bis Ende Mai 2013 blieb der Boden durchgehend «nass». Der trockene Sommer führte ab Juni zu einer längeren Periode mit mehrheitlich «trockenen» Bodenverhältnissen, die bis in den Oktober anhielten. Ab Mitte Oktober sank die Saugspannung wieder unter 6 cbar.

Trotz dem trockenen ersten Halbjahr blieb die Saugspannung 2014 bis Ende Mai durchgehend tief. Erst Anfang Juni trocknete der Unterboden für rund einen Monat ab. Aber bereits ab Mitte Juli wurde, aufgrund der häufigen Niederschläge, der Boden wieder komplett durchnässt. Erst im Frühherbst wurden die Niederschläge seltener und die Saugspannungen stiegen etwas an. Der Oberboden vermochte an einigen Tagen sogar ganz abzutrocknen. Anfang Oktober regnete es wieder mehr. Der Boden wurde und blieb «nass» bis zum Jahresende.

Im Frühling 2015 trockneten sowohl der Oberboden wie auch der Unterboden nur sehr langsam ab. Eine starke Trockenheit hielt ab dem Juli bis spät in den November an.

Ähnlich wie im Vorjahr trocknete der Waldboden 2016 ab dem Juli ab, blieb dann bis in den November fast durchgehend «trocken». Jedoch dauerte es in diesem Jahr länger bis erste Werte im «trockenen» Bereich gemessen wurden. Im Mai und Juni blieb es mehrheitlich «nass».

Das Hitzejahr 2017 war wie 2015 ein Hitzejahr mit einer langen Trockenperiode. Im Oberboden blieb es «nass» bis in den Mai, im Unterboden gar bis in den Juni. Ab Juli trocknete der Unterboden bis Mitte November ab, ehe wieder «nasse» Verhältnisse einsetzten.

2018 war noch trockener als die Trockenjahre zuvor und brach mehrere Messrekorde. Die Trockenperiode im Jahr 2018 erstreckte sich im Unterboden ab Ende Juni bis Anfang Dezember. Es wurden die wenigsten Tage mit Messwerten unter 6 cbar gemessen («nass») und die meisten Tage mit Messwerten über 20 cbar («trocken»).

Der nasse Frühling 2019 führte dazu, dass die Saugspannung erst im Juni auf über 20 cbar stieg. Die Trockenphase beschränkte sich auf die Sommermonate und den grössten Teil des Oktobers.

2020 war wiederum ein Jahr mit vielen Trockentagen. Im Oberboden stieg die Saugspannung bereits Mitte April/Anfang Mai für einige Tage in den «trockenen» Bereich. Sogar der Unterboden war Anfang Mai für einen Tag «trocken». Von Juli bis Ende Oktober blieb es im Oberboden und auch – ausgenommen einzelner Tage – im Unterboden durchgehend «trocken».

Im Jahr 2021 folgte auf den milden Winter ein kühler und regnerischer Frühling. Dies war auch an den Saugspannungswerten in Breitenbach erkennbar. Erst in der zweiten Jahreshälfte begann der Boden erstmals abzutrocknen. Auch die Sommermonate blieben vorerst regnerisch, so dass

der Boden erst Mitte/Ende August für längere Zeit abtrocknete. Im Herbst war es dann aber für lange Zeit «trocken»: Erst Ende November (Oberboden) bzw. Anfang Dezember (Unterboden) wurde der Boden wieder «nass».

2022 stieg die Saugspannung früher in den «trockenen» Bereich. Ab Mai bis November war der Boden mehrheitlich «trocken». Nur nach intensiven Sommerniederschlägen sank die Saugspannung v.a. im Oberboden, manchmal auch im Unterboden, in den «feuchten» bis «nassen» Bereich, stieg aber jeweils wieder schnell an. Ab Mitte November sank die Saugspannung wieder in den «nassen» Bereich.

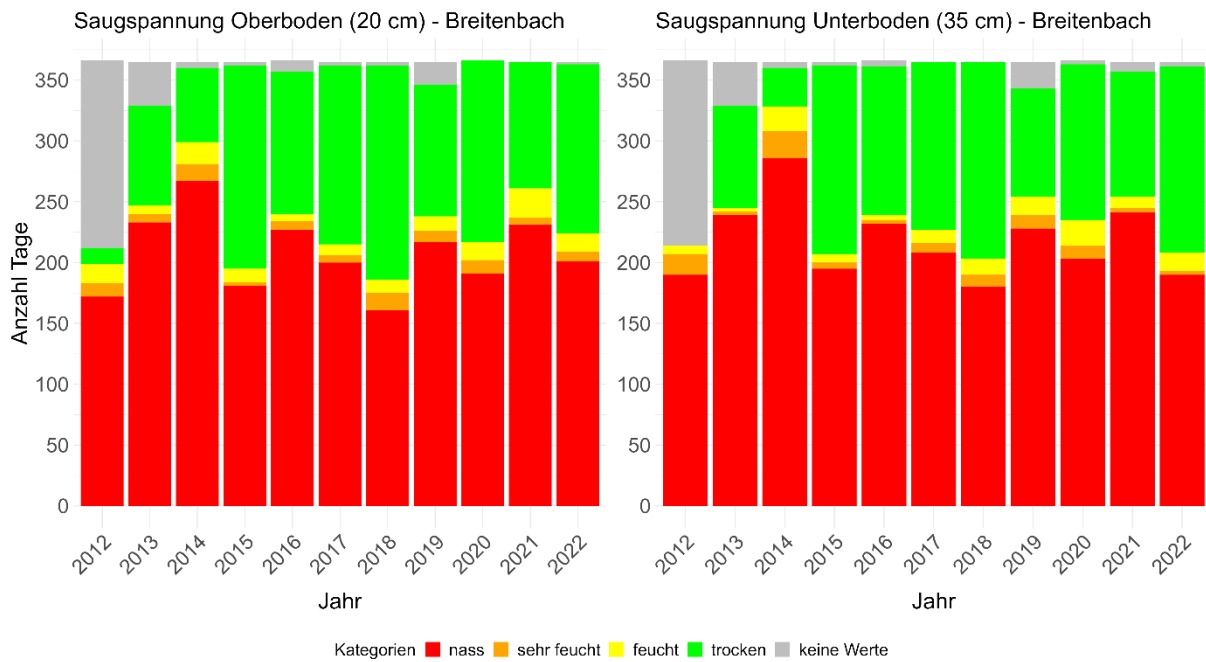
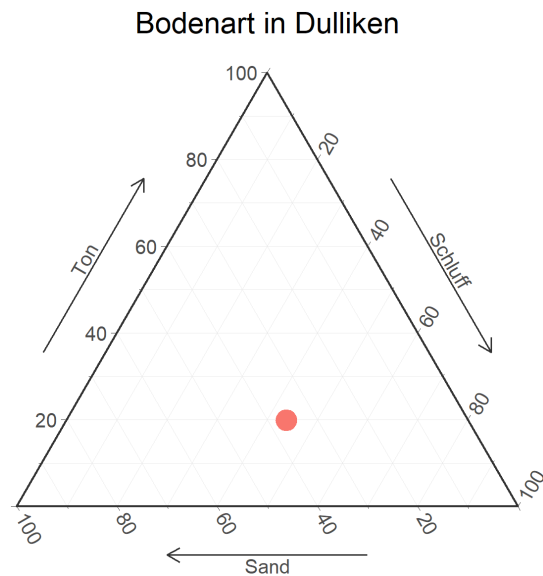


Abbildung 9: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Breitenbach

2.4.4. Dulliken

Nutzung:	Wald
Kurzcharakterisierung Boden:	Braunerde-Pseudogley pseudogleyig, gleyig, stark sauer, tonhüllig, Lehm bis sandiger Lehm
Topographie:	Hangfuss
Koordinaten / Höhe über Meer:	639242, 243778 / 415 m
Geologie:	Kolluvionen, Schotter
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	90 (von max. 100) / 91 cm
Pflanzensoziologische Einheit:	Waldmeister-Buchenwald m. Lungenkraut, Ausbildung m. Wald-Ziest (7g)



Auch in Dulliken trocknete der Boden im ersten Messjahr 2012 erst spät ab. Im Oberboden stieg die Saugspannung erst Ende Mai, im Unterboden gar erst Ende Juni erstmals über 20 cbar. Den ganzen Sommer hindurch gab es keine längere Trockenperiode und die Saugspannung fiel immer wieder unter 10, häufig sogar unter 6 cbar. Nach dem starken Niederschlag Ende August blieb der Boden bis Ende Jahr durchgehend «nass».

Im Jahr 2013 stieg nach dem «nassen» Frühling die Saugspannung Ende Juni das erste Mal über 20 cbar. Die mehrheitlich «trockenen» Bodenverhältnisse hielten bis Mitte September an. Im Oktober stieg die Saugspannung im Unterboden noch während rund zwei Wochen über 10 cbar. Mitte Oktober wurde und blieb es «nass».

Das Jahr 2014 startete trockener als die Vorjahre und so erreichte die Saugspannung bereits im April und Mai für mehrere Tage Werte über 6 (Unterboden) bzw. sogar über 10 cbar (Oberboden). Im Gegensatz zum Vorjahr trocknete der Boden nur im Juni und Anfang Juli über mehrere Tage hinweg ganz ab. Der verregnete Sommer führte ab Juli fast durchgehend zu «nassen» Bodenverhältnissen.

2015 war wieder ein nasser Frühling und erst Anfang Juni stiegen die Saugspannungswerte erstmals auf über 10 cbar. Anfang Juli wurde es dann «trocken». Die Trockenperiode hielt durchgehend bis Ende November.

Im Jahr 2016 stieg die Saugspannung im Mai für einige Tage auf 6-10 cbar. Ansonsten gestaltete sich der Jahresbeginn und Frühling als konstant «nass». Erst im Juli wurde es langsam «trockener» und die Saugspannung kletterte auf über 20 cbar. Der restliche Sommer, wie auch der Herbst, waren mehrheitlich «trocken». Nach einzelnen Niederschlagsereignissen sank zwar die Saugspannung, blieb aber meist über 10 cbar. Ende Oktober schliesslich wurde und blieb der Boden «nass».

2017 erreichte die Saugspannung dank eines milden Frühlings bereits im April Werte über 10 cbar. Abgesehen von Juni und August, in denen die Saugspannungen für mehrere Tage in den «trockenen» Bereich stiegen, war es mehrheitlich «feucht» und «nass». Ab Anfang September blieb es bis zum Jahresende «nass».

Das Jahr 2018 verzeichnete schon im April die ersten «trockenen» Tage. Im Mai und Juni gab es noch einzelne Tage im «feuchten» und «nassen» Bereich. Ab dem Juli bis anfangs Dezember blieb es durchgehend «trocken».

Das Jahr 2019 war wieder deutlich «nasser». Im Frühling gab es ein paar Tage mit Saugspannungswerten zwischen 6-10 cbar. Aber erst im Juni trocknete der Boden ab. In den Monaten Juli bis September war der Boden mehrheitlich «trocken» Nur nach häufigen Niederschlägen war der

Boden im August einige Tage «nass». Ende September (Oberboden) bzw. Anfang Oktober (Unterboden) fiel die Saugspannung wieder in den «nassen» Bereich.

2020 zeichnete sich wieder durch einen sehr trockenen Sommer aus, was auch in Dulliken mit den mehrheitlich «trockenen» Sommermonaten bestätigt wurde. Bereits in den Frühlingsmonaten stieg die Saugspannung für mehrere Wochen über 20 cbar. Während im Juni teils noch «feucht-nasse» Bedingungen herrschten. Ab Anfang Juli bis Anfang Oktober blieb die Saugspannung im «trockenen» Bereich.

Der regenreiche und kalte Jahresbeginn 2021 sorgte für entsprechend «nasse» Bedingungen. Erst im Juni stieg die Saugspannung erstmals über 10 und 20 cbar. Der Juli war «nass» und erst im Spätsommer und Herbst stiegen die Saugspannungswerte nochmals für mehrere Wochen über 20 cbar. Ab Mitte November sank die Saugspannung wieder unter 6 cbar.

Im Gegensatz zum Vorjahr stieg die Saugspannung im Messjahr 2022 deutlich früher an. Ab Mitte Mai bis in den September blieben die Werte meistens im «trockenen» Bereich. Die einzelnen Niederschläge vermochten die Saugspannungen zwar zu senken, aber die Werte im Unterboden blieben über 10 cbar. Nach dem «trockenen» Herbstbeginn blieb es ab Ende September für den Rest vom Jahr «nass».

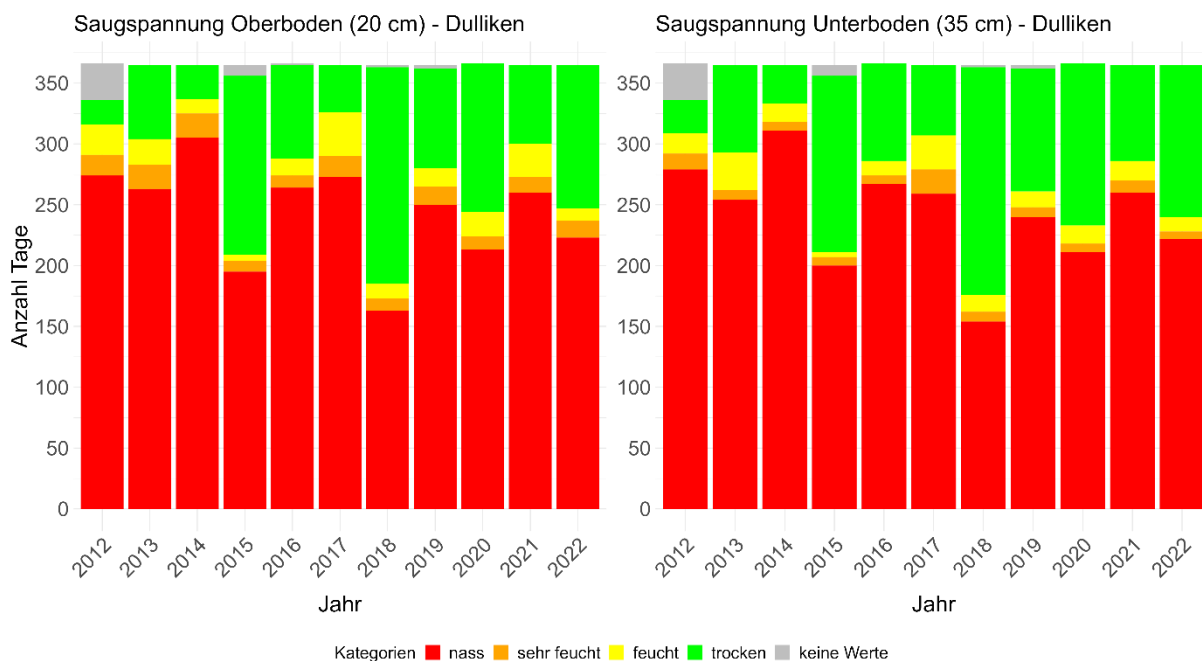
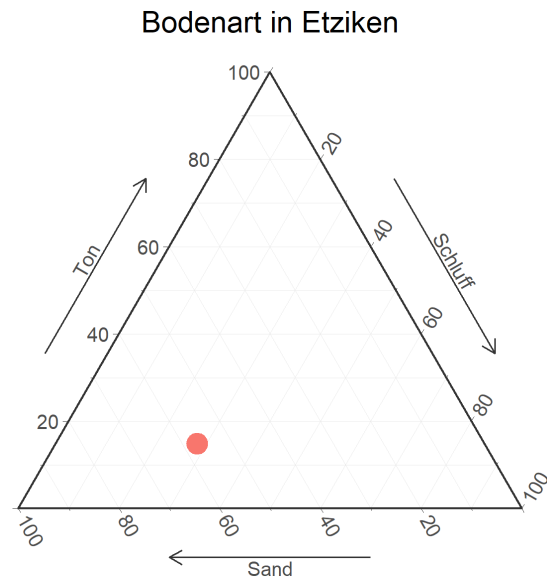


Abbildung 10: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Dulliken

2.4.5. Etziken

Nutzung:	Wald
Kurzcharakterisierung Boden:	Saure Braunerde pseudogleyig, stark sauer, tonhüllig, sandiger Lehm
Topographie:	Kuppenlage
Koordinaten / Höhe über Meer:	615337, 227471 / 465 m
Geologie:	Grundmoräne
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	71 (von max. 100) / 70 cm
Pflanzensoziologische Einheit:	Waldmeister-Buchenwald (7)



Der Standort Etziken trocknete im Frühjahr 2012 besser ab als andere Standorte und die Saugspannungswerte kletterten bereits im Mai über 10 cbar. Ab Mitte Juli gab es dann längere Trockenphasen und auch im September trocknete es nochmals gänzlich ab.

2013 trocknete der Boden in Etziken relativ spät ab. Bis Mitte Juni war der Boden durchgehend «nass» und erreichte erst im Juli die ersten Saugspannungswerte über 20 cbar. Von Juli bis September herrschten grösstenteils «trockene» Bodenverhältnisse. Der heftige Wintereinbruch kurz vor Oktobermitte beendete die «trockene» Phase.

Im Jahr 2014 trocknete der Boden in Etziken im Juni ab. Danach folgte ein regnerischer Hochsommer mit «feucht-nassen» Bodenbedingungen. Zwischen Mitte September und Anfang Oktober stieg die Saugspannung noch einmal in den «trockenen» Bereich.

Auch in Etziken trocknete der Boden im Frühling 2015 relativ langsam ab. Ende Juni startete dann eine lange Phase der Trockenheit, die bis in den Herbst anhielt, so dass der Unterboden bis gegen Ende November im «trockenen» Bereich war.

Aufgrund der vielen Niederschläge im Frühsommer dauerte es 2016 in Etziken bis Ende Juli, ehe die Saugspannung über 10 und schliesslich über 20 cbar anstieg. Danach blieb es mit Ausnahme von wenigen Tagen Anfang August bis Ende Oktober «trocken».

2017 wurden bereits im Mai die ersten «trockenen» Werte gemessen. Im Juni kam es vereinzelt zu «feucht-nassen» Bedingungen. Ähnlich wie 2015 war es ab Mitte Juni bis Mitte November durchgehend «trocken».

Auch das Jahr 2018 war durch eine ausgedehnte Trockenperiode geprägt. Bereits im Frühling stieg die Saugspannung auf Werte über 6 cbar. Es dauerte jedoch bis in den Juni, ehe die Saugspannungswerte erstmals in den «trockenen» Bereich anstiegen. Ab dem Juli blieb es dann aber, ausser an vereinzelt «feuchten» Tagen im Juli, durchgehend «trocken» bis Anfang Dezember.

2019 war wiederum etwas «nasser» und es dauerte in Etziken länger, bis die Saugspannung erstmals über 6 und 10 cbar stieg (Juni). Von Ende Juni bis Mitte Oktober war der Unterboden in Etziken «trocken», während der Oberboden nach mehreren Sommerniederschlägen zwischendurch für einige Tage «feucht» war.

Ebenso wie an anderen Standorten gab es im Jahr 2020 viel Trockenheit. Schon im April stieg die Saugspannung erstmals über 10 cbar. Ende Mai trocknete der Boden ganz ab. Im Juni folgten noch einige «feuchte» oder «nasse» Tage, sonst blieb die Saugspannung bis kurz vor Oktobermitte über 20 cbar. Danach blieb es bis zum Jahresende «nass».

2021 stellte sich als das «nasseste» Jahr in Etziken heraus. Nur an 20 Tagen wurden Werte über 20 cbar (Unterboden) gemessen, dies mehrheitlich während einer Trockenphase im September.

Ansonsten blieben die Werte im «feucht-nassen» Bereich, auch die 10 cbar-Grenze wurde selten überschritten.

Im Jahr 2022 dauerte es bis in den Mai, ehe die Saugspannung über 20 cbar stieg. Dann war es wechselhaft mit mal «nassen» und mal «trockenen» Bedingungen. Einzig ab Ende Juli bis Anfang September trocknete der Unterboden für längere Zeit ab. Damit gehört 2022 eher zu den «nassen» Messjahren.

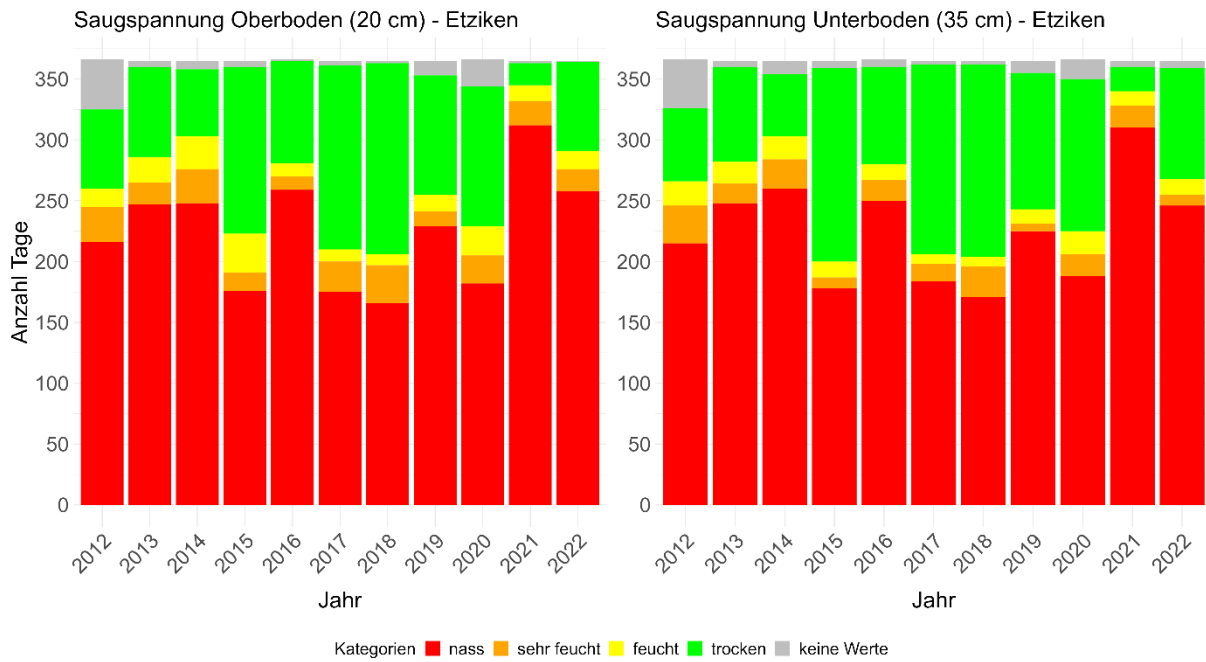
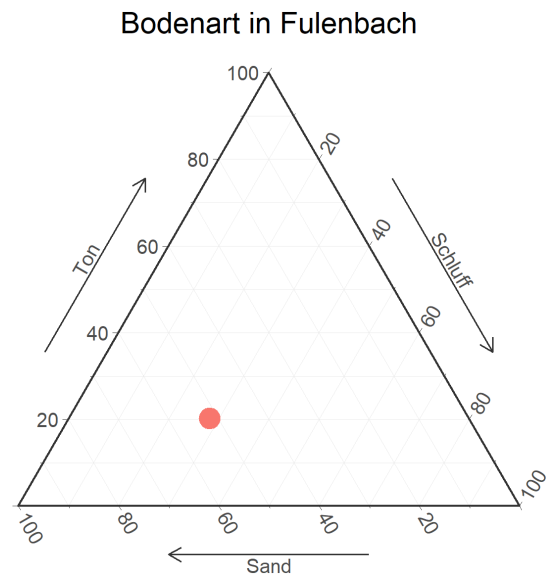


Abbildung 11: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Etsziken

2.4.6. Fulenbach

Nutzung:	Weide
Kurzcharakterisierung Boden:	Braunerde schwach sauer, tonhüllig, sandiger Lehm
Topographie:	Flach
Koordinaten / Höhe über Meer:	630228, 236720 / 428 m
Geologie:	Schotter (Würm)
Klimazone:	Futterbau begünstigt (A4)
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	77 (von max. 100) / 65 cm
Landwirtschaftliche Nutzungseignung:	Getreidebetonte Fruchtfolge 1. Güte



Die Station in Fulenbach wurde Mitte März 2014 neu in Betrieb genommen. Beim Boden in Fulenbach handelt es sich um eine sehr gut durchlässige Braunerde, die gezielt ausgewählt wurde, um die Saugspannungsverläufe solcher Böden zu repräsentieren.

Die Messung im Jahr März 2014 begann im «sehr feuchten» Bereich. Bereits im April stieg die Saugspannung schon über 10 cbar und der Boden vermochte bis Ende des Monats sogar fast bis in den Unterboden ganz abzutrocknen, ehe die vielen Niederschläge dem Boden wieder durchnässten. Ende Mai stieg die Saugspannung langsam wieder an und Anfang Juni war sie im «trockenen» Bereich. Bis Anfang Juli blieb es mehrheitlich trocken. Dann führte der regnerische Hochsommer zu niedrigen Saugspannungswerten bis Anfang September. Dank des warmen Herbstwetters stieg die Saugspannung zwischen September und Anfang Oktober erneut für mehrere Tage in den «trockenen» Bereich ehe es für den Rest vom Jahr nass blieb.

Im Frühling 2015 stieg die Saugspannung in Fulenbach bereits im März über 6 cbar (Unterboden) bzw. über 10 cbar (Oberboden). Der Boden blieb bis Ende Mai mehrheitlich «nass» oder «sehr feucht». Dann stieg die Saugspannung und erreichte Anfang Juni erstmals den «trockenen» Bereich. Es wurde nochmals nass bevor ab Anfang Juli eine lange Trockenperiode einsetzte. Ein grösseres Niederschlagsereignis Ende Oktober vermochte nur den Oberboden kurz zu durchfeuchten, während der Unterboden bis Mitte November ganz «trocken» blieb.

2016 zeigte sich ähnlich wie im Vorjahr. Der Anstieg der Saugspannung begann bereits im März mit ersten Werten über 10 cbar. Dann wurde es wieder nasser und es dauerte bis Ende Juli, ehe die Saugspannung im Unterboden auf über 20 cbar anstieg. Bis Ende Oktober war der Boden durchgehend «trocken». Anschliessend sank die Saugspannung zuerst in den «feuchten» und dann in den «nassen» Bereich. Bemerkenswerterweise stieg die Saugspannung während des grössten Teils des Dezembers auf über 6 cbar.

Das Jahr 2017 startete im «sehr feuchten» Bereich. Bereits Mitte Januar sank die Saugspannung wieder unter 6 cbar. Im April stieg dann die Saugspannung langsam bis auf über 20 cbar. Anschliessend wurde es wieder nass. In den folgenden Monaten schwankten die Saugspannungswerte stark; eine längere Trockenperiode setzte nicht ein. Ab Anfang September vermochte die Saugspannung nur noch bis in den «feuchten» Bereich zu steigen. Ende Oktober wurde und blieb es «nass». Ähnlich wie an anderen Standorten im östlichen Teil des Kantons (Dulliken, Kestenholz oder Stüsslingen) führte der überdurchschnittliche Niederschlag im Jahr 2017 nicht zu einem Extremjahr.

2018 zeigte sich ein ähnliches Bild wie 2015. Bereits im April wurden Werte über 20 cbar gemessen und es blieb bis Mitte Mai trocken. Dann wurde es wieder «nass» / «sehr feucht». Mitte Juni bis Anfang Juli stieg die Saugspannung wieder auf über 20 cbar. Danach wurde es nochmals nass. Ab Mitte Juli bis Ende November (Oberboden) bzw. bis Anfang Dezember (Unterboden)

blieb der Boden vollständig «trocken». Anschliessend sank die Saugspannung bis zum Jahresende in den «nassen» Bereich.

Auch im Jahr 2019 stieg die Saugspannung in Fulenbach schon im März auf über 6 cbar. Bis Anfang Mai blieb es mehrheitlich «sehr feucht», wobei ab Ende April die Saugspannung für mehrere Tage sogar auf über 10 cbar stieg. Dann wurde es wieder nass. Erst Ende Juni stieg die Saugspannung auf über 20 cbar. Bis Anfang Oktober war es – mit Ausnahme einer kurzen Phase Ende August/ Anfang September - mehrheitlich «trocken». Dann wurde und blieb es bis zum Jahresende «nass».

Im Jahr 2020 wurden bereits im März (Oberboden) bzw. April (Unterboden) die ersten Werte >20 cbar gemessen. Im Lauf des Jahres wechselten sich «nasse» und «trockene» Phasen ab, wobei die Saugspannung im Unterboden im Vergleich zur Saugspannung im Oberboden immer um einige Tage verzögert reagierte. Die längste Trockenphase stellte sich im Hochsommer von Mitte Juli bis Ende August ein. Ab Ende September bis zum Jahresende blieb es «nass». Somit war 2020 insgesamt ein eher «nasses» Jahr.

Im Jahr 2021 stieg die Saugspannung bereits im April erstmals auf über 6cbar und bis Ende des Monats sogar bis über 20 cbar. Dann wurde es wieder «nass»: Die vielen Niederschläge im Früh- und Hochsommer führten zu mehr oder weniger «nassen» Verhältnissen. Im August stieg dann die Saugspannung stetig und der September und Oktober waren schliesslich durchgehend «trocken». Somit repräsentiert das Jahr 2021 eines der «nassesten» Jahre in Fulenbach.

Die milde Frühlingwitterung 2022 führte bereits im März zu Werten von über 6 und 10 cbar. Bis Ende April blieb der Unterboden «feucht» bis «sehr feucht». Im Oberboden kletterte die Saugspannung gar an mehreren Tagen auf über 20 cbar. Anfang Mai wurde es nochmals «nass», ehe die Saugspannung gegen Monatsende auch im Unterboden Werte über 20 cbar erreichte. Bis Anfang September blieb es bis auf einige kurze Unterbrüche mehrheitlich «trocken». Dann sank die Saugspannung langsam in den «nassen» Bereich und ab Ende September bliebe es «nass».

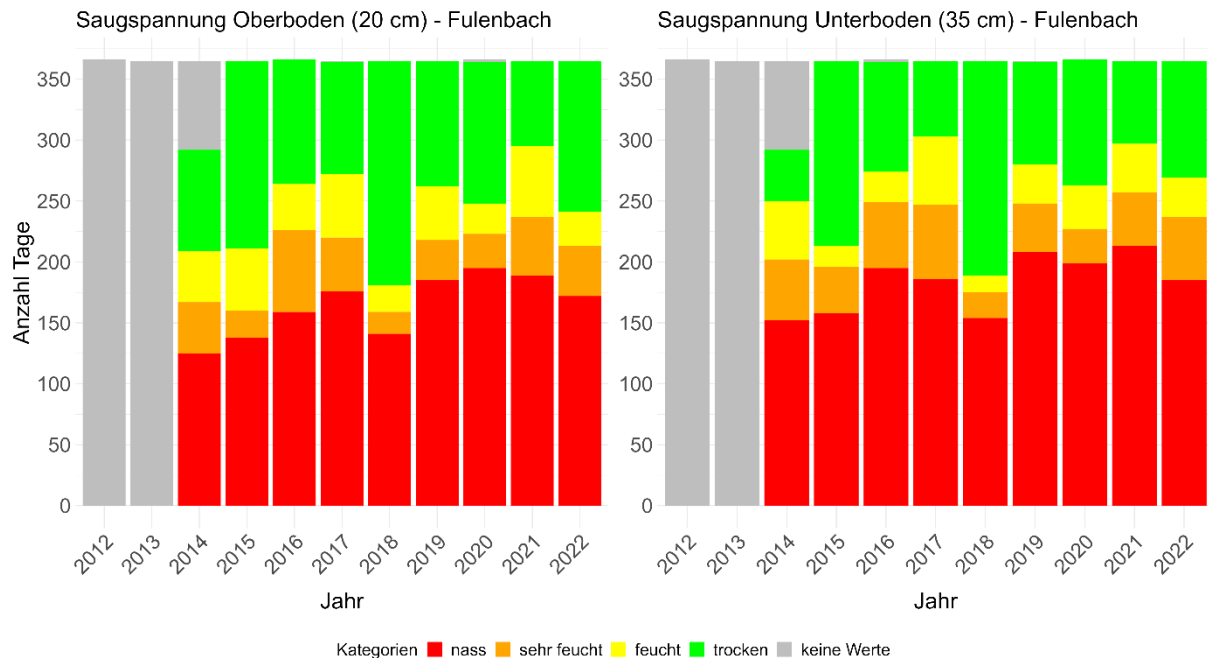
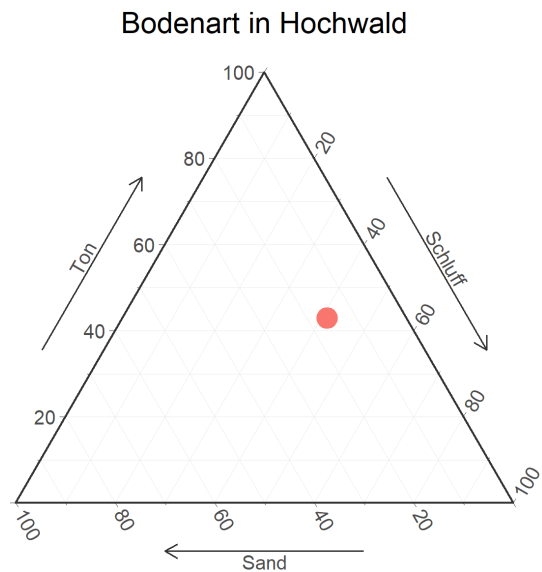


Abbildung 12: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Fulenbach

2.4.7. Hochwald

Nutzung:	Wiese / Baumgarten
Kurzcharakterisierung Boden:	Braunerde pseudogleyig, neutral, lehmiger Schluff, stauwasserbeeinflusst
Topographie:	Schwach geneigt (5-10%)
Koordinaten / Höhe über Meer:	615762, 257063 / 656 m
Geologie:	Hanglehm (Verwitterungslehm) aus Malmkalk
Klimazone:	Futterbau und Ackerbau mit Einschränkungen (C1-4)
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	73 (von max. 100)
Landwirtschaftliche Nutzungseignung:	Getreidebetonte Fruchtfolge 1. Güte (3)



Die Station Hochwald wurde Ende Mai 2020 in Betrieb genommen um die eher schwereren, landwirtschaftlich genutzten Böden im nordöstlichen Kantonsteil charakterisieren zu können.

Die Startphase Ende Mai 2020 erfolgte bei «feuchten» Verhältnissen. Anfang Juni wurde es ganz «nass», bevor dann Anfang Juli eine längere Trockenperiode begann. Bis Mitte September blieb es «trocken» oder «feucht», ehe die Werte in den «nassen» Bereich fielen.

Wie zu erwarten, führten die vielen Niederschläge auch in Hochwald 2021 zu einem sehr «nassen» Jahr. Obwohl im Frühling erste Werte über 6 beziehungsweise 10 cbar gemessen wurden, blieb es bis in den Sommermonaten mehrheitlich «nass». Erste Ende August begann eine längere Trockenperiode, die bis Anfang Oktober anhielt. Im Oktober blieben die Werte noch im «feuchten» Bereich, also über 10 cbar, ehe sie im November wieder unter 6 cbar sanken.

2022 repräsentiert das erste «trockene» Jahr in Hochwald. Im Oberboden stieg die Saugspannung bereits im März auf über 20 cbar. Nach einem teils «nassen» Mai, trocknete der Boden in den Sommermonaten, mit einzelnen Tagen im «nassen» Bereich, ab. Für den grössten Teil des Septembers blieb die Saugspannung im «trockenen» Bereich.

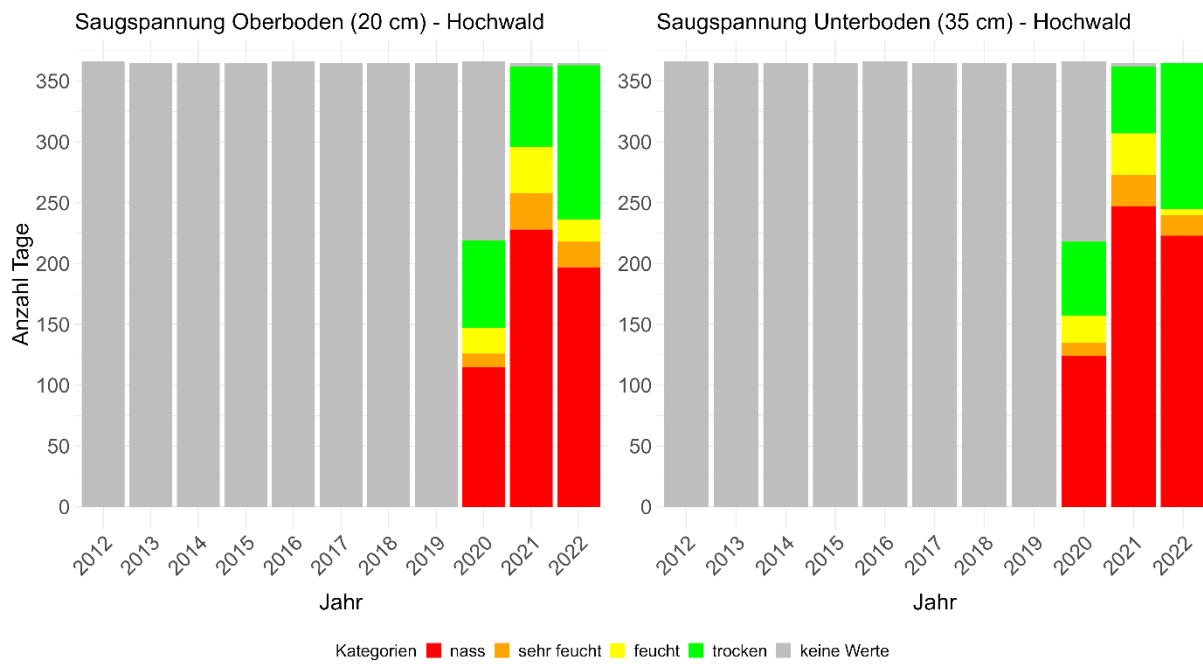
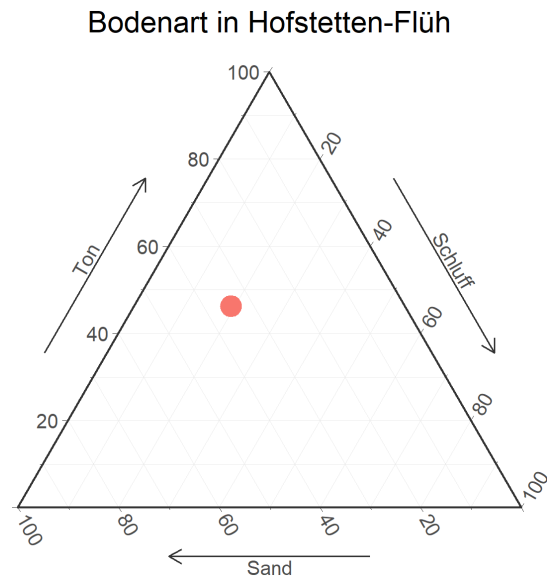


Abbildung 13: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Hochwald

2.4.8. Hofstetten-Flüh

Nutzung:	Wiese
Kurzcharakterisierung Boden:	Braunerde pseudogleyig, schwach sauer, lehmiger Schluff über lehmigem Ton
Topographie:	Flachhang
Koordinaten / Höhe über Meer:	605222, 258433 / 488 m
Geologie:	Löss und Hanglehm über Kalkstein
Klimazone:	Futterbau und Ackerbau (B3)
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	71 (von max. 100) / 51 cm
Landwirtschaftliche Nutzungseignung:	Getreidebetonte Fruchtfolge 1. Güte



Im ersten Messjahr 2012 blieb der Boden meistens «nass». Der Boden in Hofstetten-Flüh vermochte nur in den Monaten Juni und August für einen relativ kurzen Zeitraum über den «nassen» Bereich von 0-6 cbar zu steigen. Auch war die «trockene» Phase im August kürzer als bei den meisten anderen Standorten.

Aufgrund des regnerischen ersten Halbjahres stieg die Saugspannung im Jahr 2013 wie an den meisten anderen Standorten erst im Juli über 20 cbar. Trotz des niederschlagsarmen Sommers trocknete der Boden im August und September nur für relativ kurze Zeit ab. Ab Mitte September herrschten im Unterboden wieder ausschliesslich «nasse» Bodenverhältnisse.

Der warme Frühling führte 2014 bereits im April zu Saugspannungswerten über 20 cbar im Ober- und Unterboden. Zu diesem Zeitpunkt war Hofstetten-Flüh einer der «trockensten» Standorte. Dies lag daran, dass im April 2014 der nördliche Kantonsteil deutlich niederschlagsärmer war, als die anderen Gebiete. Während des gesamten Monats herrschten nur an zwei Tagen «nasse» Bodenverhältnisse. Ebenfalls mehrheitlich «trocken» war der Boden von Juni bis Anfang Juli. Der niederschlagsreiche Sommer 2014 beendete die «trockenen» Bodenverhältnisse. Die Saugspannung stieg ab Juli bis Ende Jahr im Unterboden nicht mehr über 10 cbar.

Im Jahr 2015 trocknete der Boden in Hofstetten-Flüh im Vergleich zu den anderen Stationen eher langsam ab. Die Saugspannung im Unterboden stieg erst gegen Ende Mai auf über 6 cbar. Die anschliessend «trockenen» Bodenverhältnisse dauerten bis gegen Ende November an.

2016 stieg die Saugspannung im Frühling im Oberboden an einigen Tagen über 6 bzw. 10 cbar. Erst im Juli gab es die ersten Tage/Wochen mit Werten über 20 cbar. Der Oberboden blieb bis Ende Oktober, der Unterboden gar bis Anfang November «trocken».

Im Folgejahr verhielt sich der Standort ähnlich, obschon in 2017 deutlich früher «trockene» Werte gemessen wurden. Bereits im April stieg die Saugspannung über mehrere Tage auf über 20 cbar. Der Mai und einige Tage im Juni waren überwiegend «nass». Ähnlich wie im Vorjahr war der Unterboden ab Ende Juni bis Novemberbeginn durchgehend «trocken».

2018 trocknete der Boden wie zuvor im Frühling ab. Im Unterboden stieg die Saugspannung im April in den «feuchten» Bereich und war im Mai sogar im «trockenen» Bereich. Mitte Mai bis Mitte Juni war es dann «feucht-nass» mit nur wenigen Tagen über 10cbar. Ab Ende Juni trocknete der Boden vollständig ab und blieb im Oberboden bis Ende Oktober, im Unterboden bis Anfang November «trocken». Ab Ende November sank die Saugspannung endgültig vom «feuchten» in den «nassen» Bereich.

Obschon im Frühling 2019 die Saugspannungswerte für einige Tage über den 6 cbar lagen, dauerte es im Oberboden bis im Juni, im Unterboden bis im Juli, ehe die Saugspannung die 20 cbar-Grenze überschritt. Im August gab es einige Niederschläge und die Saugspannungswerte

schwankten vom «nassen» bis in den «trockenen» Bereich. Im September trocknete der Boden über längere Zeit ab. Ab Anfang Oktober blieb es mehrheitlich «nass».

2020 sorgte der milde Frühling für einen relativ «trockenen» Boden im April bis Anfang Mai. Im Mai und Juni schwankte die Saugspannung stark und im Unterboden lagen die Werte während des ganzen Junis unter den 20 cbar. Im Juli bis Oktober blieb die Saugspannung, bis auf einzelne Ausnahmen, über 20 cbar.

Ähnlich wie zu Beginn der Messperiode, war das Jahr 2021 insgesamt eher «nass». Einzig im September trocknete der Boden über mehrere Wochen ab. Ansonsten lag die Saugspannung nur im Juni, August und Oktober für einzelne Tage über 20 cbar.

2022 zeigte je nach Tiefe unterschiedliche Resultate. Während der August mit Niederschlägen die Saugspannung im Oberboden in den «nassen» Bereich drückte, reichte der Regen nicht aus, um den Unterboden zu nassen. Anders sah es im Frühherbst aus. Während der Oberboden in den Monaten September und Oktober vollständig abtrocknete, so stieg die Saugspannung im Unterboden nur für wenige Tage im September in den Trockenbereich.

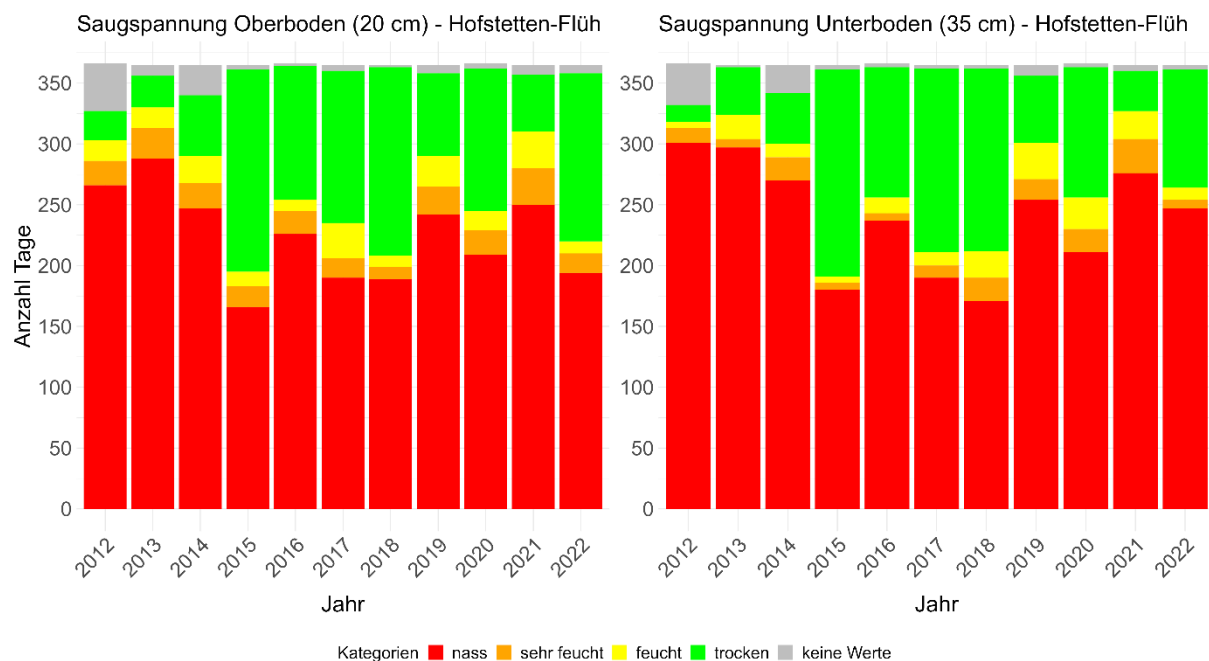
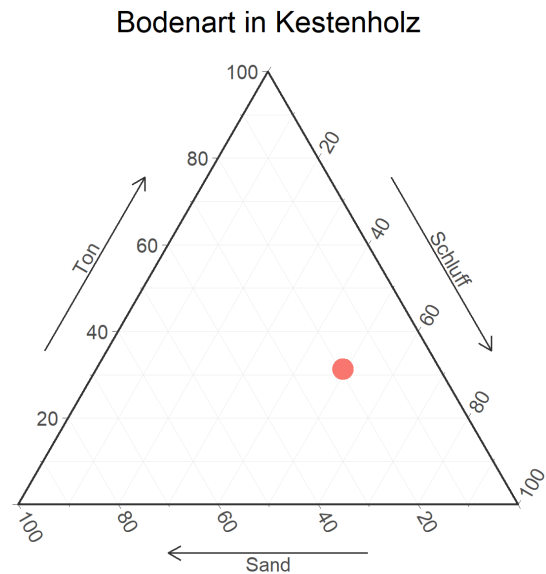


Abbildung 14: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Hofstetten-Flüh

2.4.9. Kestenholz

Nutzung:	Wiese
Kurzcharakterisierung Boden:	Fluvisol schwach pseudogleyig, kalkreich, diffus horizon- tiert, toniger Lehm
Topographie:	Ebene
Koordinaten / Höhe über Meer:	622778, 236504 / 450 m
Geologie:	Alluvionen, Würmschotter
Klimazone:	Futterbau begünstigt (A4)
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	79 (von max. 100) / 69 cm
Landwirtschaftliche Nutzungseignung:	Uneingeschränkte Frucht- folge 2. Güte



Der Standort Kestenholz liegt auf einem normal durchlässigen mittelschweren Fluvisol. So trocknete der Boden in Kestenholz im Frühling 2012 am schnellsten ab und erreichte bereits im März Messwerte >6 cbar. Im Juni stieg die Saugspannung erstmals über 20 cbar. Ab Anfang Juli bis Ende September gab es eine längere Trockenphase mit einem kurzen Unterbruch Anfang September. Ab Anfang Oktober war es dann mehrheitlich «nass».

Auch 2013 trocknete der Boden in Kestenholz relativ früh. Im Unterboden stieg die Saugspannung bereits im Mai über 6 bzw. ab Ende Juni bis Mitte September lag die Saugspannung im Unterboden längere Zeit über 20 cbar. Die vielen Niederschlagsereignisse vermochten jeweils nur den Oberboden zu durchnässen. Mitte September sank die Saugspannung dann in den «nassen» Bereich. Als einziger Wiesenstandort erreichte Kestenholz noch während mehrerer Tage im Oktober Werte über 10 cbar.

Auch im Jahr 2014 trocknete der Boden in Kestenholz bereits im Frühling relativ rasch ab. Ab Mitte August bis Mitte Oktober trocknete der Boden durchgehend ab, lediglich im Oberboden vermochte der Niederschlag die Saugspannungswerte zu senken. Ab Oktobermitte sank die Saugspannung in den «nassen» Bereich.

Im Frühling 2015 erreichten die Saugspannungen ab Mitte März im Ober- und Unterboden Messwerte über 6 cbar. Gegen Ende April wurden im Oberboden erste Messwerte im «trockenen» Bereich erreicht. Im Oberboden dauerte die Trockenphase des Bodens bis gegen Ende November an. Im Unterboden trocknete der Boden von Ende Juni bis Mitte Oktober durchgehend ab. Zudem fiel im Unterboden die Messung der Saugspannung ab Mitte Oktober bis Mitte November aus.

Ähnlich wie in den Jahren zuvor stieg die Saugspannung 2016 bereits im März über 10 cbar. Es dauerte jedoch bis in den Juli, ehe die Saugspannung erstmals in beiden Tiefen über 20 cbar lag. Ab Ende Juli bis Ende Oktober blieb der Boden in Kestenholz vollständig «trocken». Im Anschluss sank die Saugspannung zuerst in den «feuchten» und dann in den «nassen» Bereich. Im Dezember stieg die Saugspannung für den grössten Teil des Monats in den «sehr feuchten» oder «feuchten» Bereich.

Dabei blieb es auch beim Jahresbeginn 2017. Im April stieg die Saugspannung das erste Mal über 20 cbar. Im Mai war es wieder «nass», ehe die Werte Ende Monat wieder in den «trockenen» Bereich stiegen. Dann blieb es bis Anfang November «trocken», die Regenereignisse vermochten nur den Oberboden anzufeuchten. Dann sank die Saugspannung wieder unter 6 cbar.

2018 repräsentiert in Kestenholz das «trockenste» Jahr seit Beginn der Messperiode. Bereits Ende

Februar stieg die Saugspannung im Oberboden auf über 10 cbar. Mitte April stieg die Saugspannung zuerst über 10 und dann über 20 cbar. Mitte Mai wurde es wieder «nass». Bis Mitte August wechselten sich kurze «trockene», «feuchte» und «nasse» Phasen ab, wobei die Saugspannung aber meist über 10cbar blieb. Mitte August setzte dann eine längere trockene Phase ein, die bis Ende November (Oberboden) bzw. bis Anfang Dezember (Unterboden) anhielt.

Obwohl bereits im Januar die Saugspannung Werte über 6 cbar anzeigten, dauerte es in 2019 deutlich länger, ehe die Werte in den «trockenen» Bereich stiegen. Im Oberboden stieg die Saugspannung zwar schon im April und Anfang Juni für eine Woche in den «trockenen» Bereich, im Unterboden stieg die Saugspannung erst Ende Juni in den «trockenen» Bereich. Im Anschluss konnte der Boden erstmals über längere Zeit abtrocknen und es blieb mit Ausnahme von wenigen Tagen im August konstant «trocken» bis Oktoberbeginn.

2020 gab es wieder mehr Trockentage. Der Frühling war mild und im Oberboden stieg die Saugspannung bereits Ende März, im Unterboden Mitte April auf über 20 cbar. Im Mai sorgten die hohen Regenfälle für einige «nasse» Tage. Danach stiegen die Werte wieder an und bis Ende September (Oberboden) bzw. Anfang Oktober (Unterboden) blieb es «trocken». Dann fielen die Werte unter 6 cbar.

2021 zeigte sich insgesamt ähnlich wie das erste Messjahr. Im Frühling gab es zwar schon während mehrerer Tage «feuchte» Bodenbedingungen, insgesamt blieb es über das ganze Jahr betrachtet relativ «nass». Einzig Ende August bis Anfang November gab es eine längere Periode, in der der Unterboden «trocken» blieb. Der Oberboden wurde nach Niederschlägen immer wieder «feucht» oder «nass».

2022 zeigte wieder einen für Kestenhholz typischen Jahresverlauf auf. Im Oberboden überstieg die Saugspannung bereits im März 20 cbar, Im Unterboden knapp über 10 cbar. Der Rest des Frühlings war etwas «feuchter», bis Mitte Mai die Werte für eine längere Periode auf über 20 cbar stiegen. Die Trockenperiode hielt, mit einzelnen Ausnahmen, bis Ende September.

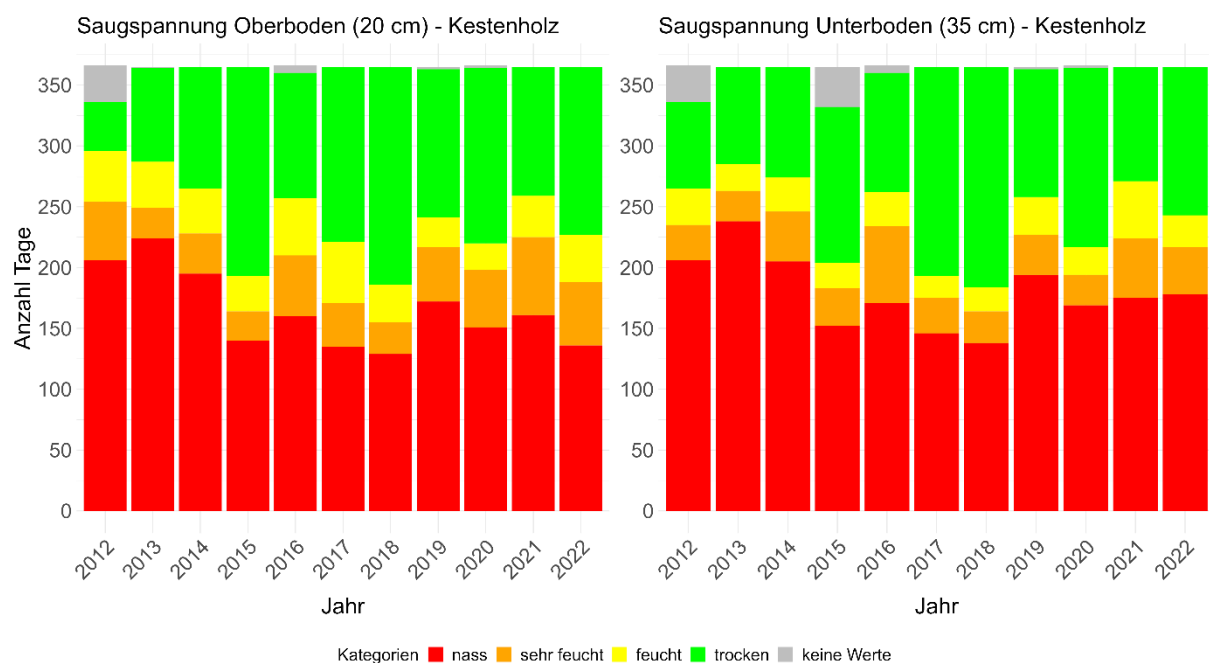
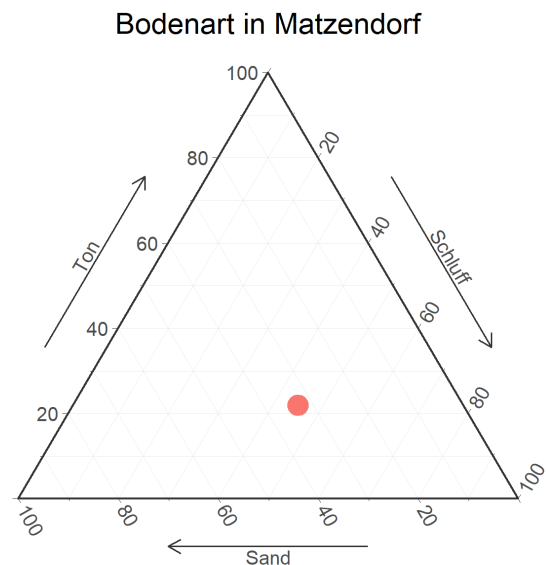


Abbildung 15: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Kestenhholz

2.4.10. Matzendorf

Nutzung:	Weide
Kurzcharakterisierung Boden:	Braunerde gleyig, schwach sauer, toniger Lehm über Lehm
Topographie:	Flachhang
Koordinaten / Höhe über Meer:	614150, 240370 / 597 m
Geologie:	Handlehm, Konglomerat
Klimazone:	Dauergrünland mit Einschränkungen (C5)
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	71 (von max. 100) / 52 cm
Landwirtschaftliche Nutzungseignung:	Futterbaubetonte Fruchtfolge



In Matzendorf stieg die Saugspannung im Frühling 2012 schon relativ früh über 6 und 10 cbar, im Oberboden sogar an einzelnen Tagen über 20 cbar. In den Monaten Juni, Juli und August wechselten sich längere «trockene» Phasen mit «feuchten» und «nassen» Phasen ab. Ab Anfang September blieb es «nass».

Im Jahr 2013 trocknete der Boden erst Ende Juni ab. Die Trockenheit hielt, bis auf einen kurzen Unterbruch Anfang August, bis Anfang September. Dann wurde es wieder «feucht» und Anfang Oktober schliesslich «nass».

Im Messjahr 2014 stieg die Saugspannung im Unterboden in Matzendorf bereits im April für einige Tage über 20 cbar. Der Mai war wieder «nass». Im Juni fanden sich mehrheitlich «trockene» Bodenverhältnisse. Anfang Juli wurde es wieder «nass». Beeinflusst vom regenreichen Sommer trocknete der Unterboden bis Ende Jahr nicht mehr ab und die Saugspannungswerte bewegten sich mehrheitlich im «nassen» und «sehr feuchten» Bereich. Nur im September stieg die Saugspannung im Unterboden nochmals für mehrere Tage über 10 cbar.

Der Frühling 2015 war eher niederschlagsarm, wodurch die Saugspannung bereits im März auf über 10 cbar anstieg. Bis Ende Mai blieb es bei mehrheitlich «feuchten» bis «sehr feuchten» Bodenbedingungen. Anfang Juni trocknete der Boden erstmals ganz ab. Gleich darauf wurde es für kurze Zeit wieder «nass», ehe Anfang Juli die Saugspannung wieder in den «trockenen» Bereich stieg. Die «trockenen» Bodenverhältnisse dauerten schliesslich den gesamten Sommer und Herbst bis Ende November an. Dann blieb es «nass» bis zum Jahresende.

2016 stieg die Saugspannung ab Ende März bis Mitte April in den «sehr feucht» bis «feuchten» Bereich. Die Monate Mai und Juni waren sehr «nass». Erst im Juli trocknete der Boden wieder ab. Danach blieb es jedoch bis Anfang November «trocken», die Niederschläge im Sommer und Herbst vermochten jeweils höchstens den Oberboden anzufeuchten.

In Matzendorf kam es im Jahr 2017 zu relativ vielen «trockenen» Tagen. Schon im April stieg die Saugspannung für mehrere Tage über 20 cbar. Im Mai und Juni schwankten die Saugspannungswerte stark. Es gab zwar vereinzelt Trockentage, aber auch einige «nasse» Tage. Von Juli bis und mit Oktober war der Boden «trocken». Ab Anfang November wurde und blieb es wieder bis zum Jahresende «nass».

Der Jahresbeginn 2018 war äusserst «nass» mit vielen intensiven Niederschlägen. Der April blieb jedoch trocken und gegen Ende des Monats stieg die Saugspannung im Unterboden auf über 20 cbar. Bis Mitte Mai blieb es «trocken». Von da an schwankten die Saugspannungswerte bis in den Juli stark: es blieb zwar mehrheitlich «feucht» bis «trocken», aber nach intensiven Niederschlägen wurde auch der Unterboden immer wieder «nass». Ab August bis und mit November blieb der Boden durchgehend «trocken».

Im Folgejahr zeigte sich ein ähnliches Muster, jedoch hielt die Trockenperiode nicht bis in den Winter. Im April stieg die Saugspannung erstmals für mehrere Tage auf über 20 cbar; in den zwei Folgemonaten schwankten die Saugspannungswerte stark und blieben insgesamt relativ tief. Ab Juli bis Anfang Oktober trocknete der Unterboden vollständig ab. Im Oberboden gab es aufgrund von Regenfällen mehrere Schwankungen.

2020 trocknete der Boden früh ab und im April blieb die Saugspannung konstant über 10 oder 20 cbar. Der Boden blieb bis Ende September mehrheitlich «trocken», unterbrochen von mehreren kurzen «nassen» Phasen. Ab Ende September blieb es «nass», die Saugspannung stieg bis zum Jahresende nie mehr über 6 cbar. Deshalb zeichnet sich 2020 insgesamt doch nicht als besonders trockenes Jahr ab.

Wie in den Vorjahren stieg 2021 die Saugspannung bereits im April auf über 20 cbar an. Vom Mai an bis Ende August blieb es dann aber mehrheitlich «nass» oder «feucht». Die Trockenperiode beschränkte sich auf wenige Wochen in den beiden Herbstmonaten September und Oktober. Im November blieb die Saugspannung im Unterboden über 10 cbar und im Dezember war der Boden «nass».

2022 stieg die Saugspannung im Unterboden erstmals Ende März / Anfang April auf knapp über 10 cbar. Dann wechselten sich «feuchte» und «nasse» Bedingungen ab, bis Mitte Mai der Unterboden abtrocknete. Bis Anfang September blieb es, mit einem kurzen Unterbruch Ende Juni/Anfang Juli, «trocken». Ab Mitte September sank die Saugspannung langsam ab.

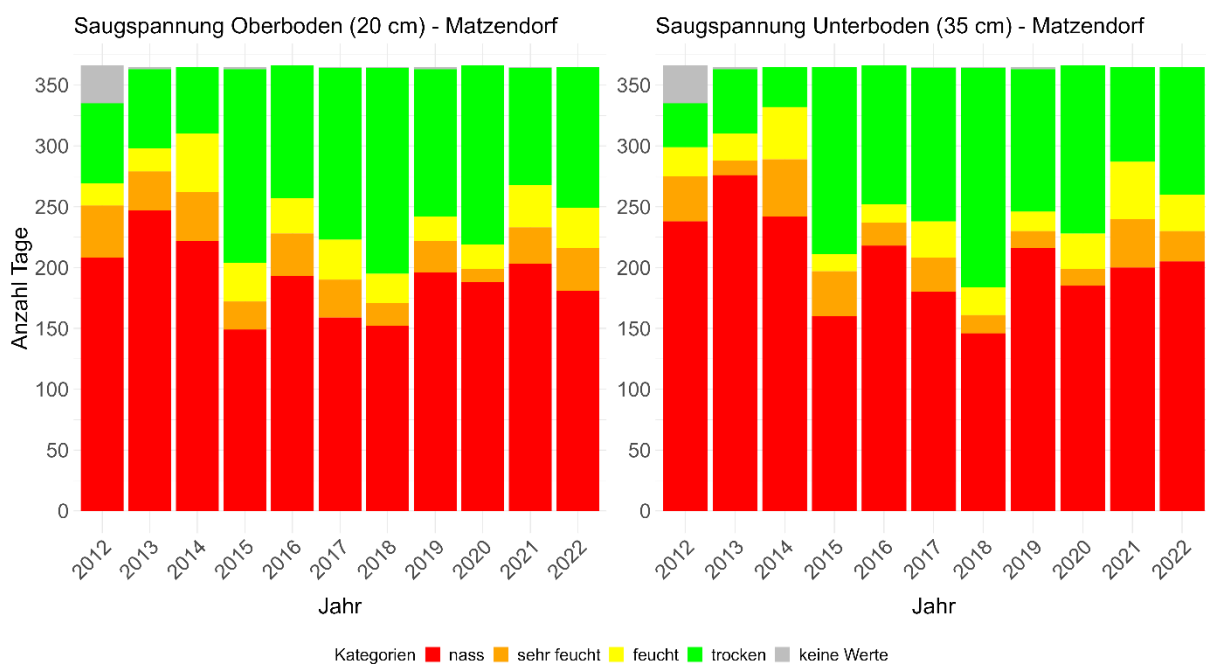
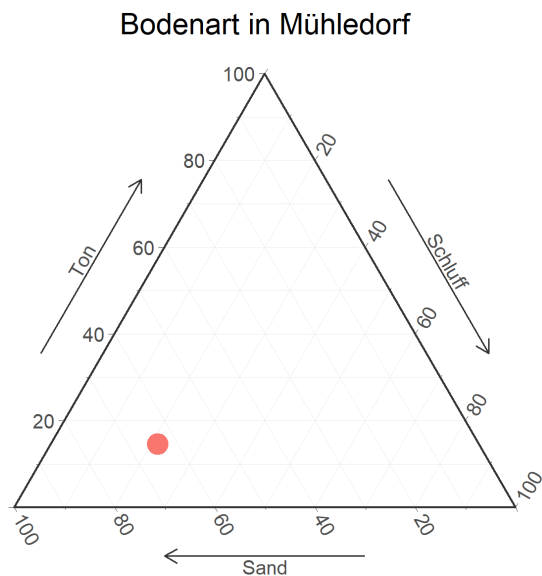


Abbildung 16: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Matzendorf

2.4.11. Mühledorf

Nutzung:	Wald
Kurzcharakterisierung Boden:	Braunerde schwach pseudogleyig, stark sauer, polygenetisch, sandiger Lehm
Topographie:	Kuppe
Koordinaten / Höhe über Meer:	603577, 220357 / 646 m
Geologie:	Moräne (Würm) über Sand- stein
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	- / 134 cm
Pflanzensoziolo- gische Einheit:	Waldmeister-Buchenwald mit Hainsimse (6)



Bereits 2012 wurde in Mühledorf 2012 in Fuchsholen ein Waldstandort ins Bodenmessnetz aufgenommen. Nach dem Start der Messungen fiel auf, dass der Boden in Mühledorf öfters «nasse» Werte aufwies als die anderen Standorte. Anhand der Bodenprofile und den Labormessungen konnte keine abschliessende Erklärung für dieses Phänomen gefunden werden. Eine mögliche Erklärung für die häufig «nassen» Werte kann das gespannte Grundwasser sein. Da der Standort für die forstliche Anwendung repräsentativ sein soll, wurde er aufgrund des atypischen Verhaltens des Bodens um einige Meter verlegt (nach Eichiberg). Für die Auswertung in diesem Bericht wurden nur die Daten des neuen Standorts in Eichiberg verwendet.

Die neue Waldstation in Mühledorf wurde im Juni 2017 in Betrieb genommen. Die Messungen starteten bei «nassen» Bodenverhältnissen, aber die Saugspannungswerte stiegen bald an. Von Mitte Juli bis Mitte November blieb es, mit Ausnahme einer kurzen «nassen» Phase Mitte August, «trocken».

Das Hitzejahr 2018 machte sich auch in Mühledorf bemerkbar. Das Jahr startet zwar «nass». Die Saugspannungswerte stieg im April erstmals auf über 6 cbar. Erst im Juli übertraf die Saugspannung die Marke von 20 cbar. Dann blieb aber zumindest der Unterboden bis Anfang Dezember «trocken».

Im Jahr 2019 dauerte es lange bis die Saugspannungswerte erstmals über 6 cbar stiegen. Erst Ende Juni zeigte die Saugspannung Werte im «feuchten» Bereich an. Danach blieb es sehr wechselhaft und die Trockenheit beschränkte sich auf wenige Wochen während Juli bis Oktober. Ab Mitte Oktober sank die Saugspannung in den «nassen» Bereich.

Das Jahr 2020 hatte ähnlich viele Trockentage wie das Jahr zuvor, jedoch trocknete der Boden schon früher ab. Im Frühling lag die Saugspannung über mehrere Wochen im Bereich von 6 bis 20 cbar. Wie das Jahr zuvor waren die Bodenverhältnisse sehr wechselhaft. In den Sommermonaten wechselten sich die «trockenen» und «nassen» Bodenbedingungen ab.

2021 trocknete der Unterboden bis Herbstbeginn nie wirklich ab. Einzig im Juni und August stiegen die Werte während einigen Tagen in den «sehr feuchten» oder «feuchten» Bereich. Von September bis November trocknete der Boden zeitweise ab. Erst im Dezember sank die Saugspannung wieder in den «nassen» Bereich. Verglichen mit dem Vorjahr setzte die Abtrocknung später ein.

Im Jahr 2022 stieg die Saugspannung im Oberboden bereits im Mai in den «trockenen» Bereich. Anschliessend trocknete der Boden mit niederschlagsbedingten Unterbrüchen bis Ende Septem-

ber ab. Im Unterboden blieb die Saugspannung im Mai und Juni unter den 20 cbar, jedoch trocknete der Boden ab Mitte Juli bis Ende September ab.

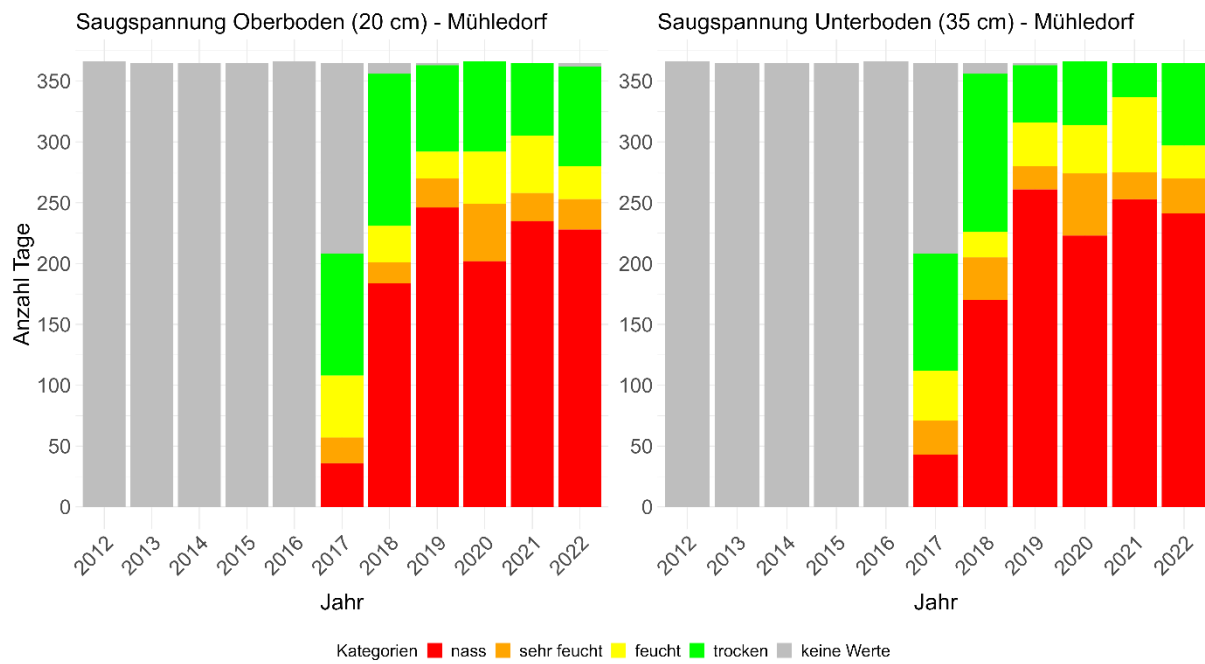
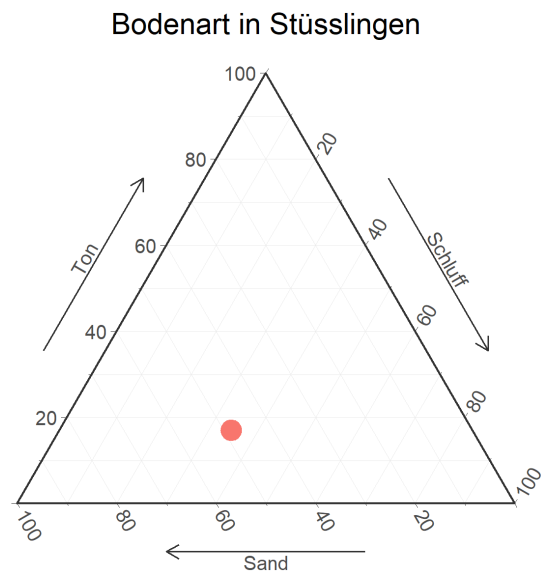


Abbildung 17: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Mühledorf

2.4.12. Stüsslingen

Nutzung:	Wiese
Kurzcharakterisierung Boden:	Regosol pseudogleyig, teilweise entkarbonatet, alkalisch, Lehm über sandigem Lehm
Topographie:	Talmulde
Koordinaten / Höhe über Meer:	640045, 248561 / 451 m
Geologie:	Alluvionen, Nacheiszeitliche Schotter
Klimazone:	Futterbau begünstigt (A4)
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	79 (von max. 100) / 69 cm
Landwirtschaftliche Nutzungseignung:	Getreidebetonte Fruchtfolge 1. Güte (3)



Die Messreihe 2012 startete in Stüsslingen wie bei anderen Standorten «nass». Gegen Ende Mai trocknete der Boden erstmals ab. Im Sommer wechselten sich «trockene» mit «nassen» Bodenverhältnissen ab. Ab September blieb der Boden «sehr feucht» bis «nass». Insbesondere gegen Ende Jahr hin gab es viel Niederschlag.

Auch das Jahr 2013 startete «nass». Nach dem «nassen» (bis «sehr feuchten») Frühling trocknete der Unterboden Mitte Juli erstmals ab. Bis Mitte September blieb es mehrheitlich «trocken». Danach lagen die Saugspannungswerte mit Ausnahme von einigen Tagen im Oktober im «nassen» Bereich.

2014 trocknete der Boden in Stüsslingen im Frühling relativ schnell, bereits im März stiegen die Werte im Unterboden auf über 6 cbar, Ende April auf über 10 cbar. Anfang Juni trocknete der Unterboden erstmals ab und es blieb bis Mitte Juli «trocken». Der Rest des Jahres blieb der Unterboden «sehr feucht» bis «nass».

Im Frühling 2015 verhielt sich der Boden in Stüsslingen ähnlich wie im Vorjahr. Bereits im März stiegen die Werte im Unterboden auf über 6 cbar, Ende April auf über 10 cbar. Anfang Juni trocknete der Unterboden erstmals ab, dann wurde es kurz wieder «nass». Ab Anfang Juli bis Ende war der Unterboden durchgehend «trocken». 2015 war das trockenste Jahr in Stüsslingen.

2016 stieg die Saugspannung im März und April im Unterboden in den «sehr feuchten», im Oberboden in den «feuchten» Bereich. Ansonsten war der Boden aufgrund des vielen Regens bis Ende Juni «nass». Dann stiegen die Saugspannungswerte. Erst Ende Juli trocknete der Unterboden für mehrere Wochen ab. Es wurde nochmals «nass», ehe der Unterboden ab Mitte September bis Ende Oktober nochmals für mehrere Wochen «trocken» blieb. Anschliessend sanken die Werte und es blieb «nass». Zum Jahresende hin stiegen die Werte leicht, erreichten aber die 6 cbar-Grenze nicht.

Zum Jahresbeginn 2017 stieg die Saugspannung im Unterboden für wenige Tage auf über 6cbar, dann wurde es wieder «nass». Erst im April stiegen die Werte im Unterboden wieder auf über 6 cbar und dann auch auf über 10 cbar. Es wurde wieder «nass». Erst Mitte Juni stiegen die Werte über die 20 cbar-Grenze. In der Folge wechselten sich «nasse», «feuchte», «sehr feuchte» und «trockene» Bodenverhältnisse ab. Ab September blieb es im Unterboden «nass». Im Unterboden stellt das Jahr 2017 mit lediglich 22 Trockentagen ein Rekordtiefjahr dar.

Das Hitzejahr 2018 machte sich auch in Stüsslingen bemerkbar. Die Anzahl Trockentage aus dem Rekordjahr 2015 wurden nicht erreicht, jedoch repräsentiert das Jahr das «zweitrockenste» seit

Beginn der Messungen. Schon im Mai gab es die erste längere Trockenperiode. Ab Ende Juli bis Mitte November blieb der Unterboden in Stüsslingen vollständig «trocken». Die zweite Monatshälfte blieb es «feucht». Ende November/Anfang Dezember kletterte die Saugspannung nochmals kurz in den «trockenen» Bereich, ehe es wie gewohnt zum Jahresende wieder «nass» anzeigte.

Im Gegensatz zum «trockenen» Vorjahr, blieb das Jahr 2019 eher «nass». Der milde Frühling führte dazu, dass die Saugspannung schon früh anstieg und bereits Ende April Werte über 10 cbar gemessen wurden. Ende Juni stieg die Saugspannung in den «trockenen» Bereich und im Oberboden blieb es bis Ende Juli, im Unterboden bis Anfang August «trocken». Dann wurde es wieder «nass». Nur im September stieg die Saugspannung nochmals über 6 und für einige Tage über 10 cbar.

2020 war «trockener» als das Vorjahr. Schon im April stieg die Saugspannung zuerst im Ober- und dann im Unterboden auf über 20 cbar. Dann schwankten die Werte stark. Ab Anfang Juli bis Ende September blieb es im Unterboden mehrheitlich «trocken». Ab Anfang Oktober blieb es «nass» bis zum Jahresende.

Auch im Jahr 2021 stieg die Saugspannung schon im Frühling (April) auf über 20 cbar. Im Sommer dominierte der Niederschlag, welcher zu mehrheitlich «nassen» Verhältnissen führte. Erst im August stieg die Saugspannung dann wieder auf über 20 cbar. Wie bereits 2018 blieb es im Herbst lange «trocken». Erst Anfang Dezember sank die Saugspannung wieder in den «nassen» Bereich.

2022 stieg die Saugspannung im Unterboden zwar schon im März auf über 6 cbar, es blieb jedoch bis im Mai «sehr feucht» bis «nass». Ende Mai bis Mitte September war der Unterboden «trocken». Dann sanken die Werte. Ab Ende September blieb es bis zum Jahresende «nass».

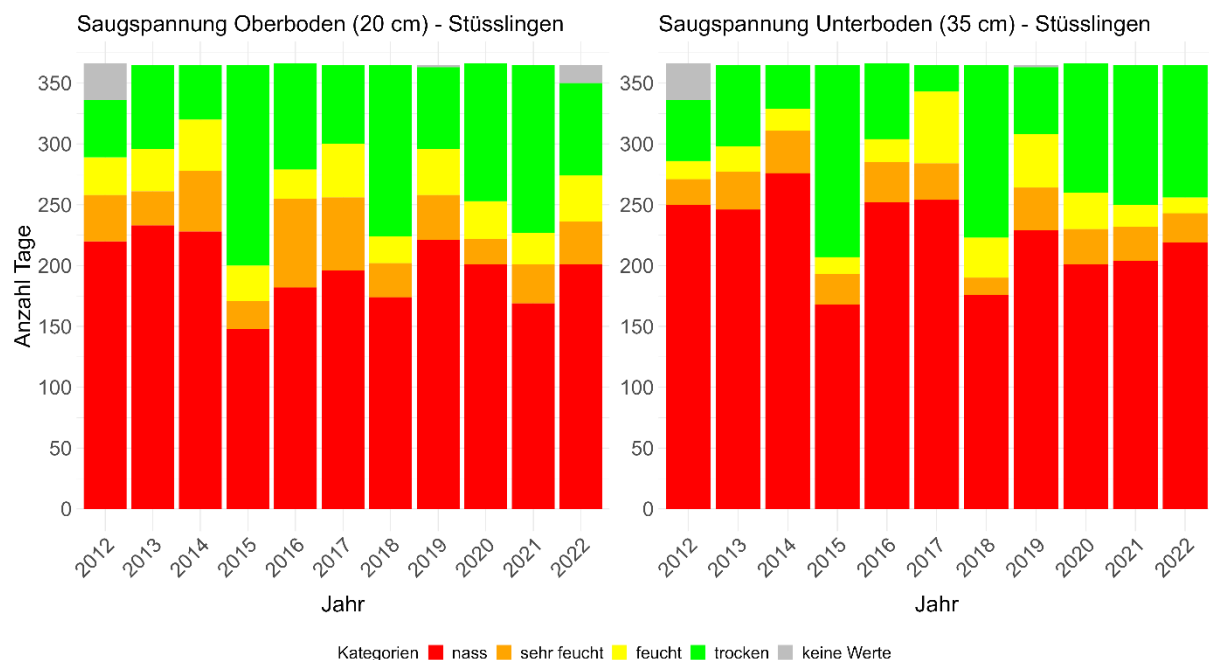
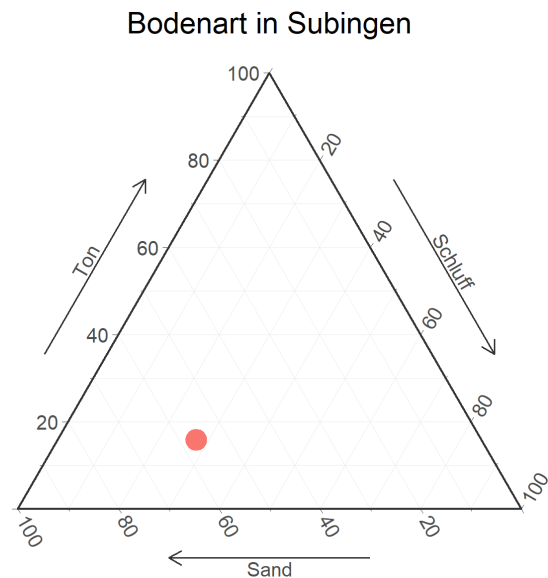


Abbildung 18: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Stüsslingen

2.4.13. Subingen

Nutzung:	Wiese
Kurzcharakterisierung Boden:	Braunerde-Gley Schwach pseudogleyig, schwach gleyig Lehm über tonigem Lehm
Topographie:	Flachhang
Koordinaten / Höhe über Meer:	614137, 227543 / 437 m
Geologie:	
Klimazone:	Ackerbau und Futterbau begünstigt (A3)
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	74 (von max. 100) / 58 cm
Landwirtschaftliche Nutzungseignung:	Futterbau bevorzugt: Ackerbau stark eingeschränkt (5)



Das erste Messjahr 2012 in Subingen startete «nass». Im April stiegen die Saugspannungen erstmals im Unterboden auf über 6 cbar. Es blieb mehrheitlich «sehr feucht» oder gar «nass», ehe im Mai die Werte erstmals auf über 10 cbar und schliesslich auf über 20 cbar stiegen. Es blieb ca. zwei Wochen trocken, dann wurde es aber wieder mehrheitlich «sehr feucht» oder «nass». Gegen Anfang August stieg die Saugspannung auf über 20 cbar. Im August blieb der Boden trotz einiger Niederschläge «trocken». Dann sank die Saugspannung wieder und es blieb bis zum Jahresende «nass».

Das Jahr 2013 war sehr regnerisch, was sich auch in den tiefen Saugspannungswerten widerspiegelte. Es dauerte bis in den Juli, ehe die Werte aus dem «nassen» Bereich stiegen und der Boden abtrocknete. Ende Juli sanken die Werte wieder für mehrere Tage unter 6 cbar. Gegen Mitte August trocknete aber der Boden wieder ab und es blieb bis Mitte September «trocken». Dann sank die Saugspannung aufgrund des starken Niederschlags wieder. Es blieb nass bis zum Jahresende.

Das Jahr 2014 gestaltete sich in Subingen noch «nasser» als das Vorjahr: Im gesamten Jahr registrierten die Tensiometer in 35 cm Tiefe nur an einem Tag im Juni einen Wert über 20 cbar. Es gab mehrere «(sehr) feuchte» Phasen. Im April stieg die Saugspannung stetig und erreichte bis Ende Monat sogar knapp über 10 cbar. Auch ab Mitte Juni erreichten die Werte während mehrerer Wochen über 10 cbar. Schliesslich stiegen die Werte Mitte September ein letztes Mal über 10 cbar. Danach stiegen sie weiter bis Anfang Oktober, aber es wurde wieder «nass» bevor die 20 cbar erreicht waren.

2015 stieg die Saugspannung zwar im April langsam an und erreichte mehr als 6 cbar. Durch die intensiven Niederschläge Ende April / Anfang Mai wurde der Boden wieder nass. Es dauerte bis im Juni, ehe Werte über 20 cbar gemessen wurden. Mitte Juni senkte der Regen die Saugspannung wieder. Der Boden wurde «feucht». Dann trocknete der Boden wieder ab und es blieb «trocken». Der Oberboden blieb bis Mitte Oktober «trocken», der Unterboden sogar bis Mitte November. Nach einem Niederschlagsereignis mit 62 mm Regen wurde der Boden durchnässt und blieb bis Ende Jahr «nass».

Das Jahr 2016 startete sehr regnerisch und der Boden blieb bis Ende Juli «nass». Im Unterboden blieb es durchgehend «nass» bis in den Juli hinein. Dann stiegen die Werte langsam, aber erst im September stiegen die Saugspannungswerte im Unterboden über die 20 cbar. Bis Ende Oktober blieb es «trocken». Dann war es bis zum Jahresende «nass».

Die Saugspannungswerte stiegen in Subingen im Jahr 2017 bereits im April und Mai in den «feuchten» (Unterboden) bzw. «trockenen» (Oberboden) Bereich. Dann schwankten die Werte ein wenig. Ende Juni stieg die Saugspannung schliesslich auch im Unterboden auf über 20 cbar.

Es blieb bis Mitte September durchgehend trocken. Dann sank die Saugspannung und es blieb «nass» bis ans Jahresende.

Das Jahr 2018 gestaltete sich in Subingen ähnlich wie das Jahr 2017. Die Saugspannungen stiegen bereits im Frühling in den «feuchten» (Unterboden) bzw. «trockenen» (Oberboden) Bereich. Dann wurde es nass, ehe Anfang Juli die Saugspannung auch im Unterboden auf über 20 cbar anstieg. Der Oberboden blieb (mit Ausnahme von wenigen Tagen Mitte Juli) bis Ende Oktober «trocken», der Unterboden bis Anfang Dezember. Ab Anfang Dezember war der Boden wieder «nass».

Im Frühling 2019 stiegen die Saugspannungswerte im April langsam an und erreichten Ende April über 10cbar. Dann sanken die Werte wieder und der Boden blieb bis Ende Juni im «nassen»oder «feucht-sehr feuchten» Bereich. Anfang Juli (Oberboden) bzw. Mitte Juli (Unterboden) stiegen die Werte erstmals über 20cbar. Der Boden blieb einen Monat trocken, dann liess der Niederschlag die Saugspannungswerte wieder sinken. Im September vermochte der Boden nochmals abzutrocknen. Ab Anfang Oktober wurde und blieb es bis ans Jahresende «nass».

Das Jahr 2020 startete «nass». Anfang März wurde die Station in Subingen aufgehoben und die Messungen eingestellt.

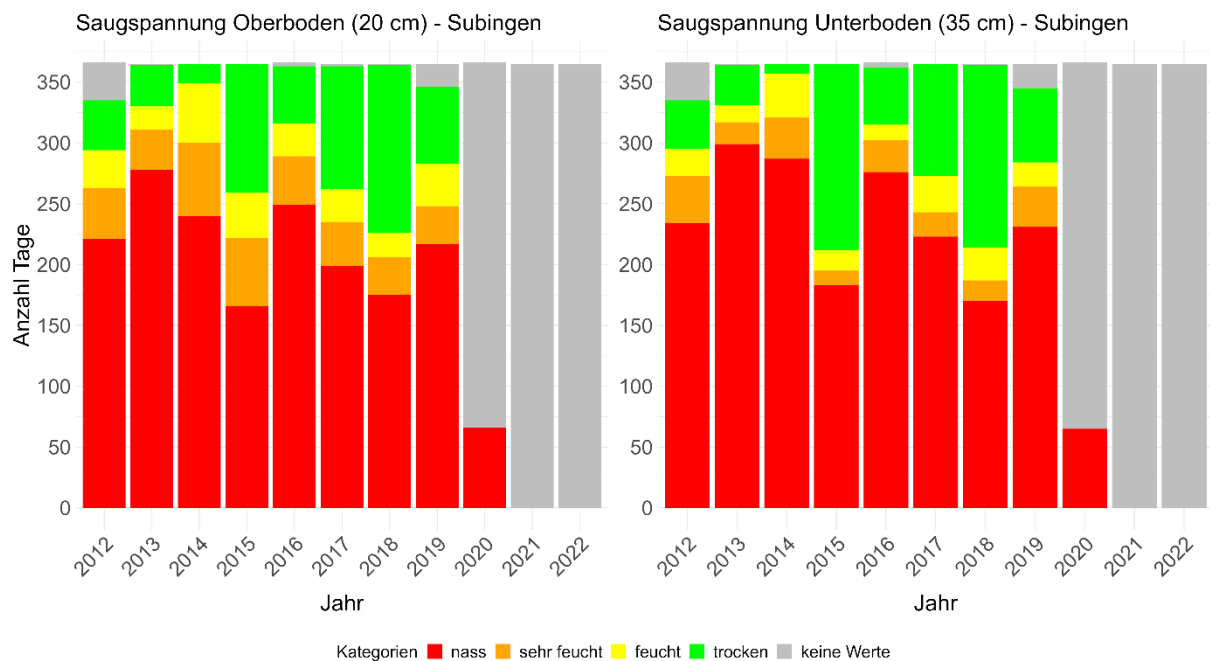


Abbildung 19: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Subingen

3. Analyse und Interpretation

Für den täglichen Vollzug ist es hilfreich, abschätzen zu können, wann welche Böden innerhalb eines Jahresverlaufs «nass» oder «trocken» sind und wie lange es dauert, bis die Böden nach einem Niederschlagsereignis wieder abtrocknen. Gemäss Lehrbuchmeinung (Amelung et al., 2018) hat die Korngrössenzusammensetzung einen entscheidenden Einfluss auf den Wasserhaushalt des Bodens. Die Bindungsstärke des Bodenwassers steigt mit zunehmenden Tongehalt (kleine Korngrösse), da die absorbierende Oberfläche zunimmt und der Porendurchmesser abnimmt. Neben der Korngrössenverteilung soll auch die Landnutzung einen entscheidenden Einfluss auf das Verhalten der Böden haben. Natürlich kann auch das Mikroklima einen entscheidenden Einfluss haben. In diesem Kapitel sollen die «trockenen» und «nassen» Standorte des BMN SO identifiziert und charakterisiert werden und, auch im Hinblick auf die Auswahl möglicher zukünftiger Stationen, Erklärungen für die unterschiedlichen Verhalten gefunden werden.

3.1. Identifizierung von trockenen und nassen Standorten

In 2.1 lassen sich anhand der Jahresmediane bereits erste Tendenzen für eher nasse bzw. trockene Stationen ablesen. Für den Vollzug ist jedoch massgebend, wie viele Tage der Boden bearbeitbar ist. Deshalb werden je Standort pro Jahr die Anzahl Tage, an denen die Saugspannung unter 6 cbar («nass»), zwischen 6 und 10 cbar («sehr feucht»), zwischen 10 und 20 cbar («feucht») und über 20 cbar («trocken») liegt, gezählt. *Abbildung 20* zeigt die vier Kategorien «nass», «sehr feucht», «feucht» und «trocken» als Boxplots der Tagessummen der Jahre 2012 bis 2022 für alle Standorte in 20 und 35 cm Tiefe.

3.1.1. Überblick

Die Boxplots der Kategorie «nass» (rot) zeigen relativ deutliche Unterschiede zwischen den Stationen. Die beiden Standorte Fulenbach und Kestenholz weisen sowohl in 20 als auch in 35 cm Tiefe am wenigsten «nasse» Tage auf. In 20 cm Tiefe weisen Bellach und Dulliken am meisten «nasse» Tage auf. Im Unterboden haben Dulliken, Bellach und Hofstetten-Flüh am meisten «nasse» Tage.

In den Kategorien «sehr feucht» (orange) und «feucht» (gelb) sind die Unterschiede zwischen den Standorten weniger gewichtig, da es insgesamt auch weniger Tage mit diesen Bodenbedingungen gibt. Jedoch fällt auf, dass die drei Waldstandorte Breitenbach, Dulliken und Etziken tendenziell weniger Tage in diesen beiden Kategorien haben. Hervor sticht auch, dass in beiden Kategorien und in beiden Tiefen in Fulenbach am meisten Tage gezählt werden. Auch Aetigkofen hat überdurchschnittlich viele Tage in den beiden Kategorien. Weiter weisen die Standorte Kestenholz und Aetigkofen sowohl in 20 als auch in 35 cm Tiefe überdurchschnittlich viele «sehr feuchte» Tage auf.

In der Kategorie «trocken» sind Breitenbach, Kestenholz und Matzendorf die Standorte mit den meisten Tagen. Bellach, Subingen und Aetigkofen sind die Standorte mit den wenigsten «trockenen» Tagen im Oberboden. Subingen, Mühledorf und Hochwald haben die tiefste Anzahl «trockene» Tage im Unterboden. Da in Mühledorf erst ab dem Jahr 2017 und in Hochwald erst seit dem Jahr 2020 gemessen wurde, sind diese Werte nicht mit den anderen Standorten vergleichbar. In den weiteren Interpretationen wird der Standort Hochwald deshalb nicht einbezogen.

Verteilung der Kategorien über die Messperiode (Mediane)

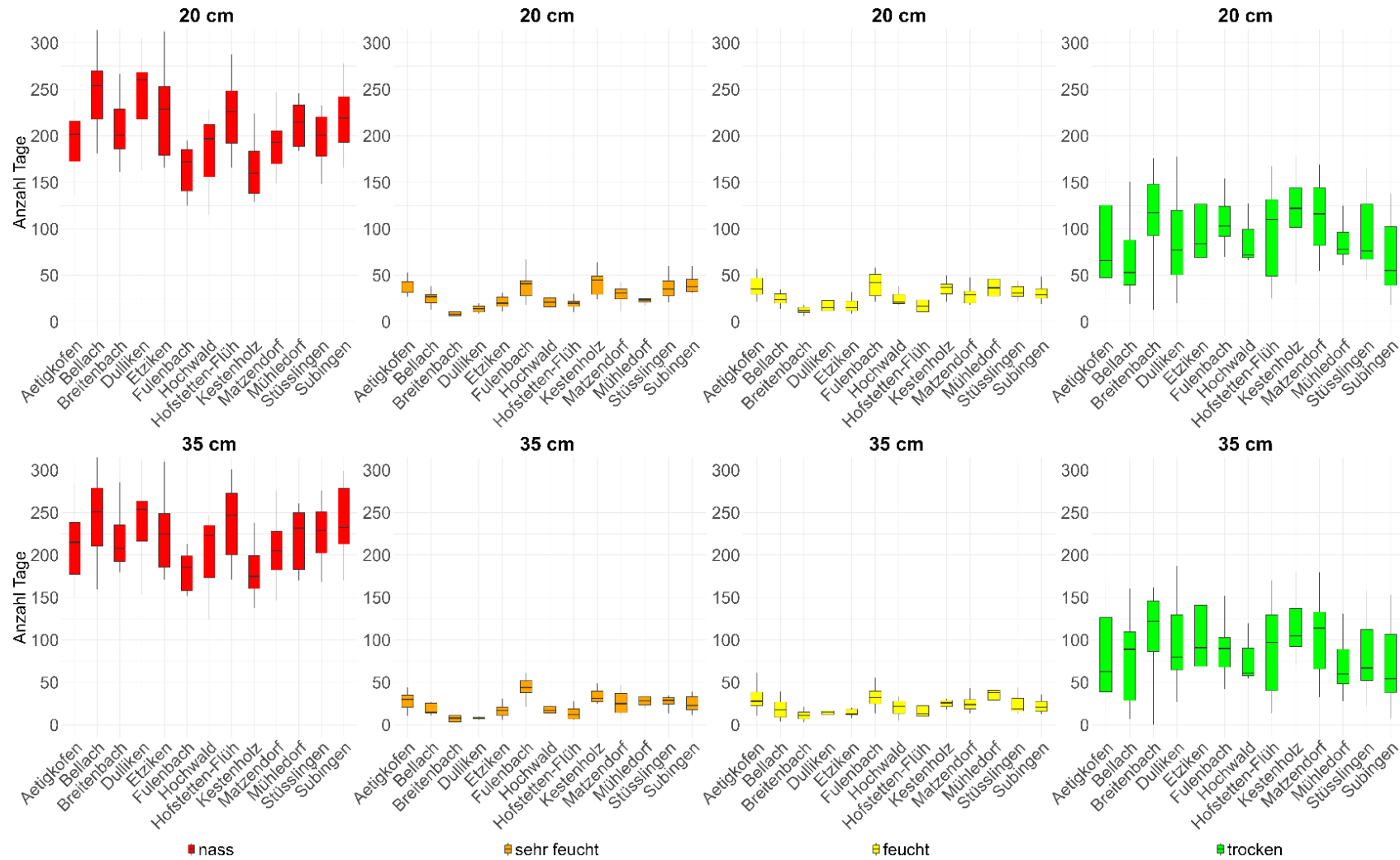


Abbildung 20: Boxplots der Tagessummen der Jahre 2012 bis 2022 je Saugspannungskategorien, im Ober- und Unterboden. Die Box an sich gibt den Bereich an, in dem die mittleren 50 % aller Werte (d. h. aller Tagessummen) liegen. Die horizontale Linie innerhalb der «Box» repräsentiert den Median. Ausreisser werden nicht abgebildet.

3.1.2. Charakterisierung der Standorte

Waldstandorte

Die Waldstandorte zeigen ein duales Verhalten bezüglich der Saugspannung – entweder liegt sie im niedrigen Bereich («nass») oder im hohen Bereich («trocken»), mit einem sehr schnellen Abtrocknungs- bzw. Wiedervernässungsverhalten zwischen diesen Zuständen - diese Erkenntnis hat sich bereits in 2.4 angezeigt. Ein Vergleich der Saugspannungsdaten von Dulliken (*Abbildung 10*) und Stüsslingen (*Abbildung 18*: Vergleich der Saugspannung im Ober- und Unterboden in Stüsslingen verdeutlicht dies sofort).

Der Boden in Breitenbach, mit der Körnung Lehm über lehmigem Ton, zeichnet sich durch viele Feinporen aus, die das Wasser gut halten. Diese tragen sicher dazu bei, dass der Boden länger «nass» bleibt. Der Waldstandort Breitenbach weist im Vergleich mit den anderen, weniger feinkörnigen Waldstandorten dennoch weniger «nasse», dafür aber etwas mehr «sehr feuchte» und «trockene» Bedingungen auf. Die erhöhte Anzahl an «trockenen» Tagen kann durch ausge dehnte Trockenperioden in dieser Region bis tief in den Spätherbst erklärt werden. Obschon der Jahresmedian der Saugspannung jeweils eher tief ist (*Abbildung 3* und *Abbildung 4*), weist der Standort eine erhöhte Anzahl an trockenen Tagen auf. Dieses Beispiel zeigt, dass der Jahresmedian allein ein zu wenig differenziertes Bild abgibt.

Der Standort in Dulliken ist ein tiefgründiger Boden, der als Lehm über sandigem Lehm charakterisiert wird. Die Körnung kann also die vielen «nassen» Tage nicht erklären. Vielmehr bestimmen der Hang- und Stauwassereinfluss sowie die konkave Geländeform (15 % Neigung) die Saugspannungsverteilung und die Tatsache, dass es an diesem Standort lange «nass» bleibt.

Die Körnung des Bodens in Etziken wird ähnlich wie in Dulliken als sandiger Lehm klassifiziert. Der Waldboden weist Saugspannungswerte in einem ähnlichen Bereich wie Dulliken auf, was sicherlich mit dem in Etziken ebenfalls auftretenden Stauwassereinfluss zusammenhängt. Jedoch ist die Anzahl Tage mit «nassen» Bodenbedingungen weniger stark ausgeprägt als in Dulliken.

Die Saugspannungswerte von Mühledorf unterscheiden sich von den drei anderen Waldstandorten. Es gibt mehr Tage in den Übergangskategorien «sehr feucht» und «feucht». Dies fällt auch auf, wenn man *Abbildung 17* (Jahressaugspannungen Mühledorf) mit den anderen Waldstandorten vergleicht. Der Boden (Körnung: lehmreicher Sand) in Mühledorf hat einen höheren Sandanteil und im Oberboden einen hohen Anteil an organischem Material, was der Grund für diese Beobachtung sein könnte. Für weitere Interpretationen von Trends und Verhaltensmuster bedarf es aber einer längeren Messperiode.

Landwirtschaftsstandorte

«Trockene» Standorte

Während Kestenholz in 20 cm Tiefe die höchste Anzahl an Tagen im «trockenen» Bereich aufweist, verzeichnen in 35 cm Tiefe die Standorte Breitenbach und Matzendorf im Schnitt ein paar trockene Tage mehr. Wenn jedoch die Tage im «feuchten» Bereich ebenfalls mitberücksichtigt werden, wird deutlich, dass es in Kestenholz weniger «nass» ist als an allen anderen Standorten trotz der hohen Niederschlagsmengen und der eher schweren Bodenart (toniger Lehm) ist der Standort in Kestenholz überdurchschnittlich «trocken». Diese scheinbare Diskrepanz könnte auf die anfängliche Hypothese zurückgeführt werden, dass die bestehenden Mäusegänge die Messungen beeinflussen könnten. Eindeutige Belege hierfür fehlen jedoch.

Auch Matzendorf gilt, wie oben beschrieben, als einer der «trockenen» Standorte des Kantons. Die Bodenart ist, wie beim Standort Kestenholz, als toniger Lehm, also als schwerer, eher wenig wasserdurchlässiger Boden klassifiziert und hangwasserbeeinflusst. Dennoch ist es ein «trockener» Standort. Die südexponierte Hanglage hat wohl einen Einfluss auf die eher «trockenen» Bodenbedingungen dieses Standortes.

Der Boden in Fulenbach ist als sandiger Lehm klassifiziert. Diese Bodenart zeichnet sich durch eine gute Durchlässigkeit und eine eher geringe Wasserspeicherfähigkeit aus. Dies bestätigt sich: Die Saugspannung liegt abgesehen vom Winter relativ selten im «nassen» Bereich. Das deutet

darauf hin, dass die Poren schnell entwässern. Jedoch fällt auch auf, dass Fülenbach verhältnismässig viele Tage in den Kategorien «sehr feucht» und «feucht» hat. Eventuell ist die Porenverteilung hier relativ durchmischt. Die Grobporen entwässern schnell, doch die vielen Feinporen halten das Wasser lange zurück.

«Ausgeglichene» Standorte

Zu Beginn der Messungen hat man vermutet, dass Stüsslingen als «trocken» einzustufen ist. Nach einer Messreihe von elf Jahren zeigt sich jedoch, dass das Bodenfeuchte-Verhalten in Stüsslingen mit einer erhöhten Anzahl von Werten im «sehr feuchten» bis «feuchten» Bereich von 6-20 cbar nicht eindeutig ist. Die Bodenart ist Lehm über sandigem Lehm. Der Stauwassereinfluss spielt wohl eine wichtige Rolle bei den teilweise «nassen» Bodenverhältnissen. Im Weiteren stellt Stüsslingen ein Beispiel dafür dar, wie lokale Wetterverhältnisse die Saugspannungswerte beeinflussen. So hat 2017 die Saugspannung in Stüsslingen wegen überdurchschnittlichem Niederschlag fast nie den «trockenen» Bereich erreicht. In den Regionen des Kantons mit tiefen Niederschlagssummen (z. B. Aetigkofen, Etziken oder Subingen) haben sich in diesem Jahr extrem viele Trockentage angezeigt.

Auch der Boden in Aetigkofen weist vergleichsweise viele Tage mit Saugspannungswerten im Bereich von 6 bis 20 cbar auf. Die leicht geneigte Hanglage, kombiniert mit der Körnung lehmreicher Sand, könnte dazu beitragen, dass das Wasser gut abfließt und es zu weniger «nassen» Bodenbedingungen kommt. Die lokale Witterung wie die Anzahl und Summe der Niederschläge könnten ebenfalls von Relevanz sein.

«Nasse» Standorte

Die Bodenart in Hofstetten-Flüh ist lehmiger Schluff über lehmigem Ton, also ein schwerer Boden mit erhöhter Wasserrückhaltefähigkeit. Bei «nassen» Bodenbedingungen bleibt es an dem Standort länger «nass». Die geringe Anzahl Tage mit «trockenen» Bodenbedingungen wird ebenfalls massgeblich durch die Bodenart beeinflusst sein: Die feinen Ton- und Schluff-Partikel führen dazu, dass das Wasser stark im Boden gebunden wird und somit die Saugspannung später ansteigen lässt. Die Annahme, dass der Standort zu den eher «nassen» Standorten gehört, bestätigt sich.

In Subingen ist der Boden als Lehm über tonigem Lehm klassifiziert, also auch ein schwerer, wenig durchlässiger Boden. Auch an diesem Standort ist die Anzahl an «trockenen» Tagen relativ gering. Wie in Kapitel 2 aufgezeigt, gibt es lediglich während den Rekordjahren (2015, 2017, 2018) längere Phasen, in denen dieser Boden vollständig abtrocknet. Dies wird sicherlich mit der Körnung zu tun haben.

Bellach zeigt sich als der «nasseste» Standort des Bodenmessnetzes Kanton Solothurn, was die einst gezielte Auswahl dieses stark grundnassen Standortes bestätigt. Im Oberboden weist Bellach nebst Dulliken die höchste Anzahl an «nassen» Tagen auf. Die Anzahl an Tagen mit «trockenen» Saugspannungen ist sehr tief. Der Unterboden reagiert in einzelnen Jahren unterschiedlich, wodurch sowohl die Anzahl an «nassen» sowie «trockenen» Tagen sich im Unterboden im Durchschnitt aller Standorte befindet. Die Bodenart ist toniger Lehm über Ton. Dies und der starke Grundwasser-Einfluss (häufig bis zur Oberfläche wassergesättigt) erklären die hohe Anzahl Tage mit «nassen» Saugspannungswerten bis in den Oberboden. Erstaunlich ist die Beobachtung, dass die Messungen der ersten Jahre tiefere Saugspannungswerte aufgezeichnet haben, als die letzten Jahren. Dieser scheinbare Aufwärtstrend der Saugspannung zeigt sich in *Abbildung 3* und *Abbildung 4*. Ob es sich tatsächlich um eine Veränderung des Saugspannungsverhaltens handelt, muss in den weiteren Jahren verfolgt werden.

Insgesamt bestätigen sich die Abschätzungen bezüglich «trockene» und «nasse» Standorte, die 2016 auf Basis der Auswertungen der drei ersten Messjahre ([Bericht BMN SO 2013-2015](#)) mehrheitlich. Die Unterschiede können nicht allein mit der Korngrößenverteilung erklärt werden, vielmehr spielen wohl andere Faktoren wie das lokale Klima, die Exposition etc. eine Rolle.

3.2. Charakteristik der Saugspannung im Jahresverlauf

Für die Planung und bodenschonende Durchführung von Bauarbeiten sowie von land- und forstwirtschaftlichen Bewirtschaftungseinsätzen ist es wichtig zu wissen, zu welchen Zeitpunkten im Jahresverlauf die Böden in der Regel genügend abgetrocknet, knapp abgetrocknet oder aber zu nass sind für Arbeiten, die den Boden beanspruchen.

Die Charakteristik der Saugspannung im Jahresverlauf verläuft erfahrungsgemäss bei allen Standorten im Kanton Solothurn grundsätzlich ähnlich, mit nassem Winter- und trockenerem Sommerhalbjahr. Im Detail zeigen sich jedoch standorttypische Unterschiede, dies vor allem im Frühling und Herbst. Diese Standortunterschiede werden im Folgenden an je einem typischen Beispiel für einen «nassen» Landwirtschaftsstandort (Bellach), für einen «trockenen» Landwirtschaftsstandort (Kestenholz) sowie für einen Waldstandort (Dulliken) genauer dargestellt und beschrieben. Die umfangreichen Messreihen der einzelnen Jahre werden hierfür auf Monats-ebene gebündelt und die Monats-Medianwerte je Messjahr dargestellt (*Abbildung 21-Abbildung 23*).

Die Diagramme des Standortes Kestenholz (*Abbildung 21*) zeigen, warum dieser Standort der «trockenste» aller Standorte im Kanton Solothurn ist. Bereits im April erreicht die Saugspannung in zwei Jahren einen Medianwert im «feuchten» bzw. «trockenen» Bereich. Bis auf die zwei Jahre 2012 und 2013 weisen alle Jahre einen Medianwert über 6 cbar für den April auf. Die Saugspannung steigt während den Frühlingsmonaten in den meisten Jahren in den zweistelligen Bereich (siehe auch Kapitel 2.4.9). Die Monate August und September heben sich signifikant von den anderen Standorten ab: An keinem der anderen Standorte existieren in einer Tiefe von 35 cm solch hohe Werte über die gesamte Messperiode. Selbst in den feuchten Sommern der Jahre 2014 oder 2021 ist die Saugspannung während diesen Monaten nie unter 20 cbar gesunken.

Die Diagramme des Standortes Bellach (*Abbildung 22*) zeigen auf den ersten Blick den «nassen» Landwirtschaftsstandort. Im Frühling bleibt der Boden lange «nass» und es treten in nur wenigen Jahren Saugspannungswerte im Bereich «sehr feucht» und selten «feucht» auf. Damit zeigt sich der Frühling jedoch etwas variabler hinsichtlich der Saugspannung als die Waldstandorte (*Abbildung 23*). Zum Sommerbeginn treten eher selten «trockene» Bodenbedingungen ein. Der Boden kann meist erst ab Juli abtrocknen. Im Herbst sind einzelne Jahre mit erhöhten Saugspannungswerten zu sehen, jedoch sind diese im November nur noch die Ausnahme und in der Regel bleibt es ab dann in den meisten Jahren bereits wieder «nass». Wenn man die Balkendiagramme von Bellach mit denen des Standortes Kestenholz vergleicht, zeigen sich in Bellach im Sommer und Herbst vor allem während den Hitzejahren 2015, 2017 und 2018 ähnlich hohe Saugspannungswerte an wie in Kestenholz.

Die Diagramme des Standortes Dulliken (*Abbildung 23*) veranschaulichen das typische Verhalten der Saugspannungen an den Waldstandorten: Bis in den Juni trocknen die Böden kaum ab und es überwiegen Saugspannungswerte im «nassen» bis «sehr feuchten» Bereich. Im Sommer und Frühherbst zeigen sich dann längere und teils andauernde Trockenphasen und die Saugspannung am Standort Dulliken steigt in vielen Jahren in ähnliche Bereiche wie in Kestenholz. Später im Herbst (Oktober und November) gibt es in Dulliken gar häufiger und anhaltendere Trockenphasen als in Kestenholz (und Bellach). Die Messreihen zeigen, dass es bei den abgetrockneten Waldböden eine grössere Niederschlagssumme braucht zur dauerhaften Wiederbefeuchtung des Bodens – ein für alle vier Waldböden typisches Verhalten.

Das vorangehende 3.1 hat das duale Verhalten der Waldstandorte, also die hohe Anzahl an «trockenen» und «nassen» Werten bei geringerer Anzahl «Übergangstage» thematisiert. In den Monatsdiagrammen von Dulliken finden sich über die 11 Messjahre hinweg einige Erklärungen. Der Waldstandort trocknet erst gegen den Sommer hin ab. Dies erklärt die hohe Anzahl an Werten im «nassen» Bereich. Die monatliche Auswertung zeigt weiter die hohe Anzahl an Werten im «trockenen» Bereich in der zweiten Jahreshälfte. So liegen im September die Medianwerte, bis auf das Jahr 2014, über 70 cbar. Im Oktober liegen die Medianwerte mit Ausnahme von 2013 und 2014 ebenfalls im «trockenen» Bereich. Die relativ späte Abtrocknung im Frühjahr und die lange Trockenphase bis in den Spätherbst erklären die hohe Anzahl an Werten zwischen 0-6 cbar und über 20 cbar.

Insgesamt lassen sich die Jahresverläufe wie folgt zusammenfassen: Im Winter, ab November bis

März, sind in der Regel alle Böden nass. An «trockenen» Landwirtschaftsstandorten klettern die Saugspannungswerte häufig schon im Frühling auf über 6 bzw. 10 cbar, so dass zu diesem Zeitpunkt eine schonende Bodenbearbeitung möglich ist. In den Sommermonaten trocknen dann die Böden (fast) immer komplett ab und bleiben auch trocken. Sobald die Böden im Herbst wieder nass werden, bleiben sie für den Rest des Jahres nass. Bei den «nassen» Landwirtschaftsstandorten beschränken sich die Trockenphasen v.a. auf die Sommer. Die Waldstandorte trocknen generell später im Jahr ab als die Landwirtschaftsstandorte, sind also bis in den Frühsommer nass. Sie bleiben dann jedoch im Spätsommer und Herbst stabiler und länger trocken.

Diese nicht überraschenden Erkenntnisse bekräftigen die bekannten Erfahrungen, dass Erarbeiten resp. Arbeiten mit Befahren von Boden für das Sommer- und Herbsthalbjahr geplant werden sollen. Erarbeiten und das Befahren von Boden sind im Winter zu vermeiden. Im Frühling können Phasen mit Saugspannungen im «sehr feuchten» und selten «feuchten» Bereich auftreten – gewisse Arbeiten mit angepassten Massnahmen zum Schutz der Böden können allenfalls kurzfristig durchgeführt werden.

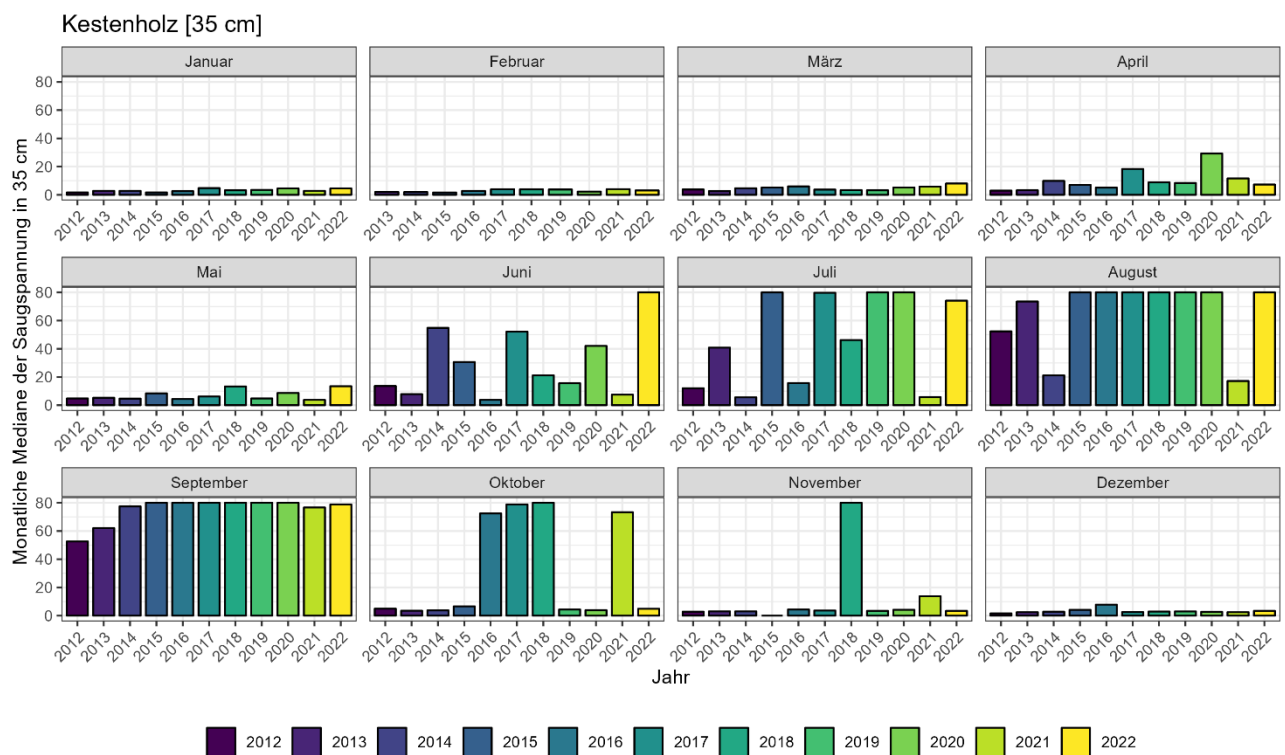


Abbildung 21: Monatliche Saugspannungswerte (Median) in Kesteholz 2012-2022

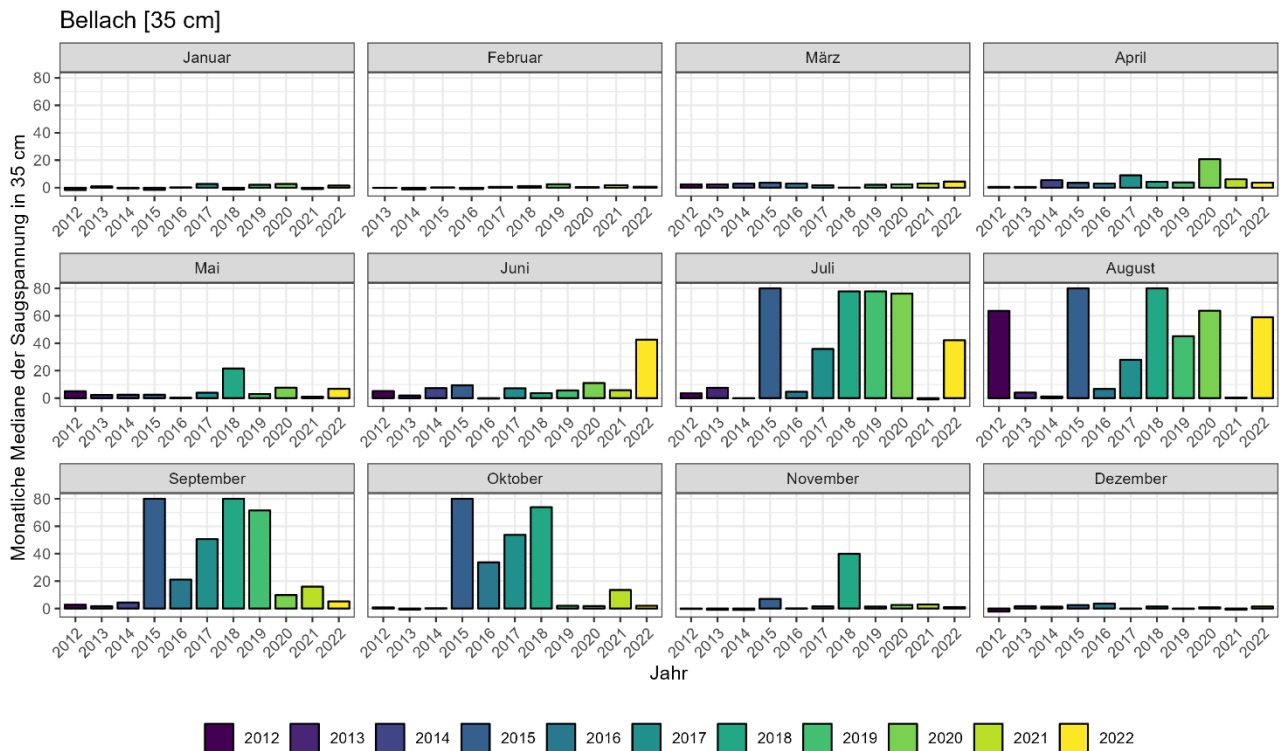


Abbildung 22: Monatliche Saugspannungswerte (Median) in Bellach 2012-2022

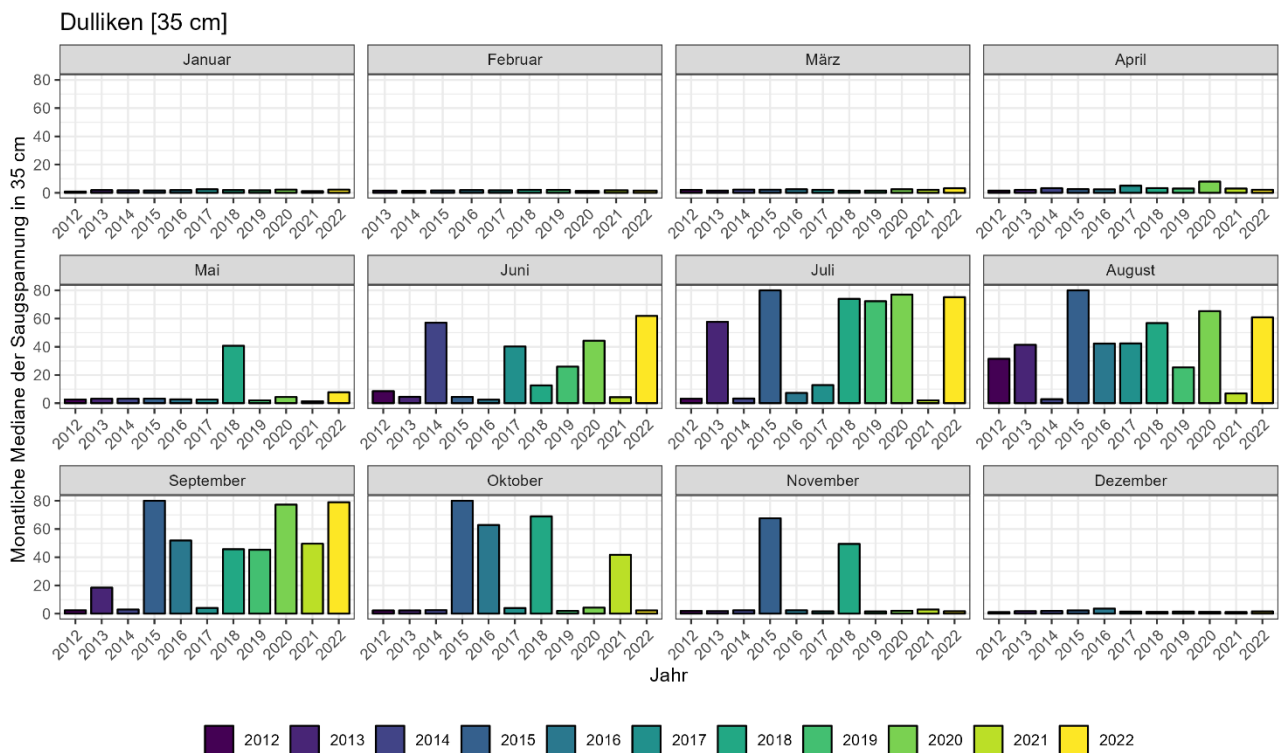


Abbildung 23: Monatliche Saugspannungswerte (Median) in Dulliken 2012-2022

3.3. Abtrocknungsdauer nach Niederschlägen

Leitlinien / Faustregeln zur Abtrocknungsdauer eines wassergesättigten Bodens sind von Bedeutung für den Bodenschutz-Vollzug: Für die Planung von Bau- und Bewirtschaftungseingriffen ist es entscheidend, abschätzen zu können, wann sich in einem wassergesättigten Boden die Grobporen entwässert haben, also die Feldkapazität ($> 6 \text{ cbar}$) erreicht ist. Die Jahreszeit spielt hierbei eine wichtige Rolle, um saisonale Unterschiede im Abtrocknungsverhalten von Böden bei den Entscheidungen berücksichtigen zu können.

Um das Abtrocknungsverhalten der Böden zu analysieren, werden in den Messreihen aller Standorte die Perioden nach einem Niederschlagsereignis von mindestens 15 mm genauer analysiert. Dabei wird nur die Saugspannung des Unterbodens betrachtet, da diese für den Vollzug relevanter ist. Für die Auswertungen werden die Tage nach einem Niederschlagsereignis gezählt, bis die Saugspannung wieder über 6 cbar angezeigt hat. Die verzögerte Reaktion eines Niederschlags auf die Saugspannung im Unterboden wird berücksichtigt, indem die Zählung erst am Tag nach Erreichen einer Saugspannung unter 6 cbar beginnt. Bei erneutem Niederschlag von 15 mm oder mehr während der Abtrocknungsphase wird die Zählung gestoppt, um sicherzustellen, dass nur die Abtrocknung berücksichtigt wird und nachfolgende Niederschläge die Berechnung nicht verfälschen.

Die nachfolgende Graphik (*Abbildung 24*) zeigt pro Standort in 35 cm Tiefe die Resultate, aufgeteilt in die vier Jahreszeiten: Frühling (März, April, Mai), Sommer (Juni, Juli, August), Herbst (September, Oktober, November) und Winter (Dezember, Januar, Februar).

- Im Frühling werden in Kestenholz nach acht Tagen Saugspannungswerte über 6 cbar gemessen, in Bellach dauert es mit 19 Tagen am längsten. Die Böden in Fulenbach, Etziken und Hochwald scheinen ebenfalls eher rasch (9, 11 und 12 Tage) abzutrocknen. In Aetigkofen wird nebst Bellach die längste Abtrocknungsdauer mit 18 Tagen gefunden.
- Im Sommer dauert die Abtrocknung bis zur Feldkapazität an manchen Standorten ähnlich lange wie im Frühling. In Bellach, Subingen und Hofstetten-Flüh liegt der Medianwert im Sommer jeweils knapp unter 10 Tagen (9, 9, und 9.5 Tage). Wie bereits im Frühling, gehören auch im Sommer die Standorte Kestenholz, Fulenbach und Etziken (5, 6 und 6 Tage) zu den schnell abtrocknenden Böden. Die bisherige These, dass es im Sommer lediglich zwei bis drei Tage dauert bis der Boden bis Feldkapazität abtrocknet, scheint anhand der Daten falsch zu sein.
- Die Auswertungen für den Herbst beziehen sich häufig auf nur zwei bis drei Ereignisse im September (in Subingen gibt es gar keines). Dies liegt daran, dass die Berechnungen der Abtrocknungsdauer durch die im Herbst üblichen häufigen Niederschläge oft unterbrochen werden. Die Werte müssen deshalb vorsichtig interpretiert werden. Die Ergebnisse der Standorte Bellach, Breitenbach, Hofstetten-Flüh und Mühledorf (4, 1, 2 und 2 Tage) lassen für den Herbst besonders kurze Abtrocknungsdauern vermuten. Mit Ausnahme von Mühledorf sind diese Ergebnisse jedoch vor allem auf einzelne Niederschlagsereignisse im September zurückzuführen, womit diese nicht sehr aussagekräftig sind. Häufig erreichen die Niederschläge in den stark abgetrockneten Böden im September den Unterboden gar nicht und die Saugspannung im Unterboden bleibt im Bereich «trocken». Ein Beispiel hierfür ist Breitenbach. Dort ist der Unterboden in den Monaten September und Oktober nahezu durchgehend «trocken». Grundsätzlich kann man also festhalten, dass der Boden im Herbst oft noch so «trocken» ist, dass Niederschläge von mehr als 15 mm nicht im Unterboden ankommen. Sobald dieser jedoch einmal «nass» wird, bleibt er «nass» und trocknet nicht mehr ab.
- Im Winter sind die Abtrocknungsdauern erwartungsgemäss am längsten. Die «trockenen» Standorte Kestenholz und Fulenbach weisen mit 27 und 38 Tagen die kürzesten Dauern auf, während sich an den anderen Standorten die Dauer der Abtrocknung (Median) über 47-137 Tagen erstreckt. In der Regel verbleiben die Saugspannungswerte im «nassen» Bereich. Ausnahmen, wie beispielsweise am Standort in Kestenholz, existieren: So ist hier der Boden im Winter 2019/2020 ab Ende Dezember nach einem Niederschlagsereignis abgetrocknet und die Saugspannungswerte sind Mitte Januar in den «sehr feuchten» Bereich (16.01.2020: 6.1 cbar) angestiegen. Explizite Abtrocknungen über 6 cbar werden mit der angewendeten Berechnung selten gefunden. Es stellen sich aber bei längeren Trockenphasen oft stabile Saugspannungswerte im Unterboden ein, die jedoch

leicht unter den 6 cbar liegen. Die Bedeutung dieses Zustandes ist ungeklärt und erfordert tiefergehende Untersuchungen.

Tendenziell hängt das Abtrochnungsverhalten eines Bodens mit der Bodenart zusammen. Je sandiger die Böden sind, desto schneller sollten sie auch abtrochnen, da weniger Feinporen im Boden sind, die das Wasser zurückhalten. Je toniger die Böden sind, desto länger dauert die Abtrochnung, da das Wasser in den feinen Poren stärker zurückgehalten wird. Die Standorte Bellach und Hofstetten-Flüh, die relativ lange Abtrochnungsdauern aufweisen, bekräftigen diese These. Es lässt sich jedoch über alle Standorte gesehen kein Muster erkennen und der Standort Kestenholz mit der Bodenart toniger Lehm legt dar, dass auch andere Faktoren einen Einfluss haben. Auch die Landnutzung hat keinen Einfluss auf die Abtrochnungsdauer: Allgemein wird kein Unterschied zwischen der Abtrochnungsdauer an Wald- und Landwirtschaftsstandorten gefunden.

Die von uns angewandte Methode zur Berechnung der Abtrochnungsdauer weist bestimmte Einschränkungen auf, die hauptsächlich durch die Variabilität des Niederschlags bedingt sind. Erstens kann die Häufigkeit/Intensität von Niederschlagsereignissen, die je nach geografischer Lage variiert, die Genauigkeit unserer Berechnungen beeinträchtigen. Zweitens führt die Regelung, dass die Berechnung bei erneuten Niederschlagsereignissen über 15 mm abgebrochen wird, zu einer Vereinfachung des gesamten Berechnungsprozesses. Diese Vereinfachung ist in einigen Fällen problematisch. Auch geringere, tageweise Niederschlagsmengen können einen signifikanten Einfluss auf den Abtrochnungsprozess, d.h. eine Verlängerung der Abtrochnungsdauer, haben und damit das Ergebnis der Berechnung verzerren. In die aktuelle Berechnung sind diese Niederschläge nicht eingeflossen.

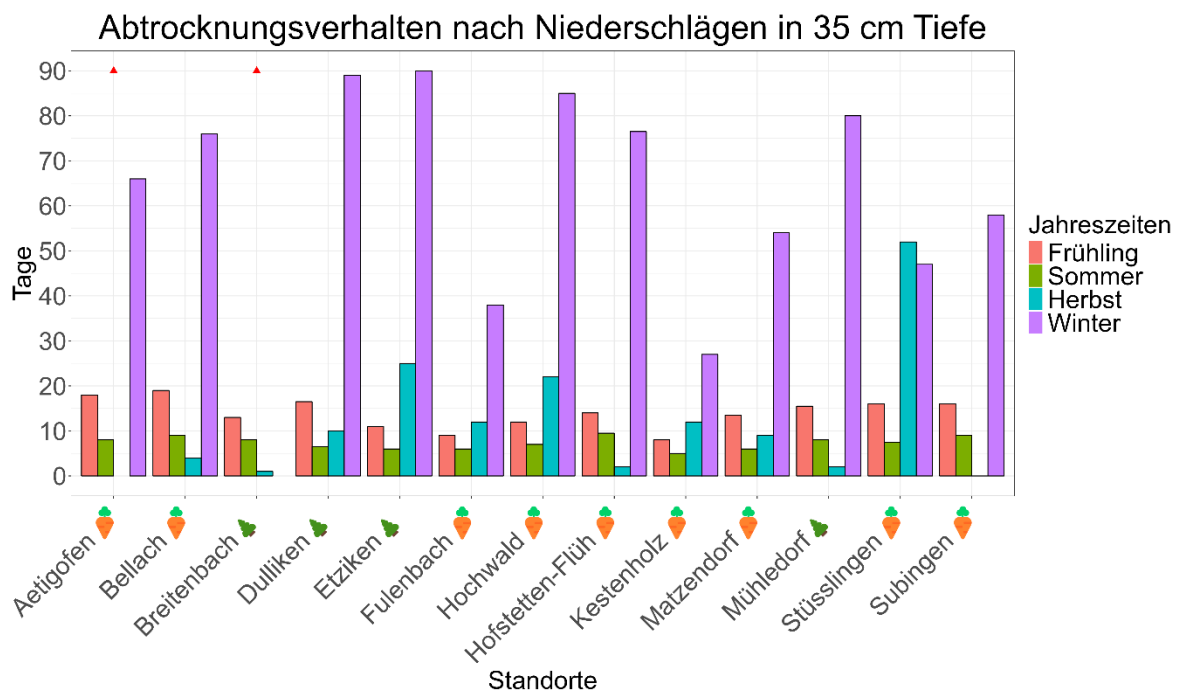


Abbildung 24: Abtrochnungsdauern (Erreichen von 6 cbar nach mind. 15 mm Niederschlag) des Unterbodens (35 cm) der Standorte des BMN SO in den vier Jahreszeiten.

3.4. Vergleich Wald- und Landwirtschaftsstandorte

Die vorhergehenden Kapitel zeigen bei mehrjährigen Messreihen klare Unterschiede zwischen den vier Waldstandorten und den neun Landwirtschaftsstandorten auf. Diese Unterschiede sollen hier gezielt behandelt werden. Einerseits befassen sich die nachfolgenden Grafiken und Abschnitte mit den Temperaturcharakteristiken, andererseits setzen sie sich mit den Unterschieden in den Saugspannungsverläufen auseinander. Die erkennbaren Differenzen sollen wichtige Erkenntnisse für die Forst- beziehungsweise Landwirtschaft liefern. Die nachfolgenden Grafiken beschränken sich auf die Bodentemperaturen und Saugspannungen.

3.4.1. Unterschiede der Bodentemperaturen nach Jahreszeiten

Abbildung 25 stellt die unterschiedlichen Temperaturcharakteristiken in den Wald- und Landwirtschaftsböden in 20 cm Tiefe während der vier Jahreszeiten dar. Alle Messwerte der Wald- resp. der Landwirtschaftsstandorte je Jahreszeit werden im Boxplot zusammengefasst.

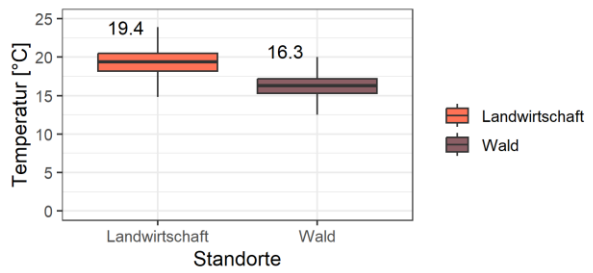
- Im Frühling beträgt die Bodentemperatur der landwirtschaftlichen Standorte im Median 10.1 °C. Das sind 1.6 °C mehr als an den Waldstandorten (8.5 °C). Eine Erklärung für diese Differenz liegt in der Vegetation des Waldes. Bei der Zunahme von Sonnenstrahlen kann der Boden in Wiesenstandorten die langwelligen Sonnenstrahlen aufnehmen, während im Wald die Bäume diese stärker blockieren. So kann sich der Waldboden nur langsam aufwärmen.
- Im Sommer sind die Differenzen am grössten. Die Landwirtschaftsböden sind durchschnittlich um 3.1 °C wärmer als die Waldböden. Bei den hohen Lufttemperaturen im Sommer spielt der kühlende Effekt der Vegetation eine wesentliche Rolle. Im Wald ist die Evapotranspiration höher als auf der Wiese. Zudem ist der Waldboden durch den intensiveren Schattenwurf besser vor Erhitzung geschützt. Die kühleren Bodentemperaturen im Wald stellen keine Überraschung dar, denn der Abkühlungseffekt der Vegetation wird in der Literatur bestätigt (Zimmermann et al., 2008; Peplau et al., 2023).
- Im Herbst ist der Unterschied der Bodentemperatur mit durchschnittlich 1.0 °C kühleren Waldböden in einem ähnlichen Bereich wie im Frühling. Die Medianwerte sind aber sowohl in Landwirtschafts- als auch in Waldstandorten deutlich höher als im Frühjahr.
- Im Winter sind die beiden Medianwerte praktisch identisch, die Landwirtschaftsböden sind durchschnittlich sogar um 0.4°C kühler. D. h. die im Sommer und Herbst wärmeren Landwirtschaftsböden kühlen im Winter verhältnismässig stärker ab als die Waldböden: Vom Herbst in den Winter verliert der Landwirtschaftsboden 9.1 °C, während im Waldboden die Differenz zwischen den zwei Jahreszeiten lediglich 7.7 °C betragen. Die Laubschicht und das organische Material im Waldboden reduzieren den Wärmeverlust im Gegensatz zum offenen Landwirtschaftsland. Die Werte der Boxplots zeigen eine gewisse Streuung der Daten. Die Schwankungen in den einzelnen Jahren sind möglicherweise auf unterschiedliche Laub- und Schneemengen zurückzuführen.

Im Frühling, Sommer und Herbst ist die Oberbodentemperatur in den Waldstandorten jeweils niedriger als bei den Landwirtschaftsstandorten. Im Winter sind die Temperaturen ähnlich. Die Unterschiede sind auf die Vegetation zurückzuführen. Im Frühling und Sommer hat der Wald eine kühlende Wirkung, da er die langwelligen Sonnenstrahlen zurückhält und auch aufgrund der Evapotranspiration. Im Winter hat die Laubschicht eine isolierende Wirkung.

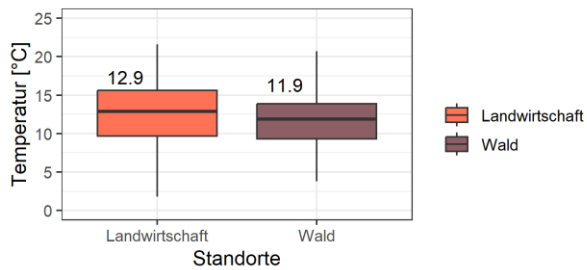
Temperaturverteilung im Frühling in 20 cm
(März, April, Mai)



Temperaturverteilung im Sommer in 20 cm
(Juni, Juli, August)



Temperaturverteilung im Herbst in 20 cm
(September, Oktober, November)



Temperaturverteilung im Winter in 20 cm
(Dezember, Januar, Februar)

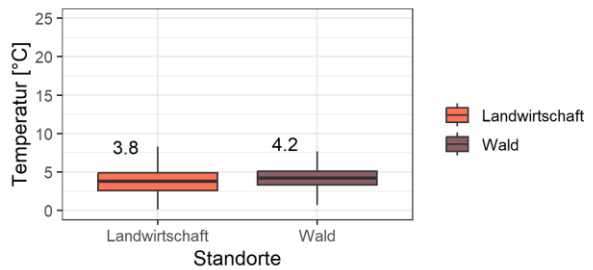


Abbildung 25: Jahreszeitabhängige Bodentemperatur in 20 cm Tiefe der Landwirtschafts- und Waldstandorte, über alle Standorte. Die Box gibt den Bereich an, in dem die mittleren 50 % aller Werte liegen. Die horizontale Linie innerhalb der Box repräsentiert den Median. Ausreisser werden nicht abgebildet.

3.4.2. Unterschiede der Saugspannungen nach Jahreszeiten

Abbildung 26 stellt die durchschnittlichen Saugspannungswerte der Wald- und Landwirtschaftsböden (35 cm Tiefe) in den vier Jahreszeiten dar.

Im Frühling zeigt sich ein klarer Unterschied zwischen Landwirtschafts- und Waldböden, auch wenn beide Medianwerte im «nassen Bereich» liegen. Die Saugspannungen der Landwirtschaftsstandorte sind tendenziell höher mit Werten näher bei 6 cbar, während die Saugspannungen in den Waldböden näher bei 0 cbar liegen. Dies wird schon in vorangehenden Kapiteln beschrieben und zeigt sich auch in den Abbildungen in 3.2. Wie bereits erwähnt, gehen wir davon aus, dass die Ursache in der Vegetation zu suchen ist. Wiesen entziehen dem Boden im Frühling mehr Wasser als die Waldvegetation. Somit dauert es an den Waldstandorten länger, bis eine bedeutende Abtrocknung des Bodens eintritt. Inwiefern standortspezifische Eigenschaften wie die Sonneneinstrahlung, die Vegetation, die Topographie sowie die Korngrösse die Saugspannungswerte über diese allgemeine Verhaltensregel hinweg beeinflussen, ist anhand dieser Auswertungen nicht ersichtlich.

Im Sommer lässt sich kein Unterschied zwischen den durchschnittlichen Saugspannungen der Wald- und Landwirtschaftsstandorte finden. Beide Mediane liegen im «trockenen Bereich» mit einer grossen Streuung. Das zeigt, dass regionale und/oder standortspezifische Unterschiede in den Saugspannungsverläufen existieren. Gründe dafür sind das Mikroklima, die Wetterunterschiede in den verschiedenen Regionen sowie die Bodeneigenschaften.

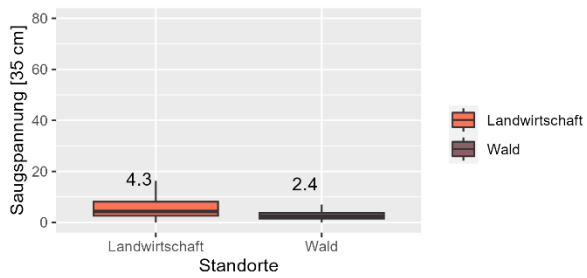
Im Herbst ist der Unterschied zwischen den durchschnittlichen Saugspannungen in Landwirtschafts- und Waldböden am deutlichsten. Bei den Waldstandorten liegt der Median im «trockenen», in den Landwirtschaftsstandorten bereits wieder im «nassen» Bereich, beides wiederum mit grossen Streuungen. Wie bereits in 3.3 festgehalten, bleibt es in vielen Waldböden relativ lange «trocken» und Niederschlagsereignisse führen, wenn überhaupt, nur zu kurzzeitigen Vernässungen. Dieser markante Unterschied ist wahrscheinlich wiederum bestimmt durch die Vegetation. Während die Waldvegetation dem Boden offenbar weiterhin viel Wasser entzieht, beginnt für die Wiesenvegetation bereits die Ruhezeit.

Im Winter weisen die Landwirtschaftsstandorte einen etwas höheren Medianwert auf als die Waldstandorte. Die Unterschiede sind jedoch sehr gering. Wie zu erwarten, liegt die Saugspannung in den Wintermonaten im Wald wie auf der Wiese im «nassen» Bereich und bewegt sich im Normalfall um 0 cbar (+/- 2-3 cbar). Wegen der Vegetationsruhe wird dem Boden kaum Wasser entzogen. Es versickert einzig das Wasser der Grobporen, das nicht gegen die Erdanziehung zurückgehalten wird.

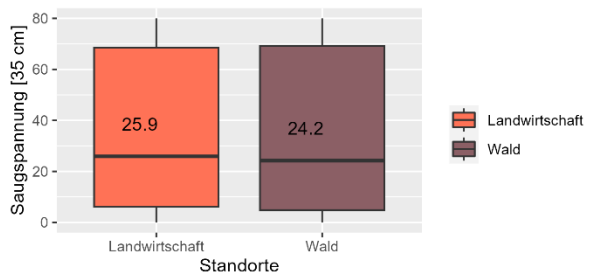
Zusammenfassend lässt sich in Bezug auf die Saugspannung zwischen Wald- und Landwirtschaftsstandorten also folgende Beobachtung festhalten: Im Frühling ist die Saugspannung im Landwirtschaftsland im Schnitt höher, im Herbst tiefer als bei den Waldstandorten. Diese Unterschiede lassen sich wie folgt erklären: Die Wiesenvegetation entzieht dem Boden schon früh im Jahr Wasser. Im Herbst ruht die Wiesenvegetation schon früher. Im Sommer und Winter lassen sich keine nutzungsbedingten Unterschiede feststellen. Dies und die grosse Streuung der Daten verdeutlichen, dass neben der Vegetation noch andere Faktoren die Saugspannung entscheidend beeinflussen.

Es wäre interessant herauszufinden, in welchem Masse die Bodeneigenschaften die Saugspannungswerte an den verschiedenen Standorten beeinflussen. Experimente, wie etwa Tracer-Versuche, könnten dabei Erkenntnisse liefern und aufzeigen, welche spezifischen Wege der Wasser- versickerung an den jeweiligen Standorten existieren. Dies könnte beispielsweise klären, ob viele Bioporen vorhanden sind oder ob überwiegend ein präferentieller Fluss vorliegt.

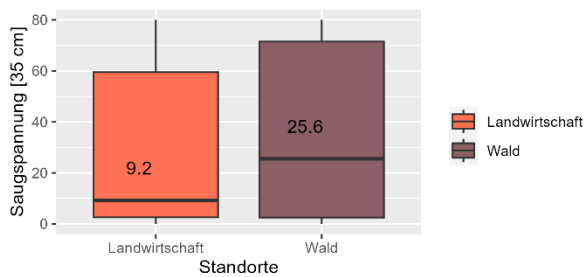
Saugspannungsverteilung im Frühling (35 cm)
(März, April, Mai)



Saugspannungsverteilung im Sommer (35 cm)
(Juni, Juli, August)



Saugspannungsverteilung im Herbst (35 cm)
(September, Oktober, November)



Saugspannungsverteilung im Winter (35 cm)
(Dezember, Januar, Februar)

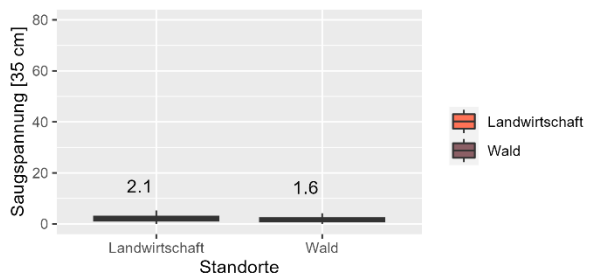


Abbildung 26: Vergleich der jahreszeitenabhängigen Saugspannungen in 35 cm Tiefe der Landwirtschafts- und Waldstandorte über alle Standorte anhand von Boxplots. Die Box an sich gibt den Bereich an, in dem die mittleren 50 % aller Werte (d. h. aller Tagessummen) liegen. Die horizontale Linie innerhalb der Box repräsentiert den Median. Ausreisser werden nicht abgebildet.

4. Fazit

Bei den Bodentemperaturen zeigen sich keine grossen Überraschungen. Die Schwankungen der Bodentemperaturen sind im Vergleich zu den Lufttemperaturen gedämpft; auch nehmen die Schwankungen mit zunehmender Bodentiefe ab. An den Waldstandorten dämpft die Waldvegetation die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen zusätzlich.

Auch bei den Saugspannungswerten zeigen sich Unterschiede zwischen Wald- und Landwirtschaftsstandorten. Im Wald steigen die Saugspannungswerte im Frühjahr langsamer an, dafür bleibt es im Herbst länger trocken als bei den Landwirtschaftsstandorten. Neben der Landnutzung hat sich gezeigt, dass die Standorte des BMN SO stark vom Mikroklima beeinflusst werden. Dies zeigt sich insbesondere im «Hitzejahr» 2017: Vor allem im östlichen Teil des Kantons sind 2017 die Niederschläge deutlich höher ausgefallen als im westlichen Gebiet. Dadurch ist das Jahr an den östlichen Standorten im Gegensatz zu den übrigen Standorten in Bezug auf die Saugspannung nicht ausgesprochen trocken ausgefallen. Bezüglich Abtrocknungsverhalten hat unsere Analyse gezeigt, dass die Böden an den meisten Standorten nach starken Niederschlägen mehrere Tage bis Wochen brauchen, um bis zur Feldkapazität abzutrocknen. Im Frühling dauert die Abtrocknung im Schnitt 8-19 Tage und im Sommer 5-9.5 Tage. Im Herbst und Winter bleiben die Böden nach einem grossen Niederschlagsereignis in der Regel «nass». Die Analyse des Jahresverlaufs hat die Erfahrungen bestätigt, wonach die Erdarbeiten resp. Arbeiten mit Befahren von Boden für das Sommer- und Herbsthalbjahr geplant werden sollen. Insgesamt haben die Untersuchungen gezeigt, dass es standortbedingte Unterschiede gibt. Diese lassen sich wider Erwarten aber nicht (bzw. nicht hauptsächlich) auf die Bodenart / Korngrössenverteilung zurückführen. Die Landnutzung, das Mikroklima und die standortspezifische Lage scheinen einen grösseren Einfluss zu haben. Die aktuelle Analyse kann die Saugspannungswerte und ihre Verteilung nicht vollständig erklären.

Zusammenfassend die wichtigsten standortbezogenen Erkenntnisse der 12 Stationen:

- **Aetigkofen:** In Aetigkofen sind die Saugspannungswerte sehr variabel, mit erhöhten häufigen Werten im Bereich «feucht» und «sehr feucht». Der Standort zeigt Merkmale sowohl von «feuchten» als auch «trockenen» Bedingungen und lässt sich nicht eindeutig in eine Kategorie einteilen.
- **Bellach:** Die Station Bellach gehört zu den «nassen» Standorten des Bodenmessnetzes. Abgesehen von den Sommermonaten trocknet der Boden kaum ab. In den letzten Jahren ist dieser Standort früher und häufiger abgetrocknet als in den ersten Jahren der Messreihe. Inwiefern dies nur mit den nassen Witterungen in den Anfangsjahren zusammenhängt oder ob es andere Gründe gibt, wird sich zukünftig noch zeigen.
- **Breitenbach:** Der Waldstandort zeigt sich über die ganze Messperiode als ausgeglichener Standort. Im Vergleich zu den anderen drei Waldstandorten ist ab 2015 eine konstant hohe Anzahl an jährlichen «trockenen» Bodenbedingungen gemessen worden. Insgesamt zeigt der Standort ein typisches duales Verhalten eines Waldstandortes.
- **Dulliken:** Der Waldstandort zeichnet sich durch längere Nassperioden im Frühling und längere Trockenperioden im Herbst aus. Trotz den Trockenphasen im Herbst gehört der Standort über die gesamte Messperiode gesehen zu den eher «nassen» Böden.
- **Etziken:** Ähnlich wie in Dulliken ist die Verteilung der Saugspannungswerte im Frühling respektive Herbst typisch für Waldböden, jedoch sind in Etziken die «nassen» Bodenbedingungen nicht so stark ausgeprägt wie in Dulliken.
- **Fulenbach:** Fulenbach gehört erwartungsgemäss zu den «trockenen» Standorten und zeichnet sich durch eine geringe Anzahl an «nassen» Tagen aus. Bereits im Frühling steigt die Saugspannung an diesem Standort oftmals in den zweistelligen Bereich, so dass der Standort vergleichsweise viele «sehr feuchte» und «feuchte» Tage aufweist.
- **Hochwald:** Die Daten von knapp drei Jahren lassen beim Standort Hochwald noch keine Interpretationen zu.
- **Hofstetten-Flüh:** Der Standort im Dorneck gehört zu den «nassen» Stationen und trocknet eher langsam ab. Solange Niederschlag fällt, bleibt dieser Boden lange «nass».
- **Kestenholz:** Der Boden in Kestenholz stellt den «trockensten» Standort des gesamten im Solothurner Bodenmessnetzes dar, auch wenn dies aufgrund der Bodeneigenschaften

und der hohen Niederschläge nicht zu erwarten wäre. Auffallend sind neben vielen «trockenen» Tagen die hohe Anzahl an Tagen mit «sehr feuchten» und «feuchten» Bodenbedingungen - ähnlich wie es in Fuluhenbach beobachtbar ist. Die Grobporen in diesem Boden entwässern von allen Standorten am schnellsten.

- **Matzendorf:** Der Wiesenstandort gehört zu den relativ schnell abtrocknenden und eher «trockenen» Standorten. Die bereits 2016 geäußerte Vermutung kann aufgrund der jetzigen Analyse bestätigt werden.
- **Mühledorf:** Der erst 2017 in Betrieb genommene, leicht verschobene Standort in Fuluhen Mühledorf ist zwar nicht mehr «dauernass» wie der Boden im früheren Standort. Dennoch sind die Bodenbedingungen an diesem Waldstandort im Vergleich zum gesamten Bodenmessnetz eher im «nassen» Bereich.
- **Stüsslingen:** Der Boden in Stüsslingen trocknet vergleichsweise schnell ab. Es werden zudem viele Werte im Bereich zwischen «feucht» und «sehr feucht» gemessen. Obwohl die Zuordnung nicht eindeutig ist, lässt sich der Standort insgesamt als eher «trockener» Standort charakterisieren. Mehrere längere Feuchtperioden bei ansonsten im Kanton trockenen Verhältnissen sind auf lokale Niederschlagsereignisse zurückzuführen.
- **Subingen:** Der Standort gehört zu den eher «nassen» Standorten im Kanton. Lediglich in den extrem heißen Jahren 2015 und 2018 sind die Saugspannungswerte ausserordentlich oft angestiegen. Der Boden in Subingen bleibt nach Starkniederschlägen auch länger «nass».

5. Ausblick/Weiterentwicklung Messnetz

5.1.1. Neue Messgeräte für die Bodenfeuchte

Da die herkömmlichen Tensiometer in sehr trockenen Perioden leerlaufen, sind (nach einem Testlauf an ausgewählten Standorten ab 2021) 2023 alle Stationen des BMN SO zusätzlich mit Teros21-Sonden in den Tiefen 20 cm und 35 cm ausgerüstet worden. Teros21 funktionieren anders als herkömmliche Tensiometer: Der Teros21 besteht aus einem Sensor mit porösen Keramikscheiben, der dauerhaft im Boden vergraben wird. Der Teros21 misst die Saugspannung indirekt, indem er die dielektrische Leitfähigkeit einer festen Matrix misst, um den Wassergehalt im Boden zu bestimmen. Die Beziehung zwischen Wassergehalt und Matrixpotential wird dann genutzt, um die Saugspannung zu berechnen. Teros21 zeichnen sich dadurch aus, dass sie unter extrem «trockenen» Bedingungen zuverlässig Messwerte der Saugspannung liefern. Im «nassen» und «feuchten» Bereich messen die T8/T32-Tensiometer jedoch zuverlässiger.

Diese zusätzlichen Messungen der Teros21 sind für land- und forstwirtschaftliche Anwendungen hilfreich. Informationen zu den Saugspannungen in extremen Trockenphasen haben eine grosse Bedeutung für die Bewässerung in der Landwirtschaft. In der Forstwirtschaft können die präzisen Daten bei der Beurteilung von Waldbrandgefahren dienlich sein.

Die ersten Messreihen haben gewisse Unterschiede bezüglich der Messwerte der Teros21 im Vergleich zu herkömmlichen Tensiometern gezeigt. Diese sind wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Messprinzipien zurückzuführen. Um zu verstehen, wie diese Unterschiede und schliesslich die Werte der Teros21 zu verstehen sind, braucht es noch weiterer Untersuchungen.

5.1.2. Neuer Standort

Es ist geplant, einen neuen Waldstandort ins Bodenmessnetz Kanton Solothurn aufzunehmen. Dieser soll zu Handen der Forstwirtschaft die Bodenfeuchte-Verhältnisse der ausgedehnten Wirtschaftswälder am Jurasüdfuss festhalten.

5.2. Literatur

Amelung, W., Blume, H.P., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R., Stahr, K. and Wilke, B.M., (2018): Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. Springer-Verlag.

Lüscher P., Frutig F., Thees O., (2016): Physikalischer Bodenschutz im Wald. Waldbewirtschaftung im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Erhaltung der physikalischen Bodeneigenschaften. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1607.

MeteoSchweiz: Klimabulletins der Jahre 2012 bis 2022, Zürich.

Peplau, T., Poeplau, C., Gregorich, E., and Schroeder, J., (2023): Deforestation for agriculture leads to soil warming and enhanced litter decomposition in subarctic soils, *Biogeosciences*, 20, 1063–1074, <https://doi.org/10.5194/bg-20-1063-2023>

Zimmermann, L., Raspe, S., Schulz, C., Grimmeisen, W., (2008): Wasserverbrauch von Wäldern. Bäume und Bestände verdunsten unterschiedlich stark. LWF-aktuell, 16–20.

Impressum

Herausgeber, Bezugsquelle

Amt für Umwelt
Kanton Solothurn
Greibenhof
Werkhofstrasse 5
4509 Solothurn
Telefon +41 32 627 24 47
afu@bd.so.ch
afu.so.ch

Projektleitung

Claudia Blaser, Abteilung Boden, Amt für Umwelt

Bearbeitung

Samuel Weber, Abteilung Boden, Amt für Umwelt
Gaby von Rohr, Abteilung Boden, Amt für Umwelt

© by

Amt für Umwelt 2024