



Sabine Weidemann, B.Eng.

Datenanalyse des hydrologischen Einzugsgebietes Pöllau

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Geotechnik und Wasserbau - Bauingenieurwissenschaften

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Muschalla

Mitbetreuende Assistentin:

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Evelyn Krall

Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau

Graz, November 2016

Kontakt:
Sabine Weidemann
sabine.weidemann@student.tugraz.at

EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG

AFFIDAVIT

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used anything other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or contextually from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis.

Datum / Date

Unterschrift / Signature

Danksagung

Ganz herzlich will ich mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mir in verschiedenster Weise beim Erstellen dieser Masterarbeit zur Seite standen.

Dank gebührt meinem akademischen Lehrer Herrn Univ.-Prof. Muschalla, dem Vorstand des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasser, für die Themenvergabe und die Betreuung der Arbeit,

Danken möchte ich Frau Dr. Evelyn Krall, die mir während der Arbeit jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand, für die Übernahme des Koreferats,

Ein besonders lieber Dank geht an David Cahmy, der immer Zeit hatte, mir die vielen Unklarheiten der Datenauswertung mit seiner fachlichen Unterstützung zu erklären und geduldig geholfen hat, wenn ich nicht mehr weiter wusste.

Weiterer Dank geht natürlich auch an Roland Fuchs, der mich mit sämtlichen Informationen über das Einzugsgebiet und deren Messeinrichtungen versorgt hat und mich liebenswerter Weise auch das ein- oder andere Mal mit nach Pöllau mitgenommen hat.

Dankbar bin ich Herrn Dr. Schatzl dafür, dass er sich die Zeit genommen hat, mir diverse Fragen zu beantworten und mir die Pegelmessstellen in Pöllau zu zeigen und zu erläutern.

Ein Dankeschön geht auch an den Tourismusverband Pöllau und insbesondere an Herrn Grabenhofer für die Informationen und Diskussion über die klimatologischen Veränderungen in Pöllau.

Diese Danksagung wäre nicht komplett, ohne ein Dankeschön an alle Freunde, die ich im Laufe meines Studiums kennengelernt habe und die aus meinem Leben nicht mehr wegzudenken sind. Ich danke vor allem meinen beiden liebsten Mitstudierenden Lena & Philipp, ohne deren Unterstützung und Freundschaft ich das niemals alles geschafft hätte, was nun hinter mir liegt.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie, insbesondere bei meinen Eltern und meiner Oma bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und während der gesamten Zeit ein offenes Ohr für meine Probleme hatten.

Kurzfassung

Das Forschungseinzugsgebiet Pöllau dient seit seiner Errichtung 1979 der Beobachtung und Erhebung hydrometeorologischer Kenngrößen. Als Grundlage dient ein Messnetz aus Niederschlags- und Abflussmessstationen sowie einer meteorologischen Zentralstation. Die Ziele dieser Arbeit sind einerseits das Erstellen eines Überblickes des Stationsmessnetzes hinsichtlich Historie und Funktionsweise, andererseits eine erste Auswertung der Niederschlags-, Boden- und Lufttemperaturdaten im Untersuchungsgebiet. Dafür wurden zunächst die Messdaten und alle relevanten Informationen zu den Messstationen erfasst. Aus den Informationen wurde für jede Messstation ein Stationsdatenblatt mit allen wesentlichen Metadaten erstellt. Aufgrund der Datenausfälle und Messfehler in den Zeitreihen der erhobenen Daten mussten diese zunächst validiert und überprüft werden. Die Ausfallsquoten der Niederschlags- und Lufttemperaturdaten lagen in einem akzeptablen Rahmen, die der Bodentemperaturdaten sind als kritisch zu betrachten. Analysen der Niederschlagsmessdaten wurden für den Beobachtungszeitraum von 1980 bis 2015 durchgeführt und die Ergebnisse für jede Station dargestellt. Es wurde festgestellt, dass die Niederschlagsverteilung hauptsächlich von einer Abnahme von Westen nach Osten im Untersuchungsgebiet bestimmt ist, und nicht von den Faktoren Seehöhe, Gelände und Exposition abhängt. Eine Untersuchung der Niederschlagsveränderung über den Beobachtungszeitraum ergab eine Zunahme des mittleren Jahresniederschlags, insbesondere in den Sommermonaten. Die Auswertung der Lufttemperaturdaten zeigt eine Abnahme der Jahresmitteltemperatur für den Betrachtungszeitraum von 1993 bis 2015. Ebenso wurden die mittleren Jahrestemperaturverläufe für alle Höhen der Bodentemperatur dargestellt. Es hat sich gezeigt, dass in 0,1 Meter über Erdoberfläche ein ausgeprägter Tagesgang vorliegt, in 0,5 und 1,0 Meter Tiefe ist dieser nicht mehr vorhanden. Für die Auswertung klimatologischer Kenngrößen wurden Trockenperioden, Starkniederschlagsereignisse und Schneedeckentage begutachtet. Für die Veränderung der Trockenperioden ergab sich aufgrund der starken Variabilität keine statistisch gesicherte Aussage. Die Starkniederschlagsereignisse im Einzugsgebiet zeigen sowohl in ihrer Häufigkeit als auch in ihrer Intensität eine tendenzielle Zunahme für den Untersuchungszeitraum. Die Entwicklung der Schneedeckentage zeigt eine Abnahme der Schneehöhen von mehr als 30 cm im Untersuchungszeitraum. Die verwendeten Stationsdaten lieferten gute Ergebnisse für die Auswertungen und wurden als plausibel eingestuft.

Abstract

Since its establishment in 1979, the research catchment area Pöllau is used for monitoring and the collection of hydrometeorological parameters. It is based on a monitoring network of precipitation and discharge stations as well as a meteorological central station. The main objectives of this work are on the one hand creating an overview of the station-monitoring network regarding history and functionality, on the other hand providing a first evaluation of the precipitation, soil and air temperature data in the study area. First, a collection of all measured data and relevant information of the monitoring stations was gathered, subsequently creating a station data sheet out of the information with all the essential metadata for each station. Due to data failures and errors in measurements, the time series of data obtained first had to be validated and reviewed. The failure rates of precipitation and air temperature data were within acceptable limits, the ground temperature data however had to be regarded as critical. Analysis of precipitation measurements were performed for the observation period from 1980 to 2015 afterwards representing the results for each station. It was found that the distribution of rainfall is determined primarily by an ex-acquisition from west to east in the study area and does not depend on the factors altitude, terrain and exposure. Investigating the precipitation changes over the observation period showed an increase in mean annual precipitation especially during the summer months. The analysis of the air temperature data shows a decrease in the mean annual temperature for the period 1993-2015. Similarly, the mean annual temperature patterns were shown for all levels of the soil temperature. It was discovered that 0.1 meters under the Earth's surface a marked diurnal variation exists which in 0.5 and 1.0 meter depth is no longer detectable. For the evaluation of climatological characteristics droughts, heavy precipitation events and snow cover days were examined. Due to the strong variability in drought change, no statistically reliable statement could be made. The heavy precipitation events in the catchment area show an increasing trend both in frequency and in intensity for the investigation period. The development of snow cover days shows a decrease in snow heights of more than 30 cm during the investigation period. The station data used gave good results for the multiple evaluations and were considered plausible.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	g
Tabellenverzeichnis.....	j
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	2
1.2 Ziele der Masterarbeit.....	3
2 Untersuchungsgebiet.....	4
2.1 Entstehung und Geschichte.....	4
2.2 Stabile Systemeigenschaften	6
2.3 Dynamische Systemeigenschaften.....	11
3 Messstationsnetz.....	13
3.1 Übersicht	13
3.2 Niederschlagsmessstationen.....	16
3.3 Pegelmessstationen	23
3.4 Meteorologische Zentralstation.....	27
4 Methodik.....	33
4.1 Arbeitsablauf.....	33
4.2 Grundlagen zur Datenprüfung	35
4.3 Datengrundlage	38
4.4 Validierung der Messdaten	43
4.5 Datenprozessierung	48
4.6 Untersuchung der der Zeitreihe auf klimatologische Veränderungen	50
5 Ergebnisse	57
5.1 Datenqualität	57
5.2 Charakteristik der Niederschlagsdaten.....	65
5.3 Auswertung der Niederschlagsdaten.....	73
5.4 Charakteristik der Lufttemperaturdaten	76
5.5 Auswertung der Lufttemperatur	78

5.6	Charakteristik der Bodentemperaturdaten	81
5.7	Klimatologische Auswertungen.....	85
6	Diskussion der Ergebnisse.....	94
6.1	Niederschlagsdaten	94
6.2	Lufttemperatur	95
6.3	Bodentemperatur.....	96
6.4	Kenngrößen der Klimaänderung.....	97
7	Zusammenfassung und Ausblick	99
	Literaturverzeichnis.....	101
	Anhang	i
Anhang A1.....		ii
Anhang A2.....		ix
Anhang A3.....		xii

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Lage des Einzugsgebietes Pöllau innerhalb der Steiermark (GIS-Steiermark 2016)	6
Abbildung 2-2: Lage in den übergeordneten Einzugsgebieten (nach Kainz 2006, modifiziert)	7
Abbildung 2-3: Hypsogramm und Höhenlage der Niederschlagsstationen (nach Kainz 2006, modifiziert)	8
Abbildung 2-4: Geologie der Pöllauer Bucht (Schwendt 1998, modifiziert)	10
Abbildung 2-5: Landschaftsbild des Einzugsgebietes Pöllau (Naturpark Pöllauer Tal 2015)	12
Abbildung 3-1: Instrumentelle Ausstattung des Einzugsgebietes Pöllau (Kainz 2006, modifiziert)	14
Abbildung 3-2: Niederschlagswaage Pluvio ² der Messstation Cividino	18
Abbildung 3-3: Niederschlagsmessgeräte nach dem Wippenprinzip (Links: Moyhofer; rechts: Franzl am Moor)	19
Abbildung 3-4: Niederschlagsmessgerät Parsivel ² der Zentralstation Heiling	20
Abbildung 3-5: Durch erhöhten Pollenflug verstopfter Filter der Messstation Leitenbertl	22
Abbildung 3-6: Basispegel Saifenbach an seinem aktuellen Standort	23
Abbildung 3-7: Gewässernetz und Übersicht der Pegelmessstationen im Einzugsgebiet (Ruch 2006, modifiziert)	25
Abbildung 3-8: Lageplan der instrumentellen Ausstattung der meteorologischen Zentralstation Heiling	28
Abbildung 4-1: Schematische Darstellung des Arbeitsablaufes (nach DWA-M 181, 2011)	34
Abbildung 4-2: Beispiel für die Darstellung der Roh- und Primärdaten der Niederschlagswaage Cividino vom 27.08.2013	40
Abbildung 4-3: Beispiel für die Darstellung der Roh- und Primärdaten der Niederschlagswippe Cividino vom 18.03.1997	40
Abbildung 4-4: Darstellung der Schneehöhen der Zentralstation Heiling von 1983 bis 2013	55
Abbildung 4-5: Prozentuale Verteilung der Schneedeckenhöhen an der Station Heiling	55
Abbildung 4-6: Darstellung der Schneehöhen der Station Cividino von 1981 bis 2013	56
Abbildung 4-7: Prozentuale Verteilung der Schneedeckenhöhen an der Station Cividino	56
Abbildung 5-1: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Cividino	66

Abbildung 5-2: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Franzl am Moor	67
Abbildung 5-3: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Moyhofer	68
Abbildung 5-4: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Leitenbertl	69
Abbildung 5-5: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Schule Köppelreith	70
Abbildung 5-6: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Höhenhansl	71
Abbildung 5-7: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Heiling Waage 0,1 mm.....	72
Abbildung 5-8: Mittlere Jahresniederschlagshöhe der Stationen berechnet für den Zeitraum zwischen 1980 und 2015.....	73
Abbildung 5-9: Abbildung des mittleren Jahresniederschlags für den Zeitraum 1987-2015 inklusive Darstellung des 10-jährigen gleitenden Mittelwerte.....	74
Abbildung 5-10: Darstellung der aufsummierten Tagessummen des Niederschlags für den Beobachtungszeitraum 1980-2015 sowie die Zeiträume von 1980-1989 und 2005-2015	75
Abbildung 5-11: Jahrgang der Monatsmitteltemperaturen, Messstation Heiling 1993-2014	77
Abbildung 5-12: Abbildung der mittleren Jahreslufttemperaturen für den Zeitraum 2002-2014 inklusive Darstellung des 10-jährigen gleitenden Mittelwertes.....	79
Abbildung 5-13: Darstellung der jährlichen Anzahl von Eis- und Hitzetage während des Untersuchungszeitraum 1993-2014.....	80
Abbildung 5-14: Beispiel für den Tagesgang der Bodentemperatur vom 20. bis 22.11.2004.....	81
Abbildung 5-15: Jahrgang der Monatsmittelwerte der Bodentemperatur +0,1 m, Station Heiling 1991-2008.....	82
Abbildung 5-16: Jahrgang der Monatsmittelwerte der Bodentemperatur - 0,5 m, Station Heiling 1991-2008	83
Abbildung 5-17: Jahrgang der Monatsmittelwerte der Bodentemperatur - 1,0 m, Station Heiling 1991-2008	84
Abbildung 5-18: Darstellung der mittleren jährlichen Trockenperioden von mindestens sechs Tagen im Untersuchungszeitraum 1979-2015	85
Abbildung 5-19: Darstellung der jährlichen Starkniederschlagsereignisse im Einzugsgebiet, Zeitintervall 15 Minuten, Niederschlag $\geq 8,6$ mm	86

Abbildung 5-20: Darstellung der mittleren monatlichen Starkniederschlagsereignisse für die Perioden 1980-1990 und 2004-2015, Zeitintervall 15 Minuten und $NS \geq 8,6$ mm	87
Abbildung 5-21: Darstellung der mittleren jährlichen Starkniederschlagshöhen für das Zeitintervall von 15 Minuten.....	87
Abbildung 5-22: Darstellung der jährlichen Starkniederschlagsereignisse im Einzugsgebiet, Zeitintervall 30 Minuten, Niederschlag $\geq 12,2$ mm	88
Abbildung 5-23: Darstellung der mittleren monatlichen Starkniederschlagsereignisse für die Perioden 1980-1990 und 2004-2015, Zeitintervall 30 Minuten und $NS \geq 12,2$ mm	89
Abbildung 5-24: Darstellung der mittleren jährlichen Starkniederschlagshöhen für das Zeitintervall von 30 Minuten.....	89
Abbildung 5-25: Darstellung der jährlichen Starkniederschlagsereignisse im Einzugsgebiet, Zeitintervall 60 Minuten, Niederschlag $\geq 17,1$ mm	90
Abbildung 5-26: Darstellung der mittleren monatlichen Starkniederschlagsereignisse für die Perioden 1980-1990 und 2004-2015, Zeitintervall 60 Minuten und $NS \geq 17,1$ mm	91
Abbildung 5-27: Darstellung der Schneetage in Abhängigkeit von der Schneedeckenhöhe an der Zentralstation Heiling in den Jahren 1983 bis 2013.....	92
Abbildung 5-28: Darstellung der Schneetage in Abhängigkeit von der Schneedeckenhöhe an der Station Cividino in den Jahren 1981 bis 2013.....	93
Abbildung 6-1: Verlauf der mittleren Jahresdurchschnittstemperatur in den Messtiefen.....	96

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Aufstellung der morphometrische Parameter des Einzugsgebietes Pöllau sowie der Teileinzugsgebiete Prätisbach, Saifenbach und Höhenhanslbach (nach Ruch et al., 2003 und nach Zojer et al., 1996, modifiziert)	9
Tabelle 3-1:	Basisinformation der Messstationen des Einzugsgebietes Pöllau	14
Tabelle 3-2:	Basisinformationen der Niederschlagsmessinstrumente	17
Tabelle 3-3:	Basisinformationen der Pegelmessstellen	25
Tabelle 3-4:	Messgrößen der meteorologischen Zentralstation Heiling	29
Tabelle 3-5:	Messinstrumente der Zentralstation Heiling: Windstärke und Windrichtung	30
Tabelle 3-6:	Messinstrumente der Zentralstation Heiling: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck	30
Tabelle 3-7:	Messinstrumente der Zentralstation Heiling: Strahlung global und reflekt	31
Tabelle 3-8:	Messinstrumente der Zentralstation Heiling: Bodentemperatur	31
Tabelle 3-9:	Messinstrumente der Zentralstation Heiling: Verdunstung	32
Tabelle 4-1:	Struktur des Quality Control Systems mit Kontrollschichten (Kabas, 2011)	36
Tabelle 4-2:	Datengrundlade der Niederschlagsmessstationen	38
Tabelle 4-3:	Datengrundlage der meteorologischen Messstationen	39
Tabelle 4-4:	Grenzwerte zur Überprüfung der technisch sensorspezifischen Plausibilität (Kabas 2011, modifiziert)	44
Tabelle 4-5:	Grenzwerte zur Überprüfung der klimatologischen Plausibilität (Kabas 2011, modifiziert)	45
Tabelle 4-6:	Grenzwerte der Überprüfung der Variabilität 4 (Kabas 2011, modifiziert)	46
Tabelle 4-7:	Randbedingungen für Trockenperiode in Österreich (Bender S., Schaller M., 2014)	52
Tabelle 4-8:	Schwellenwerte für die Definition von Starkregen nach Wussow	54
Tabelle 4-9:	Verwendete Datengrundlage zur Betrachtung der Schneedeckentage	54
Tabelle 5-1:	Perioden ohne Niederschlagsaufzeichnung, differenziert in Trockenheitsperiode und Zeitabschnitte ohne Datenaufzeichnung	58
Tabelle 5-2:	Datenlücken der Messstation Cividino	59
Tabelle 5-3:	Datenlücken der Messstation Franzl am Moor	59
Tabelle 5-4:	Datenlücken der Messstation Moyhofer	59

Tabelle 5-5:	Datenlücken der Messstation Leitenbertl	60
Tabelle 5-6:	Datenlücken der Messstation Schule Köppelreith	60
Tabelle 5-7:	Datenlücken der Messstation Höhenhansl	60
Tabelle 5-8:	Datenlücken der Messstation Heiling Waage 0,1 mm	61
Tabelle 5-9:	Vergleich der Monatsmitteltemperaturen 1991-2008 und 2009-2014, Station Heiling Boden -0,5 m.....	62
Tabelle 5-10:	Statistische Parameter der Niederschlagsstation Cividino	65
Tabelle 5-11:	Statistische Parameter der Niederschlagsstation Franzl am Moor	67
Tabelle 5-12:	Statistische Parameter der Niederschlagsstation Moyhofer	68
Tabelle 5-13:	Statistische Parameter der Niederschlagsstation Leitenbertl	69
Tabelle 5-14:	Statistische Parameter der Niederschlagsstation Schule Köppelreith	70
Tabelle 5-15:	Statistische Parameter der Niederschlagsstation Höhenhansl.....	71
Tabelle 5-16:	Statistische Parameter der Niederschlagsstation Heiling Wippe 0,1 mm	72
Tabelle 5-17:	Statistische Parameter der Lufttemperatur, Station Heiling 1993 - 2014	76
Tabelle 5-18:	Aufstellung der Jahresmitteltemperatur, Messstation Heiling 1993-2014.....	78
Tabelle 5-19:	Statistische Parameter der Bodentemperatur +0,1 m, Station Heiling 1991 - 2008	82
Tabelle 5-20:	Statistische Parameter der Bodentemperatur -0,5 m, Station Heiling 1991 - 2008	83
Tabelle 5-21:	Statistische Parameter der Bodentemperatur -1,0 m, Station Heiling 1991 - 2008	84

Abkürzungsverzeichnis

CSV	Dateiformat	Comma-separated values
EDV	Elektronische Datenverarbeitung	-
FTP	Dateiübertragungsprotokoll	File Transfer Protocol
GOK	Geländeoberkante	-
GPRS	Allgemeiner paketorientierter Funkdienst	General Packet Radio Service
GSM	Digitaler Mobilfunkstandard	Global Standard for Mobile Communications
MMW	Monatsmittelwert	-
MNS	Monatsniederschläge	-
MRS	Magnetoresistive Sensoren	-
m.ü.A.	Meter über Adria	-
NaCl	Natriumchlorid	-
NaN	Kein Zahlenwert	not a number
NS	Niederschlag	-
R ²	Bestimmtheitsmaß	coefficient of determination
WMO	Weltorganisation für Meteorologie	World Meteorological Organization
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik	-

1 Einleitung

*„Die einzige Wetter-Konstante ist die ständige Veränderung.“
(Alexander Podesser, Leiter der ZAMG Steiermark 2016)*

Um klimatologische Veränderungen und Trends aufzuzeigen und zu untersuchen, ist die Aufbereitung langer hydroklimatologischer Messreihen von großer Bedeutung. Zu den Hauptarbeitsgebieten der Hydrologie zählt die Erhebung von quantitativen Komponenten des Wasserkreislaufes. Hierbei handelt es sich u.a. um den Niederschlag, die Verdunstung, die Luft- und Wassertemperatur, den Wasserstand und den Abfluss. Daneben müssen diese Daten geprüft und für weitere Fragestellungen zur Verfügung gestellt werden. Die Anwendung dieser Daten ist beispielsweise zur Untersuchung des Wasserkreislaufes hinsichtlich des Einflusses von Klima und hydrologischer Prognosen wesentlich.

Eine Voraussetzung für die rückblickenden Betrachtungen eines Einzugsgebietes hinsichtlich der Veränderung hydrologischer Kenngrößen sind homogene und ausreichend lange hydrographische Zeitreihen.

Mit der Errichtung des Forschungseinzugsgebiet Pöllau wurde ein langjähriges Monitoring unterschiedlicher hydrometeorologischer Kenngrößen im Untersuchungsgebiet ermöglicht. Für die Darstellung und Erforschung von klimatischen und hydrologischen Prozessen sind die vor Ort aufgenommenen Messdaten von großem Nutzen, um mögliche hydrologische Klimafolgen auf Einzugsgebietsebene zu erfassen und darzustellen.

1.1 Motivation

Ausschlaggebend für die Durchführung der vorliegenden Arbeit ist, dass dem Institut für Siedlungswasserwirtschaft an der Technischen Universität Graz seit 38 Jahren Daten über das hydrologische Versuchsgebiet Pöllau (Steiermark) vorliegen. Es ist eines der am längsten und kontinuierlich beobachteten hydrologischen Forschungseinzugsgebiete in Österreich. Die instrumentelle Ausstattung des Einzugsgebietes Pöllau besteht derzeit aus sieben Niederschlags- und drei Pegelmessstationen sowie einer meteorologischen Zentralstation. Dieses verdichtete Sondermessnetz sowie die lange Dauer der Datenaufzeichnung hat eine Vielzahl an Daten zur Folge. Eine dementsprechend große Menge meteorologischer und hydrologischer Daten kann beispielsweise für die Analyse von hydroklimatischen Trends oder die Entwicklung und Verifizierung von Modellkonzepten behilflich sein.

Die Frage nach dem Ausmaß der bis jetzt schon merkbaren Veränderungen in den Messreihen ist von großer Bedeutung. Es ist hydrologisch und wasserwirtschaftlich von Interesse, zu erkennen, ob und wie sich die unterschiedlichen klimatologischen Parameter – Niederschlag, Luft- und Bodentemperatur – verändert haben, da diese einen großen Einfluss auf den Wasserkreislauf haben. Die Analysen der Zeitreihen sind hinsichtlich der Untersuchung der klimatologischen Veränderungen über den Untersuchungszeitraum von großer Bedeutung, um signifikante, zeitliche Veränderungen der hydrologischen Kenngrößen zu identifizieren.

Neben der Untersuchung der Messreihen nach allgemeinen Trends und Veränderungen spielt die Betrachtung von Extremereignissen eine große Rolle. Solche extremen Wetterereignisse wie Hitzewellen, Dürreperioden oder extreme Niederschläge besitzen ein hohes Schadenspotenzial und haben daher weit stärkere Auswirkungen auf die Gesellschaft als das mittlere Klima. Bedingt durch die aktuelle Diskussion der Klimaveränderung, kommt der Frage nach einer zukünftigen Änderung der Häufigkeit und Intensität von meteorologischen Extremereignissen ein hoher Stellenwert zu.

Das Einzugsgebiet Pöllau war mehrmals von außergewöhnlichen Extremniederschlagsereignissen betroffen, welche bedingt durch ein klimabedingtes Zusammenspiel eines plötzlich auftretenden Starkregens und der Topographie sowie den Untergrundverhältnissen zu außerordentlichen Hochwasserereignissen geführt haben. Diese Ereignisse sind häufig mit Schäden für Mensch, Natur und Infrastruktur verbunden.

Die Analyse der Änderung von Häufigkeit und Intensität solch extremer Wetterereignisse anhand ausgewählter Klimaparameter ist hinsichtlich des hohen Schadenspotentials dieser Ereignisse von großem Nutzen. Beispielsweise können Erkenntnisse aus der Betrachtung von Extremwertereignissen helfen, hochwasserrelevante Niederschlagsereignisse hinsichtlich der großräumigen atmosphärischen Vorgänge zu identifizieren und dadurch Entscheidungsträger im Hochwassermanagement mit belastbaren Fakten in der Entwicklung von Anpassungsstrategien unterstützen.

1.2 Ziele der Masterarbeit

Die Ziele der Masterarbeit lassen sich in zwei Teile untergliedern.

Der erste Teil der vorliegenden Arbeit umfasst unter anderem die Erarbeitung eines Überblickes über das Stationsmessnetz im hydrologischen Einzugsgebiet Pöllau hinsichtlich der Historie und Funktionsweise der Messstationen. Dies beinhaltet ferner die Fertigung der jeweiligen Stationsdatenblätter, da diese Arbeit als Informationssammlung zu den Messstationen im Einzugsgebiet Pöllau dient und Hintergrundinformationen zu den Messdaten und den Stationen geben soll.

Im zweiten Teil erfolgt anschließend eine erste Auswertung der relevanten meteorologischen und hydrologischen Daten. Ziel ist es dabei, aus den Rohdaten mittels automatisierter und visueller Validierung eine homogene Datenreihe zu erhalten, die folgend ihre Qualität und Vollständigkeit betreffend eruiert wird. Diese Qualitätsanalyse der Daten soll sicherstellen, dass die Aussagen, welche hinsichtlich der Entwicklungen der Datenreihen getroffen werden, auf einer zuverlässigen Informationsgrundlage beruhen. Die mittels der Datenvalidierung gewonnenen Datenreihen sollen Aufschluss darüber geben, wie sich die Niederschläge sowie die Luft- und Bodentemperaturen im Untersuchungszeitraum verändert haben. Untersucht werden sollen sowohl die quantitativen Veränderungen der Mittelwerte auf Jahres-, Monats- und Tagesbasis, als auch die Maximalwerte. Ziel ist dabei die Darstellung einer Veränderung in der Datenreihe während des Untersuchungszeitraums. Ferner werden die relevanten Klimaparameter Niederschlag und Lufttemperatur hinsichtlich einer möglichen Klimaveränderung untersucht. Dabei wird auf die Häufigkeit der Extremereignisse Trockenperioden, Starkniederschläge und Schneedeckentage als Indikatoren der Klimaveränderung zurückgegriffen. Diese Ereignisse werden hinsichtlich ihrer Intensität und Häufigkeit sowie einer jahreszeitlichen Verschiebung wenn ersichtlich hin untersucht.

Das Einzugsgebiet Pöllau stellt durch sein vielfältig geprägtes Landschaftsbild von Wald- und Wiesengebieten, landwirtschaftlich genutzten Ackerflächen bis zu städtischen Strukturen in exemplarischer Weise ein hervorragend geeignetes, mesoskaliges Untersuchungsgebiet für die Kennzeichen und Auswirkungen der Veränderungen des Klimas dar.

2 Untersuchungsgebiet

Im folgenden Kapitel wird das hydrologische Forschungseinzugsgebiet Pöllau hinsichtlich seiner Entstehungsgeschichte, Auswahl des Gebietes und der Betreuung analysiert und dargestellt. Anschließend werden die stabilen sowie die dynamischen Systemeigenschaften des Einzugsgebietes beschrieben.

2.1 Entstehung und Geschichte

Mit der Errichtung des hydrologischen Versuchsgebietes in der Pöllauer Bucht bei Hartberg wurde 1978 im Rahmen der Schwerpunktaufgaben des internationalen hydrologischen Programmes begonnen. Dieses Einzugsgebiet ist bedingt durch sein verdichtete Sondermessnetz von Niederschlags- und Abflussmessstationen speziell für Forschungszwecke ausgestattet und wird seither gemeinsam von der Technischen Universität Graz und dem Hydrographischen Dienst beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung betreut (Kainz, 2006).

Die Betreuung des Versuchsgebietes oblag bis zum Herbst 2001 dem Institut für Hydraulik und Hydrologie (unter Prof. Bergmann). Ab dem Zeitpunkt übernahm das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau (unter Prof. Kainz, später Prof. Muschalla) die regelmäßige Kontrolle der Messinstrumente und die Durchführung der Messungen. Seit 1991 beteiligt sich zudem das Institut für Wasserressourcenmanagement, Hydrogeologie und Geophysik der Johanneum Research Forschungsgesellschaft mbH mit dem Schwerpunkt auf unterirdische Abflussprozesse an den Untersuchungen (Ruch C.A., Vasvári V., Harum T., 2006).

Das vom Institut für Hydrogeologie und Geothermie (später in Hydrogeologie und Geophysik umbenannt) der Johanneum Research Forschungsgesellschaft mbH eingerichtete und bereute Teileinzugsgebiet Höhenhansl war von 1995 bis 1999 zusammen mit der gesamten Pöllauer Bucht Teil des EU-Projekts „Agri-Environmental Measures and Water Quality in Mountain Catchments“ (AGREAUALP).

Die Gründe für die Wahl dieses Gebietes für Forschungszwecke ergaben sich zum einen aus den allgemeinen wissenschaftlichen Zielsetzungen und zum anderen aus den praktischen Erfordernissen sowie aus der verkehrsgeographischen Lage zur Universitätsstadt Graz. Es wurde darauf geachtet, dass die Größe des Forschungseinzugsgebietes einerseits überschaubar und der instrumentelle Aufwand angemessen ist. Es sollte jedoch auch eine ausreichende Aussagegenauigkeit der Ergebnisse und die Repräsentativität des Gebietscharakters gewährleistet werden können.

Die Höhenlage und Geländeneigung entsprechen den Mitteleuropaverhältnissen am Alpenostrand. Die geologischen Verhältnisse der Pöllauer Bucht sind so beschaffen, dass die Grenze des Einzugsgebietes eindeutig festgelegt und dadurch der Abfluss möglichst genau kontrolliert werden kann. Das Witterungsverhältnis ist dem regionalen Klimatyp entsprechend repräsentativ (Kainz, 2006).

Durch die Nähe zur Universität Graz konnte eine regelmäßige Kontrolle und Wartung der Messstationen sowie eine reibungslose Durchführbarkeit von Messungen und experimentellen Arbeiten ermöglicht werden (Technische Universität Graz/Institut für Hydromechanik, Hydraulik und Hydrologie, 1987).

2.2 Stabile Systemeigenschaften

2.2.1 Lage und Morphologie

Das Einzugsgebiet Pöllau liegt in der östlichen Steiermark (Österreich), zentral im Steirischen Becken an der Ostabdachung der Alpen. Die Gemeinde Pöllau, nach der das Einzugsgebiet benannt ist, befindet sich geographisch im Süden des Einzugsgebietes. Sie liegt elf Kilometer westlich von Hartberg und rund 55 km nordöstlich der Landeshauptstadt Graz. Durch die Gemeinde Pöllau fließt die nach ihr benannte Pöllauer Saifen, welche im Gemeindegebiet die Dürre Saifen sowie den Prätisbach aufnimmt. Am Oberlauf der Pöllauer Saifen befindet sich beiderseits der Naturpark Pöllauer Tal (Schinnerl, 2016). Abbildung 2-1 zeigt die Lage der Einzugsgebietes Pöllau in der Steiermark.

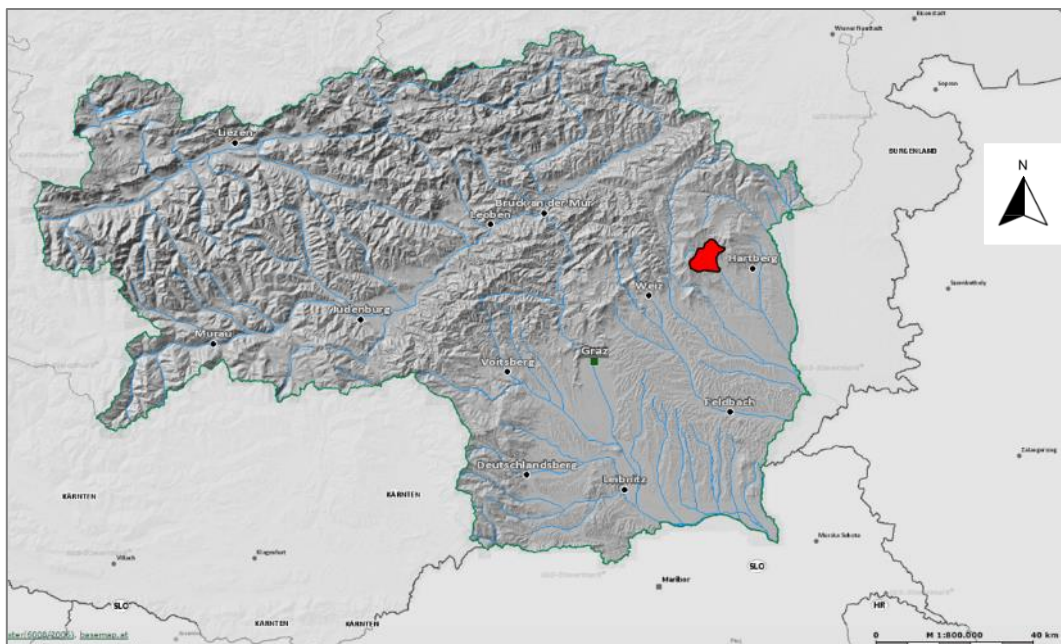


Abbildung 2-1: Lage des Einzugsgebietes Pöllau innerhalb der Steiermark (GIS-Steiermark 2016)

Das größte Gewässer im Einzugsgebiet Pöllau ist die Pöllauer Saifen, welche die Dürre Saifen sowie den Prätisbach im Einzugsgebiet Pöllau aufnimmt. Da die Pöllauer Saifen in der Gemeinde Saifen-Boden als Saifen entspringt, hat sich die Nomenklatur als Pöllauer Saifenbach weit verbreitet und es wird darauf hingewiesen, dass im Folgenden der Begriff Pöllauer Saifenbach gleichbedeutend mit Pöllauer Saifen verwendet wird.

Die Fläche des Einzugsgebietes beträgt 58,3 km². Das Gebiet umfasst mehrere, durch eigene Pegel erfasste Teileinzugsgebiete: das Teilgebiet Saifenbach (Pegel nicht mehr intakt) mit einer Fläche von 22,9 km², den Prätisbach mit einer Fläche von 21,1 km², den Mausbach mit einer Fläche von 3,6 km² (Pegel nicht mehr intakt) sowie das Kleineinzugsgebiet des Höhenhanslbach (Pegel nicht mehr intakt) mit einer Fläche von 0,42 km². Das Restgebiet beträgt 10,28 km² (Ruch C.A., Vasvári V., Harum T., 2006).

Ferner liegt das Einzugsgebiet Pöllau in dem übergeordneten Einzugsgebiet der Safen, welches ein orographisches Einzugsgebiet von 381,8 km² besitzt. Die Abflussbeobachtung des Einzugsgebietes Safen erfolgt durch die Pegelmessstation Waltersdorf. Überdies erfolgt eine übergeordnete Abflussbeobachtung durch die Pegelstation Elterndorf an der Lafnitz, welche ein orographisches Gebiet von 1956 km² umfasst (Ruch C.A., Vasvári V., Harum T., 2006).

Abbildung 2-2 zeigt die Lage des Einzugsgebietes Pöllau in den übergeordneten Einzugsgebieten Safen, sowie Lafnitz und Feistritz.

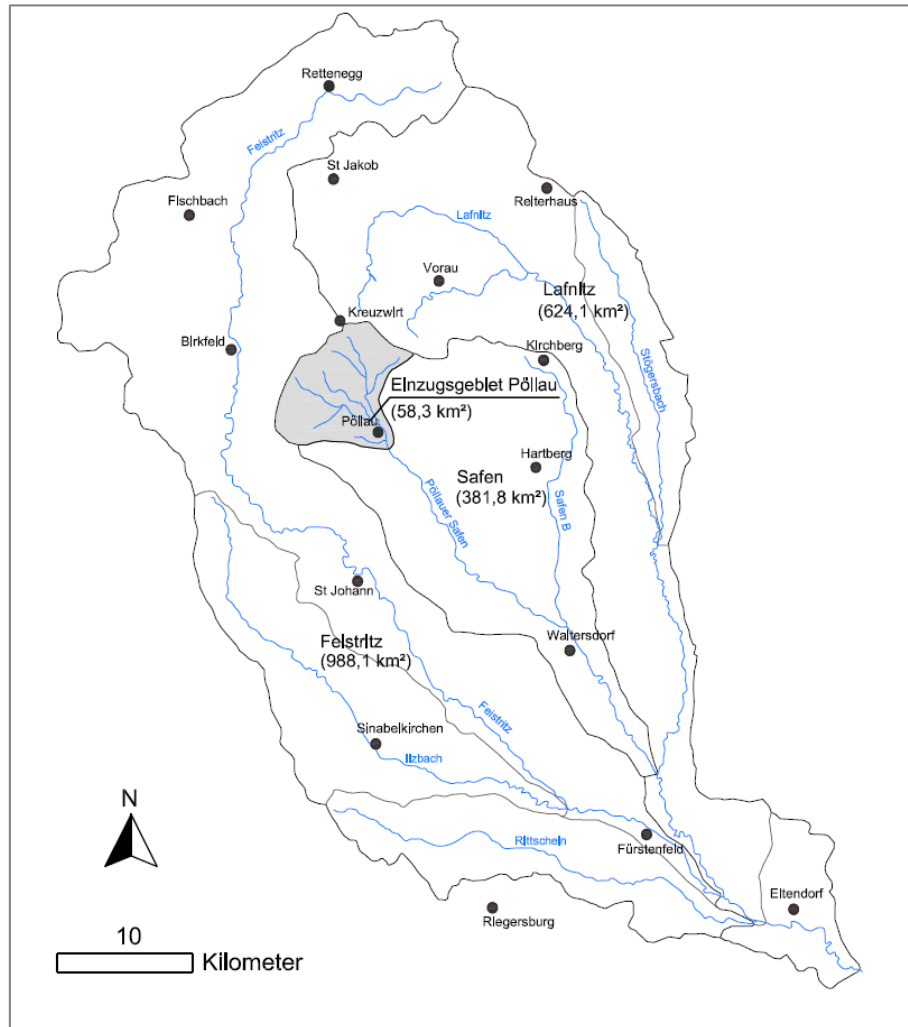


Abbildung 2-2: Lage in den übergeordneten Einzugsgebieten (nach Kainz 2006, modifiziert)

Mittels dieser hierarchischen Staffelung der über- und untergeordneten Einzugsgebiete bieten sich messtechnisch günstige Voraussetzungen für das Studium der Übertragbarkeit der Berechnungsergebnisse (Technische Universität Graz/Institut für Hydromechanik, Hydraulik und Hydrologie, 1987).

Eine Besonderheit der Pöllauer Bucht ist der in Abbildung 2-3 ersichtliche, große Höhenunterschied von 879 m (min 399 m ü. A. und max 1278 m ü. A.). Die Abbildung zeigt grafisch durch die auf der Abszisse aufgetragene Fläche des Einzugsgebietes Pöllau in Quadratkilometer und den auf der Ordinate aufgetragenen Höhen in m ü. A. die Höhenlage und Verteilung der einzelnen Niederschlagsstationen. Aus der hypso-graphischen Kurve lassen sich so die Perzentile der Höhenverteilung ablesen. Die mittlere Seehöhe beträgt 710 m ü. A., rund 5 % des Einzugsgebietes liegt über 900 m ü. A. (Ruch et al., 2003).

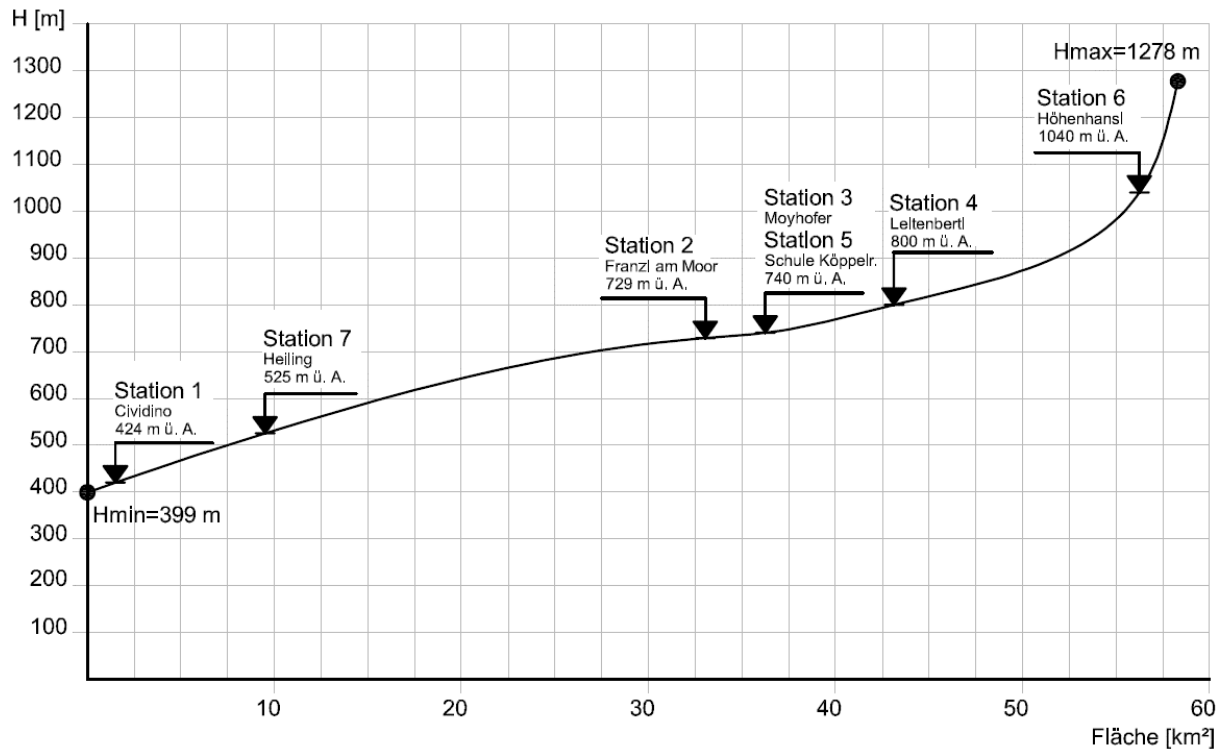


Abbildung 2-3: Hypsogramm und Höhenlage der Niederschlagsstationen (nach Kainz 2006, modifiziert)

Das vom Institut für Hydrogeologie und Geothermie der Johanneum Research Forschungsgesellschaft mbH betreute Teileinzugsgebiet Höhenhansl ist mit einer Fläche von rund 0,42 km², einer Höherenerstreckung zwischen 778 m ü. A. und 1074 m ü. A. und einer mittleren Höhe von 996 m ü. A. das geographisch am höchsten gelegene Teileinzugsgebiet in der Pöllauer Bucht.

Die Abmessungen des Einzugsgebietes sind in der Länge 8,6 km und 6,8 km in der Gebietsbreite, bei einem Umfang von ca. 33,01 km. Die insgesamt gedrungene Form des Einzugsgebietes ergibt einen Formfaktor von 0,79 (Kainz, 2006).

Das Einzugsgebiet ist durch die hohe Gewässernetzdichte von 1,87 km/km² gut entwässert (Ruch et al., 2003), weitere morphometrische Parameter sind Tabelle 2-1 zu entnehmen.

Tabelle 2-1: Aufstellung der morphometrische Parameter des Einzugsgebietes Pöllau sowie der Teileinzugsgebiete Prätisbach, Saifenbach und Höhenhanslbach (nach Ruch et al., 2003 und nach Zojer et al., 1996, modifiziert)

	Einzugsgebiet Pöllau gesamt	Einzugsgebiet Prätisbach	Einzugsgebiet Saifenbach	Einzugsgebiet Höhenhanslbach
Fläche [km²]	58,3	21,1	22,9	0,42
Höhe min. [m. ü. A]	399	415	455	778
Höhe mttl. [m. ü. A]	710	706	859	963
Höhe max. [m. ü. A]	1278	1055	1271	1067
Hangneigung mttl. [°]	11.03	11.60	12.99	17.07
Hangneigung max. [°]	34.63	29.09	34.63	29.96
Kluftstellung [°]	142	184	100	164
Gewässernetzdichte [km/km²]	1.87	1.80	1.82	0.47

2.2.2 Geologie und Pedologie

Die Wasserscheide des Pöllauer Einzugsgebiets bildet ein bogenförmiger, kristalliner Gebirgszug mit einem Flächenanteil von 82,7 %. Diese gewährleistet mit einer tertiären Sedimentdecke (Flächenanteil 12,7 %) und quartärer Talfüllung (Flächenanteil 4,6 %) in den Niederungen eine klare Abgrenzung zu den Nachbareinzugsgebieten (Ruch C.A., Vasvári V., Harum T., 2006).

Grundsätzlich unterscheidet man im Einzugsgebiet Pöllau zwei geologische Formationen, ersichtlich in Abbildung 2-4: das kristalline Grundgebirge des Berglandes, welches vorwiegend aus Gneis, Quarz und Glimmerschiefer mit lokalen Einlagerungen (Granulit, Amphibolschiefer und Sericit-Glimmerschiefer) besteht, und die jungtertiären Schichten der Bucht, welche aus Schotter und Lehm oder meist aus einem Gemenge von beiden besteht. Im unteren Bereich des Einzugsgebietes finden sich vorwiegend fluviale Sandablagerungen (Nebert, 1952).

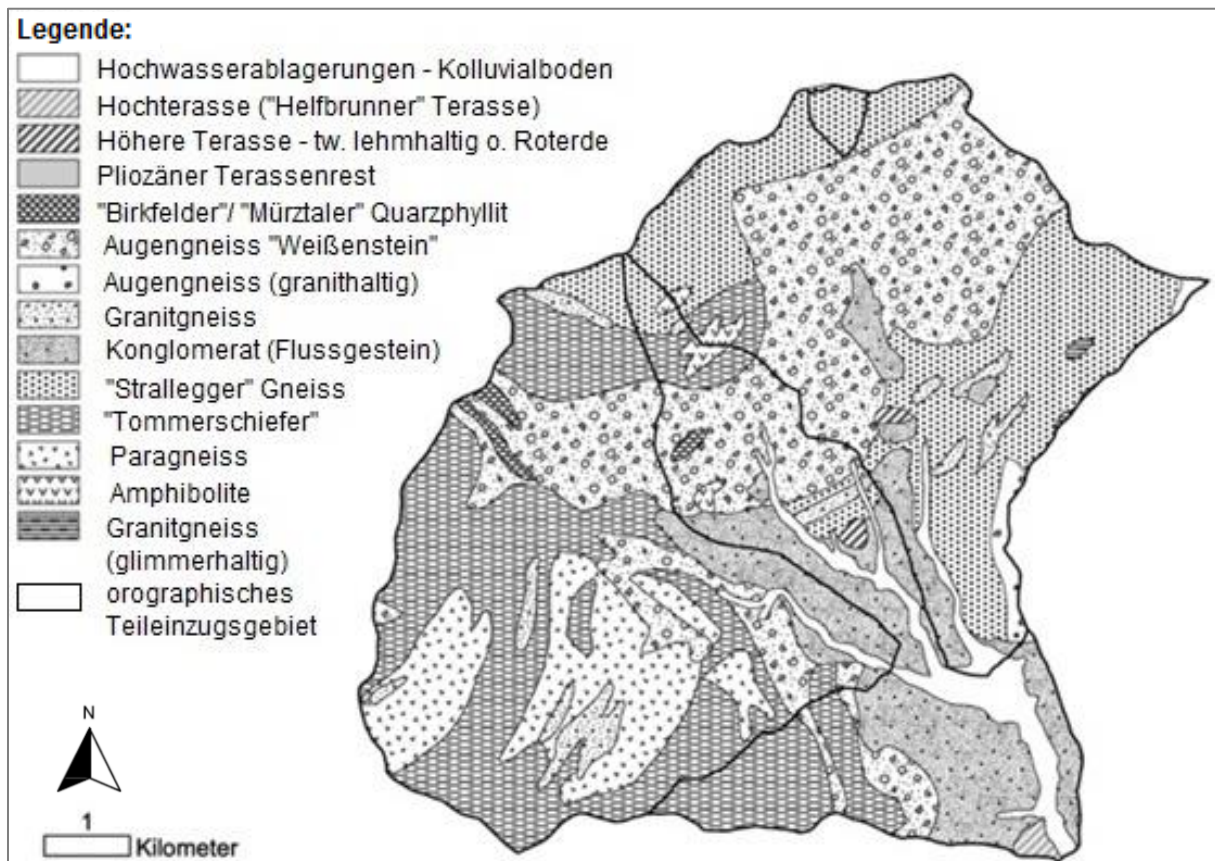


Abbildung 2-4: Geologie der Pöllauer Bucht (Schwendt 1998, modifiziert)

Die Hänge der kristallinen Hügel sind mit einer bis zu einer Dicke von mehreren Metern mächtigen Verwitterungsschicht bedeckt. Pedologisch ist das Einzugsgebiet vorwiegend durch Braunerde und Lehmböden mit geringem Wasserspeichervermögen charakterisiert. Der Wasserabfluss des Einzugsgebietes über die Aquifere wird aufgrund der begrenzten Größe des Tals an der Austrittsstelle als eher gering im Vergleich zum Oberflächenabfluss aufgefasst (Ruch et al., 2003).

2.3 Dynamische Systemeigenschaften

2.3.1 Klima

Das Klima der Pöllauer Bucht ist repräsentativ für die klimatische Situation des Steirischen Beckens, das durch das Steirische Randgebirge als Klimascheide gegen den alpinen Raum hin abgegrenzt wird. Es ist geprägt durch heftige Starkregen in den Sommermonaten, bei verhältnismäßig geringem Niederschlag in den Wintermonaten (Ruch C.A., Vasvári V., Harum T., 2006).

Die Pöllauer Bucht stellt ein Becken dar, welches eine Orientierung von Nordwest nach Südost aufweist. Es liegt eingebettet in den Steirischen Randgebirgsbogen zwischen Masenberg im Nordosten und Rabenwaldkogel im Südwesten. Die Züge eines Beckenklimas kommen allerdings nur abgeschwächt zur Geltung, da das Becken nach Südosten hin eine verhältnismäßig breite Öffnung aufweist (Land Steiermark, 2016).

Durch den großen Höhenunterschied im Einzugsgebiet Pöllau von fast 900 m ergibt sich eine geländeklimatische Differenzierung, die zu beachten ist. Die Gunstzone ist in der Höhenlage von ca. 550 m bis 650 m anzutreffen. Die darauf folgende Höhenzone von 650 m bis ca. 750 m weist insbesondere im Winter noch eine Klimagunst auf.

Das Becken weist trotz erhöhter Inversionsgefährdung mit rund 40 bis 50 Tagen im Jahr nur geringe Neigungen zur Bildung von Nebel auf. Die Durchlüftung des Gebiets ist infolge häufigen Einflusses des Nordföhns und eines autochthonen Talwindsystems ausreichend und beträgt im Jahresmittel rund 1,5 m/s und mehr. Die lediglich mäßig hohe Frostgefährdung in der Pöllauer Bucht ermöglicht bereits in geringer Distanz zur Talsohle den Anbau von Obstkulturen (Streuobstwiesen) und Wein (Land Steiermark, 2016).

2.3.2 Landnutzung

Mit 49 % ist rund die Hälfte des Einzugsgebietes mit Wald bedeckt, wobei die Nadelbäume als Bewuchs dominieren. Das anthropogen wenig beeinflusste Teileinzugsgebiet Höhenhansl weist überdies eine Waldbedeckung von ca. 70 % auf. Die städtischen Gebiete, im Wesentlichen auf die Stadt Pöllau beschränkt, und die Verkehrsflächen können mit einem Anteil von 0,3 % als vernachlässigbar angesehen werden. Typisch für das Bergland im Einzugsgebiet Pöllau ist der hohe Anteil an Wiesenbewuchs (35 %), als agrarkultivierte Flächen werden lediglich 15 % genutzt. 94 % der Böden sind nicht kalkhaltig (Ruch C.A., Vasvári V., Harum T., 2006).

Das Forschungseinzugsgebiet Pöllau liegt geographisch im Naturpark Pöllauer Tal, welcher 1983 errichtet wurde. In der vielfältigen Natur- und Kulturlandschaft des Naturparks wachsen sowohl seltene Pflanzenarten, wie der Silikat-Glocken-Enzian, oder eine Orchideenwiese, sowie die für diese Gegend landschaftsprägende Pöllauer Hirschbirne g.U.¹, welche in Abbildung 2-5 in der typischen Kultivierung einer Streuobstwiese ersichtlich ist.



Abbildung 2-5: Landschaftsbild des Einzugsgebietes Pöllau (Naturpark Pöllauer Tal 2015)

¹ g.U. = geschützte Ursprungsbezeichnung

3 Messstationsnetz

In diesem Kapitel wird eine Übersicht über das Stationsmessnetz im hydrologischen Einzugsgebiet Pöllau gegeben. Anschließend werden die Niederschlags- und Pegelmessstationen sowie die meteorologische Zentralstation hinsichtlich ihrer Historie, Funktionsweise und Datenerfassung beschrieben.

3.1 Übersicht

Die Hauptziele der Forschungstätigkeit im hydrologischen Versuchsgebiet Pöllau sind Untersuchungen über den Wasserhaushalt im allgemeinen, die Anwendung moderner Messmethoden - beispielsweise Tracer Techniken, Fernerkundungsmethoden - bei der Lösung ingenieurhydrologischer Aufgaben, die Entwicklung von Kriterien für die Übertragbarkeit von Untersuchungsergebnissen auf andere Einzugsgebiete, die Überprüfung und Verbesserung mathematischer Modelle in der Hydrologie und die Erstellung von Planungsgrundlagen für die Wasserwirtschaft.

Grundlage für die Arbeiten im Bereich der Einzugsgebietshydrologie bildet eine hierarchische Teileinzugsgebietsgliederung des gesamten Einzugsgebietes. Die Untergliederung in Teileinzugsgebiete erfolgte einerseits in Anlehnung an geeignete Abflussmessbedingungen am Auslauf jeden Teileinzugsgebietes, andererseits in Hinsicht einer hierarchischen Höhengliederung.

Die instrumentelle Ausstattung des Forschungseinzugsgebietes Pöllau hat sich in den Jahren immer wieder verändert. Bestand die Geräteausstattung vor Beginn des Forschungsprogrammes aus je einem Niederschlagsmesser innerhalb und am Rande des Einzugsgebietes (Station Pöllau, Kreuzwirt) (Technische Universität Graz/Institut für Hydromechanik, Hydraulik und Hydrologie, 1987), wurden bei der Errichtung des Forschungseinzugsgebietes 1978 sieben Niederschlags- und eine Klimamessstationen sowie eine Pegelmessung errichtet, um einer möglichst repräsentativen Abdeckung der klimatischen Verhältnisse im Pöllauer Becken gerecht zu werden. Das Datenmonitoring des Forschungseinzugsgebietes begann im Jahre 1979 (Kainz, 2006)

Derzeit besteht die instrumentelle Ausstattung des Versuchsgebietes aus sieben Niederschlagsmessstationen (1-7), drei Abflussmessstationen (A-C) sowie einer meteorologischen Messstation (M), deren Lagen in Abbildung 3-1 dargestellt sind. Die zugehörigen Basisinformationen der Stationen sind Tabelle 3-1 zu entnehmen.

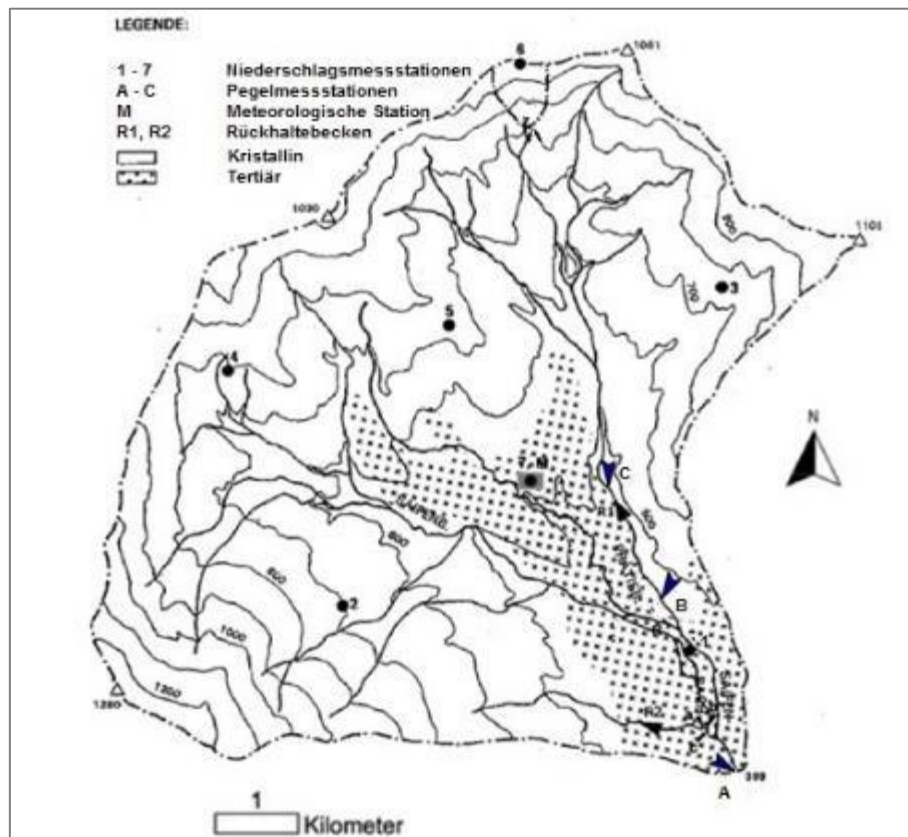


Abbildung 3-1: Instrumentelle Ausstattung des Einzugsgebietes Pöllau (Kainz 2006, modifiziert)

Tabelle 3-1: Basisinformation der Messstationen des Einzugsgebietes Pöllau

Pegelmessstationen		Höhe [m ü. A.]
A	Basispegel Saifenbach	398
B	Prätisbach Ölmühle	415
C	Prätisbach RHB - Wildholzrechen	480
Niederschlagsmessstationen		Höhe [m ü. A.]
1	Cividino	424
2	Franzl im Moor	729
3	Moyhofer	740
4	Leitenbertl	800
5	Schule Köppelreith	740
6	Höhenhansl	1040
7	Heiling	525

Die instrumentelle Ausstattung des hydrologischen Versuchsgebietes basiert auf automatischen Messgeräten mit zeitvariabler Niederschlagsaufzeichnung (Niederschlagswippen und eine Niederschlagswaage). Für die Wasserstandsufzeichnung werden Drucksonden mit digitalen Registriersystemen eingesetzt, wobei der Wasserstand digital erfasst wird.

Die Stationsdichte im Einzugsgebiet Pöllau ist hinsichtlich der räumlichen Auflösung der hydrologischen Daten deutlich höher als die des Hydrographischen Dienstes in der gesamten Steiermark. In der Steiermark beträgt die Dichte der Niederschlagsmessstationen 1,16/100 km² und jene der Wasserstandsmessstellen 0,79/100 km² (Hydrographischer Dienst, Stand 2003, mündl. Mitteilung Herr Dr. Schatzl, übernommen von Ruch et. al., 2006). Im Versuchsgebiet beträgt die Dichte der Niederschlagsmessstationen 13,01/100 km² und jene der Wasserstands- bzw. Abflussmessstellen 5,57/100 km².

Die erfassten Daten der Niederschlagsmessstationen Cividino, der Zentralstation Heiling sowie der Abflussmessstellen Saifenbach/Basispegel und Prätisbach/Ölmühle werden in den hydrographischen Jahrbüchern Österreichs veröffentlicht (Ruch C.A., Vasvári V., Harum T., 2006).

Für die Zentralstation Heiling sind die aktuellen Niederschlagssummen der letzten 14 Tage bzw. der letzten 48 Stunden über die WebGIS Applikation eHYD (elektronische Hydrografische Daten) aufrufbar.

3.2 Niederschlagsmessstationen

Im Folgenden wird auf die sechs einzelnen Niederschlagsstationen (Nr. 1 – 6) sowie die Niederschlagsmessinstrumente der Zentralstation (Nr. 7) eingegangen.

Die Datenblätter hinsichtlich Grundinformationen und geographischer Lage der Niederschlagsmessstationen befinden sich im Anhang A1.

3.2.1 Historie

Die 1979 bei Errichtung des Forschungseinzugsgebietes Pöllau in Betrieb genommenen Niederschlagsmessstationen sind seitdem in Betrieb. Lediglich die instrumentelle Ausstattung der Messstationen wurde über die Jahre erneuert.

Das Datenmonitoring begann im Jahr 1979 bei der Niederschlagsmessstation Cividino. Im Jahr 1980 wurden die Messstationen Franzl am Moor, Moyhofer, Leitenbertl, Schule Köppelreith und Höhenhansl in Betrieb genommen. Die Niederschlagsmessung an der Zentralstation Heiling begann im Jahr 1982.

Die Messstation Moyhofer wurde im Oktober 1983 mit der Festspeicherelektronik der ersten Generation ausgestattet und bis zum Januar 1988 im Doppelbetrieb mit Magnetbandaufzeichnung geführt.

Der Umbau auf die Festspeicherelektronik der zweiten Generation fand im Jahr 1991 bei allen Niederschlagsstationen statt.

Im Sommer 2008 wurden alle Niederschlagsmessstationen mit einem GSM-Modem ausgerüstet, welches die Datenübertragung per Abruf über das Mobilfunknetz zum Institut und zur Hydrografie ermöglicht

Zusammen mit der Hydrographie Steiermark erfolgte am 24.11.2011 an der Station Cividino der Umbau von der Niederschlagswippe auf eine Niederschlagswaage des Typs Pluvio² der Firma Ott.

Die Niederschlagsmessung der Zentralstation Heiling besteht derzeit noch aus einer Niederschlagswippe (0,1 mm) und einem laser-optischen Distrometer. Die Niederschlagswippe in Bodenebene war von 1984 bis 2006 in Betrieb, ist jedoch aufgrund des mehrmaligen Absinkens in den Boden aufgegeben worden. Der Betrieb der Niederschlagswaage der Zentralstation wurde ebenfalls eingestellt, sowie auch jener der Niederschlagswippe (0,2 mm), welche 2015 gegen einen laser-optischen Distrometer ausgetauscht wurde.

3.2.2 Funktionsweise und Datenerfassung

Im hydrologischen Forschungseinzugsgebiet Pöllau sind derzeit drei unterschiedliche Niederschlagsmesssysteme im Einsatz:

- Niederschlagswaage
- Niederschlagswippe
- Distrometer

Die Basisinformationen, wie die instrumentelle Ausstattung, Datenverfügbarkeit und zeitliche Auflösung des Messtaktes, der Niederschlagsmessinstrumente im Einzugsgebiet Pöllau, sind der nachstehenden Tabelle 3-2 zu entnehmen.

Tabelle 3-2: Basisinformationen der Niederschlagsmessinstrumente

Messtelle	Höhe [m. ü. A]	Instrumentelle Ausstattung	Datenverfügbarkeit	zeitliche Auflösung
1 Cividino	424	Messwippe 0,1 mm	1979 - Nov. 2011	zeitvariabel
		Niederschlagswaage	Nov. 2011 - lfd.	min.
2 Franzl im Moor	729	Messwippe 0,1 mm	1980- lfd.	zeitvariabel
3 Moyhofer	740	Messwippe 0,1 mm	1980- lfd.	zeitvariabel
4 Leitenbertl	800	Messwippe 0,1 mm	1980- lfd.	zeitvariabel
5 Schule Köppelreith	740	Messwippe 0,1 mm	1980- lfd.	zeitvariabel
6 Höhenhansl	1040	Messwippe 0,1 mm	1980 - lfd.	zeitvariabel
7 Heiling	525	Messwippe 0,1 mm	1982 - lfd.	zeitvariabel
		Messwippe 0,2 mm	1983 - 2015	zeitvariabel
		Niederschlags-Distrometer	2015 - lfd.	zeitvariabel
		Niederschlagswaage	1997 - 2008	zeitvariabel
		Messwippe 0,1 mm Bodenebene	1984 - 2006	zeitvariabel

Die derzeit noch im Betrieb befindlichen Niederschlagsmesssysteme werden im Folgenden hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Datenerfassung erläutert.

Niederschlagswaage:

Die Niederschlagsmessstation Cividino (Nr. 1) ist seit 2011 mit einer Niederschlagswaage ausgestattet (siehe Abbildung 3-2). Der verwendete, wägende Niederschlagsmesser Pluvio² der Firma OTT ist ein Gerät zur gravimetrischen Messung der Niederschlagsmenge und erfasst sowohl die Menge als auch die Intensität sämtlicher Niederschläge. Das digitale Ausgangssignal wird über einen Präzisionsverstärker sowie einem hochauflösenden AD-Wandler mit einer Auflösung von 0.01 mm Niederschlag erzeugt. Die Auffangfläche von 400 cm² hat eine Kapazität von 750 mm. Er erfüllt damit die Anforderungen der WMO-Richtlinie No.8 („Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation“). Ferner ist dieses Messinstrument mit einer Begleitheizung ausgestattet, wodurch die Messung von festem Niederschlag ebenfalls möglich ist (OTT Hydromet GmbH).



Abbildung 3-2: Niederschlagswaage Pluvio² der Messstation Cividino

Niederschlagswippe:

Die Niederschlagssensoren mit Kippwaage, auch als Ombrometer bezeichnet, dienen der Messung der Niederschlagshöhe und der Niederschlagsintensität. Die Messstationen 2 bis 6 und die Zentralstation (Nr. 7) sind mit selbstregistrierenden Niederschlagsmessgeräten nach dem Wippenprinzip ausgestattet. Die Messstation Moyhofer (Nr. 3) ist mit einem automatischen Niederschlagsmessgerät DRS-4 der Firma Sommer und einer Wippe der Firma Anton Paar ausgestattet, siehe Abbildung 3-3. Die restlichen Messstationen sind ebenfalls mit einem automatischen Niederschlagsmessgerät DRS-4 bzw. MRS-4 der Firma Sommer versehen, die Wippen entsprechen dem Typ Horvath.



Abbildung 3-3: Niederschlagsmessgeräte nach dem Wippenprinzip (Links: Moyhofer; rechts: Franzl am Moor)

Bei diesen Messgeräten wird jeweils der Zeitpunkt des Wippenumschlages, entsprechend einer Niederschlagshöhe von 0,1 mm, aufgenommen. Die Aufzeichnungen werden auf elektronischen Datenträgern gespeichert. Die Erfassung der Regenmenge und der Regenintensität erfolgt mit Hilfe einer Auffangfläche von 500 cm². Dieses Instrument ist ebenfalls mit einem Heizungssystem versehen, was einen ganzjährigen Einsatz ermöglicht. Die definierte Auffangfläche von 500 cm² und die Auflösung von 0,1 mm entsprechen ebenfalls der WMO-Richtlinie No.8. Die Montage erfolgte gemäß ÖNORM M 9490 in einer Höhe von 1,50 m über Grund.

Die Datenerfassung erfolgt mit Hilfe des Datenerfassungssystems DRS-4 der Firma Sommer. Jeder Wippenumschlag wird durch die Pulsumformelektronik angenommen,

auf dem internen Speicher registriert und mittels GSM-Datenübertragung, die einmal täglich stattfindet, zum Institut übertragen. Die Messdaten werden wertdiskret bei jedem Wippenumschlag mit dem zugehörigen Zeitstempel übertragen und zeitvariabel auf Memory-Cards gespeichert. Die Wippengeräte werden regelmäßig mit Hilfe eines speziell für den Feldeinsatz entwickelten Gerätes kalibriert und die gemessenen Niederschlagshöhen mit den Eichkurven korrigiert.

Der Niederschlagssammelbehälter ermöglicht die Kontrolle der während einer Zeitperiode gefallenen Niederschläge. Betreuungsfahrten zur Kontrolle und Wartung der Messgeräte werden in einem ca. ein- bis zweimonatigen Turnus durchgeführt, ebenso wie die Kontrolle der Niederschlagsmessgeräte. Bei diesen Kontrollen werden zugleich das Messgerät samt Pulsumformelektronik und Datenerfassungssystem kontrolliert, der Auffangtrichter gereinigt und der Niederschlagssammelbehälter ausgelitert. Während der Winterperiode wird während der Kontrollen die Funktionstüchtigkeit der Begleitheizung überprüft. Die durchgeführten Arbeiten werden ebenso wie die als Kontrollwerte für den Niederschlag gemessenen Wassermengen in das Betreuungsprotokoll, welches am Institut zur Einsichtnahme aufliegt, eingetragen.

Niederschlagsbestimmung mittels laser-optischen Distrometer:

Bei der Zentralstation Heiling (Nr. 7) ist neben der Niederschlagswippe zudem ein laser-optischer Distrometer des Typs Ott Parsivel² vorhanden.

Das in Abbildung 3-4 dargestellte Messgerät Parsivel² der Zentralstation Heiling verwendet als Messprinzip einen Laserstrahl, welcher durch die niederfallenden Hydrometeore unterbrochen wird. Dadurch werden Menge, Intensität, Partikelgröße und Geschwindigkeit des Niederschlags gemessen.



Abbildung 3-4: Niederschlagsmessgerät Parsivel² der Zentralstation Heiling

Das Messgerät arbeitet nach dem Extinktionsprinzip und misst Niederschlagspartikel anhand der Abschattung die sie hervorrufen, wenn sie ein Laserband passieren. Es erfasst die Niederschlagsart, -menge und -Verteilung sowie die Fallgeschwindigkeit der einzelnen Hydrometeore (Niesel, Niesel/Regen, Regen, Schneeregen, Schnee, Schneegriesel, Graupel, Hagel). Durch die gemessene Größe und Geschwindigkeit jedes einzelnen Hydrometeors können alle wichtigen meteorologischen Parameter, wie beispielsweise Sichtweite im Niederschlag, abgeleitet werden. Die Messfläche beträgt 54 cm² (OTT Hydromet GmbH).

Abhängig vom eingestellten Messintervall umfasst das resultierende Niederschlagspektrum eine Zeitspanne zwischen 10 min und 1 h. Über Standard-Schnittstellen werden sowohl die berechneten als auch die Spektren-Daten an den Datenlogger ausgegeben.

3.2.3 Fehleranfälligkeit und Wartung

Bei jedem Stationsbesuch werden routinemäßige Grundprüfungen absolviert, wozu neben Funktionsprüfung auch die Reinigung des Niederschlaggebers zu zählen ist.

Die im Zuge der Kontrollfahrten durchgeführten Tätigkeiten beinhalten den Ersatz beschädigter Bestandteile des Niederschlaggebers, Reparaturarbeiten an der Stationsinfrastruktur sowie die Behebung von den Messbetrieb negativ beeinflussenden Störelementen.

Die Messstation Cividino (Nr. 1) hat bedingt durch ihre Funktionsweise als Niederschlagswaage den Vorteil, dass das Reinigen verstopfter Trichter oder Filter entfällt. Die Wartungsarbeiten beschränken sich auf das Entleeren der Auffangbehälter. Des Weiteren entfällt eine Nachkalibrierung, da das Messsystem bei Pluvio² hermetisch gegen etwaige Umwelteinflüsse versiegelt ist, was eine lebenslang gültige Kalibrierung von Wägezelle und Sensorelektronik gewährleistet (OTT Hydromet GmbH).

Bei den eingesetzten Niederschlagsmessgeräten, die nach dem Wippenprinzip (Nr. 2 - 7) funktionieren, liegt der Vorteil in der hohen Präzision bei niedrigen und mittleren Niederschlagsintensitäten. Nachteilig bei dem Einsatz einer Niederschlagswippe sind die zu geringen Messergebnisse bei hohen Niederschlagsintensitäten sowie durch den kontinuierlichen Wasserverlust während der Bewegung der Wippe beim Umschlag. Eine weitere Problematik ergibt sich bei sehr geringen Niederschlagsintensitäten unterhalb der Ansprechschwelle des Messgerätes.

Durch die mit Filter versehenen, aufgesetzten Trichter wird vermieden, dass sich Schmutz- und Staubpartikel in dem Auffangbehälter sammeln und den Behälterinhalt beeinflussen. Schwebeteilchen in der Luft, wie beispielsweise Laub, Samenkörner oder Pollen, legen sich innerhalb der Sensorauffangfläche an. In weiterer Folge können diese zu einer Blockierung der Trichteröffnung führen. Überdies können Kleintiere in den Innenraum des Geräts gelangen und dadurch die Funktion der Niederschlagswippe beeinträchtigen.

Diese Problematik ist in Abbildung 3-5 dargestellt. Der aufgesetzte Trichter mit eingebautem Filter der Messstation Leitenbertl (Nr.4) verstopfte aufgrund erhöhtem Pollenaufkommens im Frühjahr 2016. Durch Abnahme des Filters und dessen Reinigung konnte die Funktionstüchtigkeit wieder hergestellt werden.



Abbildung 3-5: Durch erhöhten Pollenflug verstopfter Filter der Messstation Leitenbertl

Der Distrometer der Niederschlagsmessstation Heiling (Nr. 7) ist wartungsfrei, da er ohne bewegliche Teile oder Auffangbehälter auskommt. Bei diesem Messgerät zeigt sich allerdings eine Problematik der Datenaufzeichnung bei starken Regenereignissen. Ferner ist er optischen Einflüssen, beispielsweise durch Verschmutzung auf der Glasscheibe, sehr empfindlich, da diese das Laserband stören und dadurch die Messergebnisse verfälschen.

In Ergänzung zu den oben angeführten Aufgaben umfassen die Wartungsarbeiten vor Ort technische Tätigkeiten, wie beispielsweise der Austausch oder die Reparatur von Sensoren und Datenloggern. Einen weiteren bedeutenden Aspekt stellt die Fehlersuche bei auftretenden Problemen mit dem Datentransfer dar. Eine Eruiierung der Ursache des Problems direkt an der Niederschlagsmessstation ist notwendig, wenn über einen längeren Zeitraum keine Datenübertragung stattfindet.

3.3 Pegelmessstationen

Nachfolgend wird die geschichtliche Entwicklung sowie die Funktionsweise und Datenerfassung der Pegelstationen im Einzugsgebiet Pöllau erläutert. Anschließend wird auf die Betreuung der Pegelstationen und die turnusmäßig durchgeführten Abflussmessungen eingegangen.

Die Datenblätter hinsichtlich Grundinformationen und geographischer Lage der Pegelmessstationen befinden sich im Anhang A2.

3.3.1 Historie

Die drei Pegelmessstationen, die vom Institut Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau sowie vom Hydrographischen Dienst Steiermark im Einzugsgebiet Pöllau derzeit noch betrieben werden, sind der Basispegel Saifenbach (A) am unteren Auslass des Einzugsgebietes, sowie Prätisbach Ölmühle (B) und Prätisbach Wildholzrechen (C). Alle anderen Pegelstationen wurden in den letzten Jahren aufgegeben.

Der Basispegel Saifenbach wurde 1980 in Betrieb genommen. Als erster Standort wurde die Straßenbrücke gewählt. Im Juli 1986 erfolgte eine Verlegung zunächst zur Messschwelle und im Juni 1988 an ihren heutigen Standort am Messsteg (siehe Abbildung 3-6). Sie erfasst neben dem Wasserstand auch die Temperatur des Gewässers.



Abbildung 3-6: Basispegel Saifenbach an seinem aktuellen Standort

Die Pegelmessstation Prätisbach Ölmühle, südöstlich im Einzugsgebiet gelegen, ist ebenfalls seit 1980 in Betrieb und umfasst ein orographisches Einzugsgebiet von rund 21 km². An dieser Pegelmessstation werden bis dato der Wasserstand sowie die Temperatur erfasst, allerdings weisen die Aufzeichnungen der Temperatur eine Vielzahl an Lücken auf.

Die ca. einen Kilometer flussaufwärts befindliche Pegelmessstation Prätisbach Wildholzrechen wurde 1988 in Betrieb genommen. Während eines starken Hochwassers am 23.07.1997 wurde die Messstation vollständig zerstört und weggeschwemmt. Im Jahr 2000 wurde die Messstelle Prätisbach Wildholzrechen wieder errichtet und ist seitdem fortlaufend in Betrieb. Bis 2009 wurde an dieser Pegelmessstation ebenfalls die Temperatur erfasst.

Das zwischen den Messstationen Wildholzrechen und Ölmühle am Prätisbach angeordnete Regenrückhaltebecken ist abflusstechnisch mit der oberhalb gelegenen Messstation Wildholzrechen gekoppelt und drosselt den Abfluss im Hochwasserfall auf 5 m³/s.

Die Pegelmessstation Dürre Safen wurde im Jahr 1980 errichtet, eine Standortverlegung fand im Juli 1996 statt. Im Jahr 2007 wurde die Pegelmessstation aufgegeben. Bei dieser Messstation ist zu beachten, dass die Nomenklatur der Messstation hinsichtlich des beobachteten Pegels falsch ist, da die Abflussbeobachtung am Pöllauer Saifenbach stattfand und nicht an der Dürren Safen.

Am Höhenhanslbach wurde im Jahr 1992 eine Pegelmessstation zur Beobachtung des Wasserhaushaltes im Kleineinzugsgebiet Höhenhansl von der Johanneum Research Forschungsgesellschaft mbH eingerichtet und bis 2009 betrieben.

Zudem hat das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau gemeinsam mit der Hydrographie Steiermark von September 1996 bis Juli 2000 einen Pegel für das Einzugsgebiet Zeilerbach Mitte, am östlichen Rand der Pöllauer Bucht gelegen, betreut.

Ferner wurde vom Institut und der Hydrographie im August 1996 eine Pegelmessstation zur Abflussbeobachtung des Mausbaches, welcher ein orographisches Einzugsgebiet von 3,6 km² besitzt, eingerichtet. Diese Messstation wurde 2005, aufgrund von abflusstechnisch unzureichenden Erkenntnissen, aufgegeben.

Die Lage der Pegelmessstationen im Einzugsgebiet sind in Abbildung 3-7 ersichtlich, die zugehörigen Eigenschaften und Merkmale der Pegel, wie erfasste Parameter oder die Höhe des Pegelnullpunktes, können der Tabelle 3-3 entnommen werden.

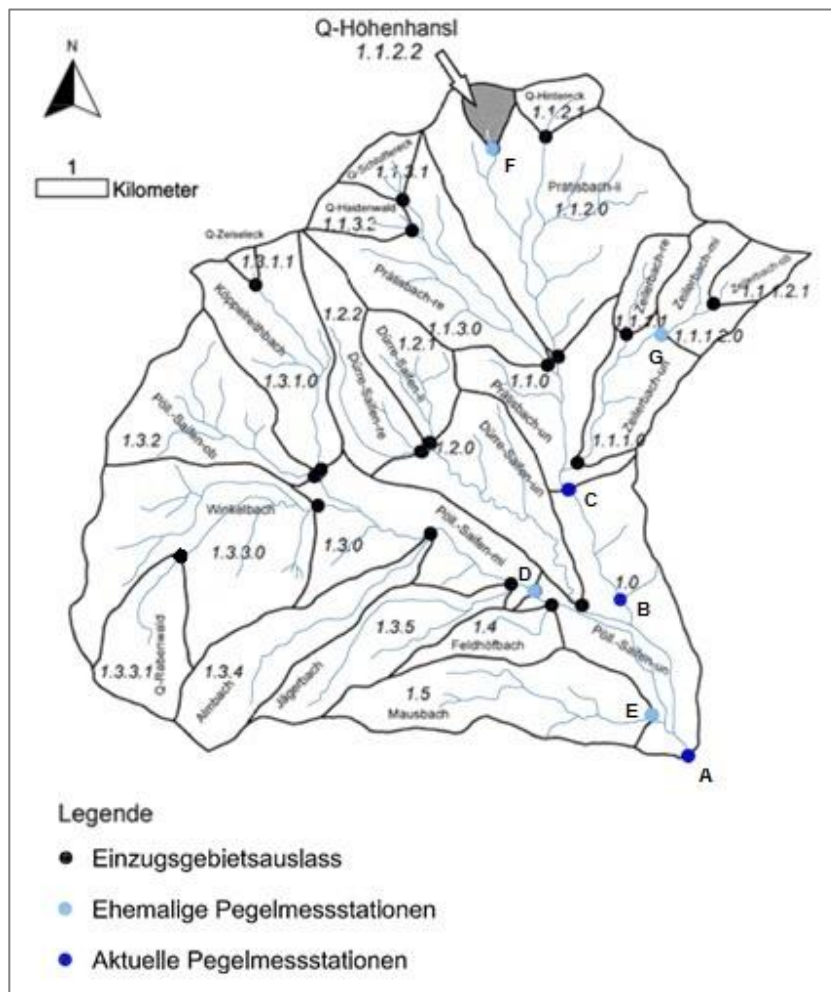


Abbildung 3-7: Gewässernetz und Übersicht der Pegelmessstationen im Einzugsgebiet (Ruch 2006, modifiziert)

Tabelle 3-3: Basisinformationen der Pegelmessstellen

Messstelle	Höhe	Datenverfügbarkeit	Erfasste Parameter
A Basispegel Saifenbach	398	1980-2001; 2001-lfd.	Wasserstand, Temperatur
B Prätisbach Ölmühle	415	1980 -lfd.	Wasserstand, Temperatur
C Prätisbach WHR	480	1988-1997; 2000-lfd.	Wasserstand, (Temperatur bis 2009)
D Dürre Safen	430	1980-2007	Wasserstand
E Mausbach	410	1996-2005	Wasserstand
F Höhenhanslbach	778	1992-2009	Wasserstand, elektr. Leitfähigkeit, Temperatur
G Zeilerbach Mitte	646	1996-2000	Wasserstand, elektr. Leitfähigkeit, Temperatur

3.3.2 Funktionsweise und Datenerfassung

Die Pegelmessstellen sind mit Drucksonden ausgestattet und registrieren alle zwei bzw. fünf Minuten den Wasserstand. Diese Drucksonden messen den Wasserstand, gegeben durch den hydrostatischen Druck, welcher durch die Wassersäule über der Messzelle verursacht wird, in den Oberflächengewässern. Bei den Pegelmessstellen Saifenbach Basispegel und Prätisbach Ölmühle wird zusätzlich die Wassertemperatur erfasst.

Die Pegelstationen sind mit pneumatischen Messgeräten konventioneller Bauart ausgerüstet, wobei neben der analogen Datenregistrierung auch eine digitale Messwertfassung derart erfolgt, dass sowohl jeweils der Zeitpunkt einer Wasserstandsänderung von ± 1 cm, als auch der aktuelle Wasserstand registriert werden. Alle Registriergeräte sind mit einer Quarzzeituhr ausgerüstet, was eine synchrone Erfassung der Messwerte ermöglicht.

3.3.3 Abflussmessungen

Alle drei Pegelmessstellen werden vom Institut Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau sowie vom Hydrographischen Dienst Steiermark betreut. Die turnusmäßige Kontrolle hinsichtlich Funktionstüchtigkeit der Abflussmessstationen erfolgt in einem 2-monatigen Rhythmus von März bis Oktober durch Mitarbeiter des Institutes.

In regelmäßigen Zeitabständen werden vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau sowie vom Hydrographischen Dienst Steiermark an den Wasserstandsmessstellen Saifenbach/Basispegel, Prätisbach/Ölmühle und Prätisbach/Wildholzrechen Abflussmessungen zur Ermittlung des aktuellen Pegelschlüssels durchgeführt.

Die Messung des Abflusses erfolgt mittels eines hydrometrischen Flügels und/oder mittels Verdünnungsmethode mit Natriumchlorid (NaCl-Tracer), bei dem ökologisch unbedenkliches Kochsalz zum Einsatz kommt. Die erforderlichen Messgeräte und die entsprechende Auswertesoftware stehen am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau zur Verfügung. Die Protokolle über die Abflussmessungen sind auf der CD-ROM als Biber V4-Format gespeichert und können bei Bedarf ausgedruckt werden.

Bei den regelmäßig durchgeführten Wartungsfahrten werden die Pegelmessstationen im Einzugsgebiet ebenfalls angefahren. Es wird überprüft ob beispielsweise die Drucksonden der einzelnen Pegelmessstationen funktionieren und die angezeigten Messwerte mit denen der Lattenpegel abgeglichen. Die durchgeführten Arbeiten werden in das Betreuungsprotokoll eingetragen.

3.4 Meteorologische Zentralstation

Über ihrer Funktion als Niederschlagsmessstation hinaus wird die Zentralstation Heiling auch als Meteorologische Messstation genutzt. Im Folgenden wird deren instrumentelle Ausstattung zur Erfassung der meteorologischen Daten beschrieben. Die Beschreibung der Anlagen zur Niederschlagsmessung ist im Kap. 3.2 enthalten. Nach der Darlegung der geschichtlichen Entwicklung dieser Messstation wird auf die Funktionsweise und Bedeutung der einzelnen Messinstrumente eingegangen.

Die Datenblätter hinsichtlich Grundinformationen und geographischer Lage der Niederschlags- und meteorologischen Messinstrumente der Zentralstation Heiling befinden sich im Anhang A3.

3.4.1 Historie

Mit Entstehung des hydrologischen Forschungseinzugsgebietes Pöllau wurde auch eine meteorologische Messstation, zentral im Einzugsgebiet gelegen, errichtet.

Die meteorologische Zentralstation Heiling ist neben den Niederschlagsmessgeräten, die mit unterschiedlichen Messprinzipien sowie in unterschiedlichen Höhen (Standardhöhe, Bodenebene) messen, mit Thermometern (Luft und Boden: +0,1 m, -0,5 m, -1,0 m), Barogeber, Hygrometer, Albedometer, Verdunstungswanne und Anemometer ausgerüstet. Die Datenaufzeichnung begann im Jahr 1983 mit einem Schreiber, seit dem Umbau des Datenmonitoring im Jahr 1991 mittels digitalem Datenlogging der Firma Sommer, Typ DRS4-Datenlogger.

Im Juli und August 2008 erfolgte der Umbau der Datenlogger zu einem gesamten MDL-Datenloggersystem der Firma Sommer Datenloggern inklusive einen GPRS-Modem zur kontinuierlichen Datenübertragung. Die Daten werden in einem Zeitintervall von 15 min auf einen FTP-Server der Universität übertragen und stehen dort zur weiteren Auswertung zur Verfügung.

Im August 2009 wurde eine neue Verdunstungsmessung der Firma Sommer installiert und an das neue MDL-Datenloggersystem angeschlossen.

Die Betreuung der meteorologischen Zentralstation Heiling erfolgt regelmäßig in einem Turnus von zwei Monaten durch einen Mitarbeiter des Institutes. Dabei werden sämtliche Messwertgeber überprüft und falls erforderlich, defekte Messwertgeber ausgetauscht.

Die aktuelle instrumentelle Ausstattung sowie die Abmessungen der meteorologischen Zentralstation sind der nachstehenden Abbildung 3-8 zu entnehmen.

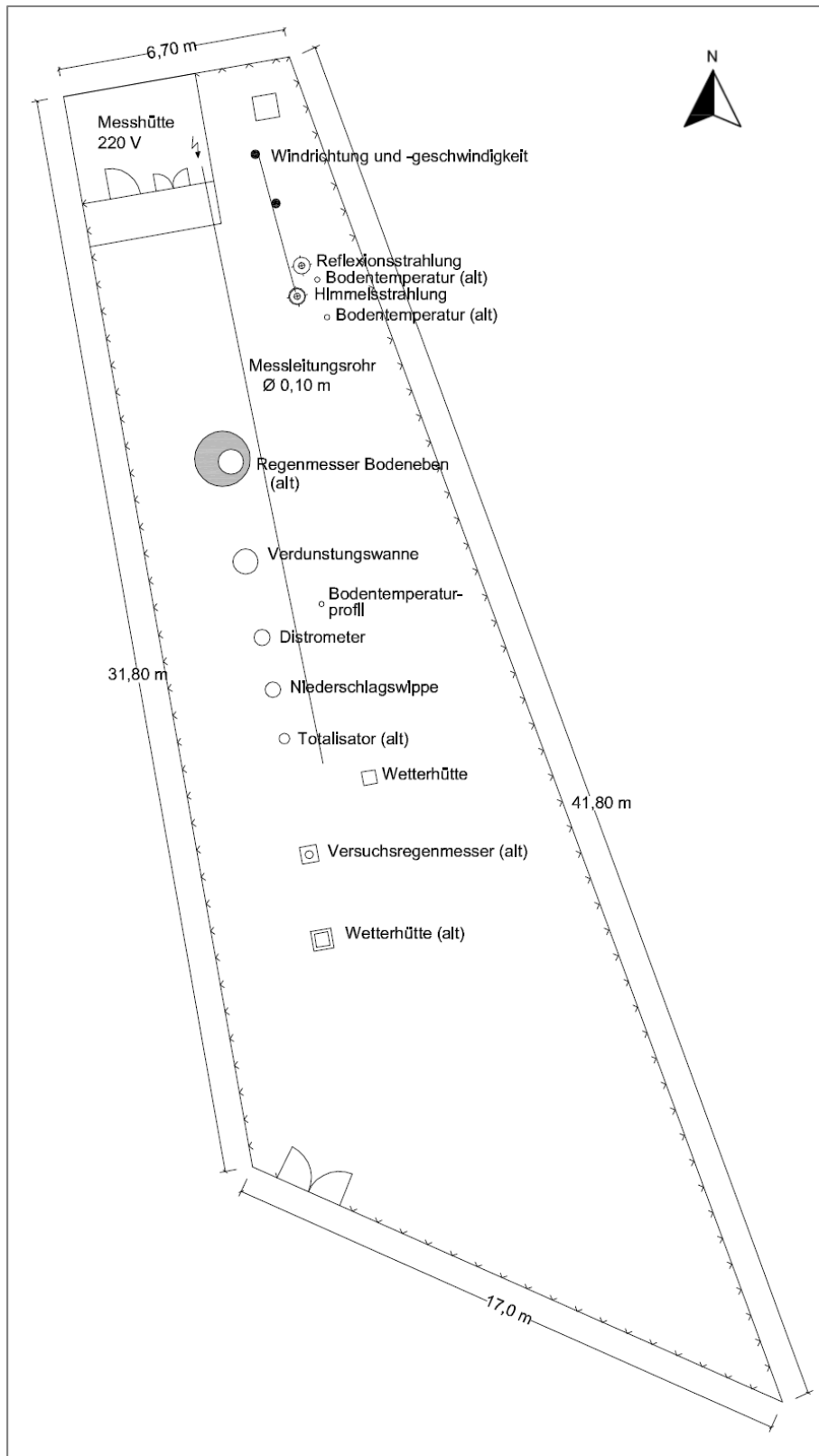


Abbildung 3-8: Lageplan der instrumentellen Ausstattung der meteorologischen Zentralstation Heiling

3.4.2 Messgrößen

Die zentral im Einzugsgebiet liegende Niederschlags- und Meteorologische Station dient der Erfassung der wichtigsten physikalischen Größen des atmosphärischen Wasser- und Wärmehaushaltes. Dazugehörend werden folgende, in Tabelle 3-4 zusammengefasste, Daten an der Messstation erhoben:

Tabelle 3-4: Messgrößen der meteorologischen Zentralstation Heiling

Messgröße	Datenverfügbarkeit
Niederschlag:	
Wippenmessgerät 0,1 mm	1982 - lfd.
Wippenmessgerät 0,2 mm	1983 - 2015
Niederschlags-Distrometer	2015 - lfd.
Niederschlagswaage	1997 - 2008
Wippenmessgerät 0,1 mm - Bodenebene	1984 - 2006
Meteorologische Daten:	
Windstärke	1991-lfd.
Windrichtung	1991-lfd.
Lufttemperatur	1993-lfd.
Luftfeuchte	1991-lfd.
Luftdruck	1991-lfd.
Strahlung global	1991-lfd.
Strahlung reflekt	1991-lfd.
Bodentemperatur 10 cm über Boden	1991-lfd.
Bodentemperatur 50 cm unter Boden	1991-lfd.
Bodentemperatur 100 cm unter Boden	1991-lfd.
Verdunstung (Evaporation)	1991-lfd. (Apr.-Okt.)

Da die Ombrometer und der Distrometer der Zentralstation Heiling bereits in Abschnitt 3.2 hinsichtlich ihrer Historie und Funktionsweise erörtert wurden enthalten die folgenden Abschnitte nur Details zu den erfassten meteorologischen Parametern und Messstationen.

An der Zentralstation Heiling werden folgende meteorologische Parameter kontinuierlich registriert:

Windstärke und Windrichtung:

Beide Messstationen zur Erfassung der Windstärke und der Windrichtung sind an einem 7,50 m hohen A-Mast angebracht. Der verwendete Windrichtungssensor INT3 der Firma Kriwan dient zur Erfassung der Windrichtung, wobei die Auswertung separat über ein Messgerät erfolgt. Die Messung der Windgeschwindigkeit erfolgt mittels Schalensternanemometer INT1 der Firma Kriwan (KRIWAN Industrie-Elektronik GmbH).

Details zu den erfassten Werten Messstationen können der nachfolgenden Tabelle 3-5 entnommen werden.

Tabelle 3-5: Messinstrumente der Zentralstation Heiling: Windstärke und Windrichtung

Messstation	Einheit	Messinstrument	Erfassung Messtakt
Windrichtung	[Grad]	Windrichtungssensor INT3	1 min.
Windstärke	[m/s]	Schalensternanemometer INT1	1 min.

Lufttemperatur, Luftfeuchte und Luftdruck:

Die Registrierung der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgt mit einem Kombinationsgerät der Firma Galltec. Dieser übermittelt alle 10 s Impulse an den Messverteiler direkt an der Station, welche in weiterer Folge an die Datenerfassungsanlage in der Messhütte weitergeleitet werden. Dort werden die kontinuierlich eintreffenden Impulse in physikalische Größen umgewandelt und arithmetisch 10-min-Mittelwerte berechnet, welche im Hauptspeicher des Datenloggers abgelegt werden.

Die Registrierung des Luftdrucks erfolgt mit Hilfe eines Barogebers, welcher den barometrischen Umgebungsdruck misst und den Messwert als elektrischen Spannungswert ausgibt. Verwendet wird ein Barogeber der Firma Kroneis, Typ 317 mit einem Messbereich von 1050 hPa bis 825 hPa, welcher in der Wetterhütte direkt an der Station untergebracht ist. Durch den geringen Stromverbrauch eignet sich dieser insbesondere in Verbindung mit Datenloggern. Das Messsignal wird zur Datenerfassungsanlage geführt und als 10-min-Mittelwert gespeichert.

Die Grundinformationen der Messstationen können der nachfolgenden Tabelle 3-6 entnommen werden.

Tabelle 3-6: Messinstrumente der Zentralstation Heiling: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck

Messstation	Einheit	Messinstrument	Erfassung Messtakt
Lufttemperatur	[°C]	Feuchte Temperatursensor FG80HPt100	10 min.
Luftdruck	[hPa, mBar]	Barogeber Typ 317 (Kroneis)	10 min.
Luftfeuchte	[% rel.]	Feuchte Temperatursensor FG80HPt100	10 min.

Strahlung (global und reflekt):

Die Messung der Globalstrahlung erfolgt mit einem Sternpyranometer Typ Nr. 8101 der Firma Schenk. Die Messeinrichtung besteht aus schwarzen wie auch weißen Empfängerflächen, welche die solare Einstrahlung in unterschiedlichem Maße absorbieren und reflektieren. Die Messung der hieraus entstehenden Temperaturdifferenz der schwarzen und weißen Fläche erfolgt mittels Thermoelementen, welche zwischen den Empfängerflächen angeordnet sind. Das Messsystem ist durch eine Glaskuppel gegen Witterungseinflüsse geschützt. Die Übertragung der Messimpulse alle 10 s erfolgt in analoger Weise wie bei den anderen Elementen. Im Hauptspeicher werden 10-Minutenmittelwerte abgelegt. Es dient zur Erfassung der Globalstrahlung und der kurzzeitigen Reflexstrahlung (Philipp SCHENK GmbH Wien, 2016).

Die Details zu den erfassten Werten der Messstationen können der nachfolgenden Tabelle 3-7 entnommen werden.

Tabelle 3-7: Messinstrumente der Zentralstation Heiling: Strahlung global und reflekt

Messstation	Einheit	Messinstrument	Erfassung Messtakt
Strahlung global	[Joule*cm ² *min]	Sternpyranometer Modell Nr. 8101	10 min.
Strahlung reflekt	[Joule*cm ² *min]	Sternpyranometer Modell Nr. 8101	10 min.

Bodentemperatur:

Die Messung der Erdbodentemperatur erfolgt mit einem Temperaturfühler des Typ AD592N an der Erdbodenoberfläche (10 cm über Boden), in 50 cm und 1,0 m Tiefe. Die Messwerte werden an die Datenerfassungsanlage weitergegeben und aufgrund der geringen zeitlichen Schwankungen der Bodentemperatur als Stundenmittelwerte abgespeichert.

Die Grundinformationen der Messstationen können der nachfolgenden Tabelle 3-8 entnommen werden.

Tabelle 3-8: Messinstrumente der Zentralstation Heiling: Bodentemperatur

Messstation	Einheit	Messinstrument	Erfassung Messtakt
Bodentemperatur +0,1 m	[°C]	AD592N Temperaturfühler	60 min.
Bodentemperatur -0,5 m	[°C]	AD592N Temperaturfühler	60 min.
Bodentemperatur -1,0 m	[°C]	AD592N Temperaturfühler	60 min.

Verdunstung (Evapotranspiration):

Zur Ermittlung der Verdunstungshöhe wird eine Verdunstungswanne mit eingebautem Wasserstandssensor verwendet. Die Verdunstungswanne entspricht den WMO No.8. Die Messwerte werden an die Datenerfassungsanlage weitergegeben und als Stundenwerte gespeichert.

Sowohl im Frühjahr (April) als auch im Herbst (November) findet eine Umstellung der Messgeräte auf Sommer- bzw. Winterbetrieb statt.

Details zu den erfassten Werten können der nachfolgenden Tabelle 3-9 entnommen werden.

Tabelle 3-9: Messinstrumente der Zentralstation Heiling: Verdunstung

Messstation	Einheit	Messinstrument	Erfassung Messtakt
Verdunstung	[mm]	Verdunstungswanne (Eigenkonstruktion) Wasserstandssensor (Firma Sommer)	60 min.

4 Methodik

Die folgende Auswertung und Analyse der Messdaten beschränkt sich, bedingt durch eine anschließende Betrachtung hinsichtlich der Veränderung durch das Klima, auf die hydroklimatischen relevanten Messdaten. Dies beinhaltet Daten der Niederschlagsmessstationen im Einzugsgebiet Pöllau sowie die Untersuchung der Luft- und Bodentemperatur der Zentralstation Heiling.

Unter Berücksichtigung der Ziele ergibt sich ein Arbeitsablauf, der sich in zwei Schritte aufteilen lässt:

Der erste Teil beschäftigt sich mit der Validierung der Daten hinsichtlich ihrer Qualität und Vollständigkeit. Dies beinhaltet die Beschaffung der Daten mit genauen Zusatzinformationen zu den Messstationen sowie eine Validierung der erhobenen Daten mittels der Grenzen des Quality Control Systems der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) und dem DWA-M 181.

Der zweite Teil hat die witterungsklimatologische Auswertung der Messwerte zum Ziel. Es wurden für die Auswertung die hydroklimatologischen Messwerte der Niederschlagsstationen sowie der Luft- und Bodentemperatur geprüft. Dazu werden die Daten begutachtet, bereinigt und aufbereitet, um eine möglichst genaue Analyse zu ermöglichen. Es wird ein Beobachtungszeitraum gewählt, der auf der verfügbaren Datengrundlage basiert. Schließlich sollen die Ergebnisse für alle untersuchten Stationen dargestellt und diese untereinander verglichen werden. Zur Prüfung der Plausibilität der Messwerte dient ein Vergleich der Stationen untereinander.

4.1 Arbeitsablauf

Der Hauptteil dieser Masterarbeit befasst sich mit der Erarbeitung, Auswertung und Interpretation von Messdaten aus dem Forschungseinzugsgebiet Pöllau. Hierbei ist die Betrachtung von möglichen Abweichungen, Messfehlern und Unsicherheiten mittels Validierung von entscheidender Bedeutung.

Die Daten des Einzugsgebietes Pöllau werden diesbezüglich in mehreren Schritten auf Plausibilität und Vollständigkeit geprüft. Ziel ist es, alle wesentlichen Tagesdaten des Einzugsgebietes Pöllau in einheitlicher und fehlerfreier Qualität bereitzustellen. Mit diesen Datensätzen können im Weiteren die Fragestellungen hinsichtlich klimatischer Veränderungen objektiv beantwortet und die hydroklimatologischen Daten interpretiert werden.

Die Prüfung auf Vollständigkeit und Validierung erfolgt mit den Grenzen des Wegener-Net Processing Systems sowie den Angaben nach DWA-M 181. Anschließend werden

die Datenreihen noch einmal visuell validiert, um mögliche Lücken oder Sprünge die bei der automatisierten Validierung übersehen wurden, zu detektieren.

Abbildung 4-1 zeigt den Arbeitsablauf, der sich in zwei Teile untergliedern lässt. Im ersten Abschnitt werden die Daten prozessiert mit dem Ziel qualitativ fehlerfreie Tertiärdaten zu erhalten. Anschließend werden aus den lückenlosen Zeitreihen der Tertiärdaten allgemeine Analysen hinsichtlich einer Veränderung der betrachteten Messparameter, sowie eine Analyse der Kenngrößen der Klimaveränderung, gestützt auf der Definition von Extremwerten, durchgeführt.

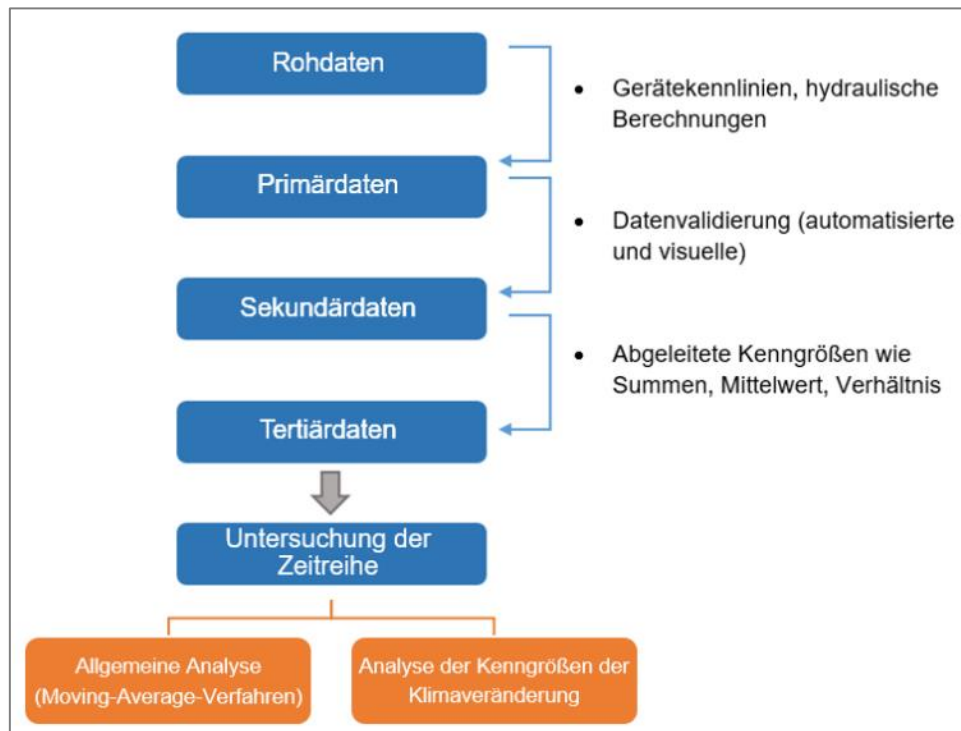


Abbildung 4-1: Schematische Darstellung des Arbeitsablaufes (nach DWA-M 181, 2011)

4.2 Grundlagen zur Datenprüfung

Im folgenden Abschnitt werden die grundsätzlichen Ziele der Datenprüfung beschrieben. Nebst der unterschiedlichen Datenarten, aus deren Prozessierung sich die grundsätzliche Methodik der Datenvalidierung ableiten lässt, wird auf die verschiedenen Stufen der Datenvalidierung eingegangen.

4.2.1 Ziele

Die Datenprüfung der erhobenen Messwerte dient der für die weitere Verwendung des Datenmaterials geforderten Qualitätssicherung.

Sie dient der Identifikation von Mängeln im Messsystem bzw. im Messgerät. Des Weiteren bietet die Datenprüfung eine Grundlage zur Beurteilung der Qualität der Daten, beispielsweise hinsichtlich der Konsistenz und der Repräsentativität. Aus dieser Datenqualität lässt sich ferner die Brauchbarkeit der Daten für ihren jeweiligen, speziellen Anwendungszweck ableiten (DWA-M 181, 2011).

Die Datenmängel, die sich aus der Datenprüfung ergeben, sind nach behobenen und nicht behebbaren Mängeln differenziert zu dokumentieren.

4.2.2 Definition der verschiedenen Datentypen

Grundsätzlich werden nach DWA-M 181 (2011) drei unterschiedliche Datenarten beschrieben, welche im Folgenden kurz erläutert werden. Aus der Prozessierung der verschiedenen Datentypen definiert sich im Weiteren die Methodik der Datenprüfung.

Systemdaten:

Als Systemdaten werden jene Daten bezeichnet die Informationen über das Messsystem und die verwendeten Messgeräte enthalten. Die erforderlichen Systemdaten wurden für jedes Messinstrument im Zuge dieser Masterarbeit erhoben und in den Stationsdatenblättern eingetragen.

Systemdaten sind kontinuierlich auf ihre Richtigkeit zu überprüfen, da sie sonst zu signifikanten Fehlern im Messbetrieb führen können.

Betriebsdaten:

Betriebsdaten enthalten alle notwendigen Informationen über den Betrieb des Messsystems, beispielsweise Funktionskontrollen oder Kalibrierungen. Diese werden in Protokollen festgehalten.

Prozessdaten:

Prozessdaten lassen sich abhängig ihrer Bearbeitungsstufe wie folgt unterscheiden:

- Rohdaten
Als Rohdaten werden alle direkt von den Messgeräten erfassten Daten bezeichnet. Von großer Bedeutung bei den Rohdaten ist die vollständige Archivierung, um im Verlauf der Datenprüfung auf diese zurückgreifen zu können.

- **Primärdaten**
Primärdaten werden mithilfe von Gerätekenlinien und/oder Berechnungen aus den Rohdaten erzeugt. Die Primärdaten werden synchronisiert und in entsprechenden Zeitintervallen digital gespeichert.
- **Sekundärdaten**
Mittels Datenprüfung werden aus den Primärdaten die Sekundärdaten erzeugt. Dies beinhaltet auch sämtliche vorgenommene Datenkorrekturen- und ergänzungen. Die Ergebnisse müssen in den Datensätzen mittels Kodierung („flags“) vermerkt werden.
- **Tertiärdaten**
Als Tertiärdaten werden die aus den Sekundärdaten abgeleiteten Größen wie Summen, Mittelwerte und Verhältniswerte bezeichnet. Beispiele hierfür sind die täglichen oder jährlichen Niederschlagssummen. Die chronologische Zuordnung entfällt häufig.

4.2.3 Festlegung der Validierungsstufen

Da es verschiedene Ansätze der Datenvalidierung in der Literatur gibt, wird im Folgenden auf die Validierung mittels der Grenzen aus dem WegenerNet Processing System und der Kriterien nach DWA-M 181 Bezug genommen.

Die Validierung erhobener Messwerte wird dabei durch ein automatisiertes System, dem sogenannten WegenerNet Processing System, übernommen. Ein integrativer Bestandteil des WegenerNet Processing System ist die Prüfung der Daten auf Plausibilität, was über das Quality Control System geschieht. Das WegenerNet Processing System besteht aus acht Kontrollschichten, den Quality Control Layers. Diese generieren jeweils eine Qualitätskontrollmarke (Quality Control Flag, QC-Flag). Durch diese QC-Flags wird die Plausibilität eines Messwertes verdeutlicht, und in Folge kann die Qualität des gesamten Datensatzes abgeschätzt werden (Scheidl, 2014).

Tabelle 4-1 zeigt den Aufbau des Quality Control Systems mit seinen verschiedenen, aufeinander aufbauenden, Layern.

Tabelle 4-1: Struktur des Quality Control Systems mit Kontrollschichten (Kabas, 2011)

Layer ID	QC-Layer
0	Prüfung auf Messbetrieb
1	Prüfung auf Datenverfügbarkeit
2	Prüfung der technisch sensorspezifischen Plausibilität
3	Prüfung der klimatologischen Plausibilität
4	Prüfung der zeitlichen Variabilität
5	Prüfung der Intra-Stations-Konsistenz
6	Prüfung der Inter-Stations-Konsistenz
7	Prüfung gegen externe Referenz

Die Stufen der Validierung wurden an das Quality Control System, Layer 0 bis 4 angelehnt. Für die automatisierte Validierung der erhobenen Daten wurde auf die Grenzen des WegenerNet Processing System zurückgegriffen.

4.2.3.1 Überprüfung auf Lücken

Die Überprüfung auf Lücken beinhaltet zwei Schritte. Zuerst wird die Datenreihe auf zeitliche Konsistenz des Messbetriebs überprüft. Über den gesamten, betrachteten Messzeitraum müssen alle Messzeitpunkte vorhanden sein. Fehlende Werte werden markiert.

Danach werden Messausfälle ausfindig gemacht. Liegen im Datensatz trotz Betrieb keine Aufzeichnungen vor, werden diese mit einem Fehlwert von „-9999“ oder der Bezeichnung NaN (not a number) aufgezeigt.

4.2.3.2 Überprüfung der technisch sensorspezifischen Plausibilität

Für die Messgeräte gibt es einen vom Hersteller angezeigten Messbereich. Bei der Überprüfung der technisch sensorspezifischen Plausibilität wird abgefragt, ob die Messwerte innerhalb dieser Spezifikationen liegen. Liegt ein Messwert außerhalb dieses Bereiches, sind technische Probleme der Grund. Der Sensor kann defekt sein oder Kontaktprobleme bei Kabeln oder Anschlussstellen aufweisen.

4.2.3.3 Überprüfung der klimatologischen Plausibilität

Die Prüfung auf klimatologische Plausibilität geschieht über Grenzwerte langjähriger Datenreihen von Messstationen der ZAMG. Die Messdaten werden hinsichtlich auffälliger Werte untersucht. Dabei kann es sich um sehr hohe oder sehr niedrige Werte handeln, deren Vorhandensein mittels der Kennwerte langjähriger Datenreihen für das Untersuchungsgebiet auf Plausibilität hin untersucht werden muss.

4.2.3.4 Überprüfung auf Variabilität

Bei diesem Schritt der Datenvalidierung wird überprüft, ob ein Messwert eine zu hohe Veränderung zu dem vorangehenden Messwert in einem vorher definierten Zeitintervall aufweist. Eine zu hohe Veränderung ist ein Anzeichen für eine wahrscheinliche Störung des Messinstrumentes. Ebenfalls wird festgestellt, ob ein Messwert keine oder eine zu geringe Veränderung aufweist, da dies auch auf eine Fehlmessung schließen lässt.

4.3 Datengrundlage

Die Niederschlags- und meteorologischen Rohdaten wurden mittels Gerätekenlinien und Umrechnungsfaktoren zu Primärdaten modifiziert. Zusätzlich zu den Daten mussten die relevanten Metadaten zu den Stationen und Sensoren eruiert werden. Als Metadaten werden alle zusätzlichen Informationen bezeichnet, die einem Messwert zugeordnet werden können. Dies beinhaltet Informationen wie Koordinaten, Installationshöhen der Sensoren oder Grundstückseigentümer. Die daraus entstandenen Stationsdatenblätter sind im Anhang A zu finden.

Eine große Rolle spielen die Verwaltung und das Management der Metadaten im Bereich der automatisierten und visuellen Datenvalidierung und der weiterführenden Bearbeitung der Messdaten, dem Post-Processing. Die eindeutige Zuordnung des Zeitpunktes der Bearbeitung oder etwaiger Randbedingungen der resultierenden Ergebnisse der Rohdaten ist entscheidend im Hinblick auf die Nachvollziehbarkeit weiterer Analysen und Auswertungen.

Um eine Aussage über die Veränderung der Intensitäten der Niederschlagsereignisse zu treffen sowie einen möglichen Einfluss durch die Veränderung des Klimas darzulegen, werden die folgenden Betrachtungen auf die Niederschlagsmessstationen sowie die Luft- und Bodentemperatur beschränkt.

Um eine Vergleichbarkeit der Daten untereinander zu ermöglichen und eine eindeutige Aussage über die Entwicklung und Veränderung der hydroklimatologischen Messwerte sicher zu stellen, erfolgt eine Beschränkung auf die Auswertung der in Tabelle 4-2 ersichtlichen Niederschlagsdaten. Wegen der zu geringen Laufzeit der Niederschlagswippe 0,1 mm Bodeneben und der Niederschlagsbestimmung mittels Distrometer werden deren Daten im Folgenden nicht berücksichtigt. Die Daten der Niederschlagswippe 0,2 mm der Zentralstation Heiling werden, bedingt durch die hohe Zahl der Messausfälle, ebenfalls nicht berücksichtigt.

Tabelle 4-2: Datengrundlade der Niederschlagsmessstationen

Niederschlagsmessstelle	Messinstrument	Daten
Nr. 1 Cividino	Messwippe 0,1 mm	Jan. 1980 – Nov. 2011
	Niederschlagswaage	Nov. 2011 – Dez. 2015
Nr. 2 Franzl im Moor	Messwippe 0,1 mm	Jan. 1980 – Dez. 2015
Nr. 3 Moyhofer	Messwippe 0,1 mm	Jan. 1980 – Dez. 2015
Nr. 4 Leitenbertl	Messwippe 0,1 mm	Jan. 1980 – Dez. 2015
Nr. 5 Schule Köppelreith	Messwippe 0,1 mm	Jan. 1980 – Dez. 2015
Nr. 6 Höhenhansl	Messwippe 0,1 mm	Jan. 1980 – Dez. 2015
Nr. 7 Heiling	Messwippe 0,1 mm	Jan. 1982 – Dez. 2015

Eine Betrachtung der hydroklimatologischen Veränderungen des Einzugsgebietes Pöllau bedingt die Betrachtung entsprechender klimatologischer Temperaturdaten. Diese sind in Tabelle 4-3 dargestellt.

Tabelle 4-3: Datengrundlage der meteorologischen Messstationen

Meteorologische Kenngrößen	Messinstrument	Daten
Lufttemperatur	Heiling_Lufttemperatur	Jan. 1993 – Dez. 2013
Bodentemperatur	Heiling_Bodentemperatur_-1,0 m	Jan. 1991 – Dez. 2013
	Heiling_Bodentemperatur_-0,5 m	Jan. 1991 – Dez. 2013
	Heiling_Bodentemperatur_0,1 m	Jan. 1991 – Dez. 2013

Bei der Messreihe der Lufttemperatur der Zentralstation Heiling wurde ein Untersuchungszeitraum ab 1993 gewählt, da die Messdaten des Jahres 1991 große Lücken aufweisen und für das Jahr 1992 keine Messdaten vorliegen.

4.3.1 Struktur der Niederschlagsdaten

Niederschlagswaage:

Bei dem verwendeten Niederschlagsmesser Pluvio² der Firma Ott mit integriertem Datensammler erfolgt die Messung mittels elektronischem Wägesystem. Zu jeder vollen Minute berechnet der Pluvio² aus mehreren Rohwerten einen gefilterten Behälterinhalt, mit einer Auflösung von 0,01 mm. Die Differenz aus dem aktuellen und dem vorhergehenden, gefilterten Behälterinhalt ergibt die Niederschlagsintensität in mm/min, wobei das Ausgabeintervall der Intensität 1 min und der Impulsausgang 0,1 mm betragen. Diese Minutenwerte der Niederschlagsintensität addiert der Pluvio² zur akkumulierten Niederschlagshöhe. Das System ist durch einen Maximalwert von 999,99 mm beschränkt. Die Auswertung des Niederschlags beruht auf der Erfassung aller Gewichtszuwächse in einem bestimmten Zeitabschnitt. Langsame Erhöhungen mit sehr geringen Zuwächsen können bis zu 40 min angesammelt werden. Bei Erreichen der Intensitätsansprehschwelle erfolgt dann eine Niederschlagsausgabe. Die Intensitätsansprehschwelle des Pluvio liegt bei 0,03 mm, bezogen auf 40 min Sammelzeit. Der erfassbare Feinstniederschlag beträgt somit 0,045 mm/h (OTT Hydromet GmbH).

Die Daten liegen nach Überführung in das Primärformat im .csv-Dateiformat als Liste mit zwei Datenspalten (Datum und Zeitstempel mit Niederschlagshöhe in mm) vor.

Vor dem Laden der Primärdaten in die Entwicklungsumgebung PyCharm wurden die vorhandenen Duplikate der Messdaten entfernt. Diese können bei Nichtberücksichtigung die Messdaten stark verfälschen. Diese Duplikate können durch einen Fehler in der Datenübertragung oder des Datenloggers entstehen.

Abbildung 4-2 zeigt ein Beispiel für die Aufzeichnung eines Niederschlagsereignisses in der Nacht vom 27. August 2013 der Niederschlagswaage Cividino, links sind die Daten im Roh-, rechts im Primärformat ersichtlich.

0045774577;0001;27.08.2013;23:31:00;41513,97986;0,30;;""	2013-08-27 23:31:00,0.3
0045774577;0001;27.08.2013;23:32:00;41513,98056;0,70;;""	2013-08-27 23:32:00,0.7
0045774577;0001;27.08.2013;23:33:00;41513,98125;1,00;;""	2013-08-27 23:33:00,1.0
0045774577;0001;27.08.2013;23:34:00;41513,98194;1,00;;""	2013-08-27 23:34:00,1.0
0045774577;0001;27.08.2013;23:35:00;41513,98264;1,00;;""	2013-08-27 23:35:00,1.0
0045774577;0001;27.08.2013;23:36:00;41513,98333;0,90;;""	2013-08-27 23:36:00,0.9
0045774577;0001;27.08.2013;23:37:00;41513,98403;0,90;;""	2013-08-27 23:37:00,0.9
0045774577;0001;27.08.2013;23:38:00;41513,98472;0,90;;""	2013-08-27 23:38:00,0.9
0045774577;0001;27.08.2013;23:39:00;41513,98542;0,90;;""	2013-08-27 23:39:00,0.9
0045774577;0001;27.08.2013;23:40:00;41513,98611;1,10;;""	2013-08-27 23:40:00,1.1
0045774577;0001;27.08.2013;23:41:00;41513,98681;0,60;;""	2013-08-27 23:41:00,0.6
0045774577;0001;27.08.2013;23:42:00;41513,98750;0,70;;""	2013-08-27 23:42:00,0.7
0045774577;0001;27.08.2013;23:43:00;41513,98819;1,20;;""	2013-08-27 23:43:00,1.2

Abbildung 4-2: Beispiel für die Darstellung der Roh- und Primärdaten der Niederschlagswaage Cividino vom 27.08.2013

Niederschlagswippe:

Die Übertragung der Messdaten erfolgt für jeden registrierten Wippenumschlag (0,1 mm) mit zugehörigem Zeitstempel, wodurch sich der Zeitpunkt des Niederschlags exakt ermitteln und zuordnen lässt. Zur Bestimmung der tatsächlichen Niederschlagsintensitäten muss eine Kalibrierung der Daten erfolgen. Die Rohdaten bestehen aus einem Zeitstempel mit zugehöriger Anzahl der Wippenumschläge, diese werden zur Übertragung ins Primärformat mit dem Wippenumschlag von 0,1 mm ersetzt.

Die Daten liegen ebenfalls im .csv-Dateiformat als Liste mit zwei Datenspalten (Datum und Zeitstempel des Wippenumschlags) vor. Sämtliche vorhandenen Duplikate der einzelnen Messwerte wurden vorab entfernt.

In Abbildung 4-3 ist ein Beispiel für die Roh- sowie der Primärdaten eines Niederschlagsereignisses vom 18. März 1997 ersichtlich, mit dem jeweiligen Zeitstempel für den Wippenumschlag von 0,1 mm.

IM051000180397	0120	1997-03-18 05:10:00,0.1
IM053547180397	0121	1997-03-18 05:35:47,0.1
IM065357180397	0122	1997-03-18 06:53:57,0.1
IM073308180397	0123	1997-03-18 07:33:08,0.1
IM080732180397	0124	1997-03-18 08:07:32,0.1
IM083130180397	0125	1997-03-18 08:31:30,0.1

Abbildung 4-3: Beispiel für die Darstellung der Roh- und Primärdaten der Niederschlagswippe Cividino vom 18.03.1997

4.3.2 Struktur der meteorologischen Daten

Lufttemperatur:

Die Erfassung der Lufttemperatur erfolgt an der Zentralstation Heiling. Die Daten werden als 10-min-Mittelwerte abgespeichert. Bei dieser Messreihe mussten ebenfalls vorhandene Duplikate, bzw. Triplikate, entfernt werden.

Die erhobenen Messdaten liegen als .csv-Dateiformat vor, mit zwei Datenspalten (Datum mit Uhrzeit und gemessener Temperatur).

Bodentemperatur:

Die Bodentemperatur wird an der Zentralstation Heiling in drei verschiedenen Höhen erfasst: bodennah in 0,1 m über dem Boden sowie in 0,5 m und 1,0 m unterhalb der Erdbodenoberfläche. Die Messwerte werden aufgrund geringer Schwankungen als Stundenmittelwerte abgespeichert.

Die Daten liegen für jede gemessene Höhe im .csv-Dateiformat als Liste mit zwei Datenspalten (Datum mit Uhrzeit und gemessener Temperatur) vor.

4.3.3 Vorbereitung der Rohdaten

Die von den jeweiligen Messeinrichtungen übermittelten Rohdaten werden mittels Gerätekennlinien und/oder hydraulischen Berechnungen zu Primärdaten. Diese sollten, zur Nachvollziehbarkeit sämtlicher durchgeführter Eingriffe in den Daten, nicht direkt verändert werden.

In einer ersten visuellen Analyse werden anschließend der Aufbau und eine erste, grobe Charakteristik der Messdaten bestimmt, um festzustellen, inwieweit die Datenreihen Messausfälle und große Sprünge aufweisen, welche in der folgenden Validierung und Qualitätsbetrachtung berücksichtigt werden.

4.3.4 Primärdaten

Sowohl die Niederschlagsdaten der Messwippen und der Messwaage als auch die meteorologischen Daten der Luft- und Bodentemperatur liegen als .csv-Dateiformat vor, wobei die erste Spalte die Zeitinformation in Form eines Zeitstempels enthält und die Untersuchungsparameter in einer zweiten Spalte vorliegen.

Eine erste Analyse der Datenstruktur ergab, dass viele Daten mehrfach vorlagen. Durch das Vorhandensein dieser Dubletten könnten in weiterer Verwendung die Ergebnisse verfälscht werden. Diese wurden deshalb vorab entfernt.

Eine weitere grundlegende Anpassung der Primärdaten der Niederschlagsmesswerte war die Vereinheitlichung der Kennzeichnung nicht vorhandener Messwerte mit der Bezeichnung „not a number“ (NaN).

4.3.5 Programmiersprache Python und Module

Zur Validierung und Auswertung der Messdaten wurden Routinen in der Programmiersprache Python erstellt.

Zusätzlich zu den Messdaten wurden die OpenSource Erweiterung NumPy der Programmiersprache Python sowie die frei verfügbare Python-Bibliothek pandas importiert und verwendet.

NumPy ist ein OpenSource Erweiterungsaufsatz für die verwendete Programmiersprache Python, welcher große Datensätze unterstützt. Dieses Modul stellt schnelle, vorkompilierte Funktionen für numerische und mathematische Routinen bereit, und gestaltet das Rechnen mit großen Arrays und Matrizen so effizienter (Klein, 2015).

Pandas ist eine Python-Bibliothek, die die Möglichkeiten der Datenanalyse mit Python erweitert. Die Stärke von pandas zeigt sich unter anderem im Management großer Zeitreihen (Datenstrukturen und Operationen für numerische Tabellen). Mit dem Modul pandas werden die Datenanalysefähigkeiten von der Python-Installation NumPy erweitert (Team, PyData Development, 2012).

Für weiterführende Informationen wird auf die Homepage der Python Software Foundation (<https://www.python.org>) verwiesen.

4.4 Validierung der Messdaten

Die Daten liegen im Primärformat vor und weisen somit Messausfälle und Fehlwerte auf, beispielsweise Lücken aufgrund von Wartungsarbeiten, eingefrorenen Sensoren im Winter oder Probleme mit den Sensoren. Um die Messdaten für die Analysen heranziehen zu können, müssen die Daten auf Fehlmessungen geprüft und korrigiert werden.

Da es verschiedene Ansätze der Datenvalidierung in der Literatur gibt, wird im Folgenden auf die Validierung mittels der Grenzen aus dem WegenerNet Processing System und dem DWA-M 181 Bezug genommen.

Die Methodik, die aus diesen Grenzen resultiert, wird als Grundlage zur Validierung der Niederschlagsmessdaten sowie der verwendeten, meteorologischen Daten in dieser Masterarbeit verwendet.

Im Folgenden wird auf dieses System der Datenvalidierung eingegangen, auf dessen Grundlage die visuelle Datenkorrektur in stark vereinfachter Form angewendet wird.

4.4.1 Festlegung der Güte der Validierung

Die Zuweisung eines oder mehrerer Gütemaße (engl. flags) erfolgt durch die Anwendung von festgelegten Prüfroutinen (Validierungstests). Bedingt durch diese Zuweisung der Gütemaße soll eine eindeutige Unterscheidung in für den Verwendungszweck gültige oder ungültige Messdaten ermöglicht werden. Hierdurch ist ferner eine Aussage über die Qualität möglich.

- **Flag good:** Messdaten sind gültig validiert
- **Flag suspect:** Messdaten sind hinsichtlich ihrer Gültigkeit mit einer Unsicherheit behaftet und müssen folglich als zweifelhaft betrachtet werden. Weitere Analysen sind notwendig.
- **Flag poor:** Messdaten sind ungültig validiert

In der abschließenden visuellen Validierung sollten die Messwerte, die als unsicher deklariert wurden (Flag suspect), zu den gültigen (Flag good) oder ungültigen Daten (Flag poor) zugewiesen werden.

Eine visuelle Analyse ist bei hochaufgelösten Daten sowohl zeitlich als auch prüftechnisch nicht zielführend. Es werden daher nur auffällige Sprünge und Lücken begutachtet.

4.4.2 Automatisierte Validierung

Überprüfung auf Lücken:

Die Messsensoren können - beispielsweise für Wartungsarbeiten - gezielt außer Betrieb gesetzt werden und müssen folglich nicht weiter überprüft werden.

Liegen im Datensatz trotz Betrieb keine Aufzeichnungen vor, werden diese mit einem Fehlwert von „-9999“ oder der Bezeichnung NaN (not a number) aufgezeigt. Diese Daten werden gekennzeichnet und nicht für die weitere Analyse verwendet.

Überprüfung der technisch sensorspezifischen Plausibilität:

Die verwendeten Sensoren besitzen einen Grenzwertbereich für die gemessenen Werte. Liegt ein Messwert außerhalb dieses Bereiches, sind technische Probleme der Grund. Der Sensor kann defekt sein oder Kontaktprobleme bei Kabeln oder Anschlussstellen aufweisen. Die eindeutig fehlerhaften Messwerte werden markiert und in den nächsten Prüfschichten nicht weiter verwendet (Kabas, 2011).

Das WegenerNet Processing System differenziert bei den Niederschlagsmessstationen die Grenzen nach verwendetem Niederschlagsmessgerät. Die verwendeten Niederschlagswippen (0,1 mm) der Firma Kroneis (MR3H) des WegenerNet sind in Typ, Auflösung, Auffangfläche sowie Genauigkeit mit denen des Forschungseinzugsgebietes Pöllau vergleichbar, somit können die Grenzen nach Kroneis übernommen werden.

Die Grenzwerte der Niederschlagswaage Pluvio² der Firma Ott wurden dem technischen Datenblatt entnommen.

Tabelle 4-4 zeigt die Grenzwerte für die Luft- und Bodentemperatur sowie den Niederschlagsmengen für zehnmütige Intervalle, angelehnt an die Grenzwerte des QC-Layers 2 des WegenerNet Processing Systems.

Tabelle 4-4: Grenzwerte zur Überprüfung der technisch sensorspezifischen Plausibilität (Kabas 2011, modifiziert)

Parameter	Min. Wert	Max. Wert
Lufttemperatur	-40 °C	123,8 °C
Niederschlag Wippe (Kroneis)	0 mm/ min	240 mm/ 10 min
Niederschlag Waage	0 mm/ min	50 mm/ min
Bodentemperatur	-40 °C	120 °C

Überprüfung der klimatologischen Plausibilität:

Die Prüfung auf klimatologische Plausibilität geschieht über Grenzwerte. Dabei wird auf langjährige Datenreihen von Messstationen der ZAMG zurückgegriffen.

Aus technischen Gründen wird bei dieser Validierungsstufe die maximal erlaubte Niederschlagsmenge nicht überprüft, dies geschieht bei der Überprüfung der Variabilität.

Die Grenzwerte sind der nachstehenden Tabelle 4-5 zu entnehmen.

Tabelle 4-5: Grenzwerte zur Überprüfung der klimatologischen Plausibilität (Kabas 2011, modifiziert)

Parameter	Monat	Min. Wert	Max. Wert
Lufttemperatur	1	-29 °C	23 °C
	2	-26 °C	26 °C
	3	-25 °C	30 °C
	4	-11 °C	33 °C
	5	-8 °C	37 °C
	6	-4 °C	39 °C
	7	-2 °C	41 °C
	8	-1 °C	43 °C
	9	-7 °C	37 °C
	10	-13 °C	32 °C
	11	-22 °C	27 °C
	12	-25 °C	23 °C
Bodentemperatur (-0,5 m und -1,0 m)	1	-4 °C	11 °C
	2	-4 °C	11 °C
	3	-3 °C	16 °C
	4	1 °C	20 °C
	5	7 °C	26 °C
	6	8 °C	29 °C
	7	13 °C	32 °C
	8	13 °C	37 °C
	9	6 °C	25 °C
	10	3 °C	22 °C
	11	-1 °C	17 °C
	12	-3 °C	12 °C

Die betreffenden Messwerte werden markiert, aber für die weiteren Tests verwendet, da Messwerte außerhalb der Grenzwerte nicht eindeutig als Fehlmessungen zu bezeichnen sind (Kabas, 2011).

Überprüfung auf Variabilität:

Das Prinzip der Überprüfung der Variabilität ist die Kontrolle, ob ein Messwert eine zu hohe Veränderung zum vorangehenden Messwert in einem definierten Zeitintervall aufweist, da dies eine wahrscheinliche Störung des Messinstrumentes aufzeigt. Ebenfalls wird festgestellt, ob ein Messwert keine oder eine zu geringe Veränderung aufweist, da dies auch auf eine Fehlmessung schließen lässt. Die festgesetzten Grenzwerte beruhen auf langjährigen Datensätzen der ZAMG.

Tabelle 4-6 zeigt die Grenzwerte für Niederschlag, Luft- und Bodentemperatur (für 0,5 und 1 m Tiefe) für Variabilität.

Tabelle 4-6: Grenzwerte der Überprüfung der Variabilität 4 (Kabas 2011, modifiziert)

Parameter	Monat	Max. Wert	Min. Wert
Niederschlag	1	15 mm/10 min	0 mm/10 min
	2	15 mm/10 min	0 mm/10 min
	3	15 mm/10 min	0 mm/10 min
	4	20 mm/10 min	0 mm/10 min
	5	27 mm/10 min	0 mm/10 min
	6	35 mm/10 min	0 mm/10 min
	7	33 mm/10 min	0 mm/10 min
	8	33 mm/10 min	0 mm/10 min
	9	35 mm/10 min	0 mm/10 min
	10	27 mm/10 min	0 mm/10 min
	11	20 mm/10 min	0 mm/10 min
	12	20 mm/10 min	0 mm/10 min
Lufttemperatur	1 - 12	10 °C/1 h	-10 °C/1 h
Bodentemperatur	1 - 12	0.12 °C/1 h	-0.12 °C/1 h

Die betreffenden Messwerte werden markiert und für die weitere Analyse nicht verwendet (Kabas, 2011).

4.4.3 Visuelle Validierung

Eine anschließende Visuelle Validierung der erhobenen Messdaten wurde durchgeführt, um mögliche Datenlücken oder Sprünge in der Datenreihe, die durch die automatisierte Validierung nicht detektiert wurden, festzustellen. Weiters dient sie einer abschließenden Beurteilung der Datenreihen.

Dem DWA-M 181 (2011) nach kann eine visuelle Analyse der Daten in nachstehenden Fällen sinnvoll sein:

- Sichtkontrolle der Daten hinsichtlich Vollständigkeit und Auffälligkeiten
- Plausibilitätsprüfung der Werte, die im Zuge der automatisierten Validierung als auffällig (Flag suspect) gekennzeichnet wurden
- Betrachtung mehrerer Messgrößen oder Messstellen, zur Absicherung eines Ursache-Wirkungszusammenhangs
- Kontrolle der Datenprüfung neu eingerichteter Messstellen, zur Detektion spezieller, standortspezifischer Eigenschaften

Die Messwerte, die mit der Flag suspect gekennzeichnet wurden, wurden erneut betrachtet und Flag good, wenn gültig, oder Flag poor, wenn ungültig, zugewiesen.

4.5 Datenprozessierung

Die Niederschlagsdaten des hydrologischen Einzugsgebietes Pöllau weisen viele Messlücken und fehlerhafte Messwerte auf. Die Datenprozessierung bezeichnet sämtliche Interpretationen und Manipulationen der Datenstruktur nach abgeschlossener Validierung. Nach der automatisierten und visuellen Validierung werden die Datenlücken mittels linearer Interpolation gefüllt und die Daten weiter zu fertigen Datenprodukten aufbereitet.

Art und Umfang der Datenprozessierung hängen von der weiteren Verwendung der Daten ab. In dieser Arbeit wird insbesondere die Korrektur der fehlerhaften Messwerte, welche mittels der Datenvalidierung detektiert wurden, sowie die abschließende Anpassung der Niederschlagsdaten bedacht. Der Ablauf der Datenprozessierung wird im Folgenden kurz beschrieben.

4.5.1 Korrektur der fehlerhaften Messwerte

Nach der Validierung der Daten müssen die Datenlücken, die durch die fehlerhaften Messwerte entstanden sind, ergänzt werden. Handelt es sich um Ausfälle einzelner Werte, so werden diese linear interpoliert, mithilfe des vorangehenden und darauffolgenden Wertes, sofern diese Werte plausibel erscheinen. Handelt es sich um mehrere aufeinander folgende Fehlwerte, so werden diese wenn möglich unter Zuhilfenahme der anderen Stationen im gleichen Messnetz, ersetzt. Wenn dies nicht möglich ist, werden die Tage oder sogar der gesamte Monat verworfen. Soweit möglich werden Stationen mit entsprechenden geografischen Voraussetzungen in ähnlicher Lage, Exposition und geringer räumlicher Entfernung verwendet.

Dieses System für das Korrigieren der Messfehler funktioniert bei nahe zueinander liegenden Stationen mit ähnlichen Standortbedingungen und geringe Höhendifferenzen. Limitiert durch die Dichte und Größe des Stationsnetzes ist dies nicht immer der Fall. Somit treten auch zeitweise Abweichungen zu den tatsächlich vorhandenen Werten auf. Im Gegensatz zum „nicht Ersetzen“ der Datenlücken trägt das Verfahren jedoch zu einer Homogenisierung des Datensatzes bei.

Da für die Messreihen der Luft- und Bodentemperatur keine Referenzstationen zur Verfügung stehen um Lücken mittels Daten von Nachbarstationen zu ersetzen, wurden die Monate mit vorhanden, signifikanten Datenlücken verworfen.

4.5.2 Anpassung der Niederschlagsdaten

Aus den durch Datenvalidierung und Korrektur der fehlerhaften Messwerte gewonnenen Sekundärdaten, werden mittels Anpassung Tertiärdaten gewonnen. Diese werden für die weitere Betrachtung klimatologischer Veränderungen benötigt.

Nach dem Einlesen der Niederschlagsdaten der Messwippen liegen diese wertdiskret als Wippenumschlag (0.1 mm) mit zugehörigem Zeitstempel vor. Durch die Anpassung

der Daten werden für jeden Messstandort die Tagessummen des Niederschlags ermittelt und als eigener Spalteneintrag temporär gespeichert. Die Niederschlagsdaten der Messwaage werden ebenfalls für jeden Tag aufsummiert und als Tagessumme des Niederschlags in einer eigenen Spalte temporär abgespeichert.

Des Weiteren ist die Kennzeichnung nicht vorhandener Messwerte mit der Bezeichnung „not a number“ (NaN) durch einen Niederschlagswert von 0 mm zu ersetzen.

4.6 Untersuchung der der Zeitreihe auf klimatologische Veränderungen

Langjährige Reihen von hydrometeorologischen Daten eignen sich um klimatologische Veränderungen aufzuzeigen und Analysen hinsichtlich klimatologischer Trends durchzuführen. Dabei werden zur Untersuchung klimatologischer Trends Datenreihen auf einer Beobachtungszeit von mindestens 30 Jahren, besser 50 Jahren, als erforderlich angesehen (Schönwiese, 2009)

Der Trend einer Zeitreihe beschreibt das langfristige Verhalten von einer oder mehrerer Komponenten des Klimasystems. Dadurch dient es der Kennzeichnung möglicher Klimaänderungen. Dabei setzt sich der Trend aus Richtung (Vorzeichen), seinem Betrag und seiner statistischen Signifikanz zusammen (Rapp, 1999). Besondere Beachtung findet die Trendanalyse in Bezug auf Extremereignisse wie Hitzeperioden, Frostperioden, Starkniederschläge, Starkschneefälle und Trockenperioden. Zur Analyse von Extremereignissen ist eine homogenisierte Zeitreihe für Lufttemperatur und Niederschlag auf Tagesbasis erforderlich. Auf dieser Basis können Indizes zur Erfassung der Klimaveränderung berechnet werden.

Nach Auswertung der erhobenen Niederschlagsdaten sowie der Daten der Luft- und Bodentemperatur hinsichtlich ihrer Qualität und Vollständigkeit werden die validierten Messdaten hinsichtlich Kenngrößen der Klimaveränderung betrachtet.

4.6.1 Homogenisieren der Datenreihen

Eine Homogenisierung von Messdaten ist bezüglich der Auswertung langer Klimazeitreihen notwendig, da die meteorologischen Messreihen nicht nur durch die Variationen des Klimas, sondern auch durch nichtklimatische Veränderungen beeinflusst sind. Störungen in den vorhandenen Messreihen durch Änderungen in der Mess- und Auswertemethodik, Beobachterwechsel und Veränderungen in der Umgebung der Stationen sowie Stationsverlegungen liegen in der gleichen Größenordnung wie die zu erwartenden klimatischen Trends. Diese Brüche und Trends durch Stationsverlegungen, Instrumentenwechsel, Verstädterung usw. verfälschen die natürlichen Klimaänderungen entscheidend (Gruber et al, 2008). Dies bedeutet, dass alle ausgeprägten Änderungen, mit Ausnahme der rein atmosphärisch-klimatologischen, aus der Zeitreihe entfernt werden müssen. Die Wahrscheinlichkeit für eine derartige, negative Beeinflussung der Zeitreihe ist umso höher, je länger die Zeitreihe in die Vergangenheit reicht.

Generell ist bei jeder meteorologischen Messgröße für jede daraus abgeleitete klimatologische Kenngröße in Abhängigkeit von der Jahreszeit (d. h. für jeden Kalendermonat) zu den verschiedenen statistischen Kenngrößen (Mittelwert, Streuung, Perzentile der Häufigkeitsverteilung) eine Homogenitätsprüfung durchzuführen. Die nicht klimatologischen Einflussgrößen können sich bei den einzelnen Messgrößen, Jahreszeiten und statistischen Parametern unterschiedlich auswirken (Herzog et al, 1998).

Diese Arbeit ist sehr umfangreich und aufwendig, eine vollständige Beseitigung der Inhomogenitäten auf statistischem Weg ist nicht möglich, deshalb wird eine Verringerung auf einen nicht mehr signifikanten Wert angestrebt.

Für das Auffinden von Inhomogenitäten spielt die Geschichte der Messstation eine große Rolle. Bei gut dokumentierter Stationshistorie und systematischen Vergleichsmessungen bei Veränderungen der Messgeräte sowie des Mess- und Auswerteprogramms kann eine Homogenisierung ohne statistische Analyse vorgenommen werden (Herzog et al, 1998).

Für die Betrachtung der Daten des Einzugsgebietes Pöllau dient die Plausibilitätskontrolle der Stationen untereinander beim Ersetzen der Datenlücken als Homogenisierung. Das Ziel war dabei nicht eine Homogenisierung der Messreihen, sondern lediglich die Feststellung von Inhomogenitäten.

4.6.2 Allgemeine Analyse der Zeitreihe

Die allgemeine statistische Untersuchung der Zeitreihen der Messstationen beinhaltet neben der Betrachtung der Datenlücken die Erfassung der statistischen Parameter sämtlicher relevanter Messreihen sowie deren allgemeine Charakteristik.

Die Betrachtung der allgemeinen Charakteristik der erhobenen Messdaten der einzelnen Stationen beinhaltet neben dem Verlauf der Jahresmittelwerte, sowie der Spannweite dieser hinsichtlich Minima- und Maxima Darstellung, die Auswertung mittels statistischer Parameter in tabellarischer Form. Dies gewährleistet eine Vergleichbarkeit der Stationen untereinander.

Anhand des Moving-Average-Verfahrens werden die aggregierten Zeitreihen geglättet. Dadurch ist eine Annäherung der Zeitreihen an den Mittelwert und eine dadurch bedingte Abnahme der Extremwerte erkennbar.

Eine Darstellung der Zeitreihen als gleitende 10-Jahresmittel ermöglicht die Visualisierung der dekadischen Variabilität. Zur Bestimmung der Bandbreite der Klimaänderung dient grundsätzlich die Darstellung der Zeitreihen als gleitende 30- bzw. 31-Jahresmittel, hierfür sind die aus den erhobenen Messdaten gewonnenen Zeitreihen nicht ausreichend.

Das Gütemaß der Trendgerade des 10-jährigen gleitenden Mittels wird mittels des Bestimmtheitsmaßes R^2 angegeben. Das Bestimmtheitsmaß ist eine Maßzahl die nicht kleiner als 0 und nicht größer als 1 werden kann. Wenn eine Trendgerade ein R^2 nahe 0 besitzt, bedeutet dies, dass die Anpassung schlecht ist. Besitzt eine Trendgerade ein R^2 nahe 1, bedeutet dies eine gute Anpassungsgüte.

4.6.3 Kenngrößen der Klimaveränderung

Als anwendungsorientierte Kenngrößen der Auswirkung einer Klimaveränderung werden Größen herangezogen, die von einfachen Klimavariablen – beispielsweise Niederschlag und Temperatur – abgeleitet werden können. Diese sind je nach Auswirkung

der Klimaveränderung auf bestimmte Sektoren von unterschiedlich großer Bedeutung. Als Sektoren werden meist Energie, Tourismus, Katastrophenschutz und Landwirtschaft genannt (Gobiet et al, 2012).

Für diese Arbeit werden die anwendungsorientierten Kenngrößen der Extremwerte für Starkniederschlag, Trockenheitsperiode und Schneedeckentage betrachtet.

Grundsätzlich werden zwei Verfahren unterschieden, wie Extremwerte einer Datenreihe bestimmt werden können:

Bei der ersten Methode, der Block-Maxima-Methode, werden aus den Messdaten jeweils die Maxima von Zeitblöcken festgelegter Länge bestimmt. Untersucht werden anschließend nur diese Maxima. Bei der anderen Methode, genannt "Peaks-over-threshold" (POT), wird ein hoher Grenzwert gewählt und alle Daten oberhalb dieses Grenzwertes zur Analyse herangezogen. Die Schwierigkeit bei der Methode besteht in der Wahl des Schwellwerts. Auch hier gilt es die Unabhängigkeit der Daten der Stichprobe zu gewährleisten. Hierzu kann beispielsweise ein erforderlicher Zeitabstand oder eine untere Schwelle zwischen zwei Extremereignissen eingeführt werden, die unterschritten werden muss. In dieser Arbeit wurde zur Untersuchung der Messreihen auf die zweite Methode zurückgegriffen (Hennemuth et al, 2013).

4.6.3.1 Trockenperioden

Trockenheit ist ein Sammelbegriff für Perioden mit geringem bis keinem Niederschlag, deren Frequenz, Intensität und Dauer häufig als eine der ausschlaggebenden Kenngrößen der Klimaveränderung genannt, welche vor allem im Bereich der Landwirtschaft, aber auch der Forst- oder Energiewirtschaft, Schäden verursachen.

Der Begriff Trockenperiode ist nicht klar definiert. Es existieren keine einheitlichen Festlegungen, ab welcher Zeitraumlänge eine Trockenperiode beginnt bzw. ab welchen Niederschlagsmengen sie endet. Ferner gilt es dabei zu beachten, dass Trockenperioden nicht a priori niederschlagsfrei sind.

Nach Nobilis (1980) ist eine Trockenperiode für die Klimaregion Österreich, wie in nachstehender Tabelle 4-7 aufgeführt, definiert.

Tabelle 4-7: Randbedingungen für Trockenperiode in Österreich (Bender S., Schaller M., 2014)

Mindestlänge Trockenperiode	Niederschlagsmenge	Region
6 Tage	$\leq 0,2 \text{ mm/d}$	Österreich

Die Frage nach der Veränderung der Häufigkeit der Trockenperioden ist insbesondere im Sommer von großer Wichtigkeit, um darzulegen, inwieweit die Erwärmung mit einer zusätzlichen Austrocknung einhergeht, weshalb nur die Sommerhalbjahre des Untersuchungsraums, definiert vom 21. März bis 22. September untersucht wurden. In den

Wintermonaten sorgen niedrige Luft- und Bodentemperaturen für eine geringere Verdunstungsrate, wodurch minimale Niederschlagsmengen nicht zu den Auswirkungen einer Trockenperiode führen, wie sie im Sommer vorkommen.

Als Indikator für eine Trockenheitsperiode wird auf die erhobenen Niederschlagsdaten zurückgegriffen und diese anschließend auf Plausibilität miteinander verglichen. Durch eine Aufsummierung der Tage kann die Anzahl der vorangegangenen Trockenwettertage vor einem Niederschlagsereignis ermittelt werden (Gobiet et al, 2012).

4.6.3.2 Starkniederschlagsereignisse

Starkniederschlagsereignisse sind nicht nur als Parameter der Klimaveränderung von Bedeutung, sondern auch als potentielle Auslöser von Überschwemmungen, Lawinen- und Murenabgängen.

Von Starkniederschlägen spricht man bei großen Niederschlagsmengen, welche im Verhältnis zu ihrer Dauer eine hohe Niederschlagsintensität und damit eine seltene Frequenz aufweisen. Die Änderung in der Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlagsereignissen dient als Kenngröße für Naturgefahren wie auch für die Landwirtschaft. Starkregen kann zu schnell ansteigenden Wasserständen und dadurch zu Überschwemmungen führen, häufig einhergehend mit Bodenerosion.

Für Starkregenereignisse gibt es keine allgemeine Definition, da die charakteristischen Niederschlagsmengen von der jeweiligen Klimazone abhängen. Schwellenwerte, die zur Definition herangezogen werden, können auf festen Größen, Perzentilwerten oder auf deskriptiver Statistik basieren.

Die in dieser Arbeit verwendeten Definitionen für Starkniederschlagsereignisse kurzer Dauer wurden von G. Wussow (1922) entwickelt. Er beschreibt den Schwellenwert vom Begriff Starkregen mit der in Gleichung 4-1 dargestellten Formel.

$$N_{min} = \sqrt{5 * t - \left(\frac{t}{24}\right)^2} \quad \text{Gleichung 4-1}$$

mit:

N_{min} ... minimaler Grenzwert der Regenmenge[mm], t ... Dauer des Regenereignisses [min]

In dieser Formel erhält man den Grenzwert als Regenmenge N_{min} in mm, wenn man die Dauer des Regens t in Minuten einsetzt (Bender S., Schaller M., 2014).

Die Schwellenwerte für ein Starkregenereignis sowie die zugehörigen definierten Zeitintervalle sind Tabelle 4-8 zu entnehmen. Der Zeitabstand zwischen zwei Ereignissen wurde auf 4 Stunden festgesetzt.

Tabelle 4-8: Schwellenwerte für die Definition von Starkregen nach Wussow

Zeitintervall	Niederschlagsmenge
15 Minuten	8,6 mm
30 Minuten	12,2 mm
1 Stunde	17,1 mm

Die Starkniederschlagsereignisse werden für das Einzugsgebiet gesamt betrachtet, gleiche Ereignisse, die von verschiedenen Stationen erfasst wurden, werden vorab detektiert und als ein Ereignis vermerkt.

4.6.3.3 Schneedeckentage

Als Folge der Klimaveränderung wird, mit Hinblick auf die steigenden Temperaturen, häufig die Abnahme der Tage mit Schneebedeckung genannt.

Zur Untersuchung, ob eine Veränderung der Anzahl der Schneetage sowie der Höhe der Schneedecke erkennbar ist, wurde auf die Daten der Hydrographie Steiermark zurückgegriffen.

Die Hydrographie Steiermark erhebt an der Station Cividino in Pöllau wie auch an der Zentralstation Heiling Tagesdaten mit der gesamten Schneehöhe in cm und die Höhe des Neuschnees in cm. Die Daten liegen als csv. – Format in einer Excel Tabelle vor. Für die Auswertung wurden die Daten jeweils vom 01. September des Jahres bis zum 31. August des Folgejahres betrachtet, um den gesamten Winter einer Saison einzu-beziehen. Die genauen Angaben der verwendeten Daten sind Tabelle 4-9 zu entnehmen.

Tabelle 4-9: Verwendete Datengrundlage zur Betrachtung der Schneedeckentage

Messtation	Höhe [m. ü. A]	Datengrundlage
Cividino	424	01.09.1981 bis 31.08.2013
Heiling	525	01.09.1983 bis 31.08.2013

Da die Höhe der Schneedecke sowie die gefallene Höhe des Neuschnees von zwei Stationen im Einzugsgebiet Pöllau vorhanden sind, dient der Vergleich der beiden als Plausibilitätskontrolle der erhobenen Daten.

Als Kenngröße der Auswirkungen der Klimaveränderung wird die Anzahl der Schneetage, in der Literatur meist die Tage mit einer Naturschneehöhe von mehr als 30 cm genannt (Gobiet et al, 2012). Diese Betrachtung ist hinsichtlich der vorhandenen Daten nicht sinnvoll. Die erhobenen Daten der Zentralstation Heiling sind nicht ausreichend um eine Aussage zur Entwicklung der Tage mit mehr als 30 cm Schnee treffen zu können. Von den 1150 Tagen, an denen eine geschlossene Schneedecke vorhanden war, weisen nur 40 Tage (3,48 %) eine Schneehöhe von mehr als 30 cm auf.

Abbildung 4-4 zeigt die Verteilung der Schneehöhen über die betrachteten Jahre. An der eingezeichneten Grenze der 30 cm zeigt sich die geringe Anzahl der Tage, deren Schneehöhe diese übersteigen. In Abbildung 4-5 ist die Verteilung der Schneehöhen über den gesamten Untersuchungszeitraum mit geschlossener Schneedecke ersichtlich.

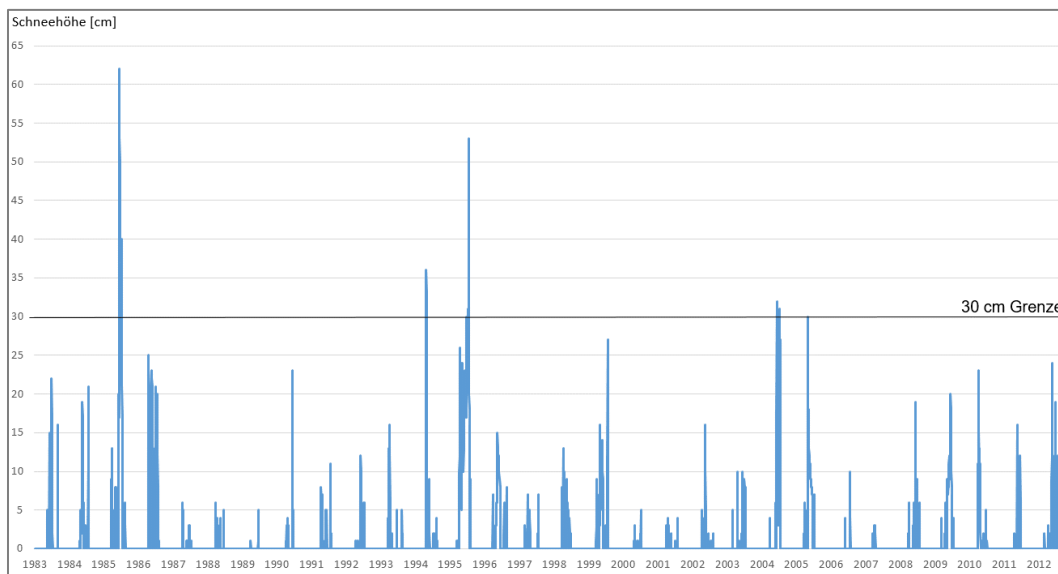


Abbildung 4-4: Darstellung der Schneehöhen der Zentralstation Heiling von 1983 bis 2013

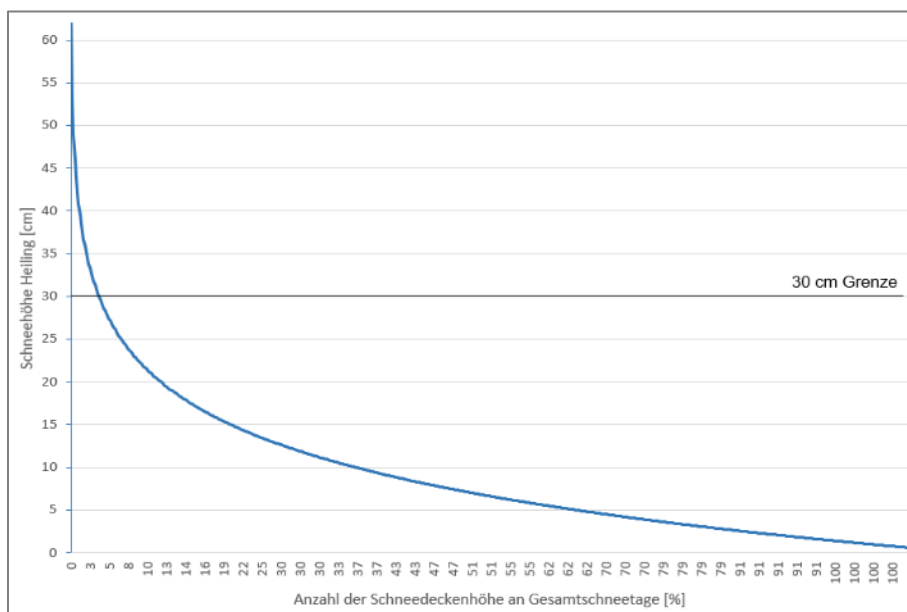


Abbildung 4-5: Prozentuale Verteilung der Schneedeckenhöhen an der Station Heiling

Auch bei der Messstation Cividino ist eine Betrachtung hinsichtlich der Veränderung der Schneedeckentage mit einer Höhe von mehr als 30 cm nicht aussagekräftig. Bei den insgesamt begutachteten 1292 Tagen an denen Schnee lag, liegt der prozentuale Anteil der Tage, an denen mehr als 30 cm Schnee lag, bei 4,72 % (61 Tage).

Abbildung 4-6 zeigt die Verteilung der Schneehöhen der Messstation Cividino über die Jahre 1981 bis 2013. In Abbildung 4-7 ist ferner die Verteilung der Schneehöhen über die gesamte Dauer der Tage mit geschlossener Schneedecke ersichtlic. Der prozentual geringe Anteil der Tage mit einer Schneehöhe von mehr als 30 cm ist klar erkennbar.

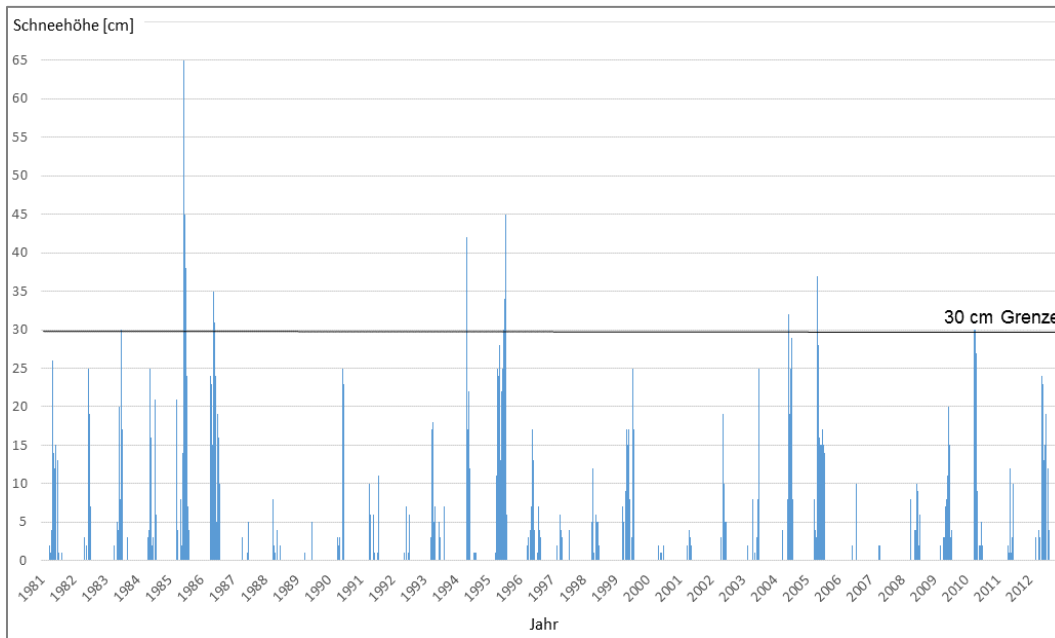


Abbildung 4-6: Darstellung der Schneehöhen der Station Cividino von 1981 bis 2013

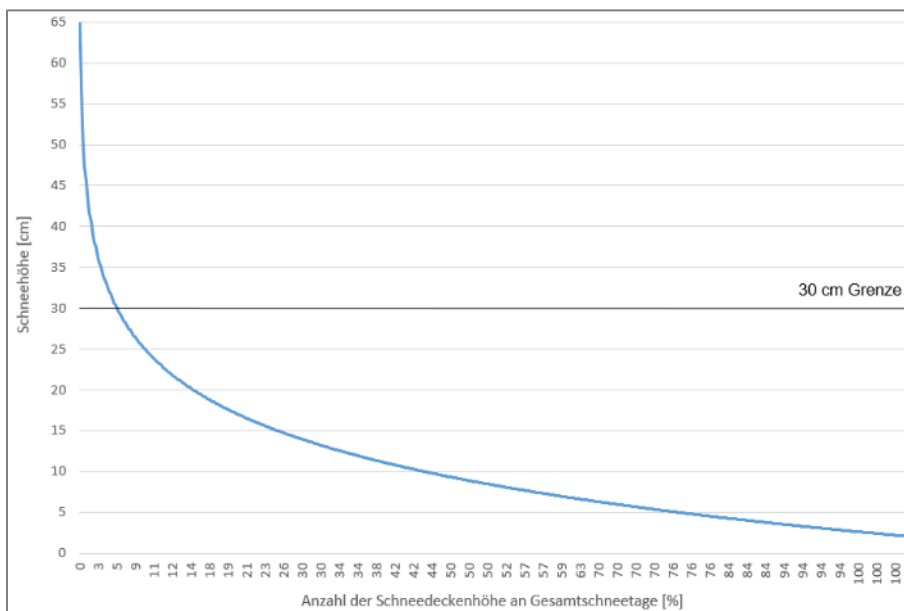


Abbildung 4-7: Prozentuale Verteilung der Schneedeckenhöhen an der Station Cividino

Daher wurden für die Auswertung weitere Bereiche der Schneedeckenhöhe definiert. Es werden neben den Tagen mit einer Schneehöhe von mehr als 30 cm die Tage mit einer Schneehöhe von 20 bis 30 cm, 10 bis 20 cm und 10 bis 1 cm betrachtet. Tage mit weniger als 1 cm werden als schneedeckenfrei abgegrenzt.

5 Ergebnisse

Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse aus der Datenaufbereitung dar. Es beinhaltet die Datenauswertung der einzelnen Messreihen, sowie die Vorstellung der Messergebnisse und deren Interpretation.

Zuerst werden wichtige Erkenntnisse zu den vorhandenen Datensätzen hinsichtlich der Datenqualität und Vollständigkeit aufgezeigt. Dies beinhaltet insbesondere das Auffinden und die Betrachtung von signifikanten Datenlücken der Messreihen, sowie die Betrachtung von Auffälligkeiten in den Datensätzen.

Anschließend werden die Auswertungen bezüglich der statistischen Parameter sowie der Kenngrößen der klimatologischen Veränderung dargelegt. Für die Auswertung der mittleren klimatischen Verhältnisse wurden die für die Größen Temperatur und Niederschlag zu jährlichen und monatlichen Mittelwerten zusammengefasst.

5.1 Datenqualität

Die Auswertung der Datenqualität der erhobenen Messdaten des Einzugsgebietes Pöllau ist besonders für die weitere Betrachtung hinsichtlich klimatologischer Veränderungen von Bedeutung. Eine schlechte Datenqualität bietet keine ausreichende Basis für eine weitere Betrachtung und Interpretation. Nebst der Ausfallquote der Stationen wurden Auffälligkeiten, wie beispielsweise ein Sprung in der Datenreihe, in den Datensätzen begutachtet.

Besondere Bedeutung bei der Betrachtung der Datenqualität kommt den Ausfallquoten und den damit verbundenen Datenlücken zu. Diese Lücken in den Messreihen müssen detektiert und auf ihren Grund hin untersucht werden. Die Gründe für fehlerhafte oder fehlende Messwerte sind unterschiedlich. Sie reichen von routinemäßigen Wartungen der Messinstrumente über systematische Messfehler bis hin zu Totalausfällen der Messstation.

Monatliche bzw. jährliche Zeitabschnitte der einzelnen Messstationen, die zu große Datenlücken aufweisen, werden in weiteren Betrachtung der Zeitreihen hinsichtlich statistischer Auswertung und klimatologischer Veränderung nicht berücksichtigt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung der Messreihen auf Auffälligkeiten und Datenlücken festgehalten. In einer anschließenden Bewertung werden die Ergebnisse hinsichtlich ihrer Qualität beurteilt.

5.1.1 Auffälligkeiten in den Datensätzen

Im Zuge der Datenbearbeitung kamen gewisse Auffälligkeiten zum Vorschein. Im Folgenden werden diese Erkenntnisse festgehalten.

Niederschlagsmessstationen:

Eine für die weitere Betrachtung bedeutende Auffälligkeit ist die große Anzahl an Datenlücken in den Messreihen. Dies ergab insbesondere bei der Untersuchung der Ausfallquoten der Niederschlagssensoren die Problematik, herauszufinden, ob es sich um Datenausfälle, beispielsweise durch Ausfall des Speichers, eingefrorene Sensoren oder um ein fehlerhaftes Netzteil, oder niederschlagsfreie Perioden handelt. Zur Ermittlung der Datenausfälle der eingesetzten Niederschlagswippen dienen ein Vergleich der Stationen untereinander sowie die Aufzeichnung der Datenausfälle des Einzugsgebietes Pöllau.

Für den Fall, dass bei allen Niederschlagsmessstationen keine Daten für eine 1-wöchige Periode oder länger vorhanden waren, wurden diese mit Messdaten der Niederschlagsstationen der Hydrographie Steiermark in diesem Gebiet verglichen, um Trockenheitsperioden zu detektieren und dadurch mögliche Datenausfälle differenziert aufzufinden.

Die Erkenntnisse aus dieser Betrachtung sind in Tabelle 5-1 aufgeführt. Auffallend ist dabei, dass im Jahr 2011 bis auf die Niederschlagsstation Höhenhansl keine Daten vorhanden sind.

Tabelle 5-1: Perioden ohne Niederschlagsaufzeichnung, differenziert in Trockenheitsperiode und Zeitabschnitte ohne Datenaufzeichnung

Zeitraum ohne NS-Aufzeichnung	Messstationen	Ursache
Mitte Oktober – Mitte November 1983	alle	Trockenheitsperiode
Mitte September – Mitte Oktober 1986	alle	Trockenheitsperiode
Januar – Juni 1989	alle	Datenausfall
Februar – März 2003	alle	Trockenheitsperiode
Januar – Dezember 2011	alle außer Höhenhansl	Datenausfall

Anschließend an diese Betrachtung wurden die Messreihen der einzelnen Stationen auf weitere Datenlücken hin untersucht. Diese Ergebnisse sind im Folgenden differenziert nach Messstation aufgeführt. Die Ausfallquote, die sich aus diesen Datenlücken ergibt, ist im nachstehenden Kapitel erläutert.

Bei der Niederschlagsmessstation Cividino (Nr. 1) weisen sowohl die Messreihe der Niederschlagswippe als auch der Niederschlagswaage deutliche Lücken auf, welche der Tabelle 5-2 zu entnehmen sind. Besonders auffallend ist hierbei das in den Jahren 2011 und 2012 keine Daten vorhanden sind. Diese Datenlücken sind zu groß um mittels Interpolation gefüllt zu werden, daher werden die Jahre in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt.

Tabelle 5-2: Datenlücken der Messstation Cividino

Messstation	Datenlücke	Länge
1 Cividino	28.06.1982 - 22. 05. 1983	328 Tage
	21.12.1988 - 01.07.1989	192 Tage
	01.10.1989 - 24.01.1990	115 Tage
	12.07.1990 - 09.05.1991	301 Tage
	01.01.2011 - 31.12.2012	730 Tage

Die Messstation Franzl am Moor (Nr. 2) weist nur geringe Datenlücken auf. Neben den in Tabelle 5-1 aufgeführten Datenlücken aller Niederschlagsmessstationen, ist nur eine signifikante Datenlücke im Jahr 1990 vorhanden, siehe Tabelle 5-3.

Tabelle 5-3: Datenlücken der Messstation Franzl am Moor

Messstation	Datenlücke	Länge
2 Franzl im Moor	01.01.1990 – 01.04.1990	90 Tage

Die Messreihe der Niederschlagsmessstation Moyhofer (Nr. 3) beinhaltet viele Datenlücken. Besonders in den ersten zehn Jahren der Datenaufzeichnung weist diese Messstation zahlreiche Lücken in der Zeitreihe auf. Dies könnte auf eine Problematik in der Datenübertragung oder des Datenloggers hinweisen. Die Informationen der Datenlücken hinsichtlich der Angabe des Zeitpunktes und der Länge sind Tabelle 5-4 zu entnehmen.

Tabelle 5-4: Datenlücken der Messstation Moyhofer

Messstation	Datenlücke	Länge
3 Moyhofer	08.06.1983 – 01.11.1983	146 Tage
	01.01.1986 – 12.03.1986	70 Tage
	10.11.1989 – 20.03.1990	130 Tage
	10.10.1990 – 05.05.1991	207 Tage

Die Messreihe der Station Leitenbertl (Nr. 4) weist zahlreiche Datenlücken auf. Wie bei den anderen Niederschlagsstationen sind diese besonders in den ersten zehn Jahren der Datenaufzeichnung, 1981 bis 1991, zu finden. Ferner sind in den Jahren ab 2010 vermehrt Datenausfälle auffindbar. Die Angaben zu den Datenlücken sind in der Tabelle 5-5 zu erkennen.

Tabelle 5-5: Datenlücken der Messstation Leitenbertl

Messstation	Datenlücke	Länge
4 Leitenbertl	19.01.1983 – 11.05.1983	112 Tage
	26.08.1985 – 18.03.1987	569 Tage
	04.05.1988 – 30.07.1989	452 Tage
	28.08.1989 – 24.03.1990	208 Tage
	06.09.1990 – 07.01.1991	123 Tage
	01.07.2010 – 31.08.2010	62 Tage
	01.01.2011 – 14.02.2012	409 Tage
	05.05.2013 – 05.05.2014	365 Tage

Bei den Datenausfällen der Niederschlagsmessstation der Schule Köppelreith (Nr. 5) handelt es sich um wenige Lücken, welche ebenfalls in der ersten Dekade der Datenaufzeichnung aufzufinden sind. In Tabelle 5-6 sind die genauen Angaben dazu ersichtlich.

Tabelle 5-6: Datenlücken der Messstation Schule Köppelreith

Messstation	Datenlücke	Länge
5 Schule Köppelreith	01.07.1982 – 21.03.1983	263 Tage
	01.06.1983 – 15.08.1983	75 Tage
	01.01.1989 – 24.01.1990 (nur vereinzelt Daten im Juli vorhanden)	389 Tage

Die Messreihe der Station Höhenhansl (Nr. 6) weist deutliche Lücken in der Zeitreihe auf, insbesondere in der ersten Dekade, welche der Tabelle 5-7 zu entnehmen sind.

Tabelle 5-7: Datenlücken der Messstation Höhenhansl

Messstation	Datenlücke	Länge
6 Höhenhansl	01.08.1982 – 31.12.1982	153 Tage
	01.01.1986 – 23.07.1987	569 Tage
	01.01.1989 – 24.01.1990 (nur vereinzelt Daten im Juli/August vorhanden)	389 Tage
	15.07.1991 – 21.10.1991	99 Tage
	14.07.1998 – 08.09.1998	57 Tage

Die Messreihe der Niederschlagswippe der Zentralstation Heiling (Nr. 7) zeigt ebenfalls deutliche Lücken über den gesamten Beobachtungszeitraum. Die Daten sind in der Tabelle 5-8 aufgeführt.

Tabelle 5-8: Datenlücken der Messstation Heiling Waage 0,1 mm

Messstation	Datenlücke	Länge
7 Heiling Waage 0,1 mm	20.07.1984 – 31.08.1984	41 Tage
	01.01.1988 – 15.01.1990 (nur vereinzelt Daten im Juni/Juli vorhanden)	745 Tage
	06.06.1990 – 26.07.1990	50 Tage
	01.10.1990 – 24.01.1991	116 Tage
	01.10.1995 – 30.11.1995	61 Tage
	25.08.2008 – 29.03.2009	217 Tage
	24.06.2015 – 15.08.2015	52 Tage

Messreihe der Lufttemperatur:

Die Messreihe der Lufttemperatur der Zentralstation Heiling weist nur geringe Lücken auf. Eine direkte Plausibilitätskontrolle der Messwerte war aufgrund fehlender Referenzstationen im Einzugsgebiet nicht möglich. Nach visueller Durchsicht und Vergleich der mittleren Monatswerte über die Jahre untereinander können die Daten dennoch als richtig angesehen werden.

Messreihe der Bodentemperatur:

Die Messdaten der Bodentemperatur in 0,5 m Tiefe weisen zahlreiche Lücken auf. Besonders auffallend ist die Datenlücke vom 14.07.2008 bis 15.07.2009 dieser Messstation, da die gemessenen Daten in den Folgejahren einen Sprung von rund vier bis fünf Grad nach oben aufweisen.

Die Monatsmittelwerte der Temperaturen (MMT) der Zeitperioden 1991-2008 und 2009-2014 sind in nachstehender Tabelle 5-9 aufgeführt. Die gemittelte Differenz der Messwerte beider Zeitperioden beträgt 5,08 °C. Eine Anpassung der Datenreihe 2009-2014 ist aufgrund zu großer Lücken in der Datenreihe nicht sinnvoll.

Tabelle 5-9: Vergleich der Monatsmitteltemperaturen 1991-2008 und 2009-2014, Station Heiling Boden -0,5 m

Monat	MMT 1991-2008	MMT 2009-2014	Differenz
Januar	2,7 °C	8,4 °C	+ 5,7 °C
Februar	2,6 °C	7,5 °C	+ 4,9 °C
März	4,6 °C	10,3 °C	+ 5,7 °C
April	8,1 °C	13,5 °C	+ 5,4 °C
Mai	13,1 °C	18,9 °C	+ 5,8 °C
Juni	16,5 °C	21,3 °C	+ 4,8 °C
Juli	18,6 °C	23,0 °C	+ 4,4 °C
August	19,2 °C	23,4 °C	+ 4,2 °C
September	16,3 °C	21,4 °C	+ 5,1 °C
Oktober	13,1 °C	17,8 °C	+ 4,7 °C
November	8,9 °C	14,0 °C	+ 5,1 °C
Dezember	4,8 °C	10,0 °C	+ 5,2 °C

Auch bei den anderen beiden Messstationen der Bodentemperatur ist der Sprung nach der Datenlücke 2008/2009 vorhanden.

Die Auswertung der Messdaten der Bodentemperatur in 0,5 m und 1,0 m Tiefe sowie in 10 cm Höhe über der Erdoberfläche wird deshalb auf einen Zeitrahmen von 01.02.1991 bis 31.07.2008 begrenzt.

5.1.2 Ausfallquote

Folgend wird die Ausfallquote der untersuchten Stationen aufgezeigt, die sich nach der Fehlersuche in den Werten ergeben hat. Dabei wird nach den Sensoren der relevanten meteorologischen Parameter unterteilt.

1 Cividino

- Niederschlagswippe und Waage:
 - Untersuchungszeitraum: 01.01.1980 bis 31.12.2015
 - Ausfallquote: 13 %

2 Franzl am Moor

- Niederschlagswippe:
 - Untersuchungszeitraum: 01.01.1980 bis 31.12.2015
 - Ausfallquote: 5 %

3 Moyhofer

- Niederschlagswippe:
 - Untersuchungszeitraum: 01.01.1980 bis 31.12.2015
 - Ausfallquote: 8 %

4 Leitenbertl

- Niederschlagswippe:
 - Untersuchungszeitraum: 01.01.1980 bis 31.12.2015
 - Ausfallquote: 18 %

5 Schule Köppelreith

- Niederschlagswippe:
 - Untersuchungszeitraum: 01.01.1980 bis 31.12.2015
 - Ausfallquote: 8 %

6 Höhenhansl

- Niederschlagswippe:
 - Untersuchungszeitraum: 01.01.1980 bis 31.12.2015
 - Ausfallquote: 12 %

7 Heiling Wippe 0.1 mm

- Niederschlagswippe:
 - Untersuchungszeitraum: 01.01.1982 bis 31.12.2015
 - Ausfallquote: 10 %

Heiling Temperatur

- Lufttemperatur:
 - Untersuchungszeitraum: 01.01.1993 bis 31.12.2014
 - Ausfallquote: 1,29 %

Heiling Boden 0,1 m

- Bodentemperatur:
 - Untersuchungszeitraum: 01.02.1991 bis 13.07.2008
 - Ausfallquote: 12,83 %

Heiling Boden - 0,5 m

- Bodentemperatur:
 - Untersuchungszeitraum: 01.02.1991 bis 13.07.2008
 - Ausfallquote: 19,33 %

Heiling Boden - 1,0 m

- Bodentemperatur:
 - Untersuchungszeitraum: 01.02.1991 bis 13.07.2008
 - Ausfallquote: 32,63 %

Die Messwerte des Niederschlags sind im Mittel von einer guten Qualität und Glaubwürdigkeit. Die Station Franzl am Moor hat mit 5 % die geringste, die Station Leitenbertl mit 18 % die höchste Ausfallquote. Fehler bei der Messung und zeitliche Inkonsistenzen durch die Änderung der äußeren Messbedingungen sind in jeder Niederschlagsmessreihe vorhanden, die Daten können dennoch als solide betrachtet werden.

Die Messwerte der Lufttemperatur sind von einer hohen Qualität, geprägt von einer niedrigen Ausfallquote mit nur 1,29 %.

Die Messwerte der Bodentemperatur weisen in allen drei Höhen signifikante Datenlücken auf, die Messstation 1 Meter Tiefe hat mit 32,63 % die höchste Ausfallquote. Die Aussagekraft dieser Zeitreihen ist, bedingt durch die hohe Anzahl an Datenlücken, sehr beschränkt.

5.2 Charakteristik der Niederschlagsdaten

Um einen ersten Eindruck über die Zeitreihen der Niederschlagsmessstationen zu gewinnen, werden im Folgenden für verschiedene Zeiträume statistische Parameter der einzelnen Stationen dargestellt.

Mit Bezug auf die langjährigen Mittelwerte wird darauf hingewiesen, dass diese den Mittelwert aller Jahresmittel darstellen, welche aus den Monatsmitteln eines Jahres berechnet werden. Diejenigen Zeiträume, deren Niederschlagssummen aufgrund von Datenausfällen nicht repräsentativ sind, wurden in folgender Untersuchung nicht berücksichtigt.

5.2.1 Cividino

Mit 78,20 mm wurde am 05.09.1995 die höchste Tagesniederschlagssumme der Station Cividino gemessen, die höchste wöchentliche Summe ergab sich in der letzten Juniwoche 2009. Im Juni 1979 wurde mit 301,80 mm die höchste monatliche Niederschlagssumme gemessen, die niedrigste, mit einem Wert von nur 0,10 mm wurde im Juli 2013 erfasst. Mit einer jährlichen Niederschlagssumme von 489,10 mm wurde 2001 am wenigsten Niederschlag an der Station Cividino gemessen, 2009 mit einer Summe von 948,10 mm am meisten Niederschlag pro Jahr.

Die statistischen Parameter der Station Cividino, unterteilt in relevante Zeiteinheiten, sind Tabelle 5-10 zu entnehmen.

Tabelle 5-10: Statistische Parameter der Niederschlagsstation Cividino

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	0,00 mm	78,20 mm	2,02 mm	5,67 mm
Woche	0,00 mm	153,80 mm	14,12 mm	18,50 mm
Monat	0,10 mm	301,80 mm	61,65 mm	50,04 mm
Quartal	16,25 mm	542,40 mm	186,77 mm	121,04 mm
Jahr	489,10 mm	948,10 mm	749,54 mm	128,43 mm

Die Verteilung der monatlichen Summen zeigt die höchsten Niederschläge in den Sommermonaten von Juni bis August. Mit rund fünf Prozent des gesamten Jahresniederschlags fällt im Januar und Februar am wenigstens Niederschlag.

Die Verteilung der mittleren Monatsniederschläge (MNS), sowie die minimalen und maximalen Monatsniederschläge während des Untersuchungszeitraums sind in Abbildung 5-1 dargestellt.

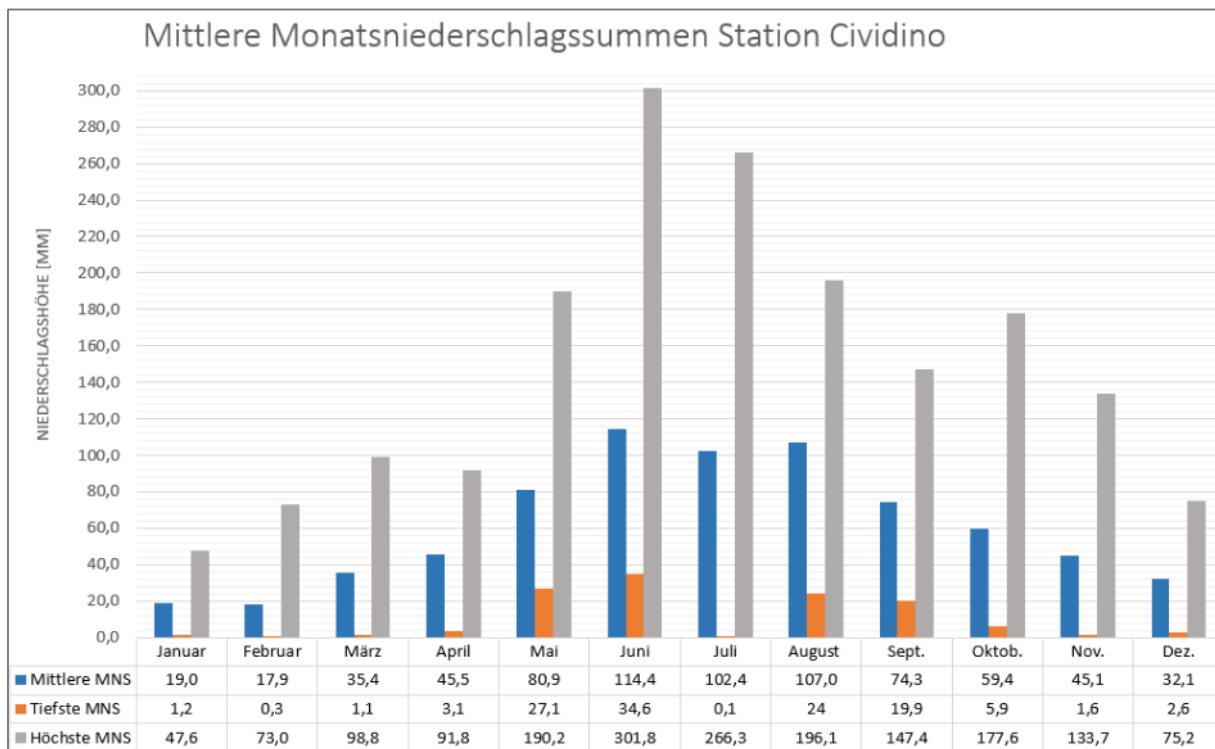


Abbildung 5-1: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Cividino

5.2.2 Franzl am Moor

Am 16.05.1995 wurde mit 85,80 mm die höchste Tagesniederschlagssumme an der Station Franzl am Moor während des betrachteten Zeitraums gemessen. Vom 06. bis 12. Oktober 1980 wurde mit 139,70 mm die höchste wöchentliche Niederschlagssumme erreicht. Als Monat mit dem der höchsten Niederschlagssumme ergab sich der Juli 2012 mit 290,30 mm, mit nur 0,3 mm Niederschlagssumme pro Monat ist der Februar 2003 niederschlagärmste. 1982 fiel mit einer jährlichen Summe von 1036,70 mm am meisten Niederschlag im Untersuchungszeitraum an der Station Franzl am Moor, nur 493,70 mm jährlicher Niederschlagssumme wurden 2001 erfasst.

Die statistischen Parameter der Station Franzl am Moor, unterteilt in relevante Zeiteinheiten, sind Tabelle 5-11 zu entnehmen.

Tabelle 5-11: Statistische Parameter der Niederschlagsstation Franzl am Moor

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	0,00 mm	85,80 mm	2,32 mm	6,32 mm
Woche	0,00 mm	139,70 mm	16,25 mm	20,16 mm
Monat	0,30 mm	290,30 mm	71,40 mm	53,51 mm
Quartal	17,60 mm	511,80 mm	213,35 mm	120,44 mm
Jahr	493,7 mm	1036,70 mm	861,83 mm	146,19 mm

Bei der Station Franzl am Moor zeigen sich ebenfalls die erhöhten Niederschlagssummen in den Sommermonaten. Die Monatsniederschläge, unterteilt in Mittel-, Minimal- und Maximalwert, während des Untersuchungszeitraums sind in Abbildung 5-2 dargestellt.

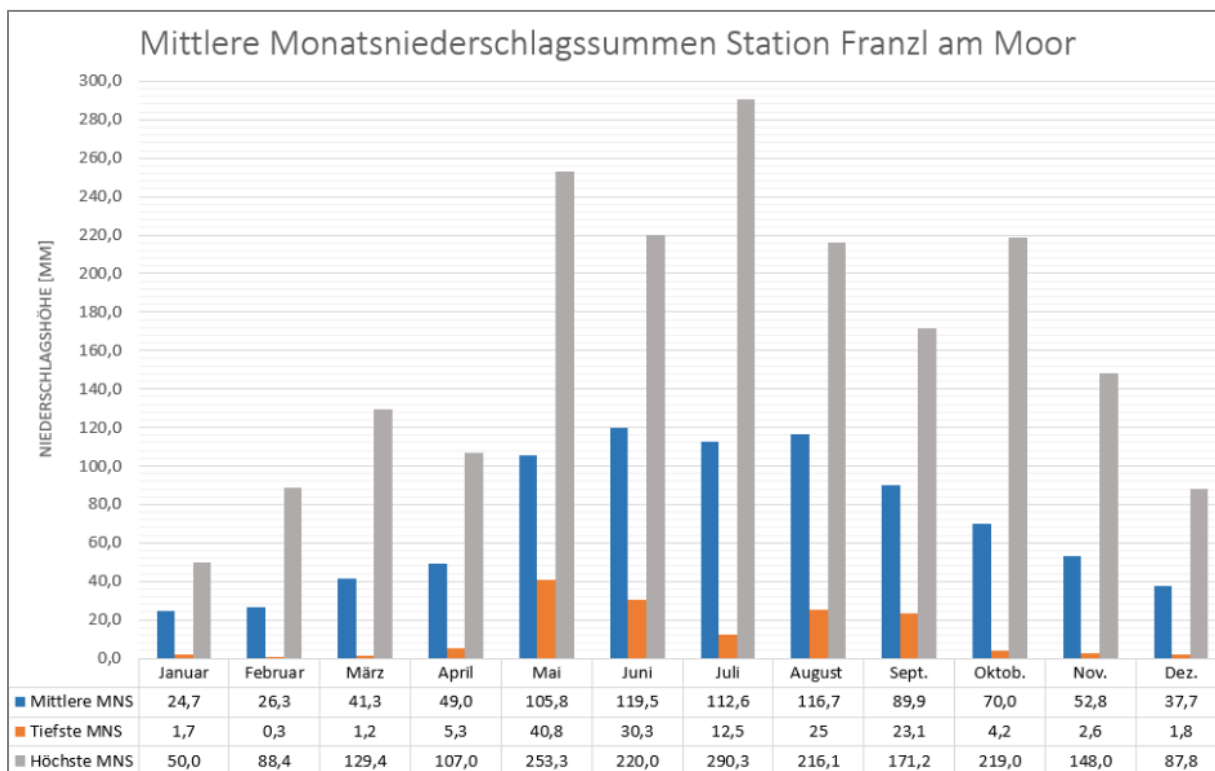


Abbildung 5-2: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Franzl am Moor

5.2.3 Moyhofer

Mit 102,08 mm wurde am 23.07.1997 die höchste Tagesniederschlagssumme der Station Moyhofer erfasst, die höchste wöchentliche Summe ergab sich in der ersten Oktoberwoche 1980. Als Monat mit dem der höchsten Niederschlagssumme ergab sich der Juli 1997 mit 290,30 mm, mit nur 0,20 mm Niederschlagssumme pro Monat ist der Januar 1998 der Monat mit dem geringsten gemessenen Niederschlag. Die höchste jährliche Niederschlagssumme wurde 2014 gemessen, die geringste 1988.

In der nachstehenden Tabelle 5-12 sind die statistischen Parameter der Station Moyhofer zusammengefasst.

Tabelle 5-12: Statistische Parameter der Niederschlagsstation Moyhofer

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	0,00 mm	102,08 mm	2,07 mm	5,88 mm
Woche	0,00 mm	146,70 mm	13,99 mm	18,46 mm
Monat	0,20 mm	276,30 mm	63,20 mm	50,56 mm
Quartal	10,10 mm	535,30 mm	184,82 mm	112,13 mm
Jahr	504,30 mm	1010,30 mm	760,95 mm	125,97 mm

Die Verteilung der mittleren Monatsniederschläge, sowie die minimalen und maximalen Monatsniederschläge während des Untersuchungszeitraums sind in Abbildung 5-3 dargestellt.

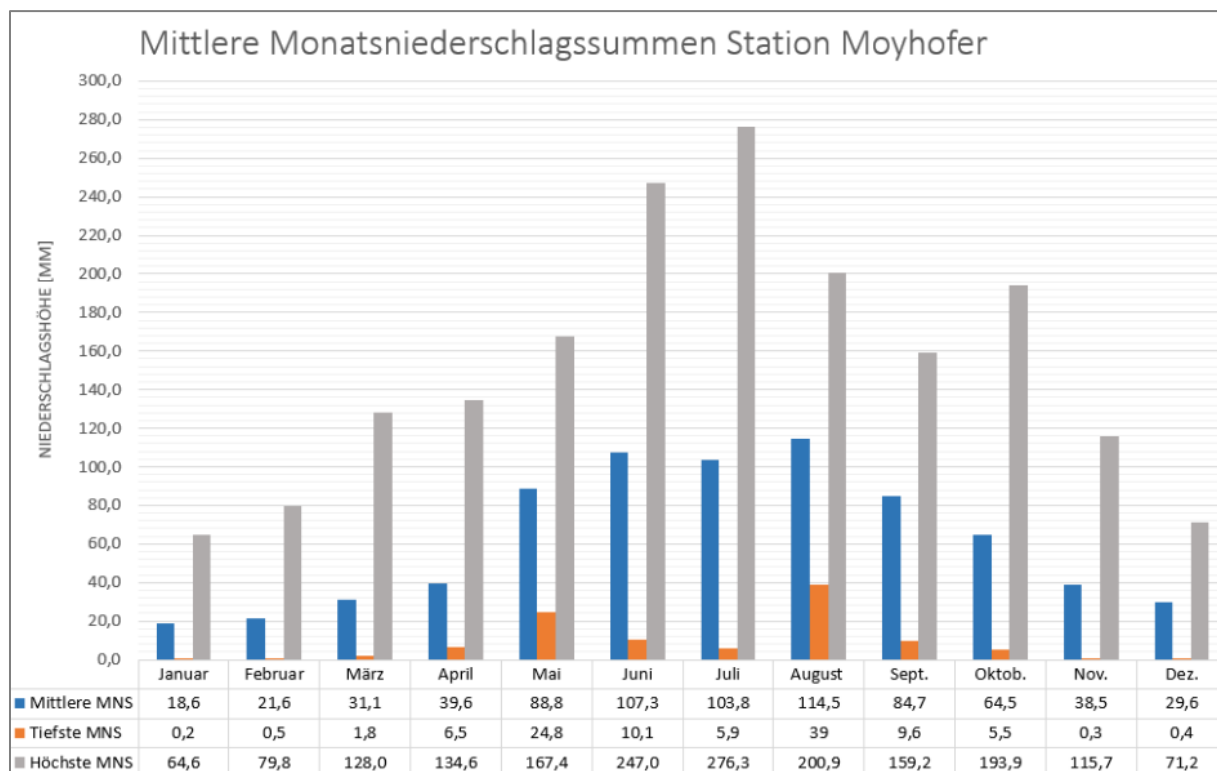


Abbildung 5-3: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Moyhofer

5.2.4 Leitenbertl

Am 06.06.2000 wurde mit 97,30 mm die höchste Tagesniederschlagssumme an der Station Leitenbertl während des betrachteten Zeitraums gemessen. Die höchste wöchentliche Niederschlagssumme wurde an dieser Station mit 193,30 mm in der ersten Oktoberwoche 1980 erreicht. Im Juli 2012 wurde mit 287,20 mm die höchste monatliche Niederschlagssumme gemessen, die niedrigste, mit einem Wert von 0,40 mm, wurde im Februar 1998 erfasst. Mit einer jährlichen Niederschlagssumme von 531,40 mm wurde 2001 am wenigsten Niederschlag an der Station Leitenbertl gemessen, 1996 mit einer Summe von 1080,70 mm am meisten Niederschlag pro Jahr.

Die statistischen Parameter der Station Leitenbertl, unterteilt in relevante Zeiteinheiten, sind der nachstehenden Tabelle 5-13 zu entnehmen.

Tabelle 5-13: Statistische Parameter der Niederschlagsstation Leitenbertl

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	0,00 mm	97,30 mm	2,38 mm	6,38 mm
Woche	0,00 mm	193,30 mm	14,16 mm	19,45 mm
Monat	0,40 mm	287,20 mm	72,22 mm	53,11 mm
Quartal	18,00 mm	559,00 mm	212,62 mm	127,75 mm
Jahr	531,40 mm	1080,70 mm	867,01 mm	123,47 mm

Die Monatsniederschläge, unterteilt in Mittel-, Minimal- und Maximalwert, während des Untersuchungszeitraums sind in Abbildung 5-4 dargestellt.

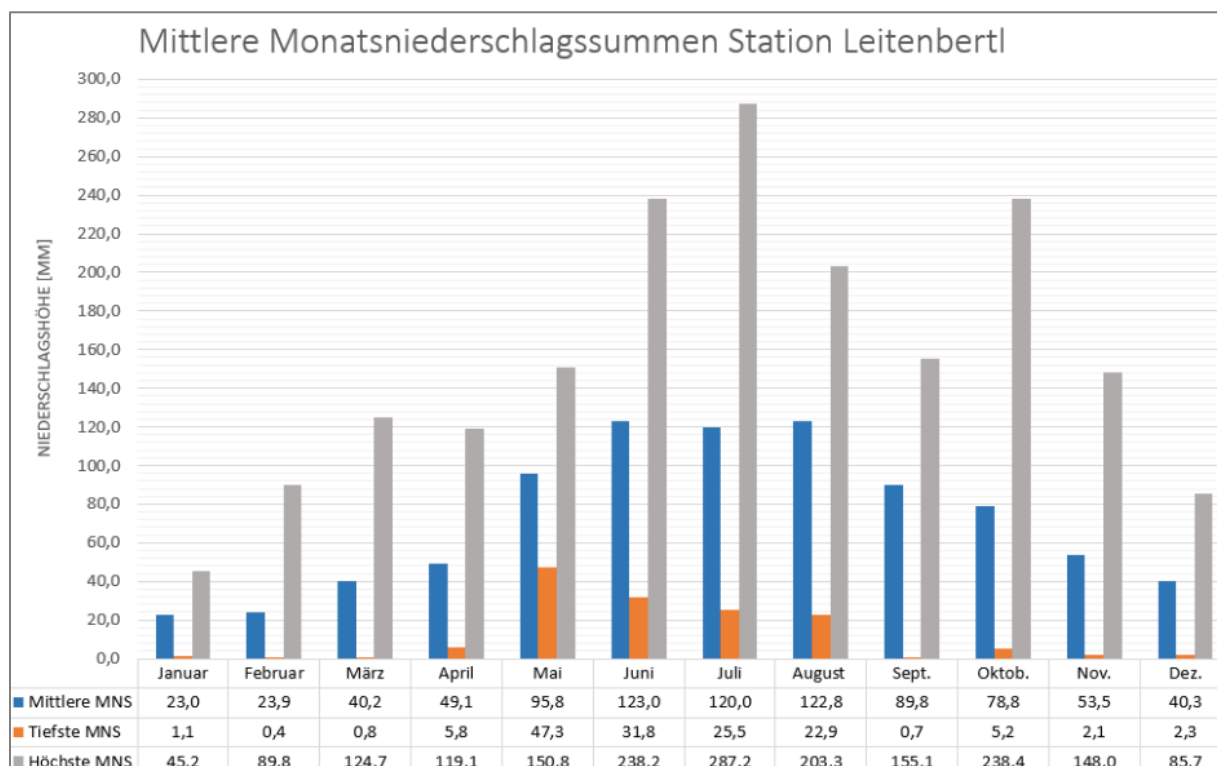


Abbildung 5-4: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Leitenbertl

5.2.5 Schule Köppelreith

Mit 92,10 mm wurde am 06.06.2000 die höchste Tagesniederschlagssumme der Station Schule Köppelreith erfasst, die höchste wöchentliche Summe ergab sich ebenfalls in der ersten Oktoberwoche 1980. Im Juli 2012 wurde mit 264,90 mm die höchste monatliche Niederschlagssumme gemessen, die niedrigste, mit einem Wert von nur 0,60 mm wurde im Februar 2003 erfasst. Mit einer jährlichen Niederschlagssumme von 477,80 mm wurde 2001 am wenigsten Niederschlag an der Station Schule Köppelreith gemessen, 2014 mit einer Jahressumme von 1026,60 mm am meisten Niederschlag pro Jahr.

Die statistischen Parameter der Station Schule Köppelreith, unterteilt in relevante Zeiteinheiten, sind der folgenden Tabelle 5-14 zu entnehmen.

Tabelle 5-14: Statistische Parameter der Niederschlagsstation Schule Köppelreith

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	0,00 mm	92,10 mm	2,25 mm	6,15 mm
Woche	0,00 mm	148,20 mm	14,93 mm	18,99 mm
Monat	0,60 mm	264,90 mm	68,46 mm	50,50 mm
Quartal	15,00 mm	558,90 mm	205,43 mm	117,03 mm
Jahr	477,80 mm	1026,60 mm	815,30 mm	145,53 mm

Die mittleren, minimalen und maximalen Monatsniederschlagssummen der Station Schule Köppelreith sind in der Abbildung 5-5 dargestellt.

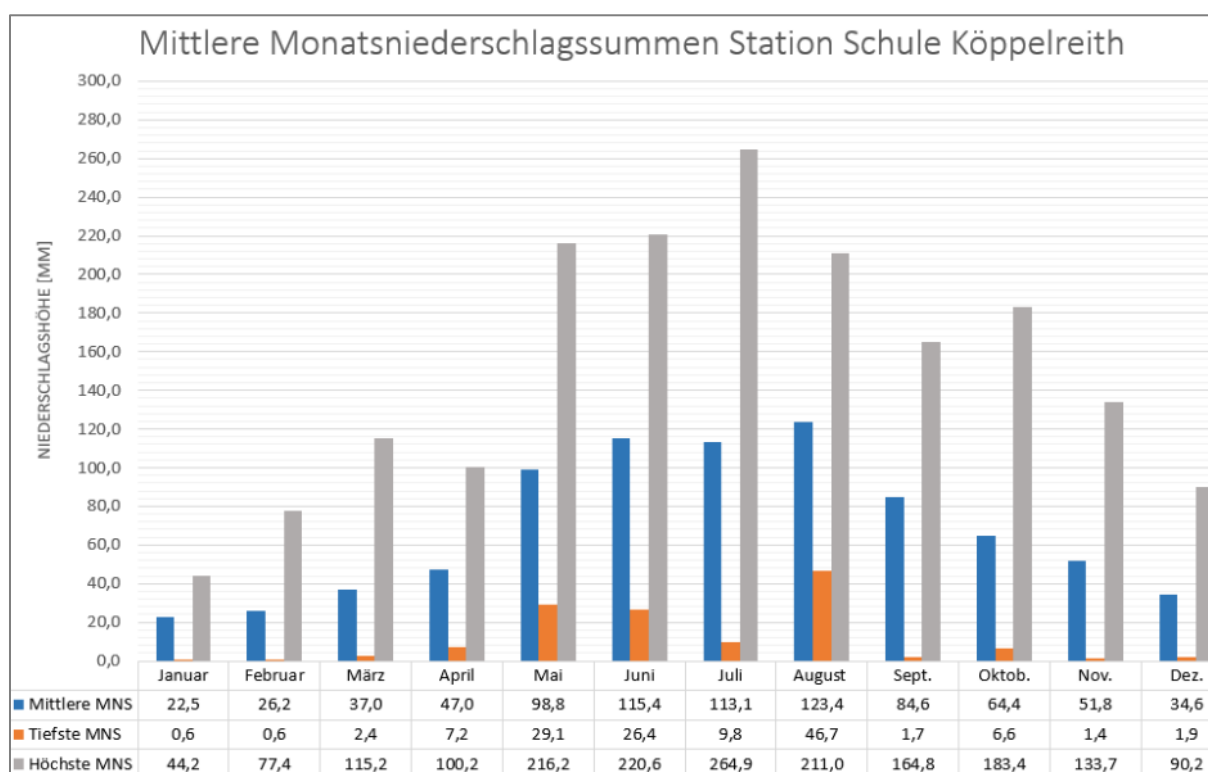


Abbildung 5-5: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Schule Köppelreith

5.2.6 Höhenhansl

Mit 78,80 mm wurde am 23.07.2010 die höchste Tagesniederschlagssumme der Station Höhenhansl gemessen, die höchste wöchentliche Summe ergab sich in der ersten Oktoberwoche 1980. Im Juli 2012 wurde mit 253,60 mm die höchste monatliche Niederschlagssumme gemessen, die niedrigste, mit einem Wert von nur 0,40 mm wurde im Februar 2008 erfasst. Mit einer jährlichen Niederschlagssumme von 485,70 mm wurde 2001 am wenigsten Niederschlag gemessen, 2014 mit einer Summe von 1096,90 mm am meisten Niederschlag pro Jahr.

In der nachstehenden Tabelle 5-15 sind die statistischen Parameter der Station Höhenhansl zusammengefasst.

Tabelle 5-15: Statistische Parameter der Niederschlagsstation Höhenhansl

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	0,00 mm	78,80 mm	2,20 mm	5,93 mm
Woche	0,00 mm	150,50 mm	14,78 mm	19,04 mm
Monat	0,40 mm	253,60 mm	67,99 mm	51,39 mm
Quartal	17,00 mm	559,50 mm	202,62 mm	116,18 mm
Jahr	485,70 mm	1096,90 mm	816,48 mm	163,82 mm

Die mittleren, minimalen und maximalen Monatsniederschlagssummen der Station Höhenhansl sind in Abbildung 5-6 dargestellt.

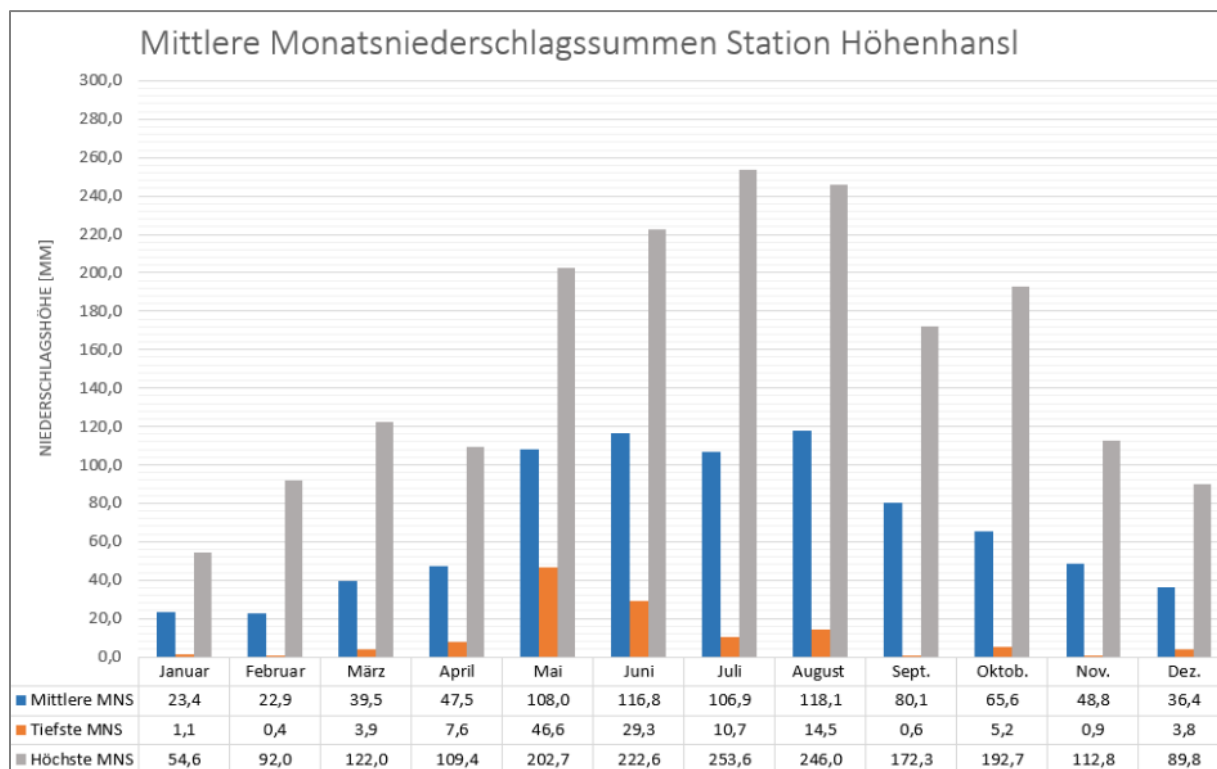


Abbildung 5-6: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Höhenhansl

5.2.7 Heiling

Am 18.08.1997 gab es mit einer Niederschlagssumme von 74,40 mm den höchsten erfassten Tagesniederschlag an der Station Heiling, die höchste Niederschlagssumme einer Woche in der letzten Augustwoche 2013. Im Juli 2012 wurde mit 271,70 mm die höchste monatliche Niederschlagssumme gemessen, die niedrigste, mit einem Wert von nur 0,10 mm wurde im Februar 2003 erfasst. Mit einer jährlichen Niederschlagssumme von 351,30 mm wurde 1988 am wenigsten Niederschlag an der Station Heiling gemessen, 2012 mit einer Jahressumme von 1034,90 mm am meisten Niederschlag.

In der nachstehenden Tabelle 5-16 sind die statistischen Parameter der Station Heiling Wippe 0,1 mm zusammengefasst.

Tabelle 5-16: Statistische Parameter der Niederschlagsstation Heiling Wippe 0,1 mm

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	0,00 mm	74,40 mm	2,12 mm	5,89 mm
Woche	0,00 mm	120,10 mm	14,83 mm	18,70 mm
Monat	0,10 mm	271,70 mm	64,60 mm	51,78 mm
Quartal	15,50 mm	539,50 mm	191,73 mm	118,86 mm
Jahr	351,30 mm	1034,90 mm	771,30 mm	162,93 mm

Die mittleren, minimalen und maximalen Monatsniederschlagssummen der Station Heiling sind in Abbildung 5-7 dargestellt.

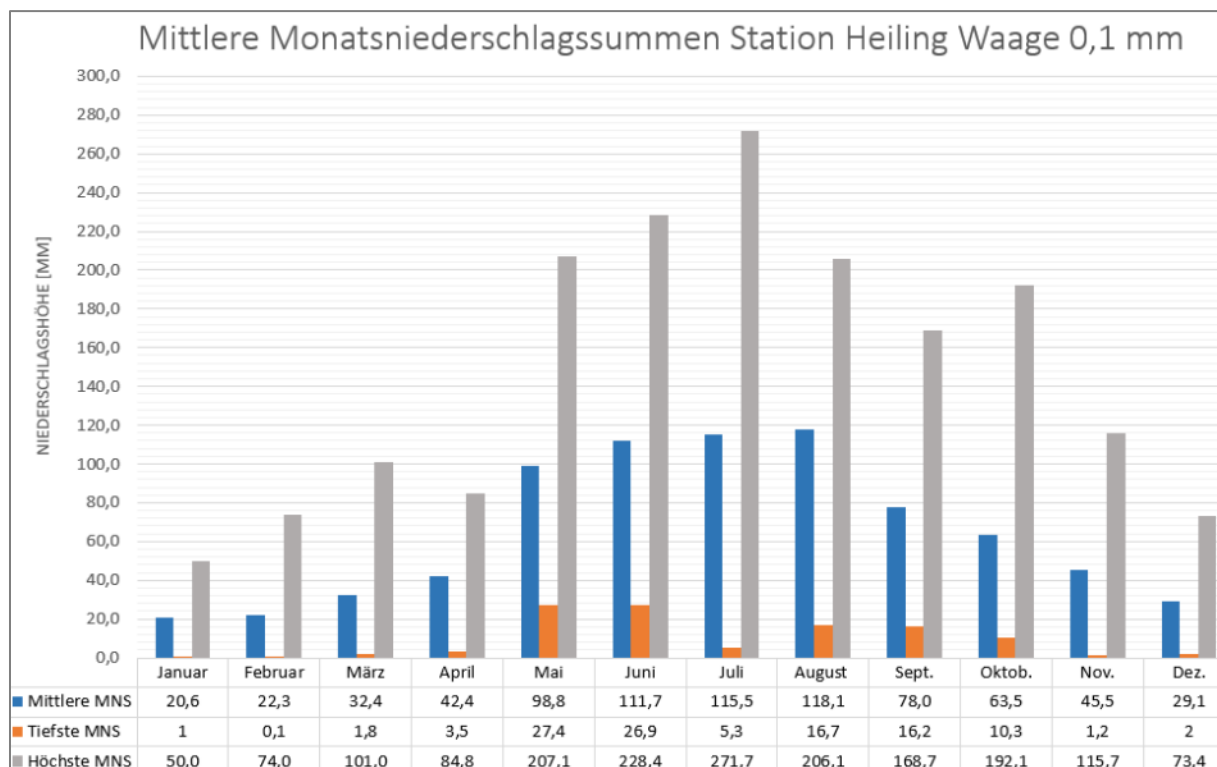


Abbildung 5-7: Mittlere monatliche Niederschlagssummen der Station Heiling Waage 0,1 mm

5.3 Auswertung der Niederschlagsdaten

Die berechneten mittleren Jahresniederschlagshöhen jeder Messstation für den betrachteten Zeitraum sind in Abbildung 5-8 dargestellt. Über den 35-jährigen Untersuchungszeitraum reichen die mittleren Niederschlagshöhen von 749,54 mm pro Jahr bei der Messstation Cividino bis über 860 mm pro Jahr bei den Stationen Franzl im Moor und Leitenbergl.

Die höchsten Werte ergeben sich somit für die Messstationen im Westen des Einzugsgebietes Leitenbertl und Franzl im Moor. Die im städtischen Bereich gelegene Station Cividino ergab die niedrigste mittlere Jahresniederschlagshöhe während des Untersuchungszeitraums.

Obwohl die Station Moyhofer, Schule Köppelreith und Franzl im Moor fast auf gleicher Seehöhe im Einzugsgebiet liegen, ergab sich eine Differenz in den mittleren Jahresniederschlagshöhen von 100 mm. Dies zeigt eine deutliche Abnahme des Niederschlags von Westen (Station Franzl im Moor) nach Osten (Station Moyhofer). Ferner zeigt es, dass keine offensichtliche Beziehung zwischen Niederschlagsmenge und Seehöhe im Einzugsgebiet definiert werden kann.

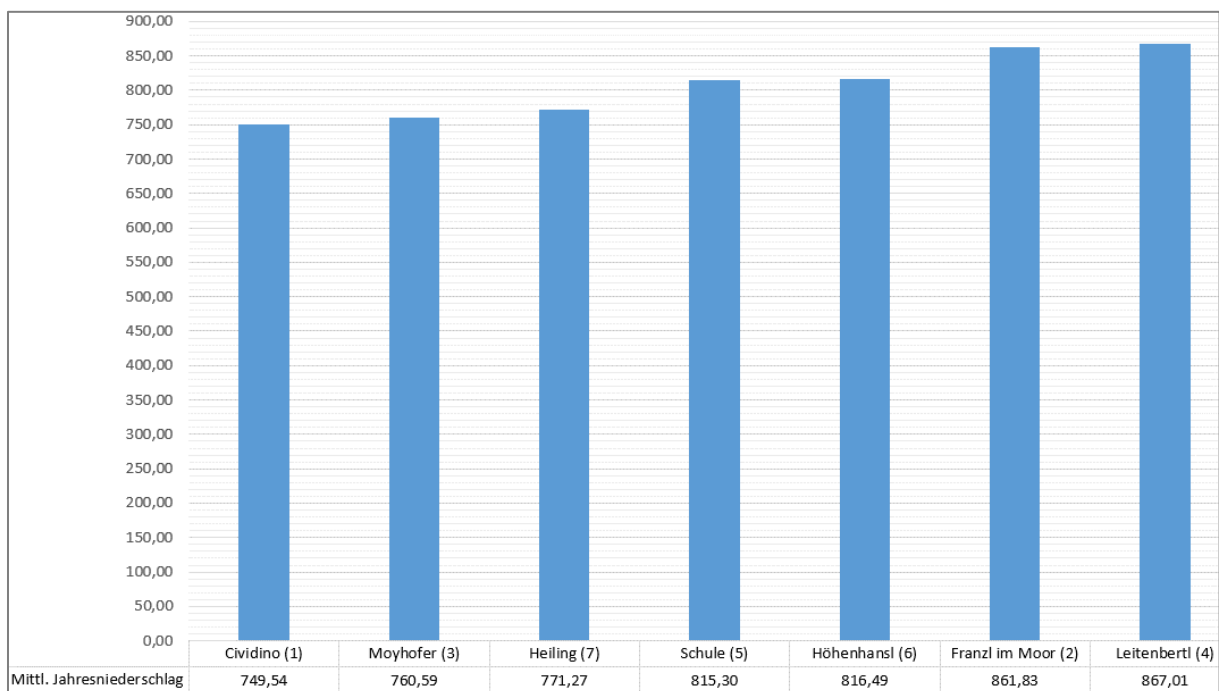


Abbildung 5-8: Mittlere Jahresniederschlagshöhe der Stationen berechnet für den Zeitraum zwischen 1980 und 2015

Die Betrachtung der gemittelten Jahresniederschläge über den Zeitraum von 1980 bis 2015 ergab tendenziell einen Anstieg der Jahresniederschlagshöhen. Abbildung 5-9 zeigt die mittleren Jahresniederschläge im Einzugsgebiet von 1987-2015 als blaue Balken. Die orangefarbene Linie repräsentiert den 10-jährigen gleitenden Mittelwert, die gepunktete Linie den linearen Trend des gleitenden Mittelwertes.

Mit einem mittleren Jahresniederschlag von 488,4 mm ist das Jahr 2001 das niederschlagärmste im Untersuchungszeitraum. Die Jahre mit den höchsten Niederschlagssummen sind 1996 mit 977,6 mm pro Jahr und 2014 mit 995,6 mm pro Jahr.

Der Darstellungszeitraum in nachstehender Abbildung beginnt aufgrund der innebezogenen Betrachtung mittels 10-jährigem gleitenden Mittelwertes erst ab 1990. Die lineare Trendlinie ist mit einem Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,613 als solide zu betrachten. Die Trendlinie lässt einen Anstieg der mittleren Jahresniederschlagshöhen über den Untersuchungszeitraum erkennen.

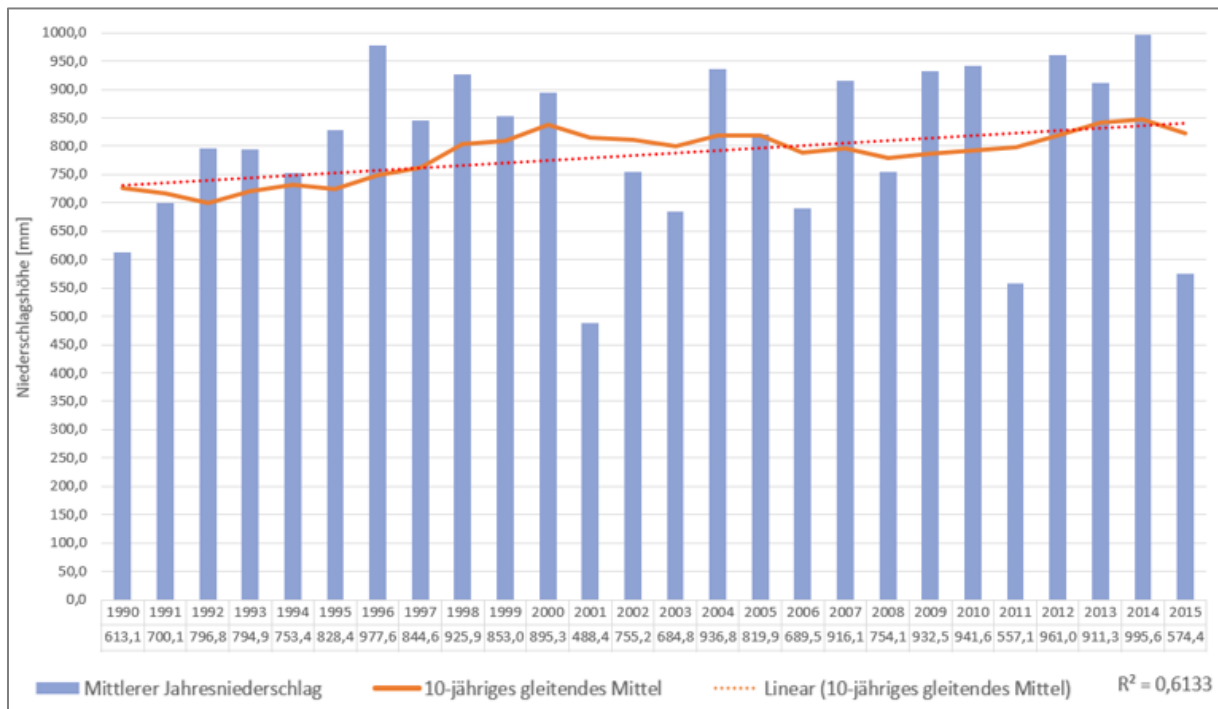


Abbildung 5-9: Abbildung des mittleren Jahresniederschlags für den Zeitraum 1987-2015 inklusive Darstellung des 10-jährigen gleitenden Mittelwertes

In Abbildung 5-10 ist der aufsummierte, über alle Stationen gemittelte Tagesniederschlag zu sehen. Die Steigerung der täglichen Niederschlagssummen im Klimamittel des Bezugszeitraumes, zeichnet die ansteigende dunkelgraue Linie in der Mitte nach. Die blaue Linie darunter gibt die mittleren, aufsummierten Tagesniederschlagshöhen für die Periode von 1980-1989 wieder. Die orangefarbene Linie darüber zeigt die mittleren, aufsummierten Tagesniederschlagshöhen für den Zeitraum 2005-2015.

Unverkennbar wird die Tendenz zu Sommerniederschläge in der Darstellung der aufsummierten Tagessummen ersichtlich, die sich durch die relativ flache Steigung in den Wintermonaten und den deutlichen Anstiegen in den Sommermonaten zeigt. Diese Steigung in den Sommermonaten ist besonders in der orangefarbenen Linie, welche den Zeitraum 2005 bis 2015 zeigt, deutlich.

Ferner zeigt sich die Änderung in den Niederschlagssummen während der Sommermonate in der merkbaren Spanne zwischen den einzelnen Summenlinien ab Juni.

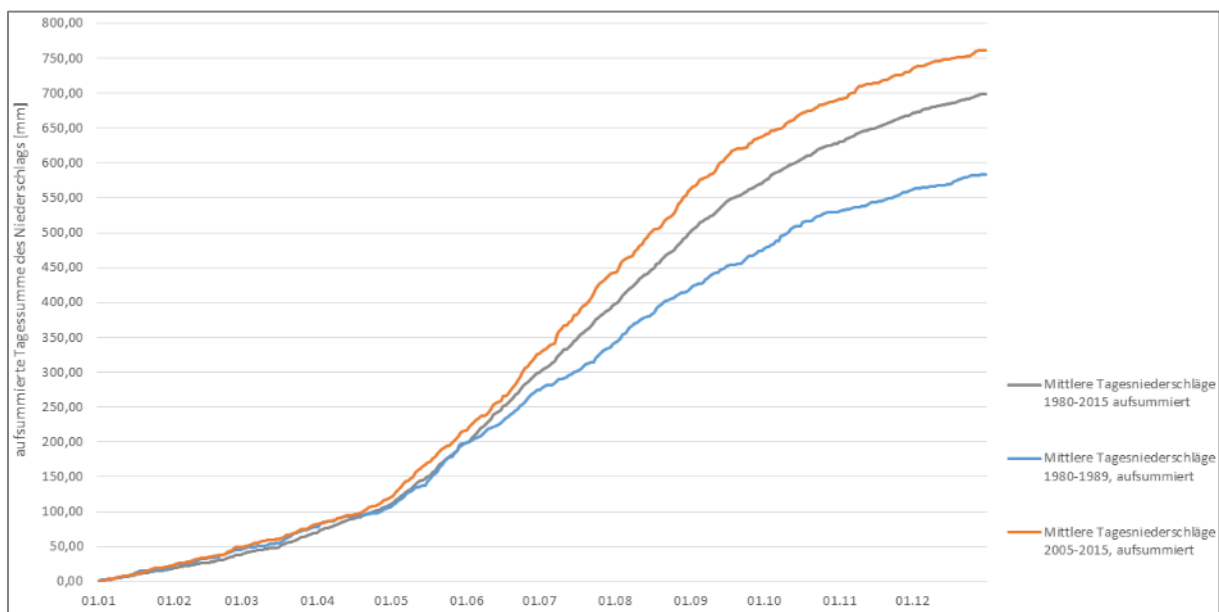


Abbildung 5-10: Darstellung der aufsummierten Tagessummen des Niederschlags für den Beobachtungszeitraum 1980-2015 sowie die Zeiträume von 1980-1989 und 2005-2015

5.4 Charakteristik der Lufttemperaturdaten

Über den Zeitraum von 22 Jahren (1993-2014) ergibt sich ein Temperaturmittel von 9,9 °C am Standort Heiling.

Das absolute Temperaturmaximum im Untersuchungszeitraum wurde am 13.08.2003 um 14:50 Uhr mit 37,4 °C gemessen. Mit einer mittleren Tagestemperatur von 28,5 °C wurde an diesem Tag der maximale Tageswert im Untersuchungszeitraum erreicht. Das absolute Minimum trat am 11.01.2009 mit -19,2 °C um 08:00 Uhr auf, der minimale Tagesmittelwert trat ebenfalls an diesem Datum mit -15,2 °C auf.

Die statistischen Parameter der Lufttemperaturen über den betrachteten Zeitraum sind in Tabelle 5-17 ersichtlich.

Tabelle 5-17: Statistische Parameter der Lufttemperatur, Station Heiling 1993 - 2014

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	-19,2 °C	37,4 °C	9,9 °C	8,2 °C
Woche	-10,8 °C	25,0 °C	10,1 °C	7,9 °C
Monat	-6,3 °C	22,4 °C	9,9 °C	7,4 °C
Quartal	-2,9 °C	21,5 °C	9,9 °C	6,7 °C
Jahr	8,4 °C	11,5 °C	9,8 °C	0,8 °C

Der Jahresgang der Monatsmitteltemperaturen zeigt ein Minimum im Januar mit $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ und ein Maximum mit $19,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Juli und ist in Abbildung 5-11 ersichtlich. Die orangefarbene Linie zeigt die höchsten Monatsmittelwerte (MMW), die blaue die tiefsten MMW während des Untersuchungszeitraums. Das Tagesmittel der Lufttemperatur in Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) berechnet sich als Mittelwert aus allen 10-minütig gemessenen Daten des betreffenden Tages. Der Berechnungszeitraum beträgt 0 bis 24 Uhr.

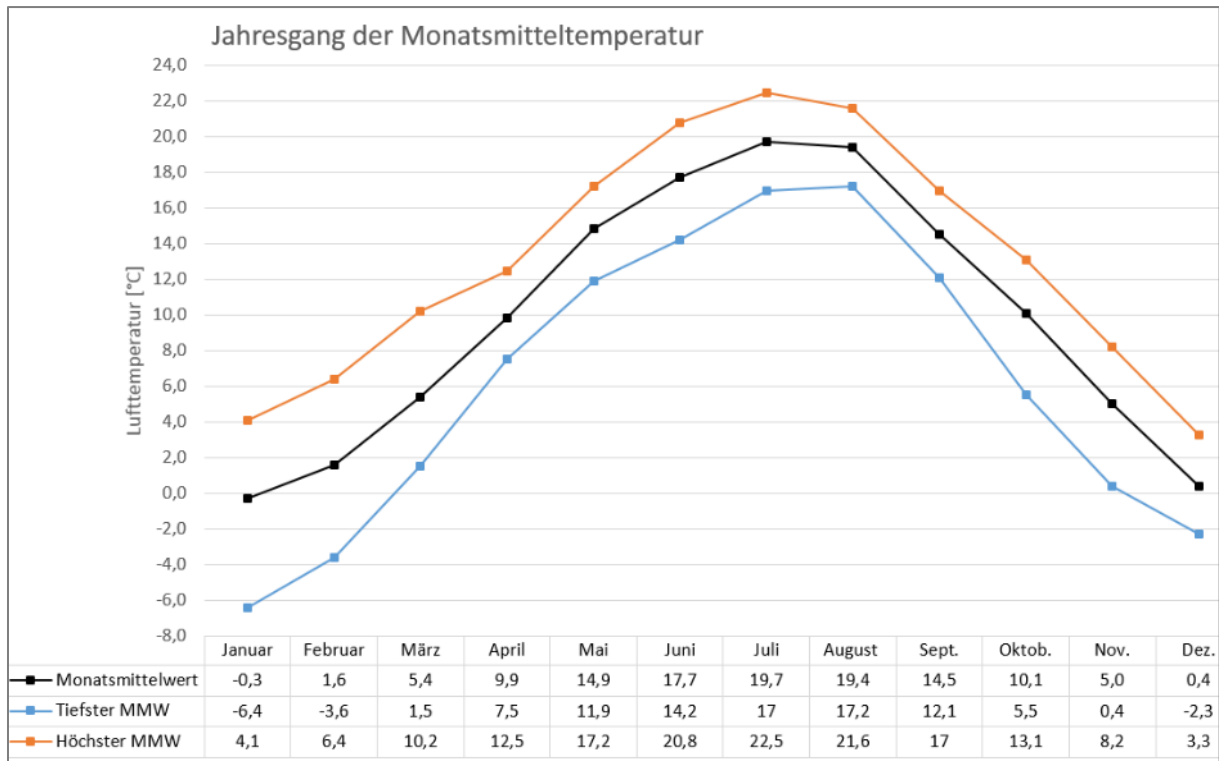


Abbildung 5-11: Jahresgang der Monatsmitteltemperaturen, Messstation Heiling 1993-2014

5.5 Auswertung der Lufttemperatur

Als wärmstes Jahr des Untersuchungszeitraums ergab sich das Jahr 1994 mit einer Jahresmitteltemperatur von 11,5 °C. Mit einer Jahresmitteltemperatur von 8,4 °C waren die Jahre 2008 und 2009 die kältesten im betrachteten Zeitraum. Tabelle 5-18 zeigt die Jahresmitteltemperaturen der Station Heiling für den Untersuchungszeitraum von 1993 bis 2014, sowie deren Abweichung vom 20-jährigem Mittelwert. Die erste Dekade des Untersuchungszeitraums ist als überdurchschnittlich warm zu beurteilen. Der Zeitraum der Jahre 2008-2011 zeigt sich als der kälteste.

Tabelle 5-18: Aufstellung der Jahresmitteltemperatur, Messstation Heiling 1993-2014

Jahr	Jahresmitteltemperatur	Abweichung vom 20-jährigem Mittel
1993	10,1 °C	+ 0,3 °C
1994	11,5 °C	+ 1,7 °C
1996	9,2 °C	- 0,6 °C
1997	9,8 °C	± 0,0 °C
1998	10,4 °C	+ 0,6 °C
1999	10,0 °C	+ 0,2 °C
2000	11,1 °C	+ 1,3 °C
2001	10,0 °C	+ 0,2 °C
2002	10,7 °C	+ 0,9 °C
2003	10,2 °C	+ 0,4 °C
2004	9,8 °C	± 0,0 °C
2005	9,4 °C	- 0,4 °C
2006	9,8 °C	± 0,0 °C
2007	10,0 °C	+ 0,2 °C
2008	8,4 °C	- 1,4 °C
2009	8,4 °C	- 1,4 °C
2010	8,7 °C	- 1,1 °C
2011	9,7 °C	- 0,1 °C
2012	9,8 °C	± 0,0 °C
2013	9,3 °C	- 0,5 °C
2014	10,4 °C	+ 0,6 °C

Eine Auswertung der mittleren Jahreslufttemperaturen mittels 10-jährigem gleitenden Mittel und linearer Trendgerade ist in Abbildung 5-12 ersichtlich. Die blaue Linie zeigt die mittleren Jahrestemperaturen, vgl. Tabelle 5-18. Die orangefarbene Linie repräsentiert den 10-jährigen gleitenden Mittelwert, die gestrichelte Linie die lineare Trendgerade des gleitenden Mittels. Der Bestimmtheitsmaß der Trendgerade R^2 ist mit einem Wert von 0,9487 als sehr gut einzustufen.

Die Trendgerade für den untersuchten Zeitraum zeigt eine Abnahme in der Jahresmitteltemperatur, repräsentiert allerdings durch den zeitlich begrenzten Untersuchungszeitraum nur die dekadische Variabilität.

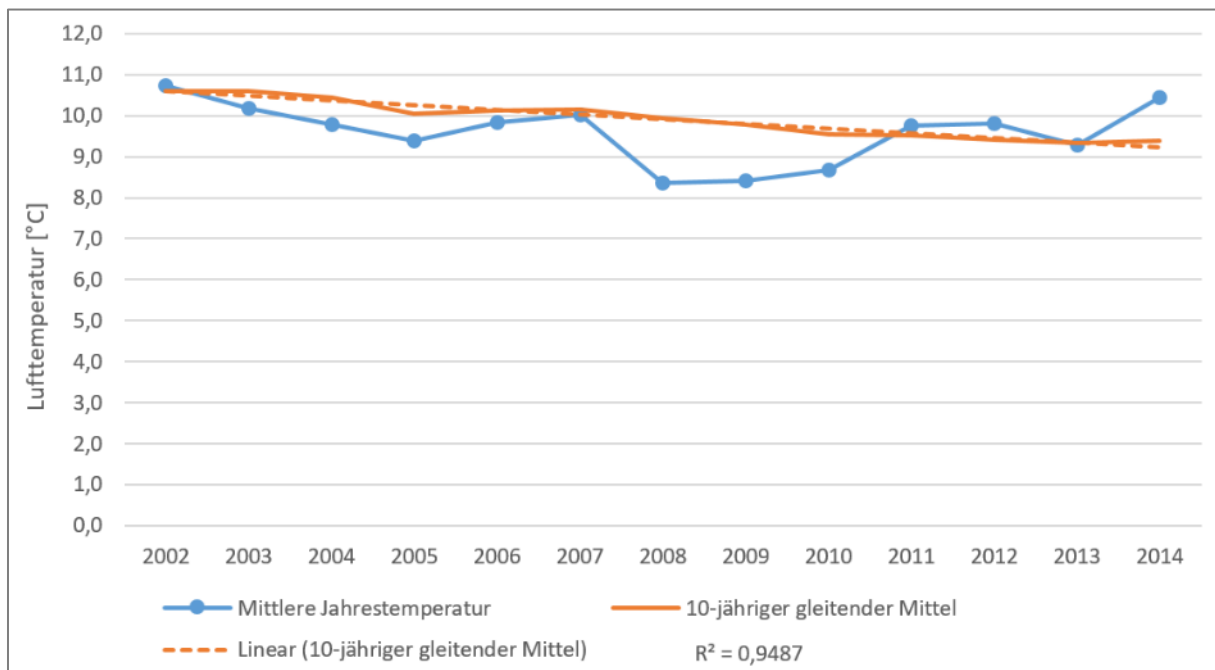


Abbildung 5-12: Abbildung der mittleren Jahreslufttemperaturen für den Zeitraum 2002-2014 inklusive Darstellung des 10-jährigen gleitenden Mittelwertes

Zur Analyse der Messreihe der Lufttemperatur wurden auch die Temperaturextreme betrachtet, welche neben der Anzahl der heißen Tage auch die Anzahl der Eistage mit einer Höchsttemperatur von unter 0 °C beinhaltet. Unter dem Begriff Hitzetage versteht man Tage, an denen die gemessene Tageshöchsttemperatur 30 °C erreicht oder überschritten wird. Ein Eistag ist die meteorologisch-klimatologische Bezeichnung für einen Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur unter 0 °C bleibt (Bender S., Schaller M., 2014).

Die jährliche Anzahl der Eis- und Hitzetage ist in Abbildung 5-13 ersichtlich. Die Eistage sind als blaue Balken, der Mittelwert der Eistage während des Untersuchungszeitraums von 1993 bis 2014 ist bei 28,73 eingezeichnet. Die orangefarbenen Balken stellen die Hitzetage mit zugehörigem eingetragenen Mittelwert von 8,14 dar. Die größte Anzahl an Eistagen gab es im Jahr 1995 mit einer Anzahl von 89, die meisten Hitzetage wurden im Jahr 2003 mit einer Anzahl von 29 gemessen.

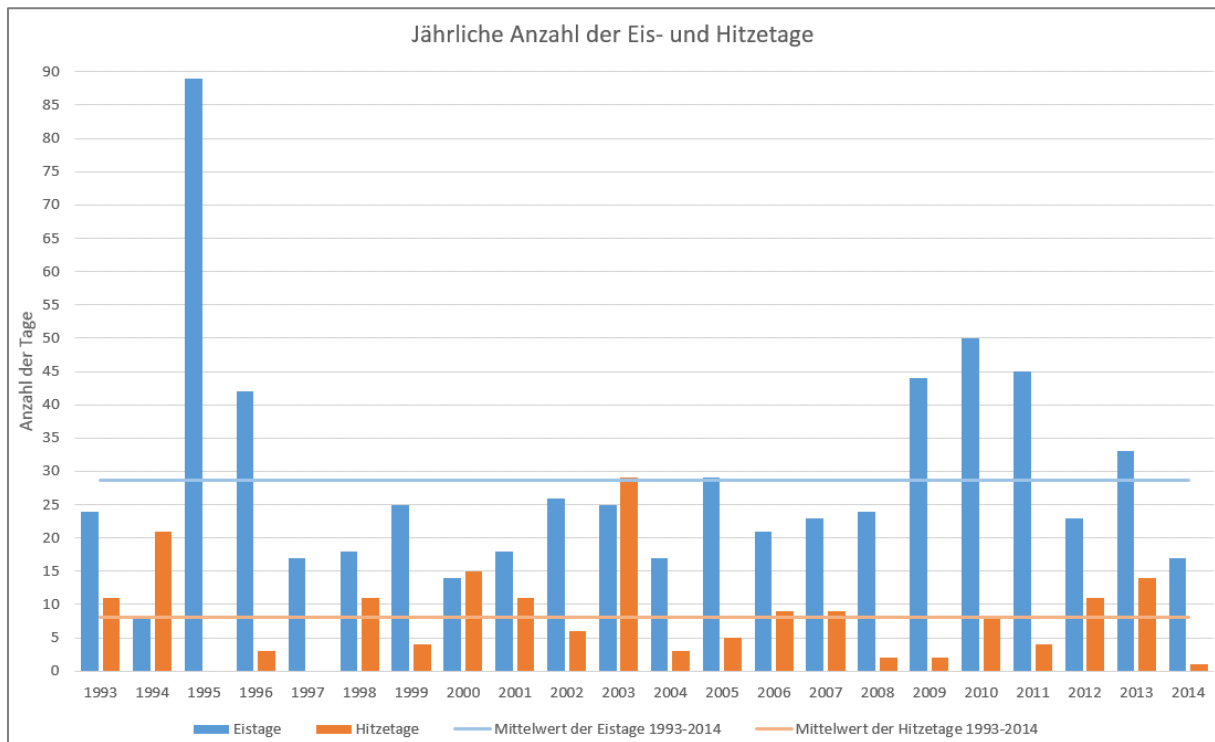


Abbildung 5-13: Darstellung der jährlichen Anzahl von Eis- und Hitzetage während des Untersuchungszeitraum 1993-2014

Eine Trendentwicklung der Eis- und Hitzetage ist aufgrund der starken Variabilität während des Untersuchungszeitraums nicht aussagekräftig.

5.6 Charakteristik der Bodentemperaturdaten

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Messdaten der Bodentemperatur, gemessen in unterschiedlicher Höhe, hinsichtlich ihres Tages- und Jahresganges erörtert. Eine Betrachtung der Bodentemperatur hinsichtlich ihrer Veränderung über den Betrachtungszeitraum ist, bedingt durch die hohe Anzahl an Lücken in der Datenreihe, nicht aussagekräftig.

Tagesgang der Bodentemperaturen:

Da die Bodentemperatur in 0,1 m über der Erdoberfläche stark von der Einstrahlung der Sonne abhängig ist, zeigt sich im Tages- wie auch im Jahresgang eine große Temperaturamplitude. Mit zunehmender Tiefe findet eine Amplitudendämpfung statt. Ein Tagesgang ist bei den Messreihen in 0,5 m Tiefe und in 1,0 m Tiefe nicht mehr ersichtlich.

Abbildung 5-14 zeigt exemplarisch am Temperaturverlauf vom 20. bis 22.11.2004 die Unterschiede in den verschiedenen Messhöhen. Die große Temperaturamplitude in 0,10 Meter über Erdoberfläche weist einen maximalen Temperaturunterschied von 18 °C auf, deren Maximum zur Mittagszeit und das Minimum in den Nachtstunden deutlich erkennbar sind. Die beiden Messstationen in 0,5 und 1,0 Meter Tiefe weisen keinen ausgeprägten Tagesgang auf. Ferner ist die verzögerte Reaktion in den beiden tiefen Bodentemperaturmessstellen erkennbar, deren Temperaturabnahme sichtbar gedämpft verläuft. Dies ist auf das größere Bodenvolumen, welches auf die sinkende Lufttemperatur reagieren muss, zurückzuführen.

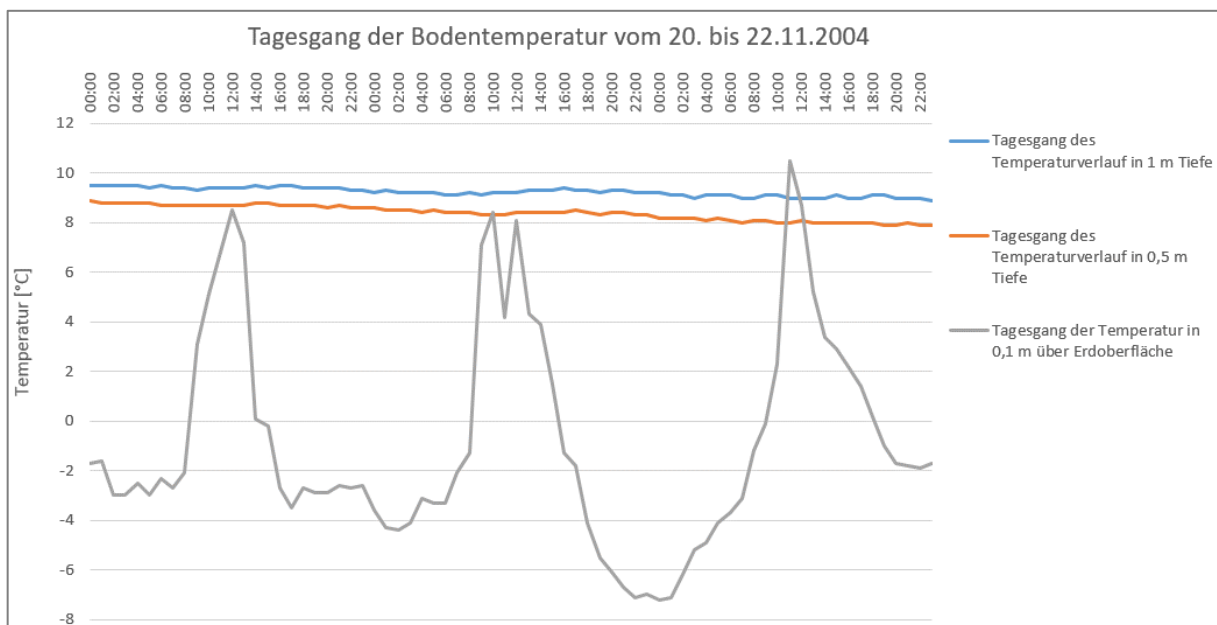


Abbildung 5-14: Beispiel für den Tagesgang der Bodentemperatur vom 20. bis 22.11.2004

Jahresgang der Bodentemperatur in 0,1 m oberhalb der Erdoberfläche:

Das Jahresmittel der Bodentemperatur in 0,1 m über Boden der Station Heiling beträgt 9,9 °C über den Zeitraum 1991-2008. Die höchste Jahresmitteltemperatur wurde 1994 mit 11,4 °C gemessen, die tiefste 2006 mit 7,5 °C.

Der Jahresgang der Monatsmitteltemperaturen, ersichtlich als schwarze Linie in Abbildung 5-15, zeigt ein Minimum im Januar mit -0,5 °C und ein Maximum im Juli mit 20,7 °C. Die blaue Linie repräsentiert die niedrigsten Monatsmittelwerte, die orange-farbene die höchsten Monatsmittelwerte während des Untersuchungszeitraums.

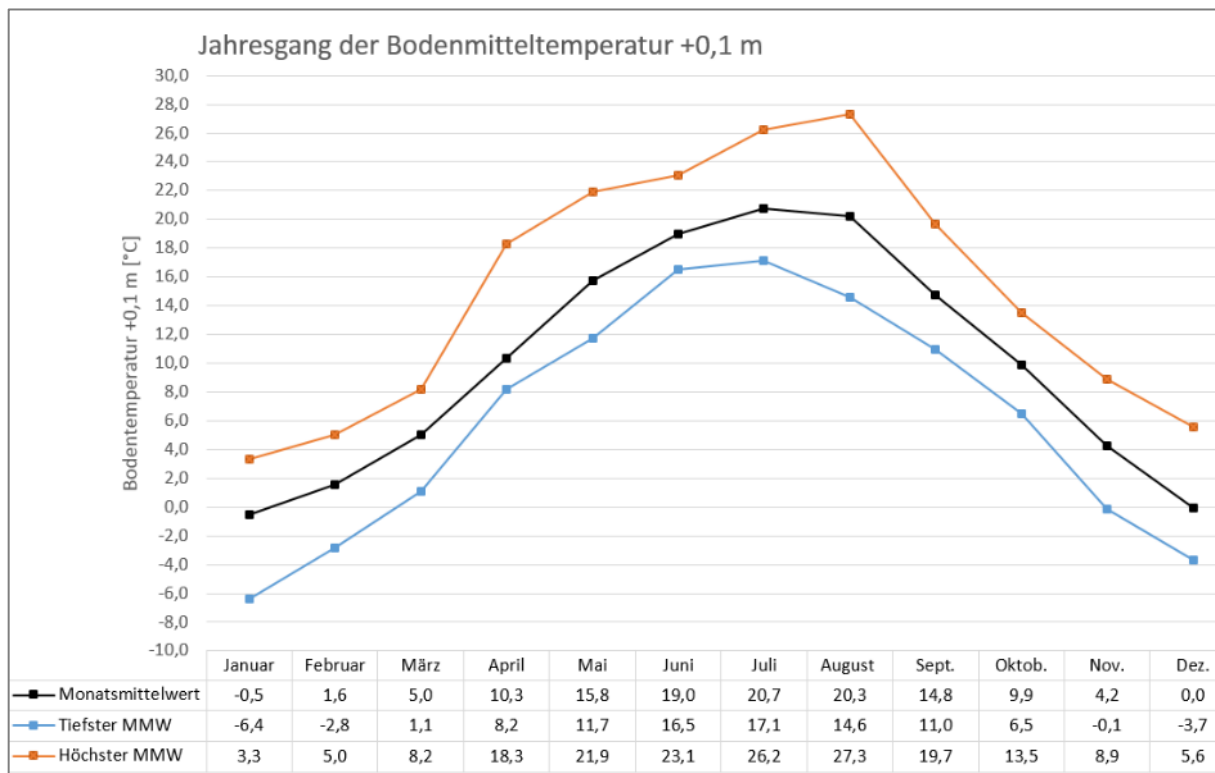


Abbildung 5-15: Jahresgang der Monatsmittelwerte der Bodentemperatur +0,1 m, Station Heiling 1991-2008

Die statistischen Parameter der Station in 0,1 m über Bodenebenen sind in der nachstehenden Tabelle 5-19 aufgeführt.

Tabelle 5-19: Statistische Parameter der Bodentemperatur +0,1 m, Station Heiling 1991 - 2008

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	-14,9 °C	30,5 °C	10,2 °C	8,6 °C
Woche	-10,2 °C	28,5 °C	10,2 °C	8,3 °C
Monat	-6,4 °C	27,3 °C	10,2 °C	8,0 °C
Jahr	7,5 °C	11,4 °C	9,9 °C	1,2 °C

Jahresgang der Bodentemperatur in 0,5 m Tiefe:

Die mittlere Jahrestemperatur des Bodens in 0,5 m Tiefe an der Station Heiling beträgt 10,7 °C im Untersuchungszeitraum von 1991-2008. Mit 11,6 °C wurde 1994 die höchste, 2006 mit 9,6 °C die niedrigste mittlere Jahrestemperatur gemessen.

Abbildung 5-16 zeigt den Jahresgang der Monatsmittelwerte in 0,5 m Tiefe für den Untersuchungszeitraum von 1991 bis 2008. Diese werden als schwarze Linie dargestellt, die orangefarbene Linie zeigt die höchsten Monatsmittelwerte im Untersuchungszeitraum, die blaue Linie die niedrigsten Monatsmittelwerte. Im Vergleich zu dem Verlauf der Monatsmittelwerte der Messstation in 0,1 Meter über der Erdoberfläche weisen die Daten in 0,5 Meter Tiefe eine nicht so große Spanne zwischen den Tiefst- und Höchstwerten auf.

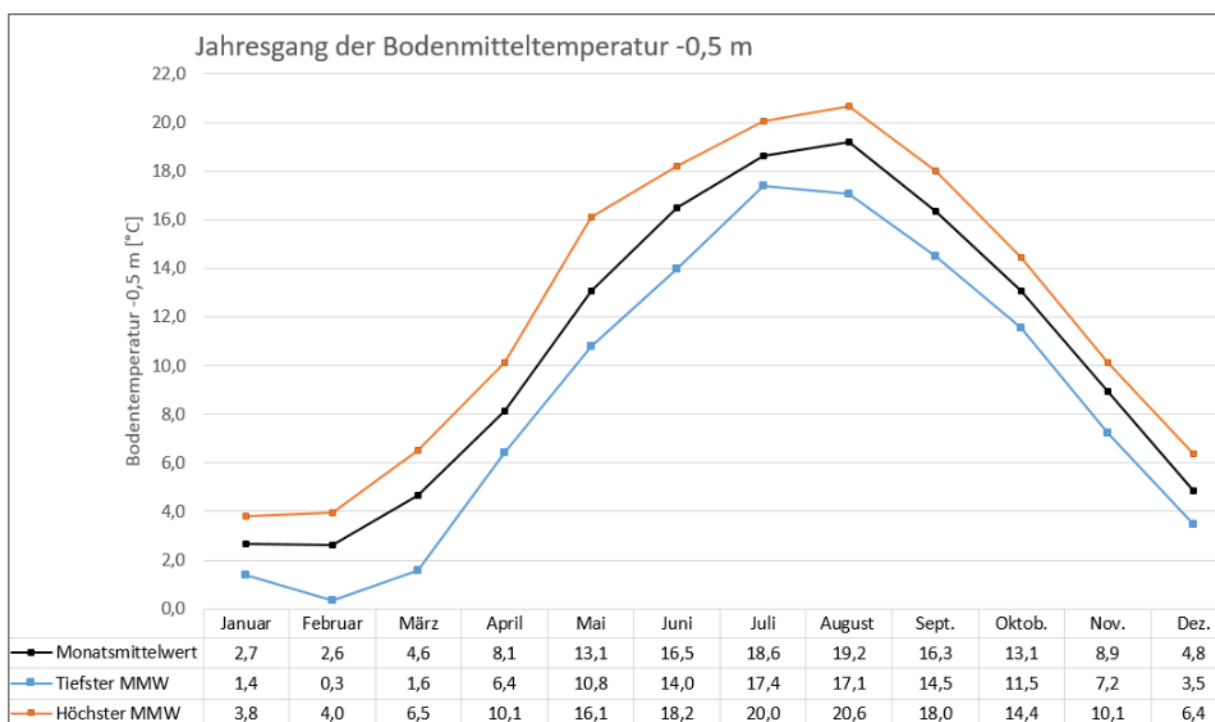


Abbildung 5-16: Jahresgang der Monatsmittelwerte der Bodentemperatur -0,5 m, Station Heiling 1991-2008

In der nachstehenden Tabelle 5-20 sind die statistischen Parameter der Bodentemperatur -0,5 m der Station Heiling zusammengefasst.

Tabelle 5-20: Statistische Parameter der Bodentemperatur -0,5 m, Station Heiling 1991 - 2008

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	0,1 °C	22,0 °C	10,7 °C	6,1 °C
Woche	0,2 °C	21,7 °C	10,7 °C	6,1 °C
Monat	0,3 °C	20,6 °C	10,5 °C	6,0 °C
Jahr	9,4 °C	11,6 °C	10,7 °C	0,7 C

Jahresgang der Bodentemperatur in 1,0 m Tiefe:

Das Jahresmittel der Bodentemperatur in 1,0 m Tiefe beträgt 10,0 °C über den Zeitraum 1991-2008. Die tiefste Jahresmitteltemperatur wurde 1996 mit 9,0 °C gemessen, die höchste 1994 mit 11,4 °C.

Der Jahresgang der Monatsmitteltemperaturen, ersichtlich als schwarze Linie in Abbildung 5-17, zeigt ein Minimum im Februar mit 2,9 °C und ein Maximum im August mit 17,7 °C. Die blaue Linie repräsentiert die niedrigsten Monatsmittelwerte, die orangefarbene die höchsten Monatsmittelwerte während des Untersuchungszeitraums. Im Vergleich mit den höher gelegenen Messstationen der Bodentemperatur weist die in einem Meter Tiefe gelegene Messstation die geringste Temperaturamplitude auf.

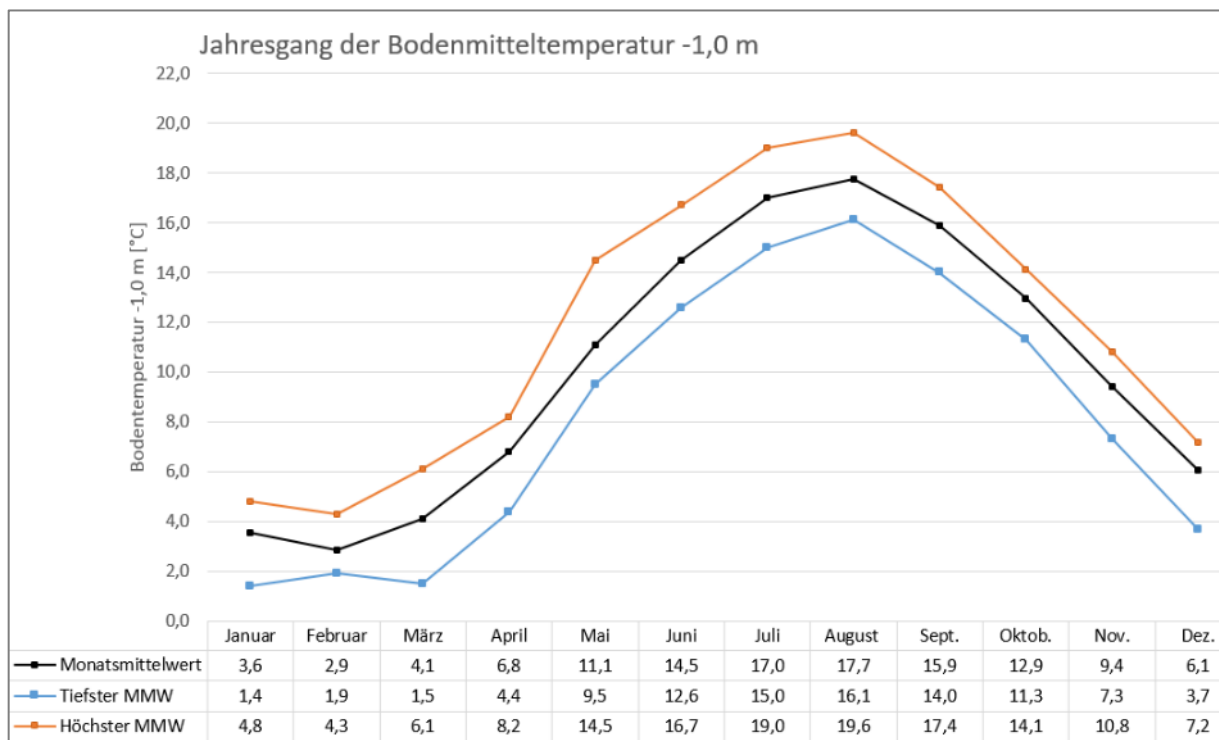


Abbildung 5-17: Jahresgang der Monatsmittelwerte der Bodentemperatur -1,0 m, Station Heiling 1991-2008

Die statistischen Parameter der Station in -1,0 m Tiefe sind in der nachstehenden Tabelle 5-21 zusammengefasst.

Tabelle 5-21: Statistische Parameter der Bodentemperatur -1,0 m, Station Heiling 1991 - 2008

	Min. Wert	Max. Wert	Mittelwert	Standardabweichung
Tag	1,0 °C	22,7 °C	10,7 °C	5,0 °C
Woche	1,1 °C	21,9 °C	10,7 °C	5,0 °C
Monat	1,4 °C	19,6 °C	10,6 °C	5,0 °C
Jahr	9,0 °C	11,4 °C	10,0 °C	0,8 °C

5.7 Klimatologische Auswertungen

5.7.1 Trockenperioden

Die Frage nach der Veränderung der Häufigkeit der Trockenperioden ist insbesondere im Sommer von großer Wichtigkeit, um darzulegen, inwieweit die Erwärmung mit einer zusätzlichen Austrocknung einhergeht. Hierzu wird die Anzahl der Episoden mit mindestens sechs aufeinanderfolgenden Tagen mit 0,2 mm oder weniger Niederschlag pro Tag ausgewertet. Untersucht wurden dabei nur die Sommerhalbjahre des Untersuchungsraums, definiert vom 21. März bis 22. September. In den Wintermonaten sorgen niedrige Luft- und Bodentemperaturen für eine geringere Verdunstungsrate, wodurch minimale Niederschlagsmengen nicht zu den Auswirkungen einer Trockenperiode führen, wie sie im Sommer vorkommen.

Abbildung 5-18 zeigt die Anzahl der jährlichen Trockenperioden als Mittelwert der einzelnen Stationen im Einzugsgebiet. Mit 10,57 Trockenperioden ist 1992 deutlich als das Jahr mit der höchsten Anzahl erkennbar, mit 1,71 Perioden ist 2009 das Jahr mit der geringsten Anzahl. Der Mittelwert beträgt 5,6 Trockenperioden pro Jahr während des Untersuchungszeitraums. Im Referenzzeitraum 1979-2015 weisen die Daten eine sehr hohe interjährliche Variabilität der Trockenperioden auf, die Zunahme ist dadurch statistisch nicht gesichert. Hinzu kommen ausgeprägte natürliche Schwankungen mit abwechselnden Phasen stärker und geringer ausgeprägter Trockenheit, die sich deutlich in der mittleren Anzahl der Trockenperioden abzeichnen.

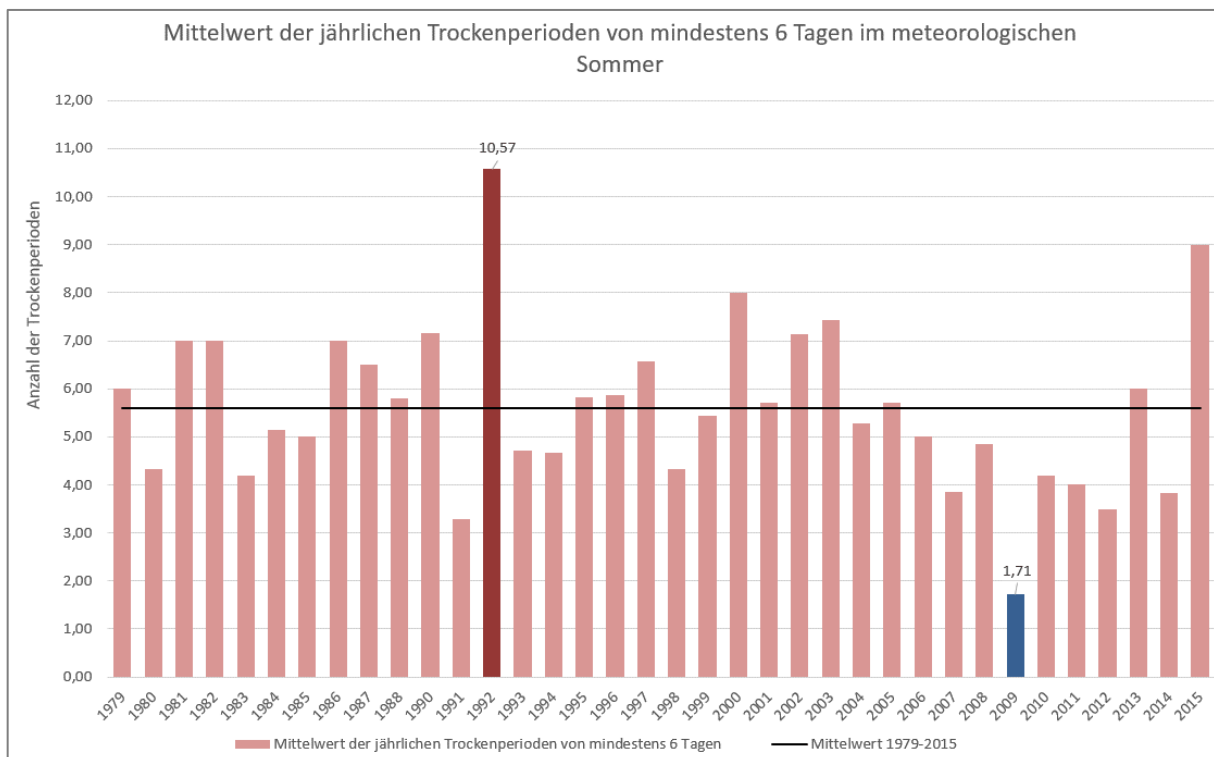


Abbildung 5-18: Darstellung der mittleren jährlichen Trockenperioden von mindestens sechs Tagen im Untersuchungszeitraum 1979-2015

5.7.2 Starkniederschlagsereignisse

Die Veränderung der Starkniederschlagsereignisse hinsichtlich ihrer Häufigkeit und Intensität auf Einzugsgebietebene wurde für die drei definierten Zeitintervalle von 15, 30 und 60 Minuten durchgeführt. Das Jahr 2011 wurde nicht berücksichtigt.

Abbildung 5-19 zeigt die jährlichen Starkniederschlagsereignisse für eine Niederschlagssumme von 8,6 mm oder mehr in 15 Minuten während des Untersuchungszeitraums. Eine Zunahme dieser Ereignisse während des Untersuchungszeitraums ist erkennbar, das Bestimmtheitsmaß R^2 der Trendgerade beträgt 0,3153. Eine große Varianz der Werte von Jahr zu Jahr ist ersichtlich.

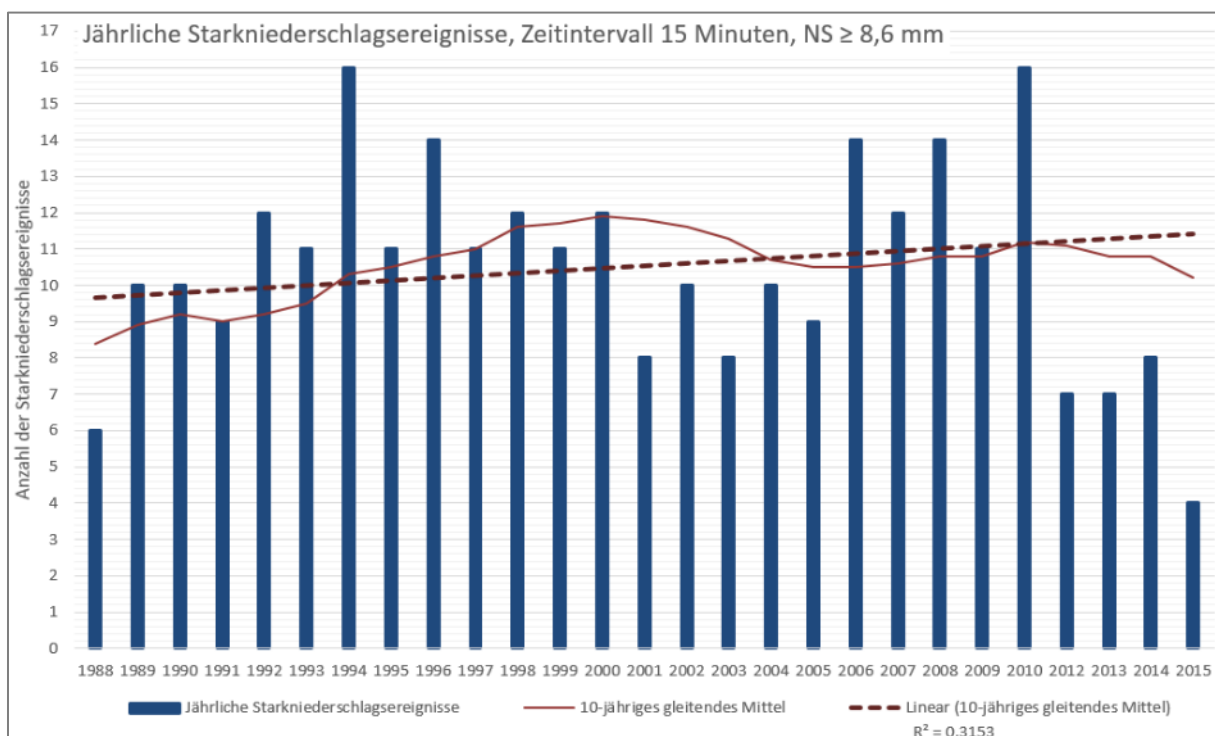


Abbildung 5-19: Darstellung der jährlichen Starkniederschlagsereignisse im Einzugsgebiet, Zeitintervall 15 Minuten, Niederschlag ≥ 8,6 mm

Alle Starkniederschlagsereignisse treten im Sommerhalbjahr von Mai bis Oktober auf. Abbildung 5-20 zeigt die monatliche Verteilung der Starkniederschlagsereignisse für die Perioden 1980-1990 und 2004-2015. Die meisten Starkniederschlagsereignisse treten im Juli und August auf, wobei deutlich die Erhöhung in der letzten Dekade im Vergleich zur der ersten Dekade zu erkennen ist. Weiters ist die Abnahme der Ereignisse im Mai und im September ersichtlich, was zu einer deutlicheren Peak-Ausprägung während des Untersuchungszeitraums führt.

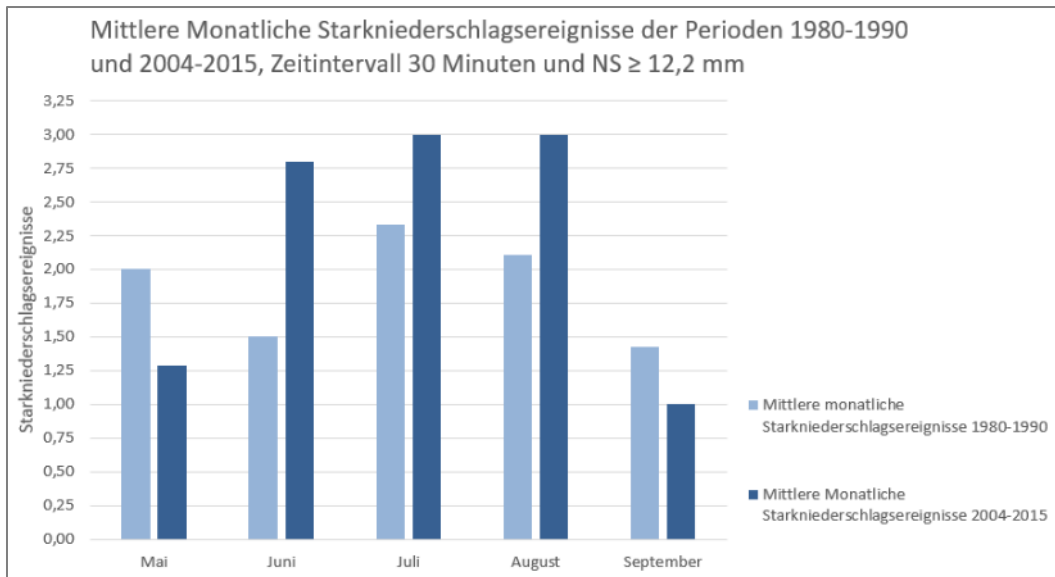


Abbildung 5-20: Darstellung der mittleren monatlichen Starkniederschlagsereignisse für die Perioden 1980-1990 und 2004-2015, Zeitintervall 15 Minuten und NS $\geq 8,6$ mm

Neben einer Erhöhung der Starkniederschlagsereignisse für das Zeitintervall von 15 Minuten ist eine Zunahme der Niederschlagssummen dieser Ereignisse für den Untersuchungszeitraum feststellbar. Abbildung 5-21 zeigt die mittleren jährlichen Starkniederschlagshöhen für das Zeitintervall von 15 Minuten.

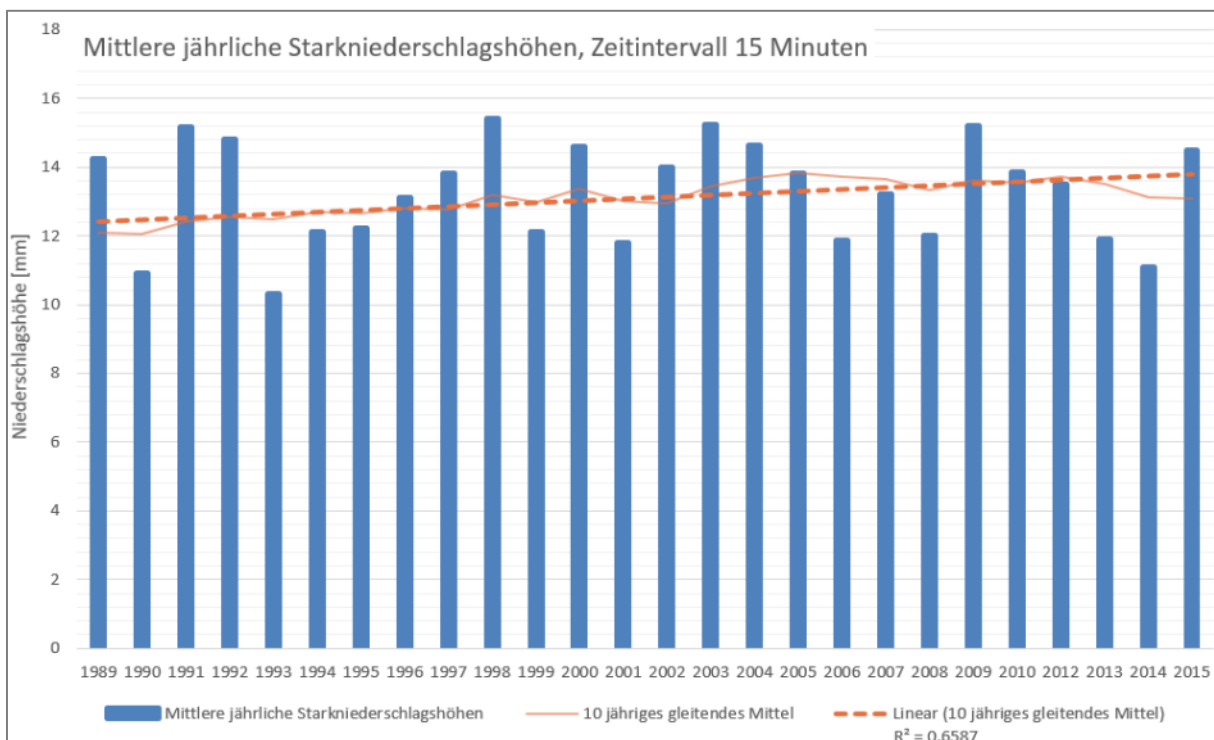


Abbildung 5-21: Darstellung der mittleren jährlichen Starkniederschlagshöhen für das Zeitintervall von 15 Minuten

Die Anzahl der Starkniederschlagsereignisse im Einzugsgebiet, definiert für 30 Minuten und einer Niederschlagsmenge von 12,2 mm oder mehr ist in Abbildung 5-22 ersichtlich. Trotz der großen interjährlichen Variabilität der Anzahl der Ereignisse ist eine deutliche Steigung der Trendgerade des 10-jährigen gleitenden Mittels erkennbar.

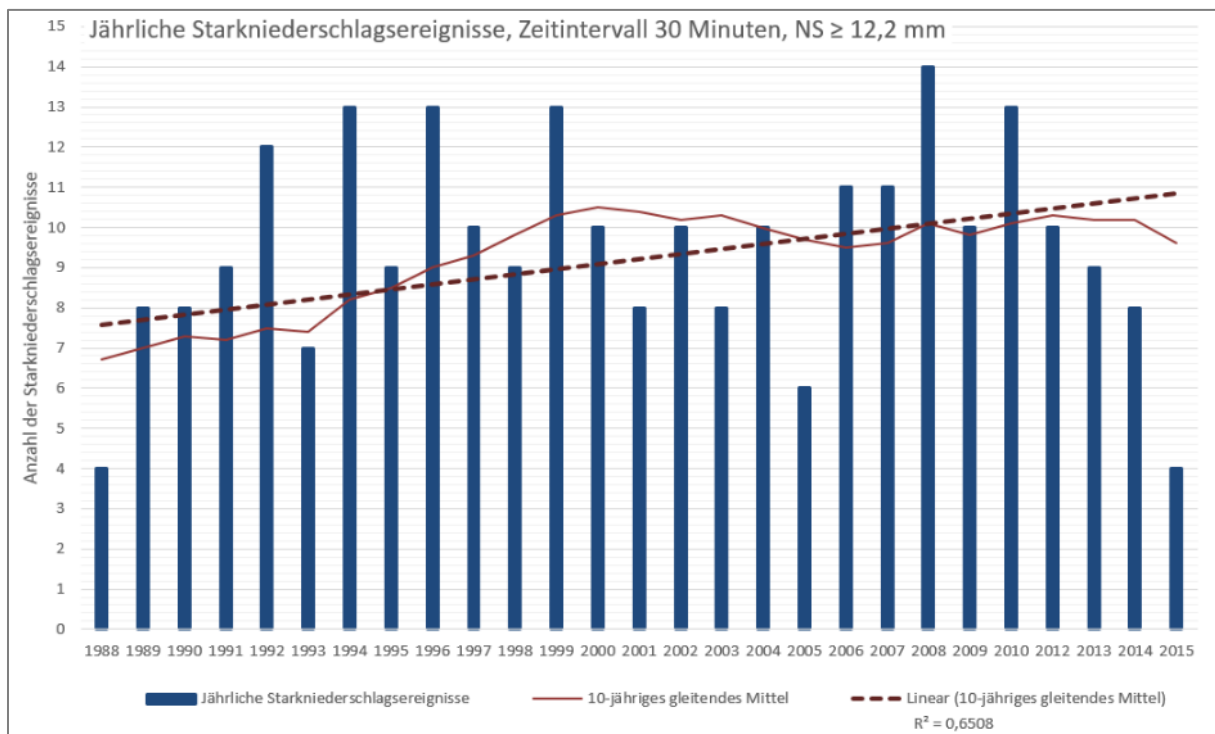


Abbildung 5-22: Darstellung der jährlichen Starkniederschlagsereignisse im Einzugsgebiet, Zeitintervall 30 Minuten, Niederschlag $\geq 12,2$ mm

Die monatliche Verteilung der Starkniederschlagsereignisse von einem 30-minütigem Zeitintervall mit einer Niederschlagsmenge von 12,2 mm oder mehr ist in Abbildung 5-23 ersichtlich. Die Veränderung zwischen der Periode von 1980 bis 1990, dargestellt als hellblaue Balken, und der Periode von 2004 bis 2015, dargestellt als dunkelblaue Balken, ist in der Zunahme von Juni bis August erkennbar. Ferner ist die Abnahme im Mai und September ersichtlich.

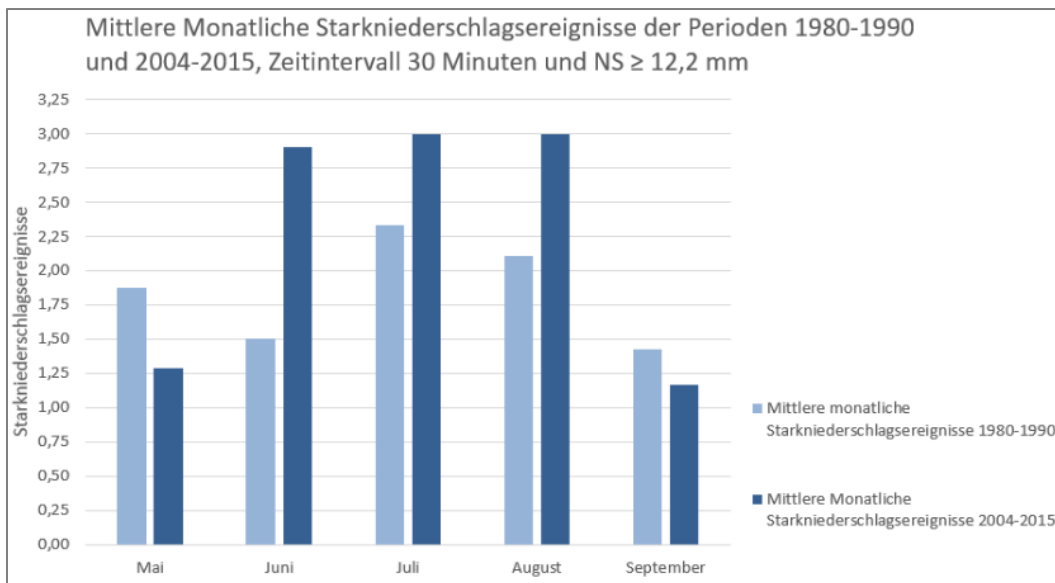


Abbildung 5-23: Darstellung der mittleren monatlichen Starkniederschlagsereignisse für die Perioden 1980-1990 und 2004-2015, Zeitintervall 30 Minuten und NS $\geq 12,2$ mm

Auch bei den Starkniederschlagsereignissen, welche mindestens 12,2 mm Niederschlag während eines Zeitintervalls von 30 Minuten aufweisen, ist neben einer erhöhten Frequentierung eine zunehmende Intensität der Niederschlagshöhen während des Referenzzeitraums zu beobachten. Abbildung 5-24 zeigt diese Entwicklung anhand des 10-jährigen gleitenden Mittels und dessen Trendgerade.

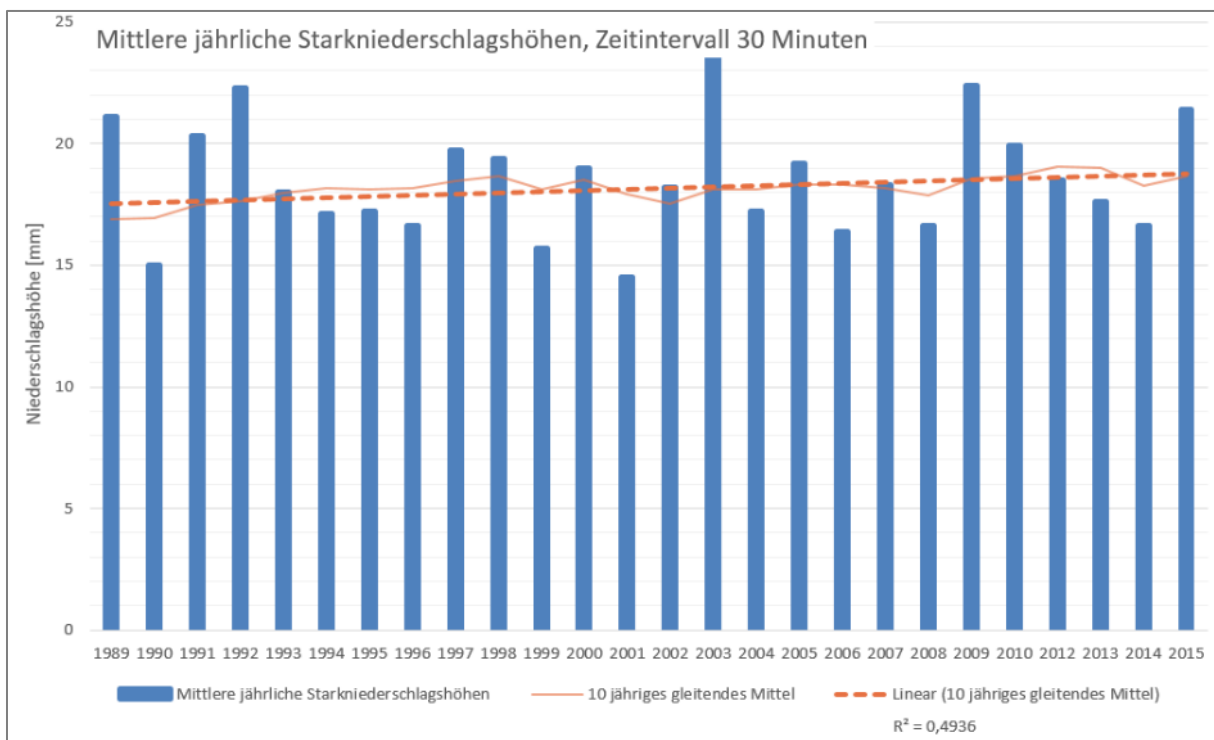


Abbildung 5-24: Darstellung der mittleren jährlichen Starkniederschlagshöhen für das Zeitintervall von 30 Minuten

Abbildung 5-25 zeigt die jährlichen Starkniederschlagsereignisse für eine Niederschlagssumme von 17,1 mm oder mehr in 60 Minuten während des Referenzzeitraums. Eine Zunahme dieser Ereignisse während des Untersuchungszeitraums ist erkennbar, das Bestimmtheitsmaß R^2 der Trendgerade beträgt 0,7467. Eine sehr große Varianz der Werte von Jahr zu Jahr ist ersichtlich.

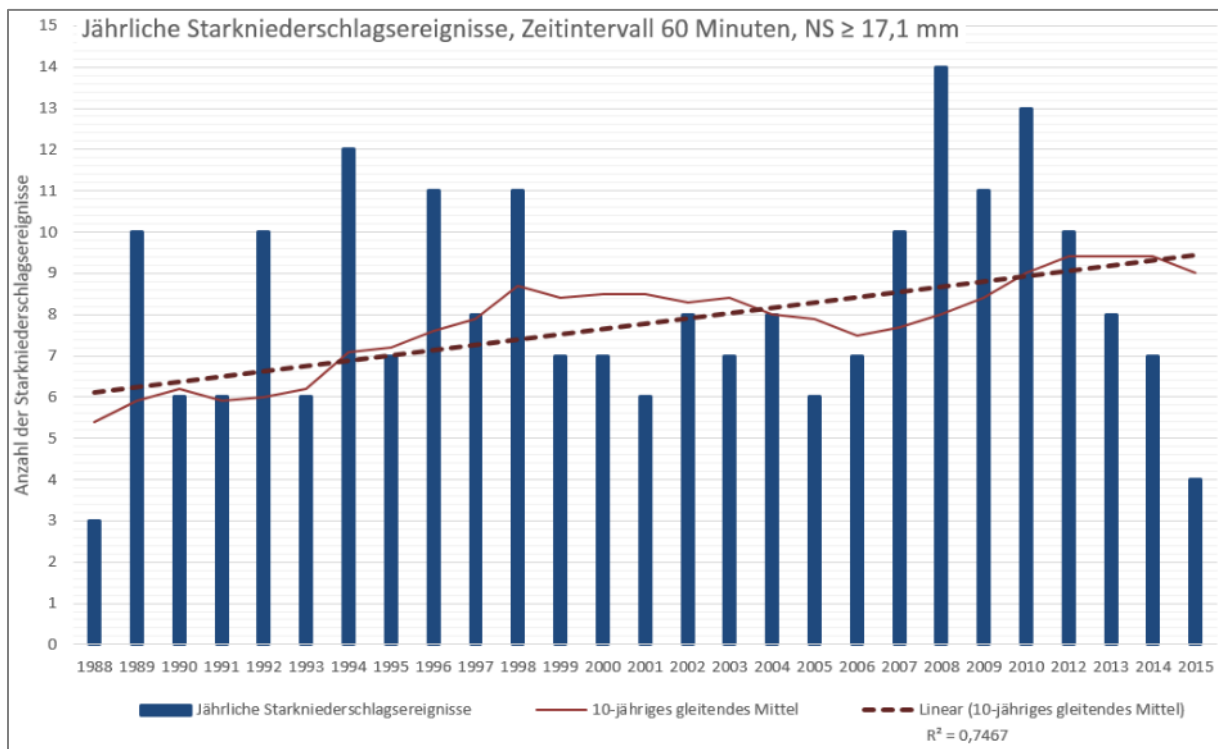


Abbildung 5-25: Darstellung der jährlichen Starkniederschlagsereignisse im Einzugsgebiet, Zeitintervall 60 Minuten, Niederschlag \geq 17,1 mm

Auch bei den Starkregenereignissen von einem stündlichem Zeitintervall ist eine Zunahme von Juni bis August während des Untersuchungszeitraums erkennbar, siehe Abbildung 5-26.

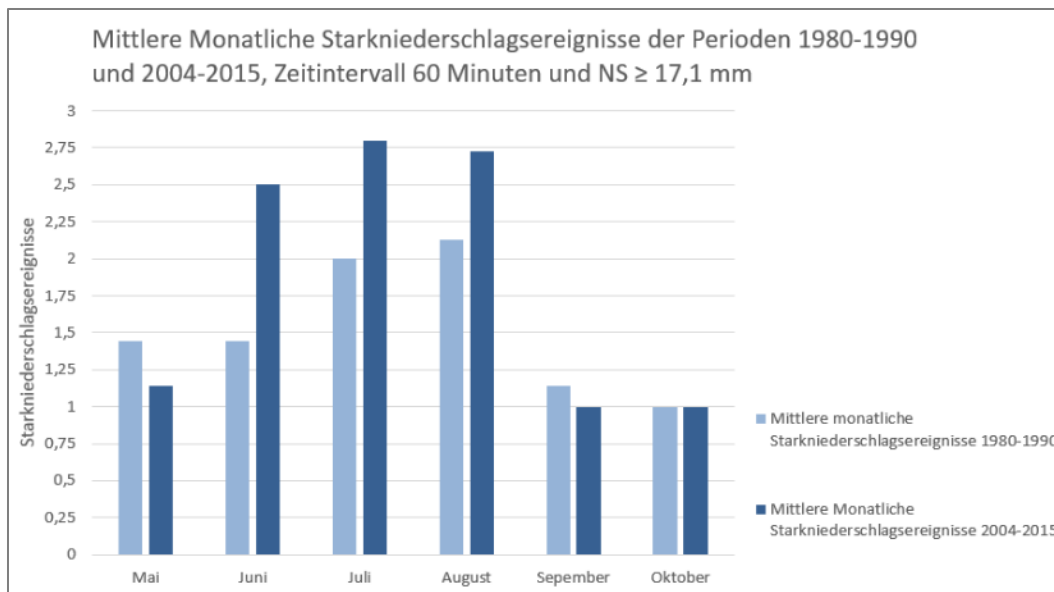


Abbildung 5-26: Darstellung der mittleren monatlichen Starkniederschlagsereignisse für die Perioden 1980-1990 und 2004-2015, Zeitintervall 60 Minuten und NS $\geq 17,1$ mm

Eine Zunahme der Niederschlagsintensität konnte bei den Starkregenereignissen von 60-minütiger Dauer nicht statistisch gesichert festgestellt werden.

5.7.3 Schneedeckentage

Die Auswertung der Daten der Hydrographie, welche für die Station Cividino von 1981 bis 2013 und von der Zentralstation Heiling von 1983 bis 2013 vorliegen, erfolgt getrennt für die jeweiligen Messstationen. Für die Auswertung der Schneehöhen wurden die gesamten Winter saisonweise betrachtet, wobei eine Saison definiert ist vom 01. September des Jahres bis zum 31. August des darauf folgenden Jahres.

Die Daten während des Untersuchungszeitraums zeigen eine geschlossene Schneedecke im Einzugsgebiet von November bis März. Die hohen Schneedeckenhöhen von mehr als 20 cm treten vermehrt im Februar auf.

Abbildung 5-27 zeigt die jährlichen Schneetage der Zentralstation Heiling in Abhängigkeit ihrer Schneehöhe für den Untersuchungszeitraum von 1993 bis 2013. Die Balken zeigen die aufsummierten Neuschneehöhen über die gesamte Wintersaison. Der hellblaue Teil zeigt die Tage mit einer geschlossenen Schneedecke bis 10 cm, der mittelblaue Teil die Tage mit einer Schneedecke von 10 bis 20 cm, der dunkelblaue Anteil jene Tage von 20 bis 30 cm und der Teil in der dunkelsten Schattierung die Tage mit einer geschlossenen Schneedecke von mehr als 30 cm.

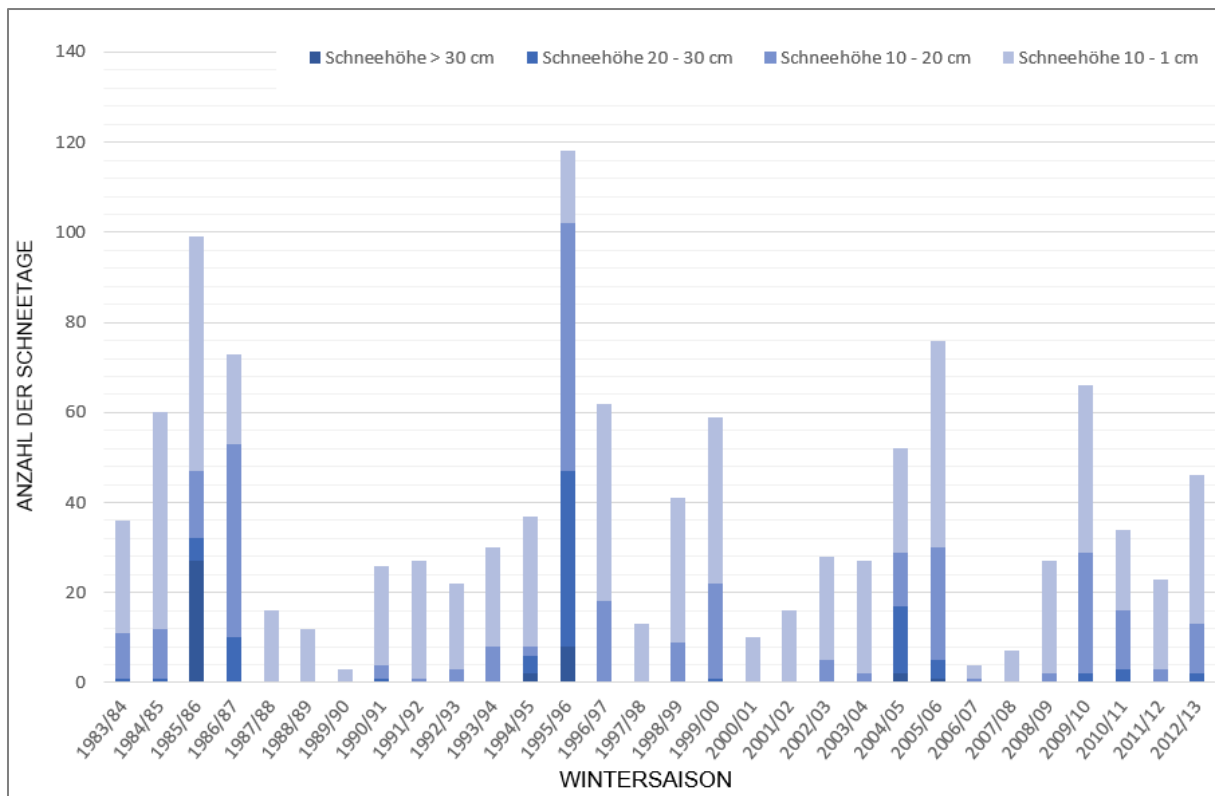


Abbildung 5-27: Darstellung der Schneetage in Abhängigkeit von der Schneedeckenhöhe an der Zentralstation Heiling in den Jahren 1983 bis 2013

Auffallend bei den Schneedeckentagen der Station Heiling ist, dass auf sehr schneereiche Winter immer Jahre mit sehr geringem Schneefall gefolgt sind. Beispielsweise ist auf den schneereichen Winter 2005/2006 der extrem schneearme Winter 2006/2007 erfolgt. Weiters ist sichtbar, dass die Winter mit sehr vielen Schneedeckentagen in einer zehnjährigen Periodizität auftreten. Die Saison 1985/1986, 1995/1996 sowie 2005/2006 zeigen die meisten Schneedeckentage während des Untersuchungszeitraums. Eine weitere Auffälligkeit ist, dass im Winter 1985/1986 mehr als die Hälfte aller Tage, 27 von gesamt 40 Tagen, mit Schneedecke über 30 cm während des Referenzzeitraums vorhanden sind. Der Winter 1995/1996 enthält fast die Hälfte aller Schneedeckentage mit einer Höhe zwischen 20 und 30 cm, 39 von gesamt 88 Tagen.

Eine Abnahme der Tage mit einer Schneedeckenhöhe von mehr als 30 cm während des Untersuchungszeitraums ist ersichtlich. Diese ist allerdings nicht eindeutig beweisbar, da die betrachteten Daten zu wenige sind um eine statistisch gesicherte Aussage zu treffen.

In der nachstehenden Abbildung 5-28 sind die Anzahl der Schneedeckentage während des Untersuchungszeitraums der Station Cividino ersichtlich. Auch hier ist die 10-jährige Periodizität der hohen Anzahl der Schneedeckentage erkennbar, auf die Jahre mit extrem geringem Schneefall folgen.

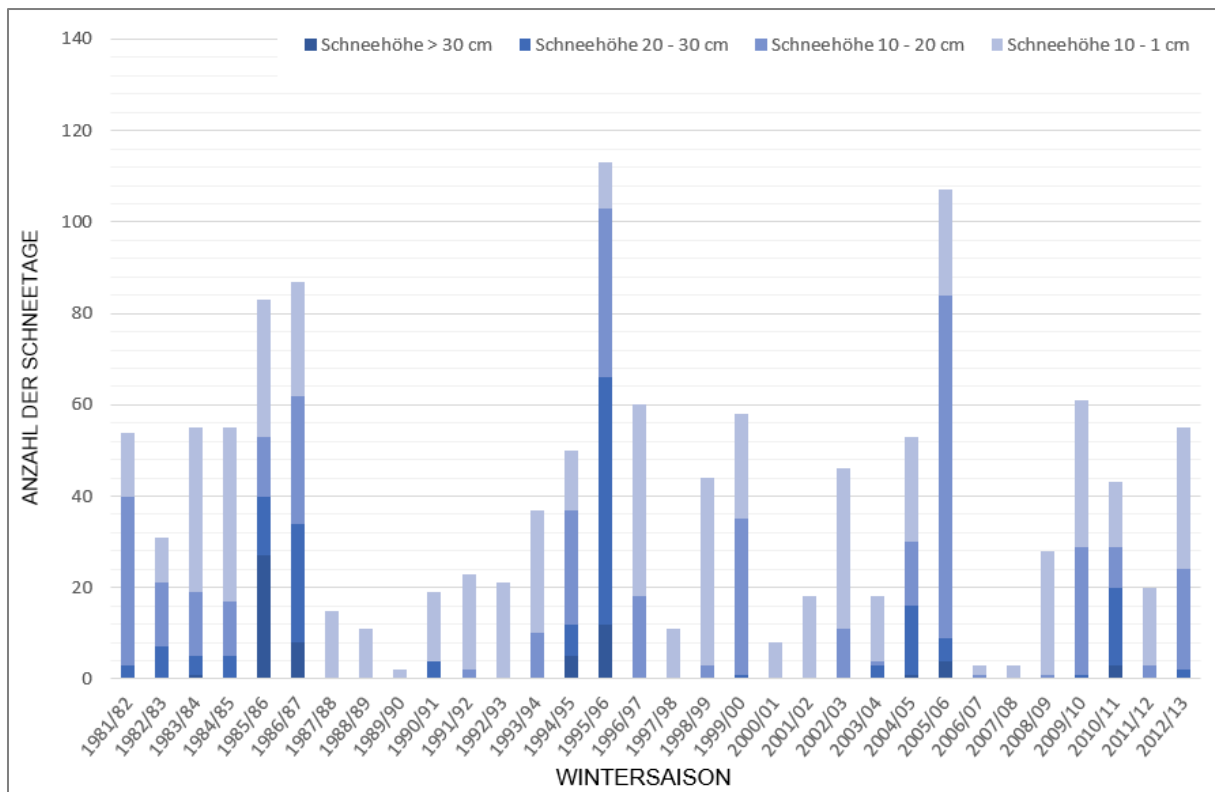


Abbildung 5-28: Darstellung der Schneetage in Abhängigkeit von der Schneedeckenhöhe an der Station Cividino in den Jahren 1981 bis 2013

Eine Abnahme der Tage mit mehr als 30 cm Schneedeckenhöhe über die letzten 30 Jahre ist erkennbar.

Die Berechnung der klimatologischen Veränderung mittels Trendanalyse ist aufgrund der großen Anzahl von aufeinanderfolgenden Jahren mit zu geringer Schneedeckenhöhe bzw. mit zu wenigen Tagen mit einer geschlossenen Schneedecke bestimmter Höhe, nicht sinnvoll. Durch die große Anzahl der Jahre, die keine Schneedeckenhöhe von mehr als 20 cm aufweisen, werden etwaige Trends verfälscht. Für eine Aussage hinsichtlich einer Klimaveränderung sind die vorhandenen, erhobenen Messdaten im Referenzzeitraum nicht ausreichend.

6 Diskussion der Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Messreihen, unterteilt nach den relevanten Parametern, diskutiert, verglichen und auf ihre Robustheit hin eruiert. Ferner werden die Ergebnisse der Auswertungen begründet und auf mögliche Ursachen der Entwicklung der Messreihen hin erörtert.

6.1 Niederschlagsdaten

Die Messreihen der einzelnen Niederschlagsstationen im Einzugsgebiet weisen stark unterschiedliche Ausfallquoten auf, welche alle noch in einem akzeptablen Rahmen liegen. Durch die Dichte der einzelnen Messstationen im Einzugsgebiet konnten die Datenausfälle der Perioden ohne Niederschlag differenziert aufgefunden werden.

Die jährliche Niederschlagsverteilung weist bei allen Stationen einen Peak in den Sommermonaten auf, wobei die durchschnittlichen jährlichen Niederschlagssummen im Einzugsgebiet deutliche Unterschiede aufweisen. Zwischen der Station Cividino, mit knapp 750 mm jährliche Niederschlagssumme, und der Station Leitenbertl, mit fast 870 mm jährliche Niederschlagssumme, ergibt sich eine Differenz von annähernd 120 mm in der Niederschlagssumme pro Jahr. Die höchsten Niederschlagssummen im Einzugsgebiet sind aufgrund der Topographie im Westen vorhanden, die geringsten in den Tieflagen am Einzugsgebietauslass sowie im Osten.

Im Sommerhalbjahr ist ein signifikanter Trend zu höheren Niederschlagssummen festzustellen. Der Trend der erhöhten Jahresniederschläge im Einzugsgebiet während des Untersuchungszeitraums kann hauptsächlich durch diese Änderungen in den Sommermonaten begründet werden.

Die Vorhersagen für die zukünftige Entwicklung der Niederschlagssummen und deren innerjährlicher Verteilung können nur bedingt durch die Trends aus der Analyse der Niederschlagssummen basierend auf Beobachtungen abgeleitet werden. Für solche zukünftigen Prognosen werden globale Zirkulationsmodelle verwendet. Diese verwenden jedoch meist ein grobmaschiges Raster (tausend Quadratkilometer), wodurch lokale Aussagen nur schwer abzuleiten sind.

6.2 Lufttemperatur

Die Auswertungen der Lufttemperaturdaten sind aufgrund der geringen Ausfallquoten als grundlegend sehr gut und robust anzusehen.

Die Trendgerade für die Messdaten im Referenzzeitraum zeigt eine Abnahme in der Jahresmitteltemperatur, repräsentiert allerdings durch den zeitlich begrenzten Untersuchungszeitraum nur die dekadische Variabilität. Eine Aussage über die Veränderung des Klimas ist damit nicht gegeben. Ein Grund für die tendenzielle Abnahme der Trendgerade während des Untersuchungszeitraums ist die enge Kopplung der dekadischen Klimavariabilität, bei der es sich um periodische Schwankungen handelt, mit den Meeresströmungen. Abhängig von den sich ändernden Temperaturen der Meeresoberfläche kommt es zu Phasen der Erwärmung oder Abkühlung der Atmosphäre. Diese überlagern den Einfluss der Faktoren, die das Klima von außen antreiben, wie bspw. natürliche Elemente (Sonneneinstrahlung und Vulkanaktivität) oder auch die vom Menschen verursachten Einflüsse infolge von Landnutzungsänderungen, Emission von Treibhausgasen etc. Eine vollständige Verschleierung des langfristigen Trends der Lufttemperatur ist daher auf die stärker abkühlende Wirkung der Ozeanzirkulation zurückzuführen (Schönthaler K., Andrian-Werburg A., Rüth P., Hempem S., 2015).

Die 1990er Jahre waren das wärmste Jahrzehnt seit Beginn der Messungen im Einzugsgebiet 1993. Die bisher höchste Jahresmitteltemperatur wurde im Jahr 1994 gemessen. Die Jahre 1998 bis 2003 zeigen eine deutlich erhöhte Abweichung vom 20-jährigen Mittel in der Jahrestemperatur. Eine deutliche negative Abweichung vom 20-jährigen Mittel zeigt sich von 2008 bis 2010.

Langzeitklimareihen des Forschungsprojektes „Historical Instrumental Climatological Surface Time Series of the Greater Alpine Region“ (HISTALP) zeigen, dass sich der Trend steigender Temperaturen in Österreich seit Ende der 1980er-Jahre und weltweit seit Ende der 1990er-Jahre abgeschwächt hat. Die Streuung der jährlichen Mitteltemperaturen in Österreich hat den Trend des Temperaturanstiegs in der Dekade 2000-2009 um ein Vielfaches übertroffen. Regionale Temperaturtrends in Österreich dauern noch zu kurz an, um diese vom Zufall unterscheidbar zu machen (Böhm R. et al, 2010).

6.3 Bodentemperatur

Besonders auffällig bei der Datenreihe der Bodentemperaturen in allen Tiefen ist der Sprung um rund 5 °C nach der Datenlücke 2008/2009. Ein Grund für diesen Sprung in der Messreihe könnte ein Problem in der Kalibration sein. Der Umbau der Datenlogger der Serie DRS4 zu einem gesamten MDL-Datenloggersystem im Sommer 2008 wäre ein weiterer möglicher Grund.

Bei den Messreihen der Bodentemperatur ist die Zunahme der Datenausfälle mit der Tiefe erkennbar. Die Messreihe in einem Meter Tiefe ist aufgrund der Ausfallquote von fast einem Drittel aller Messdaten als kritisch zu betrachten. Die Amplitudendämpfung zwischen den unterschiedlichen Messtiefen ist gut erkennbar. Eine Aussage über die Entwicklung der Messreihen der Bodentemperatur ist aufgrund der großen Datenlücken statistisch nicht gesichert.

Betrachtet man die mittleren Jahresdurchschnittstemperaturen in den verschiedenen Messtiefen, unter Annahme einer Spline-Funktion zwischen den Messwerten, zeigt sich für den Referenzzeitraum eine tendenzielle Abnahme der Bodentemperatur in der Tiefe. Abbildung 6-1 zeigt den Verlauf der mittleren, minimalen und maximalen Jahresdurchschnittstemperaturen in den Messtiefen der Station Heiling. Die Werte in 1,0 m Tiefe sind aufgrund der hohen Ausfallquote von fast einem Drittel aller Daten als kritisch zu betrachten.

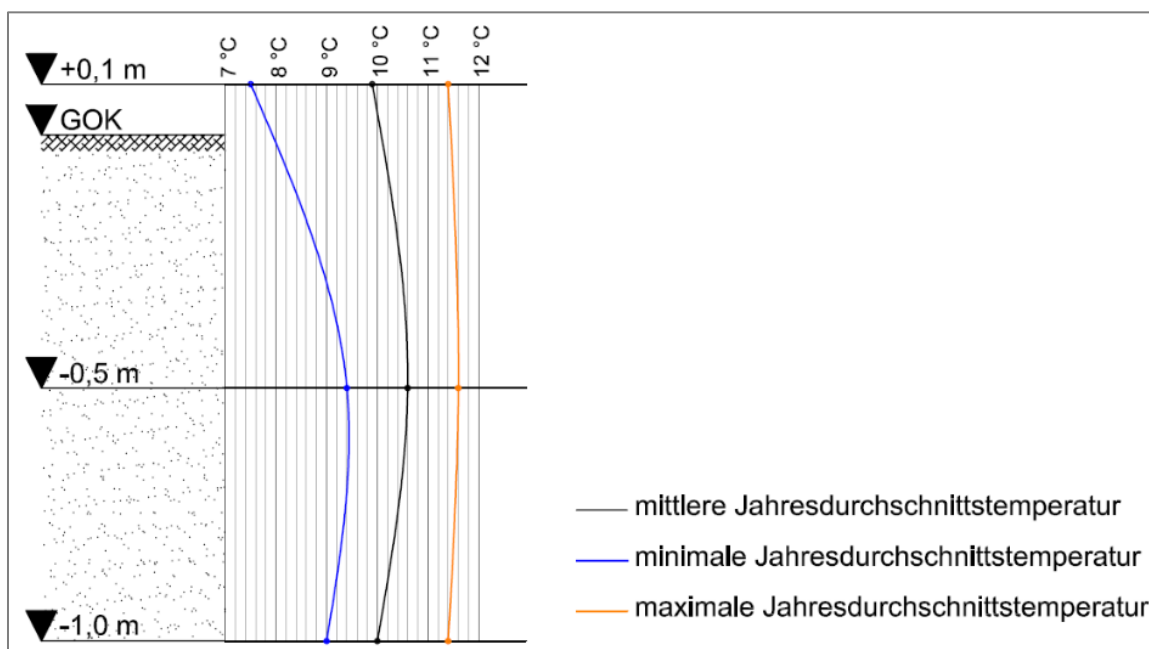


Abbildung 6-1: Verlauf der mittleren Jahresdurchschnittstemperatur in den Messtiefen

Die hauptsächlich lehm- und tonhaltig geprägte Pedologie des Einzugsgebietes lässt auf einen starken Zusammenhang zwischen Bodentemperatur und Bodenfeuchte schließen. Eine Messung der Bodenfeuchte, bspw. indirekt als Bodensaugspannung in Hektopascal (hPa) gemessen, sollte bei weiteren Untersuchungen der Bodentemperatur in Betracht gezogen werden.

6.4 Kenngrößen der Klimaänderung

Gemäß Weltmeteorologieorganisation (World meteorological organization, kurz WMO) darf von Klimaänderungen erst in Zeiträumen von mehr als 30 Jahren gesprochen werden. Da Extremwetterereignisse sehr selten auftreten, müssen immer lange Beobachtungszeitreihen untersucht werden, um herauszufiltern, ob sich Veränderungen eingestellt haben.

Ein Zeitraum von weniger als 30 Jahren ist zu kurz, um festzustellen, ob das vermehrte Auftreten solcher Ereignisse nur eine natürliche Schwankung oder eine robuste Veränderung ist. Dekadisch auftretende niederschlagsarme oder niederschlagsreiche Jahre gab und gibt es in den Messreihen. Aus diesem Grund wird hier versucht, mögliche beobachtete Veränderungen in den Messreihen mit natürlichen Schwankungen der letzten Dekaden zu vergleichen und stabile oder auch nur mögliche Trends aufzuzeigen. Die Ergebnisse sind mit großen Unsicherheiten belastet, zeigen aber teilweise klare Veränderungen.

6.4.1 Trockenperioden

Der Trend von Trockenperioden im Einzugsgebiet während des Untersuchungszeitraums ist schwer zu identifizieren, da aufgrund der Seltenheit und der starken Varianz dieser Ereignisse keine statistisch auswertbare Reihe vorliegt.

Eine Zunahme von Starkregen und Trockenheit am gleichen Ort findet laut dem österreichische Klimaforscher Böhm generell nicht statt, da keine derartigen Trends in den von Böhm untersuchten 100-jährlichen homogenisierten Tagesniederschlagsreihen ersichtlich sind. Vielmehr deutet er auf bemerkenswerte Ähnlichkeiten zwischen dem Verlauf extremer Niederschlagsereignisse und dem der Jahresniederschlagssummen hin (Böhm R., Godina R., Nachtnebel, H., Pirker, O., 2008).

6.4.2 Starkregenereignisse

Die Auswertung der Niederschlagsdaten zeigt, dass die Zunahme der Tage mit Starkregen pro Jahr dominiert ist durch eine Zunahme in den Sommermonaten (Juni, Juli, August). Neben der Zunahme der Häufigkeit der Starkregenereignisse im Einzugsgebiet Pöllau allgemein ist auch eine Zunahme in der Niederschlagsmenge zu verzeichnen. Auf Grund der sommerlichen Gewitterlagen, welche meist hohe Niederschlagsmengen in sehr kurzer Zeit liefern, sind die Ergebnisse von guter Qualität einzuordnen.

Neben der Untersuchung der Niederschlagsdaten im Einzugsgebiet sollten die Pegel-daten betrachtet werden, um diese Ergebnisse in ihrer Richtigkeit zu stützen. Hydrologische Analysen sind für die vorhandenen Messstellen im Einzugsgebiet durchzuführen, um eine Erhöhung der Tagesabflüsse, welche im Zusammenhang mit Starkniederschlägen stehen, nachzuweisen. Dadurch können hochwasserwirksame Niederschläge und Abflüsse in Zusammenhang gebracht werden und der Prävention dienen.

6.4.3 Schneedeckenhöhe

Im Beobachtungszeitraum geht die Anzahl der Schneedeckentage von mehr als 20 und mehr als 30 cm im Einzugsgebiet zurück. Aufgrund der Seltenheit dieser Ereignisse kann jedoch keine statistisch gesicherte Aussage getroffen werden.

Besonders auffällig ist die große Diskrepanz der Schneedeckentage zwischen den beiden Wintern 2005/2006, 107 Schneedeckentage an der Station Cividino, und 2006/2007 mit nur 3 Schneedeckentage an der Station Cividino.

Weiters sind besonders die große Schwankungsbreite der Schneedeckentage von Jahr zu Jahr während des Untersuchungszeitraums ist als auffallend zu nennen. Auf solche Jahre mit einer hohen Anzahl an Schneedeckentagen folgen während des Untersuchungszeitraums Jahre mit sehr wenigen Schneedeckentagen.

Die Station Heiling verzeichnet grundsätzlich geringfügig mehr Schneedeckentage als die Station Cividino. Dies ist auf die höhere Lage der Messstation Heiling sowie deren Standort in unbebautem Gebiet zurück zu führen.

Als Folge der Abnahme der Schneedeckentage ist die negative Wirkung auf die Bodenfeuchte zu nennen. Eine Untersuchung dieser Auswirkung wäre anstrebenswert. Eine Messung der Bodenfeuchte wäre auch hierfür erforderlich.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Masterarbeit über das Forschungseinzugsgebiet Pöllau basiert auf der Überprüfung, Analyse und Interpretation eines großen Datensatzes: sieben Niederschlagsmessstationen sowie die Messgrößen Luft- und Bodentemperatur der meteorologischen Zentralstation.

Die Datensätze weisen insbesondere in der ersten Dekade, 1980 bis 1990, große Lücken auf. Aufgrund der großen Anzahl an Datenlücken sollten die in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse nicht überbewertet werden. Allerdings konnten die Messreihen der Lufttemperatur und des Niederschlags auf ihre Veränderung während des Untersuchungszeitraums untersucht und die bedeutendsten Muster und Trends einer klimatologischen Veränderung festgestellt werden.

Die meisten der untersuchten Messgrößen weisen über die Gesamtdauer ihrer Messperiode ausgeprägte Schwankungen und auch Trends auf. Die gefundenen Trends erwiesen sich zwar aufgrund der großen Kurzzeitvariabilität als nicht signifikant, sind aber in den Abbildungen bereits deutlich erkennbar.

Die gefundenen Trends sind vorsichtig zu interpretieren. Ohne die gleichzeitige Betrachtung der Änderungen des langjährigen Mittels sind sie nicht geeignet, um die Klimaentwicklung richtig zu erfassen. Deshalb muss ein Trend immer sorgfältig auf seine zeitliche Repräsentanz hin geprüft werden. Erst bei Verwendung unterschiedlicher Untersuchungsperioden wird ersichtlich, wie stabil sich ein Trend und vor allem dessen Signifikanz insgesamt verhält.

Neben der Weiterentwicklung der Untersuchung der Zeitreihen ist es aber unerlässlich, die Beobachtungsgrundlage zu verbessern. Zeitlich gut aufgelöste, qualitativ hochwertige, kontinuierliche Beobachtungen sind die Basis für die weitere Reduktion der Unsicherheiten bei der Untersuchung der Klimaveränderung im Einzugsgebiet Pöllau. Die vorliegende Masterarbeit sollte als erster Schritt einer hydroklimatologischen Untersuchung für das Einzugsgebiet Pöllau betrachtet werden, und Impulse für weitere Untersuchungen der Messreihen geben. Die Wichtigkeit einer lückenlosen und robusten Datenqualität wird betont.

Alles in allem kann man sagen, dass die in dieser Arbeit präsentierten Ergebnisse ambivalent sind. Einerseits war die detaillierte Betrachtung der Messwerte nur aufgrund der Dichte der hydrometeorologischen Ausrüstung im Einzugsgebiet möglich. Andererseits konnte bei den Messreihen der Boden- und Lufttemperatur auf keine Referenzstationen zurückgegriffen werden.

Die Auffassung der Klimaänderung in der Öffentlichkeit entsteht häufig auf dem Gebiet der extremen Ausformungen des Klimas. Aufeinanderfolgende Winter mit außergewöhnlich vielen Schneedeckentagen wie der Winter 2005/2006 und auffällig wenigen 2006/2007 prägen das öffentliche Bild der Klimaveränderung ebenso wie die Zerstörung durch hochwasserbildende Starkniederschläge.

Solche Wetterextreme sind ein fixer Bestandteil des Wetters. Die interjährliche Variabilität der relevanten Messparameter war, ist und wird auch in Zukunft groß sein. Auf Jahre mit vielen Extremen werden Jahren mit wenigen bis keine Extreme folgen. Eine Zunahme dieser extremen Wetterausformungen ist für das Einzugsgebiet Pöllau nur für Starkregenereignisse ersichtlich, diese ist aufgrund der hohen Variabilität und des Untersuchungszeitraums statistisch nicht gesichert. Eine Veränderung aller untersuchten relevanten Zeitreihen ist während des Untersuchungszeitraums vorhanden.

Literaturverzeichnis

Begert et al. 2003. *Homogenisierung von Klimamessreihen der Schweiz und Bestimmung der Normwerte - Schlussbericht des Projekts NORM90.* Zürich : MeteoSchweiz, 2003. ISSN 1422 - 1381.

Bender S., Schaller M. 2014. *Vergleichendes Lexikon - Wichtige Definitionen, Schwellenwerte und Indices aus den Bereichen Klima, Klimafolgenforschung und Naturgefahren.* Hamburg : Climate Service Center, 2014.

Bergmann, Schatzl, Pozarnik. 2000. Verwendung Wetterradardaten zur Hochwasserfrühwarnung. *Internationales Symposium Interprävent - Tagungspublikation.* 2000, Bd. 1, S. 111 - 122.

Böhm R. et al. 2010. *Auswirkungen des Klimawandels auf Hydrologie und Wasserwirtschaft in Österreich - Präsentation der aktuellen Studien.* Wien : Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, 2010. 978-3-902084-79-8.

Böhm R., Godina R., Nachtnebel, H., Pirker, O. 2008. *Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft.* Wien : BMLFUW und ÖWAV, 2008.

Deutscher Wetterdienst. 2016. www.dwd.de. [Online] Herber Pflüger (Verantwortlicher), 2016. [Zitat vom: 20. 07 2016.]

DWA-M 181. 2011. *Merkblatt DWA-M 181 - Messung von Wasserstand und Durchfluss in Entwässerungssystemen.* Hennef : DWA, 2011. 978-3-941897-94-6.

Gobiet et al. 2012. *Klimaszenarien für die Steiermark bis 2050 - Studie im Auftrag des Landes Steiermark.* Graz : Wegener Zentrum für Klima & Globalen Wandel, Karl Franzens Universität, 2012.

Gruber et al. 2008. *Auswahl eines Verfahrens zur Homogenisierung von täglichen Klimadaten als notwendige Grundvoraussetzung zur Analyse von täglichen Klimazeitreihen in Hinblick auf „Climate Change“.* Wien : ZAMG, 2008.

Hennemuth et al. 2013. *Statistische Verfahren zur Auswertung von Klimadaten aus Modell und Beobachtung - eingesetzt in Projekten und Institutionen, die sich mit Klimafolgen und Anpassung befassen.* Hamburg : Arbeitsgruppe Statistik am Climate Service Center, 2013. CSC Report 13.

Herzog et al. 1998. *Homogenitätsprüfung und Homogenisierung klimatologischer Meßreihen im Deutschen Wetterdienst.* Offenbach am Main : Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 1998. ISBN 3-88148-336-5 .

Hofer. 2012. *Validierung, Charakterisierung und Klassifizierung von Mischwasserereignissen für das Einzugsgebiet Graz-West R05.* Graz : Masterarbeit an der TU Graz, 2012.

- JetBrains s.r.o.** <https://www.jetbrains.com/pycharm>. [Online] [Zitat vom: 15. 06 2016.]
- Kabas. 2011.** *WegenerNet Klimastationsnetz Region Feldbach: Experimenteller Aufbau und hochauflösende Daten für die Klima- und Umweltforschung.* Graz : Dissertation an der Karl-Franzens-Universität Graz, Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, 2011.
- Kainz. 2006.** *Das hydrologische Versuchsgebiet Pöllau bei Hartberg - Info.* Graz : Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der TU Graz, 2006.
- Klein. 2015.** <http://www.python-kurs.eu/numpy.php>. [Online] 2015. [Zitat vom: 14. 07 2016.]
- KRIWAN Industrie-Elektronik GmbH.** <http://www.kriwan.com/>. [Online] [Zitat vom: 18. 06 2016.]
- Land Steiermark. 2016.** <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10023569/25206/>. 2016 *Land Steiermark - Amt der Steiermärkischen Landesregierung.* [Online] 2016. [Zitat vom: 18. 05. 2016.]
- Nebert. 1952.** Die pliozäne Schichtfolge in der Pöllauer Bucht (Oststeiermark). *Jahrbuch der geologischen Bundesanstalt.* 1952, S. 103-118.
- OTT Hydromet GmbH.** <http://www.ott.com/>. [Online] [Zitat vom: 02. 06 2016.]
- Philipp SCHENK GmbH Wien. 2016.** <http://www.schenk.co.at/>. [Online] 2016. [Zitat vom: 03. 05 2016.]
- Rapp. 1999.** *Eine erweiterte Definition des Begriffes ‚Trend‘ in der Klimadiagnose.* s.l. : Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Frankfurt/Main, 1999.
- Ruch C.A., Vasvári V., Harum T. 2006.** Hydrologisches Versuchsgebiet Pöllau - 25 Jahre Beobachtung. *Beiträge zur Hydrogeologie.* 2006, S. 45 - 58.
- Ruch et al. 2003.** Application of Water Balance Analyses at Different Time and Space Scales at the Catchment Pöllauer Safen (Eastern Styria/Austria). *Beiträge zur Hydrogeologie.* 2003, S. 97-118.
- Scheidl. 2014.** *Improved Quality Control for the WegenerNet and Demonstration for Selected Weather Events an Climate.* Graz : Wegener Center for Climate and Global Change, 2014. Scientific Report No. 61-2014.
- Schinnerl. 2016.** AEIOU/Pöllau. *AEIOU Österreich-Lexikon.* [Online] 15. 06 2016. [Zitat vom: 20. 06 2016.] <http://austria-forum.org/af/AEIOU/Pöllau>.
- Schönthaler K., Andrian-Werburg A., Rüth P., Hempem S. 2015.** *Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.* [Hrsg.] Bosch & Partner GmbH. Dessau-Roßlau : Umweltbundesamt, 2015. S. 13-24.

Schönwiese. 2009. *Der Klimawandel und seine Ursachen - Bericht zum 100. MNU Kongress*. Frankfurt : Goethe-Universität, Institut für Atmosphäre und Umwelt, 2009.

Team, PyData Development. 2012. <http://pandas.pydata.org>. [Online] 2012. [Zitat vom: 10. 07 2016.]

Technische Universität Graz/Institut für Hydromechanik, Hydraulik und Hydrologie. 1987. Beitrag des Institutes für Hydromechanik, Hydraulik und Hydrologie der Technischen Universität Graz zum IHP Projekt "Hydrologisches Versuchsgebiet Pöllau". *Ergebnisse Österreichischer Aktivitäten im Internationalen Hydrologischen Programm (IHP)*. 1987, S. 71 - 74.

Anhang

Anhang A1: Datenblätter der Niederschlagsmessstationen

Anhang A2: Datenblätter der Pegelmessstationen

Anhang A3: Datenblätter der meteorologischen Zentralstation

Anhang A1

Messdatenstellen Pöllau	
Grundinformationen	
Stationsname:	Cividino (1)
Messstellen-ID:	111310 (45774577)
Original Betreiber-ID:	45774577
Herstellerfirma:	Ott
Modellbezeichnung:	Pluvio ²
Modell-/Seriennummer:	271233
Messgrößen:	Niederschlag
Erfasste Parameter:	Batterie, Behälter Inhalt, Intensität (min.)
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	Cividino Valentin
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1979
Datenübertragung:	GPRS-Modem
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Instrumentelle Ausstattung:	Niederschlagswaage
Weitere Anmerkungen:	bis Nov. 2011 Niederschlagswippe 0,1 mm

Ortsangabe und -gegebenheiten	
Koordinaten	15°50'05'' / 47°18'26''
WGS 84 X:	15.834
WGS 84 Y:	47.307
GK M34 X:	712380.89
GK M34 Y:	241034.44
Höhe Boden:	424 m.ü.A.
Auffangfläche:	400 cm ²
Aufstellhöhe:	150 cm
Anfahrtsweg:	über Straße in Stadtpark (bei Freibad)
Adresse:	Aupark 418; 8225 Pöllau
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Messdatenstellen Pöllau

Grundinformationen

Stationsname:	Franzl im Moor (2)
Messstellen-ID:	00000002
Original Betreiber-ID:	00000002
Herstellerfirma:	Sommer, Horvath
Modellbezeichnung:	Niederschlagswippe 0,1 mm, MRS-4
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Niederschlag
Erfasste Parameter:	Niederschlag
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	Staedler Franz
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1979
Datenübertragung:	GPRS-Modem, Datawin Sommer
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Instrumentelle Ausstattung:	Messwippe 0,1 mm
Weitere Anmerkungen:	

Ortsangabe und -gegebenheiten

Koordinaten	15°46`33``E / 47°18`44``N
WGS 84 X:	15.775
WGS 84 Y:	47.312
GK M34 X:	707931.76
GK M34 Y:	241620.65
Höhe Boden:	729 m.ü.A.
Auffangfläche:	500 cm ²
Aufstellhöhe:	150 cm
Anfahrtsweg:	in Pöllau nach Hauptplatz Straße links Richtung "in der Eben"
Adresse:	8225 Rabenwald
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Messdatenstellen Pöllau	
Grundinformationen	
Stationsname:	Moyhofer (3)
Messstellen-ID:	00000003
Original Betreiber-ID:	00000003
Herstellerfirma:	Anton Paar
Modellbezeichnung:	Niederschlagswippe 0,1 mm, DRS-4
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Niederschlag
Erfasste Parameter:	Niederschlag
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	Grill Johann
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1979
Datenübertragung:	GPRS-Modem
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Instrumentelle Ausstattung:	Messwippe 0,1mm
Weitere Anmerkungen:	-

Ortsangabe und -gegebenheiten	
Koordinaten	15°50`28``E / 47°20`54``N
WGS 84 X:	15.842
WGS 84 Y:	47.348
GK M34 X:	712892
GK M34 Y:	245386
Höhe Boden:	740 m.ü.A.
Auffangfläche:	500 cm ²
Aufstellhöhe:	150 cm
Anfahrtsweg:	Straße Richtung Miesenbach/Birkfeld, bei Gasthof Heschl rechts Straße Richtung Straßhöf, bei Straßhöf Fahrweg zum Gasthof Muhr
Adresse:	Zeil-Pöllau 45; 8225 Pöllau
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Messdatenstellen Pöllau	
Grundinformationen	
Stationsname:	Leitenbertl (4)
Messstellen-ID:	00000004
Original Betreiber-ID:	00000004
Herstellerfirma:	Sommer, Horvath
Modellbezeichnung:	Niederschlagswippe 0,1 mm, MRS-4
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Niederschlag
Erfasste Parameter:	Niederschlag
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	Spreitzhofer Rupert
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1979
Datenübertragung:	GPRS-Modem
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Instrumentelle Ausstattung:	Messwippe 0,1mm
Weitere Anmerkungen:	-

Ortsangabe und -gegebenheiten	
Koordinaten	15°45`24``E / 47°20`21``N
WGS 84 X:	15.756.667
WGS 84 Y:	47.339.167
GK M34 X:	706042.97
GK M34 Y:	244630.31
Höhe Boden:	800 m.ü.A.
Auffangfläche:	500 cm ²
Aufstellhöhe:	150 cm
Anfahrtsweg:	Straße Richtung Birkfeld, bei Brücke über Köppelreithbach rechts Richtung Sonnleiten
Adresse:	Winkelboden 8; 8225 Sonnhofen
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Messdatenstellen Pöllau

Grundinformationen

Stationsname:	Schule Köppelreith (5)
Messstellen-ID:	00000005
Original Betreiber-ID:	00000005
Herstellerfirma:	Sommer, Horvath
Modellbezeichnung:	Niederschlagswippe 0,1 mm, DRS-4
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Niederschlag
Erfasste Parameter:	Niederschlag
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	Volksschule Köppelreith
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1979
Datenübertragung:	GPRS-Modem
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Instrumentelle Ausstattung:	Messwippe 0,1mm
Weitere Anmerkungen:	-

Ortsangabe und -gegebenheiten

Koordinaten	15°47`43``E / 47°20`38``N
WGS 84 X:	15.795.278
WGS 84 Y:	47.343.889
GK M34 X:	709426.43
GK M34 Y:	245130.88
Höhe Boden:	740 m.ü.A.
Auffangfläche:	500 cm ²
Aufstellhöhe:	150 cm
Anfahrtsweg:	Straße Richtung Miesenbach/Birkfeld, Kreuzung Richtung Köppelreith, rechts der Straße Schulgebäude
Adresse:	Köppelreith 52; 8225 Sonnhofen
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Messdatenstellen Pöllau	
Grundinformationen	
Stationsname:	Höhenhansl (6)
Messstellen-ID:	00000006
Original Betreiber-ID:	00000006
Herstellerfirma:	Sommer, Horvath
Modellbezeichnung:	Niederschlagswippe 0,1 mm, DRS-4
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Niederschlag
Erfasste Parameter:	Niederschlag
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	Krautgartner Johann
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1979
Datenübertragung:	GPRS-Modem
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Instrumentelle Ausstattung:	Messwippe 0,1mm
Weitere Anmerkungen:	-

Ortsangabe und -gegebenheiten	
Koordinaten	15°48`21``E / 47°22`25``N
WGS 84 X:	15.805.833
WGS 84 Y:	47.373.611
GK M34 X:	710246.58
GK M34 Y:	248429.85
Höhe Boden:	1040 m.ü.A.
Auffangfläche:	500 cm ²
Aufstellhöhe:	150 cm
Anfahrtsweg:	Straße Richtung Miesenbach/Birkfeld, Kreuzung Schloffereck rechts zum Kreuz- wirt, nach Gasthof rechts Fahrweg zum Höhenhansl
Adresse:	Prätis 51; 8225 Sonnhofen
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Messdatenstellen Pöllau

Grundinformationen

Stationsname:	Heiling (7)
Messstellen-ID:	111393 (4576)
Original Betreiber-ID:	45764576
Herstellerfirma:	Sommer, Horvath
Modellbezeichnung:	Niederschlagswippe 0,1 mm, DRS-4
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Niederschlag
Erfasste Parameter:	Batterie, Behälter Inhalt, Intensität (stündlich)
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	Altmann Johann
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1983
Datenübertragung:	GPRS-Modem
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Weitere Anmerkungen:	Messwippe 0,1mm

Ortsangabe und -gegebenheiten

Koordinaten	15°48`35``E / 47°19`34``N
Höhe Boden:	525
Auffangfläche:	500 cm ²
Aufstellhöhe:	150 cm
Anfahrtsweg:	Umfahrtsstraße Pöllau, Kreuzung links Richtung Birkfeld, in Obersaifenboden bei Gasthof Fahrweg rechts nehmen
Adresse:	Obersaifen 17; 8225 Saifenboden
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Weitere Sensoren

Stationsname:	Heiling4576
Modellbezeichnung:	Distrometer
Modell-/Seriennummer:	Ott
Messgrößen:	Niederschlag
Koordinaten	15°48`35``E / 47°19`34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Anhang A2

Messdatenstellen Pöllau	
Grundinformationen	
Stationsname:	Basispegel Saifenbach (A)
Messstellen-ID:	11631
Original Betreiber-ID:	2111631, 4570
Herstellerfirma:	Rittmeyer, Ott
Modellbezeichnung:	Druckluftpegel System
Modell-/Seriennummer:	293504
Messgrößen:	Wasserstandsaufzeichnung mit Druckluft
Erfasste Parameter:	Wasserstand, Temperatur
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	-
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1980
Datenübertragung:	GPRS-Modem
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Weitere Anmerkungen:	

Ortsangabe und -gegebenheiten	
Koordinaten	15°50'33" E ; 47°17'36" N
Pegelnullpunkt:	396,85 m.ü.A.
Anfahrtsweg:	über Straße Kaindorf-Pöllau, Kreuzung Kirchenackersiedlung links zum Kapo Werk einbiegen, über Brücke, dann links Fahrweg zur Pegelhütte
Adresse:	-
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Messdatenstellen Pöllau	
Grundinformationen	
Stationsname:	Prätisbach Ölmühle (B)
Messstellen-ID:	11623, ab 1988 22222
Original Betreiber-ID:	2111623, 4560
Herstellerfirma:	Rittmeyer, Ott
Modellbezeichnung:	Druckluftpegel System Rittmeyer, Ausperlsystem Firma Ott
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Wasserstandsaufzeichnung mit Druckluft
Erfasste Parameter:	Wasserstand, Temperatur
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	-
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1980
Datenübertragung:	GPRS-Modem
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Weitere Anmerkungen:	

Ortsangabe und -gegebenheiten	
Koordinaten	15°49'47" E ; 47°18'47" N
Pegelnulldpunkt:	433,23 m.ü.A.
Anfahrtsweg:	Umfahrungsstraße Pöllau bis zur Kreuzung nach Birkfeld, rechts einbiegen zur "Ölmühle Fandler", Pegelhütte links von Brücke
Adresse:	-
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Messdatenstellen Pöllau	
Grundinformationen	
Stationsname:	Prätisbach Wildholzrechen RHB (C)
Messstellen-ID:	33333
Original Betreiber-ID:	-
Herstellerfirma:	Seba, Sommer
Modellbezeichnung:	Wasserstandsaufzeichnung mit Druckluft, System Seba
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Wasserstandsufzeichnung mit Druckluft
Erfasste Parameter:	Wasserstand, (Temperatur)
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	-
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1988
Datenübertragung:	GPRS-Modem
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Weitere Anmerkungen:	

Ortsangabe und -gegebenheiten	
Koordinaten	15°49'16" E ; 47°19'34" N
Pegelnullpunkt:	-
Anfahrtsweg:	über Straße Richtung Miesenbach/Birkfeld, nach Gasthof Heschl rechts abfahren, Pegelhütte rechts neben Brücke
Adresse:	-
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Anhang A3

Messdatenstellen Pöllau	
Grundinformationen	
Stationsname:	Meteorologische Station Heiling (M)
Besitzer:	Landesregierung FA 19a
Grundstückseigentümer:	Altmann Johann
Ansprechpartner:	Roland Fuchs
Telefonnummer	+43664608738374
E-Mail:	roland.fuchs@tugraz.at
Wartungsverantwortlicher:	Herr Quinz
Wartungsintervall:	2-monatiger Turnus
Aufstelldatum Station:	1983
Datenübertragung:	GPRS-Modem
Hydras 3:	Landesregierungsserver
Weitere Anmerkungen:	

Ortsangabe und -gegebenheiten	
Koordinaten	15°48`35``E / 47°19`34``N
Höhe Boden:	525
Anfahrtsweg:	Umfahrtsstraße Pöllau, Kreuzung links Richtung Birkfeld, in Obersaifenboden bei Gasthof Fahrweg rechts nehmen
Adresse:	Obersaifen 17; 8225 Saifenboden
Zugänglichkeit:	gut, Schlüssel notwendig
Stromversorgung:	vorhanden
Begleitheizung:	vorhanden

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Windrichtung
Modellbezeichnung:	Windrichtungssensor INT3
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Windrichtung
Koordinaten	15°48`35``E / 47°19`34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Windstärke
Modellbezeichnung:	Schalensternanemometer INT1
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Windgeschwindigkeit
Koordinaten	15°48`35``E / 47°19`34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Lufttemperatur
Modellbezeichnung:	Feuchte-Temperatursensor Typ FG80HPt100 (Galltec)
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Lufttemperatur, Luftfeuchte
Koordinaten	15°48'35``E / 47°19'34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Luftdruck
Modellbezeichnung:	Barogebber Type 317 (Kroneis)
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Luftdruck
Koordinaten	15°48'35``E / 47°19'34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Luftfeuchte
Modellbezeichnung:	Feuchte-Temperatursensor Typ FG80HPt100 (Galltec)
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Lufttemperatur, Luftfeuchte
Koordinaten	15°48'35``E / 47°19'34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Strahlung global
Modellbezeichnung:	Sternpyranometer Modell Nr. 8101
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Strahlung global
Koordinaten	15°48'35``E / 47°19'34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Strahlung reflekt
Modellbezeichnung:	Sternpyranometer Modell Nr. 8101
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Strahlung reflekt
Koordinaten	15°48'35``E / 47°19'34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Bodentemperatur +0,1 m
Modellbezeichnung:	AD592N Temperaturfühler
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Bodentemperatur 10 cm über Boden
Koordinaten	15°48'35``E / 47°19'34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Bodentemperatur -0,5 m
Modellbezeichnung:	AD592N Temperaturfühler
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Bodentemperatur 50 cm unter Boden
Koordinaten	15°48'35``E / 47°19'34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Bodentemperatur -1,0 m
Modellbezeichnung:	AD592N Temperaturfühler
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Bodentemperatur 100 cm unter Boden
Koordinaten	15°48'35``E / 47°19'34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.

Sensoren	
Sensor-Stationsname :	Heiling / Strahlung reflekt
Modellbezeichnung:	Sternpyranometer Modell Nr. 8101
Modell-/Seriennummer:	-
Messgrößen:	Strahlung reflekt
Koordinaten	15°48'35``E / 47°19'34``N
Seehöhe:	525 m.ü.A.