

# Hydrologisches Management ausgewählter Karwendel Moore 2008-18



## Abschlussbericht 2019

Erstellt im Feber 2019 von DR. GÜNTER HASELWANTER



Naturschutzfonds

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung .....	4
2	Material & Methoden .....	4
3	Hydrologisches Management .....	7
3.1	Einführung .....	7
3.2	Wasserstands-Messungen .....	11
3.2.1	Wasserstands-Messungen beim Brettersberg Mittellegger (ML)-Moor.....	11
3.2.2	Wasserstands-Messungen Halslkopf-Moor .....	21
3.2.3	Wasserstands-Messungen Pitzkopf-Moor .....	29
3.2.4	Wasserstands-Messungen Raberskopf-Moor .....	37
4	Maßnahmen Katalog.....	47
4.1	Massnahmenkatalog für ALLE Moore .....	47
4.2	Maßnahmen Katalog für die Moore.....	47
5	Herzlichen Dank an.....	49
6	Literatur .....	49

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Dauerlinien des Grundwassers (verändert nach Grosvernier & Staubli 2009).....	5
Abb. 2:	Monatsniederschlagssummen (schwarze Farbe) in [mm] für die Messperioden 1988-2008 und für das Jahr 2007 (links oben), 2008 (rechts oben), 2009 (links 2. Reihe Mitte), 2010 (rechts 2. Reihe Mitte), 2011 (links 3. Reihe Mitte), 2012 (rechts 3. Reihe Mitte), 2013 (unten links) und 2014 (unten rechts) der Messstation Achenkirch (905m SH) in roter Farbe (Quelle: ZAMG). .....	7
Abb. 3:	Monatsniederschlagssummen (schwarze Farbe) in [mm] für die Messperioden 1988-2008, für das Jahr 2015 (links oben), für das Jahr 2016 (rechts oben), für das Jahr 2017 (links unten) und für das Jahr 2018 (rechts oben) der Messstation Achenkirch (905m SH) in roter Farbe (Quelle: ZAMG).....	8
Abb. 4:	Summe der Niederschläge der Messstation Achenkirch (905m SH) ) in [mm] für die Jahre 2007 bis 2018 und Jahresmittel (1988-2008). .....	9
Abb. 5:	Summe der Niederschläge während der Vegetationsperiode der Messstation Achenkirch (905m SH) ) in [mm] für die Jahre 2007 bis 2018 und Jahresmittel (1988-2008) jeweils von Mai bis Oktober. .....	10
Abb. 6:	Arbeitskarte mit Pegelrohren (Quelle Land Tirol, BEV). .....	11
Abb. 7:	Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 03, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Brettersberg ML-Moor 2007 (oben), 2008 (Mitte) und 2009 (unten).....	12
Abb. 8:	Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 03, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Brettersberg ML-Moor 2010 (oben), 2011 (Mitte) und 2012 (unten).....	13
Abb. 9:	Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 03, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Brettersberg ML-Moor 2013 (oben), 2014 (Mitte) und 2015 (unten) mit neu errichteten Pegelrohren 04 & 05. .....	14
Abb. 10:	Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 05, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Brettersberg ML-Moor 2016 (oben), 2017 (Mitte) und 2018 (unten).....	15
Abb. 11:	Grundwasserganglinien vom 15.05. – 15.10. des Pegels 01 bis 05, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Brettersberg ML-Moor 2013 (oben) 2017 (Mitte) und 2018 (unten).....	17
Abb. 12:	Dauerlinien des Pegelrohres 02 beim Brettersberg ML-Moor in der Vegetationsperiode für die Jahre 2008 - 2018. .....	19
Abb. 13:	Dauerlinien des Pegelrohres 02 beim Brettersberg ML-Moor im Vergleich eines niederschlagsarmen (= 2018), niederschlagsreichen (= 2017) und Extrem-Jahres (=2013).....	19
Abb. 14:	Hydrologische Kenngrößen des Pegelrohres 02 beim Brettersberg ML-Moor der Jahre 2008-2018. .....	19
Abb. 15:	Arbeitskarte mit Pegelrohren, Fotomonitoring, Weidefreistellung und Lage der Dämme beim Halslkopf-Moor, Inserts: Überblicksfoto mit dem entsprechenden Pegelrohr (roter Kreis).....	21
Abb. 16:	Grundwasserganglinien Pegel 03 2006 (oben) und Pegel 01, 03 & 04 2007 (Mitte) und 2008 (unten) mit Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Halslkopf -Moor. .....	22
Abb. 17:	Grundwasserganglinien Pegel 01, 03 & 04 für 2009 (oben), 2010 (Mitte) und Pegel 01,02, 03 & 04 2011 (unten) mit Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Halslkopf-Moor (unten). .....	23
Abb. 18:	Grundwasserganglinien Pegel 01, 02, 03 & 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Halslkopf-Moor 2012 (oben), 2013 (Mitte) und 2014 (unten).....	24
Abb. 19:	Grundwasserganglinien Pegel 01, 02, 03 & 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Halslkopf-Moor 2015 (oben), 2016 (Mitte) und 2017 (unten).....	25
Abb. 20:	Grundwasserganglinien Pegel 01, 02, 03 & 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Halslkopf-Moor 2018. .....	26
Abb. 21:	Dauerlinien des Pegelrohres 04 beim Halslkopf-Moor in der Vegetationsperiode für die Jahre 2008 - 2018. ....	27
Abb. 22:	Dauerlinien des Pegelrohres 04 beim Halslkopf-Moor im Vergleich eines niederschlagsarmen (= 2018), niederschlagsreichen (= 2017) und Extrem-Jahres (=2013).....	27
Abb. 23:	Hydrologische Kenngrößen des Pegelrohres 04 beim Halslkopf-Moor der Jahre 2008-2018. ....	27

Abb. 24: Dauerlinien für das Pegelrohr 03 für die Vegetationsperioden 2008-12 (oben) und 2013-18 (unten) beim Halslkopf-Moor.....	28
Abb. 25: Arbeitskarte mit Pegelrohren, Fotomonitoring, Biotopgrenze und Grenze der Weidefreistellung beim Pitzkopf-Moor.....	29
Abb. 26: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Pitzkopf-Moor 2007 (oben), 2008 (Mitte) und 2009 (unten). .....	30
Abb. 27: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Pitzkopf-Moor 2010 (oben), 2011 (Mitte) und 2012 (unten). .....	31
Abb. 28: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Pitzkopf-Moor 2013 (oben), 2014 (Mitte) und 2015 (unten). .....	32
Abb. 29: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Pitzkopf-Moor 2016 (oben), 2017 (Mitte) und 2018 (unten). .....	33
Abb. 30: Dauerlinien des Pegelrohres 03 beim Pitzkopf-Moor in der Vegetationsperiode für die Jahre 2008 - 2018. ....	35
Abb. 31: Dauerlinien des Pegelrohres 03 beim Pitzkopf-Moor im Vergleich eines niederschlagsarmen (= 2018), niederschlagsreichen (= 2017) und Extrem-Jahres (=2013).....	35
Abb. 32: Hydrologische Kenngrößen des Pegelrohres 03 beim Pitzkopf-Moor der Jahre 2008-2018.....	35
Abb. 33: Dauerlinien für das Pegelrohr 03 für die Vegetationsperioden 2008-12 (oben) und 2013-18 (unten) beim Halslkopf-Moor.....	36
Abb. 34: Arbeitskarte mit Pegelstandorten, Fotomonitoring, Dauerbeobachtungsflächen und Dammpositionen in den jeweiligen Gräben beim Raberskopf-Moor, Inserts: Überblicksfoto mit dem entsprechenden Pegelrohr (roter Kreis). .....	37
Abb. 35: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Raberskopf-Moor 2007 (oben), 2008 (Mitte) und 2009 (unten).....	38
Abb. 36: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Raberskopf-Moor 2010 (oben), 2011 (Mitte) und 2012 (unten).....	39
Abb. 37: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Raberskopf-Moor 2013 oben, 2014 (Mitte) und 2015(unten). .....	40
Abb. 38: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Raberskopf-Moor 2016 (oben), 2017 (Mitte) und 2018 (unten).....	41
Abb. 39: Dauerlinien des Pegelrohres 02 beim Raberskopf-Moor in der Vegetationsperiode für die Jahre 2008 - 2018. ....	43
Abb. 40: Dauerlinien des Pegelrohres 02 beim Raberskopf-Moor im Vergleich eines niederschlagsarmen (= 2018), niederschlagsreichen (= 2017) und Extrem-Jahres (=2013).....	43
Abb. 41: Hydrologische Kenngrößen des Pegelrohres 02 beim Raberskopf-Moor der Jahre 2008-2018.....	43
Abb. 42: Dauerlinien für das Pegelrohr 01 für die Vegetationsperioden 2008-13 (oben) und 2014-18 (unten) beim Raberskopf -Moor.....	44
Abb. 43: Dauerlinien für das Pegelrohr 03 für die Vegetationsperioden 2008-13 (oben) und 2014-18 (unten) beim Raberskopf -Moor.....	45
Abb. 44: Hydrologische Kenngrößen des Pegelrohres 02 beim Brettersberg ML-Moor (links oben), des Pegelrohres 04 beim Halslkopf-Moor (rechts oben), des Pegelrohres 03 beim Pitzkopf-Moor (links unten) und des Pegelrohres 02 beim Raberskopf-Moor (rechts unten) für die Vegetationsperioden 2008 - 2018.....	46

## TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Technische Details zu den Pegelrohren (PR) und Diver. != PR nicht auf Grund gesetzt. ....	4
Tab. 2: Zusammenschau durchgeföhrter Gelände-Arbeiten zum Hydrologischen Monitoring bei ausgewählten Karwendel-Mooren.....	6
Tab. 3: Niederschläge der Messstation Achenkirch (905m SH ) in [mm] für die Jahre <b>2007</b> bis <b>2011</b> und Jahresmittel (1988-2008) in [mm].....	8
Tab. 4: Niederschläge der Messstation Achenkirch (905m SH ) in [mm] für die Jahre <b>2012</b> bis <b>2018</b> und Jahresmittel (1988-2008) in [mm].....	9
Tab. 5: Zusammenstellung der Tage von 15 cm unter Flur vom 15.05.-15.10. für das Pegelrohr 02 beim Brettersberg ML-Moor 2013-2018 .....	18

## FOTO TITELSEITE

Ein Rundblättriger Sonnentau (*Drosera rotundifolia*) im Brettersberg Mittelleger (ML)-Moor (Foto G. Haselwanter)

## 1 EINLEITUNG

Basierend auf dem Projekt des „Hydrologischen Management ausgewählter Karwendel Moore 2008-2018“ wird anbei der **Abschlussbericht** vorgelegt.

Dabei werden die Ergebnisse des hydrologischen Moormanagements der vier Moorkomplexe (Moorkomplex (=MK) Brettersbergalm (inklusive Halslkopf-Moor), MK Schulterberg Hochleger (Pitzkopf-Moor) und Moorkomplex Raberskopf) zusammengefasst.

## 2 MATERIAL & METHODEN

Das hydrologische Monitoring wurde mit Hilfe von Peilrohr-Data-Logger Diver der Fa. Eijkelkamp durchgeführt (weitere Details dazu sind bei HASELWANTER (2008, 2012A &B) dokumentiert).

Dazu wurden die Pegelrohre (Durchmesser 32 x 25 mm) in verschraubter Weise als eine Kombination von Vollrohren im obersten Abschnitt und Filterrohren (horizontale Slits 0,3 mm) im Torfkörper der angeführten Moore laut Tab. 1 gesetzt. Ein Filterstrumpf verhindert das Eindringen von Torfmaterial, eine Verschlusskappe mit Druckausgleich dient der Verankerung der Diver mittels 1mm Edelstahlseilen in einer definierten Tiefe.

Tab. 1: Technische Details zu den Pegelrohren (PR) und Diver. ! = PR nicht auf Grund gesetzt.

Standort	Nummer Pegelrohr (PR)	Torfmächtigkeit [cm] - PR [cm] – Tiefe des Messsensors [cm]
Brettersberg ML Moor	01	302 / 322 / 146,3
	02	>215 / 235 / 128,6!
	03	>177,5 / 197,5 / 127,5!
Halslkopf-Moor	01	>230 / 250 / 87,6
	02	310 / 353,5 / 212
	03	166 / 186 / 138,6
	04	310 / 330,2 / 203
Pitzkopf-Moor	01	100 / 120 / 80,8
	02	352 / 372 / 157
	03	>200 / 220 / 184!
	04	243 / 263 / 183,6
Raberskopf-Moor	01	149 / 169 / 151,2
	02	178 / 198 / 182,7
	03	146 / 186,5 / 178,5
	04	137 / 157 / 152,5

Die Messgeräte ermitteln die Höhe einer Wassersäule durch Messung des Wasserdrucks mit einem eingebauten Druckfühler, wobei zusätzlich die Temperatur des umgebenden Mediums gemessen wird. Zur Kompensation der Schwankungen des herrschenden Luftdrucks wurde für jedes Moor ein eigener Baro-Diver eingesetzt. Die rechnerische Korrektur dieser Luftdruckschwankungen, die als Kompensation bezeichnet wird, wurde in EXCEL 2010 mittels komplexer Tabellenverknüpfungen durchgeführt. Die kompensierten Daten wurden anschließend in Beziehung zur tatsächlichen Mooroberfläche grafisch dargestellt.

Zur besseren Interpretierbarkeit der Messungen wurden nebst Wasserganglinien auch Dauerlinien, sowie weitere hydrologische Kenngrößen wie Minima bzw. Höchstwasserstand, Maxima bzw. Tiefstwasserstand und maximale Schwankungsbreite exemplarisch dargestellt (PÖSTINGER 2007). Diese hydrologischen Kenngrößen wurden mittels EXCEL 2010 als Mittel-Wert, Maximum, Minimum der jeweiligen Dauerlinien der Vegetationsperioden berechnet. Die Schwankung stellt die Differenz zwischen dem minimalsten und maximalsten Wert der Grundwasserlinie dar.

Zur Fragestellung, ab welchen Wasserständen unter Flur Torfabbau und in weiterer Folge CO<sub>2</sub> Ausgasung stattfindet, geben JOOSTEN ET AL. (2008) einen Mittelwert von ca. 9 cm und einen Maximalwert von ca. 16 cm unter Flur an. Nach Rücksprache mit G. M. STEINER wird für die vorliegende Arbeit ein Wert von 15 cm unter Flur verwendet.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mündliche Mitteilung von G. M. STEINER, Institut für Ökologie und Naturschutz, Univ. Wien, Feber 2019.

Laut NIEMANN (1973) sind die „Wasserstandsdauerlinien“ definiert als Summenlinie der Häufigkeiten, mit denen die einzelnen Grundwassertiefenstufen eines Messbereiches über- bzw. unterschritten werden. Jeder Punkt dieser Kurve gibt an, an wie vielen Tagen des auf der Abszisse angegebenen Zeitraumes diejenige Wasserstandshöhe erreicht bzw. über- (unter-)schritten wurden, die durch den zugehörigen Punkt auf der Ordinate angegeben wird.

Der Vorteil der Dauerlinien liegt darin, dass die Ganglinien in eine übersichtliche Form gebracht werden und das Überschauen und die weitere Analyse umfangreichen Materials erst ermöglicht werden. Dabei unterscheidet NIEMANN (1973) die beiden Grundformen konvexe und konkave Dauerlinien. **Konvexe** Dauerlinien Formen bedeuten eine Tendenz zum Verharren der Grundwasserstände im oberen Bereich, **konkave** eine Tendenz im unteren Bereich der Schwankungsamplitude.

GROSVERNIER & STAUBLI (2009) erweitern das Modell von NIEMANN (1973) um „schräge“ Dauerlinien, die keine Dominanz eines bestimmten Grundwasserstandes darstellen, sondern starke Ausprägung von Änderungen darstellen (Abb. 1).

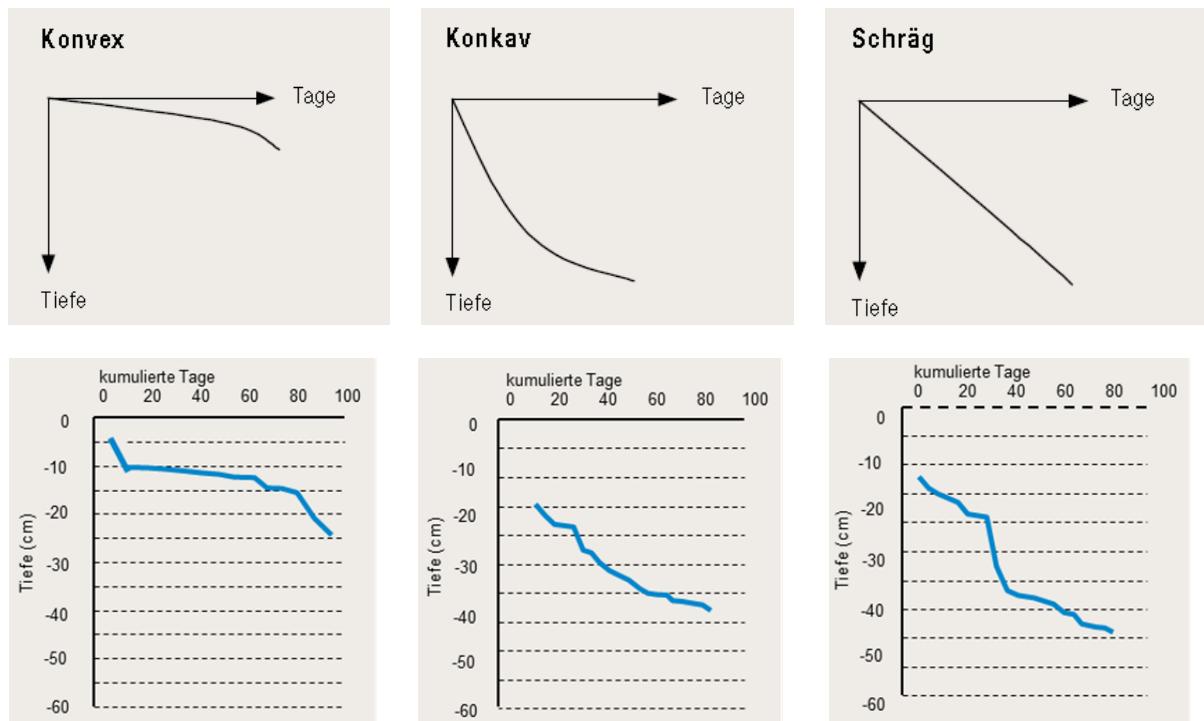


Abb. 1: Dauerlinien des Grundwassers (verändert nach GROSVERNIER & STAUBLI 2009).

Die Beschränkung der Dauerlinien auf die Vegetationsperiode (= 15.05. bis 15.10. jeden Jahres) hat den Vorteil, dass in diesem Falle Unterschiede im Wasserstand, die für die Entwicklung der Vegetation wesentlich sind, stärker in Erscheinung treten als bei Einbeziehung der Wintermonate.

Zudem wurden jene Zeiträume ausgewertet, bei denen Wasserstände mehr als an drei Tagen und 15 cm unter Flur liegen.

Die Diver wurden mit Hilfe der LDM (Logger Data Manager) Software programmiert. Dabei wurde die Messperiode auf zwei Stunden mit der Messmethode „Fest“ eingestellt. Als Systemzeit wurde die Winterzeit verwendet, welche dem tatsächlichen Sonnenstand entspricht. Als Startzeit für die Messung wurde für jeden Diver eine volle Stunde eingestellt, dies erleichtert den Vergleich bzw. die statistische Auswertung mit externen Daten (z.B. Niederschlagsdaten etc.).

Die zugekauften Niederschlagsdaten der Messstation Achenkirch der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (= ZAMG) wurden als Stundenwerte des Niederschlag in 1/10 mm in Zeiten der Mitteleuropäische Zeit (= MEZ) geliefert. Fehlwerte der Station (= „32700“ – Werte) wurden händisch eliminiert und bei gehäuften Auftreten mittels Feindaten der ZAMG Innsbruck angeglichen.

Bei der mindestens einmal pro Jahr stattfindenden „Datenauslese“ vor Ort wurden zusätzlich Handmessungen mit Hilfe einer „Tauchglocke“ durchgeführt. Die Berührung der Tauchglocke an der Wasseroberfläche im Pegelrohr ist mittels eines „Plops“ deutlich hörbar. Diese Messungen wurden mit dem aus dem Pegelrohr entfernten Diver durchgeführt, wobei sich die Messwerte der Wasserstände um ca. 4cm erniedrigten. Die dabei erhobenen Daten des Wasserstandes dienen insbesondere der Eichung und der Kontrolle der elektronischen Diver-Daten.

Die händischen Wasserstandsmessungen wurden durch A. Strudl (Naturraummanagement *Österreichische Bundesforste AG*) durchgeführt, welche mit einer umfangreichen Fotodokumentation der einzelnen Pegelrohre dokumentiert sind.

In der Tab. 2 sind wichtige Arbeiten rund um die Diver der einzelnen Moore angeführt:

Tab. 2: Zusammenschau durchgeführter Gelände-Arbeiten zum Hydrologischen Monitoring bei ausgewählten Karwendel-Mooren.

Datum	Durchgeführte Maßnahmen
<b>20.11.2012</b>	Tausch sämtlicher Diver bei allen Mooren.
<b>10.09.2013</b>	Kontrolle aller Enddämme und schriftliche Zusammenfassung durch A. Strudl.
<b>14.07.2014</b>	Datenauslese aller Diver durch A. Strudl.
<b>15.07.2014</b>	Raberskopf-Moor: PR04 war nicht mehr auffindbar und wurde mutwillig zerstört und entfernt.
<b>Sommer 2014</b>	Erosionsschutz bei den Enddämmen beim Raberskopf-Moor zur Vermeidung der Unterspülung derselben (A. Strudl).
<b>06.10.2014</b>	Händische Wasserstandsmessungen, Damm- und Pegelrohrkontrolle sowie umfangreiche Fotodokumentation durch A. Strudl.
<b>06.10.2014</b>	Entfernung aller Baro-Diver aus den Pegelrohren durch A. Strudl und anschließendem Daten-Reset.
<b>09.10.2014</b>	Ausbringung alle Baro-Diver in die Pegelrohre durch A. Strudl.
<b>29.05.2015</b>	Halslkopf-Moor Umsetzen des Baro-Diver beim Brettersberg Mittelleger (ML)-Moor vom PR03 => PR04.
<b>15.07.2015</b>	Errichtung zweier weiterer Pegelrohre (PR04& 05) beim Brettersberg ML-Moor mit Prof. G. M. Steiner.
<b>03.08.2016</b>	Händische Wasserstandsmessungen, Damm- und Pegelrohrkontrolle beim Brettersberg Mittelleger-, Halslkopf-, Pitzkopf- und Raberskopf-Moores und umfangreiche Fotodokumentation durch A. Strudl.
<b>12.10.2016</b>	Zweite händische Wasserstandsmessung und Diverdatenauslese beim Brettersberg Mittelleger-, Halslkopf-, Pitzkopf- und Raberskopf-Moor und umfangreiche Fotodokumentation durch A. Strudl.
<b>17.07. 2017</b>	Händische Wasserstandsmessungen, Damm- und Pegelrohrkontrolle bei allen vier Mooren durch A. Strudl.
<b>17.07. bis 19.07.2017</b>	Diverkontrolle bezüglich Ladezustand der Batterien: Entfernung der Diver aus den Pegelrohren der Moore. Neuer Messbeginn per 20.07.2017, 00:00. Die verbleibende Batteriedauer liegt für alle Diver zwischen 84-86% und für alle Baro-Diver bei 76%. Der Arbeitsspeicher der Diver ist am 23.01.2023 voll.
<b>09.10.2018</b>	Händische Wasserstandsmessungen, Damm- und Pegelrohrkontrolle bei allen vier Mooren durch A. Strudl.
<b>09.10.2018</b>	Defekter Diver aus Pegelrohr 01 am Pitzkopf-Moor entfernt.
<b>26.11.2018</b>	Der ebenfalls defekte Baro Diver beim Pitzkopf-Moor wurde durch einen neuen Diver ersetzt, der mit 26.11.2018, 22:00 die Messungen startete.

### 3 HYDROLOGISCHES MANAGEMENT

#### 3.1 EINFÜHRUNG

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse sämtliche Diver aller vier Moore bis zum letzten Auslesedatum ausgewertet, grafisch dargestellt und interpretiert.

Zum besseren Verständnis der Niederschlagsdaten sind in der Abb. 2 & Abb. 3 die langjährigen Monatsniederschlagssummen der Messstation Achenkirch (905m SH) der Messperioden 1988-2008 im Vergleich zu den Jahren 2007 bis 2018 dargestellt.

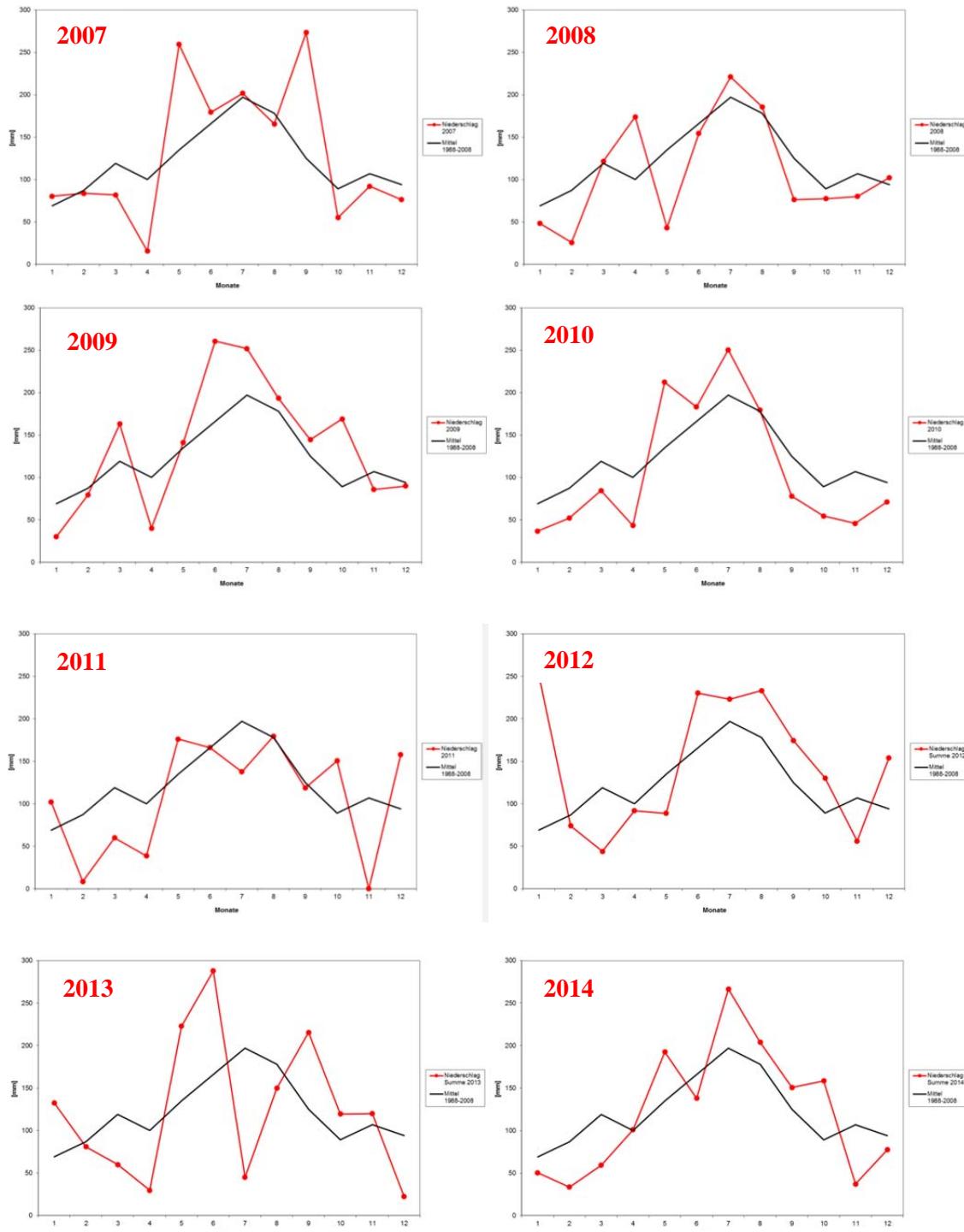


Abb. 2: Monatsniederschlagssummen (schwarze Farbe) in [mm] für die Messperioden 1988-2008 und für das Jahr 2007 (links oben), 2008 (rechts oben), 2009 (links 2. Reihe Mitte), 2010 (rechts 2. Reihe Mitte), 2011 (links 3. Reihe Mitte), 2012 (rechts 3. Reihe Mitte), 2013 (unten links) und 2014 (unten rechts) der Messstation Achenkirch (905m SH) in roter Farbe (Quelle: ZAMG).

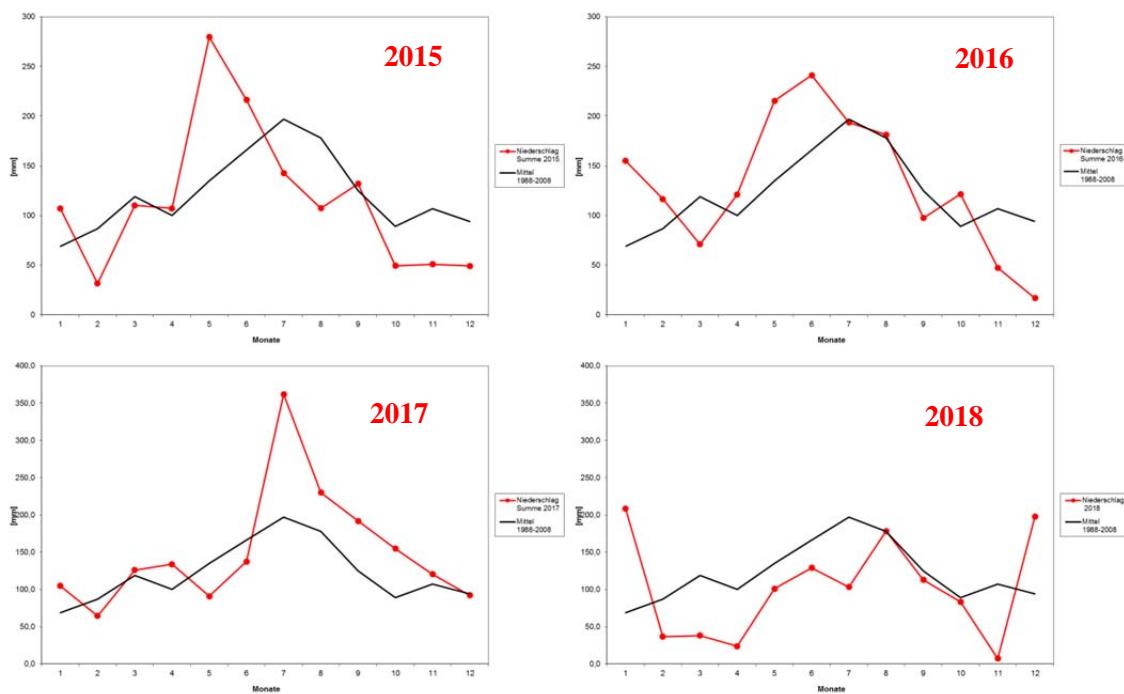


Abb. 3: Monatsniederschlagssummen (schwarze Farbe) in [mm] für die Messperioden 1988-2008, für das Jahr 2015 (links oben), für das Jahr 2016 (rechts oben), für das Jahr 2017 (links unten) und für das Jahr 2018 (rechts oben) der Messstation Achenkirch (905m SH) in roter Farbe (Quelle: ZAMG).

Tab. 3, Tab. 4 und Abb. 4 sowie Abb. 5 geben einen differenzierten Daten-Überblick der in Abb. 2 & Abb. 3 dargestellten Verläufe der Monatsniederschlagssummen.

Tab. 3: Niederschläge der Messstation Achenkirch (905m SH) in [mm] für die Jahre **2007** bis **2011** und Jahresmittel (1988-2008) in [mm].

Monat	Mittel 1988-2008	Mittel 2007-2016	Niederschlag 2007	Niederschlag 2008	Niederschlag 2009	Niederschlag 2010	Niederschlag 2011
1	<b>69</b>	<b>99,4</b>	80,2	48,1	30	36,6	102
2	<b>87</b>	<b>58,6</b>	83,6	25,6	79,3	52	8,6
3	<b>119</b>	<b>85,5</b>	81,8	121,5	163	84,4	59,9
4	<b>100</b>	<b>76,2</b>	15,6	173,9	40,1	43,3	38,7
5	<b>135</b>	<b>183,1</b>	259,4	43,0	141	212,4	176,2
6	<b>166</b>	<b>205,8</b>	179,4	154,4	260,6	183,2	166,1
7	<b>197</b>	<b>193,4</b>	201,8	221,0	251,9	250,4	137,7
8	<b>178</b>	<b>177,9</b>	165,5	185,6	193,3	179,4	179,4
9	<b>125</b>	<b>146,1</b>	273,4	76,3	144,4	77,9	118,6
10	<b>89</b>	<b>108,6</b>	55	77,4	169	54,4	150,5
11	<b>107</b>	<b>61,5</b>	91,9	80,0	85,7	45,8	0
12	<b>94</b>	<b>81,7</b>	76,3	102,2	89,9	71,2	157,7
<b>Jahressumme</b>	<b>1466,0</b>	<b>1477,6</b>	<b>1563,9</b>	<b>1309,0</b>	<b>1648,2</b>	<b>1291,0</b>	<b>1295,4</b>

Tab. 4: Niederschläge der Messstation Achenkirch (905m SH) in [mm] für die Jahre 2012 bis 2018 und Jahresmittel (1988-2008) in [mm].

Monat	Mittel 1988-2008	Nieder-schlag 2012	Nieder-schlag 2013	Nieder-schlag 2014	Nieder-schlag 2015	Nieder-schlag 2016	Nieder-schlag 2017	Nieder-schlag 2018
1	<b>69</b>	251,9	132,6	50,4	107	155,1	104,9	208,3
2	<b>87</b>	74	80,8	33,6	31,6	116,7	64,4	36,6
3	<b>119</b>	43,9	59,9	59,2	110,1	71,0	126,1	38,2
4	<b>100</b>	91,9	29,6	100,9	107,2	121,1	133,7	23,9
5	<b>135</b>	88,8	222,8	192,5	279,5	215,4	90,8	100,9
6	<b>166</b>	230,4	287,9	138	216,4	241,1	137,4	129,0
7	<b>197</b>	223,2	45	266,5	142,7	193,7	361,8	103,2
8	<b>178</b>	233,1	149,7	203,8	107,4	181,3	229,9	178,1
9	<b>125</b>	174,6	215,4	150,7	132	97,5	191,8	112,9
10	<b>89</b>	130,2	119,5	158,5	49,5	121,6	154,7	83,4
11	<b>107</b>	56	119,9	37,1	51	47,4	120,4	7,3
12	<b>94</b>	153,8	22,2	77,5	49,2	16,9	92,2	197,5
<b>Jahres-summe</b>	<b>1466,0</b>	<b>1751,8</b>	<b>1485,3</b>	<b>1468,7</b>	<b>1383,6</b>	<b>1578,8</b>	<b>1808,1</b>	<b>1219,3</b>

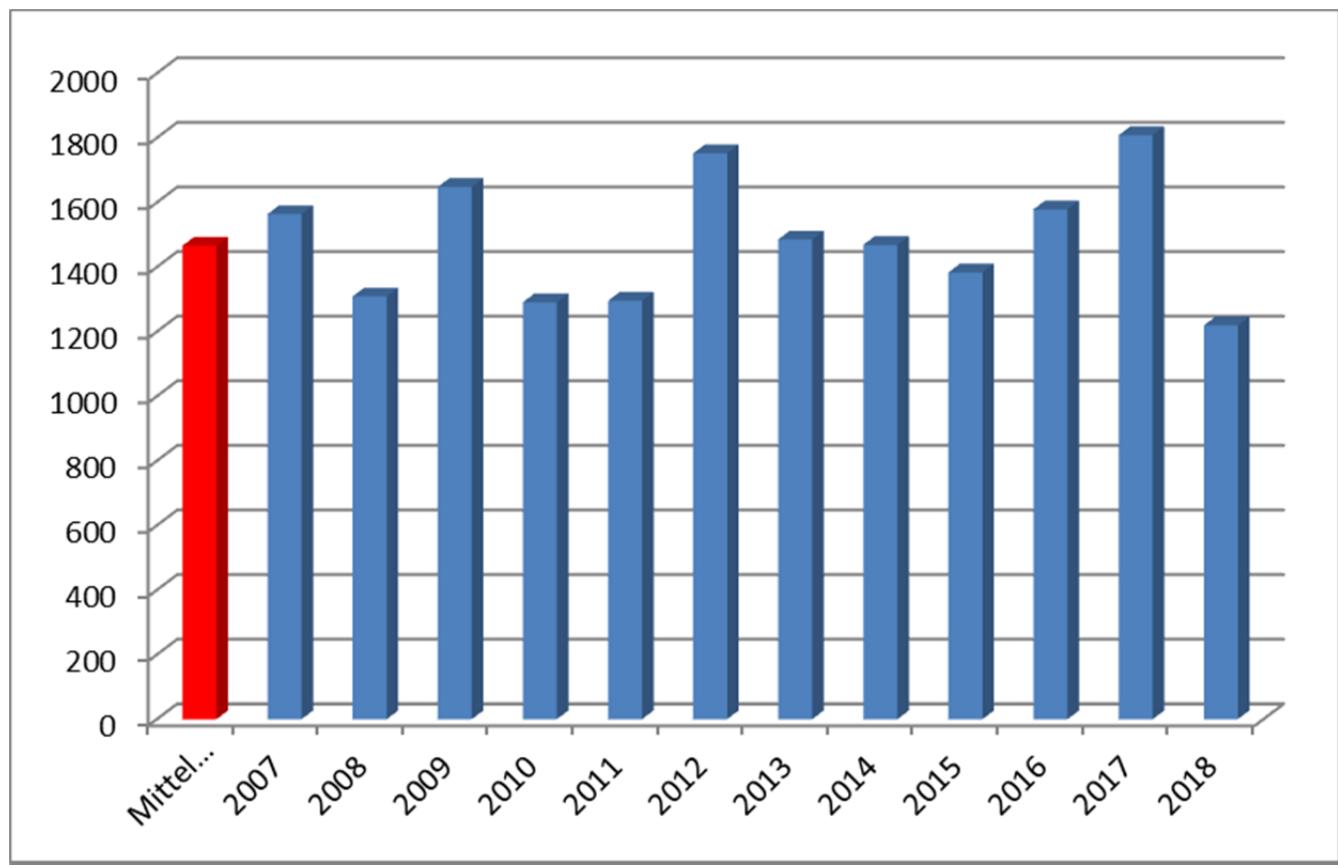


Abb. 4: Summe der Niederschläge der Messstation Achenkirch (905m SH) in [mm] für die Jahre 2007 bis 2018 und Jahresmittel (1988-2008).

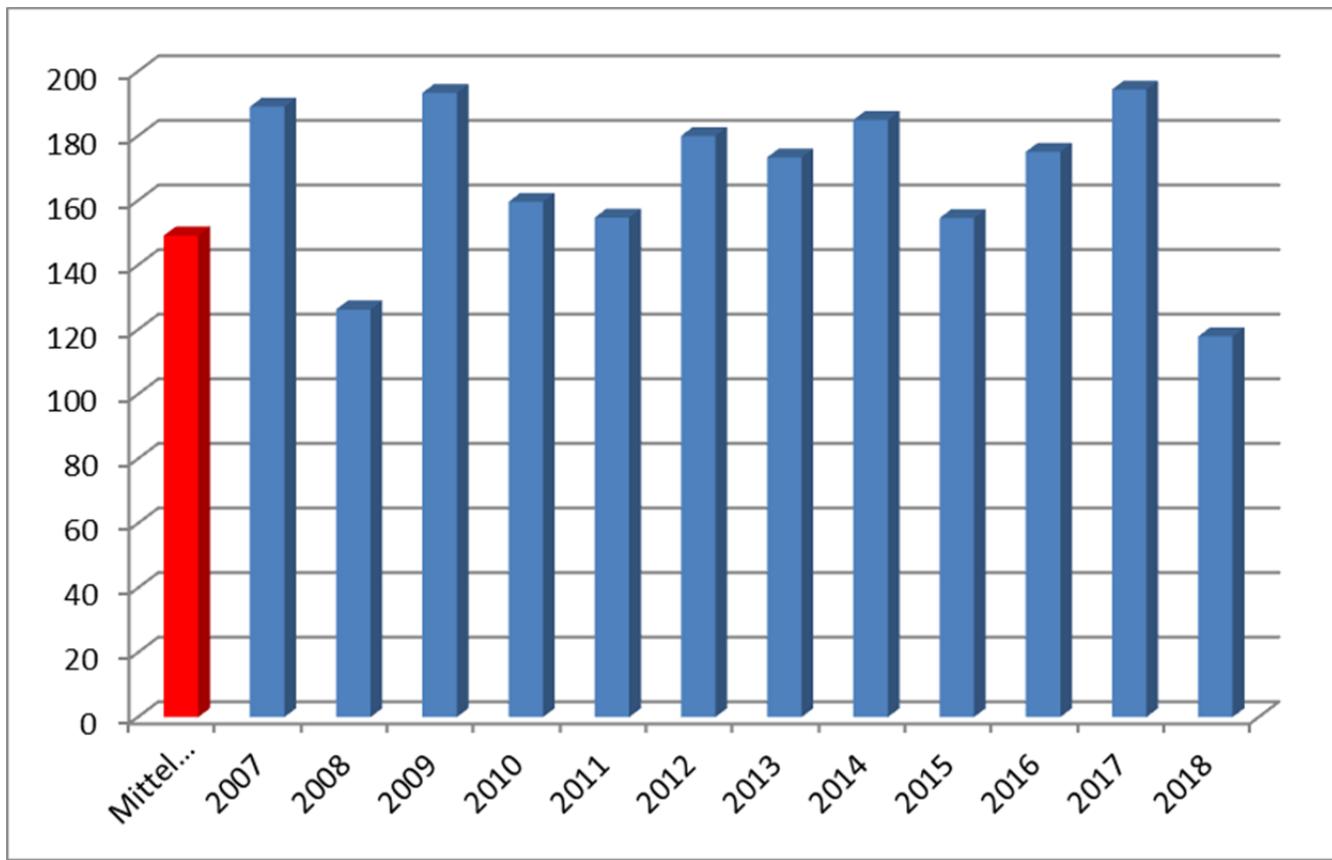


Abb. 5: Summe der Niederschläge während der Vegetationsperiode der Messstation Achenkirch (905m SH) in [mm] für die Jahre 2007 bis 2018 und Jahresmittel (1988-2008) jeweils **von Mai bis Oktober**.

In der Abb. 5 werden die Niederschlagsdaten auf die Vegetationsperiode zusammengefasst. Dabei weisen die angeführten Werte das Jahr 2017 mit 194mm Niederschlag von Mai bis Oktober als feuchtestes und das Jahr 2018 mit nur 117mm als trockenstes aus.

### 3.2 WASSERSTANDS-MESSUNGEN

#### 3.2.1 WASSERSTANDS-MESSUNGEN BEIM BRETTERSBERG MITTELLEGER (ML)-MOOR

Das Brettersberg ML-Moor ist ein Latschen-Hochmoor (sauer-oligotrophes Regenmoor, STEINER 1992) mit einem ausgeprägten Schwingrasenbereich mit im Norden anschließender Bergkiefern-Hochmoorgesellschaft mit Latsche (*Pinus mugo*) und einen mehr oder weniger um das ganze Moor stockenden „Fichten-Moorrandwald“.

Alle Pegelrohr Standorte (01-05) sind in der Abb. 6 dargestellt.



Abb. 6: Arbeitskarte mit Pegelrohren (Quelle Land Tirol, BEV).

## 3.2.1.1 WASSERGANGLINIEN BRETTERSBERG ML-MOOR

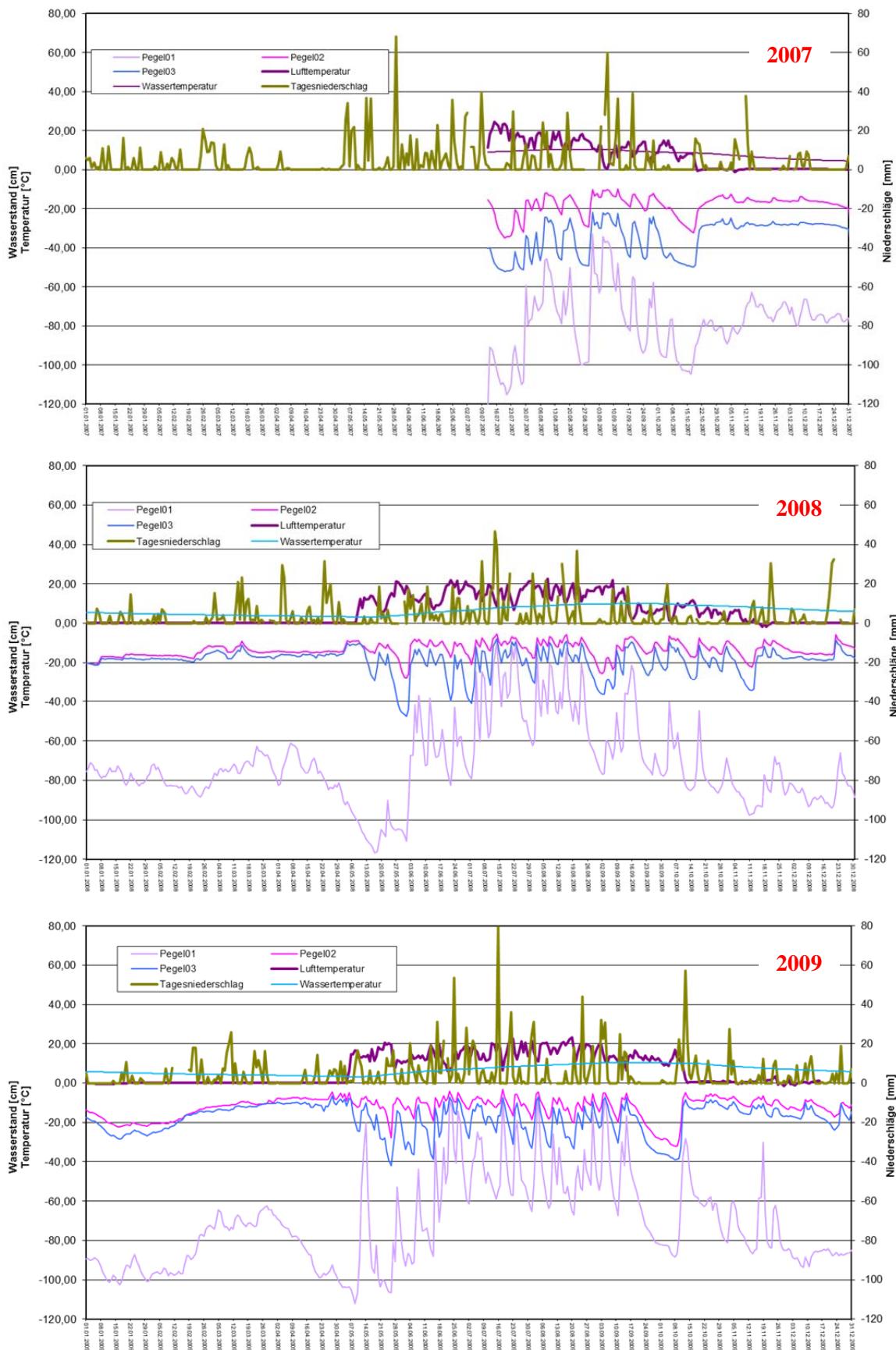


Abb. 7: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 03, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Brettersberg ML-Moor 2007 (oben), 2008 (Mitte) und 2009 (unten).

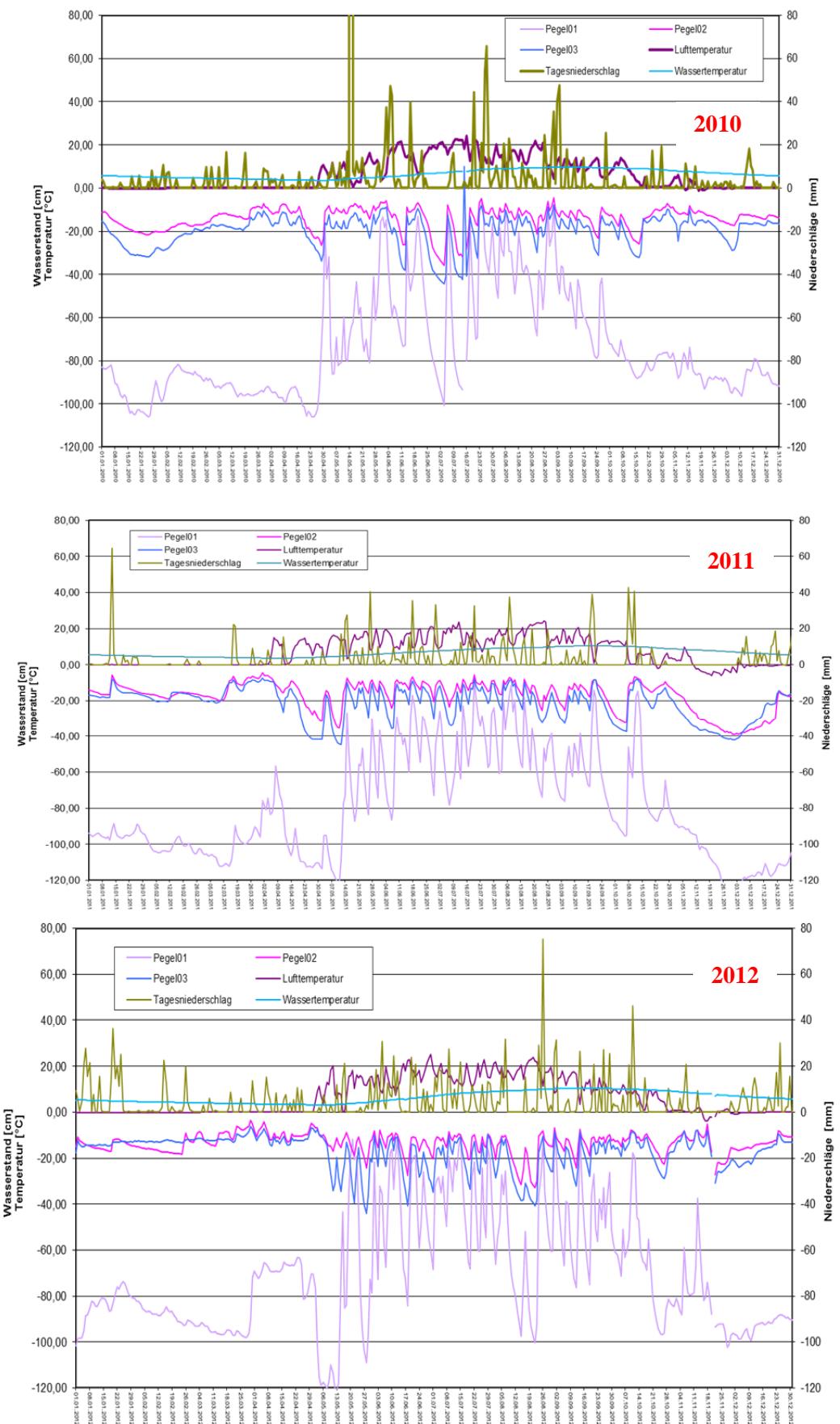


Abb. 8: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 03, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Brettersberg ML-Moor 2010 (oben), 2011 (Mitte) und 2012 (unten).

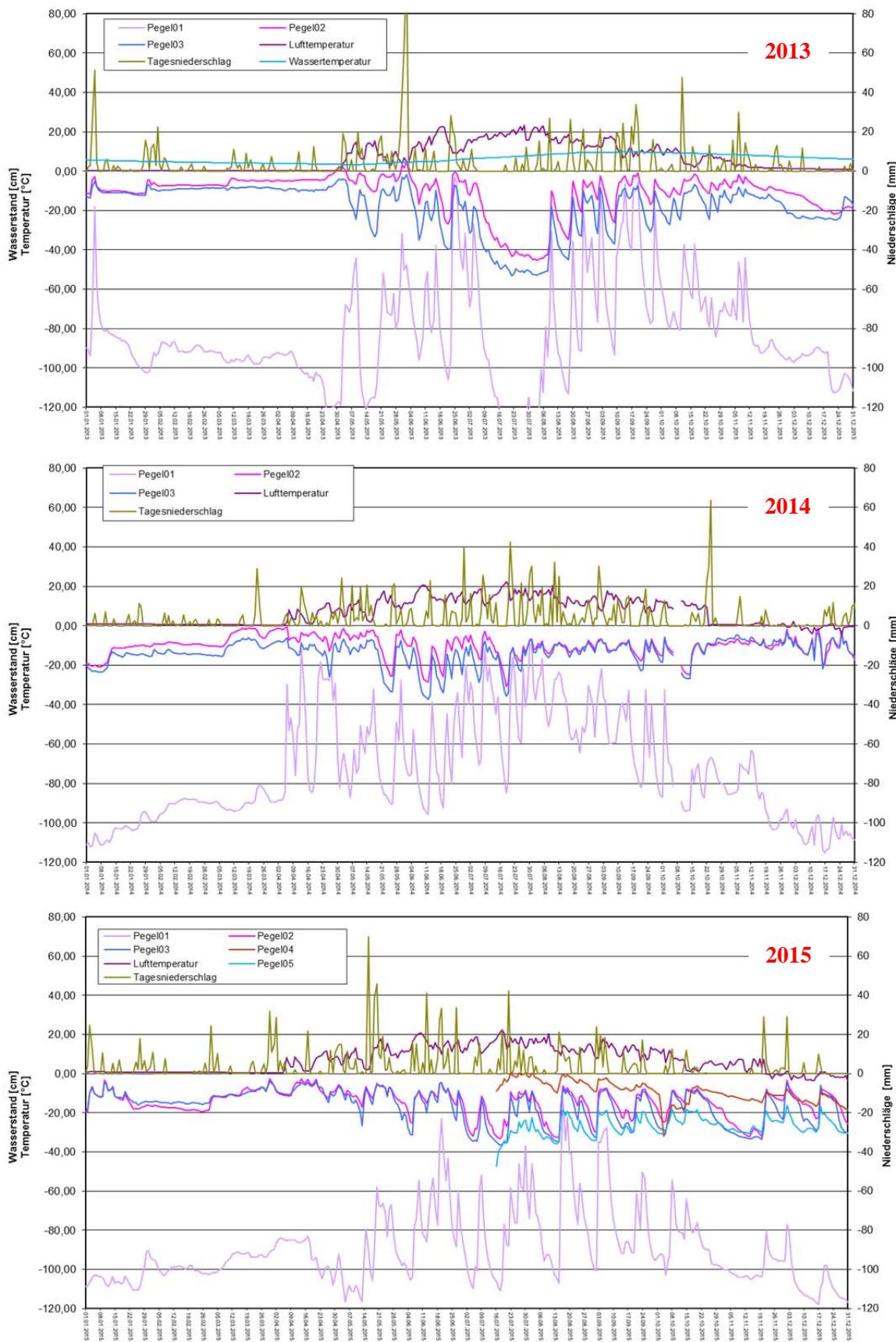


Abb. 9: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 03, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Brettersberg ML-Moor 2013 (oben), 2014 (Mitte) und 2015 (unten) mit neu errichteten Pegelrohren 04 & 05.

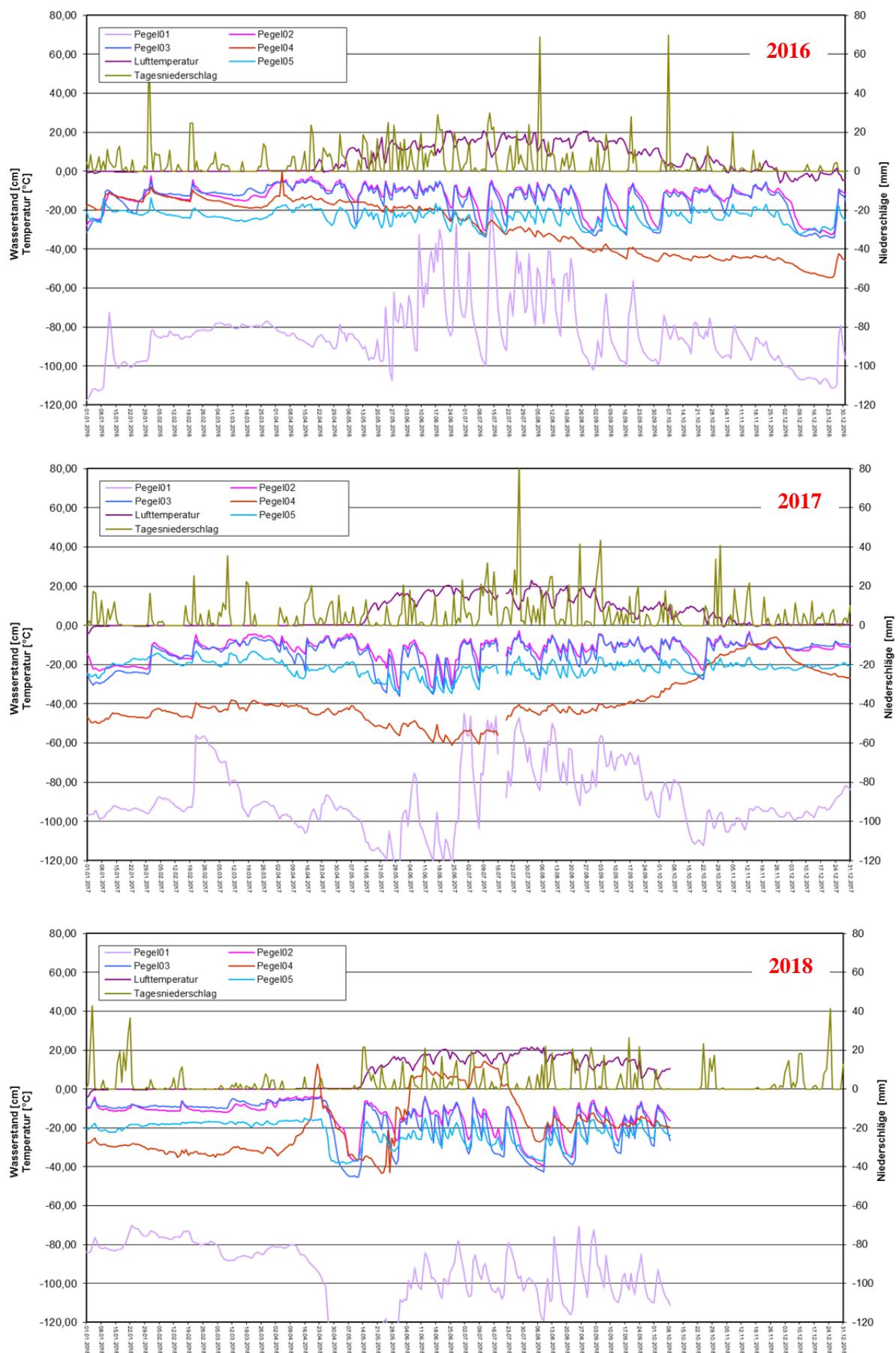


Abb. 10: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 05, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Brettersberg ML-Moor 2016 (oben), 2017 (Mitte) und 2018 (unten).

### 3.2.1.2 ZUSAMMENFASSUNG DER WASSERSTANDS-MESSUNGEN BEIM BRETTERSBERG ML-MOOR

Das Brettersberg ML-Moor stellt - trotz Beeinflussungen - das „Referenz-Moor“ in hydrologischer Sicht für das Moorensemble im Bereich Achenwald – Bächental dar. Alle Diver – außer dem im Pegelrohr 04 - lieferten über den gesamten Zeitraum realistische Messwerte, es kam ansonsten zu keinem Datenverlust (Abb. 7, Abb. 8, Abb. 9 & Abb. 10.).

Die starken Pendelbewegungen des **Pegelrohres 01** setzen sich über den gesamten Zeitraum fort und spiegeln den gestörten hydrologischen Randbereich dieses Moores wider, auf dem vegetationsökologisch ausgeprägte Bulten gedeihen. Selbst im feuchtesten Jahr 2017 des Untersuchungszeitraumes wird ein Tiefstand von -125cm unter Flur erreicht, im trockensten 2018 -127cm unter Flur und im Extrem Jahr 2013 -131cm unter Flur.

Die im Pegelrohr 01 gemessenen Wasserstände sind zu tief und weisen in Kombination mit heftigen Schwankungen nach Niederschlägen einen typischen gestörten Randeffekt aus. Diese starken Schwankungen weisen auf eine schnelle Wasserbewegung hin. Oberflächlich verdichteter Torf führt vermutlich zu stehendem Wasser, während Inhomogenitäten in tieferen Torfschichten möglicherweise wasserableitend sind.

Die fehlerhaften Messungen zu den Wasserständen im **Pegelrohr 04** beginnen ab Ende Juli 2016 mit fallender Tendenz, setzen sich 2017 mit zu tiefen und 2018 mit abschnittsweise zu hohen Wasserständen fort. Die durchgeführten Handmessungen stimmen in grober Weise nicht mit den gemessenen Daten überein.

Das seit 2015 neue gesetzte **Pegelrohr 05** weist für die aufgezeichneten Jahre 2015-2018 tiefe Wasserstände auf. Diese tieferen Werte sind mit der erhöhten Lage des Pegelrohrs auf einem Bult zu erklären.

Die **Pegelrohre 02, 03 & 05** dokumentieren den zentralen hydrologisch Hochmoorbereich.

Die für die Vegetationszeit adaptierten Abbildungen des **Pegelrohr 02** der Wasserganglinien der Jahre 2013, 2017 und 2018 (Abb. 11) ergeben bei Detailanalyse Folgendes:

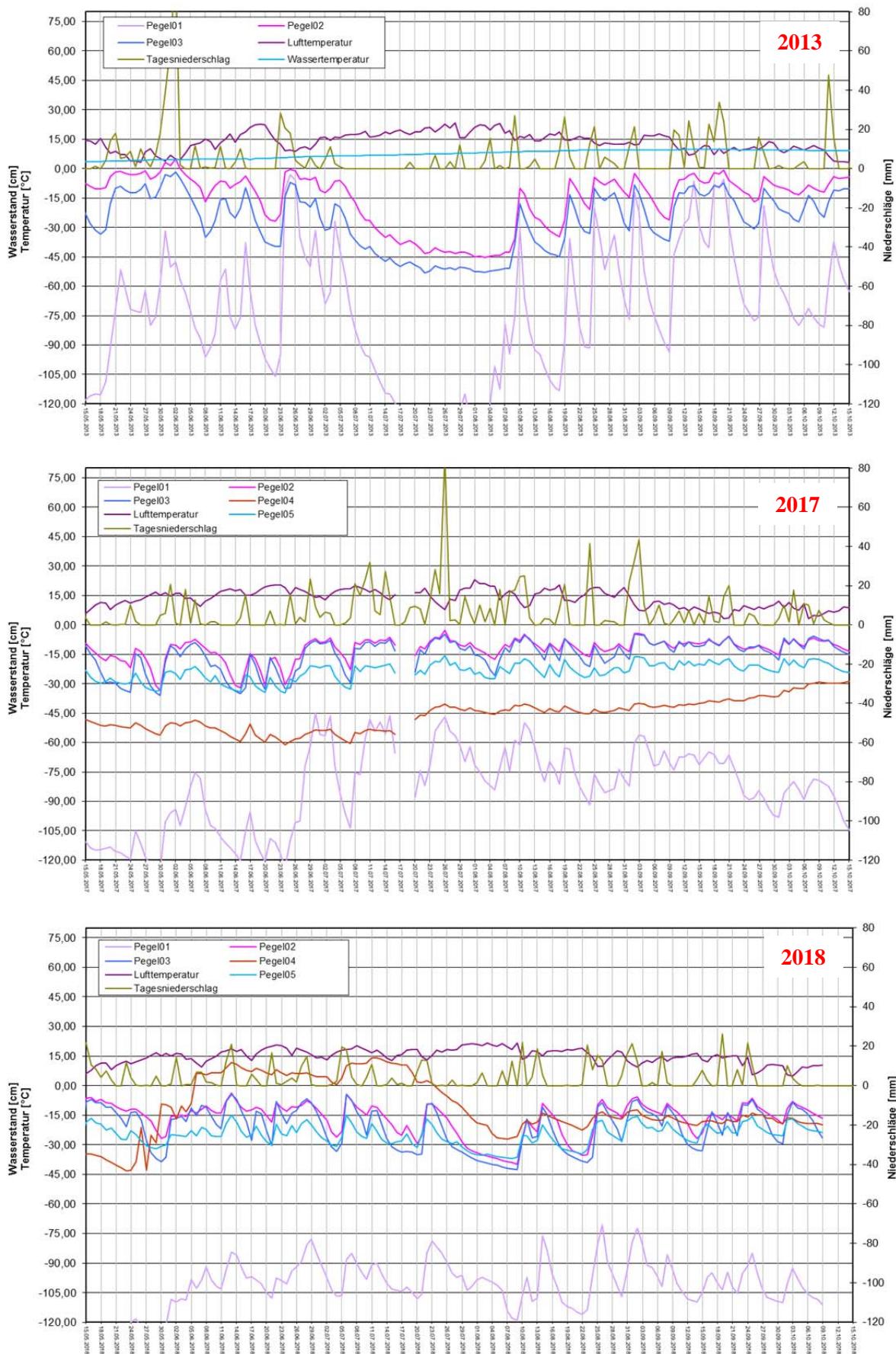


Abb. 11: Grundwasserganglinien vom 15.05. – 15.10. des Pegels 01 bis 05, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Brettersberg ML-Moor 2013 (oben) 2017 (Mitte) und 2018 (unten).

Laut Tab. 5 werden im Extremjahr 2013 Wasserstände von 15 cm unter Flur an insgesamt 63 Tagen (somit 41% an der gesamten Vegetationsperiode), im „feuchteren“ Jahre 2017 an insgesamt an 24 Tage erreicht (15%) und im trockenen Jahr 2018 an insgesamt 67 Tage erreicht (45%). Gemittelt liegen in ca. 48 Tagen während der Vegetationsperioden 2013-18 bzw. an 32% die Wasserstände unter 15cm unter Flur.

Tab. 5: Zusammenstellung der Tage von 15 cm unter Flur vom 15.05.-15.10. für das Pegelrohr 02 beim Brettersberg ML-Moor 2013-2018

<b>Starttag</b>	19.06.2013	22.05.2014	02.06.2015	05.07.2016	26.05.2017	26.05.2018
<b>Endtag</b>	24.06.2013	27.05.2014	07.06.2015	13.07.2016	01.06.2017	04.06.2018
<b>Anzahl der Tage</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
<b>Starttag</b>	07.07.2013	08.06.2014	30.06.2015	24.08.2016	10.06.2017	01.07.2018
<b>Endtag</b>	20.08.2013	14.06.2014	09.07.2015	05.09.2016	28.06.2017	06.07.2018
<b>Anzahl der Tage</b>	<b>44</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>5</b>
<b>Starttag</b>	11.08.2013	16.06.2014	10.07.2015	10.09.2016		14.07.2018
<b>Endtag</b>	20.08.2013	21.06.2014	23.07.2015	17.09.2016		22.07.2018
<b>Anzahl der Tage</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>7</b>		<b>8</b>
<b>Starttag</b>	04.09.2013	15.07.2014	05.08.2015	24.09.2016		25.07.2018
<b>Endtag</b>	09.09.2013	21.07.2014	17.08.2015	04.10.2016		14.08.2018
<b>Anzahl der Tage</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>10</b>		<b>20</b>
<b>Starttag</b>		17.09.2014	27.08.2015			16.08.2018
<b>Endtag</b>		22.09.2014	02.09.2015			24.08.2018
<b>Anzahl der Tage</b>		<b>5</b>	<b>6</b>			<b>8</b>
<b>Starttag</b>		05.10.2014	11.09.2015			09.09.2018
<b>Endtag</b>		14.10.2014	20.09.2015			22.09.2018
<b>Anzahl der Tage</b>		<b>9</b>	<b>9</b>			<b>13</b>
<b>Starttag</b>			28.09.2015			27.09.2018
<b>Endtag</b>			07.10.2015			01.10.2018
<b>Anzahl der Tage</b>			<b>9</b>			<b>4</b>
<b>Summe Tage -15cm unter Flur</b>	<b>63</b>	<b>36</b>	<b>63</b>	<b>37</b>	<b>24</b>	<b>67</b>
<b>Summe Tage Veg.-Periode</b>	<b>153</b>	<b>146</b>	<b>153</b>	<b>153</b>	<b>153</b>	<b>146</b>
Prozente Tage -15cm unter Flur	41,2	24,7	41,2	24,2	15,7	45,9

### 3.2.1.3 DAUERLINIEN UND WEITERE HYDROLOGISCHE KENNGRÖßen BEIM BRETTERSBERG ML-MOOR

Zur Interpretation der umfangreichen Daten werden anbei nur die Wasserstände im **Pegelrohr 02** verwendet. Dieses ist für den zentralen Hochmoorbereich typisch und hat vollständige Messreihen. In den nachfolgenden Abbildungen sind neben den Dauerlinien des Pegelrohres 02 während der Vegetationszeit (Abb. 12) auch weitere hydrologische Kenngrößen für ein niederschlagsreiches (=2017) bzw. niederschlagsarmes Jahr (=2018) und ein extremes Jahr (=2013) dargestellt (Abb. 13 & Abb. 14).

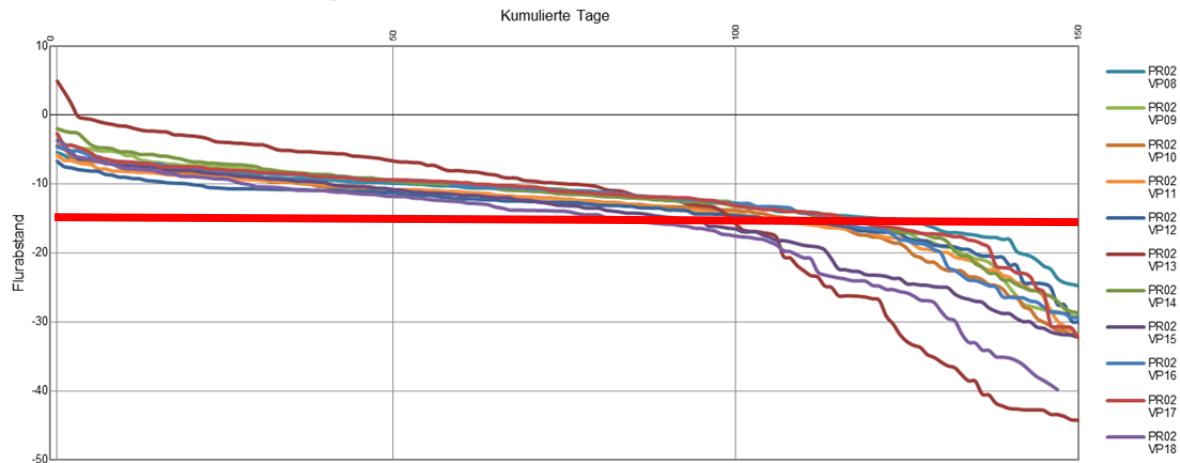


Abb. 12: Dauerlinien des Pegelrohres 02 beim Brettersberg ML-Moor in der Vegetationsperiode für die Jahre 2008 - 2018.

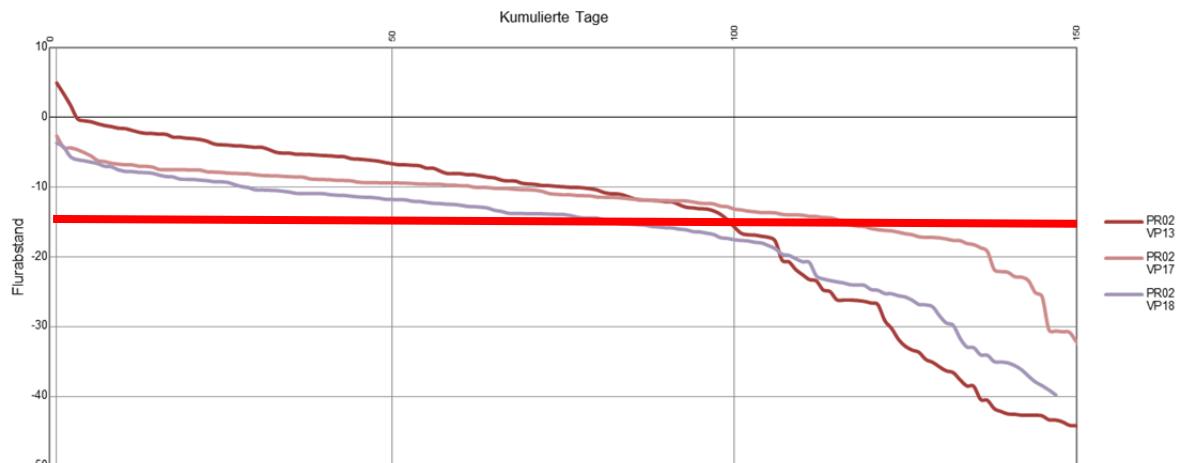


Abb. 13: Dauerlinien des Pegelrohres 02 beim Brettersberg ML-Moor im Vergleich eines niederschlagsarmen (= 2018), niederschlagsreichen (= 2017) und Extrem-Jahres (=2013).

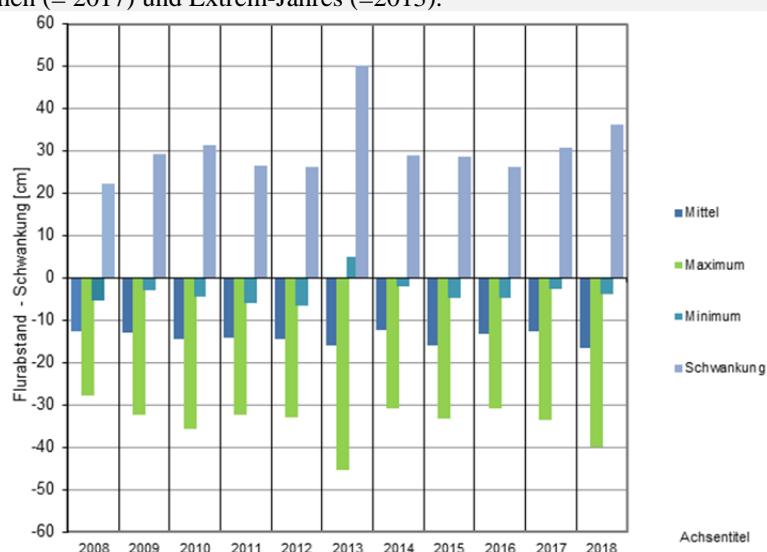


Abb. 14: Hydrologische Kenngrößen des Pegelrohres 02 beim Brettersberg ML-Moor der Jahre 2008-2018.

### 3.2.1.4 INTERPRETATION DER WASSERSTANDS-MESSUNGEN BEIM BRETTERSBERG ML-MOOR

Der synchrone Verlauf der Wasserstände in den Pegelrohren 01, 02, 03 und 05 schließt fehlerhafte Daten mit hoher Wahrscheinlichkeit aus. Die Richtigkeit der Daten ist durch zahlreichen Handmessungen protokolliert.

Alle Moore reagieren – wie zu erwarten – entsprechend auf Niederschläge. Die Auswahl der in Folge dargestellten Jahre beruht auf den in den Abb. 2, Abb. 3, Abb. 4, Abb. 5 und Tab. 3 sowie Tab. 4 dargestellten Niederschlagsdaten.

Dabei ist das **Jahr 2017** das feuchteste Jahr mit einer herausragenden Statistik von einer Jahressumme von 1.808 mm (Mittel 1988-2008: 1.466 mm) und einem maximalen Niederschlag im Juli mit 361 mm (Mittel 1988-2008: 197mm). Dagegen ist das **Jahr 2018** das trockenste Jahr mit einer Jahressumme von 1.219 mm. Das **Jahr 2013** muss als extremstes Jahr bezüglich der Juli Niederschläge mit einem Minimum von nur 45mm (Mittel 1988-2008: 197mm) eingestuft werden. Dafür ereignete sich im Juni 2013 der zweitstärkste Niederschlag mit 287 mm im Zeitraum 2008-2018 (Mittel 1988-2008: 166 mm).

Wie in Abb. 12 (und im Detail auch in der Abb. 13) ersichtlich, befinden sich die Wasserstände des **Pegelrohres 02** über den gesamten Zeitraum 2008-2018 während ca. 2/3 des Jahres über der wichtigen Marke von 15 cm unter Flur. Nur die Jahre 2013, 2015 und 2018 unterschreiten diesen Wert markant (2015 liegt für die wichtigen Niederschläge in der Vegetationsperiode im Juli und August unter dem Mittel 1988-2008). Die Form der Dauerlinien ist eindeutig konkav und somit ein Verharren des Grundwassers im oberen Bereich die Konsequenz (NIEMANN 1973, Abb. 1). Dieser Wasserstand ist für die nachhaltige Entwicklung eines Moores unabdingbar.

Wie weitere Detailanalyse (Abb. 11 & Tab. 5) zeigen, sinkt der Wasserstand in trockenen Jahren lediglich an 45,9% der Tage bzw. über die Vegetationsperioden 2013-18 an durchschnittlich 32% 15cm unter Flur. Positiv formuliert bedeutet das, dass im Schnitt 2013-18 an 68% der Tage eine ideale Situation für das Wachstum im Moor gegeben ist. Eine Torfakkumulation ist im Brettersberg ML-Moor möglich.<sup>2</sup>

Somit kann für das Brettersberg ML-Moor ein derzeit stabiler Zustand prognostiziert werden.

Auf der anderen Seite sind die Schwankungen der Wasserstände im Pegelrohr 01 nach wie vor zu groß. Wie im Kapitel „3.2.1.2 Zusammenfassung der Wasserstands-Messungen beim Brettersberg ML-Moor“ angeführt weisen die starken Schwankungen auf sehr schnelle Wasserbewegungen hin. Eine mögliche Erklärung dafür könnte eine südlich gelegene Karstgasse in Kombination mit anderen Faktoren wie z. B. der nach wie vor beweidete Randlager sein. Diese Beweidungssituation ist definitiv für die Hydrologie des Brettersberg ML-Moores schädlich und sollte umgehend behoben werden! Ein weiterer Damm mit maximaler Breitlänge südlich des bereits errichteten Sperrwerkes wird ebenso empfohlen. Weitere Details zu den Maßnahmen sind im Kapitel 4 angeführt.

<sup>2</sup> Mündliche Mitteilung von G. M. STEINER, Institut für Ökologie und Naturschutz, Univ. Wien, Feber 2019.

### 3.2.2 WASSERSTANDS-MESSUNGEN HALSKOPF-MOOR

Das sauer-mesotrophe Regenmoor am Halslkopf (Abb. 15) wird von einem Fichten-Mostrandwald umgeben, der - im Nordbereich steil abfallend - die Aufwölbung dieses Hochmoor anschaulich verdeutlicht. Im westlichen Bereich befindet sich eine ca. 75 m<sup>2</sup> große Hirschsuhle. Im Ostbereich der Moorfläche sind seichtgründige Böden mit anstehendem Fels vorzufinden (HASELWANTER 2008).

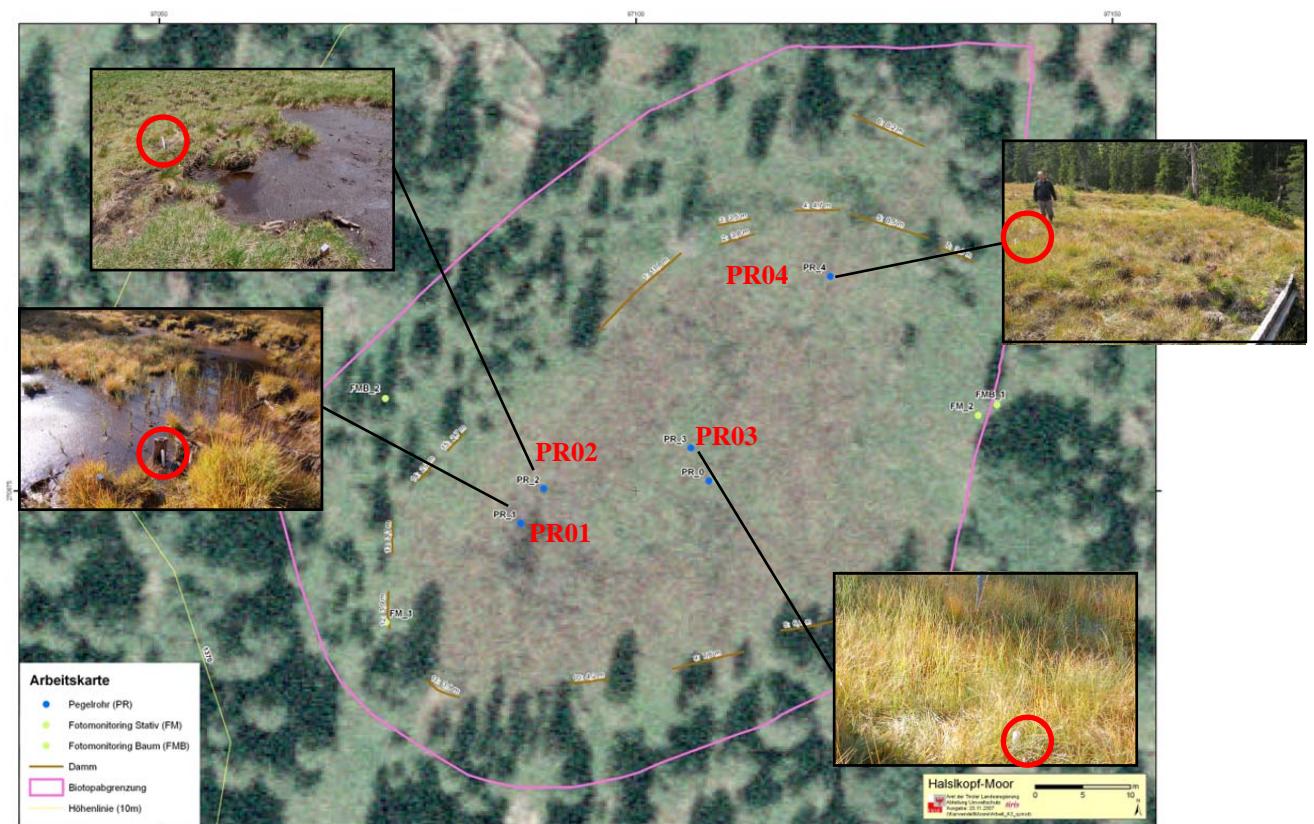


Abb. 15: Arbeitskarte mit Pegelrohren, Fotomonitoring, Weidefreistellung und Lage der Dämme beim Halslkopf-Moor,  
Inserts: Überblicksfoto mit dem entsprechenden Pegelrohr (roter Kreis).

### 3.2.2.1 WASSERGANGLINIEN BEIM HALSKOPF-MOOR

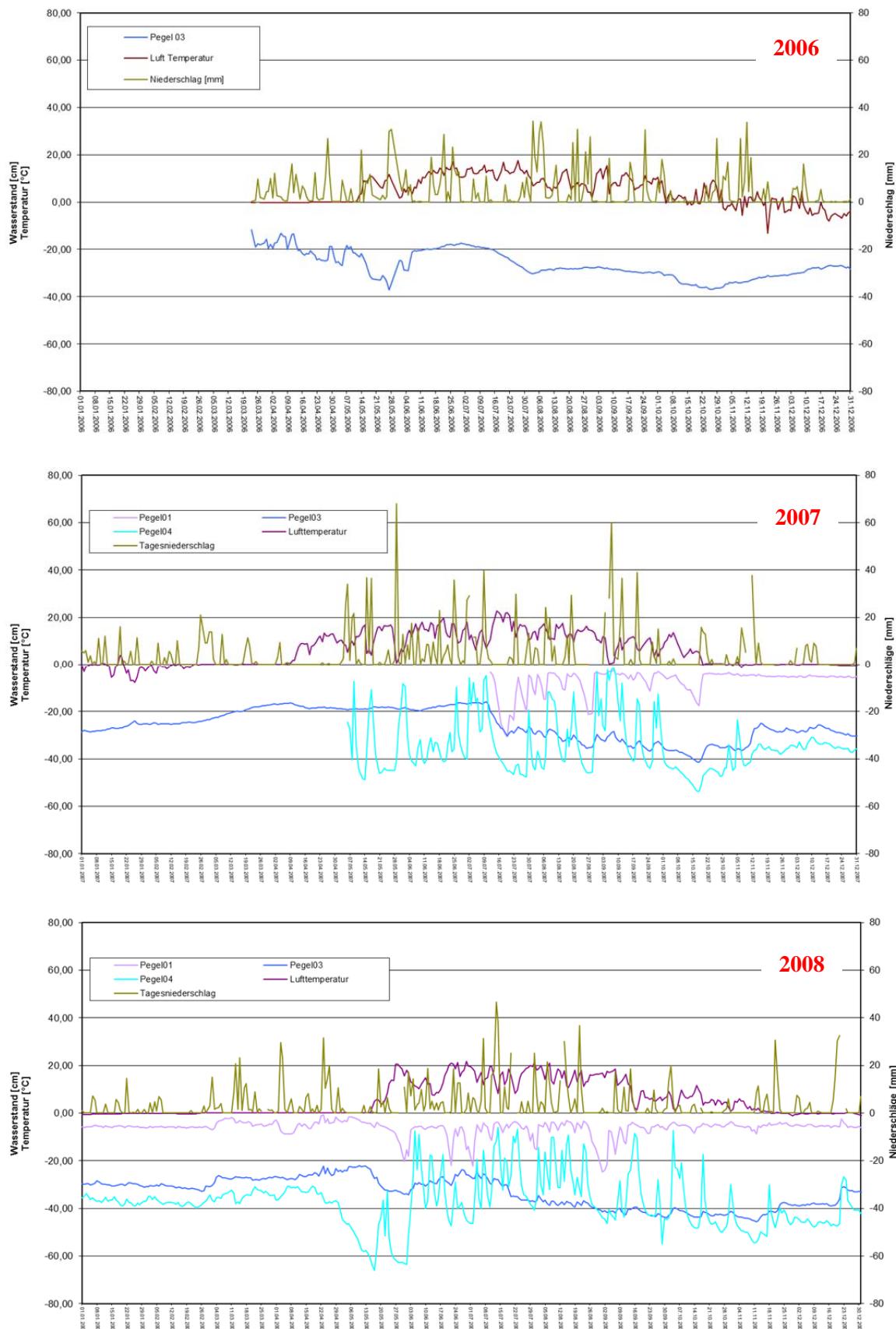


Abb. 16: Grundwasserganglinien Pegel 03 2006 (oben) und Pegel 01, 03 & 04 2007 (Mitte) und 2008 (unten) mit Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Halskopf -Moor.

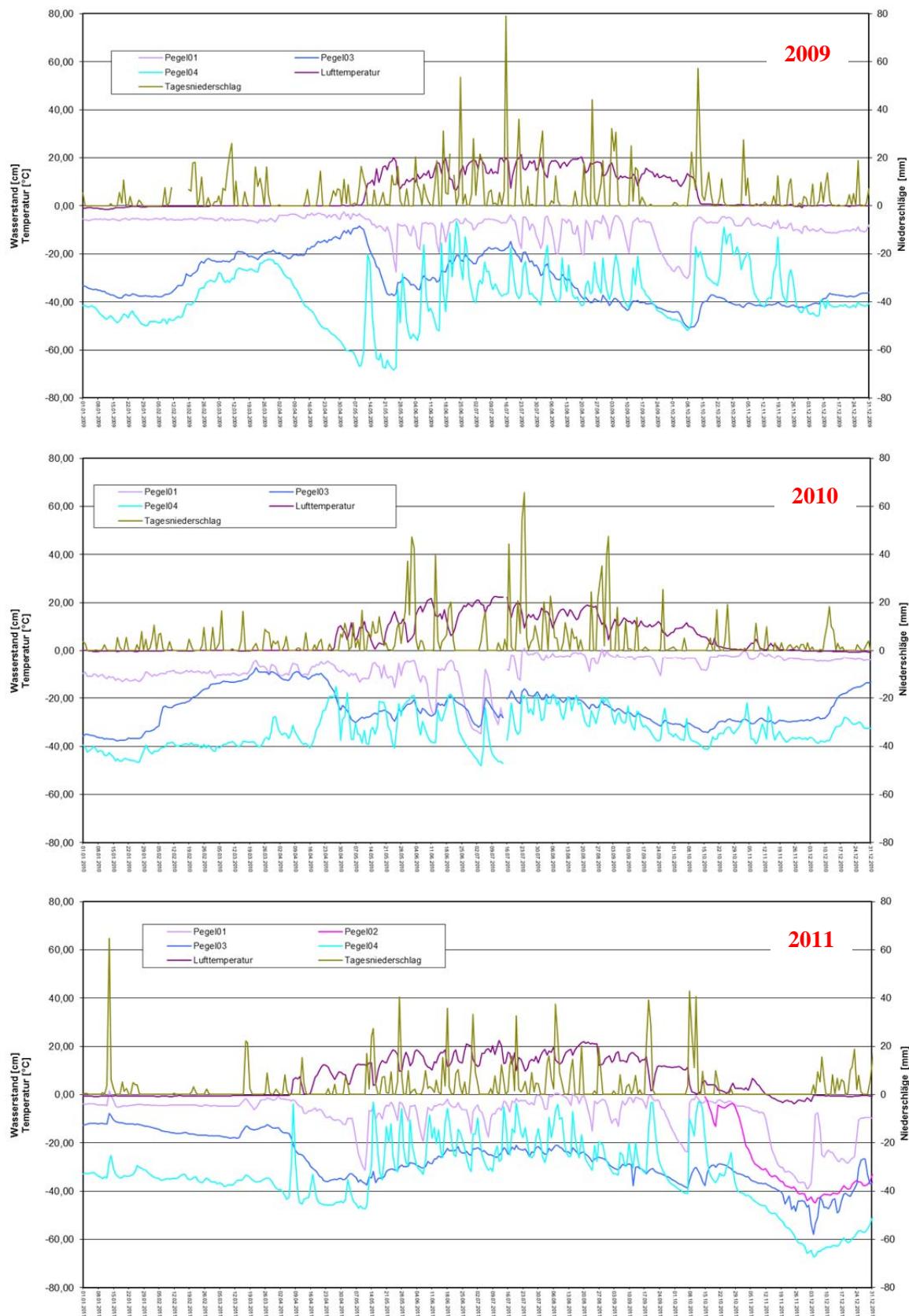


Abb. 17: Grundwasserganglinien Pegel 01, 03 & 04 für 2009 (oben), 2010 (Mitte) und Pegel 01,02, 03 & 04 2011 (unten) mit Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Halskopf-Moor.

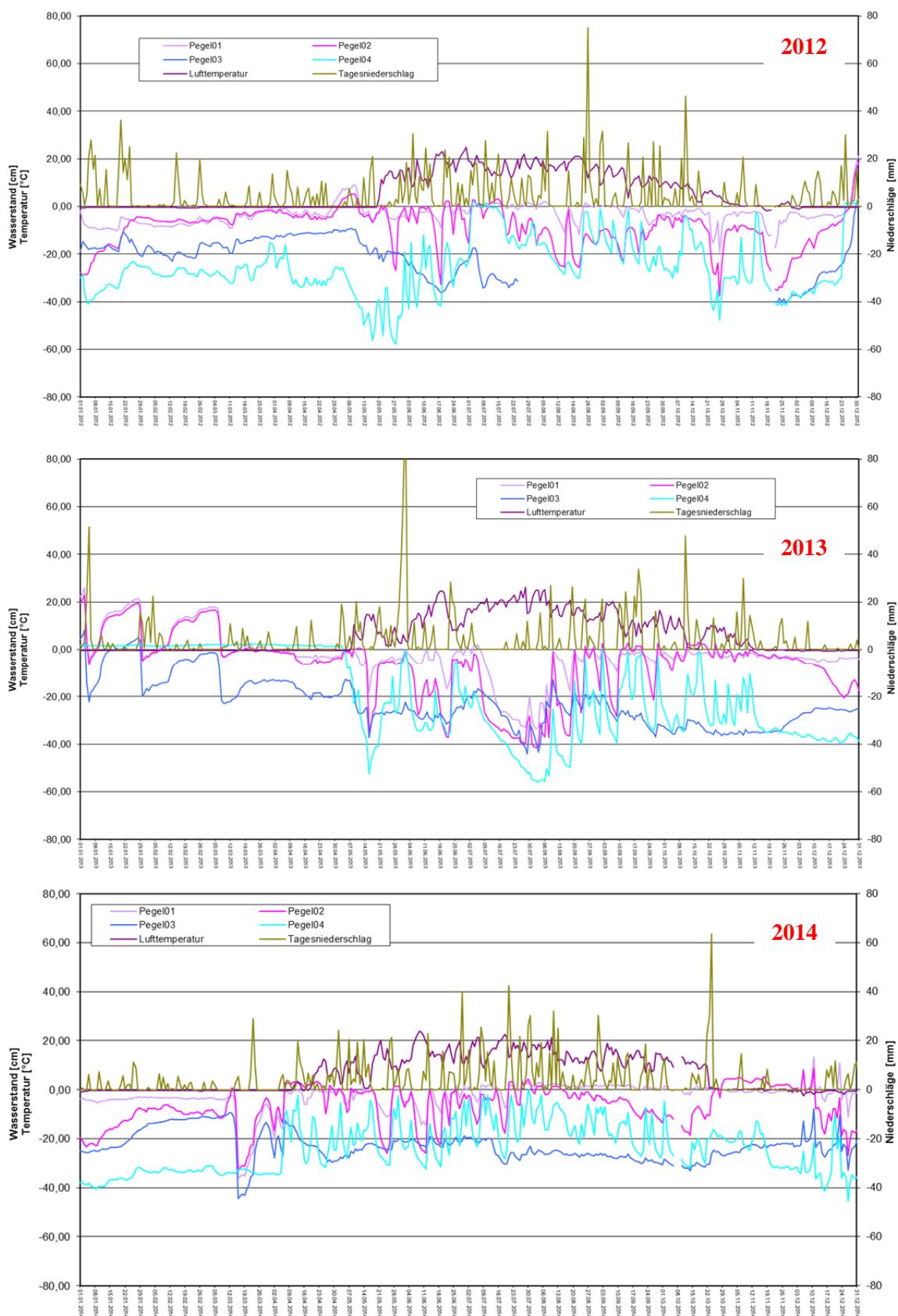


Abb. 18: Grundwasserganglinien Pegel 01, 02, 03 & 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Halslkopf-Moor 2012 (oben), 2013 (Mitte) und 2014 (unten).

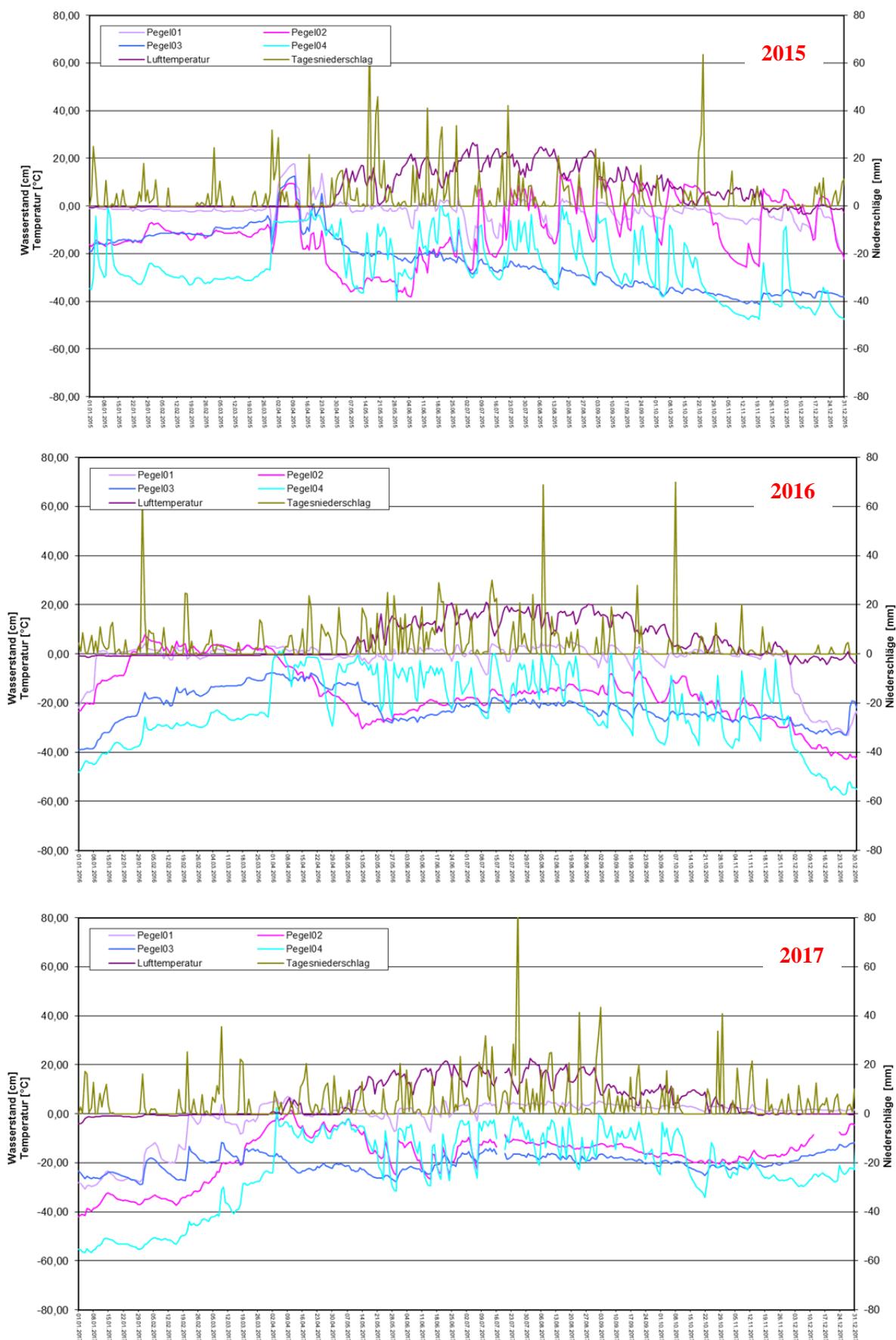


Abb. 19: Grundwasserganglinien Pegel 01, 02, 03 & 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Halskopf-Moor 2015 (oben), 2016 (Mitte) und 2017 (unten).

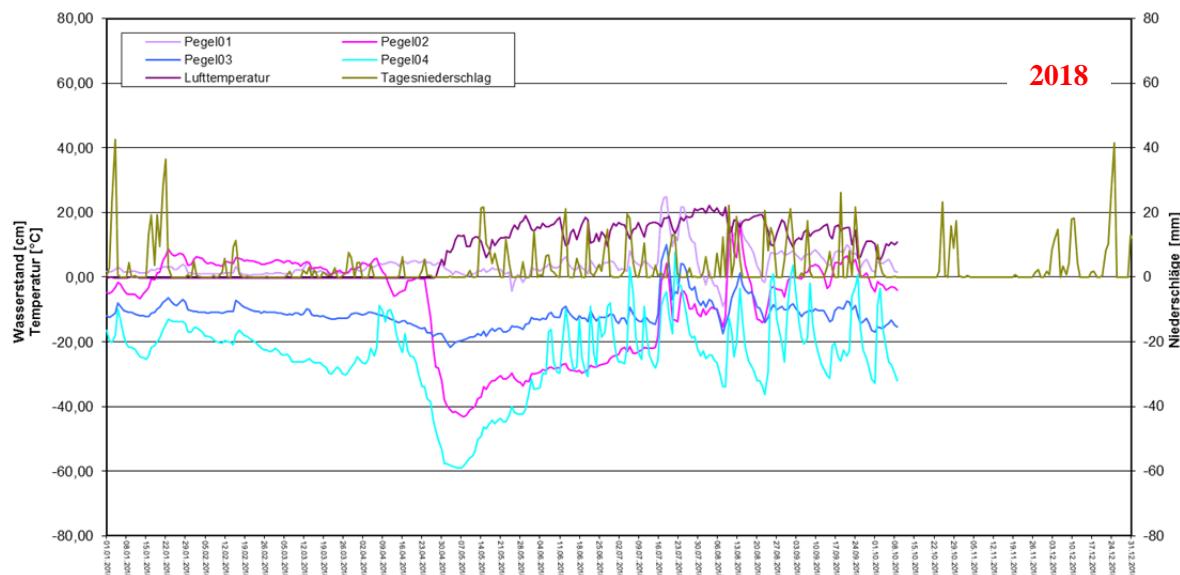


Abb. 20: Grundwasserganglinien Pegel 01, 02, 03 & 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Halslkopf-Moor 2018.

### 3.2.2.2 ZUSAMMENFASSUNG DER WASSERSTANDS-MESSUNGEN BEIM HALSKOPF-MOOR

Die Ergebnisse der hydrologischen Messungen beim Halslkopf-Moor sind in den Abb. 16, Abb. 17, Abb. 18 Abb. 19 und Abb. 20 zusammengefasst.

Das **Pegelrohr 01** liegt unmittelbar im Randbereich einer Hirschuhle, Wasserstandsschwankungen in diesem Bereich sind im Normbereich für ein Hochmoor. Mit einem Divertausch im Juli 2010 liegen anschließend höhere Wasserstände als in den Monaten davor vor. Mit den Jahren 2015 befindet sich der Wasserstand ca. 1/3 der Zeit der Vegetationsperiode über Flur, 2016 ist es dann ca. die Hälfte, 2017 sind es bereits 80% und 2018 schlussendlich 90% der Zeit über Flur. 2018 wurden außerdem Spitzenwerte von 5 Tagen (mehr als 20 cm bis 24,8cm) über Flur erreicht.

Das in unmittelbarer Nachbarschaft gelegene **Pegelrohr 02** (Torfmächtigkeit 310 cm) ist außerhalb der zuvor genannten Hirschuhle positioniert und weist eine Lage auf einem Bult auf. Ab dem Jahr 2012 beginnend, werden in den folgenden Jahren Werte über Flur insbesondere ab 2014 und 2015 häufiger. 2016 und 2017 sind die Werte der Wasserstände plausibel, während 2018 Spitzenwerte von 16 cm über Flur erreicht werden.

Das **Pegelrohr 03** (Torfmächtigkeit 166 cm) befindet sich im zentralen Hochmoorbereich. Dadurch liegt das Pegelrohr 03 zwar physisch in der Mitte des Moores, im Vergleich zu den PR01 & 02 hydrologisch aber tiefer! Die Wasserstände weisen vernünftige Werte auf und korrelieren mit den Handmessungen.

Das ca. 6 m westlich des Dammes 5 gelegene **Pegelrohr 04** (Torfmächtigkeit 310 cm) weist die tiefsten und größten Wasserstandsschwankungen auf.

### 3.2.2.3 DAUERLINIEN UND WEITERE HYDROLOGISCHE KENNGRÖßen BEIM HALSKOPF-MOOR

Beim Halskopf-Moor wurde das **Pegelrohr 04** zur vertiefenden Interpretation ausgewählt. Im Unterschied zum PR02 beim Brettersberg Mittelleger (ML)-Moor stellt dieses Pegelrohr die Wasserganglinien eines gestörten Moorbereiches dar. Nachfolgend werden die Dauerlinien des Pegelrohrs 04 während der Vegetationszeit (Abb. 21) und weitere hydrologische Kenngrößen für ein niederschlagsreiches (=2017) bzw. niederschlagsarmes Jahr (=2018) und ein extremes Jahr (=2013) dargestellt (Abb. 22 & Abb. 23).

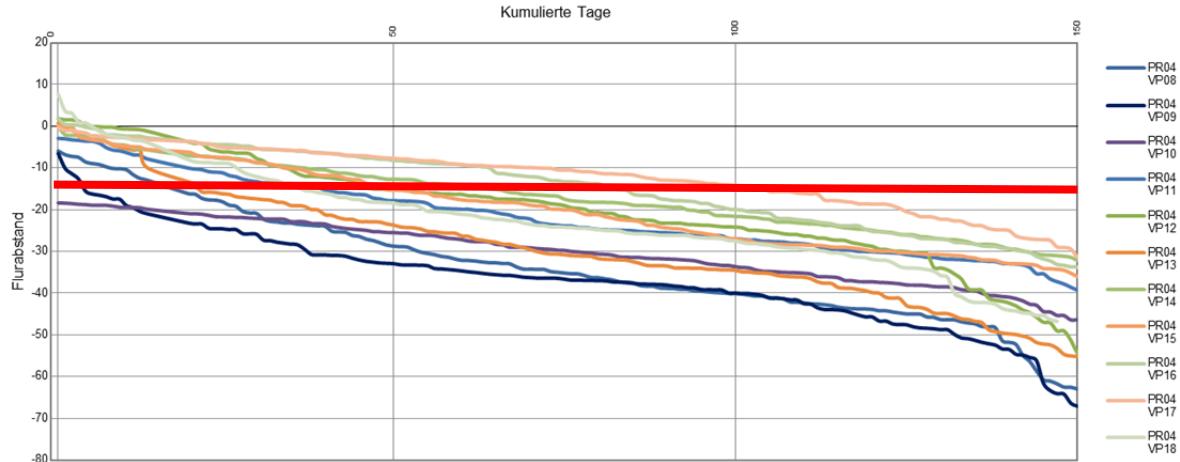


Abb. 21: Dauerlinien des Pegelrohrs 04 beim Halskopf-Moor in der Vegetationsperiode für die Jahre 2008 - 2018.

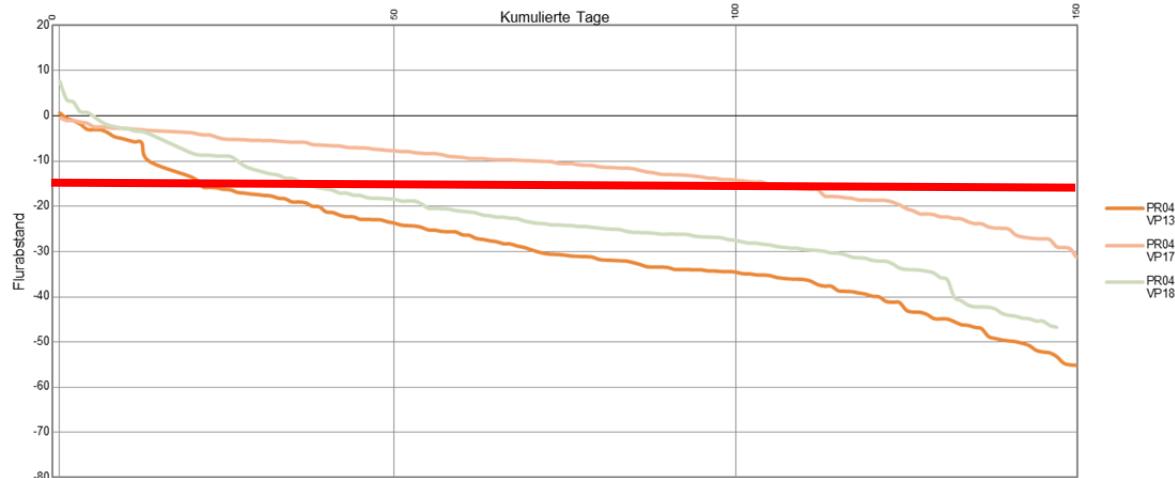


Abb. 22: Dauerlinien des Pegelrohrs 04 beim Halskopf-Moor im Vergleich eines niederschlagsarmen (= 2018), niederschlagsreichen (= 2017) und Extrem-Jahres (=2013).

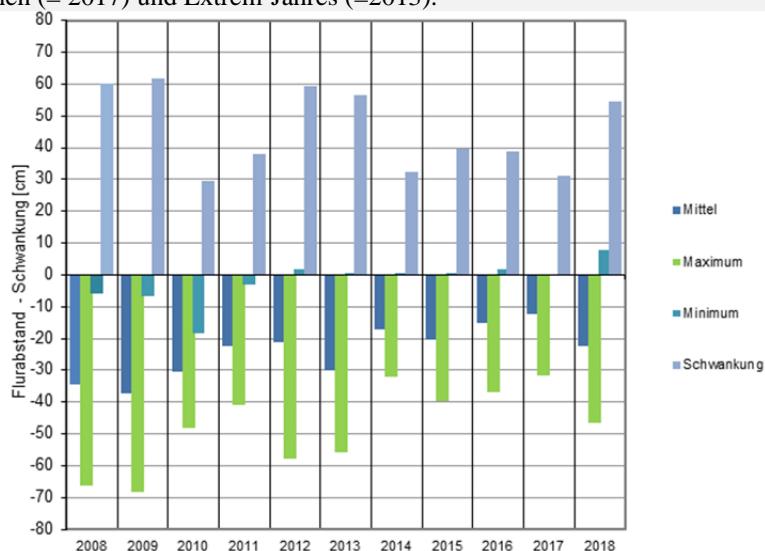


Abb. 23: Hydrologische Kenngrößen des Pegelrohrs 04 beim Halskopf-Moor der Jahre 2008-2018.

### 3.2.2.4 INTERPRETATION DER WASSERSTANDS-MESSUNGEN BEIM HALSLKOPF-MOOR

Die Verlässlichkeit der Diver-Daten vom **Pegelrohr 01** und **02** sind nicht gegeben, selbige Messreihen werden somit von einer weiteren Interpretation ausgeschlossen.

Wie im Abschlussbericht „Hydrologisches Management ausgewählter Karwendel Moore 2007-12“ (HASELWANTER 2012B) und aus Abb. 24 ersichtlich, ist für das **Pegelrohr 03** im Vergleich vom Zeitraum 2008-12 zu 2013-18 eine steigende Tendenz ersichtlich. Die Werte von 2013-18 bleiben länger auf höheren Niveau und erreichen einen geringeren Tiefstand.

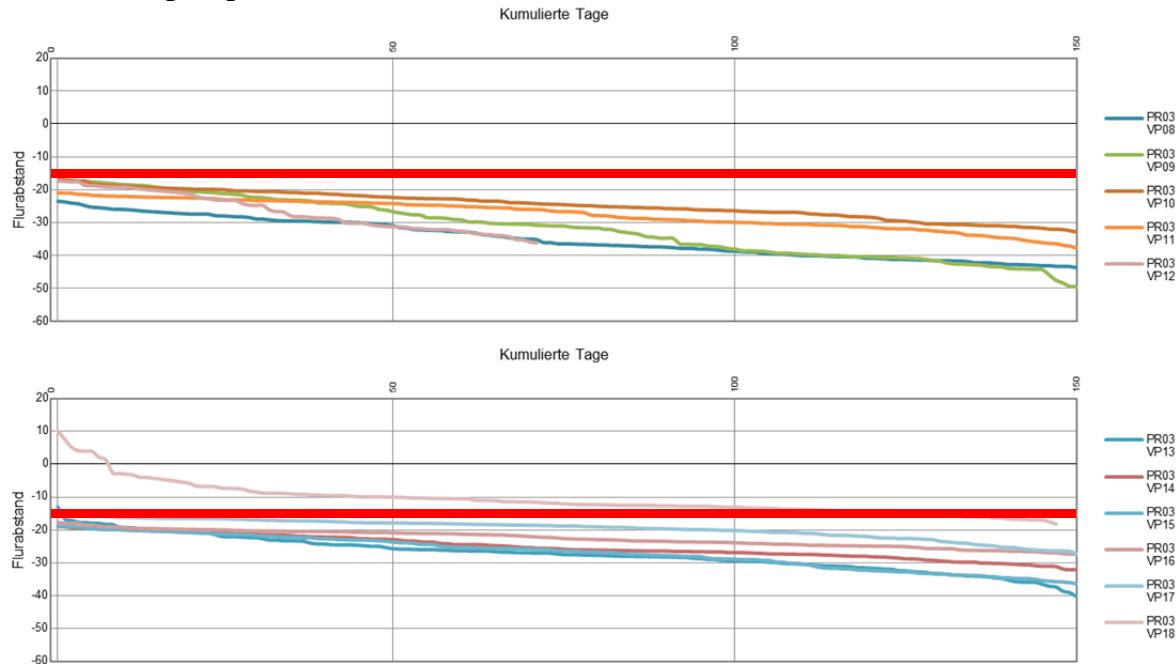


Abb. 24: Dauerlinien für das Pegelrohr 03 für die Vegetationsperioden 2008-12 (oben) und 2013-18 (unten) beim Halslkopf-Moor

Trotzdem sind die Wasserstände für eine nachhaltige Moorentwicklung zu tief. Dies hängt mit hoher Wahrscheinlichkeit mit den undichten Dämmen 4, 5 und 6 zusammen, die restlichen Dämme im Moor sind laut Mitteilung von A. STRUDL vom 25.10.2018 alle wasserstauend.

Die hohen Wasserstände im trockenen Jahr 2018 sind leider nicht nachvollziehbar und liegen bei der einzige vorliegenden Handmessung um 12 cm zu hoch. Diese Dauerlinie für das Jahr 2018 ist somit in Frage zu stellen.

Die Wasserganglinien im **Pegelrohr 4** weisen im im niederschlagsreichen Sommer (2017) eine konvexe Form auf. Hingegen sind während des trockeneren Sommers 2018 bzw. während Extremjahren wie z.B. 2013 konkave Formen der Wasserganglinien, welche auf eine Tendenz im unteren Bereich der Schwankungsamplitude hinweisen (NIEMANN 1973) (Abb. 21 & Abb. 22.), ausgeprägt. Wie an der roten Linie in Abb. 21 erkenntlich gemacht, befinden sich die Dauerlinien zu lange unter dem wichtigen Wert von 15cm unter Flur.

Nach der Errichtung des Dammes Nr. 4, 5 und 6 im Jahr 2008 wurden händische Dammsanierungen 2009 und 2012 durchgeführt. 2012 wurde zusätzlich Sägemehl zur weiteren Abdichtung der Dämme ausgebracht. Diese Dammsanierungen scheinen nun langsam Wirkung zu zeigen. Trotzdem ist die Wasser rückstauende Wirkung der Dämme Nr. 4, 5 und 6 noch zu gering und es sind weitere Maßnahmen zu setzen (Details dazu siehe Kapitel „4 Maßnahmen Katalog“).

### 3.2.3 WASSERSTANDS-MESSUNGEN PITZKOPF-MOOR

Das Pitzkopf-Moor (Abb. 25) besteht aus einem im westlichen und östlichen Bereich liegenden Niedermoor das in den flacheren bzw. leicht geneigten, hangwasserbeeinflussten Teilen liegt. STEINER (1992) weist diesen Abschnitt als sauer-mesotrophes Überrieselungsmoor aus. Das im Zentralbereich liegende sauer-oligotrophe Regenmoor („zentrales FHM“) wird vom westlichen Hochmoorbereich („westliches FHM“) durch einen markanten „Zentral-Einschnitt“ – erkenntlich zwischen Pegelrohr 02 und 03 – getrennt (HASELWANTER 2008).

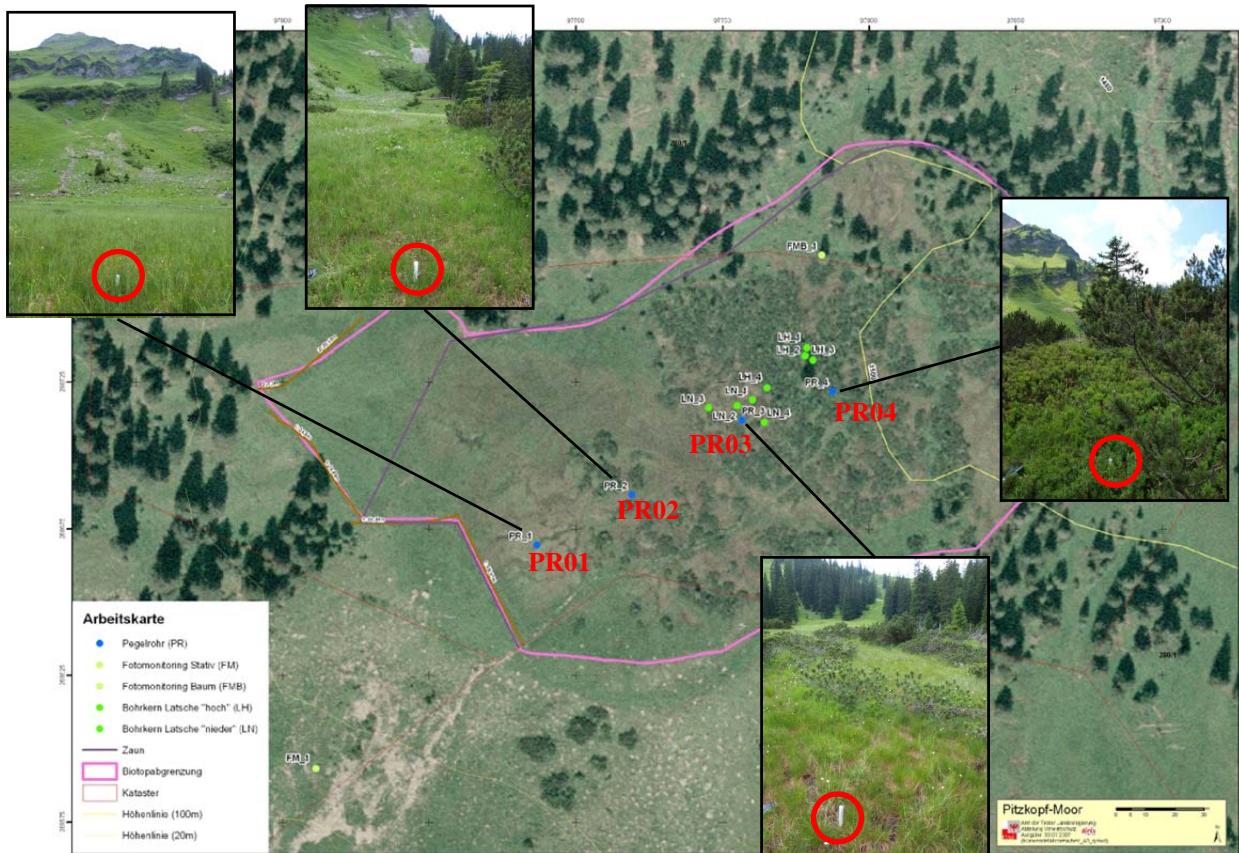


Abb. 25: Arbeitskarte mit Pegelrohren, Fotomonitoring, Biotopgrenze und Grenze der Weidefreistellung beim Pitzkopf-Moor.

### 3.2.3.1 WASSERGANGLINIEN BEIM PITZKOPF-MOOR

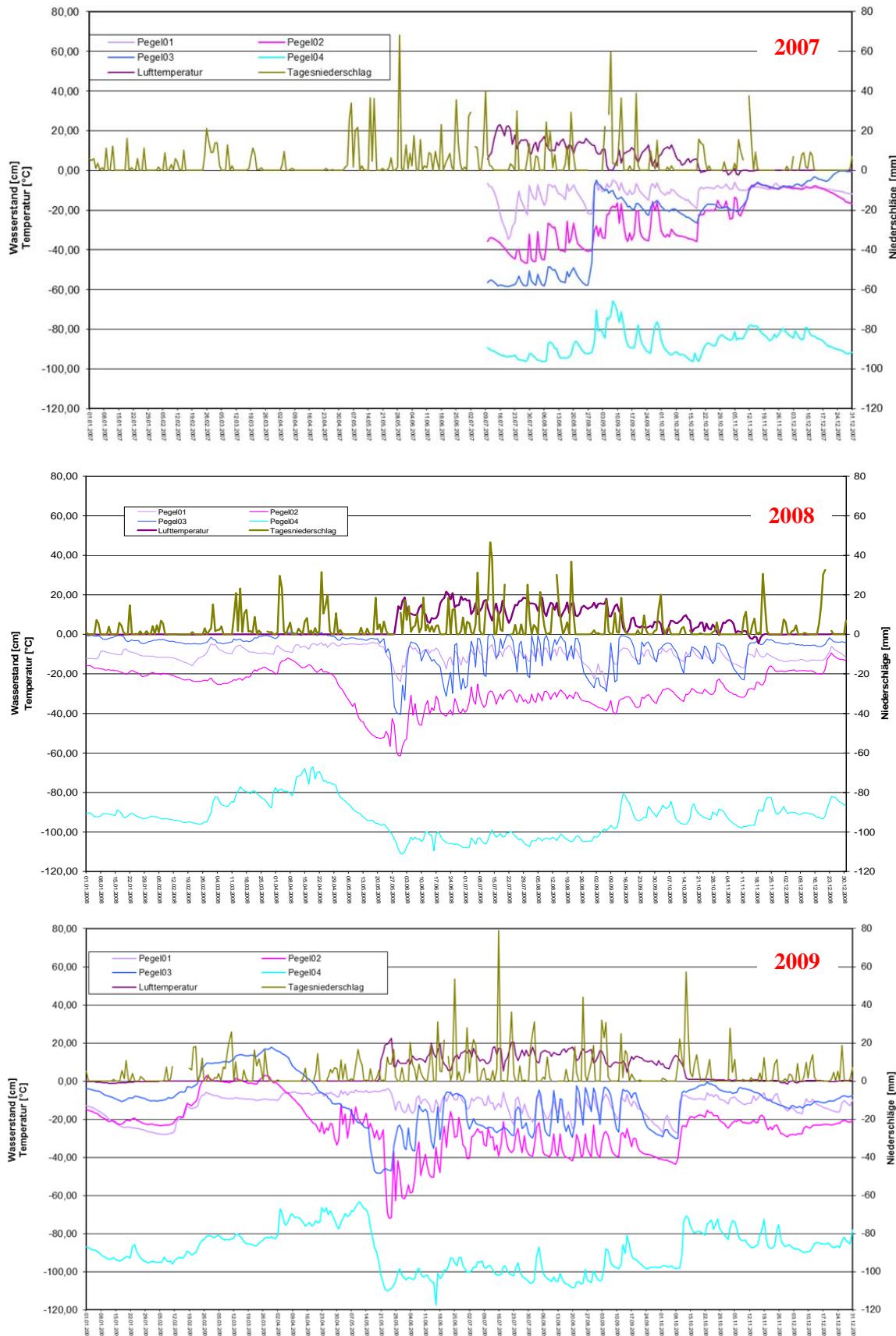


Abb. 26: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Pitzkopf-Moor 2007 (oben), 2008 (Mitte) und 2009 (unten).

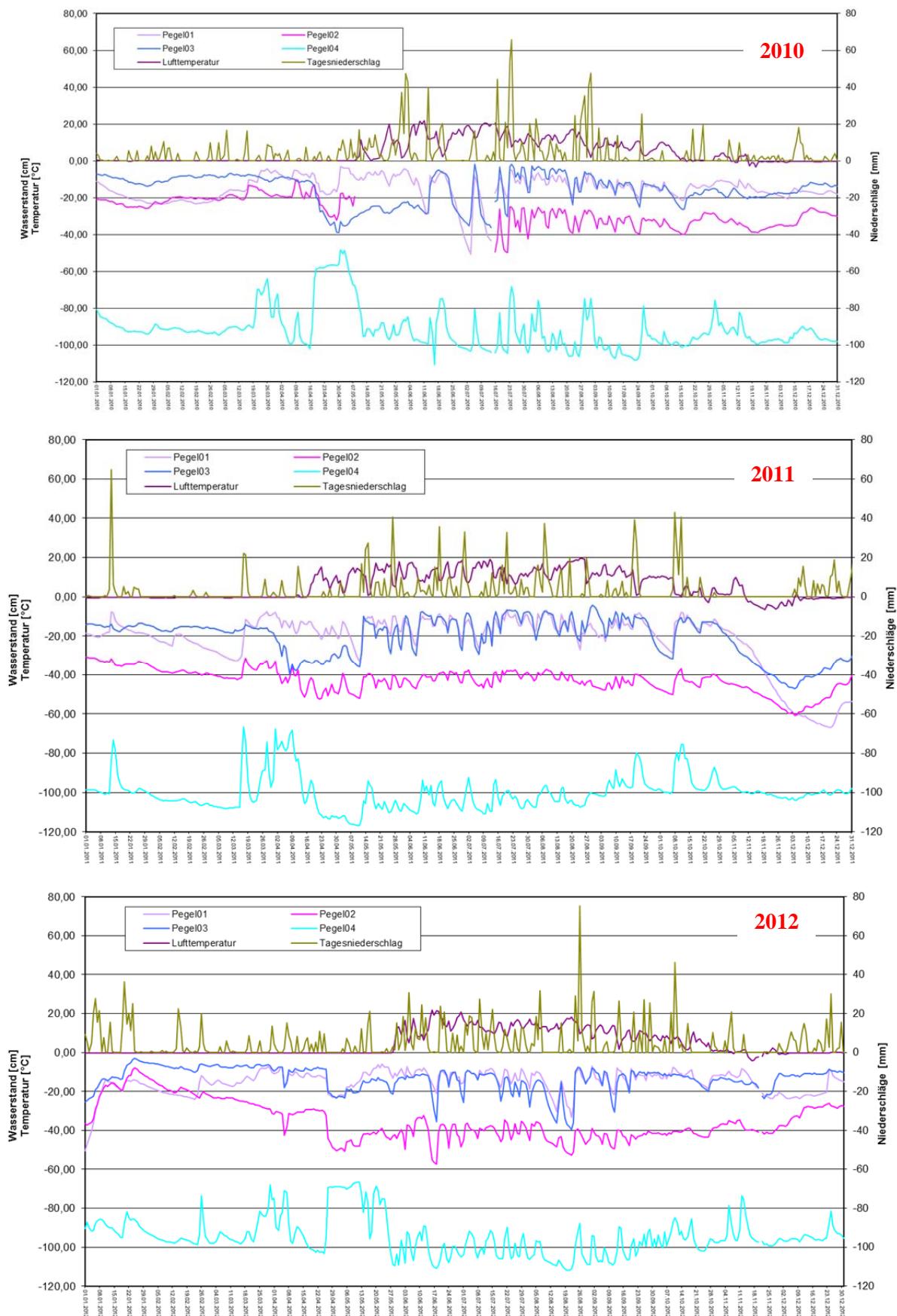


Abb. 27: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Pitzkopf-Moor 2010 (oben), 2011 (Mitte) und 2012 (unten).

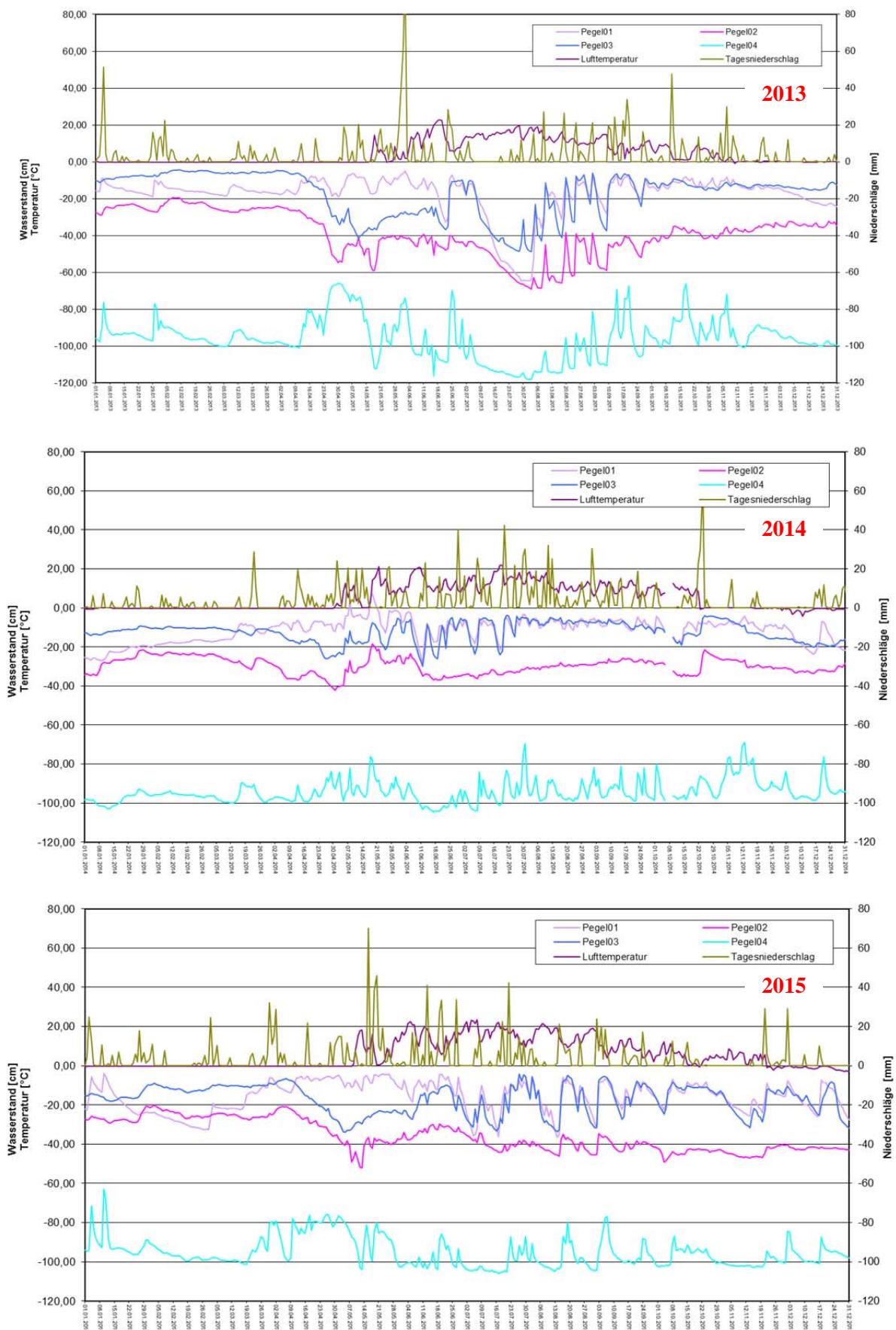


Abb. 28: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Pitzkopf-Moor 2013 (oben), 2014 (Mitte) und 2015 (unten).

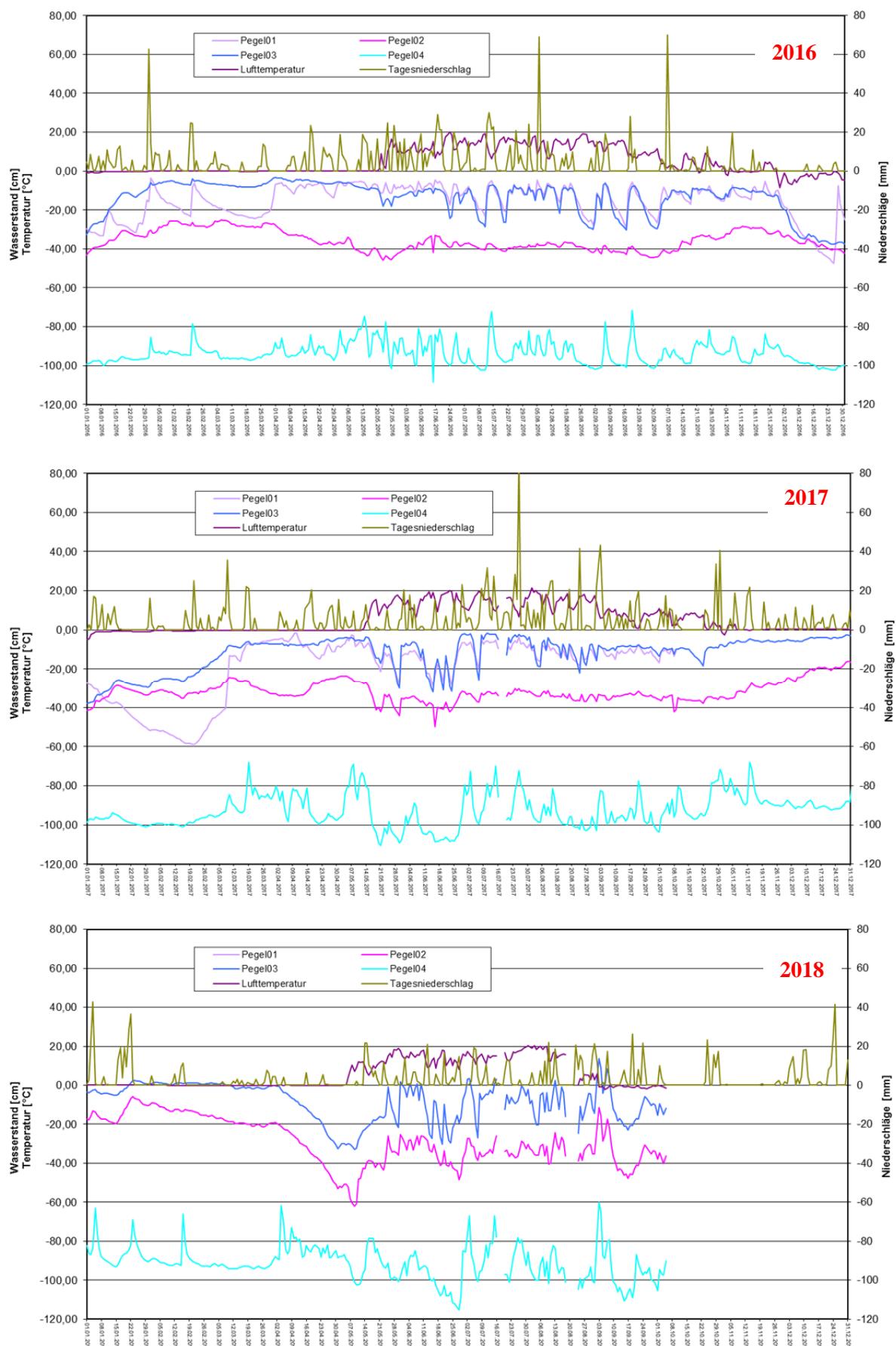


Abb. 29: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Pitzkopf-Moor 2016 (oben), 2017 (Mitte) und 2018 (unten).

### 3.2.3.2 ZUSAMMENFASSUNG DER WASSERSTANDS-MESSUNGEN BEIM PITZKOPF-MOOR

Die Wasserstandschwankungen des **Pegelrohres 01** (Torfmächtigkeit 100 cm, Abb. 25) im Niedermoor-Bereich des Pitzkopf-Moores liegen im Normbereich, die Dauerlinien liegen während 2/3 der Zeit oberhalb von 15 cm unter Flur (Abb. 26, Abb. 27, Abb. 28 & Abb. 29).

Das weiter östlich gelegene **Pegelrohr 02** (Torfmächtigkeit 352 cm) weist durch ein oberflächliches Gefälle tiefer liegende Wasserstände als das Pegelrohr 01 auf, die Schwankungsbreite ist generell geringer.

Das im zentralen Latschen-Hochmoorbereich gelegene **Pegelrohr 03** (Torfmächtigkeit 322 cm) weist hohe Schwankungen auf und hat kurzzeitig zu tiefe Wasserstände, wie z.B. im Juli 2009 (Abb. 26), August 2012 (Abb. 27), Juli 2013 & 2015 (Abb. 28), Juli und September 2016, Juli 2017 und Juni 2018 (Abb. 29). Die gegen Ende 2018 vermehrten auftretenden Werte über Flur sind vermutlich Artefakte. Da der Baro Diver beim Pitzkopf-Moor nicht mehr im Gelände ausgelesen werden konnte, musste dieser zur „Datenrettung“ eingeschickt werden. Ob nun dieser oder der verbliebene Diver im Pegelrohr 03 diese fehlerhaften Werte liefert, muss abgeklärt werden (Details dazu siehe Kapitel „4 Maßnahmen Katalog“).

Das scheinbar mitten im Moor gelegene **Pegelrohr 04** (Torfmächtigkeit 243 cm) repräsentiert einen mit mehr als 2 m hohen bestockten Latschen-Moorschotterbereich. Die aufgezeichneten Wasserstände sind durch die Randlage und den bestockten Bereich bedingt entsprechend tief und typisch ausgeprägt und pendeln im Bereich zwischen minus 70 bis minus 100 cm unter Flur, in Extrem situation bis minus 120 cm unter Flur (2013, Abb. 28).

### 3.2.3.3 DAUERLINIEN UND WEITERE HYDROLOGISCHE KENNGRÖßen BEIM PITZKOPF-MOOR

Die Auswahl zur vertiefenden Daten-Interpretation beim Pitzkopf-Moor wurde auf das **Pegelrohr 03** festgelegt, da dieses einen Teil des Hoch-Moorkomplexes widerspiegelt. In den nachfolgenden Abbildungen sind neben den Dauerlinien des Pegelrohres 03 während der Vegetationszeit (Abb. 30) auch weitere hydrologische Kenngrößen für ein niederschlagsreiches (=2017) bzw. niederschlagsarmes Jahr (=2018) und ein extremes Jahr (=2013) dargestellt (Abb. 31 & Abb. 32).

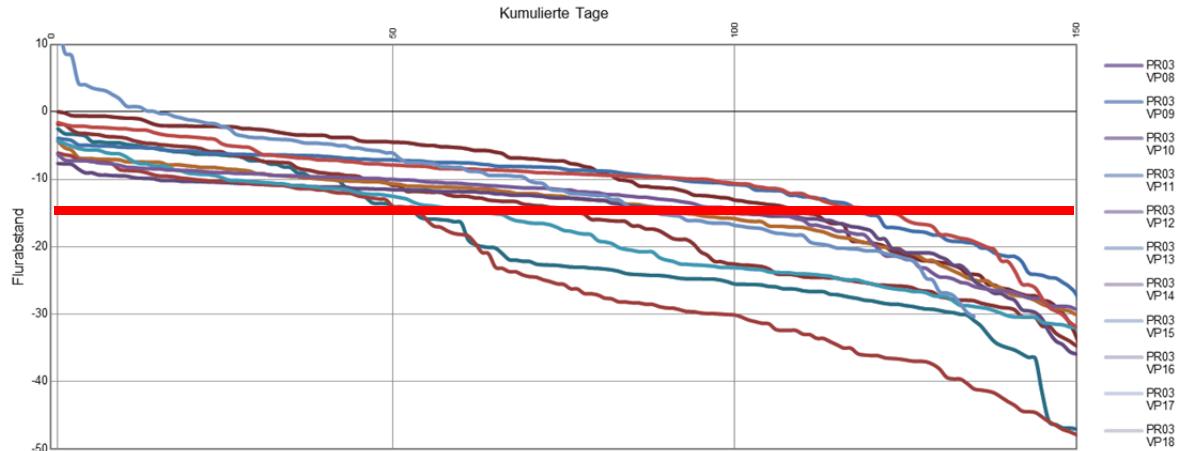


Abb. 30: Dauerlinien des Pegelrohres 03 beim Pitzkopf-Moor in der Vegetationsperiode für die Jahre 2008 - 2018.

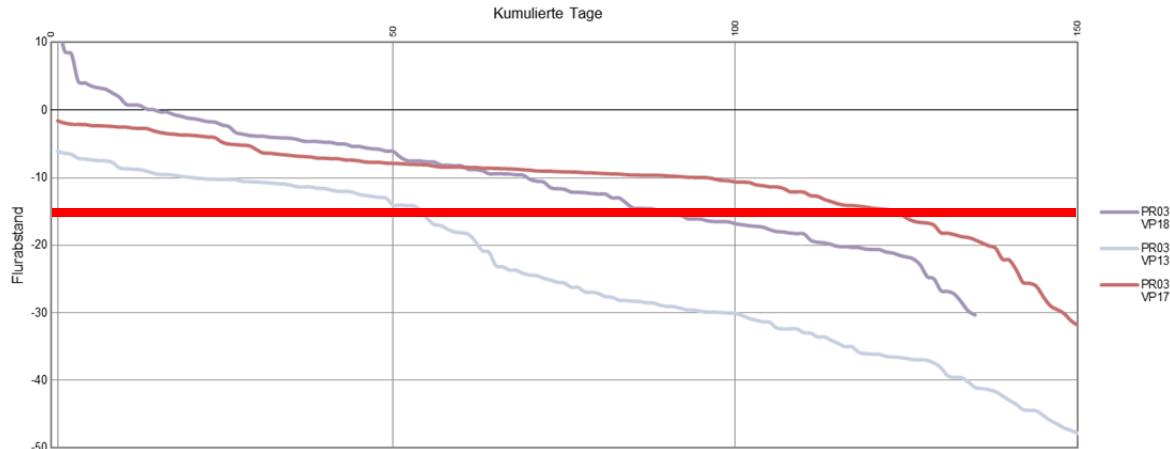


Abb. 31: Dauerlinien des Pegelrohres 03 beim Pitzkopf-Moor im Vergleich eines niederschlagsarmen (= 2018), niederschlagsreichen (= 2017) und Extrem-Jahres (=2013).

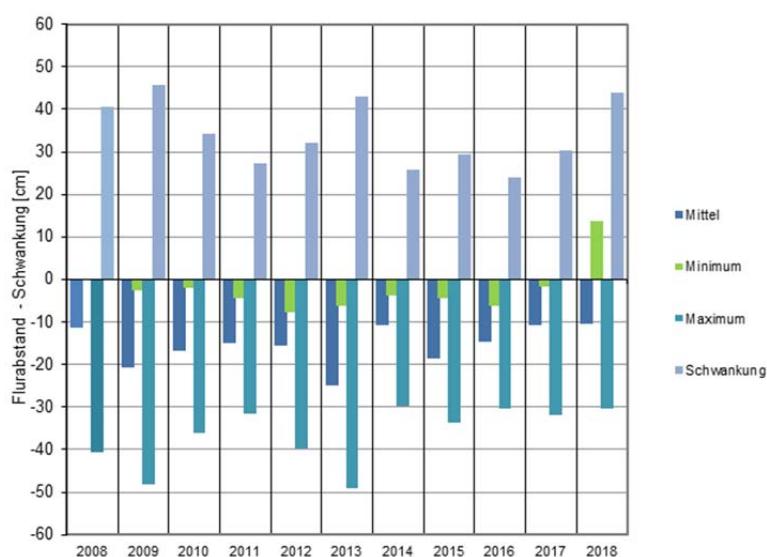


Abb. 32: Hydrologische Kenngrößen des Pegelrohres 03 beim Pitzkopf-Moor der Jahre 2008-2018.

### 3.2.3.4 INTERPRETATION DER WASSERSTANDS-MESSUNGEN BEIM PITZKOPF-MOOR

**Pegelrohr 01** und **02** weisen typische Wasserganglinien für ein leicht geneigtes, hangwasserbeeinflusstes Niedermoor auf.

Auch die Wasserganglinien des **Pegelrohr 04** entsprechen denen von Mooren in Randlage.

Die Wasserstände im **Pegelrohr 03** weisen – bis auf Extremjahre – eine positive Tendenz auf, es liegen mehr kumulierte Tage über dem Wasserstand von 15 cm unter Flur (Abb. 33). Um langfristig höhere Wasserganglinien zu erreichen, ist eine kontinuierlichere Wasserversorgung der Grundwasserkuppel notwendig. Dies kann durch den Rückbau des nördlichen Entwässerungsgrabens unterstützt werden (Details dazu siehe HASELWANTER 2008 und Kapitel „4 Maßnahmen Katalog“).

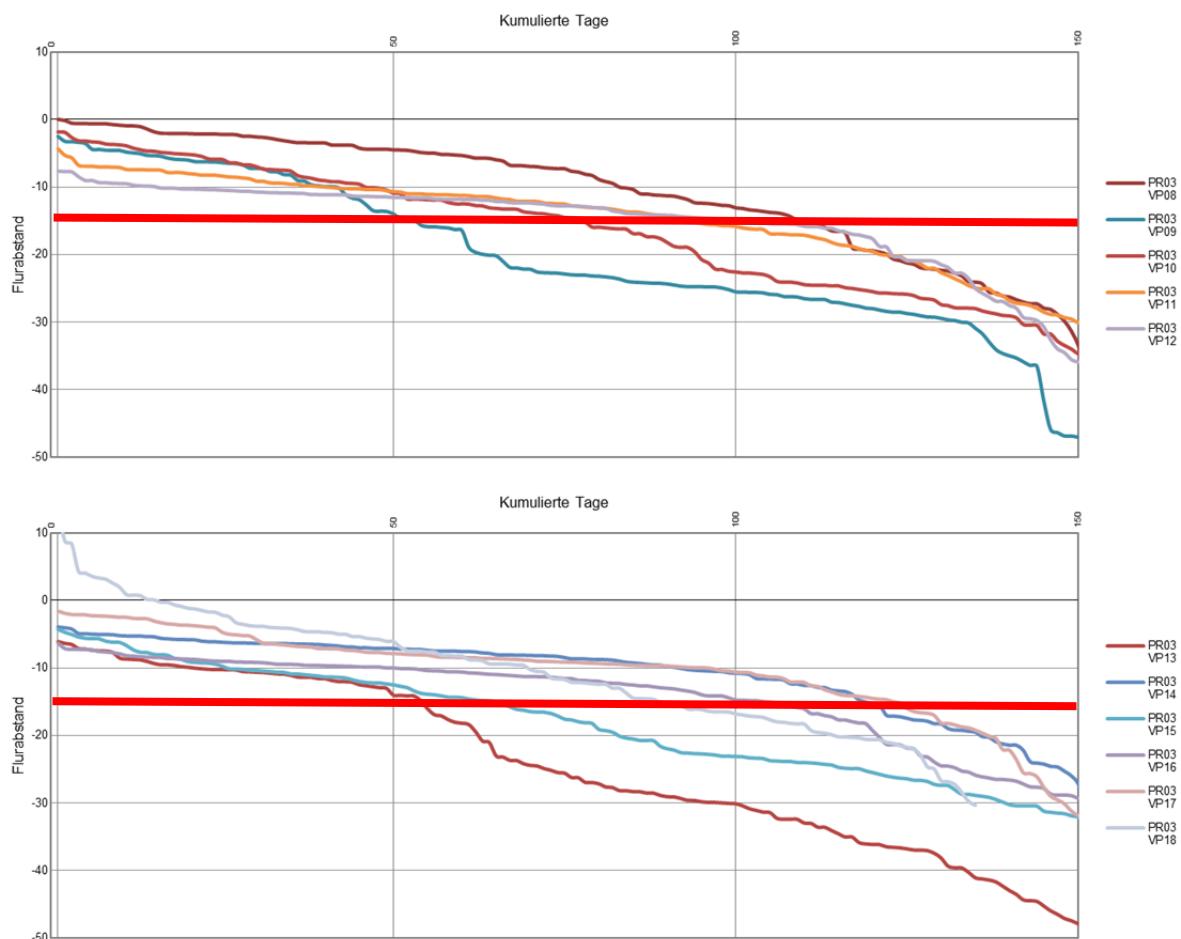


Abb. 33: Dauerlinien für das Pegelrohr 03 für die Vegetationsperioden 2008-12 (oben) und 2013-18 (unten) beim Halskopf-Moor

Für eine umfassendere Interpretationen ist eine Verdichtung des Messnetzes notwendig.

### 3.2.4 WASSERSTANDS-MESSUNGEN RABERSKOPF-MOOR

Im Österreichischen Moorschutzkatalog ist das Raberskopf-Moor als subneutral-mesotrophes Durchströmungsmoor mit Übergangsmoorstadien beschrieben (STEINER 1992). Im Abschlussbericht des „Aktiv für Moore“ Projektes weist STEINER (2005) nochmals auf die Besonderheit des Raberskopf-Moores hin. Für den extrem steilen und als solchen einmaligen Hangmoorkomplex aus Quellmooren und Durchströmungsmooren, die in ein Latschenhochmoor übergehen, vergibt G. M. STEINER als logische Konsequenz „Internationale Bedeutung“.

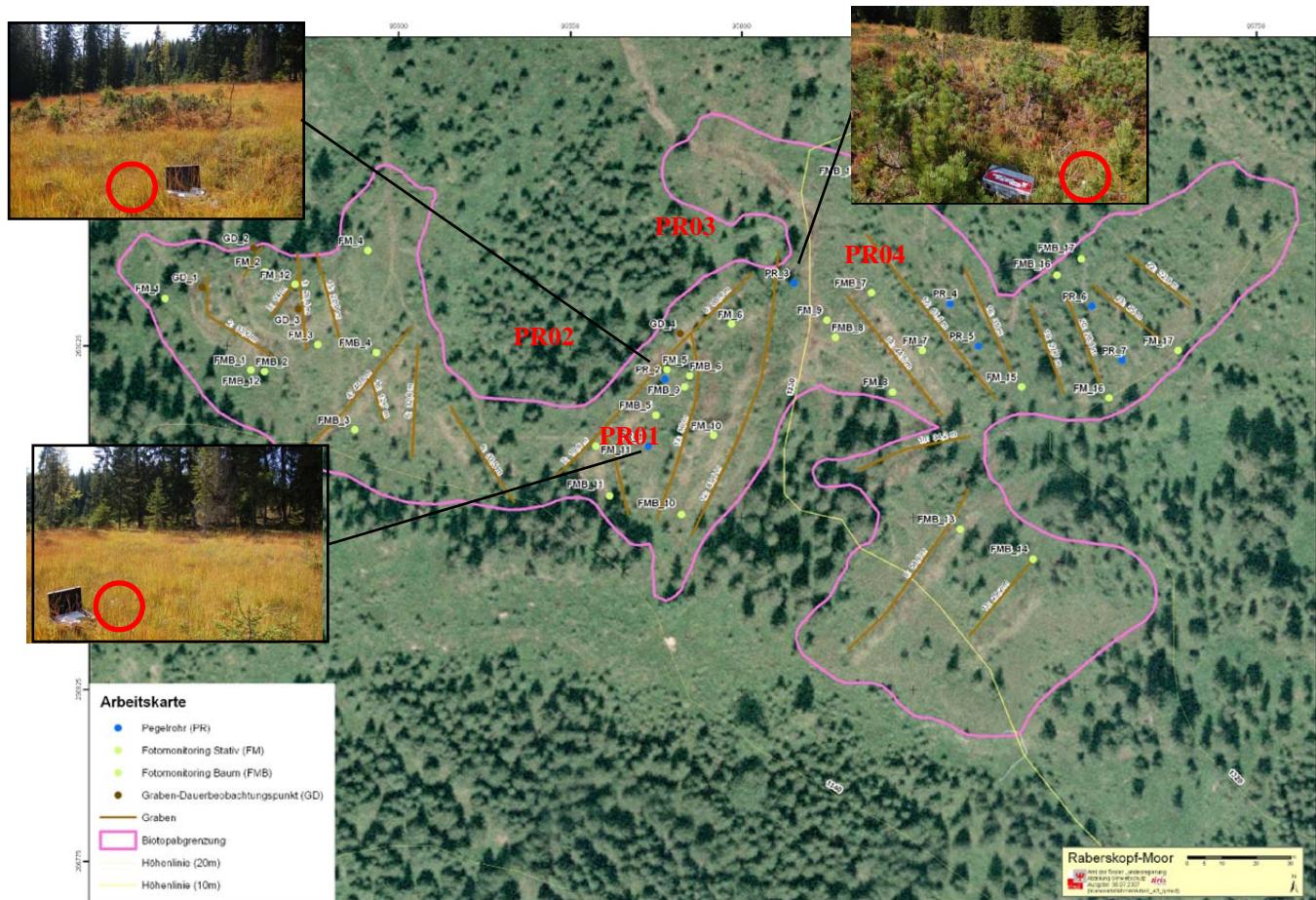


Abb. 34: Arbeitskarte mit Pegelstandorten, Fotomonitoring, Dauerbeobachtungsflächen und Dammpositionen in den jeweiligen Gräben beim Raberskopf-Moor, *Inserts*: Überblicksfoto mit dem entsprechenden Pegelrohr (roter Kreis).

## 3.2.4.1 WASSERGANGLINIEN BEIM RABERSKOPF-MOOR

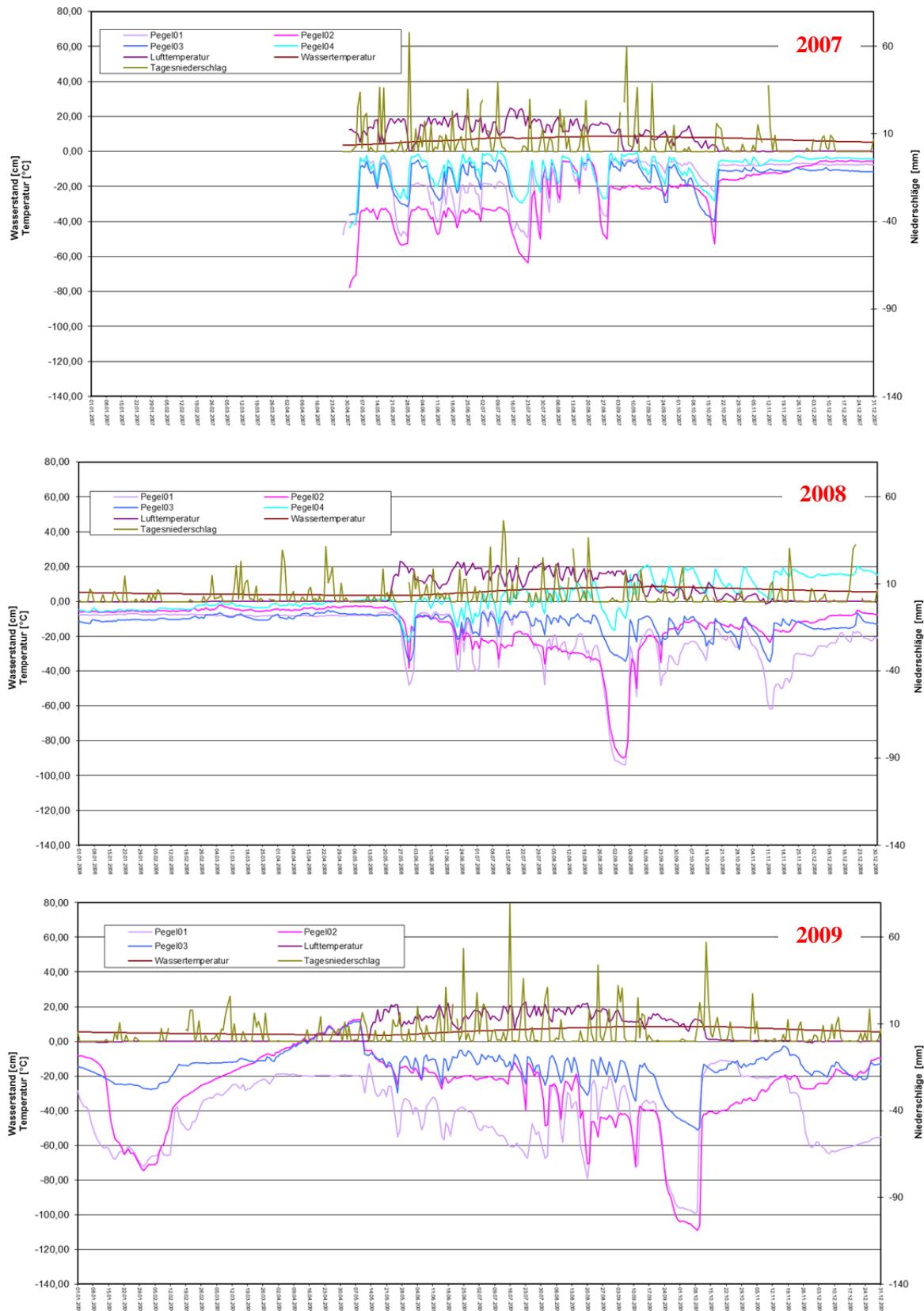


Abb. 35: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Raberskopf-Moor 2007 (oben), 2008 (Mitte) und 2009 (unten).

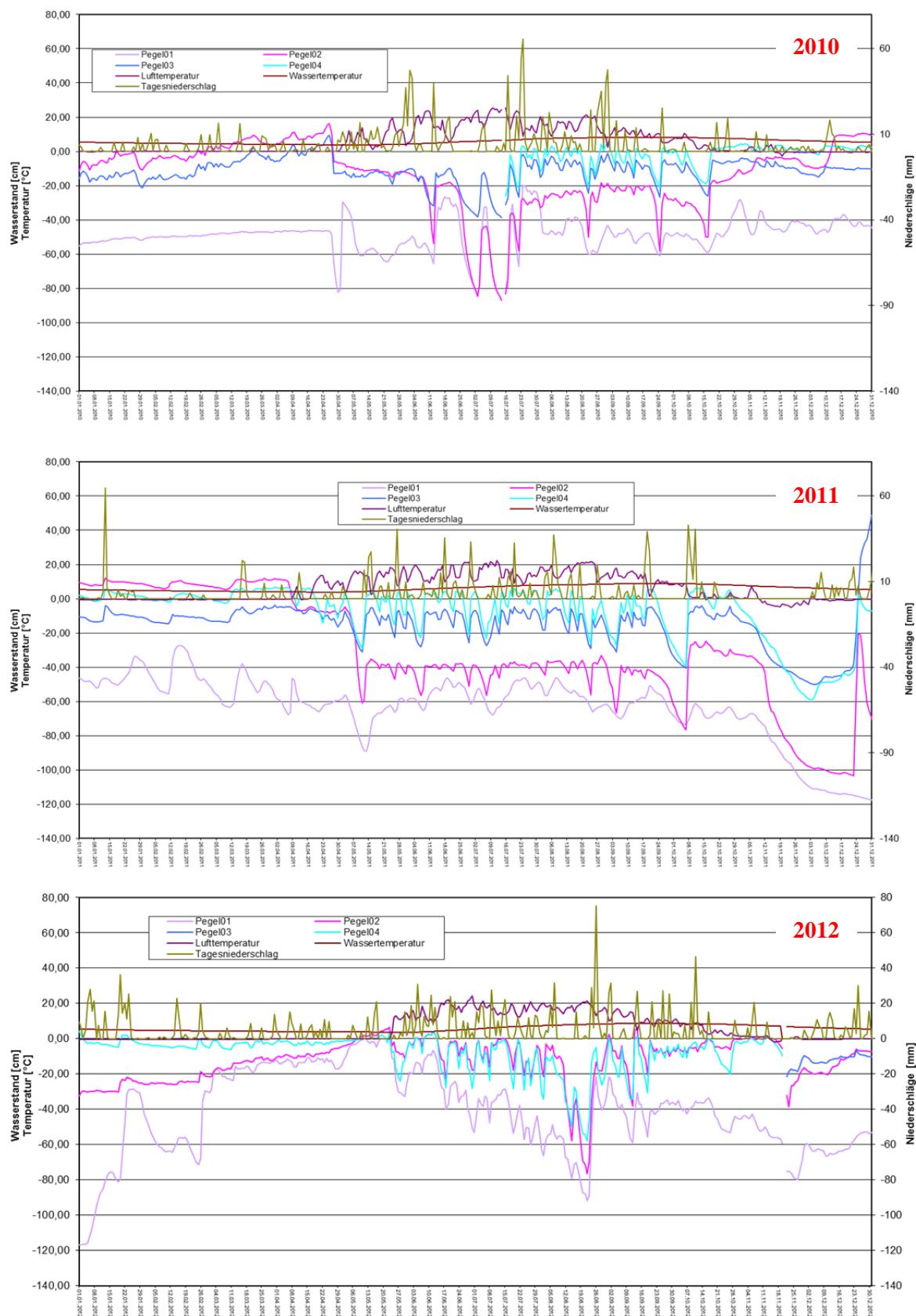


Abb. 36: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Raberskopf-Moor 2010 (oben), 2011 (Mitte) und 2012 (unten).

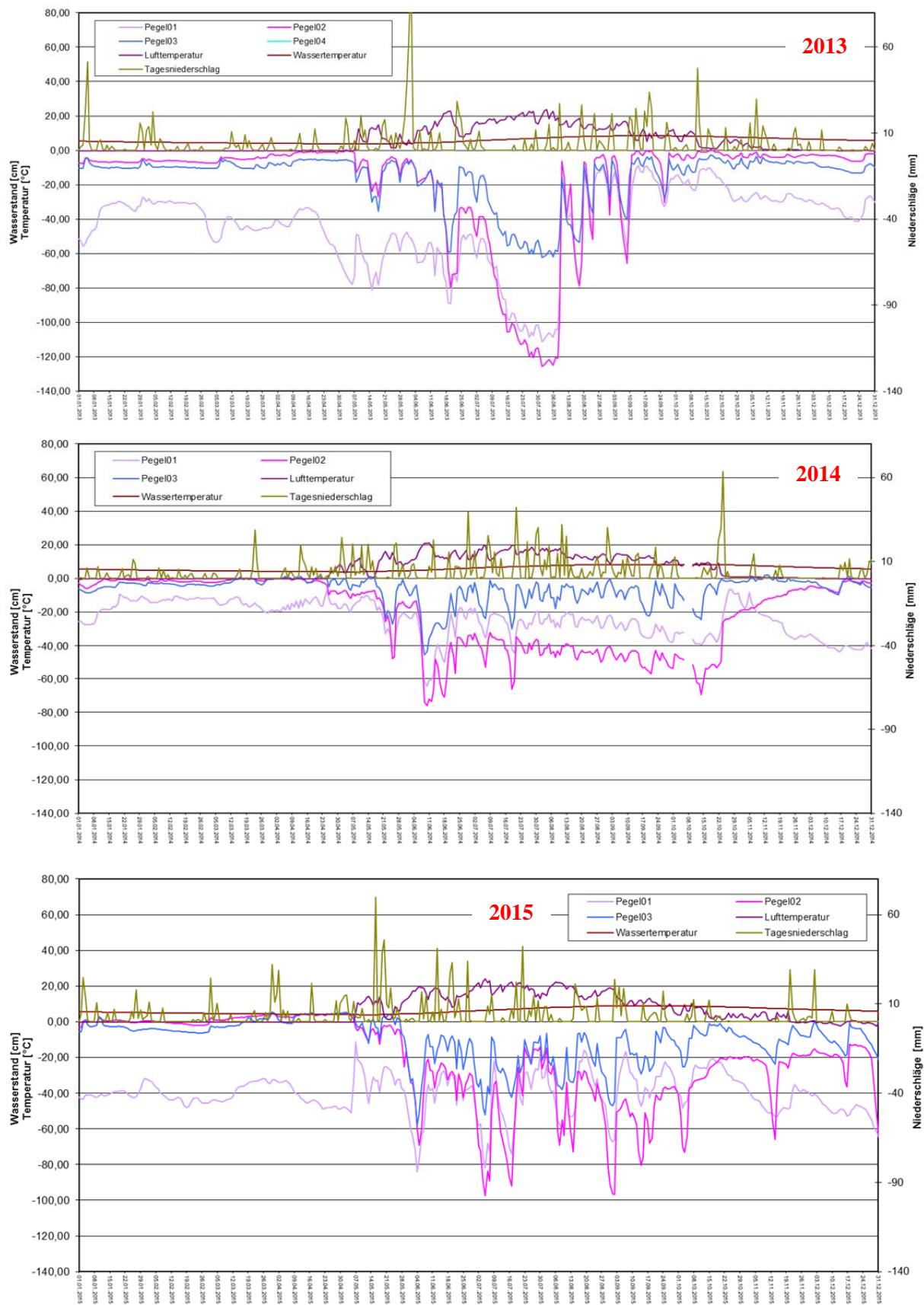


Abb. 37: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Raberskopf-Moor 2013 oben, 2014 (Mitte) und 2015(unten).

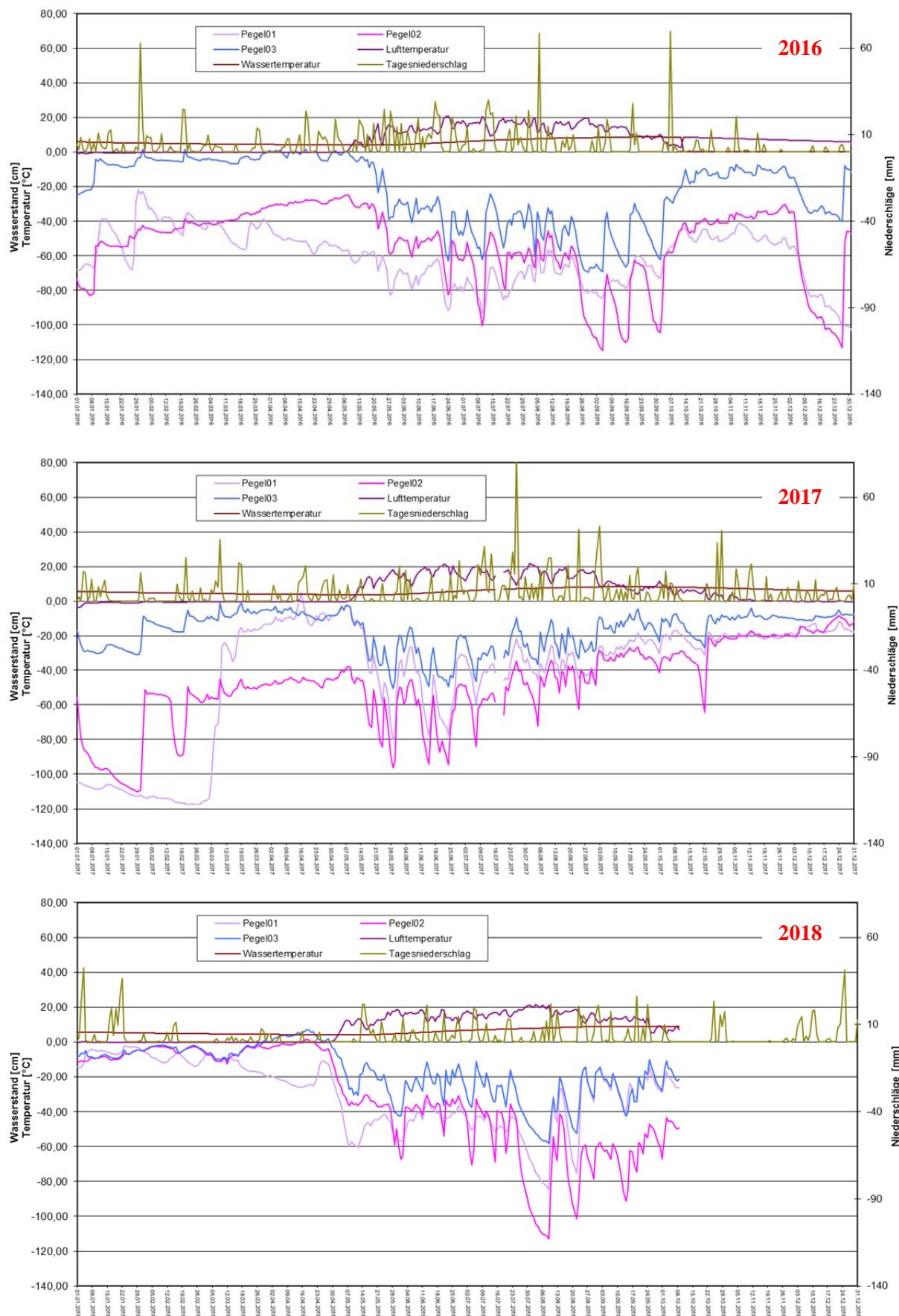


Abb. 38: Grundwasserganglinien Pegel 01 bis 04, sowie Lufttemperatur und Tagesniederschlag beim Raberskopf-Moor 2016 (oben), 2017 (Mitte) und 2018 (unten).

### 3.2.4.2 ZUSAMMENFASSUNG DER WASSERSTANDS-MESSUNGEN BEIM RABERSKOPF-MOOR

Beim Raberskopf-Moor (Abb. 34) bilden die **Pegelrohre 01 bis 03** eine Messserie, bei der die Wasserstände der zentralen Moorfläche mit Oberhangbereich (PR 01, Torfmächtigkeit 149 cm), Mittelhangbereich (PR 02, Torfmächtigkeit 178 cm) und Unterhangbereich (PR 03 - Torfmächtigkeit 146 cm) gemessen werden. Daten für das **Pegelrohr 04** (Torfmächtigkeit 137 cm) liegen von 2007-2012 vor, dieses hat Wasserganglinien zwischen eingestaute Entwässerungsgräben gemessen.

Die **Pegelrohre 01 & 02** (Abb. 35, Abb. 36, Abb. 37 & Abb. 38 ) weisen während der Vegetationsperiode tiefe und stark pendelnde Wasserstände auf. Die gemessenen Wasserstände reagieren zudem in „Trockenzeiten“ mit starkem „Ausrinnen“, wie z.B. im September 2008, Oktober 2009, Juli 2013, September 2016 und August 2018.

Die Messdaten für das Jahr 2016 im Pegelrohr 01 sind zu tief und lassen mit dem abnehmenden Wasserstand von April – Mai in Kombination mit den Handmessungen (-33 cm Unterschied), nur den Schluss zu, dass diese fehlerhaft sind!

Das **Pegelrohr 03** weist durch seine Umgebung mit einem geringeren Gefälle geringere Wasserstände unter Flur und Wasserstandschwankungen auf. Für das Jahr 2012 liegen keine Daten vor. Das Pegelrohr 03 folgt insbesondere in den zuvor angeführten Trockenzeiten den Pegelrohren 01 & 02 mit geringeren Schwankungsbreiten und Flur-Abständen.

### 3.2.4.3 DAUERLINIEN UND WEITERE HYDROLOGISCHE KENNGRÖßen BEIM RABERSKOPF-MOOR

Beim Raberskopf-Moor wurde als extrem steiler und somit einmaliger Hangmoorkomplex aus Quellmooren und Durchströmungsmooren konsequenter Weise das **Pegelrohr 02** zur Detailanalyse ausgewählt.

In den nachfolgenden Abbildungen sind neben den Dauerlinien des Pegelrohrs 02 während der Vegetationszeit (Abb. 39) auch weitere hydrologische Kenngrößen für ein niederschlagsreiches (=2017) bzw. niederschlagsarmes Jahr (=2018) und ein extremes Jahr (=2013) dargestellt (Abb. 40 & Abb. 41).

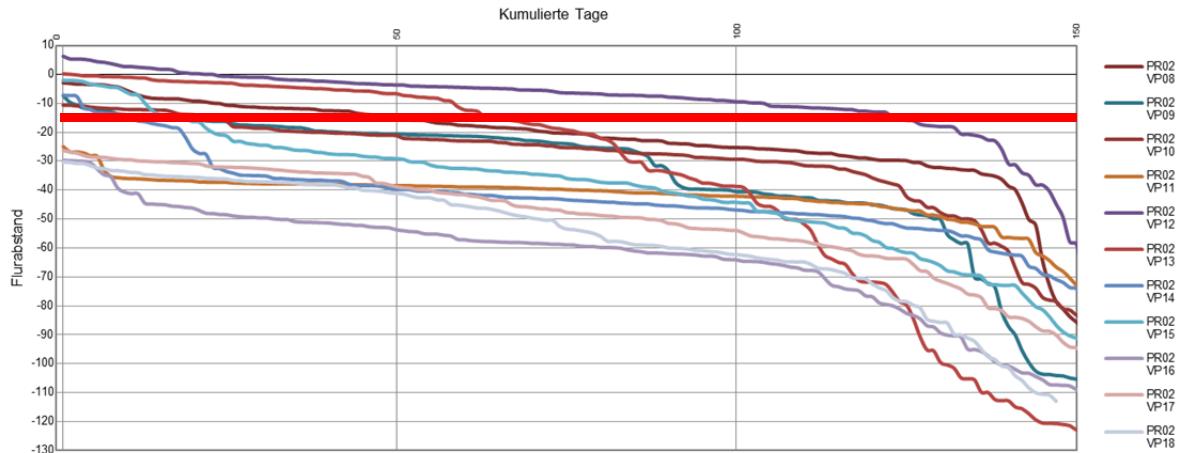


Abb. 39: Dauerlinien des Pegelrohrs 02 beim Raberskopf-Moor in der Vegetationsperiode für die Jahre 2008 - 2018.

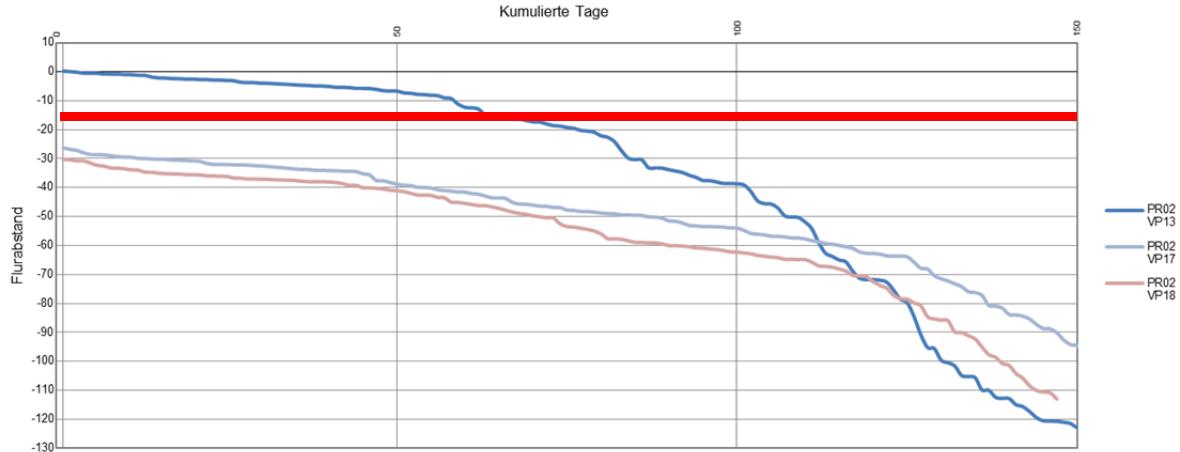


Abb. 40: Dauerlinien des Pegelrohrs 02 beim Raberskopf-Moor im Vergleich eines niederschlagsarmen (= 2018), niederschlagsreichen (= 2017) und Extrem-Jahres (=2013).

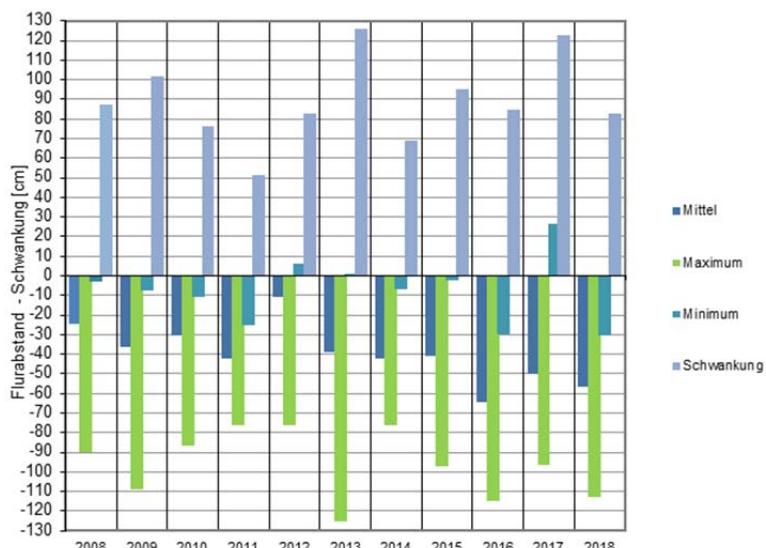


Abb. 41: Hydrologische Kenngrößen des Pegelrohrs 02 beim Raberskopf-Moor der Jahre 2008-2018.

### 3.2.4.4 INTERPRETATION DER WASSERSTANDS-MESSUNGEN BEIM RABERSKOPF-MOOR

Wie in Abb. 42 erkenntlich ist für das **Pegelrohr 01** im Vergleich der Vegetationsperioden 2008-13 bzw. 2014-18 im Schnitte eine Erhöhung der Wasserstände ersichtlich. Die Dämme wirken und beginnen das Wasser zurückzuhalten. Insbesondere in der unteren Darstellung der Dauerlinien von Abb. 42 weist nicht das trockene Jahr 2018 die tiefsten Dauerlinien auf, sondern das Jahr 2016. Ein ähnliche Situation stellt sich auch für das **Pegelrohr 02** dar: Eine Erhöhung der Wasserstände für die Vegetationsperioden 2014-18.

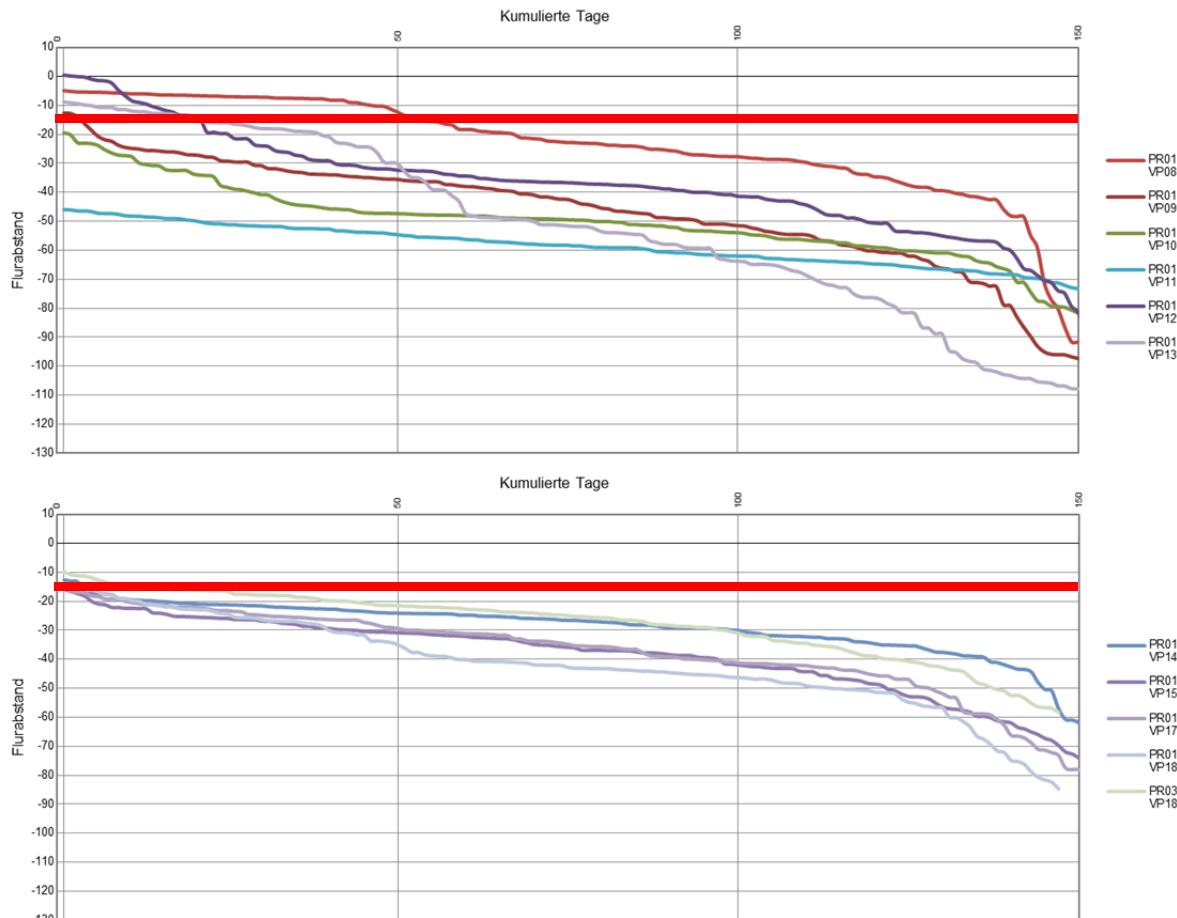


Abb. 42: Dauerlinien für das Pegelrohr 01 für die Vegetationsperioden 2008-13 (oben) und 2014-18 (unten) beim Raberskopf -Moor

Im Unterschied zum Pegelrohr 01 & 02 splitten sich die Dauerlinien beim **Pegelrohr 03** in der Vegetationsperiode 2014-18 mehr auf, die Werte erreichen häufiger 15 cm unter Flur!  
Für diesen Effekt gibt es keine Erklärung!

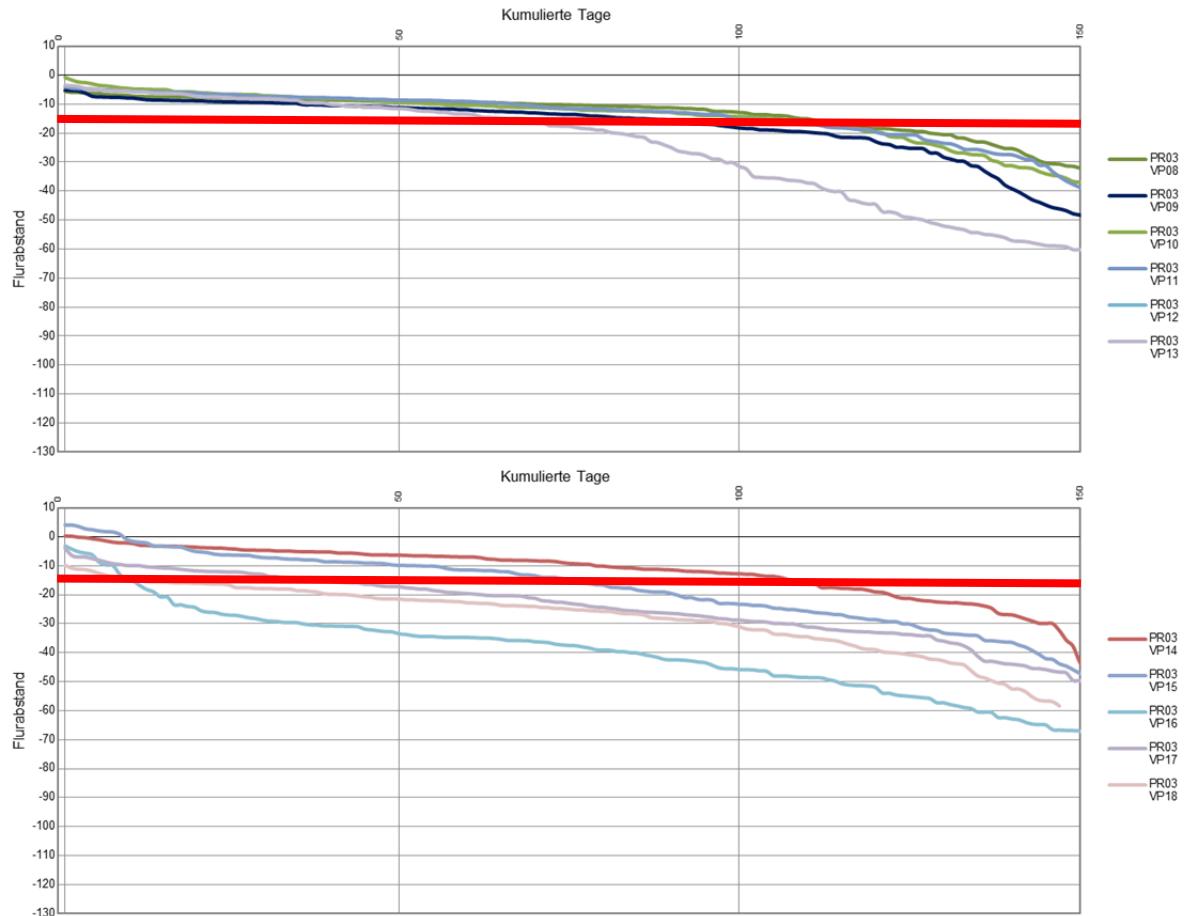


Abb. 43: Dauerlinien für das Pegelrohr 03 für die Vegetationsperioden 2008-13 (oben) und 2014-18 (unten) beim Raberskopf -Moor

Abb. 44 zeigt die hohe Dynamik beim Raberskopf-Moor im Vergleich mit den anderen Mooren im Untersuchungsgebiet. Durch seine Steilheit reagiert selbiges stark auf Niederschläge und weist bezüglich der Wasserstandsschwankungen sehr hohe Extrem-Werte auf.

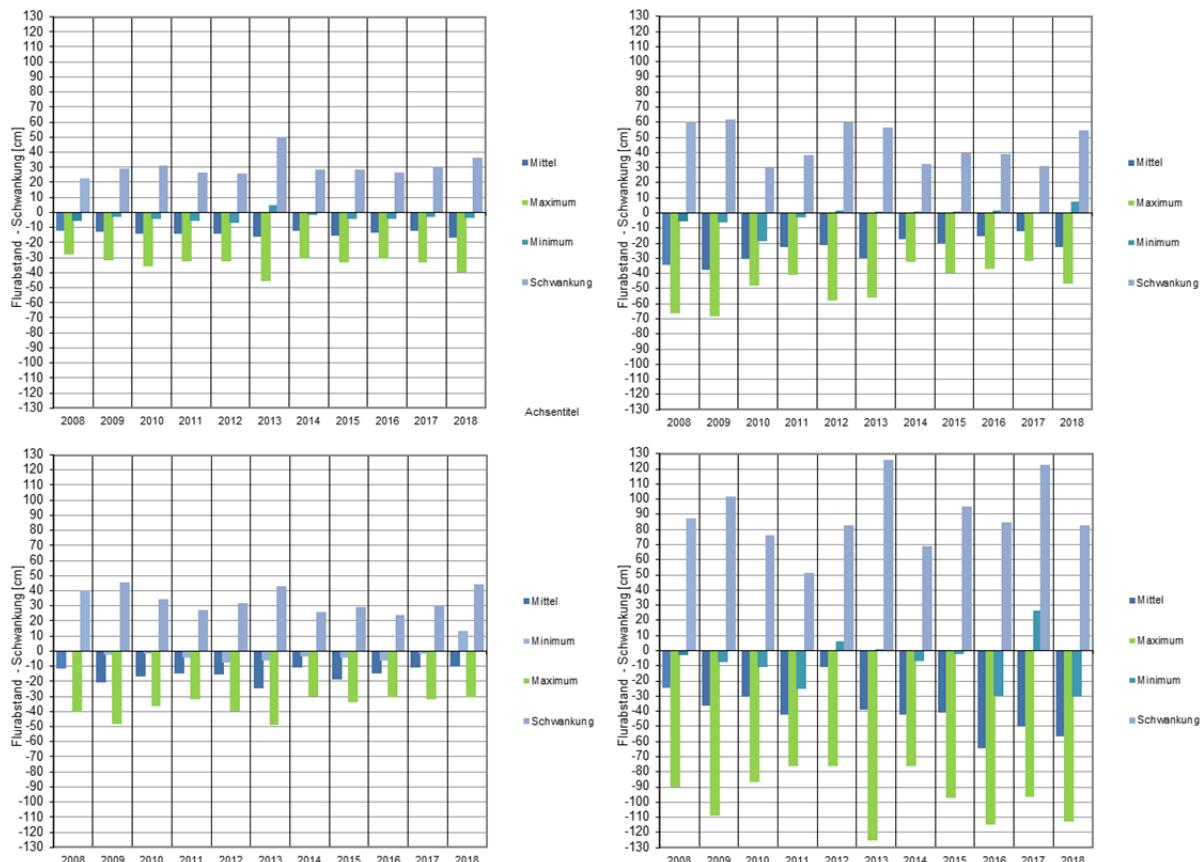


Abb. 44: Hydrologische Kenngrößen des Pegelrohres 02 beim Brettberg ML-Moor (links oben), des Pegelrohres 04 beim Halslkopf-Moor (rechts oben), des Pegelrohres 03 beim Pitzkopf-Moor (links unten) und des Pegelrohres 02 beim Raberskopf-Moor (rechts unten) für die Vegetationsperioden 2008 - 2018.

Diese hohe Dynamik vom Raberskopf-Moor in der Abb. 44 ähnelt dem Pegelrohr 04 beim Halslkopf-Moor, welches durch undichte Dämme höhere Schwankungen aufweist. Hingegen repräsentieren die hydrologischen Kenngrößen beim Brettberg ML-Moor bzw. Pitzkopf-Moor konsolidiertere Hochmoorbereiche.

Zusammenfassend kann beim Raberskopf-Moor somit festgehalten werden, dass die Schwankungen zu hoch und die Grundwasserlinien noch zu tief sind. Für tiefer gehende Interpretationen ist ein dichteres und flächenhaft gleichmäßig verteiltes Messnetz zur Dokumentation der Wasserganglinien notwendig.

## 4 MAßNAHMEN KATALOG

Einige der angeführten Maßnahmen sind bereits ausführlich im Abschlussbericht zum „Moormanagement im Alpenpark Karwendel 2007-12 (HASELWANTER 2012A) angeführt.

In der nachfolgenden Zusammenstellung sind nochmals wesentlichen Maßnahmen angeführt, die zeitlich nach „**SOFORTIGER**“, „**MITTELFRISTIGER** (bis 5 Jahre)“ und „**LANGFRISTIGER** (bis 10 Jahren)“ Umsetzung gereiht sind.

### 4.1 MASSNAHMENKATALOG FÜR ALLE MOORE

#### SOFORTIGE BZW. WEITERE JÄHRLICHE UMSETZUNG

- ⇒ Die Weidefreistellung aller Moorflächen mit entsprechender regelmäßiger Kontrolle als erstes und wichtigstes Gebot des Moorschutzes ist auch weiterhin und langfristig aufrecht zu erhalten!
- ⇒ Keine Befahrung der Moorflächen und der Pufferzonen mit jeglichen Fahrzeugen!
- ⇒ Fortführung des hydrologischen Monitorings mit **neuen Datenloggern** (mit automatischer Luftdruckkompensation). Der Vorteil liegt in der Datensicherheit und schlussendlich effizienteren Arbeitsweise!
- ⇒ Trotzdem sollte eine regelmäßige Datenauslese und Kontrolle der Diver (Daten-Speicher, Akkuzustand und Datenqualität!) durchgeführt werden!
- ⇒ Zur Datensicherheit sind mindestens **vier** händische Wasserstandsmessungen pro Pegelrohr (Diver bleibt im Rohr!) mit größter Genauigkeit durchzuführen. Drei dieser Messungen sollten idealerweise in der Hauptvegetationszeit im Zeitraum Juni-August und die vierte im Herbst beim Datenauslesen durchgeführt werden. Das Datenauslesen sollte nach dem **15.10.** des jeweiligen Jahres passieren! Diese Arbeiten dürfen nur von einer in die diesbezüglichen Methodik und Dokumentation eingewiesene Person durchgeführt werden.
- ⇒ **Regelmäßige Kontrolle der Dämme bei allen Mooren!** Auch diese Arbeiten sollten nur von einer fachlich eingewiesenen Person durchgeführt werden.

#### MITTELFRISTIGE UMSETZUNG

- ⇒ Geltend für alle Moore sollte im Zuge eines laufenden **dendroökologischen Monitorings** (zumindest nach 5 Jahren) das Gehölzaufkommen in der Moorfläche verfolgt und bei Bedarf deren Deckungsgrad reduziert werden. Dabei ist insbesondere das **Roskopf-Moor** zur berücksichtigen, welches aus den aktuellen Wasserstandsmessungen herausgenommen wurde! Ein regelmäßiges Schwenden der Latschenverjüngung zur Aufrechterhaltung der Niedermoorevegetation ist dort unerlässlich, dabei ist besondere Aufmerksamkeit auf die von HASELWANTER (2008, S. 106, Abb. 72) kartierten **Hoch- und Zwischenmoorbereiche** zu legen!

#### LANGFRISTIGE UMSETZUNG

- ⇒ Weitere vegetationsökologische Untersuchungen, insbesondere zu den ausgepflockten Dauerbeobachtungsflächen sollten durchgeführt werden.
- ⇒ **Fortsetzung des Fotomonitorings** aus der Luft wie bei HASELWANTER (2008) begonnen z.B. mittels Drohnen.

### 4.2 MAßNAHMEN KATALOG FÜR DIE MOORE

#### AD BRETTERSBERG ML-MOOR:

- ⇒ Unmittelbare **technische Überprüfung** des Divers im Pegelrohr 04.
- ⇒ Zum besseren Verständnis der Wasserganglinien der vorhandenen Pegelrohre sollte ein **hochauflösender Laserscan** des Moorgeländes (ohne Vegetation) und Verortung aller Pegelrohre angefertigt werden. Auch diesbezüglich wurde bereits mit Dr. M. Haupolter die entsprechenden technischen Details abgeklärt (HASELWANTER 2012A).
- ⇒ Die **erweiterte Weidefreistellung** im gesamten Lagg-Bereich des Moores, wie bereits mehrfach u. a. bei HASELWANTER (2008) und (2012A &B, 2014) angeführt, ist unmittelbar umzusetzen. Diese „unscheinbaren“ Drainagen im Moorrandsbereich haben eine schädliche Auswirkung auf das gesamte Moor! Ausführliche Details u. a. zum Zonenkonzept beim Brettersberg ML-Moor befinden sich in HASELWANTER (2008)!
- ⇒ Die **maschinelle Errichtung** eines Dammes südlich des vorhandenen händisch errichteten Dammes mit Lärchenbretter mit mindestens **4m** Länge.

**AD HALSLKOPF-MOOR:**

- ⇒ Unmittelbare **technische Überprüfung** des Divers im Pegelrohr 01, 02 & 03.
- ⇒ **Maschinelle Errichtung** weiterer Dämme im Bereich der vorhandenen Dämme Nr. 4, 5 und 6 mit Lärchenbretter mit mindestens **4m** Länge.
- ⇒ Mehrmaliges Ausbringen von Sägemehl vor den entsprechenden Dämmen in Fließrichtung um einen Abdichtungseffekt für die undichten Dämme Nr. 4, 5 und 6 zu erreichen.

**AD PITZKOPF-MOOR:**

- ⇒ Unmittelbare **technische Überprüfung** des Divers im Pegelrohr 03.
- ⇒ Rückbau des nördlichen Entwässerungsgraben mittels Sohlschwellenverbauung im nördlichen Entwässerungsgraben zur Verlangsamung der Abflussgeschwindigkeit und Dotierung des Nieder- resp. Hochmoorbereiches.
- ⇒ Erweiterte Weidefreistellung im westlichen Moorbereich, wie bereits im „Dritten Zwischenbericht“ (Haselwanter 2010) und Haselwanter (2008) angeführt.

**AD - RABERSKOPF-MOOR:**

- ⇒ Unmittelbare **technische Überprüfung** des Divers im Pegelrohr 01.
- ⇒ Jährliche Dammkontrolle, insbesondere der Enddämme aller Gräben.
- ⇒ Verdichtung des Messnetzes mittels Datenlogger!

## 5 HERZLICHEN DANK AN...

- ⇒ ... **A. STRUDL, ÖBF** für die perfekte Zusammenarbeit!
- ⇒ ... **AO. UNIV. PROF. DR. GERT MICHAEL STEINER**, Department für Naturschutzbiologie, Vegetations- und Landschaftsökologie, Univ. Wien, für die wissenschaftliche Beratung und Fachexpertise zu den Mooren!
- ⇒ ... **KOORDINATIONSSTELLE NATURPARK KARWENDEL, GF. MAG. H. SONNTAG**

## 6 LITERATUR

- GROSVERNIER PH. & STAUBLI P. [Hrsg.] (2009): Regeneration von Hochmooren. Grundlagen und technische Maßnahmen. Umwelt-Vollzug Nr. 0918, Bundesamt für Umwelt, Bern. 96.
- HASELWANTER G. (2008): Schutz- und Managementkonzept für ausgewählte Moore im Alpenpark Karwendel. Dissertation an der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck: 230.
- HASELWANTER G. (2012A): Moormanagement im Alpenpark Karwendel 2007-12. Abschlussbericht. - Im Auftrag der Abteilung Umweltschutz, Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck: unveröffentlicht, 14.
- HASELWANTER G. (2012B): Hydrologisches Management ausgewählter Karwendel Moore 2007-12. Abschlussbericht. - Im Auftrag der Abteilung Umweltschutz, Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck: unveröffentlicht, 37.
- HASELWANTER G. (2014): Hydrologisches Management ausgewählter Karwendel Moore 2012-19. Zwischenbericht 2012-13. - Im Auftrag der Abteilung Umweltschutz, Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck: unveröffentlicht, 30.
- JOOSTEN H. ET AL. (2008): Emission reductions from rewetting of peatlands. Towards a field guide for the assessment of greenhouse gas emissions from Central European peatlands. Duene, Greifswald University: 28.
- NIEMANN E. (1973): Grundwasser und Vegetationsgefüge: Grundwasserdauerlinien-Koinzidenzmethode und Dauerlinien-Variabilitätsdiagramm im Rahmen ökologischer Untersuchungen an grundwasserbeeinflussten Vegetationseinheiten. – Supplementum Nr. 6, Barth, Leipzig: 172.
- PÖSTINGER, M. (2007): Sanierung des Moorökosystems „Rote Auen“ in der Gemeinde Weitersfelden, Oberösterreich. Planung, Umsetzung und Erfolgskontrolle. – Dissertation, Universität Wien: 207.
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (ZAMG): 1190 Wien, Hohe Warte 38, Österreich, <http://www.zamg.ac.at/cms/de/topmenu/impressum>
- STEINER G. M. (1992): Österreichischer Moorschutzkatalog. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Band 1; Styria Medien Service, Graz: 509.
- STEINER G. M. & EGGER G. (2005): Endbericht Renaturierung des Moores am Raberskopf, Bezirk Schwaz, KG Eben (Gp. 1247/1). – Institut für Ökologie und Naturschutz der Universität Wien: 5, unveröffentlicht.