



Bodenmessnetz

Bericht der Messjahre 2013 bis 2015



Titelbild: *Neue Station in Mühledorf*

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
1.1. Was ist das Bodenmessnetz?	4
1.2. Zweck der Messungen	4
1.3. Beurteilung der Bodenfeuchte.....	4
1.4. Standorte und Erweiterung des Messnetzes.....	7
1.5. Technische Einrichtung	8
1.6. Betrieb und Wartung	9
2. Rückblick Jahresverlauf 2013 bis 2015.....	10
2.1. Bodenfeuchte – Saugspannung	10
2.2. Luft- und Bodentemperaturen.....	17
2.3. Auswertung der einzelnen Stationen für die Jahre 2013 und 2014.....	19
2.3.1. Aetigkofen.....	19
2.3.2. Bellach.....	22
2.3.3. Breitenbach (Wald)	25
2.3.4. Dulliken (Wald).....	28
2.3.5. Etziken (Wald)	31
2.3.6. Fulenbach.....	34
2.3.7. Hofstetten-Flüh	37
2.3.8. Kestenholz	39
2.3.9. Matzendorf.....	42
2.3.10. Mühledorf (Wald).....	46
2.3.11. Stüsslingen	49
2.3.12. Subingen	52
3. Tendenzen nach vier Messjahren	55
4. Ausblick / Weiterentwicklung Messnetz	56
4.1. Bodenmessnetz Kanton Solothurn	56
4.2. Bodenmessnetz Nordwestschweiz	56
Literatur.....	57
Graphiken	57
Fotos	57

1. Einleitung

1.1. Was ist das Bodenmessnetz?

Das Amt für Umwelt betreibt zusammen mit den Kantonen Basel-Landschaft, Aargau und Zug das Bodenmessnetz Nordwestschweiz. Die Informationen zur Bodenfeuchte, die dank dem Messnetz vorliegen, unterstützen die Land- und Forstwirtschaft sowie das Baugewerbe bei der schonenden Bearbeitung des Bodens und dienen der Vorbeugung von Bodenverdichtungen. Für den Bodenschutz bilden die Daten eine wichtige Grundlage für die Vollzugsaufgaben.

Nach einer Pilotphase wurden im Sommer 2011 die ersten 10 Messstationen im Kanton Solothurn in Betrieb genommen. Im Frühling 2013 wurde das Messnetz um zwei weitere Standorte ergänzt. Jede Station ist mit automatischen Messgeräten ausgestattet, welche die Saugspannung, Bodentemperatur, Lufttemperatur und den Niederschlag messen.

Die Saugspannung als indirektes Mass für die Bodenfeuchte ist die zentrale Messgrösse einer Bodenmessstation. Die Daten der verschiedenen Stationen werden automatisch übermittelt und im Internet unter www.bodenmessnetz.ch zur Verfügung gestellt. Im Auftrag der vier Kantone macht die Firma Meteotest die Datenaufbereitung, betreibt die Webseite und ist für die Wartung und Unterhalt der Stationen verantwortlich.

1.2. Zweck der Messungen

Die Bodenfeuchte ist für die Tragfähigkeit und Verdichtungsempfindlichkeit eines Bodens und somit für eine schonende Bewirtschaftung und Bearbeitung von entscheidender Bedeutung.

Schwere Fahrzeuge und Maschinen können den Boden durch Befahren oder Bearbeiten in feuchtem Zustand irreparabel verdichten. Bei einer Bodenverdichtung ist das Porenvolumen reduziert, wodurch der Boden weniger Wasser und Luft aufnehmen kann. Die Bodenfruchtbarkeit ist langfristig gefährdet.

Die Bodenfeuchtigkeit kann über die Bodensaugspannung mit Tensiometern gemessen werden. Die Saugspannungsmesswerte sind vielseitig einsetzbar. In der Bauwirtschaft ist zur Messung der Bodenfeuchte und zur Ermittlung der Einsatzgrenzen von Erdarbeiten der Einsatz von Tensiometern weitverbreitet. Auch in der Land- und Forstwirtschaft kann die Bodenfeuchte als Hilfsmittel zur zeitlichen Planung der Arbeiten und der Maschinenwahl sinnvoll eingesetzt werden.

Dank der Abdeckung aller Kantonsteile bietet das Bodenmessnetz zusätzlich wichtige Hinweise über Tendenzen der Bodenfeuchte im Kanton.

Ausserdem kann die Messung der Bodenfeuchte in Trockenperioden auch als Entscheidungshilfe zur Bewässerung eingesetzt werden, oder die Messwerte können zur Risikoabschätzung in Hochwassersituationen dienen.

1.3. Beurteilung der Bodenfeuchte

Die Bodenfeuchtigkeit wird mit Tensiometern anhand der Saugspannung gemessen. Die Saugspannung ist physikalisch gesehen ein Unterdruck der durch das Bodenwasser zustande kommt, das aufgrund der Kapillarkräfte in den mittleren und feinen Poren festgehalten wird. Je weniger Wasser im Boden gespeichert ist, desto grösser sind diese Kräfte und folglich die Saugspannung. Demzufolge nimmt die Tragfähigkeit des Bodens zu und die Gefahr von Bodenschäden durch Verdichtung mit steigender Saugspannung ab.

Bei den Stationen des Messnetzes wird die Saugspannung sowohl in 20 cm (Oberboden) als auch in 35 cm Tiefe (Unterboden) gemessen. Aufgrund der grösseren Empfindlichkeit bzw. der fehlenden Regenerationsfähigkeit des Unterbodens ist in erster Linie der Messwert in 35 cm Tiefe für den Vollzug im Bodenschutz massgebend.





Die Messwerte zur Bodenfeuchte werden in vier Beurteilungskategorien eingeteilt und mit Empfehlungen zur Befahrbarkeit ergänzt (Tabelle 1). Ursprünglich basieren die Handlungsempfehlungen auf Erfahrungen mit Raupenfahrzeugen aus der Bauwirtschaft. Die Handlungsanweisun-

gen und -empfehlungen wurden im Herbst 2014 auf der Webseite www.bodenmessnetz.ch für die Land- und Forstwirtschaft ergänzt.

Um Verdichtungen zu vermeiden ist es auch in der Landwirtschaft wichtig, bei der zeitlichen Planung von Feldarbeiten die Witterungsverhältnisse und aktuelle Bodenfeuchte zu berücksichtigen. Für die Landwirtschaft steht zur Beurteilung des Bodenverdichtungsrisikos zusätzlich das Simulationsmodell „Terranimo“ des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) zur Verfügung (www.terranimoch). In Terranimo muss neben der Bodenfeuchte für die Befahrbarkeit auch die Bodenfestigkeit mitberücksichtigt werden. Die Bodenfestigkeit hängt hauptsächlich vom Tongehalt des Bodens ab.

Durch den Einsatz schwerer Maschinen bei der Holzernte besteht auch bei forstwirtschaftlich genutzten Waldböden ein erhebliches Verdichtungsrisiko. Da die Holzernte hauptsächlich während der Vegetationsruhe im Winter stattfindet und die Böden dann oft nass sind, ist der Schutz des Bodens vor Schadverdichtungen sehr herausfordernd. Deswegen werden für die verschiedenen Kategorien der Saugspannungsmesswerte spezifische Massnahmen zum Schutz der Waldböden angegeben.

Tabelle 1: Beurteilungskriterien aufgrund der gemessenen Saugspannung im Unterboden für die Bereiche Bauwirtschaft, Landwirtschaft und Forst

Bauwirtschaft		Landwirtschaft		Forstwirtschaft
Saugspannung in 35 cm Tiefe	Leichte und mittelschwere Böden (Tongehalt < 30 Gew. % und Steingehalt < 50 Vol. %)	Schwere Böden (Tongehalt > 30 Gew. % und Steingehalt < 50 Vol. %)	Handlungsanweisung	Handlungsempfehlung
 > 25 cbar "trocken"	Befahren frei für alle Fahrzeuge unter Einhaltung der Nomogramm-Werte.	Erforderlicher Saugspannungswert für schwere Böden: Werte gemäss Nomogramm + 10 cbar.	Arbeiten unter Berücksichtigung der Einsatzgrenzen gemäss "Terranimo".	Geringe Verdichtungsempfindlichkeit, Befahrung mit üblicher Sorgfalt möglich.
 10 - 25 cbar "feucht"	Befahren frei für Fahrzeuge mit Raupen, Niederdruckreifen oder Traktor-Doppelrädern unter Einhaltung der Nomogramm-Werte.	Minimalwerte zum Befahren: 20 cbar. Erforderlicher Saugspannungswert für schwere Böden: Werte gemäss Nomogramm + 10 cbar. Kein Befahren für Pneu-fahrzeuge mit Normalreifen.	Arbeiten mit erhöhter Sorgfalt und unter Berücksichtigung der Einsatzgrenzen gemäss "Terranimo".	Erhöhte Sorgfalt beim Befahren notwendig, ergänzende lastverteilende und lastreduzierende Massnahmen in Betracht ziehen.
 6 - 10 cbar "sehr feucht"	Kein Befahren. Erdbewegungen (ohne Befahren des Bodens) ab 6 cbar möglich.	Kein Befahren. Erdbewegungen (ohne Befahren des Bodens) ab 15 cbar möglich.	Boden aktuell sehr verdichtungsempfindlich. Arbeiten nur mit erhöhter Sorgfalt, mit lastreduzierenden und -verteilenden Massnahmen und unter Berücksichtigung der Einsatzgrenzen gemäss "Terranimo"	Boden aktuell sehr verdichtungsempfindlich. Bei schweren Böden das Befahren vermeiden. Übrige Böden: ergänzende lastverteilende und lastreduzierende Massnahmen ergreifen. Ev. auf Ersatzholzschlag ausweichen.
 < 6 cbar "nass"	Kein Befahren und keine Erdarbeiten.		Boden extrem verdichtungsempfindlich. Auf ackerbauliche und Futterbauliche Arbeiten verzichten. Falls Arbeiten notwendig, NUR mit Berücksichtigung der lokalen Bodeneigenschaften und lastreduzierenden und -verteilenden Massnahmen bei Einhaltung der Einsatzgrenzen gemäss "Terranimo".	Boden aktuell extrem verdichtungsempfindlich. Befahren vermeiden. Auf Ersatzholzschlag ausweichen. Falls Arbeiten notwendig sind, NUR mit Berücksichtigung der lokalen Bodeneigenschaften und lastreduzierenden und -verteilenden Massnahmen.

1.4. Standorte und Erweiterung des Messnetzes

Das Bodenmessnetz im Kanton Solothurn besteht aktuell aus 12 Messstandorten (Abbildung 1). Nach einer Pilotphase mit zwei Anlagen ab dem Jahr 2008 nahm das Amt für Umwelt im Sommer 2011 die ersten 10 Stationen in Betrieb.

Bei der Auswahl der Standorte für die ersten 10 Messstationen wurden bewusst Böden ausgewählt, welche leicht staunass sind, damit diese verdichtungsanfälligsten Böden in allen Regionen des Kantons vertreten sind. Bei der praktischen Anwendung der Messergebnisse erwies sich jedoch als wichtig, eine grössere Variation an unterschiedlichen Böden abzubilden und auch gut durchlässige Böden mit dem Bodenmessnetz abzudecken. Aus diesem Grund wurde das Bodenmessnetz im Frühling 2013 mit den Stationen in Fulenbach und Mühledorf auf gut durchlässigen Böden erweitert. Mit den beiden neuen Standorten sollte die Variabilität des Abtrocknungsverhaltens der Böden im Kanton Solothurn besser repräsentiert werden.

In der Zwischenzeit hat sich herausgestellt, dass der Standort der Station Mühledorf als nass eingestuft werden muss. So hat insbesondere der sehr trockene Sommer 2015 aufgezeigt, dass der Boden in Mühledorf im Vergleich zu den anderen Standorten nicht richtig abtrocknet. Aus diesem Grund wird in Erwägung gezogen, diese Station um zu platzieren. Dazu werden im Sommer 2016 Vergleichsmessungen mit manuellen Tensiometern gemacht.

Eine genaue Beschreibung der verschiedenen Messstandorte ist auf der Webseite unter www.bodenmessnetz.ch/standorte/beschreibung zu finden.

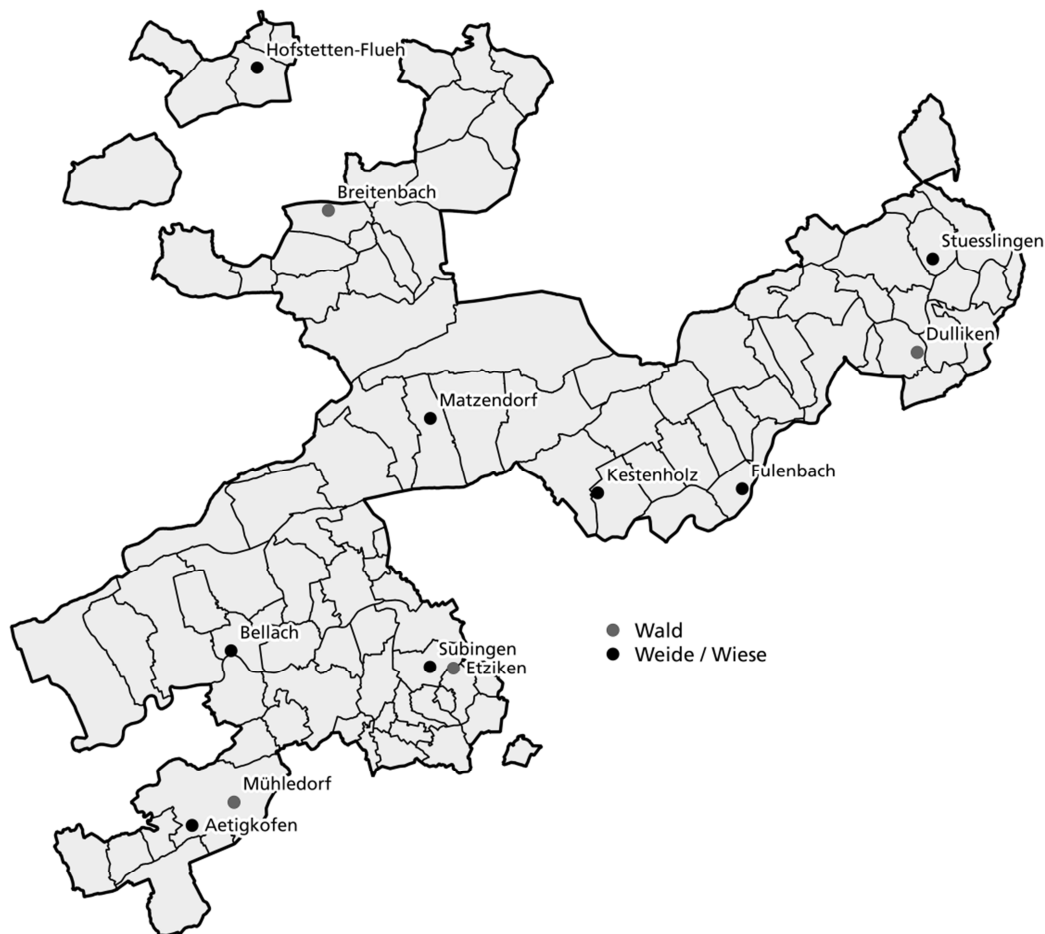


Abbildung 1: Standorte der Bodenmessstationen im Kanton Solothurn

1.5. Technische Einrichtung

Herzstück der Messstationen bilden die T8 Tensiometer der Firma UMS zur Messung der Saugspannung und Bodentemperatur. Jede Anlage ist mit je drei vollautomatischen Tensiometern in 20 cm Tiefe (Oberboden) und 35 cm Tiefe (Unterboden) ausgerüstet. Die Saugspannung wird direkt mit dem oberhalb der Keramikkerze positionierten piezoelektrischen Drucksensor gemessen. Die Tensiometer messen ausserdem auch die Bodentemperatur in den beiden Bodentiefen.

Zur Messung des volumetrischen Wassergehalts sind die meisten Messstationen zusätzlich mit einem Wassergehalts-Sensor (Stevens Hydra Probe) in 20 cm Tiefe ausgestattet. Da für den Bodenschutz primär die Saugspannung von Interesse ist, werden die Werte der Stevens Sonde auf der Homepage nicht standardmässig angezeigt. Bei den zwei neuen Standorten wurden diese auch nicht mehr installiert.

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 GPRS-Datenfunknetz. Abbildung 2 zeigt die neue Messstation in Mühledorf mit der oben erwähnten Messausrüstung.



Abbildung 2: Messstation in Mühledorf mit erdverlegter Verkabelung.

1.6. Betrieb und Wartung

Ab Betriebsjahr 2013 hat Meteotest eine technische Webseite in Betrieb genommen. Der technische Auftritt ist eine Dienstleistung von Meteotest für die zuständigen Betreiber der Messstationen und ist nur für den internen Gebrauch gedacht. Der Auftritt bietet:

- Aktuelle Messdaten zur Überwachung jeder einzelnen Sonde
- Grafiken der Rohmessdaten
- Betriebszustand der Messstationen
- Chronik der Messstationen (Installation, Wartung)
- Problemmeldung und –verfolgung

Insbesondere für die Überwachung des Befüllstatus der Tensiometer im Sommer, sowie der Batteriespannung in den Wintermonaten erweist sich die technische Webseite als sehr wertvoll.

Bei den Waldstandorten besteht in den Wintermonaten häufig das Problem, dass die Sonneneinstrahlung zu knapp ist, um den Betrieb der Station aufrecht zu erhalten. Dieses Problem ist in den beiden Messjahren 2013 und 2014 gelöst worden. Seither werden die Daten, nur noch 1x pro Tag übermittelt. Dadurch wird viel Energie eingespart. Dies war aufgrund von technischen Einschränkungen im ersten Messjahr noch nicht möglich.

Insbesondere in Dulliken, aber auch bei den anderen Waldstandorten, muss der Regenmesser regelmässig vom Laub befreit werden. Trotz regelmässiger Kontrolle kann manchmal ein zwischenzeitlicher Ausfall der Niederschlagsmessungen nicht ganz verhindert werden.

Des Weiteren gab es bei einigen Stationen Ausfälle zu verzeichnen. So stieg beispielsweise im Frühling 2013 in Bellach die gesamte Station wegen einer undichten Verteilerbox aus. Die Station in Breitenbach wurde im Frühling 2014 durch Vandalismus beschädigt. Dabei wurden verschiedene Anschlüsse ausgerissen und die SIM-Karte gestohlen.

Im Messjahr 2015 war aufgrund der anhaltenden Trockenheit zwischen Juni und Oktober der Aufwand zum Nachfüllen der Tensiometer ausserordentlich. Die mit Wasser gefüllten Tensiometer liefen aufgrund des trockenen Bodens sehr schnell leer. Dies äusserte sich in Form stark abfallenden Saugspannungen. Als Lösung wurden zwischen Mitte Juli und Anfangs Oktober die Messwerte bei 80 cbar blockiert

Alles in allem laufen die Stationen jedoch zufriedenstellend. Falls Ausfälle zu verzeichnen sind, dann sind dies meist einzelne Tensiometer.

2. Rückblick Jahresverlauf 2013 bis 2015

2.1. Bodenfeuchte – Saugspannung

Rückblick 2013

Das Jahr 2013 startete trüb, mit anhaltenden winterlichen Verhältnissen bis Ende April und einer Rekord-Sonnenarmut von Januar bis Mai (MeteoSchweiz, 2014). Die nasse und sonnenarme Witterung widerspiegelt sich auch in den Saugspannungswerten, welche im Unter- und Oberboden bis Ende Mai kaum über 6 cbar stiegen (Abbildung 5).

Auf den trübnassen Jahresbeginn folgte ein sonniger und trockener Sommer. Die Böden trockneten in den Monaten Juli, August und September ab. Einzig bei der Station 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 im feuchten (10-25 cbar) oder gar trockenen Bereich (über 25 cbar). Nach dem heftigen Wintereinbruch kurz vor Oktobermitte herrschten bis Ende Jahr ausschliesslich nasse Bodenverhältnisse.

Rückblick 2014

Im Gegensatz zum Jahr 2013 begann das Jahr 2014 mit einem milden ersten Halbjahr. Darauf folgte ein nasser, kühler und sonnenarmer Hochsommer und ein überdurchschnittlich warmer Herbst (Meteoschweiz, 2015). Ab Mitte März 2014 kamen die beiden neuen Stationen in Fulenbach und Mühledorf in Betrieb.

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 (10-25 cbar) oder im Falle von Hofstetten-Flüh und Matzendorf im trockenen Bereich (über 25 cbar), wie dies auch deutlich im Jahresverlauf der Messwerte in Abbildung 6 zum Vorschein kommt. In Breitenbach, Etziken, Bellach und am neuen Standort in Mühledorf blieb der Unterboden im April grösstenteils nass oder sehr feucht. Auf den milden Frühling folgte ein sehr kühler und nasser Sommer mit einer Rekordsonnenarmut. Vor allem im Juli fiel extrem viel Regen (MeteoSchweiz, 2015). Nur im Juni machte sich der Sommer während einer kurzen Hitze-welle bemerkbar, weshalb die Saugspannungswerte nur in diesem Monat an allen Standorten über einen längeren Zeitraum Werte über 25 cbar erreichten. Während die Böden im Juli noch einige Tage trocken waren, lagen die Werte 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 25 cbar ab. Im November und Dezember waren die Bodenverhältnisse überall nass.

Insgesamt waren die Böden im Jahr 2014 an weniger Tagen über 25 cbar abgetrocknet als das Jahr 2013.

Rückblick 2015

Der Frühling 2015 war geprägt durch grosse Niederschlagsmengen von Ende April bis Anfangs Mai. Innerhalb von sechs Tagen fielen im Mittel über die ganze Schweiz rund 100 mm Regen. Mit weiteren kräftigen Niederschlägen zur Monatsmitte ergab sich schliesslich an mehreren Messstandorten mit längeren Messreihen der niederschlagsreichste Mai seit Messbeginn (Meteoschweiz, 2016). Dies führte dazu, dass die Bodenfeuchte bei allen Stationen, 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 angestiegen (Abbildung 7).

Nach dem sehr nassen Frühling folgte der Rekordsommer 2015, welcher als zweitwärmster

Schweizer Sommer in die 152-jährige Mess-Geschichte einging. Der Sommer lieferte ausserdem verbreitet deutlich unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Im Herbst setzte sich die Niederschlagsarmut fort. Im Oktober fielen verbreitet unterdurchschnittliche Mengen. Die ersten drei Novemberwochen blieben in der ganzen Schweiz weitgehend niederschlagsfrei (Meteoschweiz, 2016).

Die Niederschlagsarmut widerspiegelte sich auch in der Bodenfeuchte. Praktisch alle Standorte wiesen von Mitte Juni bis Mitte Oktober oder teilweise bis Anfangs November sehr trockene Bodenverhältnisse auf. Niederschlagsereignisse während dieser Zeit hatten häufig keine Auswirkungen auf die Bodenfeuchte im Unterboden.

In den Abbildungen 3 und 4 zeigen sich deutlich die Unterschiede der Saugspannungsmesswerte des Jahres 2015 zu den vorhergehenden.

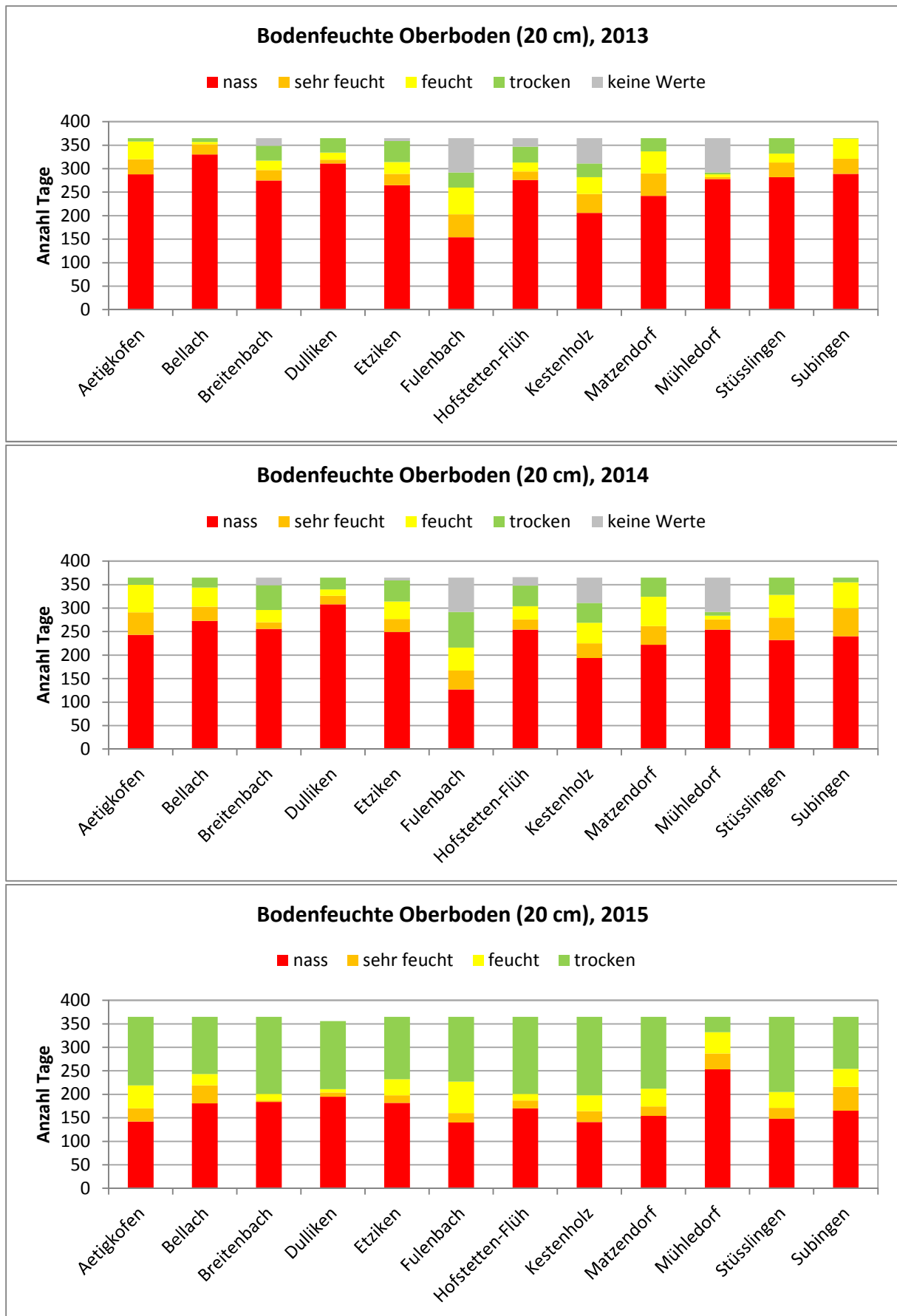


Abbildung 3: Vergleich der Saugspannung im Oberboden von 2013 bis 2015

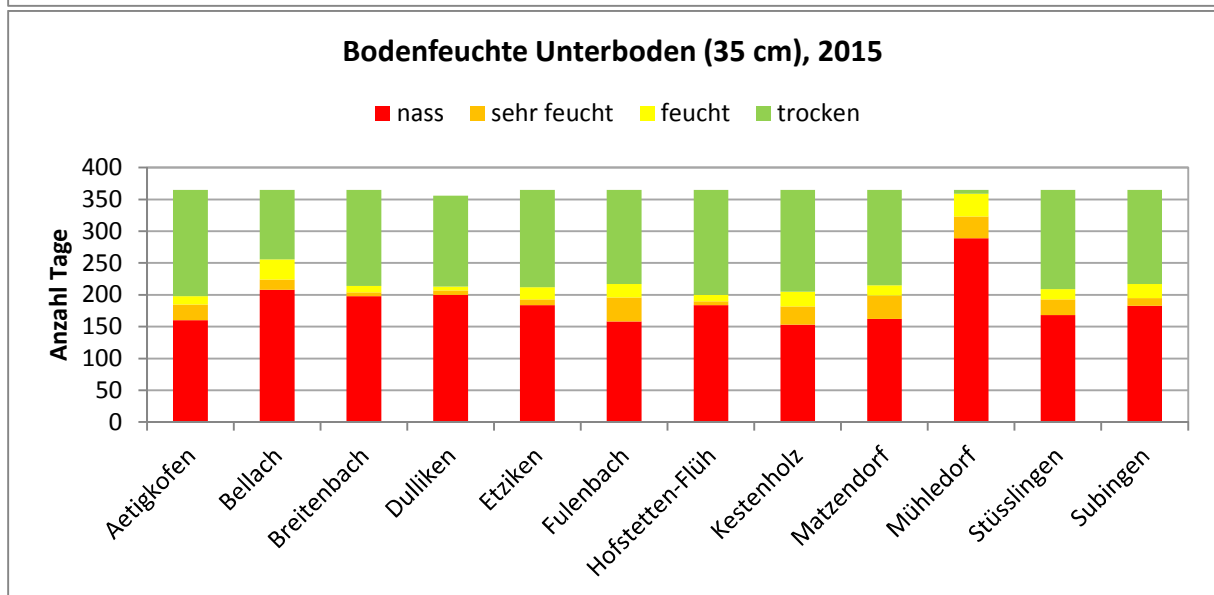
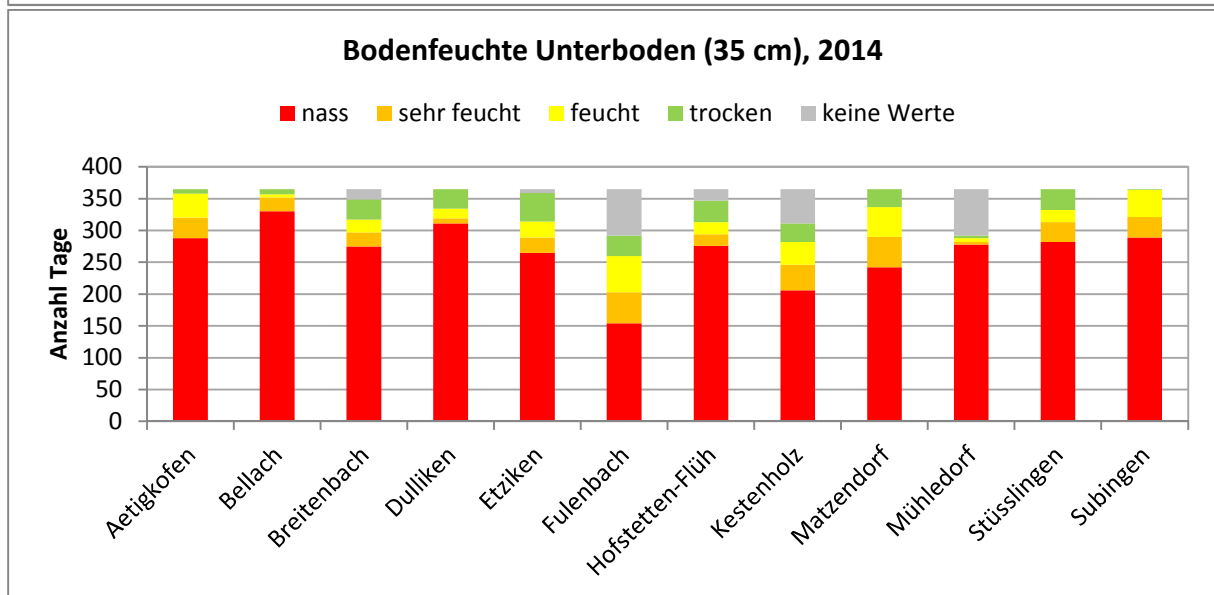
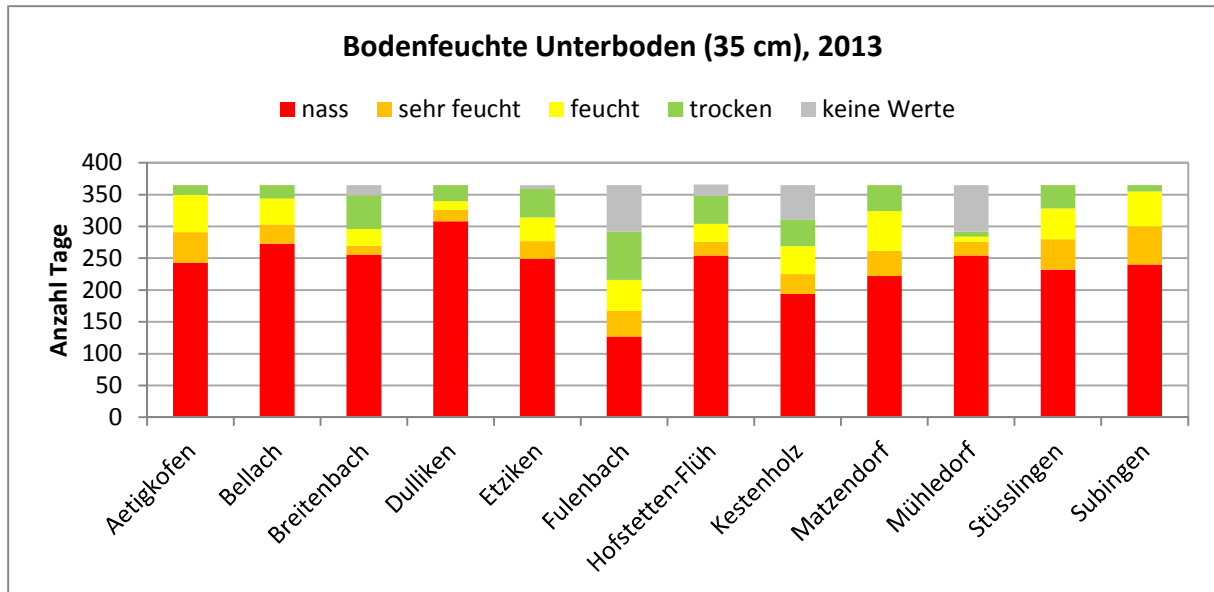


Abbildung 4: Vergleich der Saugspannung im Unterboden von 2013 bis 2015

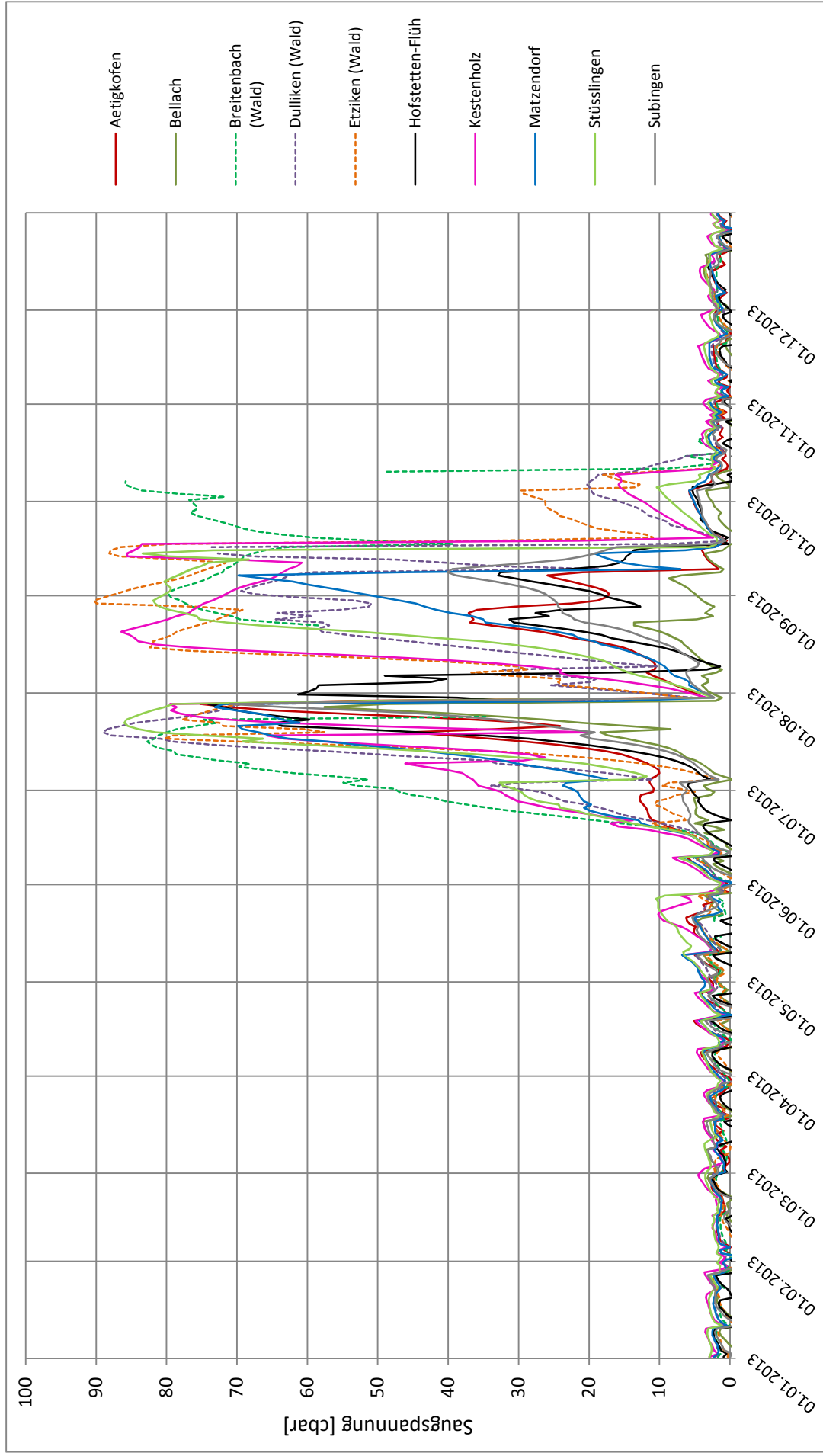


Abbildung 5: Jahresverlauf der Saugspannung aller Stationen im Jahr 2013 in 35 cm Tiefe (Tagesmittelwerte)

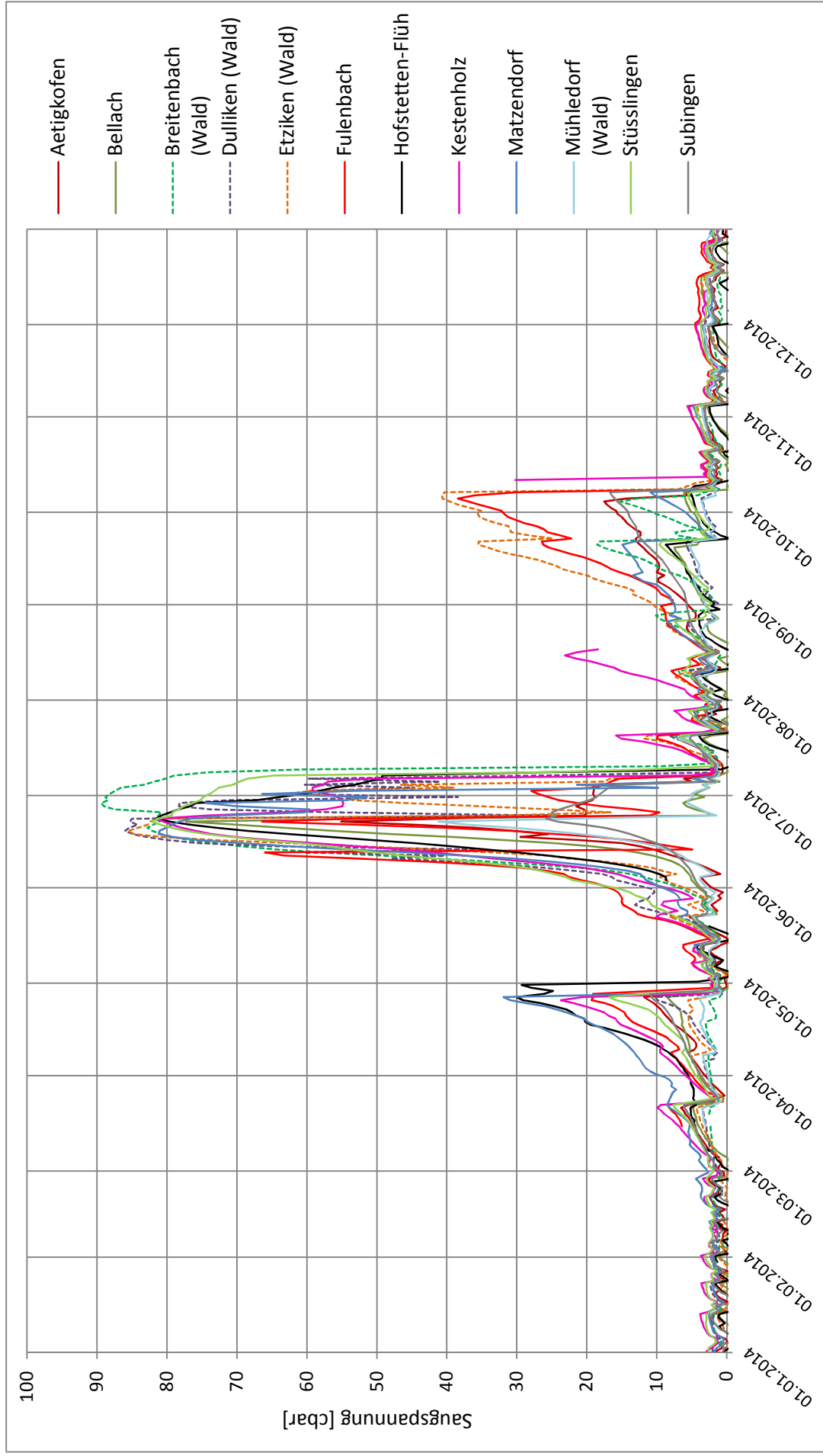


Abbildung 6: Jahresverlauf der Saugspannung aller Stationen im Jahr 2014 in 35 cm Tiefe (Tagesmittelwerte)

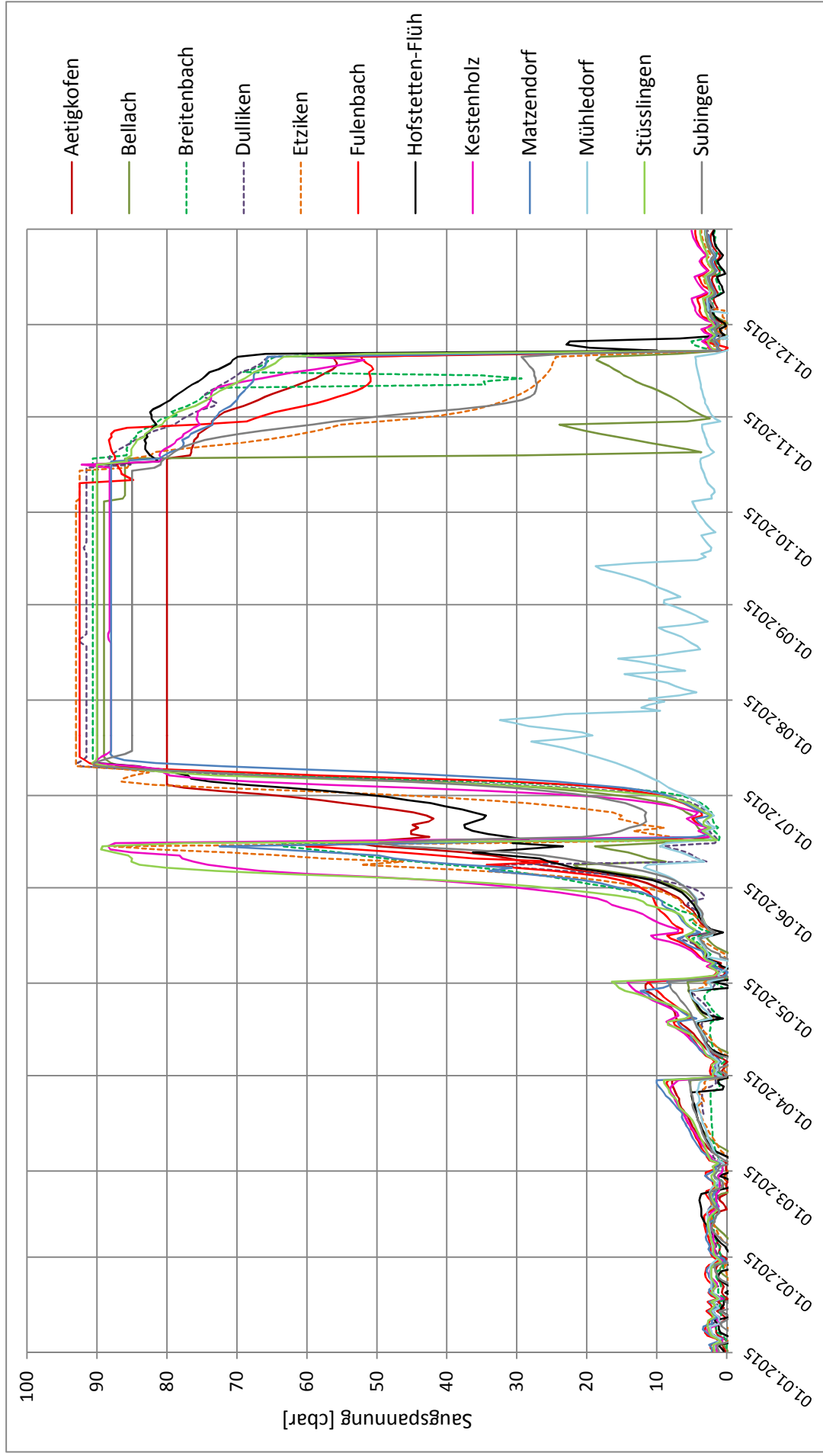


Abbildung 7: Jahresverlauf der Saugspannung aller Stationen im Jahr 2015 in 35 cm Tiefe (Tagesmittelwerte)

2.2. Luft- und Bodentemperaturen

Wie bereits im Jahr 2012 zeigte sich der Verlauf der Lufttemperaturen auch in den beiden darauffolgenden Jahren über alle Stationen sehr ähnlich. Die Jahresmittel bewegten sich um etwa 9°C im Jahr 2013, um 10.5°C im Jahr 2014 und um 10.2°C im Jahr 2015. Während im Winter 2012 extreme Tiefsttemperaturen von bis zu -21.8°C gemessen wurden, verliefen die Winter 2013 bis 2015 mit Tiefstwerten von -7.8°C (2013), -8.4°C (2014) und -6.6°C (2015) deutlich milder.

Die Bodentemperatur in 20 cm Tiefe sank zwischen 2013 bis 2015 nirgends unter 0°C. Die Erwärmung des Oberbodens im Frühling verlief im Jahr 2014 deutlich rascher als im Vorjahr. So erreichten praktisch alle Stationen bereits Anfang März Temperaturen über 5°C. Im 2013 dauerte die Erwärmung des Oberbodens deutlich länger. Erst ab Anfang und bei einigen Stationen erst ab Mitte April erreichte die Bodentemperatur Werte über 5°C.

Die Jahresmittelwerte der Bodentemperatur waren bei den Waldstandorten am tiefsten. Auch in den Sommermonaten stiegen die Bodentemperaturen im Wald weniger stark, wie beispielsweise die Abbildung 8 für das Jahr 2013 deutlich zeigt. Auch während des Hitzesommers 2015 lagen die Bodentemperaturen im Wald deutlich tiefer. Bei allen Waldstandorten lagen die Messwerte im Unterboden zwischen 18°C bis 19°C während alle anderen Standorte über 20°C anstiegen.

Wie die Graphiken der Abbildung 9 und das Beispiel von Kestenholz zeigen, war die Temperatur im Oberboden in den Sommermonaten deutlich wärmer als im Unterboden. Im Herbst drehte sich das Verhältnis. Im Winter war die Oberbodentemperatur tiefer als die Unterbodentemperatur.

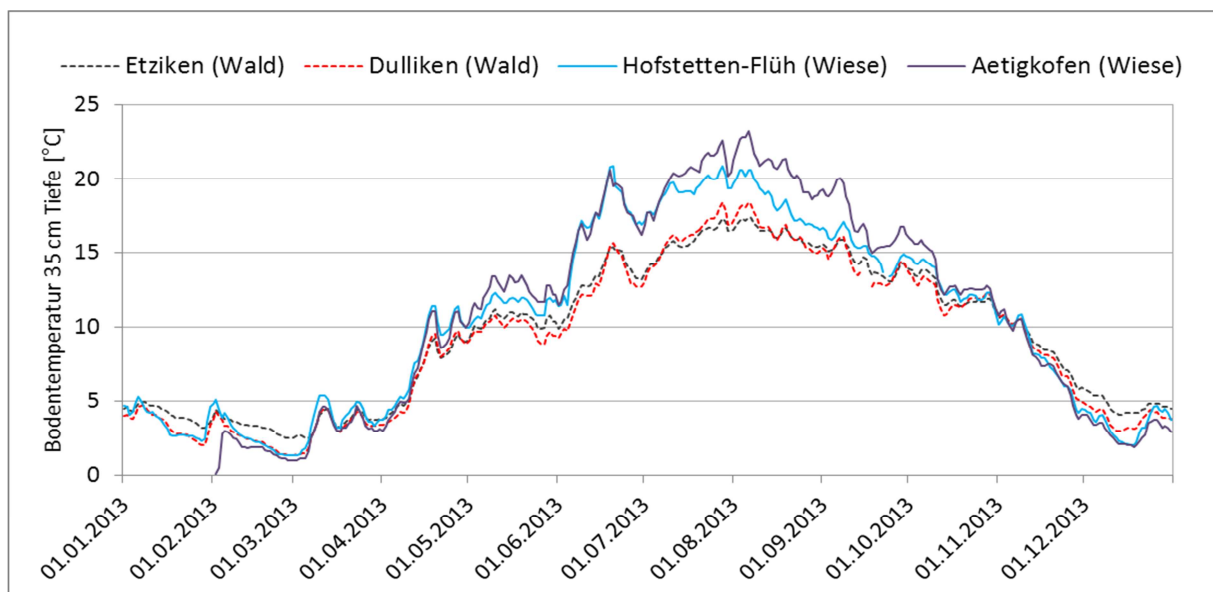


Abbildung 8: Vergleich der Bodentemperatur von Wiesen- und Waldstandorten für das Jahr 2013

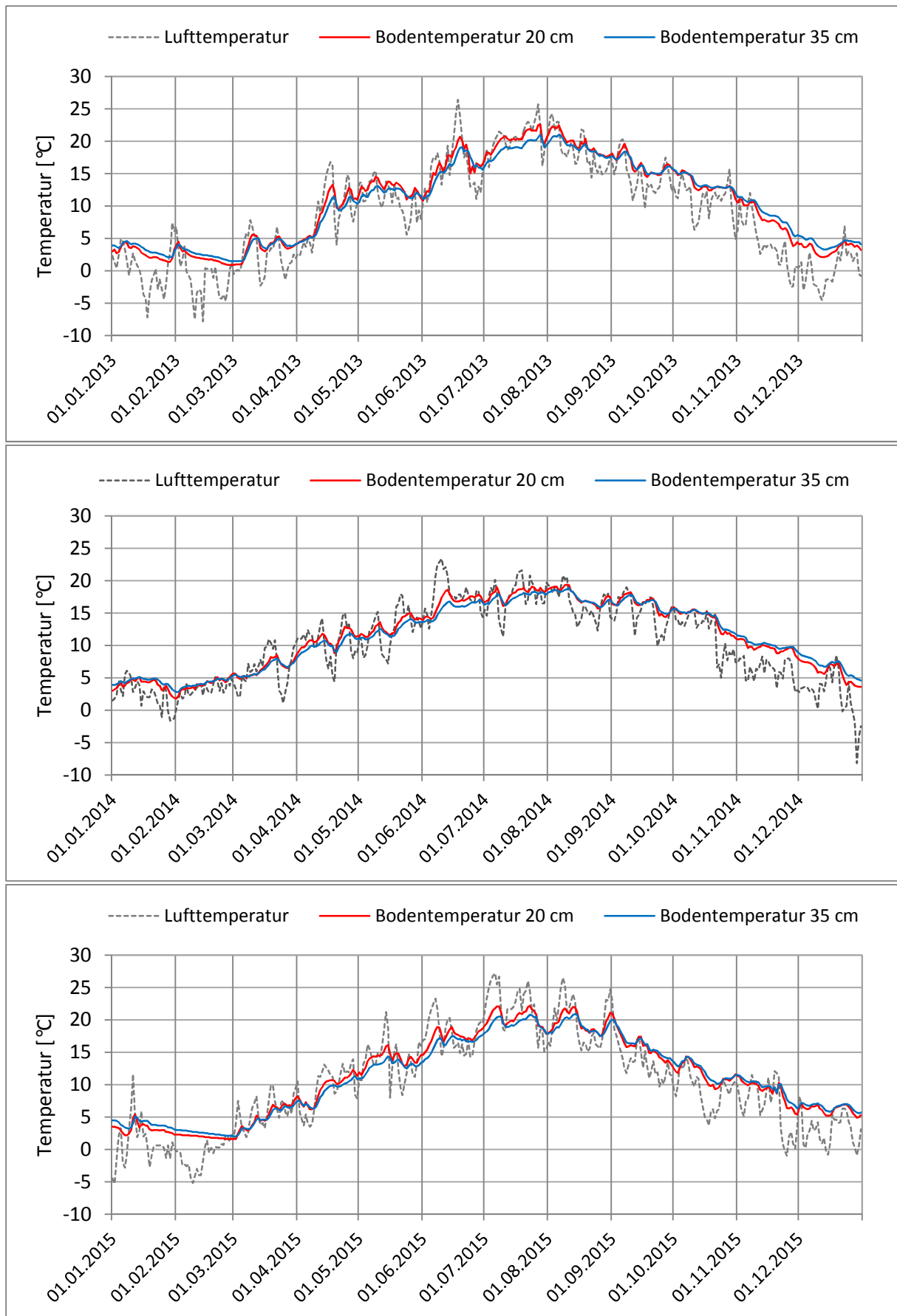


Abbildung 9:Verlauf der Luft- und Bodentemperatur in Kestenholz von 2012- 2015 (Tagesmittelwerte)

2.3. Auswertung der einzelnen Stationen für die Jahre 2013 bis 2015

Die nachfolgenden Kapitel betrachten den Jahresverlauf der Saugspannungswerte für die einzelnen Stationen in den Jahren 2013 bis 2015 und fassen die wichtigsten Erkenntnisse zusammen. In den Abbildungen sind jeweils pro Monat die vier Bodenfeuchtekategorien für den Ober- und Unterboden dargestellt.

2.3.1. 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

* Pflanzennutzbare Gründigkeit

Mit Ausnahme der Messausfälle zum Jahresbeginn wurde die Saugspannung in Aetigkofen 2013 das ganze Jahr durchgehend aufgezeichnet. Der Grund für die Ausfälle der Tensiometer über den Jahreswechsel hinweg bis zum 4. Februar 2013 konnte nicht geklärt werden. Aufgrund der trüben Witterung in den ersten Monaten im 2013 konnte der Unterboden (35 cm Tiefe) bis Ende April nicht abtrocknen, die Saugspannungen zeigten Werte zwischen 0 und 6 cbar. Erst das hochsommerliche Wetter im Juli und August liess den Unterboden in Aetigkofen über einen längeren Zeitraum abtrocknen. Im September nahm die Saugspannung bereits wieder deutlich ab und erreichte ab Oktober kaum mehr Werte über 6 cbar.

Beeinflusst vom trockenen und warmen Wetter erreichte im Jahr 2014 die Saugspannung bereits im Frühling Werte über 10 cbar. Im Juni waren die Böden trocken (> 25 cbar). Die feucht bis nasse Monate Juli und August führten zu vernässten Böden. Erst das milde Herbstwetter liess den Boden im September noch einmal etwas abtrocknen. Saugspannungswerte im trockenen Bereich wurden aber im September und Oktober nur noch an einigen wenigen Tagen und nur im Oberboden erreicht.

Während des sehr trockenen Sommers im Jahr 2015 trocknete der Boden in der ersten Hälfte Juni sehr rasch ab. Die trockene Phase dauerte bis spät in den Herbst, so dass die Saugspannung erst wieder im November absank.

Die beiden Messjahre 2013 und 2014 zeigten, dass Aetigkofen eher zu den langsam abtrocknenden Standorten innerhalb des Messnetzes gehört. Das heisst, die Böden an diesem Standort zeigen im Vergleich mit den anderen Standorten im Kanton Solothurn tendenziell weniger Tage mit Messwerten über 25 cbar, dies trotz des eher leichten, gut durchlässigen Bodens.

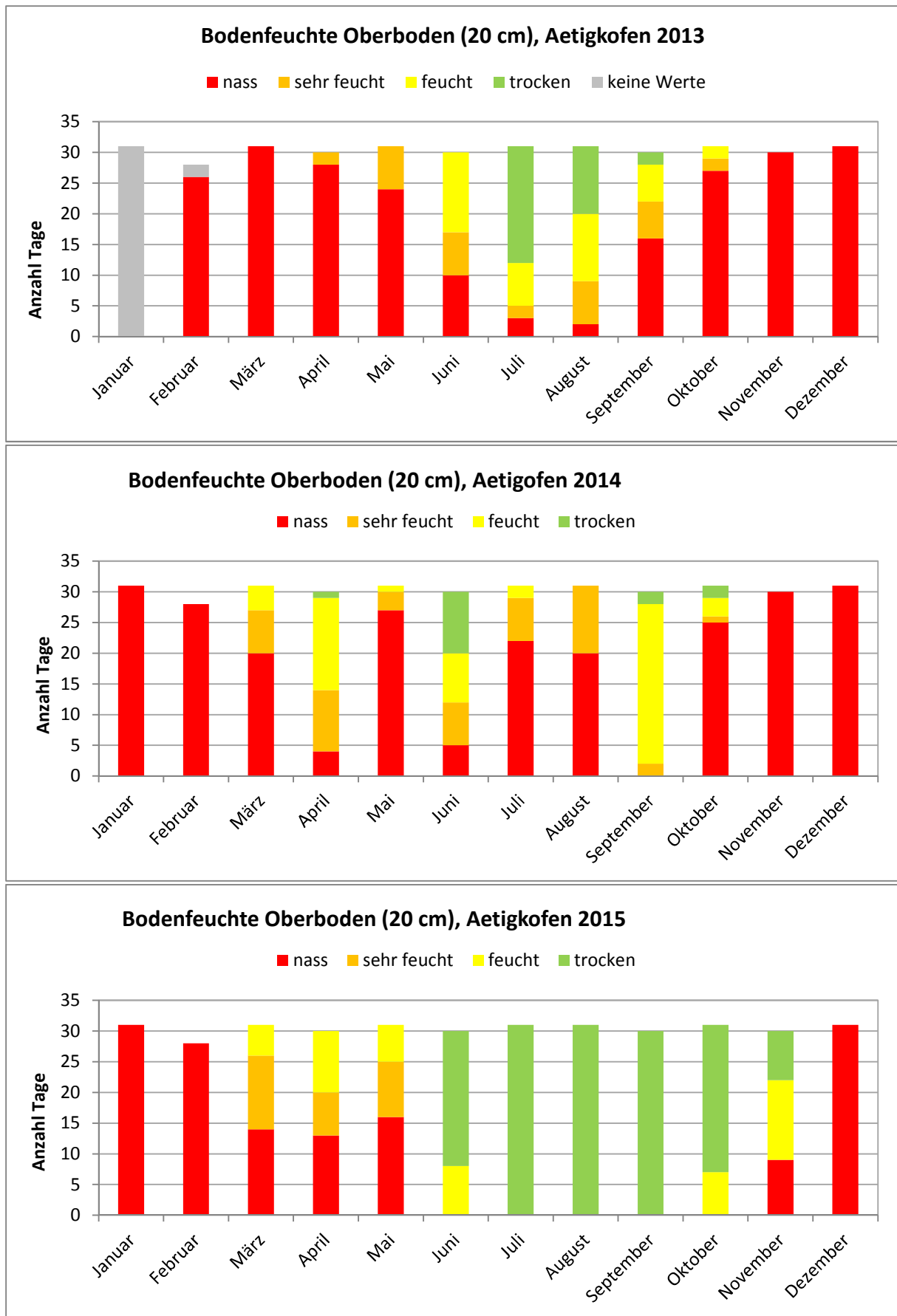


Abbildung 10: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2013 bis 2015 in Aetigkofen.

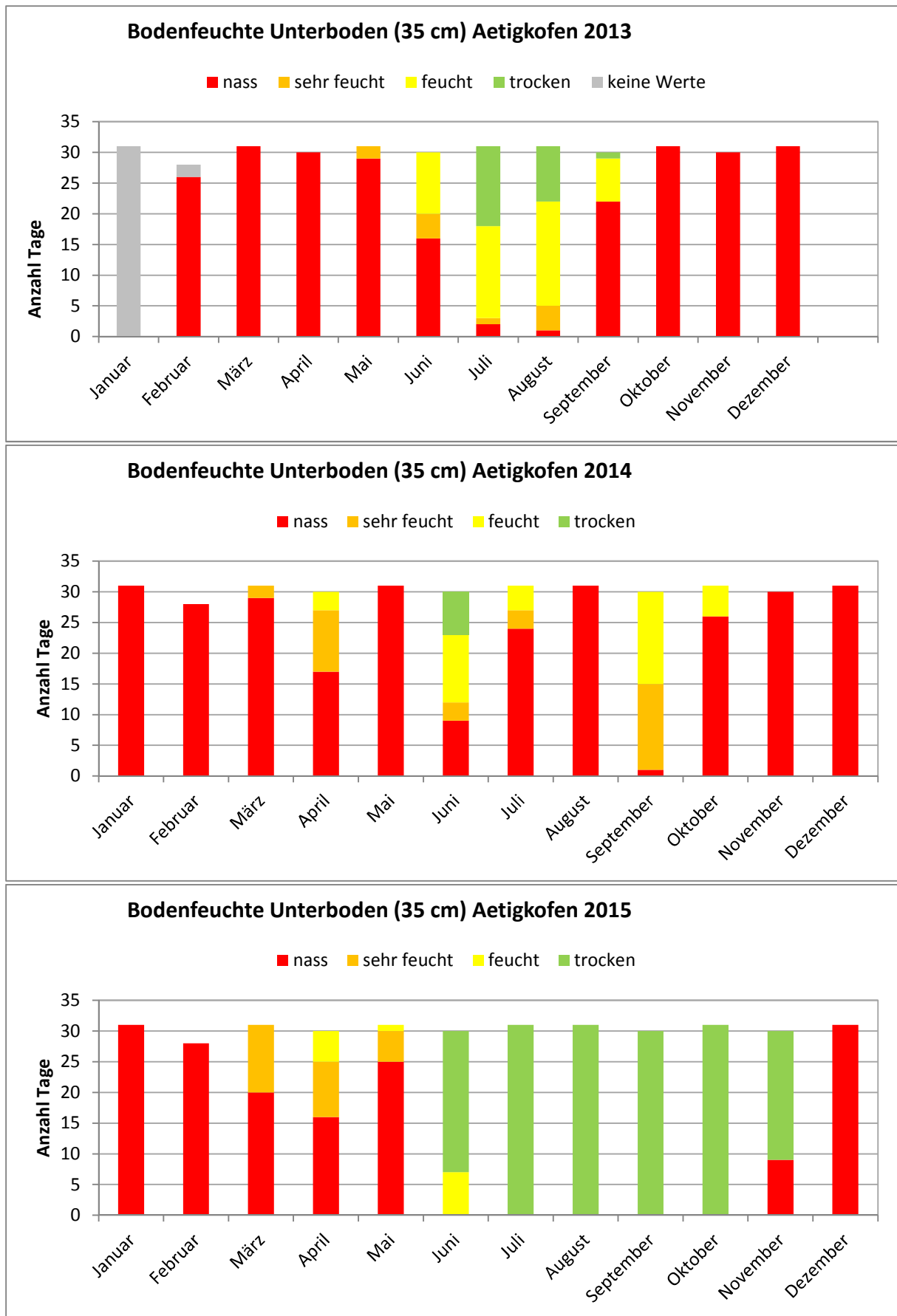


Abbildung 11: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2013 bis 2015 in Aetigkofen.

2.3.2. 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

Mit Ausnahme einer Woche im April 2013 lief die Station über den gesamten Zeitraum einwandfrei. Die Datenlücke entstand aufgrund einer undichten Verteilerbox. Der sich darin befindende Akku wurde durch den Wassereintritt zerstört.

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

Im Frühling 2014 war der Boden in Bellach aufgrund der trockenen Witterung deutlich weniger nass als im Jahr zuvor. 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 Jahr 2014 erwies sich Bellach als der feuchteste Messstandort im Kanton Solothurn.

Auch während des trockenen Sommers 2015 gehörte der Boden in Bellach zu den feuchten Standorten. Der Unterboden trocknete erst ab Anfang Juli ab, erreichte dann aber Saugspannungswerte über 25 cbar. Im Herbst sanken die Saugspannungsmesswerte im Vergleich zu der nahegelegenen Station Aetigkofen früher ab.

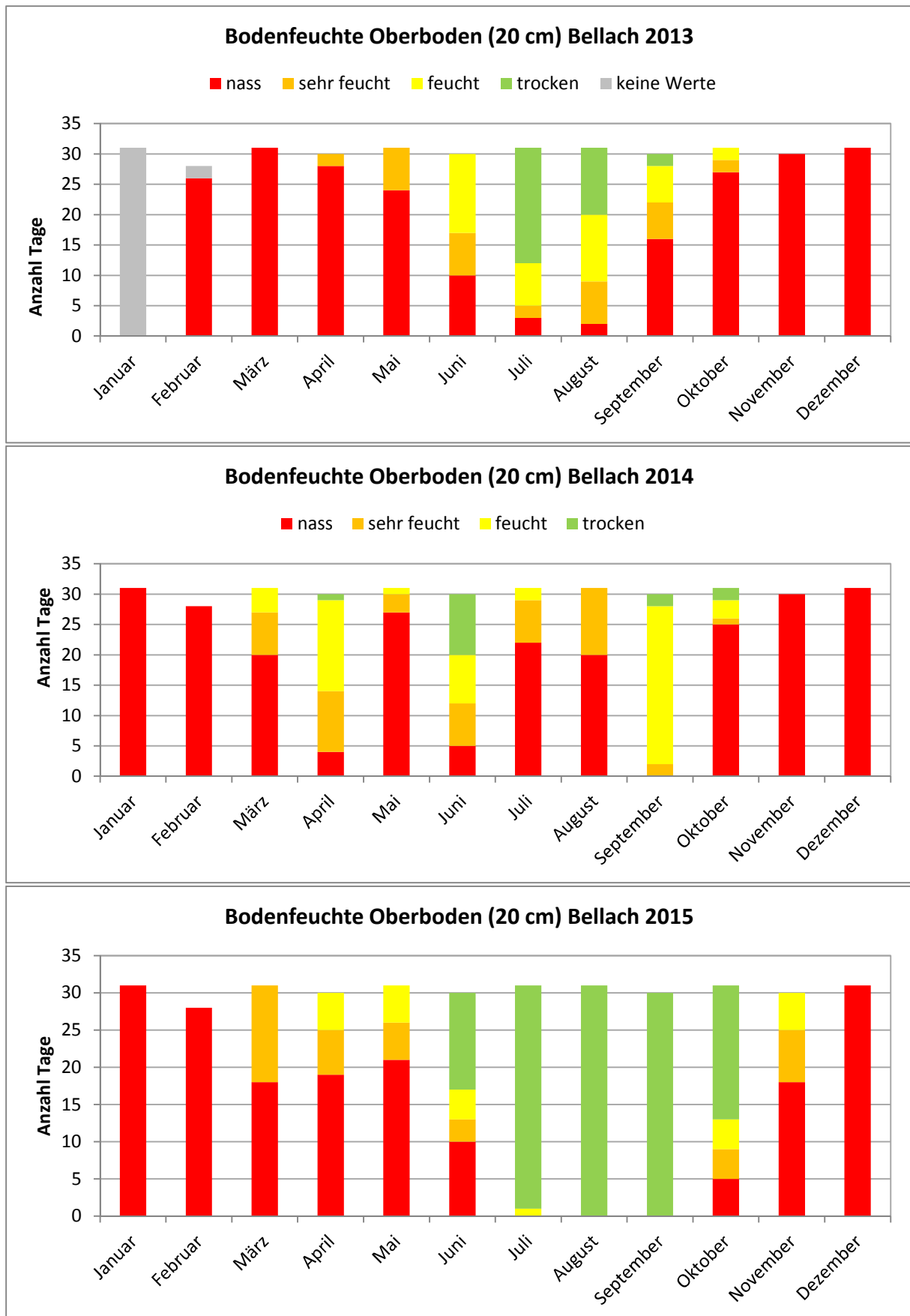


Abbildung 12: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2013 bis 2015 in Bellach

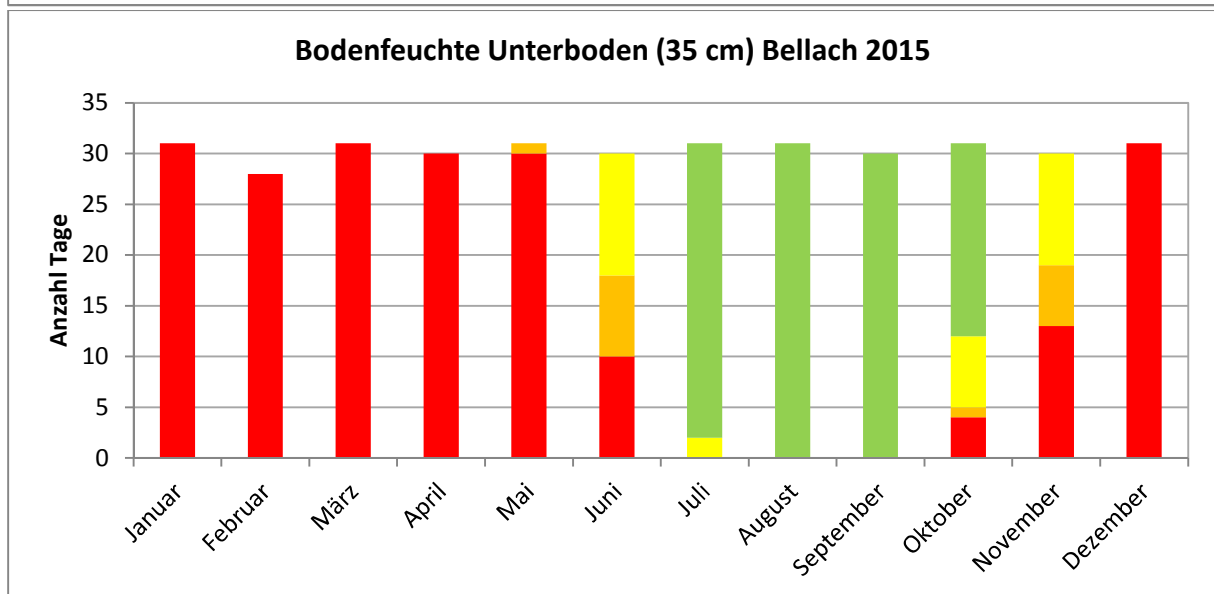
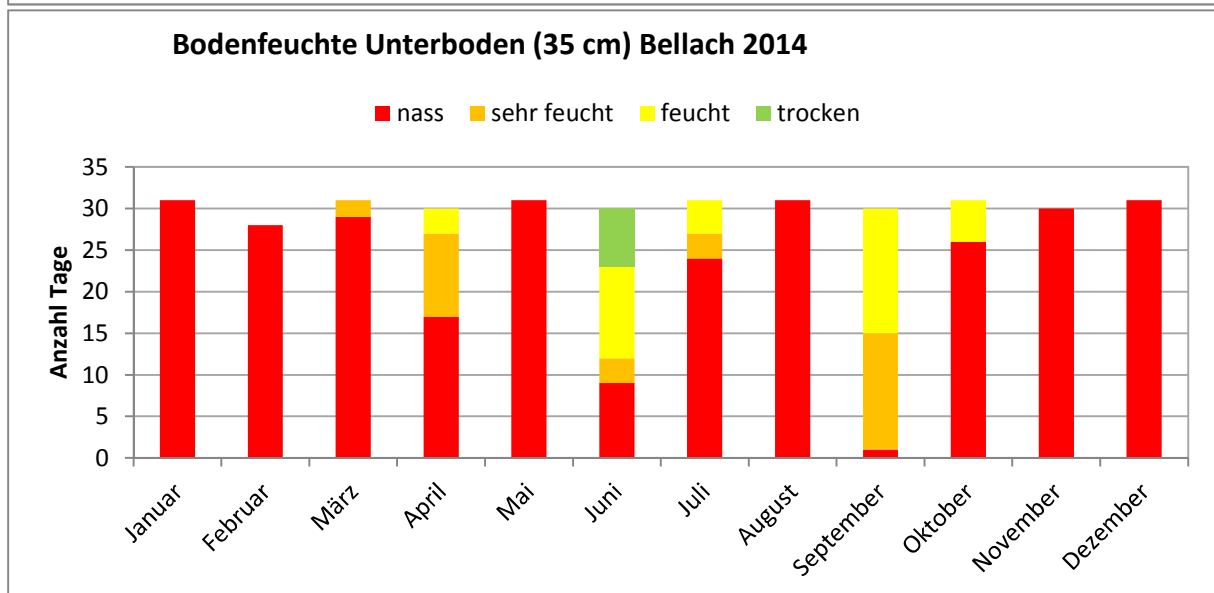
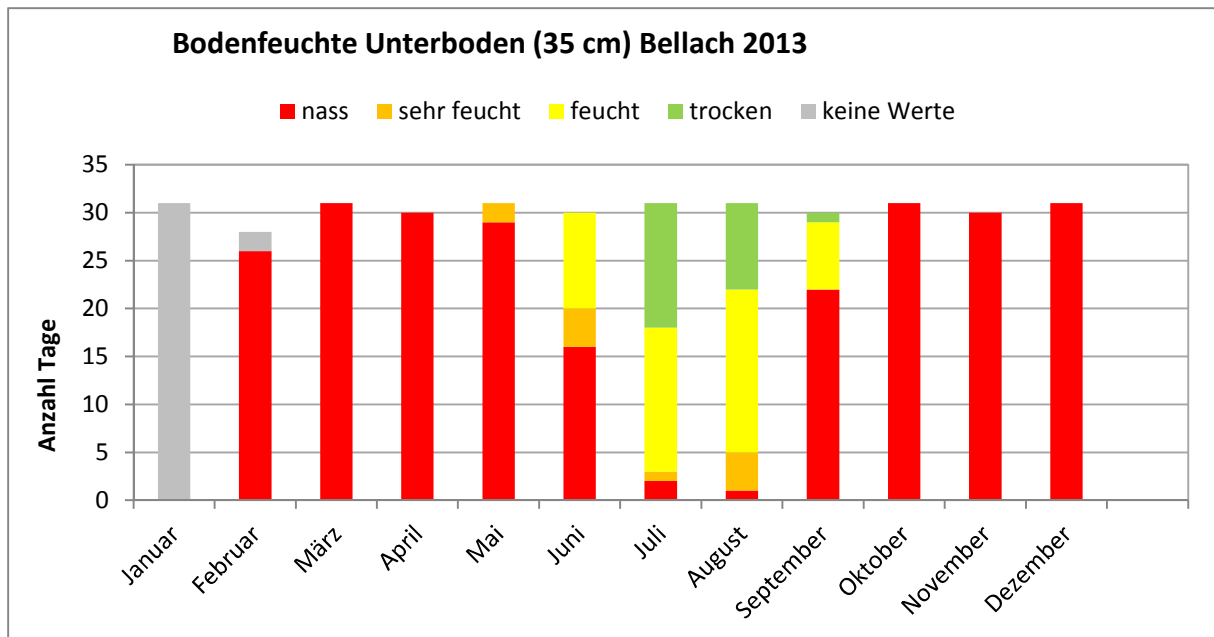


Abbildung 13: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2013 bis 2015 in Bellach

2.3.3. Breitenbach (Wald)

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 2013 gab es bei der Messstation mehrere Datenlücken. Die Ursache für die Unterbrüche im Januar und im Oktober lagen bei zu tiefen Akkuspannungen. Im Juli und August fiel ein Tensiometer aus, was den Betrieb der gesamten Station beeinträchtigte. Mitte März 2014 gab es aufgrund von Vandalismus einen zweitägigen Messausfall. Eine zu tiefe Akkuspannung war für die Messlücke im Dezember 2014 verantwortlich.

Bis Ende Mai 2013 blieb der Boden am Waldstandort in Breitenbach durchgehend nass. Der trockene Sommer führte ab Juni zu einer längeren Periode mit mehrheitlich trockenen Bodenverhältnissen, welche 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 anfangs Juni trocknete der Unterboden für rund einen Monat ab. Aber bereits ab August wurden im Unterboden keine Werte mehr über 25 cbar erreicht. Der Oberboden trocknete bis Oktober 2014 immer wieder für einige Tage ab und erreichte auch Werte über 25 cbar.

Im Frühling 2015 trockneten sowohl der Oberboden wie auch der Unterboden nur sehr langsam ab. Dieses Bild zeigte sich auch bei den anderen Waldstandorten Dulliken und Etziken. Der Übergang von den nassen Bodenverhältnissen bis zur Abtrocknung und Werten über 25 cbar verlief in den Waldböden im Frühsommer 2015 eher rascher ab.

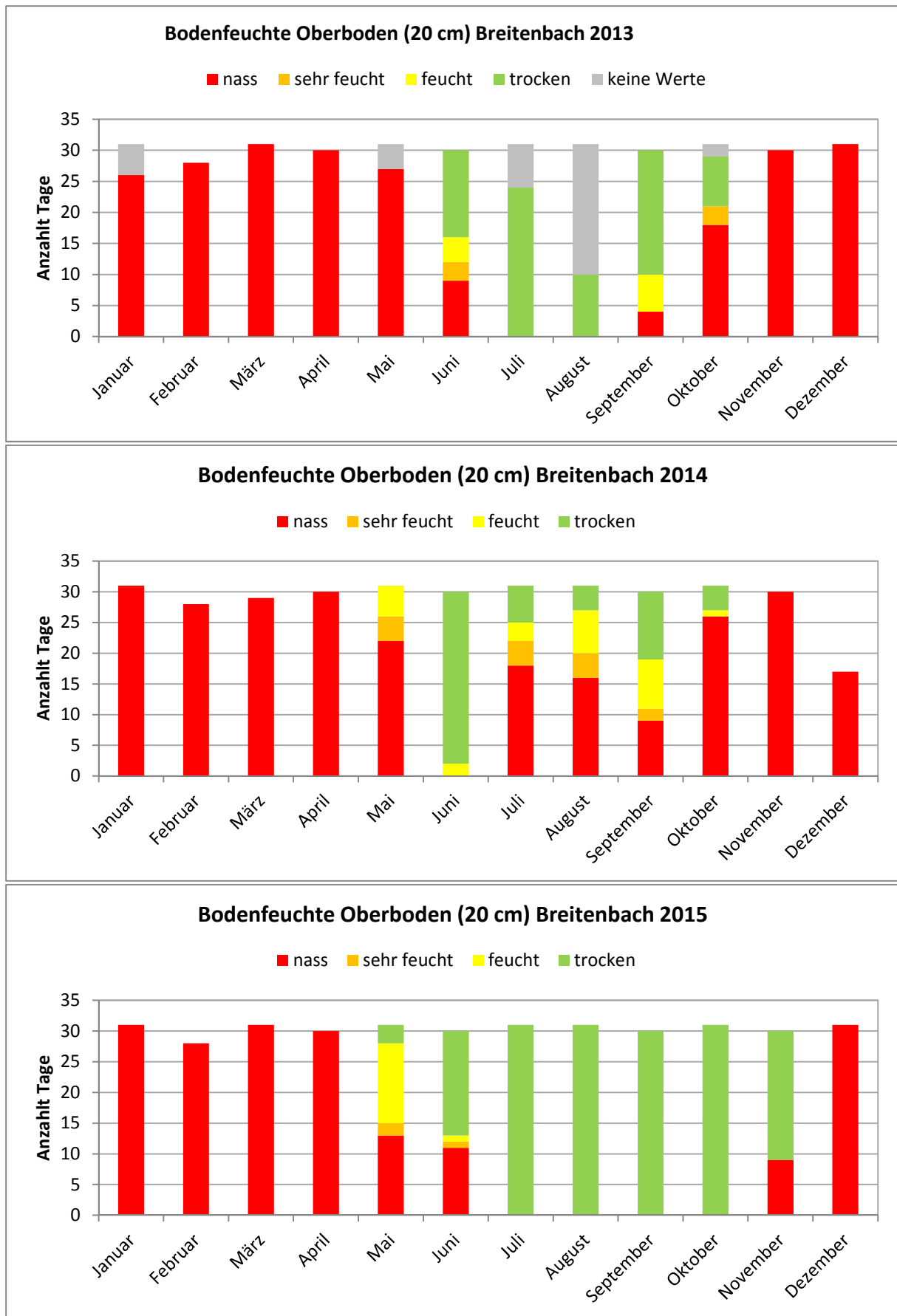


Abbildung 14: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2013 bis 2015 in Breitenbach

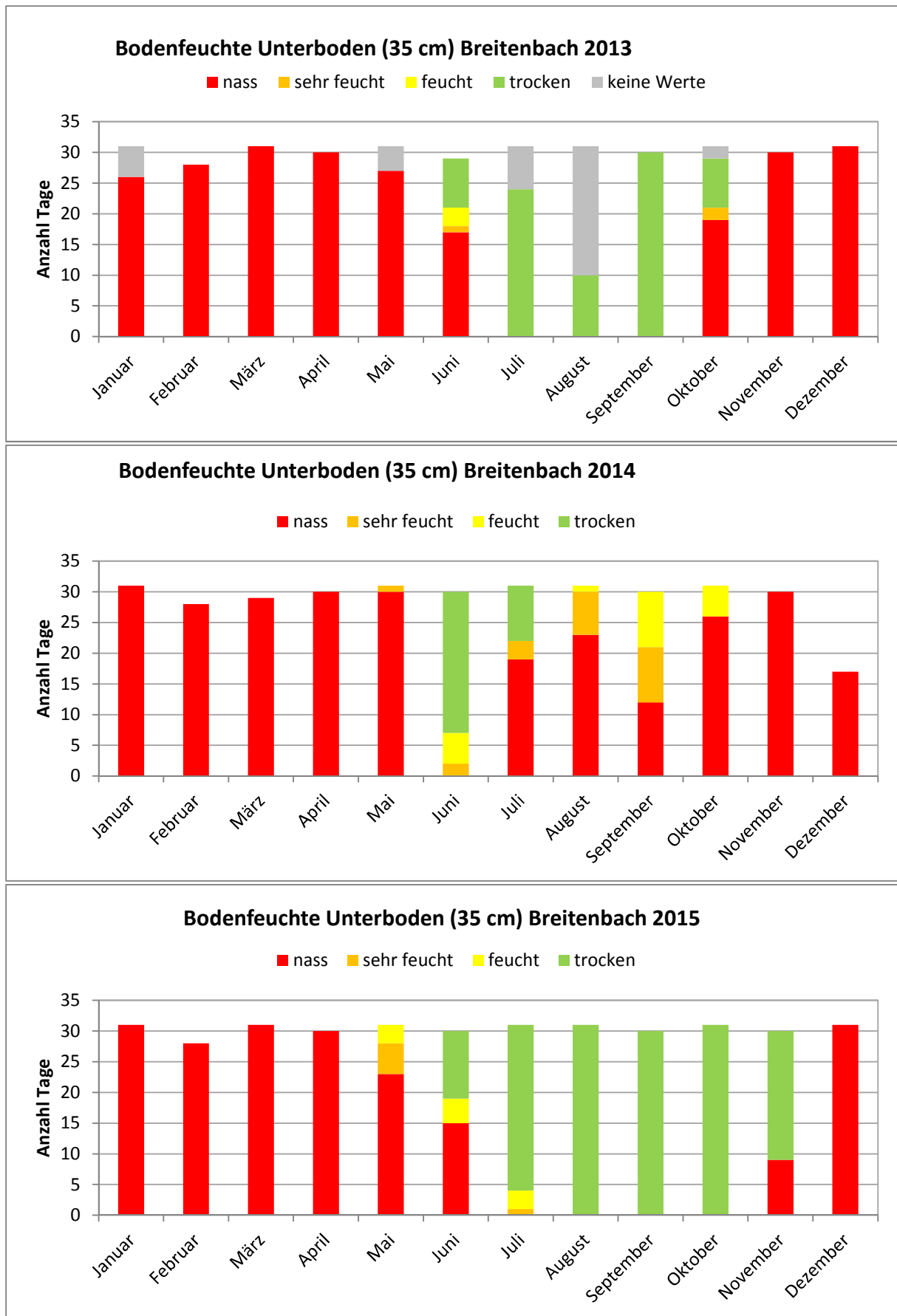


Abbildung 15: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2013 bis 2015 in Breitenbach

2.3.4. Dulliken (Wald)

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)

In Dulliken kam es während der drei Jahre nur im September 2013 zu einem eintägigen Ausfall der Tensiometer. Grund dafür waren grosse Schwankungen der Akkuspannung. Dies war in Dulliken auf den dichten Waldbestand zurückzuführen.

Nach dem nassen Frühling stieg die Saugspannung Ende Juni 2013 das erste Mal über 25 cbar. Die mehrheitlich trockenen Bodenverhältnisse hielten bis Mitte September an. Auf den Abbildungen 24 und 25 ist zu erkennen, dass der Unterboden zwischen Juli und Oktober, im Gegensatz zu den meisten anderen Standorten, häufiger trocken war als der Oberboden. Im Oktober stieg die Saugspannung im Unterboden noch während rund zwei Wochen über 10 cbar.

Im April und Mai 2014 erreichte die Saugspannung, bedingt durch den trockenen Frühling, für mehrere Tage Werte über 10 cbar. Im Gegensatz zum Vorjahr trocknete der Boden nur im Juni und Anfangs Juli über mehrere Tage hinweg ganz ab. Der verregnete Sommer führte ab Juli fast durchgehend zu nassen Bodenverhältnissen.

Wie bei den anderen Waldstandorten trocknete der Boden in den Frühlingsmonaten März bis Mitte Mai, unabhängig von der Witterung, fast gar nicht ab. Erst ab Mitte Mai stieg die Saugspannung rasant an und blieb im trockenen Bereich bis gegen Ende November 2015.

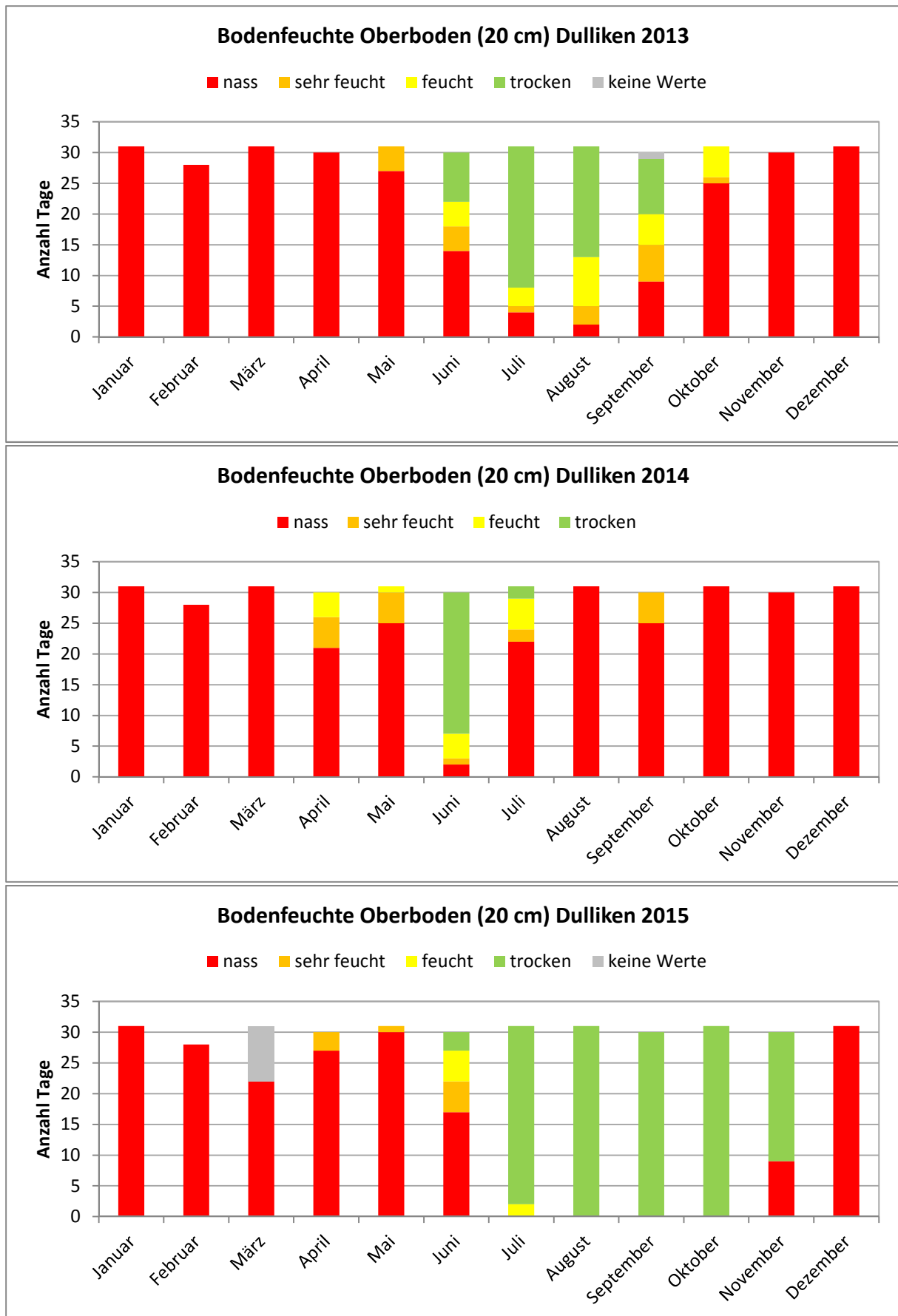


Abbildung 16: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2013 bis 2015 in Dulliken

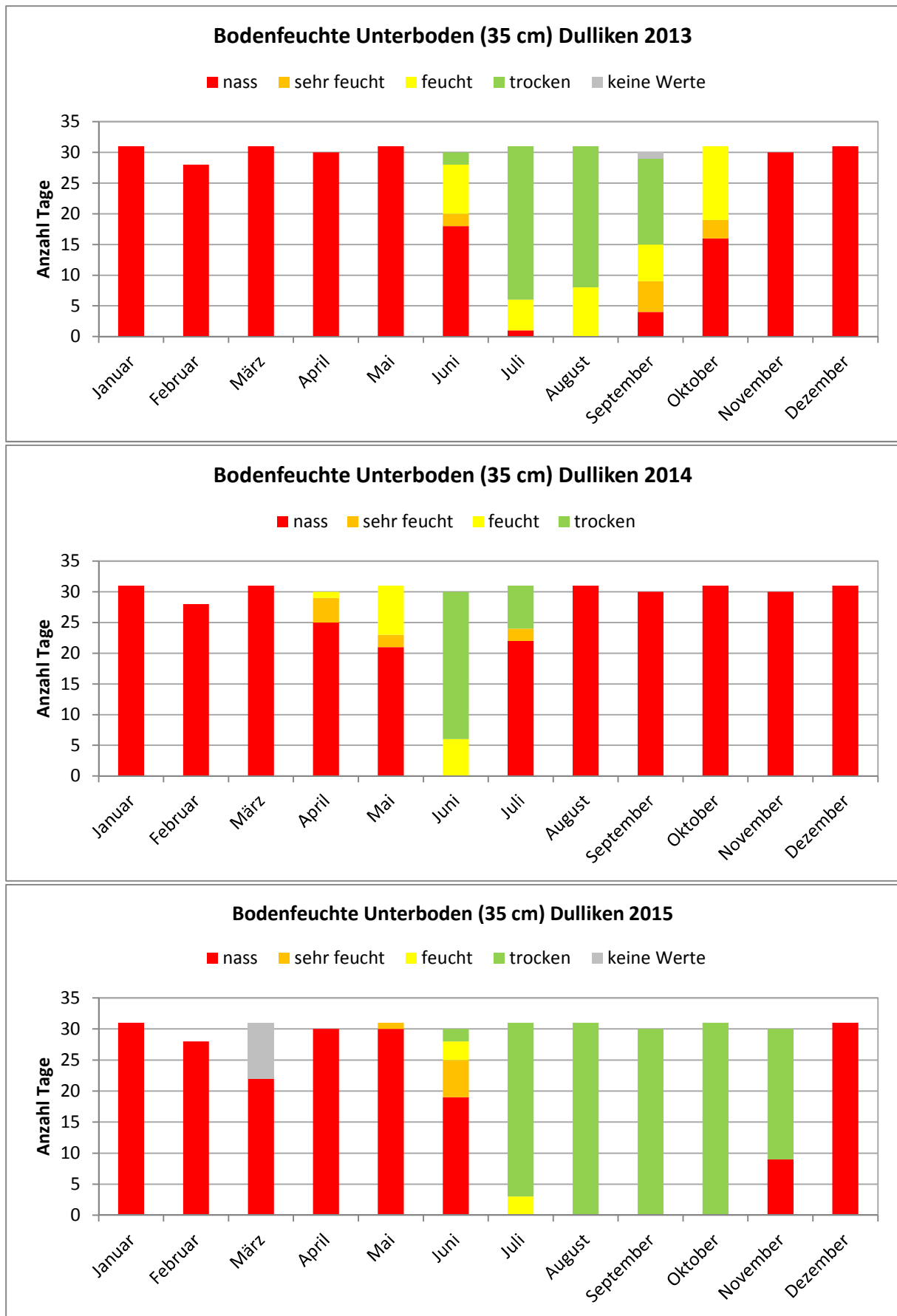


Abbildung 17: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2013 bis 2015 in Dulliken

2.3.5. Etziken (Wald)

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)

Wegen ungenügender Sonneneinstrahlung entstanden im Dezember 2014 mehrere Datenlücken in Etziken. Die Station in Etziken befindet sich zwar eher in einer Waldlichtung, länger anhaltende Nebellagen können aber auch dort zu ungenügender Sonneneinstrahlung führen. Ansonsten lief der Messbetrieb störungsfrei.

Im Vergleich zu Dulliken trocknete der Boden im Jahr 2013 in Etziken etwas später ab und erreichte im Juli die ersten Saugspannungswerte über 25 cbar. Bis Mitte Juni war der Boden durchgehend nass. Von Juli bis September herrschten grösstenteils trockene Bodenverhältnisse. Der heftige Wintereinbruch kurz vor Oktobermitte beendete die trockene Phase.

Ähnlich wie in Dulliken war der Boden in Etziken im Juni 2014 grösstenteils trocken. Während in Dulliken ab August bis Ende Jahr durchgehend nasse Bodenverhältnisse herrschten, stieg die Saugspannung in Etziken nach dem regnerischen Hochsommer zwischen Mitte September und Anfang Oktober noch einmal in den trockenen Bereich.

Auch in Etziken trocknete der Boden im Frühling 2015 vor der grossen Sommertrockenheit relativ langsam ab. Im Herbst hingegen waren die Bodenverhältnisse wie bei den meisten Stationen im Unterboden bis gegen Ende November im trockenen Bereich.



Abbildung 18: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2013 bis 2015 in Etziken

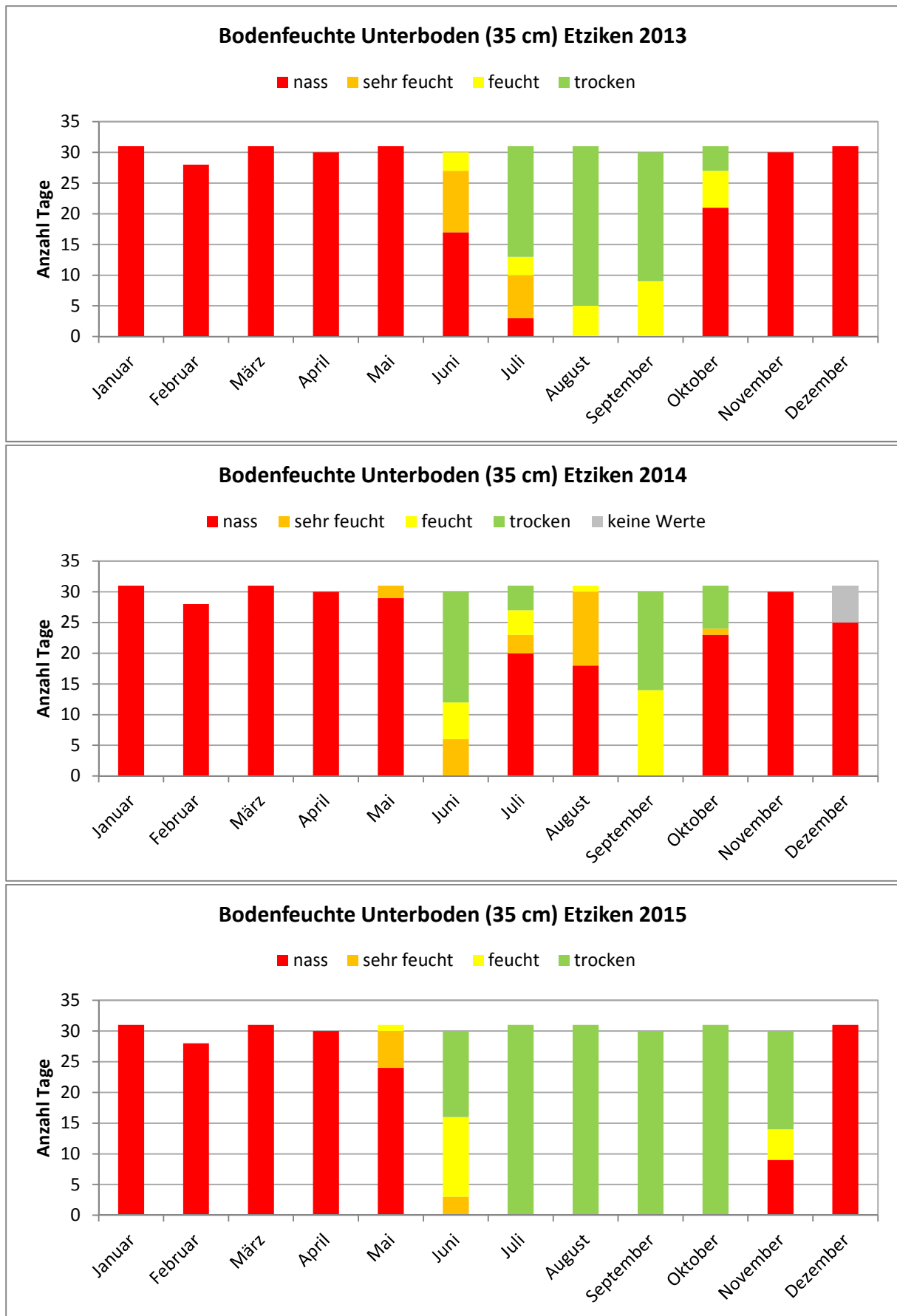


Abbildung 19: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2013 bis 2015 in Etziken

2.3.6. 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.

Wie an den meisten anderen Standorten erreichte die Saugspannung im Unterboden im Juni 2014 die 25 cbar. Der Oberboden trocknete bereits im April und Mai während mehrerer Tage ab. Die tiefen Saugspannungswerte im Juli und August waren auf den regnerischen Hochsommer zurückzuführen. Dank des warmen Herbstwetters stieg die Saugspannung im Unterboden zwischen September und Anfang Oktober noch einmal für mehrere Tage in den trockenen Bereich.

Im Frühling 2015 stieg die Saugspannung in Fulenbach bereits im März langsam an. So erreichte auch der Unterboden bereits im März erste Messwerte über 6 cbar. Ähnliche Messwerte wurden auch in Matzendorf und Kestenholz erreicht. Die drei Stationen verhielten sich auch im Herbst gleich. Die Messwerte sanken erst im November wieder ab.

Die ersten Messjahre 2014 und 2015 zeigten, dass der Standort entsprechend den Bedürfnissen auf einem gut abtrocknenden Boden gewählt wurde.

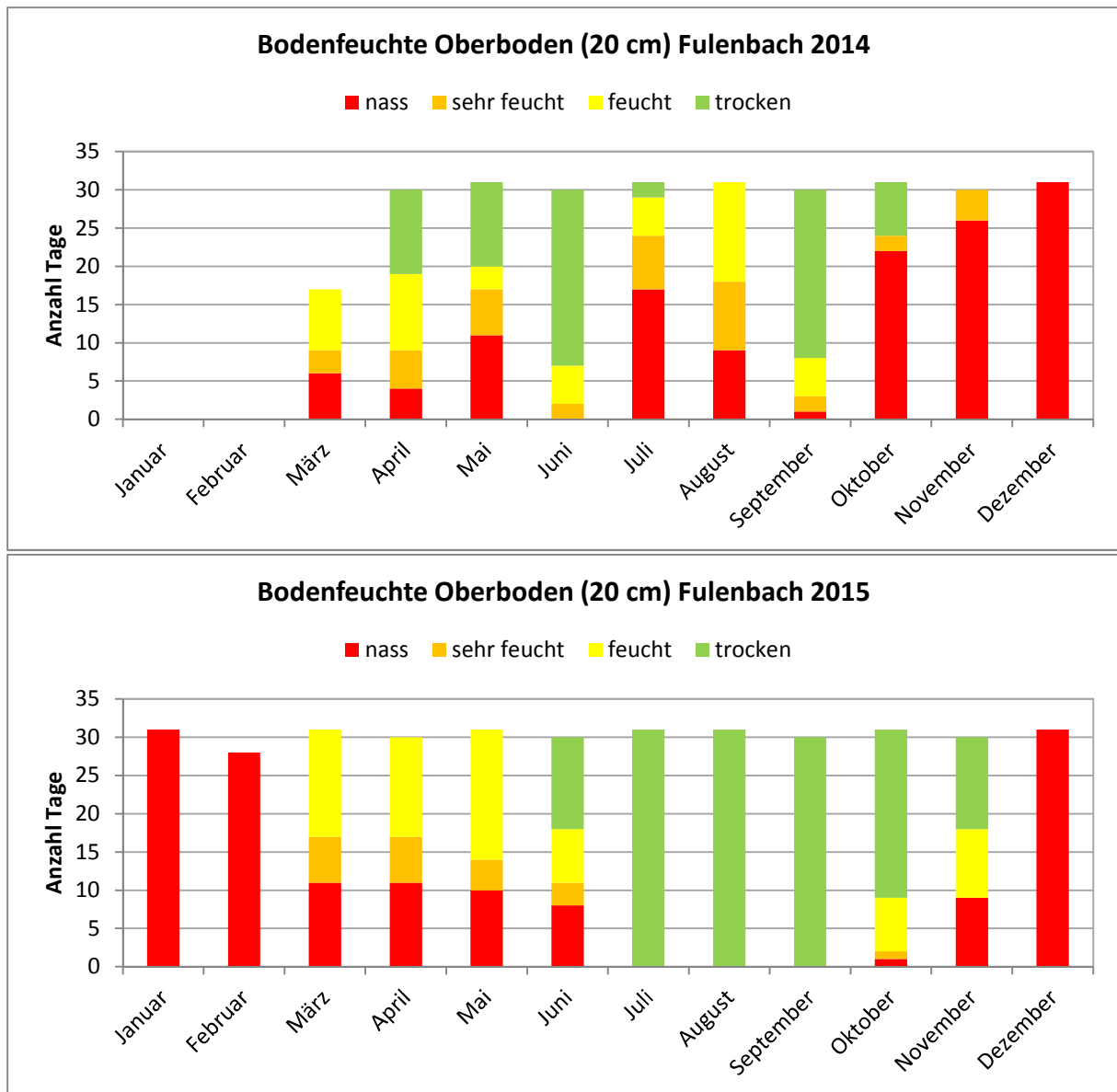


Abbildung 20: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2014 bis 2015 in Fulenbach

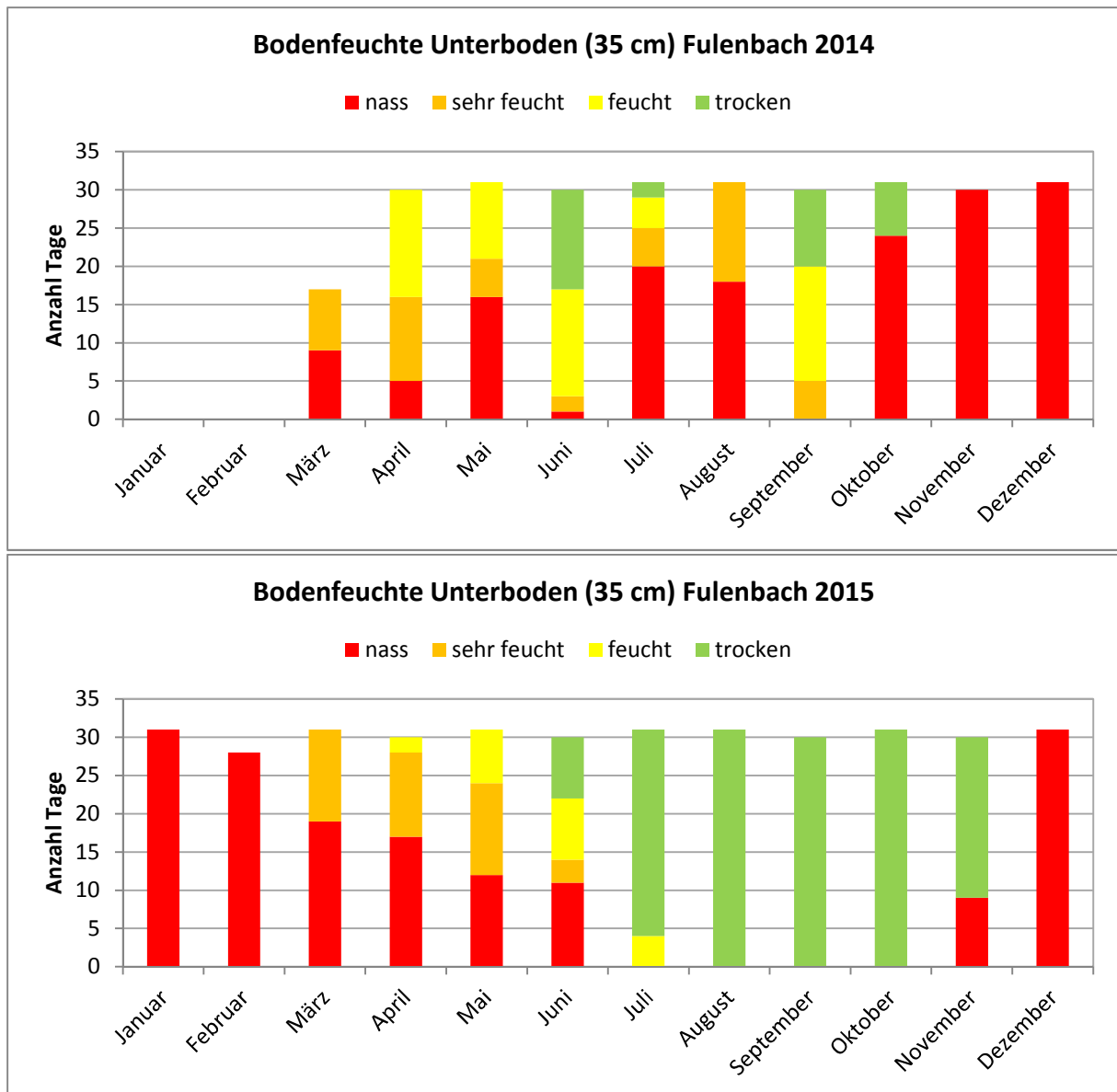


Abbildung 21: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2014 bis 2015 in Fulenbach

2.3.7. 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

Die Messlücken der Station Hofstetten-Flüh sind auf folgende Umstände zurückzuführen: Im September 2013 kam es zu periodische Ausfällen der Tensiometer aufgrund tiefer Akkuspannung. Die Ursache für die Tensiometerausfälle im Januar und März 2014 konnten nicht eruiert werden. Ende Mai bis Anfangs Juni kam aus ebenfalls unbekanntem Gründen zu einem Ausfall der gesamten Station.

Aufgrund des regnerischen ersten Halbjahres stieg die Saugspannung im Jahr 2013 wie an den meisten anderen Standorten erst im Juli über 25 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 25 cbar in 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 Anfangs 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 dann entsprechend den anderen Stationen bis gegen Ende November an.

Die Auswertungen des ersten vollständigen Messjahres 2012 zeigten bereits, dass Hofstetten-Flüh eher zu den feuchteren Standorten mit langsam abtrocknenden Böden gehört. Die beiden Messjahre 2013 und 2014 bestätigten zudem, dass Hofstetten-Flüh mit den Stationen in Aetigkofen, Bellach und Subingen zu den nasserem Standortengehört.

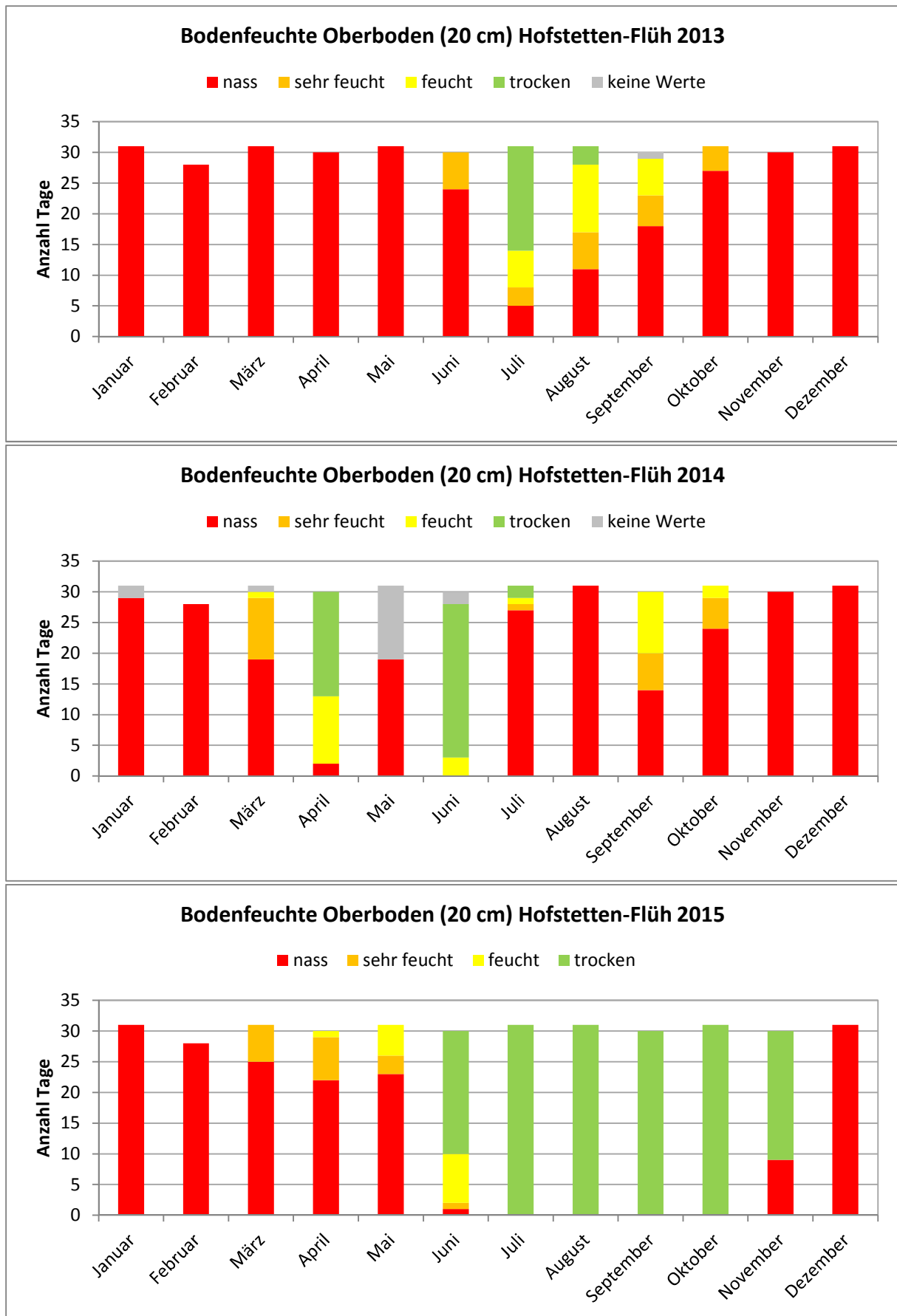


Abbildung 22: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2013 bis 2015 in Hofstetten-Flüh

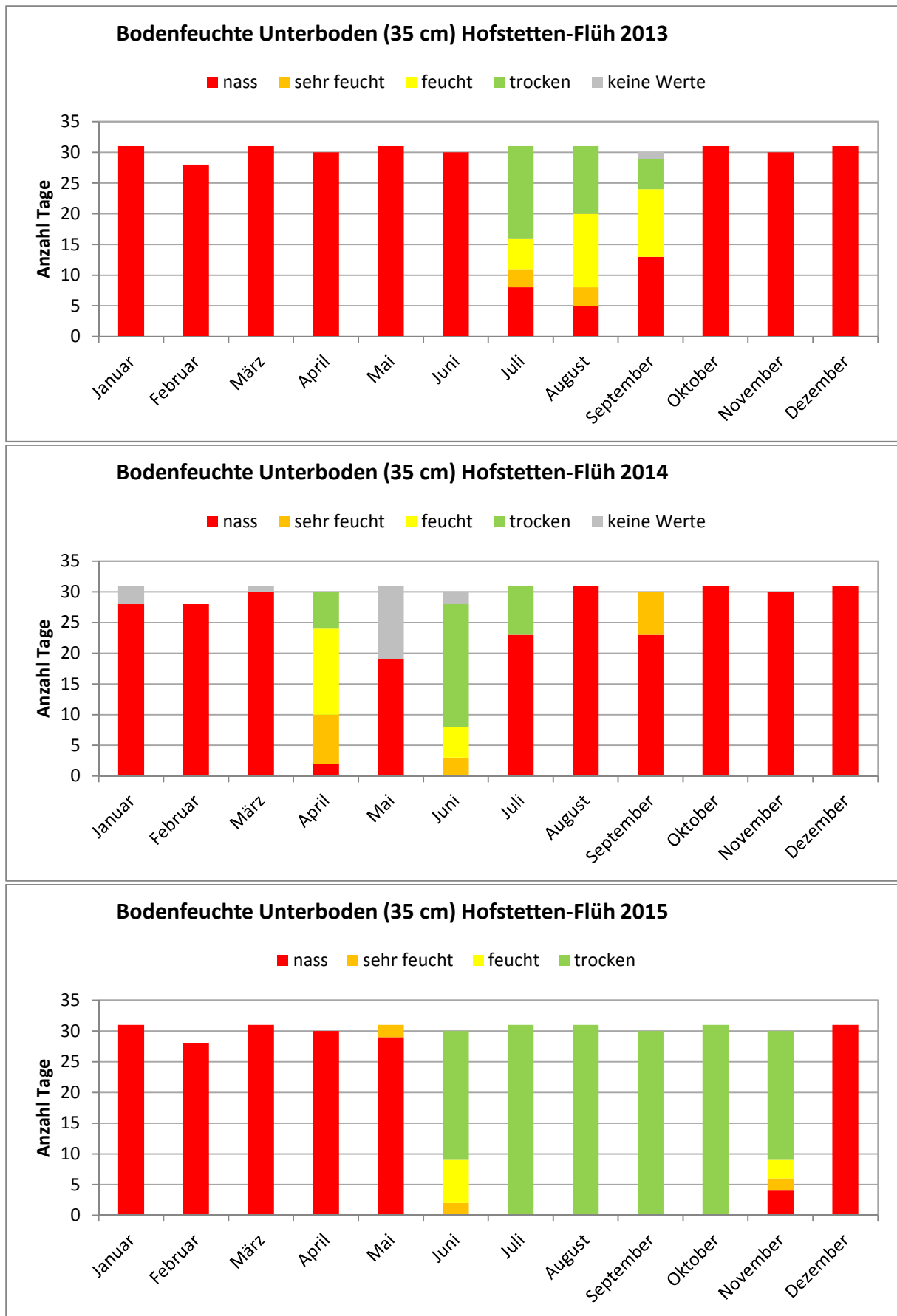


Abbildung 23: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2013 bis 2015 in Hofstetten-Flüh

2.3.8. Kestenhholz

Nutzung:	Wiese
Kurzcharakterisierung Boden:	Fluvisol schwach pseudogleyig, kalkreich, diffus horizontalisiert, 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 Fruchtfolge 2. Güte

Wie schon die Messungen im Jahr 2012 gezeigt hatten, trocknete der Boden in Kestenholz im Vergleich zu den anderen Standorten eher schnell ab. Im Oberboden stieg die Saugspannung 2013 bereits im April über 10 cbar und im Unterboden wurden im Juni 25 cbar überschritten. Neben Kestenholz trocknete der Unterboden nur an den beiden Standorten Stüsslingen und Breitenbach bereits im Juni ab. Zwischen Juli und September lag die Saugspannung längere Zeit über 25 cbar. Als einziger Wiesenstandort erreichte Kestenholz noch während mehrerer Tage im Oktober Werte über 10 cbar in 35 cm Tiefe. Nur die Waldstandorte registrierten zu dieser Jahreszeit noch so hohe Werte.

Auch im Jahr 2014 war Kestenholz einer der trockensten Standorte und trocknete bereits im Frühling relativ rasch ab. Ab Mitte August erwiesen sich die Messwerte jedoch als nicht mehr plausibel. Die Tensiometer trockneten stetig aus und die Messwerte sanken auch nach Niederschlagsereignissen nicht mehr. In Kestenholz könnten allenfalls auch Mäusegänge die Messwerte beeinflussen.

Wie in den Vorjahren trocknete der Boden in Kestenholz im Frühling 2015 verglichen mit den meisten anderen Standorten besser ab. Ober- und Unterboden erreichten ab Mitte März Messwerte über 6 cbar und gegen Ende April wurden im Oberboden erste Messwerte im trockenen Bereich erreicht. Analog den anderen Standorten dauerte die Trockenphase des Bodens bis gegen Ende November an.

Kestenholz ist neben den Standorten Matzendorf und Fulenbach der trockenste Standort.

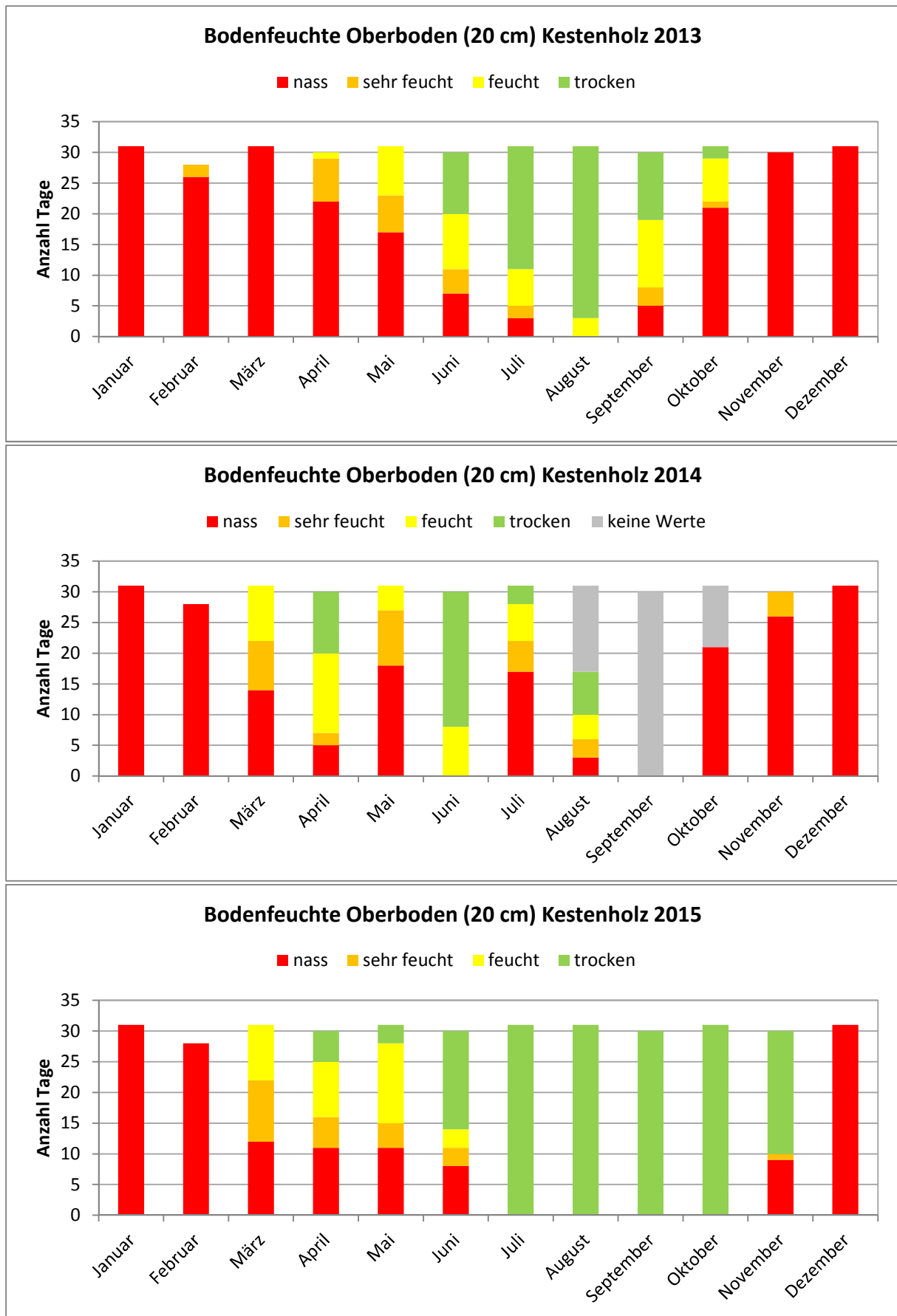


Abbildung 24: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2013 bis 2015 in Kestenhholz

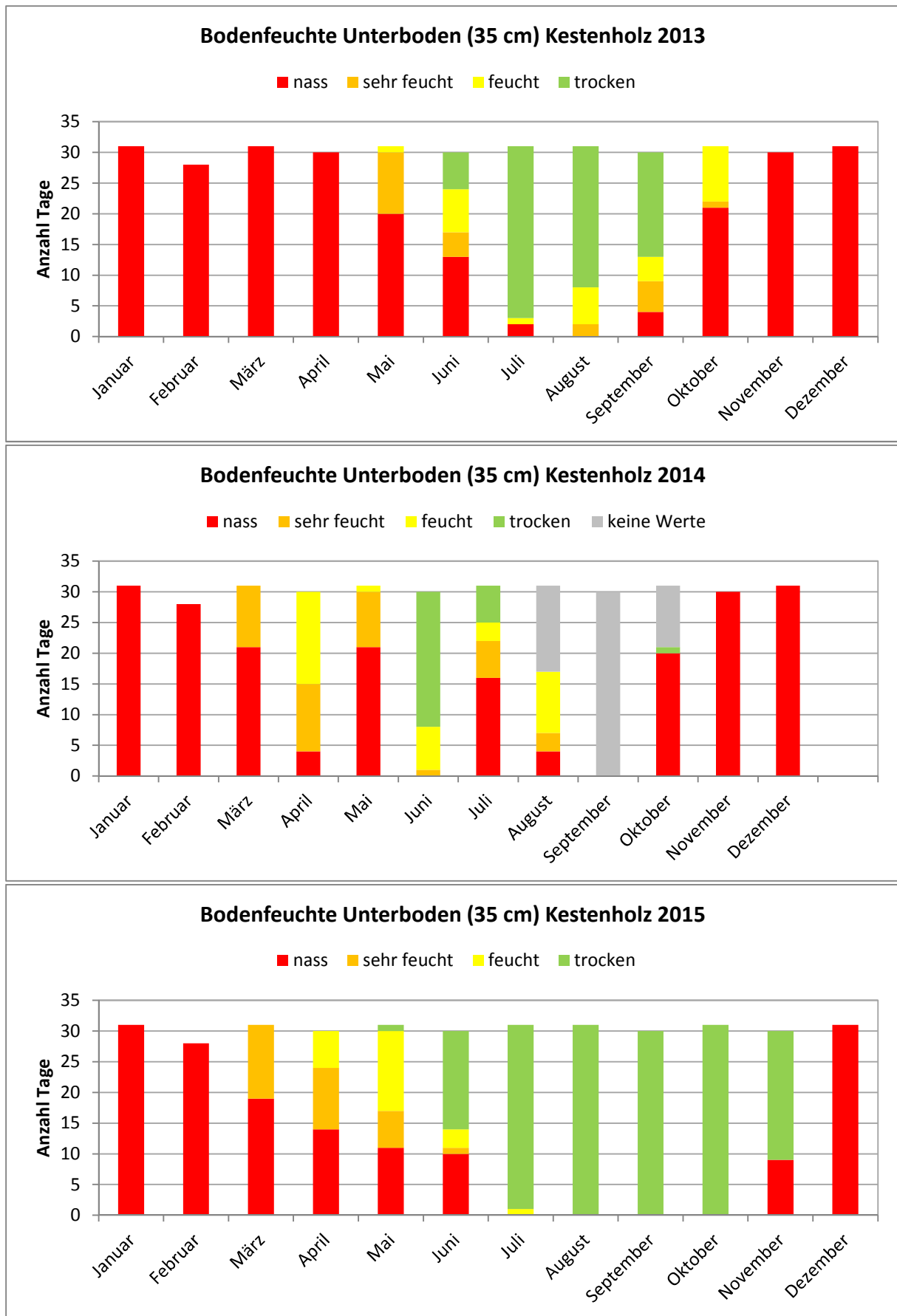


Abbildung 25: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2013 bis 2015 in Kestenholz

2.3.9. Matzendorf

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

Der Betrieb in Matzendorf lief wie im Jahr zuvor auch zwischen 2013 und 2015 ohne Unterbrüche.

Matzendorf gehört neben Kestenholz und Stüsslingen zu den trockenen Standorten. Im Vergleich mit diesen beiden Stationen trocknete der Unterboden im Jahr 2013 erst im Juli ab und war vor allem im August, September und Oktober deutlich feuchter.

Im Messjahr 2014 stieg die Saugspannung im Unterboden in Matzendorf bereits im April für einige Tage über 25 cbar. Im Juni fanden sich mehrheitlich trockene Bodenverhältnisse. Beeinflusst vom regenreichen Sommer trocknete der Unterboden, mit Ausnahme von zwei Tagen im Juli, bis Ende Jahr nicht mehr ab.

Im Frühling 2015 trocknete der Boden in Matzendorf, verglichen mit den anderen Standorten, gut ab. Die Niederschlagsmengen während des Monats März war im Vergleich zu den beiden anderen trockenen Standorte Kestenholz und Fulenbach gering, so dass Matzendorf sogar etwas besser abtrocknete als diese beiden Standorte. Die trockenen Bodenverhältnisse dauerten den gesamten Sommer bis Ende November.

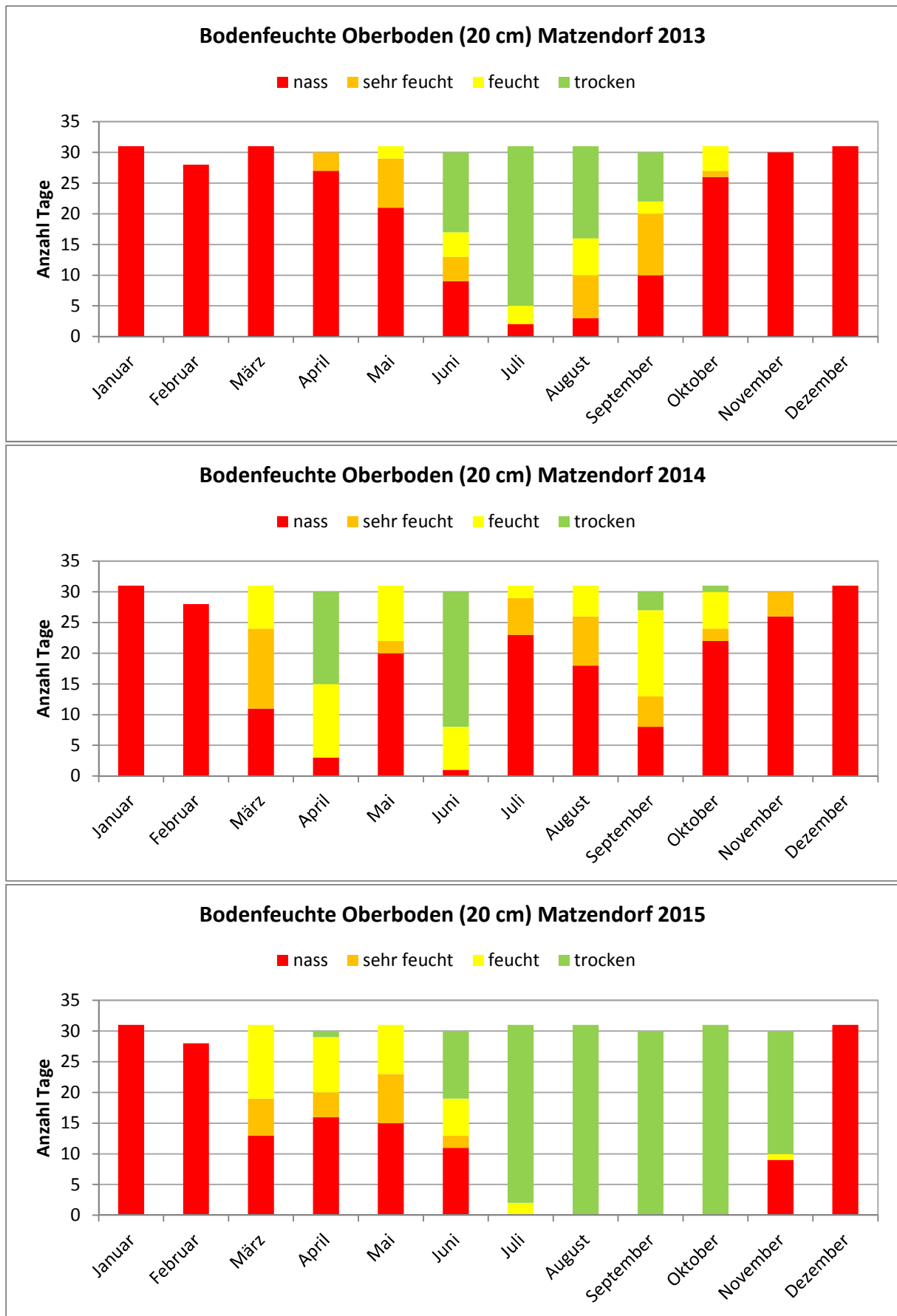


Abbildung 26: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2013 bis 2015 in Matzendorf

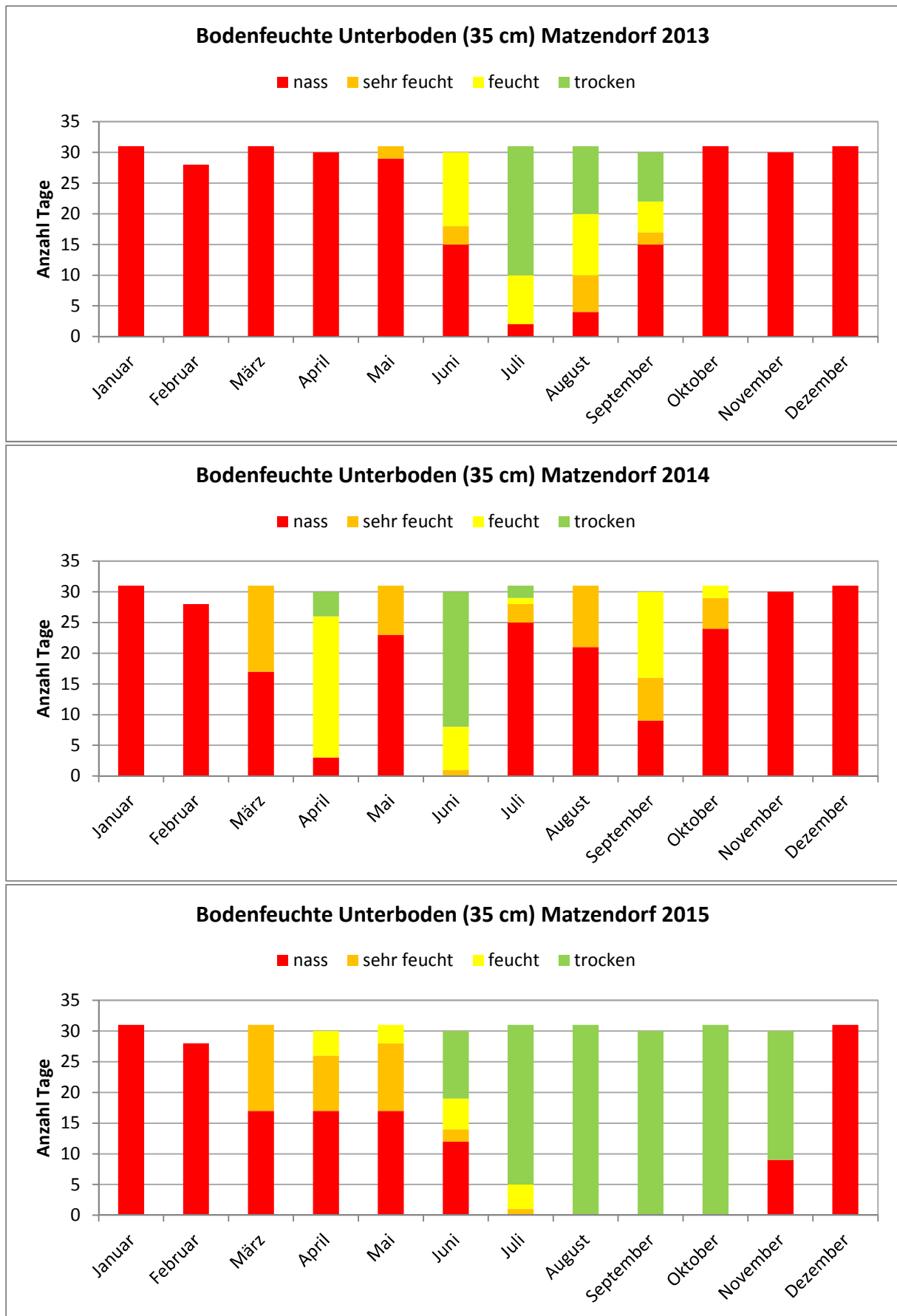


Abbildung 27: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2013 bis 2015 in Matzendorf

2.3.10. Mühledorf (Wald)

Nutzung:	Weide
Kurzcharakterisierung Boden:	Sauer Braunerde schwach pseudogleyig, stark sauer, polygenetisch, sandiger Lehm
Topographie:	Kuppe
Koordinaten / Höhe über Meer:	604033, 220559 / 633 m
Geologie:	Moräne (Würm) über Sandstein
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	- / 74 cm
Pflanzensoziologische Einheit:	Waldmeister-Buchenwald

Die Daten vom Waldstandort Mühledorf sind seit Mitte März 2014 verfügbar.

Im Vergleich zu allen anderen Standorten des Messnetzes herrschten in Mühledorf im Sommer 2014 deutlich nassere Bodenverhältnisse. Einzig im Juni trocknete der Unterboden während vier Tagen ganz ab. Mit Ausnahme von einem Tag im Juli lagen die Tensiometer in 35 cm Tiefe unter 6 cbar.

Der trockene Sommer 2015 zeigte eindrücklich, dass die Böden an diesem Standort auch im Vergleich mit den anderen Stationen sehr nass sind. Die Saugspannung im Ober- und Unterboden sank während der langen Trockenperiode auch bei geringen Regenmengen jeweils stark ab. Im Unterboden wurden einzig im Juli während einigen Tagen Messwerte im trockenen Bereich von über 25 cbar erreicht.

Bei der Standortevaluation für Mühledorf sollte bewusst ein gut abtrocknender Boden ausgewählt werden. Trotz sorgfältiger Evaluierung des Standortes, mit vorgängiger Aufnahme der Bodeneigenschaften, zeigte sich, dass dieses Ziel nicht erreicht wurde. Sowohl im ersten Messjahr und dann vor allem auch im Trockensommer 2015 war Mühledorf mit Abstand der feuchteste Standort. Im Herbst 2015 wurden innerhalb der Station Vergleichsmessungen mit manuellen Tensiometern eingerichtet. Diese zeigten keine grösseren Abweichungen zu den T8-Tensiometern. Es lagen also keine Messfehler vor. Es kann deswegen eher vermutet werden, dass der gewählte Standort der Station einen speziellen Wasserhaushalt aufweist und allenfalls auch im Einflussbereich einer Quelfassung liegt. Zum Vergleich wurden deswegen etwas weiter nördlich weitere manuelle Tensiometer gesetzt. Die von Ende August bis Mitte Oktober 2015 gesammelten Messwerte im Gebiet Emitwald deuten darauf hin, dass dieser Standort besser geeignet wäre um die lokalen Boden- und Feuchteverhältnisse abzubilden (Borer, 2015). Im Jahr 2016 sollen deshalb den ganzen Sommer über weitere Vergleichsmessungen durchgeführt werden, um allenfalls die Station zu zügeln.

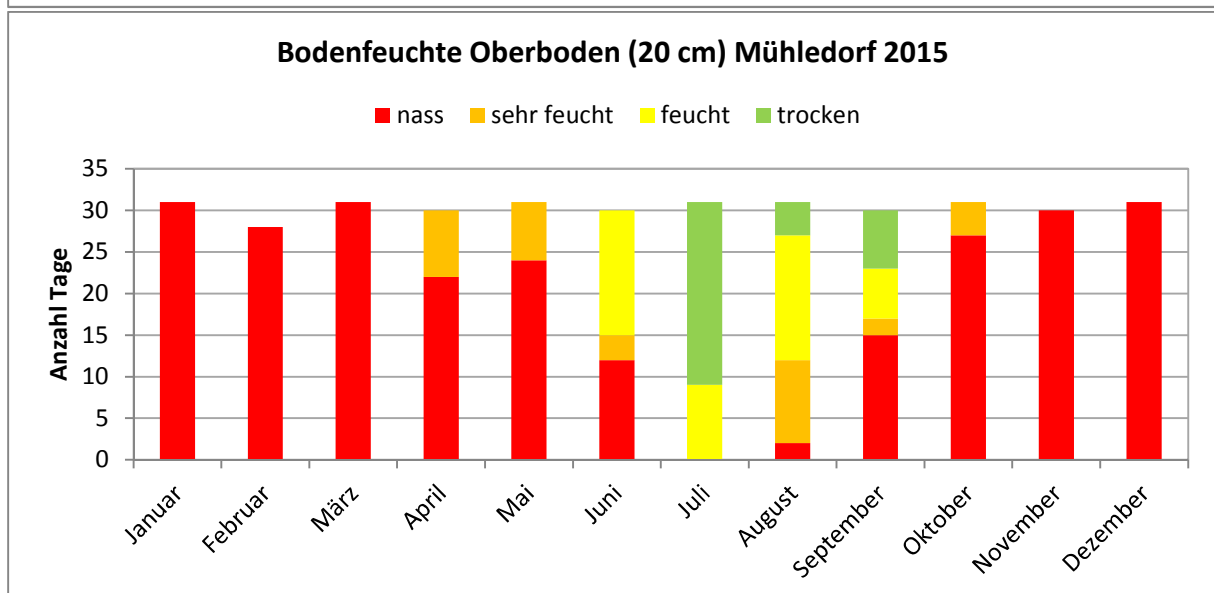
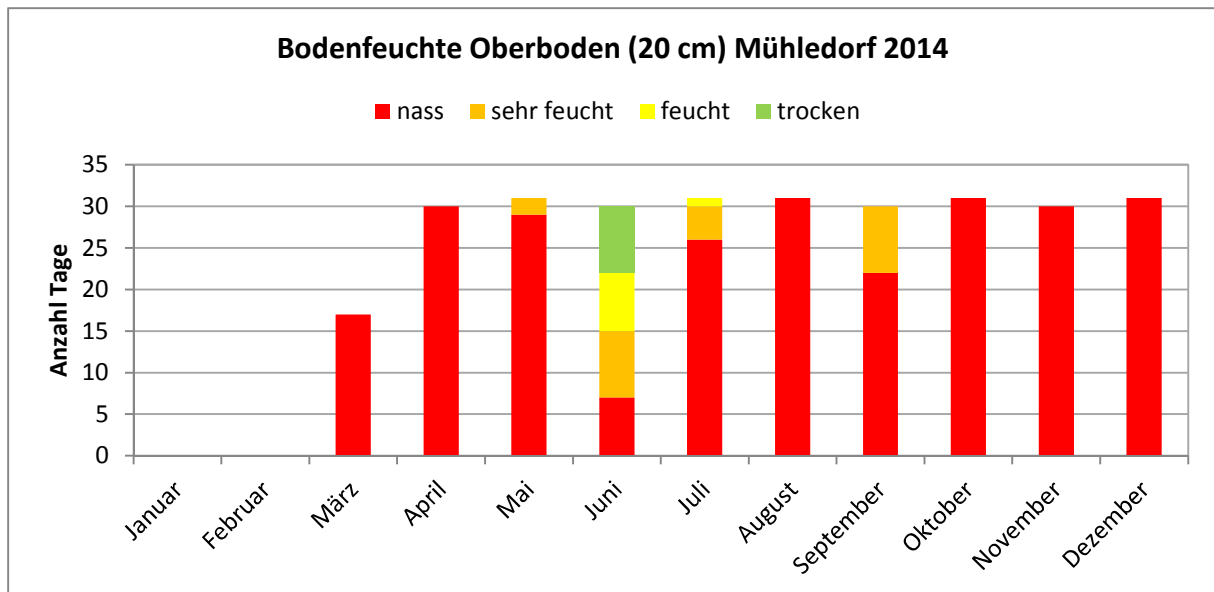


Abbildung 28: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2014 bis 2015 in Mühledorf

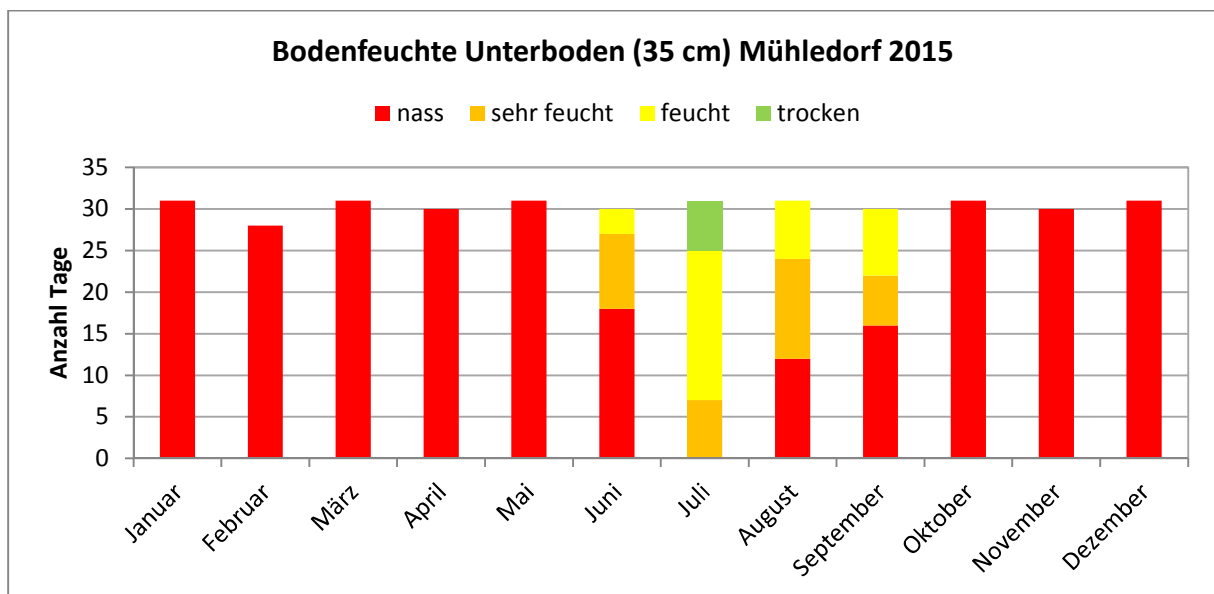
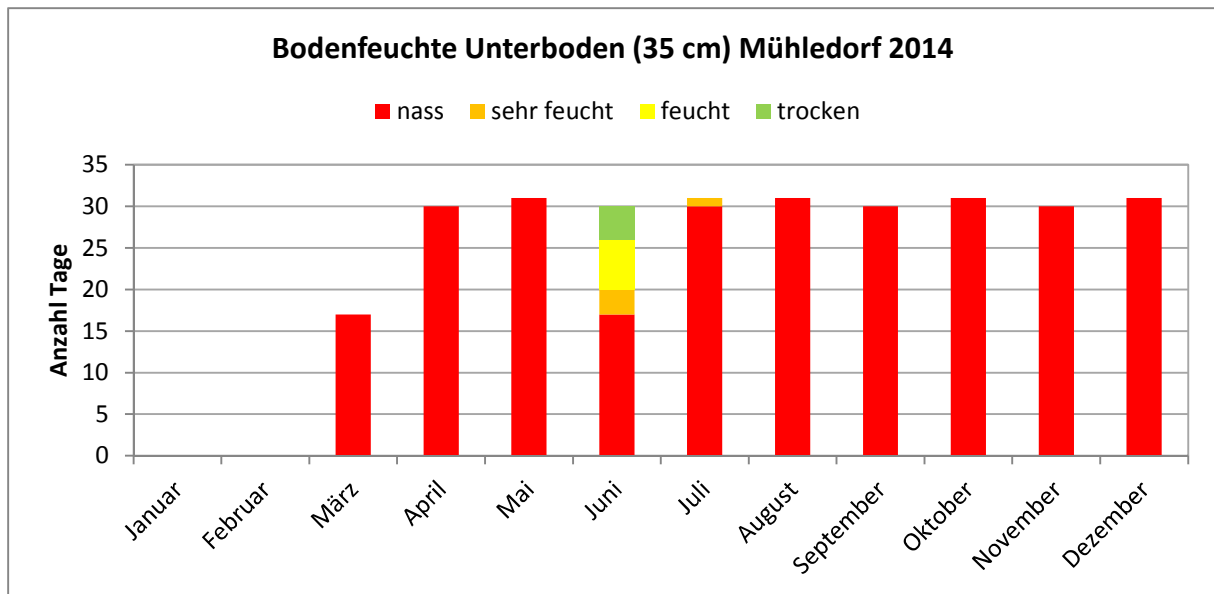


Abbildung 29: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2014 bis 2015 in Mühledorf

2.3.11. Stüsslingen

Nutzung:	Weide
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

Die Tensiometer funktionierten in den drei Messjahren ohne Unterbrüche.

Stüsslingen gehört wie Matzendorf und Kestenholz zu den trockenen Feldstandorten. Nach dem nassen Frühling im Messjahr 2013 trocknete der Unterboden zwischen Juli und September über einen längeren Zeitraum ab. Ab Oktober lagen die Saugspannungswerte mit Ausnahme von einigen Tagen im Oktober im nassen Bereich.

Wie in Matzendorf, Kestenholz, Hofstetten-Flüh, Etziken, Breitenbach und Dulliken war der Boden im Juni 2014 mehrheitlich trocken. Im Oberboden lagen die Saugspannungswerte im Juni sogar den ganzen Monat durchgehend im trockenen Bereich. Während die Saugspannung im Juli noch einige Tage über 25 cbar lag, stiegen die Werte ab August nicht mehr über 10 cbar.

Im Frühling 2015 trocknete der Boden in Stüsslingen bereits im März-April erstmals leicht ab, ähnlich wie bei den Standorten Kestenholz, Fulenbach und Matzendorf.

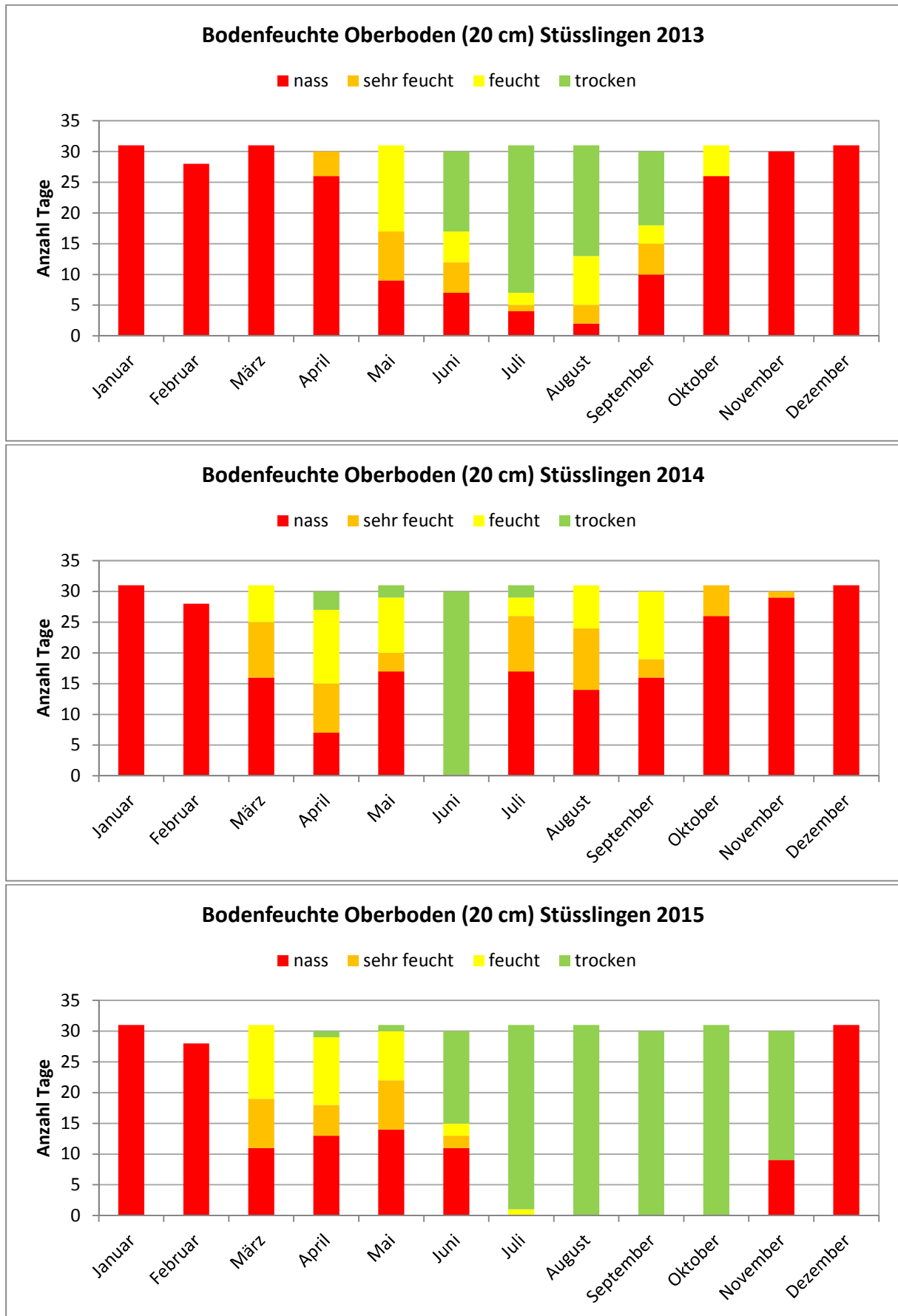


Abbildung 30: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2013 bis 2015 in Stüsslingen

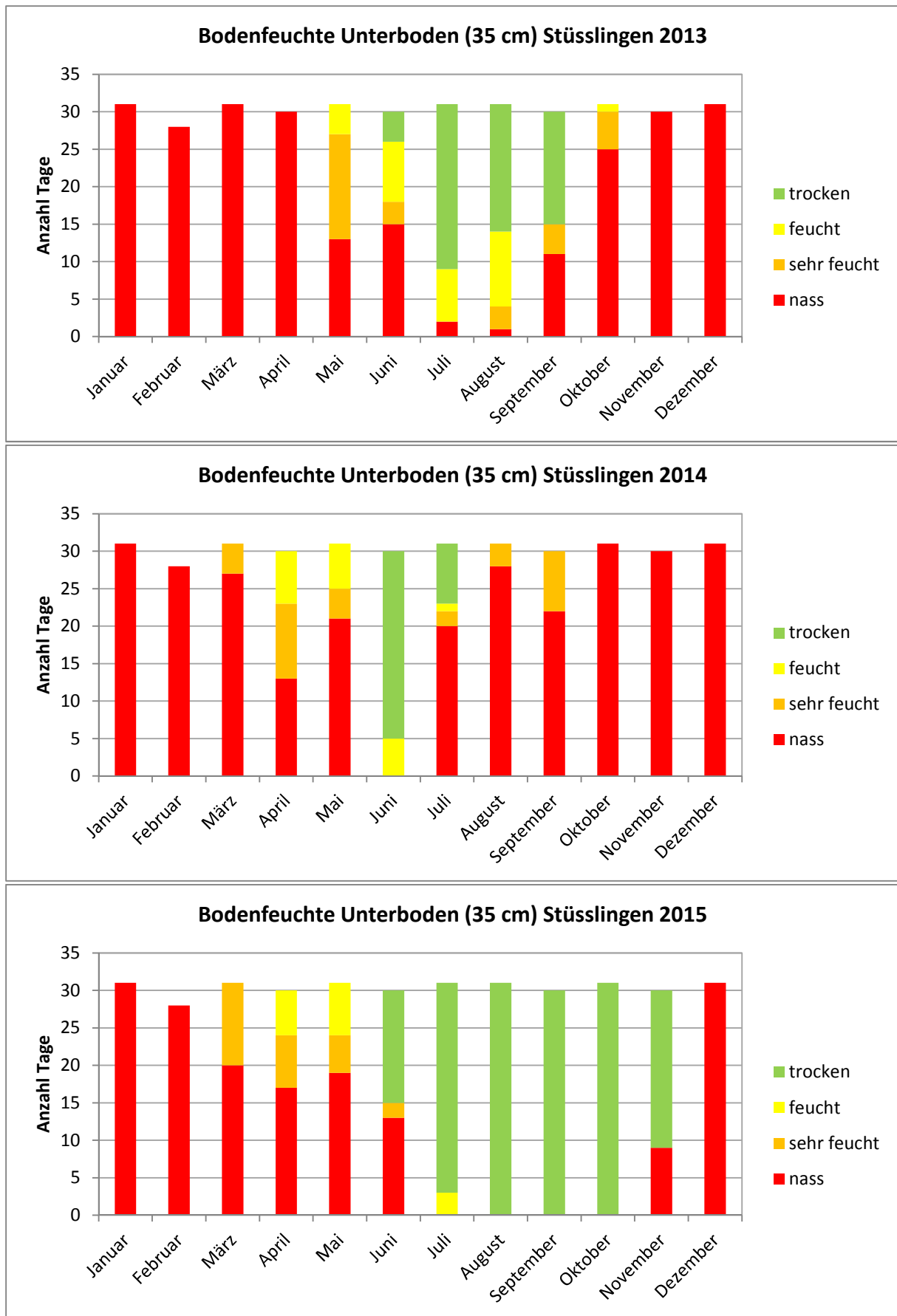


Abbildung 31: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2013 bis 2015 in Stüsslingen

2.3.12. Subingen

Nutzung:	Weide
Kurzcharakterisierung Boden:	Braunerde-Gley schwach pseudogleyig und grundnass, stark gleyig, sandiger Lehm
Topographie:	Flachhang
Koordinaten / Höhe über Meer:	614137, 227543 / 437 m
Geologie:	Schottrige Moräne (Würm)
Klimazone:	Ackerbau begünstigt (A3)
Bodenpunktzahl / Pfln. Gründigkeit:	74 (von max. 100) / 58 cm
Landwirtschaftliche Nutzungseignung:	Futterbaubetonte Fruchtfolge

In Subingen gab es in den Messjahren 2013 und 2014 keine Datenlücken.

Im Vergleich mit anderen Stationen herrschten in Subingen in den beiden Jahren häufig nasse Bodenverhältnisse. Im Sommer 2013 stieg die Saugspannung im Unterboden nur im Juli und September über einige Tage hinweg in den trockenen, grünen Bereich. Mit Ausnahme von Hofstetten-Flüh und Bellach gab es an allen Standorten zwischen Juli und September deutlich mehr trockene Tage als in Subingen.

Im gesamten Jahr 2014 registrierten die Tensiometer in 35 cm Tiefe nur an einem Tag im Juni einen Wert über 25 cbar. Im Juni und September lag die Saugspannung im Unterboden rund zur Hälfte der Tage im feuchten Bereich (über 10 cbar). Auch der Oberboden trocknete nur im Juni während rund einer Woche und an einem Tag im September ganz ab. Im April kletterten die Werte im Unterboden über mehrere Tage hinweg über 6 cbar und im Oberboden rund die Hälfte der Tage über 10 cbar. In den restlichen Monaten herrschten mehrheitlich nasse Verhältnisse.

Im Frühling 2015 trocknete der Boden in Subingen eher langsamer ab, als dibeie anderen Grünlandstandorten. Auch im Herbst sank die Saugspannung früher, als bei anderen Standorten, insbesondere im Oberboden.

Subingen erwies sich in den Jahren 2013 bis 2015 neben Bellach und Aetigkofen als einer der feuchtesten Standorte.

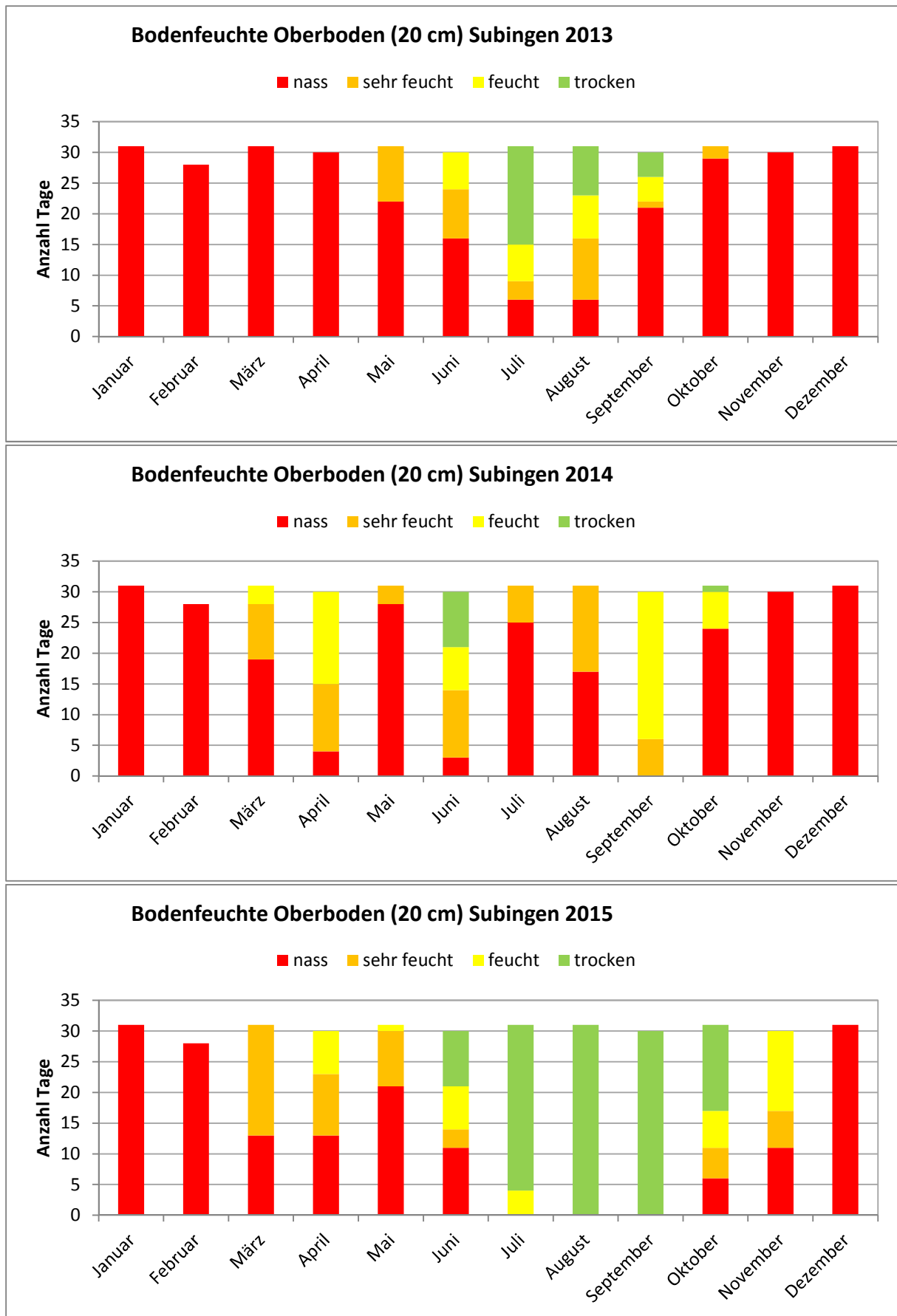


Abbildung 32: Vergleich der Bodenfeuchte im Oberboden von 2013 bis 2015 in Subingen

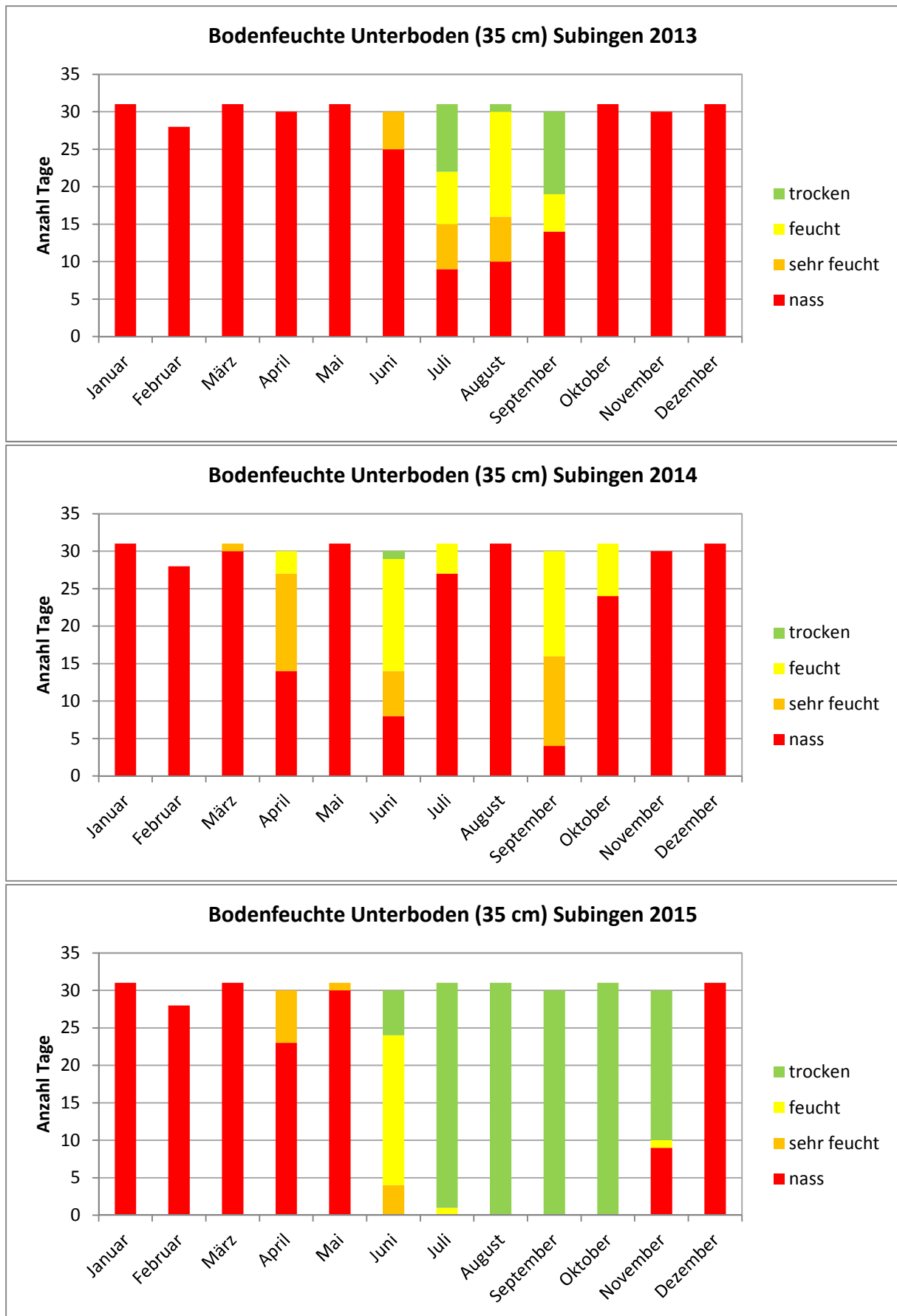


Abbildung 33: Vergleich der Bodenfeuchte im Unterboden von 2013 bis 2015 in Subingen

3. Tendenzen nach vier Messjahren

Die Erfahrungen nach den ersten vier Messjahren zeigen, dass längere Perioden mit trockenen Bodenverhältnissen hauptsächlich in den Sommermonaten zu erwarten sind. Das Jahr 2015 bildet dabei bisher ein grosses Ausnahmejahr mit überdurchschnittlich langen Trockenphasen bei allen Stationen.

Beim Vergleich der Messwerte der verschiedenen Stationen über die Messperiode lassen sich eher nasse und eher trockene Standorte ausmachen. Die Abbildung 34 zeigt, dass an den Standorten Bellach und Hofstetten-Flüh die nassesten Böden zu finden sind. Am schnellsten trocknen tendenziell die Böden in Kestenholz, Stüsslingen und Matzendorf ab. Fulenbach und Mühledorf sind erst für das Jahr 2015 miteinbezogen. Dabei zeigt sich klar, dass Mühledorf extrem nass ist und Fulenbach hingegen zu den trockenen Standorten gehört.

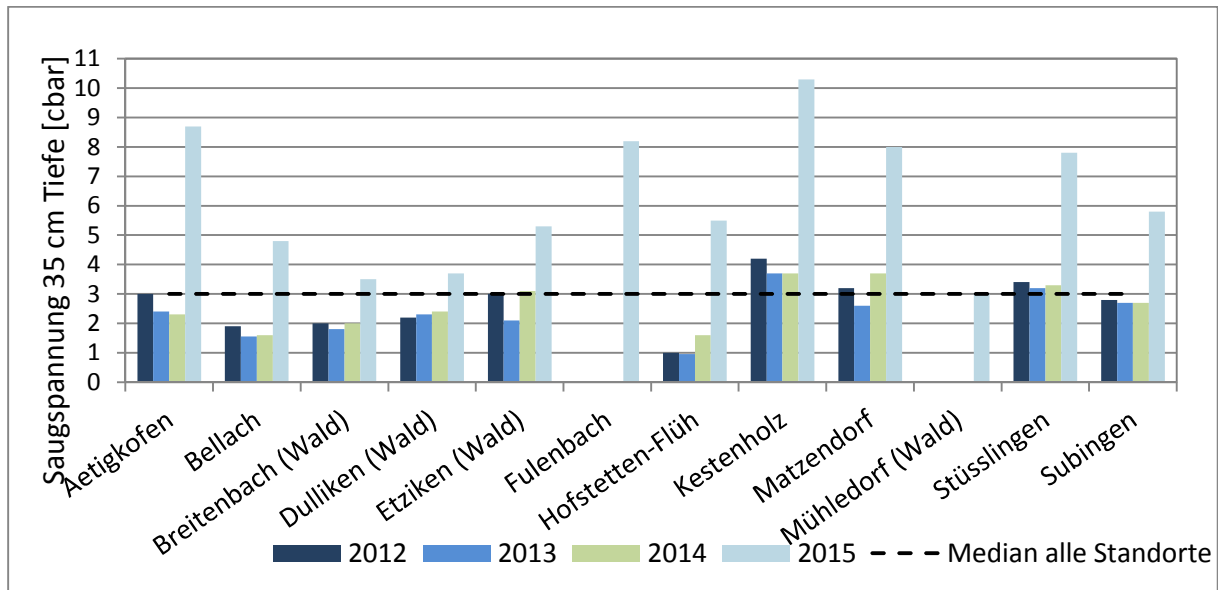


Abbildung 34: Mediane der Saugspannung in 35 cm Tiefe für die vier Messjahre seit Messbeginn.

Dieses Bild bestätigt sich in Abbildung 35. Die Abbildung zeigt den prozentualen Anteil an Tagen pro Bodenfeuchte-kategorie über die Messperiode 2012 bis 2015.

So weist Bellach mit 78% die meisten Tage mit Saugspannungswerten im nassen Bereich auf, gefolgt von den Standorten Hofstetten-Flüh und Dulliken. In Kestenholz war der Boden während der vier Messjahre an rund 21% der Tage trocken. Eine ähnliche Anzahl an trockenen Tagen kann beim Waldboden in Etziken festgestellt werden.

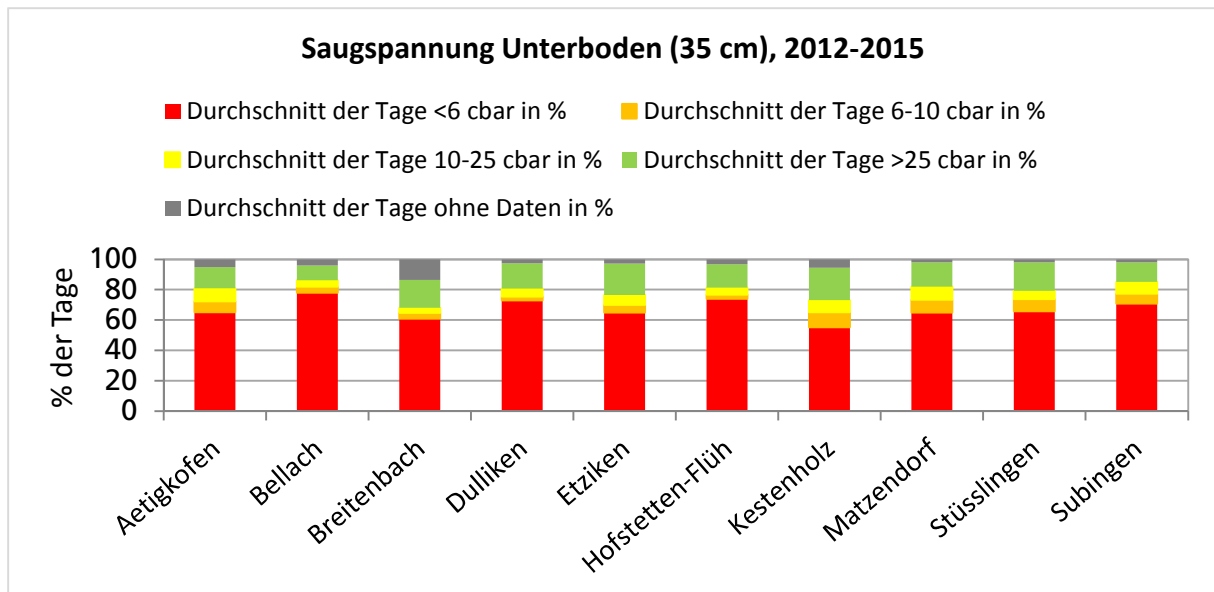


Abbildung 35: Saugspannung im Unterboden (35 cm) in Prozent der Tage im Zeitraum 2012 bis 2015

4. Ausblick / Weiterentwicklung Messnetz

4.1. Bodenmessnetz Kanton Solothurn

Da die Solothurner Stationen quasi der Prototyp der Nordwestschweizer Stationen sind, ist bei diesen die technische Einrichtung sowie die ganze Verkabelung noch nicht so weit optimiert, wie dies bei den neueren Stationen der Fall ist. Für die Solothurner Stationen dürfte in den kommenden Jahren allenfalls die Materialkosten etwas ansteigen. Bei einigen Stationen wird auch in Betracht gezogen, die Tensiometer neu zu setzen und die Verkabelung in die Erde zu legen.

Die Bodenverhältnisse bei der Station in Mühledorf präsentieren nicht den gewünschten gut durchlässigen Waldboden. Deswegen soll die Station umplatziert werden. Dazu sind jedoch zuerst Vergleichsmessungen an verschiedenen anderen Standorten geplant.

4.2. Bodenmessnetz Nordwestschweiz

Das Bodenmessnetz Nordwestschweiz entwickelt sich laufend weiter in dem neue Kantone dazu stossen. Seit dem Frühling 2014 ist der Kanton Zug mit zwei Stationen dem Messnetz beigetreten.

Erfreulich zeigt sich auch die Erweiterung des Messnetzes mit Kantonen aus der Westschweiz. So sind Stationen in den Kantonen Fribourg, Waadt und Genf geplant oder seit Ende 2015 in Betrieb. Aus diesem Grund steht die Webseite www.bodenmessnetz.ch nun auch in französischer Sprache zur Verfügung.

Des Weiteren zeigen auch die Kantone Bern und Luzern Interesse dem Messnetz Nordwestschweiz beizutreten.

Literatur

MeteoSchweiz 2014: Klimabulletin Jahr 2013, Zürich.

MeteoSchweiz 2015: Klimabulletin Jahr 2014, Zürich.

MeteoSchweiz 2016: Klimabulletin Jahr 2015, Zürich.

Borer, F. 2015. Überprüfung der Saugspannungsmessungen am Standort Mühledorf des Bodenmessnetzes. Kurzbericht. Amt für Umwelt Kanton Solothurn, Abteilung Boden. Borer Bodenexperten, Derendingen.

Graphiken

Alle Daten stammen von der Homepage www.bodenmessnetz.ch

Fotos

Amt für Umwelt, Kanton Solothurn

Impressum

Herausgeber, Bezugsquelle

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

Projektleitung

Christine Hauert, Amt für Umwelt

Bearbeitung

Isabelle Rösli, Amt für Umwelt

Wartung und Betrieb Messstellen

Genossenschaft Meteotest, Christoph Schilter, Fabrikstrasse 14, 3012 Bern

@by

Amt für Umwelt 2016