

Universität Augsburg
Fakultät für Angewandte Informatik
Lehrstuhl für Physische Geographie und Quantitative Methoden

Historische Hochwasserereignisse an der Isar ab Beginn der Pegelaufzeichnungen bis zum Bau des Sylvensteinspeichers 1825 - 1955

Diplomarbeit

Gutachter: Prof. Dr. K.-F. Wetzel

vorgelegt von

Michael Kinder

Hochstraße 9

86972 Altstadt

Tel.: 0162-3124000, E-Mail: michael.kinder@gmx.de

Matrikelnr. 839968

Abgabetermin: 3.3.2009

Schwellend ergoß sich der Strom und zerstörte die lachende Erde
Doch ihn bändigt der Mensch und gebeut ihm die Bahnen zu halten
Die er ihm setzte durch Kunst; ja er zwingt ihn noch Lasten zu tragen.

Reissend trennet die Fluth die gegenseitigen Ufer
Da erscheint die Kunst und verbindet getrennte Gestade;
Leicht tritt die Brücke dahin; es verschwindet das Diesseits und Jenseits.

Hoch vom Berge herab zieht über gebändigte Felsen
Ehern die Straße daher. Über Schluchten und Sümpfe und Abgrund
Rollet das lustige Rad und verbindet die Nähe der Ferne.

C. F. v. Wiebeking, 1811

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Vorwort	VII
1 Einleitung.....	8
2 Die Isar.....	9
2.1 Scharnitz – Mittenwald – Krün.....	12
2.2 Wallgau – Vorderriß.....	14
2.3 Winkl – Lenggries – Bad Tölz.....	16
2.4 Bad Tölz – Geretsried – Wolfratshausen.....	18
2.5 Wolfratshausen – München	20
2.6 München.....	21
2.7 München – Landshut.....	24
2.8 Der Mittlere Isarkanal.....	26
2.9 Das Erdinger Moos.....	28
2.10 Landshut.....	28
2.11 Der Unterlauf der Isar: Landshut – Plattling und die Mündung in die Donau.....	30
3 Die historischen Wasserstandsmessungen.....	33
3.1 Die Auswahl der Pegel.....	33
3.2 Die alten bayerischen Maßeinheiten.....	34
3.3 Geschichte und Qualität der einzelnen Pegel.....	35
3.3.1 Mittenwald.....	36
3.3.2 Bad Tölz.....	39
3.3.3 München.....	42
3.3.4 Freising.....	42
3.3.5 Landshut Maxwehr.....	43
3.3.6 Landshut Birket.....	44
3.3.7 Dingolfing.....	45
3.3.8 Landau.....	49
3.3.9 Plattling.....	50
3.4 Digitalisierung und Weiterverarbeitung der Daten.....	51
3.5 Verhalten der Pegelganglinien über die Jahrzehnte.....	53
3.5.1 Mittenwald.....	53
3.5.2 Bad Tölz.....	54
3.5.3 Landshut.....	54
3.5.4 Dingolfing.....	56

3.5.5 Plattling.....	57
3.6 Verhalten benachbarter Pegelganglinien zueinander.....	57
3.6.1 Mittenwald – Bad Tölz.....	57
3.6.2 Bad Tölz – Landshut.....	58
3.6.3 Landshut - Dingolfing.....	58
3.6.4 Dingolfing - Plattling.....	59
4 Die historischen Abflußmessungen.....	60
4.1 Die Schwierigkeiten der Berechnung historischer Abflußdaten.....	60
4.2 Datenlage.....	61
4.3 Verarbeitung der Abflußdaten.....	62
4.4 Verhalten der Abflußganglinien.....	63
4.5 Verhalten benachbarter Abflußganglinien zueinander.....	63
5 Historische Hochwasserereignisse.....	64
5.1 Suche historischer Hochwasser mittels Standardabweichung.....	64
5.1.1 Ermittlung 3. Standardabweichung-Ereignisse Wasserstand	64
5.1.2 Ermittlung 3. Standardabweichung-Ereignisse Abfluß.....	66
5.1.3 Ergebnisse der 3. Standardabweichung.....	67
5.2 Darstellung der historischen Hochwasser	67
5.3 Auffälligkeiten einzelner Hochwasser und das jeweilige Wettergeschehen.....	69
5.3.1 Die Hochwasser 1833 und 1840.....	70
5.3.2 Die großen Hochwasserereignisse von 1851 und 1853.....	71
5.3.3 Das Extremhochwasser 1899.....	73
5.3.4 Hochwasser August 1901.....	77
5.3.5 Hochwasser Juni 1910.....	78
5.3.6 Hochwasser Mai 1912.....	80
5.3.7 Das Hochwasser Juli/August 1924.....	81
5.3.8 Das Hochwasser 1930.....	82
5.3.9 Das Hochwasser Mai/Juni 1940	83
5.3.10 Das Hochwasser 1954.....	84
5.3.11 Das letzte große Hochwasser vor der Inbetriebnahme des Sylvensteinspeichers im Juli 1955.....	86
5.4 Vergleich der einzelnen Hochwasser.....	87
6 Weitere Auffälligkeiten und Untersuchungen.....	88
6.1 Die Schneeschmelze in Mittenwald 1826 – 1881.....	88
6.2 Der Eisstoß 1929.....	88
Zusammenfassung.....	93
Literaturverzeichnis.....	95
Internetseiten.....	99
Anhang	100

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Das Einzugsgebiet der Isar.....	10
Abb. 2: Übersicht über die heutigen Kraftwerke an der Isar.....	13
Abb. 3: Hofanschließende Streifenkultur rechts der Isar zwischen Lenggries und Tölz.....	18
Abb. 4: Panoramabild der Kohleninsel um 1890.	23
Abb. 5: Dammbruch des Mittleren Isarkanals am 12.7.1931.	28
Abb. 6: Landshut beim Hochwasser im September 1899.....	30
Abb. 7: Das Erste von 4 Regalbrettern Isarwasserstände im Archiv des LfU in München.....	34
Abb. 8: 110 Jahre Aufzeichnungen Mittenwald Mühlbrücke.	38
Abb. 9: Undatierte Aufnahme vom Lattenpegel an der Mühlbrücke.	38
Abb. 10: Undatierte Aufnahme vom Pegel an der Mühlbrücke.....	39
Abb. 11: Die nur schwer lesbare Notiz auf dem Beobachtungsblatt 4/1853.....	45
Abb. 12: Der Pegel Landshut Birket 1915.	45
Abb. 13: Das erste Beobachtungsblatt aus Dingolfing: Oktober 1825.	47
Abb. 14: Der Schreibpegel Dingolfing. Undatierte Aufnahme, vor 1905.	48
Abb. 15: Dingolfinger Schreibpegel und Isarbrücke im Altwasserarm mit zusätzlichen Jochen und Telegraphenmasten. Mai 1915.....	48
Abb. 16: Isarbrücke Dingolfing. Mai 1915.....	49
Abb. 17: Isarbrücke Dingolfing. Lattenpegel am 3. Joch. Mai 1915.....	49
Abb. 18: Lattenpegel in Plattling im Mai 1915.....	51
Abb. 19: Lattenpegel an der Eisenbahnbrücke Plattling im Mai 1915.....	51
Abb. 20: Kopfzeile aus der OpenOffice-Tabelle "Monatshöchstwerte Wasserstand 1825- 1955.ods".....	53
Abb. 21: Kopfzeile aus der OpenOffice-Tabelle „Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1954.ods“.	63
Abb. 22: erweiterte Kopfzeile aus der OpenOffice-Tabelle "Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods"	65
Abb. 23: erweiterte Kopfzeile aus der OpenOffice-Tabelle "Monatshöchstwerte Abfluß 1900- 1955.ods".....	67
Abb. 24: Kopfzeile aus der OpenOffice-Tabelle "Tageswasserstandswerte einzelner HWs.ods".	69
Abb. 25: Kopfzeile der OpenOffice-Tabelle "Stundenwerte Wasserstand 1910-1940.ods"	70
Abb. 26: Kopfzeile der OpenOffice-Tabelle "Tagesabflußwerte einzelner HWs.ods".....	70
Abb. 27: Standardabweichung-3-Hochwasser mit Stundenwerten; grau unterlegt: Stundenwert- Diagramme wurden erstellt.....	71
Abb. 28: Sea Level Pressure August 1833.....	71
Abb. 29: Sea Level Pressure Juli 1833.....	72

Abb. 30: Sea Level Pressure Juli 1840.....	72
Abb. 31: Sea Level Pressure September 1833.....	72
Abb. 32: Sea Level Pressure August 1840.....	72
Abb. 33: Bodenluftdruckverteilung am 30.7.1851.	73
Abb. 34: Bodenluftdruckverteilung am 1.8.1851.	73
Abb. 35: Bodenluftdruckverteilung am 20.6.1853.	74
Abb. 36: Bodenluftdruckverteilung am 6.9.1899.....	75
Abb. 37: Bodenluftdruckverteilung am 10.9.1899.....	75
Abb. 38: Bodenluftdruckverteilung am 12.9.1899.....	76
Abb. 39: Sea Level Pressure September 1899.....	76
Abb. 40: Hochwasser 1899: Blick von der Maximiliansbrücke in Richtung Prinzregentenbrücke. Im Mittelgrund das Maxwerk (erbaut 1895, bis heute am Netz), dahinter der Friedensengel.....	76
Abb. 41: Hochwasser 1899: Die Prinzregentenbrücke mit Friedensengel. Am drüberen Isarufer sind große Uferabbrüche zu erkennen.....	77
Abb. 42: Hochwasser 1899: Die eingestürzte Brücke mit Friedensengel. An beiden Ufern sind große Abbrüche erkennbar.....	77
Abb. 43: Hochwasser 1899: Die Reste der Bogenhausener Brücke.	78
Abb. 44: Bodenluftdruckverteilung am 1.8.1901.....	79
Abb. 45: Bodenluftdruckverteilung am 12.6.1910.....	79
Abb. 46: Bodenluftdruckverteilung am 13.6.1910.....	80
Abb. 47: Bodenluftdruckverteilung am 6.5.1912.....	81
Abb. 48: Bodenluftdruckverteilung am 7.5.1912.....	81
Abb. 49: Bodenluftdruckverteilung am 10.5.1912.....	82
Abb. 50: Hochwasser 1924: Schaulustige auf der Brücke in Bad Tölz. Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.....	82
Abb. 51: Hochwasser 1924 in Bad Tölz.....	83
Abb. 52: Bodenluftdruckverteilung am 15.5.1930.....	83
Abb. 53: Bodenluftdruckverteilung am 27.5.1940.....	84
Abb. 54: Bodenluftdruckverteilung am 2.7.1954.....	85
Abb. 55: Bodenluftdruckverteilung am 8.7.1954.....	85
Abb. 56: Bodenluftdruckverteilung am 7.7.1955.....	87
Abb. 57: Bodenluftdruckverteilung am 9.7.1955.....	87
Abb. 58: Der zugefrorene Inn in Rosenheim 1929.....	90
Abb. 59: Bodenluftdruckverteilung am 29.1.1929.....	90
Abb. 60: Der Eisstoß in Dingolfing.	91
Abb. 61: Der Eisstoß 1929 in Plattling.	93

Vorwort

Zunächst aufmerksam geworden auf das Diplomarbeitsthema bin ich durch einen Aushang von Herrn Prof. Dr. J. Jacobeit, der zusammen mit Herrn Prof. Dr. K.-F. Wetzel die Dissertation von Oliver Böhm betreut. Für die intensive wissenschaftliche Betreuung vor allem von Oliver Böhm und die vielen Anregungen von Herrn Wetzel möchte ich mich gleich am Anfang ganz herzlich bedanken.

Besonders danken möchte ich auch Frau Magelone Hennig, Sachbearbeiterin am Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) und Verwalterin des Archivs in der Lazarettstraße: Sie hat mir in die „Tiefen“ des Archivs verholffen und bemühte sich sehr, möglichst viele Wasserstands- und Abflußdaten ausfindig zu machen.

Weiteren Personen gilt mein herzlicher Dank:

Herrn Werner Schuster vom LfU, der mir die im Archiv nicht vorhandenen Abflußdaten ausfindig gemacht, eingescannt und zugemailt hat und mir die vorher teilweise unvollständig vorhandenen Daten komplettiert hat,

Andreas Philipp für die Installation von GrADS auf meinen Laptop und Karin Lutz für das Erstellen eines Skripts, damit die Emulate-Datenbank mit GrADS geöffnet werden kann und das Abrufen und Konvertieren der Bilder schneller funktioniert,

Herrn Korbinian Zanker vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim, der immer ein offenes Ohr für meine Fragen hatte und mir einen PC mit Anschluß an Datenbanken und Kartenmaterial des WWA-WM zur Verfügung stellte,

Dem Fotostudio Repper in Schongau, insbesondere Herrn René Repper für die Digitalisierung der alten Glasplatten-Fotos vom LfU,

Herrn Klaus Wolf vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim für die Einsicht in die Originaldaten der Isar-Korrekturen in Mittenwald ab 1858,

meinem Vater Wolfgang Kinder für die Hilfe bei der Interpretation der Bodendruckverteilungen der Klimadatenbank Emulate,

meiner Mutter Brigitte Kinder für das Eliminieren von Wiederholungen, Grammatik- und Rechtschreibfehlern,

sowie meiner Freundin Lola Kappeler für die mathematische Unterstützung bei Standardabweichung und Standardfehler sowie das Auffinden und Ausprobieren von Excel-Funktionen, weiterhin fürs Korrekturlesen und die große Geduld mit einem gestreßten Diplomanden.

1 Einleitung

Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es, anhand dreier ausgewählter Pegel der Isar – jeweils einen Repräsentanten des Ober- Mittel- und Unterlaufs – die Hochwasserentwicklung vom Beginn der schriftlichen Aufzeichnungen 1825 bis zum Bau des Sylvensteinspeichers in den 1950er Jahren zu zeigen.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt bei der Rekonstruktion der historischen Hochwasserereignisse und deren Vergleich untereinander. Rückschlüsse auf die Entwicklung der Isar in dieser Zeitspanne sollen durch die Veränderungen des Gerinnegefälles, Vergleiche zwischen den einzelnen Pegeln in Hinsicht auf die Wasserstände und die Abflüsse und den einzelnen Hochwasserereignissen möglich werden.

Wenn möglich, sollen aus den historischen Wasserstandsdaten Abflüsse gewonnen werden um die einzelnen Hochwasserereignisse durch Wellenpläne vergleichen zu können.

Zudem sollen die historischen Wetterlagen, die zu den Hochwasserereignissen geführt haben, erläutert und mit den Ereignissen in einen Kontext gebracht werden.

Außerdem soll der Flußlauf der Isar, bauliche Einschränkungen und Veränderungen nachgezeichnet werden um einen Überblick zu bekommen, wie sich der Flußlauf im betrachteten Zeitraum verändert hat.

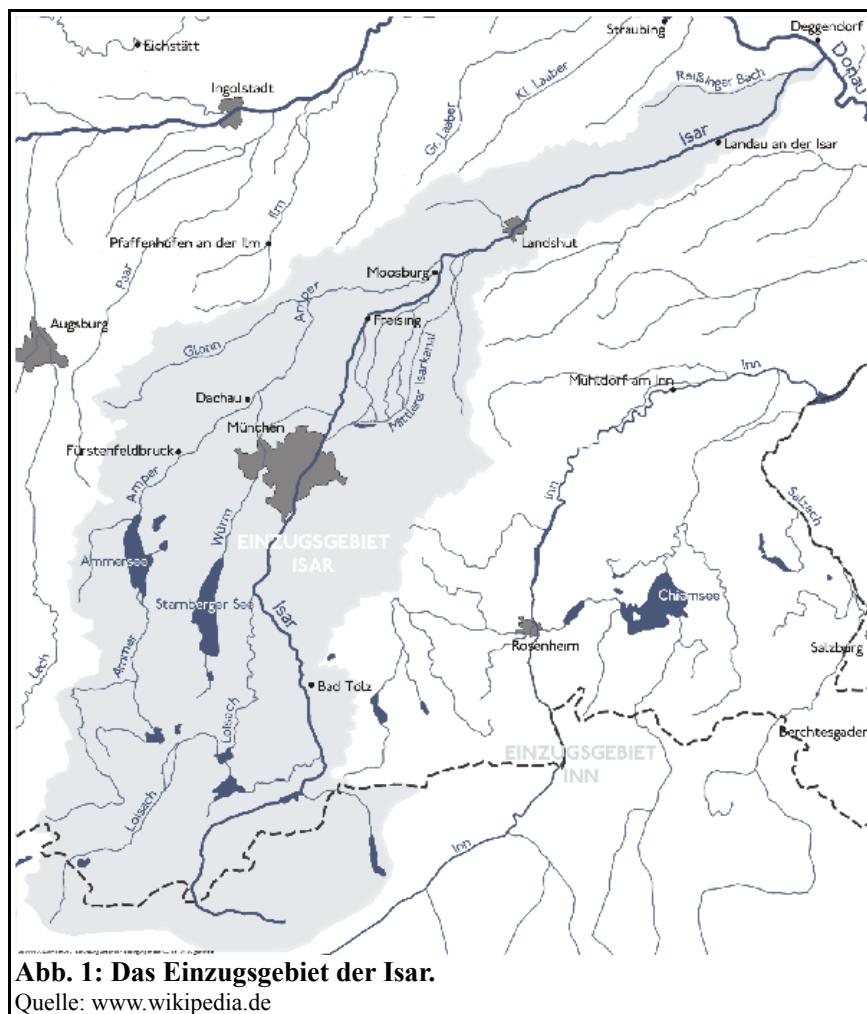
Seit dem 1.11.2006 arbeitet Oliver Böhm am Augsburger Lehrstuhl für Physische Geographie und Quantitative Methoden an einem DFG-Projekt zur Hochwassergeschichte der alpinen Flüsse Iller, Lech, Isar, Inn und Salzach. Im Zuge dieses Projekts setzt sich vorliegende Diplomarbeit mit der Isar im Zeitraum 1825 bis 1955 auseinander. Der Zeitraum markiert den Beginn der ersten regelmäßigen Pegelaufzeichnungen an der Isar um 1825 und den Bau des Sylvensteinspeichers, der 1959 eingestaut wurde. Der Endpunkt 1955 ist so gewählt, dass das letzte „unverfälschte“ Hochwasser von 1955 noch berücksichtigt werden kann. Durch den Sylvensteinspeicher werden Hochwasser mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von bis zu 100 Jahren so entschärft, daß unterhalb keinerlei Schäden durch Hochwasser in Siedlungsräumen entstehen (BAMMER 1997, S. 85).

Nach den Hochwasserereignissen an Pfingsten 1999 und im Sommer 2005 wurde das Interesse für ihre Ursachen in weiten Bevölkerungskreisen immer größer, da viele Bürgerinnen und Bürger auch an der Isar direkt von den Ausmaßen der Überschwemmungen betroffen waren. Vor allem in der Vergangenheit wurde nach Fehlern gesucht. Flußbegradigungen, Eindeichungen und die

Trockenlegung der Flußauen wurden sehr schnell als Hauptursachen für die Katastrophen mit verantwortlich gemacht, da durch diese natürliche Retentionsräume verloren gehen und der Abfluß beschleunigt wird.

2 Die Isar

Die Isar ist einer der vier großen Flüsse in Süddeutschland, die die Bayerischen Alpen und das Alpenvorland zur Donau hin entwässern. Ihre Quelle liegt im Hinterautal auf 1160 m ü. A.¹ im Karwendelgebirge in Tirol, wo sie aus zahlreichen Gebirgsbächen und Quelltöpfen entsteht; die Mündung nach 295 km – davon 20 km in Tirol – bei 308 m ü. NN nordöstlich von Plattling.



Der Name „Isar“ soll sich vom indogermanischen Wort für fließendes Wasser *is* oder *es* ableiten lassen, heute steht dieses Wort nur noch für den festen Aggregatzustand des Wassers. Zahlreiche andere Flüsse und Gewässer in Europa lassen sich ebenfalls auf diese Wurzel zurückführen, zum Beispiel die Iser in Tschechien, die Isère in Frankreich, die Isel in Österreich, die IJssel in den Niederlanden und die Eisack in Südtirol. Auch der Name für die untere Donau *Ister* leitet sich wahr-

scheinlich von diesem Ursprung ab.

Nahezu sämtliche Bäche des Karwendelgebirges entwässern in die Isar. Laut MANGELSDORF (1998, S. 11) ist es reine Definitionssache welcher der Quellbäche den Namen Isar bekommt. Im

¹ 1 Meter über Adria. Der österreichische Nullpunkt weicht vom Deutschen „ü. NN“ um -25 bis -34,6 cm ab.

Grunde wäre es genauso gerechtfertigt den Karwendelbach Isar zu nennen, oder, um allen Konflikten aus dem Weg zu gehen, wenn die Isar ihren Namen erst beim Zusammentreffen der beiden stärksten Quellbäche erhalten würde.

Die Isar hat viele Nebenflüsse, die bedeutendsten sind die Loisach, die in Wolfratshausen mündet, und die in Moosburg mündende Amper.

Das 8960 km² große Einzugsgebiet der Isar (inklusive Loisach und Amper) läßt sich grob in zwei Bereiche untergliedern: zum einen der Alpenraum, dessen nördlichste Ausläufer sich bis Bad Tölz erstrecken, daran anschließend die Molasse, die aus dem Abtragungsmaterial der Alpen besteht, darüber liegen quartäre Ablagerungen im Einflußbereich der Vergletscherung. Bis Bad Tölz besteht der Untergrund aus Kalkfels, wo dieser sehr tief liegt, sind die Vertiefungen mit Schotter angefüllt. Von Bad Tölz bis zur Mündung besteht die Flußsohle vor allem aus quartären Schottern, die von der Isar dort abgelagert wurden. Darunter befinden sich feine, glimmerartige, schluffige Feinsande, die als Flinz bezeichnet werden. Die Korngröße des Geschiebes verringert sich natürlich vom Oberlauf in Richtung der Donaumündung immer mehr (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE 1888, S. 150).

Die Isar selbst ist durch die letzte Eiszeit in ihrer heutigen Form entstanden, der Abfluß über die Donau ins Schwarze Meer aus dem jüngsten Tertiär ist hingegen schon wesentlich älter (MANGELSDORF, 1998, S. 9).

Ursprünglich war die gesamte Isar eine Aneinanderreihung von Umlagerungsstrecken, das heißt, Zufuhr und Abfuhr von Geschiebe hielten sich die Waage. Die Isar wurde nirgends in ihrem Lauf begrenzt, sie floß als verzweigter Fluß und änderte ihren Lauf bei jedem Hochwasser. Die dazwischenliegenden Kiesbänke waren meist von geringem Alter und deswegen wenig bewachsen. Das breite, nur bei starkem Hochwasser völlig ausgefüllte Flußbett, wurde durch Auwälder begrenzt. Nur an wenigen Engstellen wie der bei Fall wurde die Isar auf ein vorgeschriebenes Flußbett festgelegt (SCHEURMANN, 1998a, S. 20).

Schon in der Zeit der Römer wurde in Flußsysteme eingegriffen und auch an der Isar wurde schon vor Jahrhunderten versucht, den Fluß in seinem Verlauf zu leiten, doch ergaben sich dadurch keine tiefgreifenden Änderungen des Verlaufs. Zu Beginn der Neuzeit war jeder Anrainer vor allem auf den eigenen Vorteil bedacht, denn es gab keinen übergeordneten Isarweiten Plan, da Bayern damals noch aus vielen kleinen Herrschaftsbereichen bestand. So stritten unterhalb von Bogenhausen die Bayern auf der linken Flußseite und die zum Hochstift Freising gehörenden Ismaninger auf der rechten über lange Zeit miteinander, indem sie jeweils versuchten, den Hauptarm des Flußes auf die andere Seite zu verlegen (SCHEURMANN, 1998a, S. 20f). Diese Streitereien wurden erst mit der Säkularisation beendet als Bayern ein zusammenhängender Flächen-

staat wurde. Aber auch dieser hatte anfangs noch kein Gesamtkonzept, wie bei v. RIEDL (1806, S. 64) nachzulesen ist.

Der Uferschutz bestand im 18. Jahrhundert ausschließlich aus Einzelbauten, die als Flechtzäune und doppelreihigen Wuhren² ausgeführt waren. Jedes Hochwasser zerstörte eine Vielzahl von ihnen; so mußten auch die Abzweigungen der zahlreichen Mühlbäche oft neu angelegt werden wenn sich die Isar wieder einmal verlagert hatte. Neu gebaut wurde nur als Reaktion auf Veränderungen des Flusses; war eine Verlegung des Flußbettes erfolgreich, verfielen die Bauwerke wieder, wodurch nur hohe Kosten, aber kein dauerhafter Erfolg erzielt werden konnte (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE, 1888, S. 170). Der Stromatlas von v. RIEDL (1806) führt von der Grenze zu Tirol bis München 252 Inseln auf. Diese Anzahl zeigt, wie verzweigt der Fluß vor den Korrektionsmaßnahmen war. V. RIEDL war es auch, der 1781 als Erster parallele Deiche und Uferbauwerke entwarf und einen vom Staat geplanten überregionalen Plan forderte, da für Wasserschutzbauten die *„ohne Kenntniß, ohne Rücksicht auf das Ganze, ohne Zusammenhang [gebaut werden, eine] ordentliche Direktionslinie mit genauer Beobachtung aller Um- und Anstände [wichtig ist]“* (v. RIEDL, 1806, S. 22). Wiebeking führte schließlich die ersten, wenn auch zaghaften und vorsichtigen systematischen Korrekturen am Englischen Garten in München mittels Faschinen³ durch, um gegen die Überbreitung der Isar vorzugehen (SCHMIDT, 2000, S. 228ff; v. RIEDL, 1806, S. 64; vgl. 2.6).

Erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts, nach den damaligen Hochwasserereignissen 1851 und 53, begann man im großen Stil Hochwasserschutz entlang der Flüsse zu erstellen. Die wachsenden Einwohnerzahlen und der zunehmende Verkehr ließen das Bedürfnis nach mehr Sicherheit am Fluß ansteigen. 1852 wurde das erste bayerische Wassergesetz verabschiedet, mit dessen Hilfe die Flüsse gebändigt werden sollten. Dies geschah nach einem einheitlichen und zusammenhängenden Plan und mit viel Geld von Seiten des Staates (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE, 1888, S. 170). Zunächst wurden Längsverbauungen in Form von Deichen immer näher an die Flüsse herangeschoben um sie in ein Bett zu zwingen und gleichzeitig hinter den Deichen Land zu gewinnen, das nicht nur der Landwirtschaft zugute kam, sondern auch überbaut wurde. Mäander wurden abgeschnitten, die Flüsse begradigt. 1888 werden in einer Zwischenbilanz die positiven Auswirkungen der Korrekturen erläutert: *„So sind werthvolle Fluren, die an der Isar vorbeiziehenden Straßen, ferner ganze Ortschaften und Gebäulichkeiten, welche bedroht waren, gegen Zerstörung geschützt; der Stand der Brücken ist gegen Umgehung gesichert, die Flossfahrt wird in der korrigierten Strecke durch keine Hindernisse mehr gefährdet und durch die Auflandung der Sei-*

² Süddeutsch für Wehr oder Buhne, hier und im folgenden letzteres.

³ zur Sohlenbefestigung bei der Flussregulierung: 3 bis 6 m langes und etwa 0,3 m dickes durch Bindendraht zusammengehaltenes Reisigbündel

tenrinnen und Altwasser wurden viele Tagwerke Landes gewonnen, welches ebenso, wie die durch Senkung des Wasserspiegels trocken gelegten Moosgründe einer höheren Bewirthschaftung entgegen geführt werden konnten. Schließlich ist in der Folge einer rascheren Abführung der Hochwasser die Überschwemmungsgefahr vermindert. Die Vorteile ... sind somit grosse und vollkommen befriedigende“ (Kgl. Oberste Baubehörde, S. 184). Ob heute alle diese großen Vorteile noch vermittelbar wären, sei einmal dahingestellt. In der Folge grub sich die Isar jedenfalls immer tiefer ein, was im 20. Jahrhundert durch erste Querbauwerke gebremst werden mußte.

Am Anfang des 20. Jahrhunderts wurde die Stromgewinnung immer wichtiger. Kraftwerke wurden errichtet um die 637 m Rohfallhöhe der Isar von der Bayerisch-Tiroler Grenze bis zur Mündung auszunutzen (SCHEUERMANN, 1998a, S. 21). Die KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE (1907, S. 253ff) veröffentlichte ein detailliertes Verzeichnis sämtlicher Wasserkraftwerke der Isar. Insgesamt werden im Jahr 1907 23.690 PS ausgenützt, eine zweite Tabelle kommt auf 94.820 PS die noch ungenützt sind. Häufig entstanden damals kanalartige Gerinne, die den übergroßen Wassermassen eines Jahrhunderthochwassers nicht gewachsen sind und relativ plötzlich versagen können, wodurch dann große Flächen unvorbereitet überschwemmt werden.

Ein genaues Verzeichnis sämtlicher im Jahre 1888 existierender Hochwasserdämme an der Isar



findet sich in der Veröffentlichung der KÖNIGLICHEN OBERSTEN BAUBEHÖRDE aus dem Jahr 1888 auf S. 162.

Eine Übersicht über die heute noch in Betrieb befindlichen Kraftwerke und ihre jeweilige Leistung liefert Abbildung 2. Sie ist auch als Übersicht für die im weiteren vorkommenden Kraftwerke recht hilfreich.

2.1 Scharnitz – Mittenwald – Krün

Die Isar überquert kurz nach Scharnitz, an der Porta Claudia, einer Befestigungsanlage aus dem 17. Jahrhundert, die Grenze von Tirol nach Bayern. Die Grenze quert das Isartal an seiner schmalsten Stelle. Das Isartal ist neben dem Fernpaß der wichtigste Durchgang durch die nördli-

chen Kalkalpen, von dort führen wichtige Fernstraßen seit der Römerzeit Richtung Oberitalien. Entstanden ist es durch tektonische Prozesse und die Einwirkungen der Eiszeiten. Am Treffpunkt von Karwendel im Osten und dem westlich gelegenen Wetterstein wurde das Tal von den rund 1000 m mächtigen Gletschern so tief ausgehobelt, daß es noch heute, obwohl es nach der letzten Eiszeit wieder mit Schottern verfüllt wurde, immer noch rund 100 m tiefer liegt als die rechts und links einmündenden Täler. Deshalb sind sie als charakteristische Hängetäler ausgebildet, in deren Ausgänge sich nach der Eiszeit tiefe Klammstrukturen eingegraben haben. Die bekannteste ist die Leutaschkklamm, die ebenfalls die Grenze zu Österreich bildet (FEHN 1968 Karte 125).

Zwischen Scharnitz und dem ersten bayerischen Ort, dem Markt Mittenwald, wird das Isartal recht breit, es hat hier zwischen Terrassen fließend laut FEHN (1968, Karte 125) „den Charakter eines verwilderten Gebirgsflusses“, da die Isar dort weitestgehend unberührt ist. Im Ortsbereich von Mittenwald wurde die Isar erstmals 1859 reguliert, so daß sich landwirtschaftliche Nutzfläche aber auch der Ort ungestört von der Isar ausbreiten konnten. 1939 wurde der Isarverlauf in seiner heutigen Form fertiggestellt (SCHEURMANN, 1998a, S. 22).

Genauer läßt sich die Regulierung anhand der originalen Katasterunterlagen, Kostenvoranschläge, Pläne und Protokolle vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim nachvollziehen, die dort vollständig bis in die Zeit nach dem 2. Weltkrieg vorhanden sind: ab 1858 wurde, aufgrund der Hochwasser in den Jahren zuvor, zwischen der Mühlbrücke und der Husselbrücke der Verlauf der Isar korrigiert (vgl. Karte 1 im Anhang). Das KÖNIGLICHE STRASSEN- UND FLUSSBAUAMT (1878) beschreibt die Maßnahmen wie folgt: *„Die bisher ausgeführten Correctionsbauten haben ihren Zweck, die Fluren Mittenwalds vor Ueberschwemmung und Verwüstung zu schützen, vollständig erfüllt, und ist auch durch dieselben eine derartige Senkung des Wasserspiegels verursacht worden, daß die früher aus Wasser oder Kiesbänken bestehenden Flächen größtentheils cultivirt und in üppige Wiesen und Felder umgewandelt werden konnten.“*

1913 wurde das erste Mal für die Ortschaft Krün ein Hochwasserschutz größeren Ausmaßes erstellt: oberhalb des Krüner Senkbaumes⁴ wurde das Ufer einseitig befestigt (KÖNIGLICHES STRASSEN- UND FLUSSBAUAMT, 1913). Ein Jahr später wurden noch Baumaßnahmen an der Leutaschmündung oberhalb von Mittenwald durchgeführt, 1936 wurde begonnen die durch das Hochwasser 1935 stark gefährdete Straße zur Landesgrenze durch einen Uferverbau zu sichern, 1937 verschärfte jedoch ein weiteres Hochwasser die Situation, in den Unterlagen heißt es dazu: Das Hochwasser hat *„gutes Land auf eine Tiefe bis zu 10 m abgerissen“* und gefährdet *„auf der ganzen Strecke die Reichsstraße 2“* (WASSERWIRTSCHAFTSAMT WEILHEIM 1937).

4 Als Senkbaum bezeichnet man im Flußbau einen (Nadel)Baum, der in tiefen Kolken unter Wasser befestigt wird. Dies führt zum raschen Einschottern und somit zur Verfüllung des Kolks.

Der Bau der Pionier-Kaserne machte ab 1938 Ufersicherungsmaßnahmen notwendig. Auch dies ist im Wasserwirtschaftsamt Weilheim gut dokumentiert; sie wurden von Flußkilometer (Fkm) 254,3 bis 256,52 durchgeführt. Weiter nördlich, am sogenannten Horn (vgl. Karte 1), wurde die Uferbefestigung 1938-39 ebenfalls nach dem Hochwasser von 1937 errichtet.

Die Gegend um Mittenwald, die klimatisch durch die ausgeprägte Föhngasse des Isartales profitiert, lebte in der Vergangenheit vor allem vom Handel Richtung Tirol und Italien, der Landwirtschaft und der Floßfahrt; im 20. Jahrhundert wurden diese Erwerbszweige mehr und mehr vom Tourismus abgelöst.

Unterhalb Mittenwalds befindet sich kurz nach der Flußschleife Horn das Krüner Wehr (Fkm 250,7; vgl. Karte 1 im Anhang). Dieses Bauwerk wurde 1919/21 errichtet und 1923 in Betrieb genommen und entzieht der Isar bis zu 25 m³/s Wasser, das in Richtung des Walchensees abgezweigt wird, um das dortige Kraftwerk – seinerzeit das größte Speicherkraftwerk in Europa – mit ausreichend Wasser versorgen zu können. Erst über die Loisach gelangt das Isarwasser in Wolfratshausen wieder zurück in die Isar. Im Jahr 1951 schrieb der GEMEINDERAT KRÜN besorgt an die zuständigen staatlichen Stellen, daß der Ortsteil Gries durch das Frühjahrshochwasser extrem gefährdet sei, da sich zwischen der Krüner Brücke und dem Stausee im Laufe der Jahre große Kiesmassen angesammelt hätten und die Uferschutzbauten unter sich begraben hätten. Aus den Unterlagen im Wasserwirtschaftsamt Weilheim geht hervor, daß in den Folgejahren der Kies ausgebaggert wurde. Da die Isar im langjährigen Mittel bei Krün nur an etwa 50 Tagen des Jahres mehr als 25 m³/s Abfluß hat, fällt über weite Teile des Jahres die Isar unterhalb des Krüner Wehres trocken. Erst 1990 ist dieser Mißstand behoben worden, indem vereinbart wurde, daß mindestens 3,0 m³/s in das ursprüngliche Isarbett geleitet werden müssen, so daß jetzt rund 1/3 des Wassers in der Isar verbleibt (SCHEURMANN, 1998a, S. 23).

2.2 Wallgau – Vorderriß

Der Isarabschnitt ab Krün bis Lenggries wird von v. RIEDL (1806, S. 4) wie folgt beschrieben: *"Nun beginnt die Isar in einer großen beynahe halbzirkelförmigen Krümmung ... über den Fall, der sich fast in der Mitte dieser großen Krümmung befindet, ... ihren Lauf."*

Auch Wallgau betreffend liegen im Wasserwirtschaftsamt Weilheim zwei alte Dokumente. 1863 wurde der „beschädigte Rinnenabschluß“ unterhalb Wallgau wiederhergestellt, 1872 mußte der Holzlagerplatz durch Schutzbauten gegen Hochwasser geschützt werden (KAISER, 1863 und WASSERWIRTSCHAFTSAMT WEILHEIM, 1872).

Aus dem Reißbach, einem Nebenfluß der bei Vorderriß in die Isar mündet, werden seit 1949 12 m³/s Wasser in Richtung Walchensee entnommen. Oberhalb von Vorderriß befindet sich heute das letzte, etwa 2,5 km lange Wildflußgebiet der Isar. Hier hat die Isar noch das Erscheinungsbild, das sie bis vor gut 150 Jahren noch bis zur Mündung hatte. Ständig werden Kiesbänke verlagert und umgebildet, der Hauptlauf ändert sich häufig, Nebenarme werden gebildet oder trockengelegt. Hier leben noch zahlreiche Tier- und Pflanzenarten, die weiter flußab längst verschwunden sind (SPEER, 1999, S. 62).

Über den Fall, der heute vollständig vom Sylvensteinspeicher überflutet ist, gibt v. RIEDL (1806) sehr umfassend Auskunft. Für die Floßfahrt war dieser Abschnitt der gefährlichste auf der ganzen Isar, v. RIEDL (S. 6) beschreibt dies so: „*In diesen hohen Bergen eingeschlossen stürzt die Isar von einer Steinwand an die andere.*“ und „*Hier stürzt der Fluß zwischen zwey Felswände in einen 20 Schuhe [entspricht 5,84 m] weiten Raum gedrängt über schroffe Steine in einer kurzen Strecke mit einem Gefälle zu 15 Schuhen [entspricht 4,38 m] heraus*“ (S. 8). Die KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE (1888, S. 149) spricht „*von einer Breite von kaum 10 m durch [die die Isar] über mehr als ein Dutzend Klippen herab [stürzt]*“. Ständig änderte sich dadurch das Bett, laufend mußten vom staatlichen Beobachter neue Warnzeichen aufgestellt, neue Streichwuren und Abweiser errichtet werden um die Flößerei sicher zu gestalten. Trotzdem ereigneten sich viele Unglücke, selbst Sprengungen an der Flußsohle und an den Seitenwänden konnten die Lage nicht wesentlich verbessern, ein weiteres Ausweiten der Flußbahn würde zu Problemen bei Niedrigwasser führen, so v. RIEDL (1806, S. 6ff). Auch unterhalb des Fall, in dessen Auslauf, wurde versucht einzugreifen: „*man hat in die Tiefe, das Gründl genannt, wo die Isar mit aller Macht sich herabstürzt, die schwersten Steinmassen und ganze Steinlasten versenket*“ (v. RIEDL 1806, S. 8), diese wurden aber beim jeweils nächsten Hochwasser wieder fortgerissen.

Der Bau des Walchenseekraftwerks führte dazu, daß häufig zu wenig Wasser für die Flößerei, Touristen und die Natur in der Isar verblieb, so daß der Freistaat Bayern 1954 den Plan zum Bau einer Talsperre am Sylvenstein billigte (SCHEURMANN, 1998a, S. 23). Während der Bauzeit des Sylvensteinspeichers 1954-59 kam hingegen die Flößerei gänzlich zum Erliegen. Die Idee dieser Talsperre ist fast 50 Jahre älter. Schon 1908 hat der damalige Rektor der Münchner TH Kreuther beim Wettbewerb um das Walchenseekraftwerk einen Gegenentwurf eingebracht: er wollte die Isar am Sylvenstein stauen. Die Talsperre hat gleich drei Vorteile: zum einen bietet sie einen wirksamen Hochwasserschutz für sämtliche Unterlieger, sie ermöglicht die gleichmäßige Abgabe von Wasser, so daß die Isar nicht mehr trocken fällt und darüber hinaus kann noch Strom erzeugt werden (SCHEURMANN, 1998a, S. 23).

Bei den geologischen Untersuchungen vor dem Bau des Sylvensteinspeichers stellte sich heraus,

daß das Isarquertal zwischen Wallgau und dem Sylvenstein über 100 m mit Sedimenten verfüllt ist und die verschüttete Schlucht aus engen, teils überhängenden Felswänden besteht (MANGELSDORF, 1998, S.11).

Der Name des Sylvensteinspeichers kommt von der Sylvensteinwand, die sich direkt oberhalb des Staudammes befindet. Bei v. RIEDL (1806, S. 12) wird vom „*Sulvursteine, der Fußwand des Schärgerwieserberges*“ gesprochen, dadurch wird klar, daß der Name auf die Schwefelhaltigkeit des Gesteins hindeuten dürfte.

2.3 Winkl – Lenggries – Bad Tölz

V. Riedl (1806, S. 12) beschreibt diese Gegend wie folgt: „*[Die Isar] wirft sich bald links bald rechts, bildet bald da bald dort Kieslagen, theilet sich oft in mehrere Aarme und verwüstet bey den Hochgewässern nicht unbedeutende Strecken Landes, die, wenn dem Fluße eine angemessene nicht zu weite, aber auch nicht zu enge Bahn nach richtigen Baugrundsätzen gegeben würde, mit großem Vortheile für die Anbauung um so mehr benützt werden könnten, als in dieser noch immer rauhen Gegend gute Gründe so selten und wenig sind.*“ Heute ist die Isar unterhalb des Sylvensteinspeichers völlig ohne Geschiebe, da der Staudamm das gesamte Material zurückhält. Dadurch, und durch aus der Zwischenkriegszeit stammende ungünstige Teilregulierungen zwischen Fall und Bad Tölz tieft sich die Isar in diesem Bereich immer weiter ein (SCHEURMANN, 1998a, S. 24).

Zwischen Winkl und Tölz durchfließt die Isar quer zu ihrer Schichtung die nördlichen Ausläufer der Alpen: zunächst noch die nördlichen Kalkalpen, bestehend aus Lechtal- und Allgäudecke, zu denen die letzten schroffen Gipfel Brauneck und Benediktenwand westlich der Isar gehören. Daran anschließend die wesentlich weicher geformte und aus mergeligeren Schichten bestehende Flyschzone mit dem Zwieselberg als höchster Erhebung westlich der Isar (SCHROEDER-LANZ, 1970b). Das Helvetikum wurde im Bereich der Isar nahezu völlig vom Flysch überfahren; genauso wie viele Kilometer der Molasse, die direkt an die Flyschzone angrenzt. Auch die Molasse ist durch den Druck der Alpen nach Norden stark beeinflusst: die Faltenmolasse geht über in die aufgerichtete Molasse bis hin zur Vorlandmolasse, deren oberster Teilbereich, die Obere Süßwassermolasse, den größten Teil des Unterlaufes der Isar bis zur Mündung in die Donau bestimmt. Die Vorlandmolasse senkt sich im Bereich des Molassetroges kontinuierlich ab, gleichzeitig wird ihr Oberflächenniveau durch kontinuierliche Massenzufuhr ausgeglichen. Die Faltenmolasse hingegen wurde ab dem Pliozän durch den Druck der Alpen angehoben (MANGELSDORF, 1998,

S. 9). Bis Bad Tölz sind überall in der Landschaft die einzelnen Rückzugsstadien der letzten Vergletscherung erkennbar. Moränengirlanden durchziehen das Isartal quer zur Fließrichtung des Flusses. Daher ist es nicht verwunderlich, daß sich im Abklingen der Eiszeit immer wieder Seen aufstauten, bis ein Durchgang durch den Moränenwall gefunden war. Dies läßt sich auch an Seekreideablagerungen zum Beispiel in Tölz belegen. Nach der Eiszeit schotterte die Isar mehrere 100 m Geröll auf, die teilweise auch wieder abgetragen wurden. Sichtbar wird dies in Leger an der Jachen-Mündung anhand von Terrassen, die sich längs der Isar hinziehen (SCHROEDER-LANZ, 1970b, Karte 127).

V. RIEDL (1806, S.18ff) ist mit dem Zustand der Isar zwischen Lenggries und Wolfratshausen nicht zufrieden, da der Fluß in großen Krümmungen verlaufe und bei Hochwasser regelmäßig die Anhöhen rechts und links angreife. Weiter führt er aus: „*Gegenwärtig mißt er von einem Lande bis zum anderen in einigen Orten gegen 2000 Schuhe [entspricht 584 m], da doch für seine Normalbreite 600 [entspricht 175 m] hier hinlänglich wären.*“



Abb. 3: Hofanschließende Streifenkultur rechts der Isar zwischen Lenggries und Tölz.

Quelle: Google Earth, 2008.

Zwischen Lenggries und Bad Tölz findet sich noch eine Besonderheit der Landkultivierung, die sogenannte „hofanschließende Streifenkultur“. Beiderseits der Isar liegen die Höfe an einer Straße, die dazugehörigen Felder befinden sich jeweils hinter dem Hof und erstrecken sich noch ein gutes Stück die angrenzenden Berghänge hinauf. Die Grundstücke werden auch heute noch

durch Hecken getrennt, was zu einer gewissen „Querstreifung“ des Isartales führt. Auch die Ergebnisse der Erbteilung lassen sich hier erkennen: rechts der Isar gibt es weiter hinten eine zweite Straße, mit später entstandenen Höfen: nicht alle Grundstücke wurden Längs geteilt, einige auch quer (vgl. Abb. 3 und SCHROEDER-LANZ, 1970b, Karte 127).

Bad Tölz ist erst seit 1906 eine Stadt, zuvor war es ein Markt an der Kreuzung Salzstraße – Isar und lebte vor allem von Flößerei, Schreinerei und Handel. 1846 wurden die Jodquellen am Sauerberg entdeckt, was Tölz zunächst den Beinamen „Krankenheil“ einbrachte, ab 1899 durfte sich der Ort schließlich „Bad Tölz“ nennen (SCHROEDER-LANZ, 1970b, Karte 127 und STADT BAD TÖLZ, 1998-2008). Seit 1961 wird in Tölz ein Kraftwerk (Fkm 199; vgl. Karte 2 im Anhang) betrieben, dessen Stausee stark in den Geschiebehaushalt eingreift und an dem sich seit November 1958 auch der Pegel befindet. Dies sei hier aber nur der Vollständigkeit halber erwähnt, da es für diese Arbeit keine Relevanz hat.

2.4 Bad Tölz – Geretsried – Wolfratshausen

Über den Abschnitt zwischen Bad Tölz und Geretsried war nicht viel in Erfahrung zu bringen. Jedenfalls blieben kleine Teilregulierungen bei Unterleiten und Tattenkofen zwischen 1911 und 1938 ohne besonderen Einfluß (SCHEURMANN, 1998a, S. 24).

Geretsried entstand nach dem 2. Weltkrieg anstelle der dortigen Rüstungsbetriebe und wurde maßgeblich von Flüchtlingen aus den Ostgebieten aufgebaut. Heute ist Geretsried die größte Stadt im Landkreis Bad Tölz – Wolfratshausen und die jüngste: das Stadtrecht erhielt sie 1979.

Von Geretsried flußabwärts befinden sich mit der Pupplinger Au und der Ascholdinginger Au bei Wolfratshausen große Naturschutzgebiete rechts und links der Isar. 1806 schlug v. RIEDL (S. 24) noch vor, daß die Auen „für den Wasserbau unendgeltlich ohne Forsttaxe für immer angewiesen bleiben“ um Material für den Buhnen- und Faschinenbau gewinnen zu können. Er kritisiert im weiteren, daß zu viele Auwälder verkauft oder zur Kultur verteilt werden. Nachdem durch die Isarkorrektur, die im Bereich der Marienbrücke schon 1854 begonnen wurde, der Grundwasserspiegel gesunken war und somit eine der letzten nahezu unberührten Wildflußlandschaften endgültig zerstört zu werden drohte, wurden die Naturschutzgebiete ganz bewußt eingerichtet um die bis zu 2 km breiten Auwälder entlang der Isar zu erhalten. Allerdings ist dies wegen verschiedener Regulierungsmaßnahmen bei Puppling („Pupplinger Regelung“), den ausbleibenden Hochwässern und der damit verbundenen verminderten Transportkraft der Isar seit der Ausleitung Richtung Walchensee und spätestens seit dem Bau des Sylvensteinspeichers nicht gelungen. Die

Isar hat einfach nicht mehr die nötige Kraft und zu wenig Geröllfracht um neue Seitenarme zu schaffen, fließt in einem Hauptgerinne ohne große Verzweigungen und tieft sich dort langsam ein. Dies wird durch den Loisach-Isar-Kanal, der das in den Walchensee übergeleitete Isarwasser bringt und kurz vor Puppling in die Isar mündet, vor allem im Mündungsbereich des Kanals noch verstärkt, da das schwache Geschiebeangebot den Überschuß an Transportvermögen nicht ausgleichen kann. (SCHEURMANN, 1998a, S. 25 und SPEER, 1999, S. 63f). Früher erreichten 80.000 m³ Kies pro Jahr München, heute sind es – aufgrund der zahlreichen Wehre und Ausleitungen nur noch 6.000 m³ (MAGERL, 1999, S. 81). Die großen Kiesflächen sind zugewachsen; dort wachsen jetzt vor allem Schneeheidekulturen, die teils schon Kiefernwäldern weichen. Große Gebiete sind dicht mit Pfeifengras bestanden, dazwischen sind überall Orchideen zu finden. Die wenigen übrig gebliebenen Inseln werden im Sommer von Ausflüglern genutzt, was den gefährdeten Kiesbrütern und Pionierpflanzen die letzten Refugien nimmt. Es wurde durch Mitarbeiter des Wasserwirtschaftsamtes versucht, diese Lebensräume wieder ihrem Ursprung näher zu bringen, indem der Bewuchs der Kiesbänke großflächig abgeräumt wurde. Dank des Hochwassers 1999 gelang die Remobilisierung der Kiesbänke zumindest vorläufig (SPEER, 1999, S. 64f).

Nach der letzten Eiszeit befand sich im Wolfratshausener Becken der sogenannte Wolfratshausener See, dessen Ausdehnung von der Pupplinger und der Ascholdinger Au bis zum Endmoränenwall bei Schäftlarn angenommen wird. Er existierte, bis die Isar, die nach der Eiszeit ihr voreiszeitliches Flußbett über Schaftlach nach Holzkirchen nicht mehr fand, zum See vorgestoßen war. Diesem Andrang an Wasser konnte der Endmoränenwall nicht lange standhalten und so wurde er durchschnitten. Bis zu 20 m mächtige Seetone unter Wolfratshausen und ein Schwemmkegel bei Buchberg südlich der Stadt weisen auf ihn hin (SCHROEDER-LANZ, 1970a, Karte 127; MANGELSDORF, 1998, S. 11 und SCHEURMANN, 1998a, S. 24).

Am Zusammenfluß von Loisach und Isar liegt Wolfratshausen. Der Ort ist seit dem 13. Jahrhundert befestigt um den Handel zu überwachen, wurde aber erst 1961 zur Stadt erhoben. Einer der Haupterwerbszweige war die Flößerei, sie ging erst in Folge des Eisenbahnanschlusses wieder zurück. 1800 wurde in Wolfratshausen eine neue Brücke in Holzbauweise errichtet, oberhalb dieser wurden Faschinen verbaut, die laut v. RIEDL (1806, S. 26) „*allen Hochgewässern noch immer widerstanden sind*“. Der alte Flößerkanal wurde 1926 beim Bau des Loisach-Isar-Kanals aufgegeben, der seitdem Wolfratshausen vor Hochwasser schützt indem er das Loisachwasser schon vor dem Ort der Isar zuführt, da die stark geschiebeführende Isar bei Hochwasser der wenig geschiebeführenden Loisach den Weg „abschneidet“ und der Rückstau dann Wolfratshausen überschwemmt. Dies ist schon beim Blick in die Karte erkennbar: die stärkere Isar drängt die Loisach nördlich von Wolfratshausen direkt an den Prallhang bei Schlederloh (SCHROEDER-LANZ, 1970a,

Karte 110).

2.5 Wolfratshausen – München

Südlich von München hat sich die Isar tief in den Endmoränenbereich des Isar-Loisach-Vorlandgletschers eingeschnitten und durchfließt ein enges Tal, daß aus steilen und abbruchgefährdeten Hangflanken besteht (Internetseite WWA LANDSHUT).

Zum Anfang des 19. Jahrhunderts änderte die Isar in diesem Bereich ständig ihren Lauf auf einer Breite von 2000 Schuh, was 584 m entspricht (v. RIEDL 1806, S. 26). Bei Hochwasser stand das Gebiet in der gesamten Breite unter Wasser, jedes Hochwasser brachte neue Geröllmengen, so daß v. Riedl „*die für ihren Lauf angemessene Bettiefe*“ (1806, S. 28) vermißt. Er regt im Folgenden an, daß die Isar nur durch den Bau von Dämmen zur dringend nötigen Eintiefung gezwungen werden könne.

Das Kloster in Schäflarn wurde 1803 im Zuge der Säkularisation aufgelöst, in der Folge verfiel die dortige Isarbrücke, v. RIEDL (1806, S. 26) merkt an, daß sie nicht mehr bestünde. Es darf aber angenommen werden, daß spätestens mit der Wiedergründung des Klosters durch Ludwig I. 1866 wieder eine Brücke vorhanden war.

Der Michaelstein und der heute als eine der Hauptattraktionen einer Isarfloßfahrt nicht mehr wegzudenkende Georgenstein waren wie auch der Abschnitt bei Grünwald für die Floßfahrt am gefährlichsten. Es wurden ständig neue Abweiser errichtet um zu verhindern, daß die Floßfahrer verunglücken. Diese Hindernisse sollten ursprünglich gesprengt werden, dies wurde aber unterlassen, da „*diese Felsen sich mit den anliegenden Bergen verbinden*“ (v. RIEDL 1806, S. 32).

Ab 1854 begann die Regulierung des Abschnittes Wolfratshausen – München. Der weit stärkere Eingriff ist aber der Isarwerkkanal, der ab 1889 in Angriff genommen wurde (vgl. Karte 3 im Anhang): direkt nach dem Zusammenfluß von Loisach und Isar wird die Isar bei Icking erstmals geteilt: der Isarwerkkanal dient laut SCHRÖDER-LANZ (1970b, Karte 127) der Geschiebeschubsteuerung und der Trinkwassergewinnung für München, was aber sicherlich nicht die einzige Bauursache war. Leider geht SCHRÖDER-LANZ im weiteren nicht darauf ein, wie diese Geschiebeschubsteuerung genau funktionieren soll. Sicher ist jedenfalls, daß vor jedem Wehr regelmäßig das Geschiebe herausgebaggert werden muß und unterhalb eines jeden Wehres Erosion und Eintiefung vorherrschen. Hauptargument für den Isarwerkkanal dürfte hingegen die Energiegewinnung sein. Nach dem Wehr bei Icking (Fkm 173,3) verläuft der Kanal rechts des ursprünglichen Flußbettes zum Kraftwerk Mühlthal (Fkm 167,0); danach wird das Wasser für 3 km zur Isar zu-

rückgeführt, bevor bei Buchenhain (Fkm 162,4) erneut das Wasser diesmal linksseitig in eine Kraftwerkskette geleitet wird, die aus den Kraftwerken Höllriegelskreuth (Fkm 162,4), Pullach (Fkm 158,7) und den Isarwerken I -III (Fkm 157,6; 154,0 und 150,0) besteht. Für die drei letzten wird vor der Großhesseloher Brücke mittels einer Wehres, welches ab 1907 gebaut wurde, nochmals Wasser aus der Isar in den Kanal überführt (SCHEURMANN, 1998a, S. 24ff).

2.6 München

In München geht das enge Isartal in die Weite der anschließenden Schotterebene über. Im Gegensatz zu den anderen Alpenvorlandflüssen weist die Isar keine längsseitigen pleistozänen Terrassentreppen auf; stattdessen befindet sich nördlich der Endmoränen eine große, geneigte Schotterfläche. Diese besteht aus Würmschottern, die die Schotter älterer Eiszeiten überdecken. Die heutige Isar hat sich in diese Schotter stark eingetieft (SEMMELE, 1984, S. 148).

München verdankt seine Existenz der Isar. Heinrich der Löwe ließ 1158 die Isarbrücke der Freisinger in Föhring zerstören um auf seinem Gebiet – beim heutigen Deutschen Museum – eine neue errichten zu können. Dies war die Geburtsstunde Münchens, da von nun an die Salzstraße hier die Isar überquerte.

In München befand sich schon früh ein ausgeklügeltes Wasserleitungssystem, das die dortigen Handwerker mit Wasserkraft versorgte. Die Ableitungen waren so angelegt, daß auch bei Hochwasser die Wasserstände in diesen gleich blieben. Es gibt im ganzen drei Überfälle, aus denen jeweils ein Mühlbach gespeist wird. Sie bestehen *„damit bey Hochgewässern das zu viele Wasser über sie hinabfalle, bey mittlerem Wasserstande aber der Fluß mehr beysammen gehalten werde“* (V. RIEDL 1806, S. 48). Daneben gibt es für die Holztrift noch einen Abrechen, der so konstruiert ist, daß ihn die Flößer passieren können. V. RIEDL (1806, S. 38ff), der diese Anlagen recht eingehend beschreibt, warnt vor Änderungen an diesem System, da die Folgen für München nicht absehbar wären; allerdings warnt er auch vor den Folgen der Überfälle, einiger Grundbäume und des Abrechens, da sich durch sie die Isar immer weiter erhöht und so die Gefahr steigt, daß die Au häufiger überschwemmt wird. Er schlägt daher vor, den schon öfter an Geldmangel gescheiterten Bau von Dämmen voranzutreiben, damit die Isar gezwungen wird sich einzutiefen.

1888 (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE, S. 159) ist die Rede vom Auer Senkbaum, einem Grundwehr, daß den Mühlbach in der Vorstadt Au und damit 54 Wasserwerke versorgt und von den Alten- oder Thalkirchner Überfällen, die aus drei Wehrbauten bestehen. Von hier wird das Wasser für

insgesamt 77 Wasserwerke abgezweigt, die an den verschiedenen Stadtbächen liegen. 1907 sind laut KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE (1907, S. 255) noch 16 gewerbliche Anlagen an den Mühlbach angeschlossen, 73 an die Stadtbäche.

Schon 1789 wurde damit begonnen, den Englischen Garten vor der Isar zu schützen. Der gerade Damm wurde durch die zu starke Einengung der Isar sehr bald von zwei Hochwässern überstiegen, so daß umfangreiche Änderungen nötig wurden (v. RIEDL 1806, S. 64). Hier lernte man schon früh, daß für einen wirkungsvollen Hochwasserschutz richtig konstruierte Bauwerke nötig sind.

Als 1792 die Stadtmauern aufgelassen wurden, wuchs München schnell über die alten Grenzen hinaus, die Bebauung machte dabei nicht vor den Überschwemmungsflächen der Isar halt. Deshalb gab König Max I. Joseph 1806 den Auftrag, den Verlauf der Isar durch München zu regulieren um den immer wiederkehrenden Hochwassern Herr zu werden und Land zu gewinnen. Darüber hinaus wurden die Maßnahmen nach Ansicht des Königlichen Generaldirektors des gesamten bayerischen Wasser-, Brücken- und Straßenbauwesens C. F. Wiebeking auch aus ästhetischer Sicht vorangetrieben: „*Diesen nachteiligen Lauf des Flusses, welcher in der Nähe der Hauptstadt dem Auge unabsehbare Kiesflächen darbot, die mit der ästhetischen Anlage des Englischen Gartens contrastirten, [...] konnte eine Regierung, die in ihren öffentlichen Acten die Verbesserung der Flüsse dem Land versprochen hatte, unmöglich der Residenz so nahe, länger dulden.*“ (WIEBEKING, 1811 und SCHEURMANN, 1998a, S. 26ff). Die Arbeiten begannen 1806 und gingen zunächst bis 1812. Aber auch in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde immer wieder in den Isarlauf eingegriffen. 1888 wird der gesamte Verlauf der Isar durch München als korrigiert bezeichnet (Kgl. Oberste Baubehörde, S. 172). Ebenda findet sich auch eine detaillierte Schilderung sämtlicher Bauwerke an der Isar in München die um 1888 bestanden.



Abb. 4: Panoramabild der Kohleninsel um 1890.

Quelle: <http://www.deutsches-museum.de/uploads/pics/inselpanorama.jpg>

Die schrittweise verstärkte Einengung des Flußbettes hatte das Ziel, die Eintiefung zu provozieren, was auch gelang. Zwei große Vorteile dieser Eintiefung führt die KÖNIGLICHE OBERSTE BAUBEHÖRDE (1888, S. 185) aus: Die Wasserkräfte sind bedeutend vergrößert worden und die

„nunmehr im Bau befindliche“ Kanalisation der Stadt ist durch die Absenkung des Flusses sehr viel einfacher. Darüber hinaus sind nicht nur die Vorstadt Au, sondern auch der Englische Garten vor Überschwemmung sicher.

Die „Große Isar“ führt seit dem Bau des Muffatwehres in den Jahren 1862-65 als Kanal geradlinig links an der Kohlen- oder Kalk-, heute Museumsinsel und der Praterinsel vorbei, die „Kleine Isar“ naturnah als Hochwasserentlastungsstrecke der Großen Isar im Bogen rechts herum; unterhalb der Maximiliansbrücke vereinen sich die Große und die Kleine Isar wieder (vgl. Karte 4 im Anhang). Das Muffatwehr zwischen der Reichenbachbrücke und der Corneliusbrücke wurde 1902/04 erneuert; 1934/35 kam eine regulierbare Ausleitung hinzu, damit die Kleine Isar bei Niedrigwasser nicht trocken fällt. 1885 wurde die alte Holzkonstruktion zwischen Kohlen- und Praterinsel ersetzt, es entstand das Wehr VI, das eine weitere Überleitung von der großen zur kleinen Isar darstellt (SCHEURMANN, 1998a, S. 26ff). Die Kohleninsel (vgl. Abb. 4), auf der ab 1906 das Deutsche Museum errichtet wurde, war bis dahin der „Hafen“ – genannt Floßlande – Münchens und der größte Flößerhafen Europas. Nicht nur das Muffatwehr, sondern auch noch zahlreiche weitere Anlagen in der Großen Isar regelten den Wasserstand für die Floßlande an der Kohleninsel. (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE, 1888, S. 159) Die Flößerei, die ihren Höhepunkt um 1870 erreichte, nutzte die Kohleninsel intensiv; hier wurde Kohle und Holz umgeschlagen und gelagert, aber auch Personenverkehr in Form von „Ordinariiflößen“ fand bis nach Wien statt (Internetseite DEUTSCHES MUSEUM). Trotz der Konkurrenz durch die Eisenbahn legten jährlich bis zu 12.000 Flöße an. Die Fahrzeit von Mittenwald bis München betrug 13 Stunden, von München bis zur Donau 20 ½ Stunden (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE 1888, S. 156). Erst als die Insel am Ende des 19. Jahrhunderts in die Stadtplanung einbezogen wurde, wurde die Floßlande nach Thalkirchen verlegt, wo heute noch die Gaudifloßfahrten von Wolfratshausen kommend enden. In München kam es bei Hochwasser immer wieder zu großen Katastrophen: 1813, am 13. September, stürzte bei einem Hochwasser die mit Schaulustigen bestandene Ludwigsbrücke ein. Etwa 100 fanden dabei den Tod (ERHARD, 2008). Auch das Hochwasser von 1899 (vgl. 5.3.3) hinterließ große Schäden.

Das älteste Bauwerk in der Münchner Isar ist das Praterwehr in der Großen Isar. Es wurde 1815 errichtet, um einerseits den Wasserstand an der Floßlande zu beeinflussen aber auch um den Flößern eine gefahrlose Weiterfahrt in die tiefer liegenden Unterwasser zu ermöglichen. Auf die hölzerne Floßrampe wurde aber Anfang der 1970er Jahre beim Neubau des Wehres verzichtet, da sie durch das herabschießende Wasser für die Uferbefestigung gefährliche Kolke auslöst (SCHEURMANN, 1998a, S. 27).

Um die 1864 errichtete und bis heute bestehende Maximiliansbrücke über die Kleine Isar vor

den Folgen der Flußsohlenkorrektur zu sichern, wurde 1873-74 ein Grundwehr errichtet (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE 1888, S. 159). Dessen Fallhöhe wurde ab 1895 für die Verlängerung des Auer Mühlbachs genutzt: kurz vor seiner Rückleitung in die Isar wurde das Maxwerk errichtet, eines der ältesten noch im Betrieb befindlichen Kraftwerke Bayerns (vgl. Abb. 40).

Auf die zahlreichen Münchner Stadtbäche und die anliegenden Industrien wird hier nicht näher eingegangen, näheres darüber und weitere Quellen finden sich bei v. RIEDL, 1806, S. 38ff; KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE 1888, S. 159f; KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE 1907, S. 255ff und SCHEURMANN, 1998a, S. 27f.

2.7 München – Landshut

1806 beschreibt v. RIEDL (S. 60) die Isar zwischen München und Freising als weit ausgedehnten Fluß, der sich seinen Lauf durch die aufgetürmten Kieslagen sucht. Auch nördlich von München sind schon früh, wenn auch eher auf örtliche Bedürfnisse zugeschnitten, Laufkorrekturen nach den Wiebekingschen Prinzipien vorgenommen worden, also bewußte Einengung um eine Eintiefung zu provozieren. Dies erfolgte durch den Bau von Buhnen die senkrecht bis zur Normallinie vorgetrieben wurden. Von 1847 bis 1861 wurde so versucht, den Fluß zu korrigieren, wobei die Holzbauweise der Faschinen nicht sehr beständig war. Ab 1858, die Maximilianbrücke wurde gerade gebaut, wurde der Fluß von seiner ursprünglich korrigierten Breite von 73 m auf 44 m weiter eingengt, da er bei niedrigem Wasserstand zu stark schlängelte (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE, 1888, S. 172).

Der erste planmäßige Ausbau der Isar nördlich von München begann 1862 und wurde bis 1878 zwischen Bogenhausen und Unterföhring fertiggestellt. Schon nach ein bis zwei Jahren hatte sich die Isar dort soweit eingetieft, daß die Baukronen nicht mehr überströmt wurden (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE, 1888, S. 173). Der Lauf wurde in gerader Linie geführt, was bald zu Problemen führen sollte. Schon 1880 wurden durch die rasche Eintiefung auf diesem Flußabschnitt die gerade erst fertiggestellten Bauten unterspült. Durch Abflußmessungen und die Tatsache, daß sich sogar bei niedrigem Wasserstand der Fluß eintiefte, wurde eine nötige Flußbreite von 60 m ermittelt. Es wurden also die Korrekturen beidseitig um mehrere Meter zurückgenommen, auch Krümmungen wurden nun eingeplant (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE, 1888, S. 170ff, SCHEURMANN, 1998a, S. 29f und MAGERL, 1999, S. 79ff). Durch die anfänglichen Fehler wurde viel Lehrgeld bezahlt. Die Konsequenzen der Korrekturen mußten schon recht zeitnah getragen werden und es mußten Wege gesucht werden, um die neuen Probleme zu bewältigen.

Auch die abgeänderten Korrekturen konnten die Folgen nicht aufhalten. Schon durch die Wiebekingschen Maßnahmen war die alluviale Deckschicht erodiert worden. Der Flinz im Untergrund hat keine Widerständigkeit gegen die Strömung und der Geschiebetransport war durch die zahlreichen Wehre zu gering, um die Deckschicht zu erneuern. Deshalb mußten ab 1888 Grundschnellen errichtet werden. Das Hochwasser von 1899 brachte zwar einiges an Schotter, trotzdem entstanden in den Folgejahren 56 Grundschnellen bis hinunter nach Achering (SCHEURMANN, 1998a, S. 30).

Ab 1880 begannen die Arbeiten zwischen Unterföhring und Grüneck. Die Breite der Isar wurde auf 63,5 m festgesetzt und die gleiche Bauweise wie bei Unterföhring angewendet.

Ab Freising verläßt die Isar die Oberbayerische Schotterebene und beginnt das Niederbayerische Hügelland zu durchfließen, zudem wendet die sich von der Nordrichtung weg mehr nach Osten. Warum ist nach MANGELSDORF (1998) noch nicht abschließend geklärt. Sicher ist, daß der Bereich ab Freising den ältesten Teil der Isar darstellt, er wird schon mindestens seit der Reißvereisung genutzt.

Auch Freising selbst ist die älteste Stadt an der Isar und in Oberbayern. Sie wurde von den Agilolfingern, dem ersten bayerischen Herrscherhaus, gegründet. Ab 715 war Freising bereits Residenz der Agilolfinger; 739 wird Freising Bischofsstadt. Der Bischof von Freising regierte in den folgenden Jahrhunderten nicht nur über die Stadt am Fuße des Domberges, sondern auch über weitere Ländereien, zu denen auch Mittenwald und Garmisch gehörten. 1158 wurde, wie unter 2.6 schon erwähnt, die Brücke über die Isar gewaltsam nach München verlegt, was die Entwicklung Freisings nachhaltig beeinflusste. Allerdings konnte der Bischof bis zur Säkularisation seine Eigenständigkeit bewahren; erst 1802/03 kam Freising zu Bayern, was einer Katastrophe gleichkam, da nun nicht nur viele Kulturgüter nach München transportiert wurden, sondern schließlich auch der Bischof gen München zog. Im Laufe des 18. Jahrhunderts setzte auch in Freising die Industrialisierung ein: Eisenbahn, Brauereimaschinenfabrik und Motorenwerke wurden angesiedelt (GÖTZ, 1999, S. 166ff). Heute ist Freising zudem ein Außenstandort der TU München, Heimat der FH Weihenstephan und vieler weiterer Forschungsinstitute. Zudem befindet sich auf dem Weihenstephaner Berg seit 1040 die älteste Brauerei der Welt.

Um Freising lagerten sich Kiese der Abtragungsgebiete flußaufwärts wieder ab, so daß die Hochwassergefahr stieg. Also mußte auch hier zwischen Grüneck und Oberhummel von 1880-1914 reguliert werden. Der Kies aus dem Fluß wurde für Hochwasserdämme verwendet. Da die Kiesvorräte im Flußbett ab 1930 aufgebraucht waren, hat die Isar auch hier Eintiefungstendenzen (SCHEURMANN, 1998a, S. 30). In Richtung Moosburg wurde ab 1893 ausgebaut, ältere Hochwasserschutzbauten wurden mit einbezogen und ergänzt. 1920 war der Ausbau bis zur Bezirksgrenze

zu Niederbayern abgeschlossen (SCHEURMANN, 1998a, S. 30).

Von Hofham bis Landshut erfolgte der Ausbau von 1852 bis 1875, die Lücke zwischen der Bezirksgrenze und Hofham wurde 1890 geschlossen. Seitdem hat die Isar die wichtigsten Kriterien eines wild fließenden Flusses verloren: die Breite wurde erheblich eingeschränkt, Kiesinseln sind eine Seltenheit und Altwässer in den Auen kaum noch auszumachen. 1888 ist der Lauf der Isar in Niederbayern noch weitestgehend als unkorrigiert zu bezeichnen, die KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE (S. 170) spricht von 1 km Breite und mehreren sich ständig ändernden zerstreuten Rinnen die die Isar durchfließt. Immerhin ist heute der Auwaldgürtel von München bis Landshut mit 100 bis 1.500 m Breite zum größten Teil noch erhalten (MAGERL, 1999, S. 81). Das ursprüngliche Isarbett ist nach der Ausleitung des Mittleren Isarkanal (vgl. folgendes Kapitel 2.8) ziemlich wasserarm, dazu kommen die Klärwässer der anliegenden Gemeinden, so auch die der Stadt Freising, was Badeverbote bis Landshut zur Folge hat. SCHEURMANN (1998a, S. 31) meint zum Abschnitt München – Landshut abschließend: *„Wegen des Mißverhältnisses zwischen Profilbreite und Restabfluß hat sich im Flußbett bis zur Gegenwart eine Art Sekundärgerinne mit meistens scharfen Krümmungen und unruhiger Laufentwicklung gebildet.“*

2.8 Der Mittlere Isarkanal

Schon v. RIEDL (1806, S. 98) schlägt einen Isarkanal vor, der nördlich von München beginnen und durch das Moos bis zu Donau geführt werden soll um Landshut hochwasserfrei zu bekommen. Er sah darüber hinaus den Bau von Schleusen vor, damit die Isar auch flussauf schiffbar werde.

1919 beschloß der Bayerische Landtag den Bau des Mittleren Isarkanal. Dieser führt von Oberföhring, wo die Isar in einen Seitenkanal geleitet wird, über 54 km bis zum Uppenbergkraftwerk. Auf diese Weise werden 90 m Gefälle ausgenutzt. Die Baustelle des Kanals war nach dem 1. Weltkrieg Arbeitgeber für bis zu 8.000 Arbeiter und eines der bedeutendsten und wirtschaftlich erfolgreichsten Ingenieurbauwerke Bayerns. Heute stehen eher die für die Umwelt negativen Aspekte im Vordergrund, da durch diesen Kanal das gesamte Flußregime nördlich von München nachhaltig verändert wurde (HAAS, 1999, S. 44).

Der Mittlere Isarkanal biegt nördlich Unterföhring nach Osten ab, entlang des Speichersees und der Fischzuchtanlagen nordöstlich einlenkend am Rand des Erdinger Moores entlang. Im ersten Bauabschnitt (1920-25) wurden die Kraftwerke Finsing (Fkm unbekannt), Aufkirchen (Fkm 113,7) und Eitting (Fkm 107,0) errichtet, im Zweiten (1926-29) das Kraftwerk Pfrombach (Fkm

94,5). Zwischen den beiden Bauphasen wurde das Wasser des Kanals provisorisch über den sogenannten Semptflutkanal zurück in die Isar geleitet, was vier Jahre lang im Mündungsbereich dieses Kanals für erheblichen Abtrag der aluvialen Sohle sorgte, (vgl. Problematik des Loisach-Isar-Kanals in Kapitel 2.5) und das Geschiebe stromabwärts vor das alte Uppenbornkraftwerk verfrachtete (SCHEURMANN, 1998a, S. 28ff und MAGERL, 1999, S. 79ff). Alle oben erwähnten Kraftwerke am Mittleren Isarkanal gehören heute zum Energiedienstleister E.ON.

Vom Kraftwerk Pfrombach verläuft der Kanal wieder in nördlicher Richtung zurück zur Isar, wo er ab dem Kraftwerk Uppenborn 1 (Fkm 87,8) wieder parallel zum ursprünglichen Flußbett verläuft. Die Uppenborn-Kraftwerke haben eine lange Geschichte, die mit dem bereits 1906-08 gebauten ersten Kraftwerk beginnt. In der Veröffentlichung der KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE (1907, S. 259) wird dieses näher beschrieben. Die



Abb. 5: Dambruch des Mittleren Isarkanals am 12.7.1931.

Quelle: http://www.alt-moosburg.de/industrie_index.htm

Isarschlaufe mit der Ampermündung nordöstlich Moosburg (vgl. Karte 5 im Anhang) wurde abgeschnitten. Es kam bald zu starken Auflandungen von Kies oberhalb und starken Eintiefungen unterhalb des Kraftwerks. Durch den geschiebefreien Zustrom in die Isar wurde dort die Flußsohle rückschreitend bis über die Ampermündung hinaus so stark erodiert, daß diese 1917 durch ein Wehr gestützt werden mußte (SCHEURMANN, 1998a, S. 29ff und MAGERL, 1999, S. 79ff). Nach dem ersten Weltkrieg wurde südlich Moosburg ein Kanal von der Amper zur Isar gebaut, der zusätzlich das Amperwasser für die Stromerzeugung in der abgeschnittenen Isarschlaufe des Uppenborn-Kraftwerkes nutzbar machen sollte (vgl. Karte 5 im Anhang). Moosburg liegt dadurch gewissermaßen als Insel zwischen Isar und Amper. Nach der Fertigstellung des Mittleren Isarkanals und der Anlage zweier Speicherseen wurde 2 km nördlich ein neues Kraftwerk namens Uppenborn 1 errichtet. Mit seiner Inbetriebnahme am 1.12.1930 wurde das alte Kraftwerk stillgelegt, da nicht genügend Wasser für beide vorhanden war. Seitdem hat sich das Geschiebeproblem wieder normalisiert, da das geschiebefreie Wasser im Mittleren Isarkanal verbleibt. 1949-51 wurde einige Kilometer weiter, kurz vor der Zurückführung des Mittleren Isarkanals in die Isar, das

Kraftwerk Uppenborn 2 (Fkm 78,3) erstellt (Internetseite der STADTWERKE MÜNCHEN).

Daß es damals immer wieder zu Fehlern bei der Ausführung und dadurch zu Zwischenfällen kam, beweisen alte Fotografien vom Dammbruch des Mittleren Isarkanals am 12.7.1931. Bei Langenpreising hielt der aufgeschüttete Damm den Wassermassen nicht mehr stand, das Wasser strömte drei Stunden Richtung Wartenberg und Langenpreising, bis die Schleuse in Berglern geschlossen werden konnte (vgl. Abb. 5 und Internetseite ALT MOOSBURG).

2.9 Das Erdinger Moos

Im Norden Münchens befinden sich rechts und links der Isar das Erdinger und das Dachauer Moos. Ihre Entstehung ist geologischen Ursprungs: unter der gesamten leicht nach Norden geneigten Münchner Schotterebene befindet sich ebenfalls nach Norden geneigter, wasserundurchlässiger Flinz, der aus glimmerartigen, schluffigen Feinsanden besteht. Da der Schotter nach Norden aufgrund der größeren Entfernung zu den Alpen immer weniger dick gelagert ist, tritt das im Schotter nach Norden fließende Grundwasser im Bereich der Moose großflächig zutage und bildet so die Niedermoorflächen. Schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts stellte v. RIEDL (1806, S. 106) fest, daß die Trockenlegung des Moores leicht auszuführen sei indem Entwässerungskanäle zur Isar hin gezogen werden müßten. Im letzten Jahrhundert wurden zahlreiche Versuche unternommen, die Moosflächen landwirtschaftlich nutzbar zu machen. Es wurden Torfstiche und Abflußgräben angelegt und Kunstdünger eingesetzt; zusätzlich sank der Grundwasserspiegel aufgrund der Eintiefung der Isar nach ihrer Regulierung und des Baus des Mittleren-Isar-Kanals um einige Meter. Deshalb können heute im Erdinger wie auch im Dachauer Moos nicht nur Viehhaltung, sondern auch Ackerbau und Spezialkulturen betrieben werden (RUPPERT, 1970, Karte 117). Nicht zuletzt steht der gesamte Münchner Flughafen heute mitten im ehemaligen Moos von Erding.

Die Isar selbst durchfließt diese Moose eingerahmt von Auwäldern und Deichen. Daran anschließend befinden sich spätglaziale Terrassenschotter. Daß die Isar keine allzu große erosive Wirkung hat, beweist das nahezu völlige Fehlen von Querbauwerken trotz der Eindeichung (RUPPERT, 1970, Karte 117).

2.10 Landshut

Auch die Stadt Landshut kann sich wie München auf die Entstehung nach einer Streiterei beru-

fen. Der Regensburger Bischof überwachte mittels der Straßburg den Flußübergang. 1203 gelang es dem Wittelsbacher Ludwig die Burg und die Brücke zu zerstören. Schon ein Jahr später entschied er sich dafür, eine Burg nebst einer Stadt etwas weiter flußaufwärts zu gründen. So entstand die erste Stadt der Wittelsbacher, die so angelegt wurde, daß sie vor Hochwasser geschützt auf Terrassen und Schwemmkegeln rechts der Isar liegt (MEYER, 1970, Karte 89). Daß dies allerdings doch nicht so einfach war, schildert STÖTTNER (1999, S. 176f) recht eindrucksvoll. Demnach ist der gesamte Schwemmlanduntergrund wenig stabil. Viele Gebäude stehen auf Holzpfehlern, die in den Untergrund gerammt wurden. Der Kirchturm der Landshuter Martinskirche stand zum Beispiel jahrhundertlang auf über 5.000 Tannenpfählen.

Früher füllte die Isar bei Hochwasser das ganze 3,5 bis 4 km breite Tal aus und verlagerte häufig ihren Lauf. Im Stadtgebiet selbst wurde

hingegen schon sehr früh mit der Regulierung begonnen. So ist 1388 das erste Mal von einem Wehr die Rede, das einen Höhenunterschied zwischen beiden Isararmen zum Betreiben von Mühlen herstellte. Die nördliche Kleine und die südliche Große Isar bestanden damals schon, sie werden heute



Abb. 6: Landshut beim Hochwasser im September 1899.
Quelle: STÖTTNER, 1999, S. 117.

vom Ludwigswehr, das als Streichwehr ausgeführt ist (Kleine Isar, Fkm 75,0) und dem Maxwehr, einem Stauwehr (Große Isar, Fkm 74,3), geregelt (vgl. Karte 6 im Anhang). Nach 3,5 km vereinigen sich die beiden Isararme wieder. Das erste Wehr mit dem Namen Maxwehr wurde ab 1810 gebaut, es hieß nach dem damaligen Bayerischen König, da er es finanzierte. Die Laufkorrektur wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Angriff genommen. Da die tief liegenden Stadtteile immer wieder von starkem Hochwasser heimgesucht wurde (vgl. Abb. 6), wurde schon im 19. Jahrhundert versucht, mittels Deichanlagen die Lage zu beherrschen, was aber erst nach 1880 mit dem Bau zweier Flutmulden nördlich und südlich des damals neuen Hauptbahnhofs einigermaßen gelang. Erst nach dem 2. Weltkrieg – es mußten das zerstörte Ludwigswehr, das die kleine Isar reguliert und auch die Stromversorgung wiederhergestellt werden – gelang es, im Zuge dieser Arbeiten eine in den 1950er Jahren auf Höhe des Kraftwerks Uppenborn zwei groß angelegte, 400 m³/s fassende Flutmulde zu bauen, die Landshut nordwestlich und südlich des Hauptbahnhofes umgeht und dann in die Kleine Isar mündet (vgl. Karte 6 im Anhang). Insgesamt können so durch Landshut 1.300 m³/s schadlos abgeführt werden (MEYER, 1970, Karte 89 und STÖTTNER, 1999, S. 176f).

Durch die Regulierung der Isar sank auch hier der Grundwasserspiegel um 1 bis 3 Meter. Dadurch wurde es möglich, Moore und Altwasserarme in landwirtschaftliche Gebiete umzuwandeln. Auch die ungefährdete Vergrößerung der Stadt im Isartal ist dadurch erst möglich geworden (MEYER, 1970, Karte 89). Allerdings gibt es, wie so oft, auch eine negative Seite: der absinkende Grundwasserspiegel legte die Pfähle, auf denen zahlreiche Landshuter Gebäude im Mittelalter errichtet worden waren, trocken und sie begannen zu faulen. Aufwändige Betonunterbauungen stellten beispielsweise auch die großen Kirchen in den letzten Jahren wieder auf feste Fundamente (STÖTTNER, 1999, S. 176f).

2.11 Der Unterlauf der Isar: Landshut – Plattling und die Mündung in die Donau

Auffällig ist, daß sich die Isar ab Landshut bis kurz vor die Mündung in die Donau immer an die rechte Talflanke hält. Dies läßt sich nicht etwa mit dem Baerschen Gesetz⁵⁾ erklären, sondern geht auf eine Hebung im Untergrund zurück, bei der die Molasse nach Südosten gekippt wird. Deshalb weicht auch die Isar in ihrem Tal nach Südosten aus (SCHEURMANN, 1998a, S. 32). Das linke Ufer ist überwiegend flach und teilweise sumpfig (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE 1888, S. 149); dieser Umstand wurde aber durch die Eintiefung der Isar in Folge der Korrekturen und Trockenlegungsmaßnahmen häufig geändert.

Drei Städte liegen am Unterlauf der Isar: Dingolfing, Landau und Plattling. Die Geschichte Dingolfings geht bis ins 8. Jahrhundert zurück. Die Stadtgründung erfolgte 1251 durch die Wittelsbacher. Nachdem Dingolfing von den Österreichern 1743 abgebrannt wurde, versank die Stadt in Schulden, die Bürger verarmten zusehends. Nach dem Tiefpunkt um 1816 ging es durch die Industrialisierung wieder bergauf. 1905 entstanden schließlich die Glaswerke. 1923 löst die erste Betonbrücke die alte Holzbrücke über die Isar ab, die dann 1945 samt dem Pegel gesprengt wurde (vgl. 3.3.7). Nach dem 2. Weltkrieg wurden in den Glaswerken Goggo-Motorroller gebaut, 1967 gingen die Werke in den Besitz von BMW über, die heute noch der Hauptarbeitgeber in der Region sind (MARKMILLER, 1999, S. 180ff).

Landau geht wie Landshut auf den Wittelsbacher Ludwig zurück, der die Stadt 1224 gründete. Landau lag verkehrsgünstig am Isarübergang einer der Bernsteinstraßen, die Nordeuropa mit dem Mittelmeerraum verbanden. Dazu kam natürlich noch die Floßfahrt isar- und donauabwärts.

5 Nach K. Baer ist das rechte Ufer vieler Ströme der Nordhalbkugel steiler aufgrund der durch die Rotation der Erde entstehenden Corioliskraft. Das Gefälle der Isar ist aber zu groß, so daß die abwärts gerichtete Schwerkraft stark überwiegt.

1850 wurde die letzte Holzbrücke über die Isar geschlagen, die 1907 durch eine Eisenkonstruktion ersetzt wurde. Die zum Hochwasserschutz Landaus ausgeführten Deiche wurden 1911 vollendet; 1940 beim Hochwasser brach der Deich bei Harburg, was zu großflächigen Überschwemmungen führte. Die beiden Landauer Brücken wurden 1945 von der SS gesprengt, die die Stadt verteidigen wollte (Internetseite LANDAU A. D. ISAR).

Plattling ist eine uralte Siedlungsstelle, schon die Römer befestigten hier den Isarübergang um die Nordgrenze des Reiches entlang der Donau verteidigen zu können. Die Plattlinger wurden 1379 aufgrund immer wiederkehrender Überschwemmungen durch einen sich verlagernden Isararm gezwungen, ihre Siedlung zu verlegen. 1317 erhielt Plattling das Marktrecht, 1888 wird durch Prinz Luitpold das Stadtrecht verliehen. Diesen Aufstieg verdankt Plattling der Eisenbahn und seiner Funktion als größter Kreuzungspunkt Niederbayerns (Internetseite der STADT PLATTLING).

Schon vor dem Beginn des Ausbaus im Ober- und Unterlauf der Isar war der Bereich des Unterlaufs von Auflandungen und Akkumulation von Kies geprägt. v. RIEDL nennt 1806 (S. 102ff) eine Flußbreite von 1000 bis 2000 Fuß (292 bis 584 m), „in ausgebreiteten Aermen und weitumfassenden Krümmungen ... irrt der Lauf aus“, eine Schiffbarmachung der Isar wäre nur durch Korrekturen möglich. WIEBEKING schrieb 1811 ganz allgemein über Bayerns Flüsse: Sie „haben ihre Betten dergestalt erhöht, daß die ihnen nahegelegenen Moräste, wovon große Bezirke ehemals urbares Land waren, jetzt das Wasser nicht los werden können, ohne lange Entwässerungscanäle zu ziehen. Sie laufen wirr dahin und sind in ihrem jetzigen Zustand mehr eine Geisel als eine Wohlthat des Landes.“

Ab Plattling fließt die Isar in großen Bögen in einem weiten Tal der Donau zu, die rechtsseitigen Höhenrücken sind gänzlich verschwunden. Die Einmündung der Isar in die Donau erfolgte nach Angaben von v. RIEDL (1806, S. 110) nahezu senkrecht, was bei Eisstößen und an der Mündung zusammentreffenden Hochwässern zu Rückstauungen führt. Deshalb müsse die Mündung parallel zur Donau gestaltet werden.

Korrekturen nach einem Gesamtplan entstanden oberhalb Landshut unterhalb Dingolfing und Landau in den 1870er Jahren (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE, 1888, S. 176). Durch die höhere Strömungsgeschwindigkeit und den größeren Feststofftransport nach dem Ausbau der Isar vor und in Landshut wurde dort viel Material abgetragen, das im Bereich Landau wieder anlandete. Dies erhöhte das Flußbett der Isar, was zu größerem Überschwemmungsrisiko und generell höheren Wasserspiegeln führte. Deshalb wurde von 1880 bis 1905 der Ausbau der Isar bis zur Mündung fortgesetzt; diese Maßnahme führte zu einem Absinken der Ganglinien sowie des Flußbettes. Allerdings nahm die Eintiefung unterhalb Landshuts bald überhand, so daß bis 1916 bei Albing

(Fkm 70) ein erstes Stützwehr errichtet wurde um die Eintiefung zu bremsen. Bei der Fertigstellung betrug die Fallhöhe des Wassers 2,45 m, 1948, als es in den Rückstau des Altheimer Stausees (s. u.) geriet, waren es schon 4,5 m (HEYNE, 2002, S. 16f und SCHEURMANN, 1998a, S. 33).

Hauptsächlich in den Jahren 1928 bis 1955 wurde im Bereich der Mündung bis hinauf nach Plattling versucht, durch Kiesentnahmen die Überschwemmungsgefahr zu mindern. Nach dem 2. Weltkrieg wurde sogar bis Mamming gebaggert. Der ausgebaggerte Kies fehlt der Isar heute zur Minderung der Transportkraft da – nach dem im folgenden beschriebenen Ausbau – von flußaufwärts kein Geschiebe mehr nachkommt.

Ab 1948 wurden unterhalb Landshuts, bis zur Mündung in die Donau, insgesamt 9 Kraftwerke errichtet, allerdings nicht wie im Ober- und Mittellauf an extra angelegten Seitenkanälen der Isar, sondern es wurde jeweils der ganze Fluß gestaut um die weitere Eintiefung zu verhindern. Das erste ist das Kraftwerk von Altheim, das 1951 fertiggestellt wurde, am Flußkilometer 67,2; ebenso wie das Kraftwerk Niederaichbach (Fkm 60,7) an dessen Stausee ab 1971 die Kernkraftwerke Isar I und II gebaut wurden, sechs Jahre später das Kraftwerk Gummering (Fkm 53,0) und das Kraftwerk Dingolfing (Fkm 46,3), nach dessen Fertigstellung 1957 erst einmal nicht weitergebaut wurde, da der Ölpreis zu niedrig war und die Wasserenergie allein den schnell steigenden Energiebedarf nicht decken konnte (HEYNE, 2002, S. 16f und SCHEURMANN, 1998a, S. 33).

Bei Dingolfing kam es in den folgenden Jahren unterhalb der Staustufe aufgrund des dort gestörten Gleichgewichts zwischen dem Transportvermögen des Wassers und der Widerstandskraft der Sohle zu einem sogenannten Sohldurchschlag. Dies bedeutet, daß durch die starke Strömung unterhalb des Wehres die gesamte alluviale Flußdeckschicht ausgetragen und die unter dem Kies liegenden Mergelschichten aus dem Tertiär (Flinz) freigelegt und in der Folge natürlich leicht abgetragen werden konnten. Der natürliche Geschiebezulauf von oberhalb war durch die Staustufen unterbrochen, so daß sich innerhalb kurzer Zeit – vor allem während des Hochwassers 1965 – ein 19 m tiefer und 10 km langer Kolk bildete, was die Errichtung von weiteren Stützkraftwerken erforderlich machte (MANGELSDORF, 1998, S. 13 und HEYNE, 2002, S. 16f). Diese wurden 1977 bei Gottfrieding (Fkm 41,6), 1985 bei Landau (Fkm 31,8) und 1988 bei Ettling (Fkm 21,0) errichtet. Das letzte – sehr umstrittene – dieser Stützkraftwerke ist bis 1994 bei Pielweichs (Fkm 10,5) in der Nähe von Plattling entstanden (SCHATTENBLICK, 2008). Eigentlich war noch ein zehntes Kraftwerk vorgesehen: Isarmünd. Es wurde allerdings aus Rücksicht auf das Naturreservat im Mündungsbereich der Isar nicht gebaut. Stattdessen wurde 1995 damit begonnen, acht Grundschwelen in diesem Gebiet zu errichten, die neben ihrer Stützfunktion auch die Aufgabe haben, die Hochwässer auf die breiten Vorländer abzulenken.

3 Die historischen Wasserstandsmessungen

Im Folgenden wird auf die Auswahl, Gewinnung, Qualität und Weiterverarbeitung der historischen Pegelbeobachtungen eingegangen. Diese lagern für Bayern zentral im Archiv des LANDESAMTS FÜR UMWELT (LfU) in München in der Lazarettstraße. Die meisten Daten liegen handschriftlich vor, digitalisierte Daten gibt es in der Regel erst ab den 1970er-Jahren. Außerdem werden immer mehr Pegel mikroverfilmt um den Bestand der Daten langfristig zu sichern. Es wäre zwar theoretisch möglich gewesen, den Bestand an Mikrofilmen mit den originalen Beobachtungsblättern abzugleichen und eventuell fehlende Originale durch die Mikrofilmaufzeichnungen zu ergänzen, leider funktioniert im LfU aber das Gerät zum Kopieren der Mikrofilme nicht, weshalb davon abgesehen wurde die vorhandenen Mikrofilme auszuwerten.

3.1 Die Auswahl der Pegel

Im LfU lagern die Wasserstandsdaten sämtlicher Pegel die es in Bayern seit Beginn der Aufzeichnungen 1812 (Günzburg, Donau) gegeben hat oder gibt. Von der Isar sind dort zahlreiche Pegel archiviert (vgl. Abb. 7), die die unterschiedlichsten Laufzeiten aufweisen (vgl. Tabelle 1 im Anhang). Die ungenügend langen Laufzeiten der meisten Pegel schränken



Abb. 7: Das Erste von 4 Regalbrettern Isarwasserstände im Archiv des LfU in München.

Eigene Aufnahme.

die Auswahl von vornherein erheblich ein, so daß letztlich nur die Pegel Dingolfing und Landau den ganzen zu untersuchenden Zeitraum (1825-1955) kontinuierlich in etwa am selben Ort gemessen wurden. Dingolfing wurde von beiden ausgewählt, da die Entfernung zwischen Landau und Plattling wesentlich kürzer ist als zwischen Landshut und Dingolfing. Diese Auswahl sollte sich einige Monate später allerdings als nicht ganz so glücklich erweisen da sich herausstellte,

daß es vom Dingolfinger Pegel erst ab 1953 Abflußwerte Q gibt, von Landau aber mindestens schon ab 1939. Zu diesem späten Zeitpunkt war die Arbeit mit den Wasserständen aber schon zu weit fortgeschritten um noch ohne immensen Zeitverlust auf Landau umzuschwenken.

In Mittenwald bietet eine 10jährige Überschneidung der Pegel Mühlbrücke und Karwendelsteg (1926-36), die Möglichkeit nachzuweisen, daß die Pegel gleichbedeutend sind (vgl. 3.3.1), womit auch dieser ab 1826 bis 1955 vorliegt.

Im Mittellauf der Isar gibt es keinen Pegel, dessen Laufzeit über 100 Jahre beträgt. Grünwald (1826-95), Freising (ab 1895, 1826-94 ist verschollen) und Moosburg (1851-1945) haben noch die längsten Laufzeiten. München kommt als Pegel überhaupt nicht in Frage, da die Isar laut mündlicher Auskunft von Herrn KLEBER-LERCHBAUMER vom LFU bei den von 1840 bis 1908 durchgeführten drei Isarkorrekturen mehrmals in andere Flußbetten gelenkt wurde, Inseln angelegt und Brücken neu gebaut wurden und bestehende Pegel trocken fielen.

Deshalb wurden, um den Mittellauf gewissermaßen „einzukreisen“ die Pegel Bad Tölz und Landshut gewählt. Bad Tölz unterteilt sich in die Pegel Brücke (ab 1895 und wieder ab 1940) und Taubenloch (ab 1923-1940). Da die sporadischen Aufzeichnungen des Brückenpegels über mehrere Jahre fortgeführt werden, ist ein direkter Vergleich der beiden Pegel möglich. In Landshut beginnen die Aufzeichnungen am Maxwehr schon 1826. Die Aufzeichnungen enden 1901, aber Landshut Birket startet bereits 1879, so daß 22 Jahre Überschneidung vorliegen. Daß der Pegel Landshut Maxwehr allerdings mit Vorsicht zu genießen und deshalb eine Fortsetzung durch Landshut Birket unmöglich ist, stellte sich erst später heraus (siehe 3.3.5 und 3.5.3).

Zuletzt wurde noch der Pegel Plattling hinzugezogen, da er der letzte vor der Mündung der Isar in die Donau ist und somit nicht nur den Unterlauf, sondern auch die Gesamtmenge des der Donau zugeführten Wassers repräsentiert. Zudem zeichnet er sich durch einige Eisstöße aus, von denen der größte im Jahr 1929 unter 6.2 behandelt wird.

Alle letztendlich ausgewählten Pegel sind in der Tabelle 1 im Anhang hellgrün markiert.

3.2 Die alten bayerischen Maßeinheiten

Die für die Pegelaufzeichnungen vor 1872 relevanten alten bayerischen Maße unterteilen sich in Fuß (oder auch Schuh), Zoll und Linien. Da die Einheiten sich auf den Faktor 12 beziehen, also dem Duodezimalsystem angehören, ist die Umrechnung für unser heutiges logisches Verständnis nicht ganz einfach. 12 Linien sind demnach 1 Zoll und 12 Zoll ein Fuß (Schuh).

Nachdem durch Napoleon 1806 das Königreich Bayern entstanden war, sollte eigentlich das

französische Maß Meter das bayerische ersetzen. Da dies einen allzu krassen Einschnitt in die Gewohnheiten der Bayern dargestellt hätte, wurde zunächst das bayerische Maß für eine Übergangszeit „dezimalisiert“, bevor 1872 das Meter verbindlich eingeführt wurde. Das dezimalisierte bayerische Maßsystem wurde allerdings in der Praxis nur selten genutzt.

1869 wurde amtlich genau festgelegt, daß dem Bayerischen Fuß genau 0,291 859 206 m entsprechen. Daraus ergeben sich nach GREBENAU (1870) folgende Umrechnungen:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Linie (1''')} &= 2,0268 \text{ mm} \\ 1 \text{ Zoll (1'')} &= 12 \text{ Linien} = 2,43216 \text{ cm} \\ 1 \text{ Fuß (1')} &= 12 \text{ Zoll} = 2,91859206 \text{ dm} \end{aligned}$$

Für die – bei den Pegelaufzeichnungen allerdings nicht gebräuchlichen – dezimalen Übergangsmaße gilt folgende Beziehung:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Linie (1''')} &= 2,91859206 \text{ mm.} \\ 1 \text{ Zoll (1'')} &= 10 \text{ Linien} = 2,91859206 \text{ cm.} \\ 1 \text{ Fuß (1')} &= 10 \text{ Zoll} = 2,91859206 \text{ dm.} \end{aligned}$$

3.3 Geschichte und Qualität der einzelnen Pegel

Um zuverlässige Aussagen machen zu können, ist es wichtig, die Qualität der einzelnen Pegel zu beurteilen. Pegelnulldpunktänderungen, Ausfälle der Aufschreibung und andere Einflüsse sollten möglichst genau dokumentiert sein. Große Änderungen sind in den Pegelchroniken zusammengefaßt, aber auch Ergänzungen und Bemerkungen am Blattrand oder auf der Rückseite können eine wichtige Bedeutung für das Verständnis der Wasserstandsdaten haben. Zudem veranschaulichen immer wieder die persönlichen Eindrücke des Pegelablesers gerade bei Hochwassern die damalige Situation. Daher mußten die Pegelblätter selbst nach Randnotizen durchsucht werden die für die Bewertung der Pegelangaben wichtig sein könnten. Da dies, gerade bei den älteren handschriftlichen Aufzeichnungen, oft nicht ganz einfach ist, ist viel Geduld und etwas Übung beim Lesen der alten deutschen Kurrentschrift gefragt. Die Mühe lohnt sich aber.

Nicht immer funktionierte die Kommunikation zwischen den Wasserstandsaufzeichnern und den übergeordneten Stellen reibungslos. Sei es aufgrund verloren gegangener oder zu spät zugestellter Post oder schlicht aus Unwissenheit. Ein besonders verwirrendes Beispiel solcher Kommuni-

kation sei im folgenden wiedergegeben. So schrieb der Beobachter des Pegels Bad Tölz auf die Rückseite des Beobachtungsblattes vom September 1923: *„Die Aufzeichnungen des Schreibpegels für Monat August habe ich sogar auf Post getragen vom 1. August, wen sie von da weg verloren gegangen sind, soh kan ich leider nichts dazu. Ich habe sie damals nach dem Flußbauamt gesendet, da ich ihre Karte mit den Auftrag, zu spät erhalten habe. Vielleicht liegt die Sache mit am Flußbauamt. Ich habe es am 2. August auf die Karte geschrieben, daß ich den Auftrag nicht befolgen konte, weil ihre Karte zu spät ankam u. ich hatte schon alles weg geschickt. Der Schreibpegel vunkzionirt auch nicht mehr recht. Wen das Wasser steigt, soh giebt es Schwankungen und da geht der Stift immer hin u. her. Da hat ein Man vom Flußbauamt unten ausgeräumt beim Lattenpegel, und warscheinlich beim Schreibpegel auch, was meiner Ansicht nach falsch ist. Ich denke daß da unten geschlossen sein muß damit der Waßerstand richtig ist?*

Betrag für vergangennes Vierteljahr erhalten Ludwig Staber“ (1895-1955a, 10/1923).

Die Pegelaufzeichnungen von 1825 bis 1895 erfolgte auf Blättern, die immer ein Vierteljahr umfassten. Ab 1895 wurde für jeden Monat ein eigenes Blatt verwendet. Die Beobachtungsblätter sind im LfU bis in die 50er Jahre hinein streng nach Kalenderjahren geordnet. Deshalb beziehen sich in dieser Arbeit alle Jahresdurchschnittswerte und Jahresangaben auf das jeweilige Kalenderjahr, nicht auf das sogenannte Hydrologische Jahr von November bis Oktober; auch wenn diese Einteilung in den Gewässerkundlichen Jahrbüchern, die ab 1937 veröffentlicht wurden, verwendet wird.

Sämtliche beobachtete Wasserstände sind Tageszeitenwerte, das heißt, sie wurden in der Regel morgens abgelesen. Mit Einführung der ersten Schreibpegel wurde nach und nach auf so genannte „Tagesmittelwerte“ umgestellt, die sich aus dem Mittelwert aller über den Tag gemessener Wasserstände ergeben. Häufig wurde die Aufschreibung der alten Tageszeitenwerte aber fortgeführt. Diese wurden auch in der vorliegenden Arbeit aus Gründen der Kontinuität soweit vorhanden weiterverwendet. Beim Pegel Mittenwald mußte ab 1937 auf Tagesmittelwerte zurückgegriffen werden, bei Bad Tölz ab 1949.

3.3.1 Mittenwald

Der Mittenwalder Pegel zeichnet sich durch seine lange durchgehende Meßreihe aus, die aber bei weitem nicht so homogen ist wie sie auf den ersten Blick wirkt. Der Zeitpunkt der Einrichtung ist unbekannt, ab 1.1.1826 wurde mit einigen Ausnahmen in den Anfangsjahren regelmäßig an der Mühlbrücke (Flußkilometer 259 rechts; 914,414 m ü. NN) abgelesen, Beobachtungsblätter und Pegelchronik (LfU 1999) sind vorhanden (vgl. Abb. 8). Die Beobachtungen Januar und

Februar 1827; Januar 1830; Januar 1831; Februar und März 1832 und Januar bis März 1833 fehlen ohne Angabe von Gründen, teilweise scheint der Fluß beziehungsweise der Pegel eingefroren gewesen zu sein. Anfang 1854 wurde der Pegel an der gleichen Stelle neu gesetzt (LFU 1826-1955, 1/1854). Am 10.7.1891 heißt es auf dem Beobachtungsblatt: „*Wegen Reparatur der Brücke mußte der Pegel abgenommen werden. Leider versäumte der Straßenwärter einen Nothpegel rechtzeitig aufzustellen, so daß Beobachtungen für den Rest des Monats unterblieben sind. Zur Errichtung eines provisorischen Pegels ist Anordnung getroffen worden*“ (LFU 1826-1955, 3/1891).

Erst im September 1909 erfolgte eine weitere Erneuerung, bei der der Pegelnullpunkt 1 m tiefer gelegt wurde, dieser ging dann zum 1.1.1910 in Betrieb. Dieser ist wahrscheinlich in Abb. 9 auf der drübere Brückenseite und in Abb. 10 dargestellt. Im Dezember 1936 wurden die letzten Aufzeichnungen getätigt. Zu diesem Zeitpunkt war der 2. Pegel Mittenwalds am Karwendelsteg (Flußkilometer 257,6 rechts; 905,086 m ü. NN.) bereits 10 Jahre in Funktion, wodurch es möglich wird, diese beiden Pegel direkt miteinander zu vergleichen. Der neue Pegel ging am 28.7.1926 als Schreib-



Abb. 8: 110 Jahre Aufzeichnungen Mittenwald Mühlbrücke.
Eigene Aufnahme.

pegel in Betrieb. Vorher vorhandene Werte des Jahres 1926 in der Pegelchronik sind laut Randnotiz vom Pegel Isarhornbrücke abgeleitet und deshalb nicht sonderlich zuverlässig. Die 10 Jahre Übergangszeit beginnen also erst zum 1.1.1927. Vergleicht man die Monatsmittelwerte beider Pegel miteinander, so stellt man fest, daß die Werte des neuen Karwendelstegpegels im Schnitt 1,1 cm über denen des alten Mühlbrückenpegels liegen. Die Schwankungen reichen von -



Abb. 9: Undatierte Aufnahme vom Lattenpegel an der Mühlbrücke.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

12 bis +15 cm, die absolute Abweichung beträgt 4,17 cm. 21% der Werte liegen um 7 cm oder mehr auseinander (vgl. Tabelle „Mittenwald“ in der Datei „Pegelvergleiche.ods“). Insgesamt betrachtet, stellt die Karwendelstegkurve im Grunde eine geglättete Mühlbrückenkurve dar (vgl. Diagramm „Mittenwald: Vergleich Mühlbrücke – Karwendelsteg“ in der Tabelle „Mittenwald“ in der Datei „Pegelvergleiche.ods“). Aufgrund der guten Übereinstimmung wird die Pegelkurve 1936 nicht unterbrochen und die beiden Pegel im weiteren als zusammengehörig betrachtet.



Abb. 10: Undatierte Aufnahme vom Pegel an der Mühlbrücke.
Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

Am 5.11.1937 wurde „*der Pegelstab von bisher noch nicht bekannten Tätern in die Isar geworfen*“ (LfU 1826-1955, 11/1935), dadurch mußte bis zur Wiederherstellung am Lattenpegel abgelesen werden. Ob die Täter je gefaßt wurden, geht aus den Unterlagen leider nicht hervor. Ab dem 28.6.1938 wurde an einem neuen Lattenpegel gemessen, der 5 cm über dem alten lag. Dieser wurde laut Pegelchronik zum 1. August 1955 um 89 cm tiefer gelegt, auf den Pegelblättern des Jahres 1955 sind bis August allerdings die alten Werte mit dem Faktor 100 cm auf die neuen umgerechnet worden. Im Zweifelsfall ist der Pegelchronik mehr zu vertrauen. Dies wurde auch von WETZEL (mündliche Mitteilung, 2008) bestätigt. Vom Ende des 2. Weltkrieges fehlen für die Monate Januar,

April, Mai und Juni 1945 sämtliche Dokumente, jedoch ohne Angabe näherer Gründe.

Auf den Beobachtungsblättern vor 1895 wurden immer Quartale aufgenommen, erst danach wurde für jeden Monat ein extra Blatt verwendet. Das große Problem des Mittenwalder Pegels sind die „Quartalssprünge“ im Zeitraum 1849 bis 1876 (vgl. Tabelle 1 in der Datei „Mittenwald Quartalsunterschiede.ods“); die Übergänge von einem Quartalsblatt zum nächsten weisen immer wieder unerklärlich hohe Pegelunterschiede auf. So springt beispielsweise der Pegel vom 31. März auf den 1. April 1855 um stolze 22 Zoll (54 cm) und am 1. November 1867 wird ein Wasserstand, der um 18,5" (45 cm) höher ist als am Tag zuvor, gemessen. Auch die umgekehrte Richtung kommt vor: so sinkt der Wasserstand schlagartig vom 30. Juni auf den 1. Juli um ganze 17" (41 cm). Die extreme Häufung von solchen Sprüngen in den Jahren 1866-68 legt den Schluß nahe, daß die einzelnen Quartale vertauscht worden sein könnten. So wäre in diesen 3 Jahren zum Beispiel jeweils der Tausch des dritten und vierten Quartals möglich und würde weit realistischere Übergänge liefern.

Einige dieser Übergänge mögen tatsächlich Hochwasser darstellen, meist verhalten sich die Pegel allerdings vor und nach dem Quartalswechsel äußerst ruhig und ohne jedes Anzeichen einer typischen Hochwasserkurve. Ausnahmen sind hingegen die drei großen Sprünge zum Monatsers-ten außerhalb der Quartalswechsel in diesem Zeitraum: Januar-Februar 1862, April-Mai 1867 und August-September 1873 sind drei Hochwasser, die jeweils am 1. des neuen Monats ihren Anfang nehmen und im Laufe der folgenden Tage auch wieder abklingen.

Versuche, diese Sprünge mit den beiden unterschiedlichen Maßeinheiten der bayerischen Maße zu erklären sind wenig zielführend, da zum einen der Unterschied zwischen duodezimaler und dezimaler Rechnung nur wenige cm Unterschied ausmacht, zum anderen in den Pegelblättern nahezu durchgehend auch 10 und 11"-Werte eingetragen wurden, was die Verwendung des Dezimalmaßes verunmöglicht (vgl. Tabelle 2 in der Datei „Mittenwald Quartalsunterschiede.ods“).

Dem Sprung beim Monatswechsel August auf September 1851 liegt wohl nur ein Schreibfehler am 1. September zugrunde, da schon am 2.9. die Werte wieder bei 3'3" liegen (vgl. LfU 1826-1955, 3/1851).

3.3.2 Bad Tölz

Der Pegel von Bad Tölz wurde nach FISCHER (1913, S. 11) und dem Jahrbuch der BAYERISCHEN LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE (1926) ab 1829 aufgezeichnet, die im LfU vorhandenen Beobachtungsblätter (LfU 1895-1955a) beginnen jedoch erst 1895. Zudem existiert keine Pegelchronik, was die Lage verkompliziert. Aus den Beobachtungsblättern geht hervor, daß am sogenannten „Alten Brückenpegel“ gemessen wurde; die Jahrbücher der Jahre 1899 bis 1915 enthalten allerdings keinerlei Angaben über den Flußkilometer oder die Höhe des Pegels. Bei Fischer (1913, S. 11) ist die Rede von 641,3 m ü. NN und einer linksseitigen Anbringung, auch im Jahrbuch wird der Pegel mit Stand 31.12.1920 linksseitig bei Flußkilometer 641,335 angesiedelt, ein Schreibpegel ist laut dieser Quelle seit 1908 in Betrieb. Zusätzlich gibt es auch rechtsseitig seit 1913 einen Pegel, dessen Nullpunkt auf der gleichen Höhe liegt. Laut der BAYER. LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE (1959, S. 12) befindet sich der Pegel bei Flußkilometer 201,7 links und der Pegelnullpunkt bei 641,24 m über NN.

Im Juni 1923 wurde ein neuer Pegel im Taubenloch am Flußkilometer 201,5 in 640,03 m ü. NN (LANDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE UND HAUPTNIVELLEMENTS 1940, 1942 und 1943) errichtet, der alte, häufig trocken fallende Brückenpegel aber belassen. Trotz häufiger Ausfälle ist er auch weiterhin abgelesen worden, zumindest soweit dies möglich war. Vom Januar 1923 bis in den Oktober 1926 wurden beide mit häufigen Unterbrechungen seitens des „Alten Brückenpegels“ und

zweier seitens des Taubenlochs (Aug. 1923 und Nov. 1924) parallel auf die selben Beobachtungsblätter aufgezeichnet (1895-1955a, 1/1923 bis 10/1926). Ab März 1927 wurde der Brückenpegel wieder als selbständiger Pegel mit eigenen Beobachtungsblättern, wenn auch recht lückig aufgrund des häufigen Trockenfallens, geführt. Warum wird nicht ganz klar, folgende Randnotizen auf den Beobachtungsblättern vom September 1929 und vom September 1930 mögen eine Erklärung sein: „Der Pegel ist seit der Einrichtung des Taubenloch-Pegels nur mehr zu Hochwasserbeobachtungen und -Meldungen von Bedeutung.“ und „Der Pegel hat nur noch für H.W.N.D. Bedeutung“ (1895-1955a, 9/1929 und 9/1930). Die Aufzeichnungen am Pegel Bad Tölz Brücke enden vorläufig im August 1937.

Ab 1926 wird der Pegel Bad Tölz durch die Ableitung des Isarwassers in Richtung Walchensee und die Ableitung des Achenseewassers zum Inn beeinflusst. In der Folge fällt gerade im wasserarmen Winter der Wasserspiegel oft auf dramatisch niedrige Werte.

Zunächst war der Pegelnullpunkt aufgrund der fehlenden Pegelchronik im Taubenloch nicht bekannt, deshalb wurde der Versuch unternommen, über den Vergleich der Monatsmittelwerte zwischen Taubenloch und dem alten Brückenpegel auf die Differenz zu schließen. Die – wenn auch lückige – parallele Aufzeichnung über 13 Jahre hinweg macht dies möglich. Beachten muß man dabei, daß nur Monate, in denen der Brückenpegel mindestens 25 Tage gemessen werden konnte, einen sinnvollen Vergleich liefern können um nicht zu geringe Unterschiede herauszubekommen. Denn es macht wenig Sinn, nur die wenigen Tage hohen Wasserstands eines Monats für dessen Mittelwertberechnung zu verwenden und die unbekannten, niedrigeren Werte außer Acht zu lassen. Die Zahl von mindestens 25 Meßwerten pro Monat ist dabei willkürlich gewählt, es soll damit sichergestellt werden, daß nur Monate mit einer repräsentativen Anzahl an Meßwerten verglichen werden. In der Tabelle „Bad Tölz“ in der Datei „Pegelvergleiche.ods“ werden deshalb nur die gelb markierten Werte verwendet. Der Mittelwert des alten Brückenpegels über den Zeitraum 1923-1933 liegt bei -5 cm und der des neuen beim Taubenloch bei 87 cm; das ergibt einen Unterschied und damit eine Absenkung des Nullpunktes beim neuen Pegel Taubenloch um 92 cm. Interessanterweise weichen die Werte von 1934-36 stark von den älteren ab, ohne daß genau gesagt werden kann, was geschehen ist. Über diesen Zeitraum liegt der Unterschied zwischen den Pegeln Brücke (Mittelwert = -1 cm) und Taubenloch (Mittelwert = 72 cm) nur noch bei 73 cm.

Da nicht bekannt ist, warum und wodurch der Abstand zwischen beiden Pegelnullpunkten sich verändert hat und dies ohne Pegelchronik nicht herausgearbeitet werden kann, muß im folgenden näherungsweise über den gesamten Zeitraum 1923-1936 gearbeitet werden. Die Berechnung ergibt einen Wert von etwa 85 cm, die der Pegelnullpunkt Taubenloch für diese Zeitspanne unter

dem der Brücke liegt (orangene Endergebnisse in der Tabelle „Bad Tölz“ in der Datei „Pegelvergleiche.ods“).

Wie oben erwähnt, befinden sich in den drei Werken der LANDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE UND HAUPTNIVELLEMENTS (1940, 1942 und 1943) ein Pegelnullpunkt für den Taubenlochpegel (640,03 m ü. NN), allerdings wären weitere Nullpunktangaben des Taubenlochpegels vor 1937 notwendig um die Pegelchronik einigermaßen ersetzen zu können, diese sind aber in den Jahrbüchern vor 1937 (BAYERISCHE LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE, 1921-1937) nicht enthalten.

Für die Jahre 1937-38 fehlen die Aufzeichnungen aus Bad Tölz Taubenloch im Archiv des LfU aus unbekannten Gründen ganz; diese Lücke kann durch die drei Jahrbücher der LANDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE UND HAUPTNIVELLEMENTS IN BERLIN (1940, 1942 und 1943, jeweils S. 25) der Jahre 1937 bis 39 geschlossen werden.

Am 13.3.1940 vernichtete ein Felssturz den Schreibpegel im Taubenloch, der bis heute nicht mehr aufgebaut wurde. Es mußte auf den alten, anscheinend noch bestehenden Lattenpegel Bad Tölz Brücke zurückgegriffen werden, allerdings wurde auch dieser am 3. Juli desselben Jahres weggerissen (LfU, 1895-1955a, 3/1940 und 6/1940). Die Gründe dafür sind unbekannt, ein Hochwasser war es aber sicher nicht; gerade weil er ja das Hochwasser vom 31. Mai schadlos überstanden hatte, muß wohl eher an mutwillige Zerstörung gedacht werden oder schlicht an Altersschwäche. Bis zum 13. Juli wurden daher die Werte nach dem Pegel Puppling ergänzt, danach sind zwar wieder regelmäßige Ablesungen vorhanden, wenn auch nicht ganz problemlos. Auf dem Beobachtungsblatt vom September 1940 heißt es: *„Der Lattenpegel, welcher nun mehr an der rechts. Ufermauer angebracht ist, kann nur bis -30 abgelesen werden. Wasserstände unter -30 müssen daher schätzungsweise abgelesen werden, bis ein Lattenpegel ab -30 bis -100 bei ganz niedrigem Wasserstand angebracht werden kann“* (1895-1955a, 12/1940). Die letzte dokumentierte Schätzung fand Ende September statt, so daß davon ausgegangen werden kann, daß die fehlende Pegellatte bald angebracht wurde. Da es aufgrund der ungeplanten Pegelstandortänderung keinen Überschneidungszeitraum gibt, muß davon ausgegangen werden, daß die 73 cm Unterschied zwischen Taubenloch und Brücke aus den Jahren 1937-38 im Jahr 1940 noch aktuell sind.

Die Beobachtungen vom April 1945 fehlen ohne Begründung, auf dem Beobachtungsblatt vom Mai 1945 heißt es: *„Vom 1.5.45 bis 13.5.45 wegen Kriegsgebiet nicht abgelesen“* (1895-1955a, 4 und 5/1945).

Der Standort des Bad Tölzer Pegels wurde erst zum 1.1.1949 – nach dem 2. Weltkrieg – ganz offiziell wieder zur Brücke hin verlegt, wobei die Werte von August bis Dezember 1948 fehlen.

3.3.3 München

Der Münchner - oder vielmehr die Münchner Pegel werfen viele Fragen auf. Laut LfU (2008) gibt es mehrere verschiedene mit unterschiedlichen Laufzeiten (siehe Tabelle 1 im Anhang). Interessant ist zunächst, daß es eine Pegelchronik (LfU 2001a) zum Pegel Bogenhausen gibt (Fkm 145,0 links) die 1826 beginnt, im Archiv des LfU aber die vorhandenen Aufzeichnungen erst 1894 beginnen. Zudem zeichnet sich die Stelle der Pegelmessung durch eine rege Bautätigkeit aus, die in der Chronik durchaus dokumentiert ist, aber nicht unbedingt zur Zuverlässigkeit des Pegels beiträgt. So wurden 1851-53 rechts der Isar ein Hochwasserschutzdamm errichtet, 1878 links. 1888 wurde unter der Brücke eine Grundschwelle mit 44 m Länge eingebaut, bereits 1890-92 wurde das Flußbett auf 60 m verbreitert. Auch fanden bis 1890 nicht näher beschriebene „ständige Korrektionsbauten“ statt. 1899 riß das Hochwasser die ganze Brücke, einen Teil der Korrekturen und den Pegel weg, bis 1902 wurde alles wieder aufgebaut (vgl. 5.3.3). Die Pegelnullpunktänderung von 1901 – wohl im Zuge des Wiederaufbaus – die in der Übersicht noch aufgeführt ist, kommt in der Pegelgeschichte nicht vor (vgl. LfU 2001a, S. 1 und 2). 1922 schließlich gerät der Pegel in den Rückstau der im Bau befindlichen Oberföhringer Wehranlage, weswegen an der Prinzregentenbrücke zusätzlich Korrektur gemessen wird. 1926 ist dieses Problem mit Beendigung der Bauarbeiten zunächst behoben, bis es 1930 wieder auftritt. Daraufhin wird eine Pegelverlegung an die Prinzregentenbrücke durchgeführt, der Bogenhausener Pegel aber weiterhin aufgezeichnet. Ab 1943 liegt der Pegel durch Anhebung der Flußsohle wieder staufrei.

Der Pegel München Ludwigsbrücke, der laut LfU (2008) von 1827 bis 1885 aufgezeichnet wurde, ist im Archiv des LfU nicht auffindbar. Alle anderen Pegel sind aufgrund ihrer kurzen Laufzeiten uninteressant.

Alle diese Tatsachen machen die Pegel für eine Verwendung in der vorliegenden Arbeit untauglich, da eine Rekonstruktion der Zustände nicht nur aufwändig, sondern wahrscheinlich unmöglich ist. Dies bestätigte auch Herr KLEBER-LERCHBAUMER vom LfU mündlich.

3.3.4 Freising

Der Pegel Freising (Flußkilometer 114,0 links) kurz oberhalb der alten Isarbrücke ist nach Angaben des LfU (2008) ab 1826 aufgezeichnet worden, im Archiv finden sich aber nur Beobachtungsblätter ab 1895. Die Pegelchronik (LfU 2001b) hingegen reicht bis ins Jahr 1826 zurück. Trotzdem scheidet der Pegel als möglicher Repräsentant des Mittellaufs leider wegen nicht ausreichend großem Alter aus. Für die Hochwasser 1954 und 1955 wurden die Beobachtungsblätter

von Freising anstelle der nicht im Archiv auffindbaren Landshuter Werte verwendet. Außerdem ist der Pegel in Freising ohnehin für das Hochwasser 1954 interessant, da sich das Flußbett rund um Freising nach mündlicher Aukunft von Herrn KLEBER-LERCHBAUMER vom LfU bei diesem Hochwasser rund 3 m eingetieft habe. Dies konnte aber anhand der Beobachtungsblätter und des Wasserstandes nicht nachvollzogen werden (vgl. die gelbe Freisinger Kurve im Diagramm 22 im Anhang).

3.3.5 Landshut Maxwehr

Für den Pegel Landshut Maxwehr (etwa Fkm 74,3) gibt es keine Pegelchronik; sein Nullpunkt wird am 31.6.1880 mit 387,959 m ü. NN angegeben, mit Bleistift stehen daneben allerdings 387,929 m ü. NN. Im Jahrbuch des KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU von 1899 wird der Pegelnullpunkt mit 388,167 m ü. NN angegeben. Die Aufzeichnungen auf Beobachtungsblätter beginnen im Jahre 1826 und enden 1901, 1879 geht zusätzlich noch Landshut Birket in Betrieb, so daß eine ausreichende Überdeckung der beiden Pegel gegeben sein sollte. Dies macht den Standort Landshut auf den ersten Blick interessant.

Die fehlende Pegelchronik erwies sich jedoch als fatal, da die Wasserstände etwa ab dem Jahr 1850 keine Ähnlichkeit mehr mit denen der anderen Isarpegel aufweisen (vgl. Diagramm „Ganglinien mittelwertzentriert“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“). Auf den Beobachtungsblättern ist ab 1845 regelmäßig die Rede von ein bis sechs geöffneten Schützen⁶. Diese Angaben werden mit der Einführung neuer Beobachtungsblatt-Vordrucke und des Meters als Maßeinheit im April 1872 eingestellt.

Anscheinend wurden in zunehmendem Maße die Schützen des Wehres dazu genutzt, Hochwasserspitzen zu verringern. Die KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE (1888, S. 160) beschreibt das Maxwehr recht genau. Demnach besitzt es sieben Öffnungen, wovon die breiteste am linken Ufer der Floßfahrt dient. Die Schleusenschwellen liegen 0,97 m und die Floßfahrtsschwelle 0,78 m unter dem Nullpunkt des Maxwehrpegels. Darüber hinaus gelangt das gesamte Überwasser über ein 600 m weiter oben befindliches Streichwehr, das Ludwigswehr in die kleine Isar, so daß die Hochwasserwellen über die Kleine Isar abgeleitet werden. Dieser Umstand zeigt, daß der Maxwehrpegel für die Erfassung von Hochwasserereignissen nicht geeignet ist.

Auf dem Beobachtungsblatt des vierten Quartals 1853 (LfU 1826-1952a, 4/1853) befindet sich einen Notiz, die leider nicht vollständig entschlüsselt werden konnte. Dort heißt es: „... *dieser*

⁶ Schützen sind vertikal verschiebbare, plattenförmige Bauteile an Wehren die entweder unterströmbar (bei Anhebung) oder überströmbar (bei Absenkung) sind (vgl. <http://iwhw.boku.ac.at/LVA816314/Block3.pdf>).

Pegel giebt keinen richtigen Anhaltspunkt für den Wasserstand der [nicht lesbar] Isar, weshalb gegenwärtig die Aufstellung eines Pegels oberhalb Hofham [Messungen ab 1854] beabsichtigt wird.“ Das Original des Textes ist in Abbildung 11 wiedergegeben.

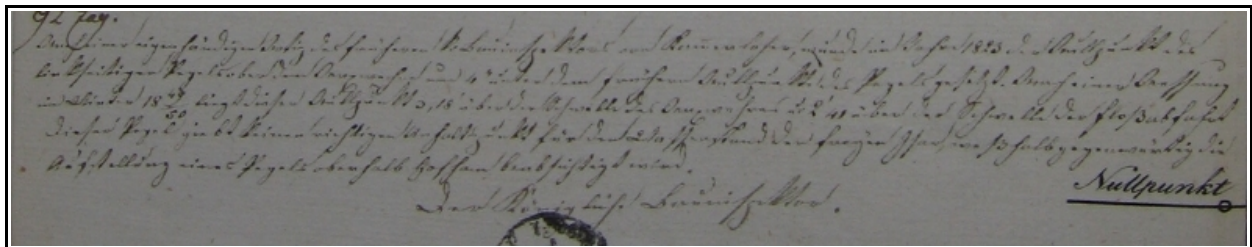


Abb. 11: Die nur schwer lesbare Notiz auf dem Beobachtungsblatt 4/1853.

Quelle: LfU Bayern.

1879 wird ein weiteres Mal die Uneignung des Pegels auf einem Beobachtungsblatt (LfU 1826-1952a, 1/1879) festgehalten: „Der Pegel am Maxwehre zu Landshut [...] gibt hierauf zur Beurteilung der Wasserstände an der Isar keinen Anhaltspunkt, da die Wasserstände von dem jeweiligen Öffnen oder Schließen der Flossfahrt, sowie der übrigen Durchflußöffnungen am Wehre und der Triebwerken abhängig sind.

Nach telefonischer Auskunft von Herrn EICHNER (2008) vom WWA Landshut und schriftlicher von Herrn STAUDINGER (2008) von den Stadtwerken Landshut liegen beiden Institutionen keine Angaben über das Maxwehr vor 1900 vor. Herr STAUDINGER verweist in seiner E-Mail auf das Staatsarchiv in der Burg Trausnitz in Landshut. Eventuell könnten sich dort Dokumente befinden, was auch der dortige Archivdirektor Dr. RÜTH (2008) per E-Mail bestätigt, allerdings wäre umfangreiche Archivrecherche vor Ort nötig, für die im Rahmen dieser Arbeit keine Zeit blieb.

3.3.6 Landshut Birket

Der Pegel Landshut Birket wird, wie oben schon erwähnt, seit 1879 aufgezeichnet, neben den Beobachtungsblättern ist auch eine Pegelchronik (LfU, 2001c) vorhanden. Er liegt flussaufwärts vor den Toren der Stadt, oberhalb der Achdorfer Eisenbahnbrücke. Zunächst befindet er sich bei Flußkilometer 9,0 rechts im Altwasser, ab 13.6.1883 bei Fkm 10,7 rechts im Altwasser (vgl. Abb. 12) und ab



Abb. 12: Der Pegel Landshut Birket 1915.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

1933 bei Flußkilometer 76,775 rechts in der Isar selbst, da „*die Pegelanlage nur mittels eines häufiger Versandung ausgesetzten Altwassers mit der Isar in Verbindung stand*“ (LfU, 2001c, S. 3). Der Pegelnullpunkt liegt ursprünglich bei 391,627 m ü. NN, 1883 nach dem Neubau 94 cm tiefer, 1895 beim Kontrollnivellement liegt er 20 cm höher, 1900 nur noch 18 cm höher als 1883. Am 22.11.1935 wird der neue Pegel direkt am Fluß erstmals eingemessen auf 390,730 m ü. NN und schließlich wird am 2.3.1944 der Pegelnullpunkt um 2 m abgesenkt (LfU, 2001c, S. 3).

Die Lage des Pegels bis 1933 im Altwasser ist natürlich alles andere als optimal. Zudem stimmt die Kontinuität der Ableseergebnisse vor und nach der Verlegung im Juni 1883 absolut nicht überein, wie dem Diagramm „Landshut“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“ entnommen werden kann. Wo genau der Fehler liegt, ließ sich leider nicht mehr rekonstruieren.

Ansonsten zeichnet sich der Birketpegel durch recht wenige handschriftliche Notizen auf den Beobachtungsblättern aus. Größere Ausfälle gibt es nur vom 21.11. bis 6.12.1895 aufgrund einer Krankheit des Ablesers (LfU, 1826-1952, 11 und 12/1895), vom 3. bis 6.1.1938 wegen der großen Kälte (LfU, 1826-1952, 1/1938) und aufgrund von Kriegseinwirkungen: die Aufzeichnungen vom Dezember 1944 (LfU, 1826-1952, 13/1944) fielen auf dem Postweg nach München zusammen mit denen aus Dingolfing wohl einem Bombenangriff zum Opfer; und „*in der Zeit vom 1.5.45 – 14.5.45 konnte der Latten- wie auch der Schreibpegel wegen Ausgehverbot und Feindeinwirkung nicht abgelesen werden*“ berichtet die Notiz auf dem entsprechenden Beobachtungsblatt (LfU, 1826-1952, 5/1945). Mit dem Ende des Hydrologischen Jahres 1952 enden im Archiv des LfU die Beobachtungsblätter. Da auch in den Gewässerkundlichen Jahrbüchern ab dem Hydrologischen Jahr 1951 der Pegel Landshut Birket nicht mehr enthalten ist, muß für die Hochwasser 1954 und 1955 auf den Freisinger Pegel zurückgegriffen werden um weiterhin fünf Pegelstationen darstellen zu können.

3.3.7 Dingolfing

Einer der ältesten – und auch im Archiv des LfU vorhandenen Pegel – ist Dingolfing (Fkm 46,0 rechts; 353,768 m ü. NN). Das erste Beobachtungsblatt stammt aus dem Oktober 1825, das damit neben dem Ersten aus Landau das älteste Beobachtungsblatt an der Isar darstellt (vgl. Abb. 28). Da der Pegel Dingolfing etwa in der Mitte zwischen Landshut und Plattling liegt, kann er dazu verwendet werden, die schlechten Ausgangslagen in Landshut (vgl. 3.3.6) und Plattling (vgl. 3.3.8) zu kompensieren.

Durch die lange Zeit der Beobachtung haben sich viele Pegelnullpunktänderungen angesammelt.

Gleich die erste ist gar nicht in der Pegelchronik (LFU 2001d) aufgeführt, nur einen Notiz auf dem Beobachtungsblatt Februar 1826 (LFU 1925-1955, 2/1826). weist auf sie hin. Der Pegelableser hatte im Januar und Februar ständig das Problem, daß sein Pegel trocken fiel beziehungsweise einfach nur negative Werte anzeigte. Anscheinend war im Sommer 1825 die Pegellatte nicht tief genug gesetzt worden um die teils sehr niedrigen winterlichen Abflüsse anzeigen zu können. Die Beobachtungsblätter enthalten Angaben wie „0 – 2“ was wohl als Versuch zu interpretieren ist, nach der 0 den negativen Wert abzuschätzen. Diese negativen Schätzwerte reichen von 1 bis 5"; wurden in die Monatsmittelwertberechnungen aber nicht aufgenommen. Am 20.2.1826 griff der Pegelbeobachter dann zum Spaten und setzte den Pegel einfach 4" (entspricht 10 cm) tiefer (LFU 1925-1955, 2/1826). Hätte er es früher getan, hätte er noch etwas davon gehabt, denn schon am folgenden Tag stieg der Wasserstand – wohl aufgrund eines Tauwetters – auf 2'. Eventuell war es aber genau wegen Schnee und Kälte nicht möglich, den Pegel früher tiefer zu legen.

Abb. 13: Das erste Beobachtungsblatt aus Dingolfing: Oktober 1825.

Eigene Aufnahme von LFU 1925-1955, 1/1825.

Generell zeigt die Anfangszeit der Pegelbeobachtungen am Pegel Dingolfing, daß man mit außerordentlichen Ereignissen noch wenig Erfahrungen hatte. Nachdem der Pegel 1827 und 1830 jeweils „vom Sitz mitgenommen“ (LFU 1925-1955, 3/1827 und 1/1830) wurde, dazu beim zweiten Hochwasser auch die Brücke repariert werden mußte und deswegen längere Zeit keine Messungen getätigt wurden, fror der Pegel am 21.1.1838 ein: „Durch das gänzliche Eingefrieren des Pegels hat Schafelmayer die Beobachtungen vom 24^{ten} Jänner bis 9^{ten} März nicht mehr festgesetzt, da er aber auch hierüber keine Anzeige machte, so war man ausser Stand die geeigneten Vorkehrungen zur ungestörten Fortsetzung der Beobachtungen zu machen“ (LFU 1925-1955, 1/1838).

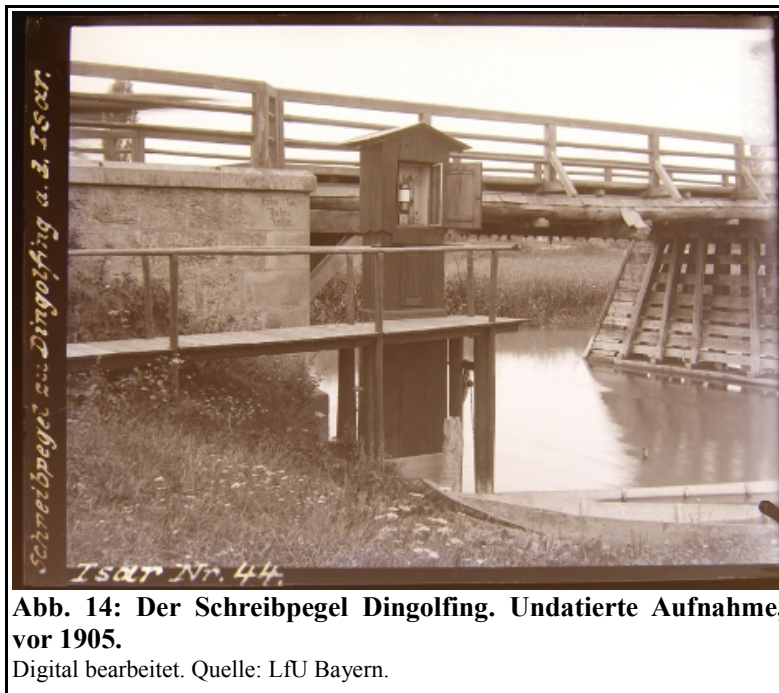


Abb. 14: Der Schreibpegel Dingolfing. Undatierte Aufnahme, vor 1905.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

Im Winter 1858 gab es wieder Probleme mit den aufgezeichneten Werten, da der Pegelaufzeichner keine Bemerkungen machte, warum der Pegel 44 Tage lang den gleichen Wert hatte; er war wohl schlicht eingefroren. 1866 wurden rechtsseitige Uferleinbrüche beseitigt und 1876 nicht näher beschriebene Isarkorrekturen durchgeführt (LfU 2001d, S. 1), laut dem Internetauftritt der Stadt Dingolfing (STADT DINGOLFING

ONLINE) begannen diese aber schon 1830. 1879 wurde der Pegelnullpunkt 51 cm tiefer gemessen, 1885 ein Schreibpegel errichtet (vgl. Abb. 14 und 15, LfU 2001d, S. 2).

Auch im Januar 1880 gab es, wie auf der Rückseite eines Beobachtungsblattes aus dem Jahre

1882 vermerkt ist, Probleme mit dem Eis, die sehr blumig umschrieben wurden:

„Der höchste Wasserstand im Januar ist eine Folge der Blähung durch Eisstopfung im Flußschlauche; es ist daher der eigentlich höchste Wasserstand des Jahres 1880 am 16. August eingetreten“ (LfU 1925-1955, 4/1882).

1895 lag der Pegelnullpunkt wieder 29 cm höher, 1900 mußte er nochmals um 3 cm korrigiert werden, ein Jahr später wurde die Pegellatte um 49 cm tiefer gelegt und neu bei 353,471 m ü. NN eingemessen.



Abb. 15: Dingolfinger Schreibpegel und Isarbrücke im Altwasserarm mit zusätzlichen Jochen und Telegraphenmasten. Mai 1915.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.



Abb. 16: Isarbrücke Dingolfing. Mai 1915.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

am rechten Ufer aufgestellt [wurde].“ (LfU 2001d, S. 2). Die undatierte Abbildung 14 ist sicher älter als die anderen, da die Telegraphenmasten auf der Brücke und die zusätzlichen Joche unter der Brücke fehlen. Da in Dingolfing laut der Chronik der Stadt im Internet (STADT DINGOLFING ONLINE) 1905 das Elektrizitätswerk errichtet, die Straßenbeleuchtung elektrifiziert und die Stadt an das bayerische Telefonnetz angeschlossen wurde, ist die Aufnahme sicher vor 1905 entstanden. Die zusätzlichen Joche wurden eventuell nach dem Hochwasser von 1910 für die Stabilität der Brücke notwendig; es scheint, daß die Brücke wohl altersschwach wurde.

1922-24 wurde schließlich anstelle der alten Holzbrücke die neue betonierte Straßenbrücke errichtet und der Pegel dadurch beeinflusst. Am 15.6.1925 zog der Pegel schließlich an den zweiten Brückenpfeiler von links an der neuen Brücke um, der Schreibpegel kam über den dritten Pfeiler und die Hochwasser-

Die Abbildungen 14, 15, 16 und 17 zeigen Schreib- und Lattenpegel und die Brücke in Dingolfing. Die Abbildungen untermauern die Angaben aus der Pegelchronik, wonach der Schreibpegel 1885 „in [ein] Holzhäuschen mit Zugangssteg, [im] Auslauf der Straßenbrücke (Holzbrücke mit Holzjochen und gemauerten Widerlagern),



Abb. 17: Isarbrücke Dingolfing. Lattenpegel am 3. Joch. Mai 1915.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

staffel etwas flußabwärts der Brücke ins Gelände (LFU 2001d, S. 2). Der neue Pegelnullpunkt liegt 61 cm niedriger als der alte.

Im Februar 1929 erfaßte ein Eisstoß den gesamten Unterlauf der Isar. Tägliche Aufzeichnungen des jeweiligen Standes des Eisstoßes sind vorhanden, genauso wie stündliche Pegelmessungen an den extremsten Tagen. Dieses heute kaum mehr auftretende Ereignis wird unter 6.2 näher beschrieben.

Aufgrund der dauerhaft niedrigen Wasserstände der Isar im Jahre 1943 wurde der Pegel am 1.2.1944 um 2 Meter tiefergelegt (LFU 2001d, S. 2). Wie auch beim Pegel Landshut, ging das Beobachtungsblatt vom Dezember 1944 beim Postversand verloren (LFU 1925-1955, 14/1944). Zum Ende des 2. Weltkrieges wurde am 27. April 1945 die Isarbrücke von SS-Einheiten gesprengt, wodurch auch der Pegel völlig zerstört wurde; der Behelfspegel wurde ein Jahr später bei den Sprengarbeiten im Zuge der Brückenräumung mehrfach von Trümmern getroffen, konnte aber wieder repariert werden. Vom 20.6. bis um 6. Mai 1946 müssen alle Pegelangaben um 8 cm nach oben korrigiert werden, da die Höhenlage des Pegels nicht stimmte. Ab dem 18.7.1947 ist der neue Schreibpegel in Betrieb (LFU 2001d, S. 3 und LFU 1925-1955, 7/1947).

Im August 1955 wird schließlich die Behelfsbrücke aus dem Jahre 1946 wieder abgebrochen, wodurch auch der Schreibpegel abgebaut werden muß. Da nur noch Lattenpegelablesungen möglich sind und der Brückenneubau den Pegel wieder stark beeinflussen würde, ist die Verlegung des gesamten Pegels geplant. Diese wird dann 1957 durchgeführt (LFU 2001d, S. 3).

3.3.8 Landau

Da der Pegel Landau nur wenige Kilometer von Dingolfing und Plattling entfernt liegt und von der Datenlage recht exakt dem von Dingolfing entspricht, habe ich mich für den Pegel in Dingolfing entschieden, damit der Abstand zwischen den einzelnen Pegeln etwas größer ist. Es existieren Beobachtungsblätter ab Oktober 1825, auch eine Pegelchronik ist vorhanden (LFU 2001e).

Die Beobachtungsblätter vom Winter 1929 wurden digitalisiert, um den Eisstoß in der unteren Isar besser darstellen zu können. Der Eisstoß führte so viel Eis, daß man trockenen Fußes von Eisscholle zu Eisscholle den Fluß überqueren konnte. Die Brücken der Stadt wurden vom Eis stark gefährdet (Internetseite LANDAU A. D. ISAR; vgl. 6.2).

3.3.9 Plattling



Abb. 18: Lattenpegel in Plattling im Mai 1915.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

Der letzte Pegel vor der Mündung der Isar in die Donau ist der von Plattling. Dies ist der Grund, warum er in diese Arbeit aufgenommen wurde, auch wenn die im Archiv des LfU verfügbaren Beobachtungsblätter erst im Jahre 1895 beginnen. Eigentlich sollten die Aufzeichnungen – wie beim Freisinger Pegel – bis ins Jahr 1826 zu-

rückreichen (LfU 2001f und LfU 2008). Dieses und die Probleme mit dem Landshuter Pegel am Maxwehr sind auch die Gründe, warum der Dingolfinger Pegel überhaupt in diese Arbeit aufgenommen wurde. Er befindet sich bei Flußkilometer 9,0 auf der linken Seite.

1890 bis 1900 wurde der Pegel aufgrund von Korrektionsmaßnahmen im Fluß in ein Altwasser verlegt und dort erstmals auf 316,287 m ü. NN eingemessen. 1900 wurde der Pegel an der Brücke angebracht und „nach bayerischem Präzisionsnivellement“ (LfU 2001f, S. 2) der Pegelnullpunkt auf 316,346 m ü. NN festgesetzt. 1906 kam ein Schreibpegel hinzu, der allerdings im Altwasser aufgestellt wurde was 1916 in einem Schreiben so kommentiert wurde: „Der Schreibpegel steht im Altwasser und hat



Abb. 19: Lattenpegel an der Eisenbahnbrücke Plattling im Mai 1915.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

keine Verbindung mit dem aktiven Fluß. Die Bauten und Auen, die dieses Altwasser vom Fluß abschließen sind im Laufe der Jahre so hoch geworden, daß sie nur bei außerordentlichen HW überronnen werden. Aufzeichnungen sind nicht zu verwenden“ (LFU 2001f, S. 2).

1915, zur Entstehungszeit der beiden Abbildungen 18 und 19 wurde wohl gerade an den Brücken über die Isar gebaut. Leider konnte nicht genau nachvollzogen werden, was im einzelnen gebaut wurde und welche der dargestellten Pegellatten abgelesen wurde.

Der Eisstoß vom Februar und März 1929 (vgl. 6.2) ist in den Beobachtungsblättern recht gut dokumentiert, die getätigten stündlichen Ablesungen, die auf einem Beiblatt mit Bleistift vermerkt sind (LFU 1895-1955b, 1/1929), liegen den Beobachtungsblättern allerdings nicht bei. Im Herbst desselben Jahres und auch wieder im Frühjahr 1952 wird der Pegel jeweils von Kiesbänken beeinflusst. 1933 wird der 26 cm tiefer bei 316,320 m ü. NN nivelliert. Die Beobachtungen sind zum Ende des 2. Weltkriegs ab dem 29. April bis zum 28. Mai 1945 „wegen Kriegshandlungen unterbrochen“ (LFU 1895-1955b, 6 und 7/1945). Zu denken gibt, daß diese fehlenden Beobachtungen mit Werten vom Pegel Landshut Birket ergänzt worden sind, obwohl dieser vom 1. bis zum 14. Mai 1945 gar nicht abgelesen werden konnte (vgl. 3.3.6).

3.4 Digitalisierung und Weiterverarbeitung der Daten

Die Chroniken, die weitestgehend handschriftlich vorlagen, mußten digitalisiert werden, um sie in einem einigermaßen „handlichen“ Format weiter bearbeiten zu können. Mittels Stativ und digitaler Fotokamera wurde von den ausgewählten Pegeln jedes einzelne Blatt aufgenommen und als jpg-Datei gespeichert. Anschließend wurde jede Bilddatei mit dem Namen des Pegels, dem Jahr und einer laufenden Nummer versehen, wobei das Deckblatt eines jeden Jahres die Nummer (0) bekam. Insgesamt wurden so über 5800 Bilder mit 3,5 Gb Gesamtgröße erzeugt. Darüber hinaus wurde vom LfU der Pegel Mittenwald ab 1936 in Form von über 250 Seiten in Kopie zur Verfügung gestellt.

Um Aussagen über das Hochwasserverhalten der einzelnen Pegel machen zu können, ist es notwendig diese graphisch darzustellen. Dafür wurden zunächst sämtliche Monatshöchstwerte der einzelnen Monate in die ODS-Tabelle „Monatshöchstwerte 1825-1955“ eingetragen. Vor allem in den ersten 80 bis 100 Jahren der Aufzeichnungen wurde einmal täglich morgens zwischen 6 und 9 Uhr der Wasserstand aufgeschrieben. In späteren Jahren, als die ersten Schreibpegel installiert waren beziehungsweise auch bei besonders starken Ereignissen, wurde auf den Beobachtungsblättern häufig der Spitzenwert eines Monats verzeichnet, also der unabhängig von der Uhr-

zeit gemessene absolute Höchstwert. Zusätzlich sind ab Anfang des 20. Jahrhunderts bei vielen Hochwasserereignissen sogenannte Stundenwerte aufgeschrieben worden, die den Verlauf der Hochwasserganglinie dokumentieren, hierauf wird unter 5.2 noch näher eingegangen.

Die Tabelle „Monatshöchstwerte 1825-1955.ods“ enthält die folgenden Pegel: Mittenwald, Bad Tölz, Landshut, Dingolfing und Plattling. Pegelnullpunktänderungen sind durch einen waagrechten Strich zwischen den Monatshöchstwerten gekennzeichnet. Die Spalten für jeden einzelnen Pegel enthalten folgende Angaben (vgl. Abb. 20): Die Monats- und Jahresangabe der ersten Spalte bilden die X-Achse der Diagramme. Die Pegelhöhe in *Schuh*, *Zoll* und *Linien* für alle Pegelbeobachtungen vor 1872. Die Höhe des Pegels in *cm*, die gegebenenfalls aus den alten Maßen Schuh, Zoll und Linien berechnet wurde (vgl. 3.2).

Ort / Zeit	Schuh	Zoll	Linien	cm	Pnp korrigiert	SW?	Tag	Höchststand	Mittelwert	MZ	31Jahre	Mittel	15+;15-	Mittel
------------	-------	------	--------	----	----------------	-----	-----	-------------	------------	----	---------	--------	---------	--------

Abb. 20: Kopfzeile aus der OpenOffice-Tabelle "Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods"

Pnp Korrigiert werden alle Daten auf den Stand des jeweiligen Pegelnullpunkts von 1955, die genauen Korrekturfaktoren und Zeiträume sind der jeweiligen Pegelchronik entnommen und in der Tabelle 2 im Anhang ersichtlich. Die Ausnahme bildet der Pegel Mittenwald. Da hier, wie schon unter 3.3.1 geschildert, die letzten fünf Monate des Jahres 1955 der Pegel um 89 beziehungsweise um 100 cm geändert wurde, wird zwar der Pegelchronik getraut und mit 89 cm korrigiert, sicherheitshalber aber alle Werte auf den Pegelnullpunkt des Jahres 1954 berichtigt. Korrigierte Werte sind grün hinterlegt, unkorrigierte blau.

Es muß für diese Korrekturen vorausgesetzt werden, daß der Pegel immer am gleichen Ort bei einem gleich bleibenden Flußquerschnitt aufgestellt ist. Dies ist allerdings nie mit völliger Sicherheit nachweisbar und zudem auch sehr unwahrscheinlich, da schon jedes mittlere Hochwasser das Querprofil verändern kann. Zudem wurden die meisten Pegel aufgrund von Brückenneubauten, Flußregulierungen und Zerstörungen immer wieder versetzt (vgl. die Beschreibung der einzelnen Pegel in 3.3.1 bis 3.3.9). Eine weitere Unsicherheit sind eventuelle Meßfehler bei der Einmessung des Pegelnullpunktes. In wieweit die durchgeführten Pegelnullpunkt-korrekturen deshalb zulässig sind oder nicht, kann aufgrund der vielen Unwägbarkeiten nicht abschließend geklärt werden. Um lange Datenreihen generieren und Änderungen ablesen zu können, sind sie aber unerlässlich. Kleine, unmerkliche Fehler oder auch große, offensichtliche wie die Pegelnullpunkt-korrektur von Landshut Birket im Juni 1883, müssen daher in Kauf genommen werden.

Die Spalte *SW?* markiert die oben erwähnten Spitzenwerte innerhalb eines Monats. In der Spalte *Tag Höchststand* stehen die jeweiligen Tage, an denen der Monatshöchststand stattgefunden hat. Dies können einer, oder auch mehrere Tage sein. *Mittelwert* ist der Mittelwert über die gesamte Meßreihe, der in der Spalte *MZ* vom jeweiligen Monatshöchstwert subtrahiert wird. Dieses Vor-

gehen wird „Mittelwert-Zentrieren“ (engl. *mean centering*) genannt. Die mittelwertzentrierten Wasserstände werden im Diagramm auf der Y-Achse aufgetragen. In den beiden letzten Spalten werden noch 31 jährige Zeitreihen gebildet; in der dunkelgrünen werden jeweils die 30 vorher und das betreffende Jahr zu einem Mittelwert zusammengefaßt, in der hellgrünen das betreffende Jahr und die 15 Jahre davor und danach.

Die danach folgenden Spalten werden unter 5.1.1 besprochen.

3.5 Verhalten der Pegelganglinien über die Jahrzehnte

Das erste Diagramm in der Datei „Monatshöchstwerte 1825-1955.ods“ „Ganglinien nicht mittelwertzentriert“ wirkt ziemlich unübersichtlich. Die Y-Achse wird hier mit den Werten der Spalte *Pnp korrigiert* gebildet. Da die Nullpunkte der Pegel nicht einheitlich sind, müssen sie mittelwertzentriert werden um in einer Graphik vergleichbar zu werden. Dies ist im zweiten Diagramm „Ganglinien mittelwertzentriert“ dargestellt. Aufgrund der großen Anzahl von Pegelganglinien und ihren nun gemeinsamen Nullpunkt ist sie aber fast noch unübersichtlicher als das erste Diagramm. Generell läßt sich sagen, daß die Ganglinien sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts eintiefen, kurz nach der Jahrhundertwende eine Erholung stattfindet, und ab den 1930er Jahren der Trend wieder nach unten gerichtet ist. Die größten Wasserstände von 1851, 1853, 1899, 1920, 1924, 1940 und 1954 ragen steil aus dem allgemeinen Auf und Ab heraus. Um jedoch ins Detail gehen zu können, ist es notwendig, zunächst jeden Pegel für sich zu betrachten.

3.5.1 Mittenwald

Die Isar bei Mittenwald verhält sich im Grunde lehrbuchmäßig: gleichbleibend – Eintiefen – gleichbleibend (vgl. Diagramm „Mittenwald“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“). Vom Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1825 bis etwa 1892 bleibt die Kurve in etwa auf gleicher Höhe, nach einem Sprung um etwa 25 cm nach unten im Jahr 1893 bleibt sie für weitere 14 Jahre ziemlich konstant. Das leichte Ansteigen des Wasserstandes über mehrere Jahre, welches sich besonders über die Wintermonate verfolgen läßt, wird durch das Frühjahrschmelzwasser einzelner Jahre wieder ausgeglichen. Es akkumuliert also über einige Jahre Kies, der dann in einem relativ kurzzeitigen Ereignis wieder abgetragen wird. Insgesamt läßt sich dieser Vorgang achtmal ausmachen: 1835-1838, 1840-1845, 1846-1853, 1858-1862, 1864-1867, 1880-1892, 1893-1900, 1901-1907. Die größte Lücke befindet sich in den Jahren 1868 bis 1879,

und am Anfang der Aufzeichnungen bis 1835, hier ist diese Regelmäßigkeit nicht gegeben. Gerade die Anfangsperiode mit ihren Beobachtungsunterbrechungen (siehe 3.3.1) und den im Vergleich zu den folgenden Jahrzehnten ungewöhnlich geformten scharfen Peaks will nicht so recht ins Bild passen.

Die ersten Korrekturmaßnahmen begannen in Mittenwald 1859, 1939 hatte die Isar um Mittenwald ihre heutige Gestalt. Dies läßt sich aufgrund der Eintiefung, die der langen Periode des Gleichbleibens von 1826 bis 1892 folgt, nachvollziehen. Im 31-jährigen Mittel, das mit jeweils 15 Jahren vor und nach einem bestimmten Jahr berechnet wird, sinkt die Ganglinie mit Beginn der 1890er Jahre deutlich ab. Von 1893 bis 1907 verharrt die Ganglinie auf einem tieferen Niveau ziemlich konstant, anschließend sinkt sie, bis sie 1925 ihren tiefsten Stand erreicht, auf dem sie bis 1955 bleibt. Im ganzen sind es etwa 125 cm die die Werte ab 1925 tiefer liegen als die von vor 1890.

3.5.2 Bad Tölz

Da die Beobachtungen des Tölzer Pegels erst ab 1895 vorliegen, kann über die 70 Jahre davor keine Aussage getroffen werden. Auch die folgenden 60 Jahre sind nicht sonderlich abwechslungsreich: von einer leichten Absinkungstendenz der Ganglinie von etwa 15 bis 20 cm nach dem Hochwasser von 1899 abgesehen, verläuft der Mittelwert relativ ruhig (vgl. Diagramm „Bad Tölz“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“). Dies liegt daran, daß die großen Eingriffe in die Isar die diesen Flußabschnitt besonders stark umformten erst nach 1955 stattfanden. Der Bau des Sylvensteinspeichers führte zu starken Eintiefungen, da der Geschiebenachschub gegen Null ging und auch der Bau des Tölzer Kraftwerks, das 1961 in Betrieb genommen wurde ist in diesen Pegelaufzeichnungen nicht mehr enthalten.

3.5.3 Landshut

Die Ganglinie des alten Pegels von Landshut am Maxwehr sinkt in den ersten Jahren seiner Aufzeichnung bis Anfang der 1830er Jahre leicht ab. Neben den großen Ausschlägen, die ab 1845 nahezu gänzlich aufhören, fällt zudem auf, daß die Ganglinie im weiteren Verlauf langsam abfällt, was etwas verwunderlich anmutet, da angenommen werden kann, daß der Pegel sich an einer unveränderlichen Stelle am Wehr angebracht befand. Man hat fast das Gefühl, daß die Kurve des Pegels ab 1845 „ausläuft“: die Ausschläge werden immer schwächer und muten neben der

1879 beginnenden Kurve von Landshut Birket fast schon wie eine Gerade an (vgl. Diagramm „Landshut“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“). Dies mag an der veränderten Konstruktionsweise oder Bedienung des damaligen Maxwehres um 1845 liegen (vgl. 3.3.5 und die Pegelbeobachtungsblätter von Landshut Maxwehr (LfU 1826-1952)). Leider sind von den Stadtwerken Landshut sowie dem Wasserwirtschaftsamt Landshut keinerlei Informationen über das Maxwehr vor dem Jahr 1900 zu erhalten, weshalb nur gemutmaßt werden kann.

Mit dem Jahr 1885 habe ich die Übertragung der Daten des Pegels Landshut Maxwehr von den Beobachtungsblättern in die Exceltabelle eingestellt, da nicht zu erwarten war, daß sich die Situation am Maxwehr bis 1901 grundlegend ändern würde und der Pegel somit wieder Aussagekräftig oder sogar mit dem Pegel Landshut Birket vergleichbar werden würde. Die Verwendbarkeit des Pegels Landshut Maxwehr bleibt somit auf die Jahre 1826 bis etwa 1845 beschränkt.

1879 beginnt wie erwähnt die Aufzeichnung am Pegel Landshut Birket mit wesentlich größeren Ausschlägen als Landshut Maxwehr sie je aufweisen kann (vgl. Diagramm „Landshut“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“). Landshut weist im Jahresverlauf generell die größten Ausschläge auf, was durch die Einengung des Flußbettes im Bereich des Pegels erklärt werden kann. Hochwasserspitzen fehlen hingegen nahezu vollständig, da das Wasser bei Hochwasser das Flußbett vor dem Pegel verläßt und in die Überschwemmungsflächen und die nördlich um die Stadt führenden Hochwasserentlastungsstrecken fließt.

Die ersten Jahre bis 1883 verläuft die Ganglinie in etwa gleich, im Juli 1883 sinkt sie nahezu schlagartig etwa einen Meter, was die Frage nach einer fehlerhaft dokumentierten Pegelnullpunktänderung aufwirft. Setzt man statt des Korrekturwertes für den Zeitraum 1879 bis 1883 den von 1884 bis 1895 ein, verläuft die Kurve ohne diesen krassen Sprung. Eventuell wurde also der Pegelnullpunkt 1879 falsch eingemessen. In den Folgejahren bis etwa 1900 erhöht sie sich wieder um etwa einen $\frac{3}{4}$ Meter. 1900 bis etwa 1930 verläuft sie ohne erkennbare Tendenz, anschließend sinkt die Ganglinie immer tiefer, so daß sie 1953 1,5 m tiefer liegt als noch 1930. Warum die Linie 1884 schlagartig absinkt kann weder mit einem Hochwasser noch mit Baumaßnahmen in dem Bereich erklärt werden. Zwar wurden 1880 die beiden Flutmulden nördlich und südlich des Hauptbahnhofes erstellt, diese waren aber nur für Hochwasser und nicht als Umleitung der Isar konzipiert. Eine mögliche Erklärung wäre eine undokumentierte Pegelnullpunktänderung. Zumindest ab 1884 erhöht sich Die Ganglinie der Isar vor Landshut kontinuierlich, dies kann auf die großen Geröllfrachten zurückgeführt werden die durch die Regulierung in München und unterhalb davon erodiert und vor Landshut wieder akkumuliert wurden. Ab 1910 beginnen die getroffenen Maßnahmen in und um Landshut Wirkung zu zeigen denn der Scheitel wird überschrit-

ten, die Isar landet im Bereich des Birketpegels nicht mehr weiter auf. In der Folgezeit tieft sie sich bis in die 50er Jahre hinein immer stärker ein. Dies dürfte auch darauf zurückzuführen sein, daß nach der Stilllegung des ersten Uppenborn Kraftwerkes 1930 die starke rückschreitende Sohlenerodierung in der Isarschleife unterhalb Moosburg aussetzte und mit dem Mittleren Isarkanal der Geschiebetransport zwischen München und Landshut im großen und ganzen beendet wurde.

3.5.4 Dingolfing

Der abwechslungsreichste Pegel ist der Dingolfinger, dessen Ganglinie durch ihre Wellenbewegung auf den ersten Blick auffällt (vgl. Diagramm „Dingolfing“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“). Von 1825 bis 1850 steigt sie langsam, von einem kleinen Tiefpunkt um das Jahr 1837 einmal abgesehen, um einen guten halben Meter an und bleibt anschließend bis 1879 in etwa gleich. 1878-85 sinkt die Ganglinie um rund 1 m ab, um dann ab 1900 wieder um eben diesen Meter wieder anzusteigen. Nach dem Maximum ums Jahr 1920 sinkt die Ganglinie um etwa 2 m ab. 1954 sind die Auswirkungen des Hochwassers durch eine Zunahme erkennbar.

Die Aufschotterung um rund einen halben Meter in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts könnte auf beginnende Regulierungsmaßnahmen in Landshut zurückzuführen sein, gestoppt wird sie jedenfalls um 1850 nach den großen Hochwassern von 1851 und 53. Der Beginn des Ausbaus der Isar von Landshut bis zur Mündung ist recht gut an der beginnenden Eintiefung 1880 erkennbar. Das dieser Erfolg aber nicht von langer Dauer war, zeigt die Wiederaufschotterung ab 1900. Diese könnte zum einen Langzeitauswirkungen des Hochwassers von 1899 und der Regulierungen der Isar weiter Flußaufwärts sein, daneben aber auch die flußaufwärtsgerichteten Auswirkungen der ständigen Auflandungen im Mündungsbereich bei Plattling. Mit Fertigstellung des Mittleren Isarkanals nimmt die Geschiebezufuhr bis 1930 ab, so daß auch die Eintiefung wieder beginnen kann, die erst wieder 1954 durch das große Hochwasser unterbrochen wird. 1948 wird unterhalb Landshuts begonnen die Kraftwerkstreppe bis Plattling zu errichten. Der Baustopp bei Dingolfing 1957 verursachte den Sohldurchschlag, der unter 2.11 bereits beschrieben wurde. SCHEURMANN (1998a, S. 34) berichtet über die Jahre nach 1955, daß die Ganglinie sich bis 1960 weiter eintieft und der Pegel nach dem Einstau des Gottfriedinger Wehres bedeutungslos wird.

3.5.5 Plattling

Der Plattlinger Pegel nimmt eine Sonderstellung ein, da in den Jahren 1895 bis 1955 nur akkumuliert wird (vgl. Diagramm „Plattling“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“), lediglich in den Jahren ab 1950 beginnt eine Eintiefung, die 1954 von den Auswirkungen des Hochwassers wieder ausgeglichen wird. Der Mündungsbereich der Isar war immer schon Akkumulationsgebiet, da das Gefälle der Isar geringer wird und somit die Transportkraft des Flusses nachläßt. Durch die Korrekturen in der Isar und die daraus resultierende Eintiefung und Erodierung der Flußsohle wurde zusätzlich aufgeschottert. Zahlreiche Versuche die Isar auch in der Umgebung von Plattling zur Eintiefung zu bewegen, blieben im Betrachtungszeitraum mehr oder weniger erfolglos. So wurde die Korrektur der Isar bis zur Mündung in die Donau fortgesetzt, die sie 1905 erreichte. Von 1928 bis 1955 wurden darüber hinaus 2 Millionen m³ Kies aus der Isar gebaggert. Aber erst in den 50er-Jahren und darüber hinaus sind die Auswirkungen der Baggerungen und der ausbleibende Geschiebenachschub spürbar: die Isar tiefte sich 1950 bis 1953 etwa einen halben Meter ein. Das Hochwasser von 1954 bringt wohl nur eine kurze Akkumulationsphase, denn nach SCHEURMANN (1998a, S. 34) verharrt sie in dem rund einen halben Meter tieferen Zustand über 30 Jahre. Mittlerweile ist die gesamte Strecke zwischen der untersten Staustufe Pielweichs und der Donau von Eintiefung betroffen (vgl. 2.11).

3.6 Verhalten benachbarter Pegelganglinien zueinander

Für die Beurteilung des Geschehens zwischen den einzelnen Pegeln, und um Geschiebeverlagerungen innerhalb der Isar ausmachen zu können, ist es wichtig, auch die nacheinander an der Isar befindlichen Pegel miteinander zu vergleichen. Dafür werden die Ganglinien benachbarter Pegel übereinander gelegt und im folgenden beschrieben.

3.6.1 Mittenwald – Bad Tölz

Der Vergleich zwischen Mittenwald und Bad Tölz ist schwierig, da es sich in Mittenwald um einen rein von der Schneeschmelze beeinflussten Gebirgsfluß handelt, bei Bad Tölz ist der ausschließliche Gebirgscharakter schon etwas verwischt. Dies fällt auch bei der Zusammenschau der Ganglinien beider Pegel im Diagramm „Mittenwald-Bad Tölz“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“ sofort ins Auge: während sich der Mittenwalder Pegel durch eine genaue jahreszeitliche Regelmäßigkeit auszeichnet die sich sowohl in der Höhe der Aus-

schläge als auch in zeitlichen Abläufen widerspiegelt, ist der Bad Tölzer Pegel über das ganze Jahr verteilt relativ unruhig. Dies liegt vor allem an der nicht zwingend den ganzen Winter vorherrschenden Kälteperiode. Tauperioden können durchaus auch mitten im Winter, zudem verbunden mit Regenfällen, auftreten, wodurch starke Abflußspitzen entstehen können.

Da die Pegelaufzeichnungen aus Bad Tölz erst ab 1895 vorliegen, können die beiden Pegel erst ab diesem Datum miteinander verglichen werden. Parallel bewegen sich die Ganglinien nur in den ersten 5 Jahren, dann sinkt die Mittenwalder gegenüber der Bad Tölzer ab. Nach Abschluß dieses Absinkvorgangs um 1930 verlaufen die beiden Ganglinien wieder Parallel. Dies deutet darauf hin, daß die Eintiefung in Mittenwald keinerlei Auswirkungen auf Bad Tölz hatte, was darauf zurückzuführen ist, daß das erodierte Geschiebe in der Gegend um Vorderriß oder Lengries abgelagert wurde, allerdings nur bis Anfang der 20er Jahre der Ableitung des Isarwassers in Richtung Walchensee besteht. Seitdem ist für das Geschiebe am Krüner Wehr Endstation.

3.6.2 Bad Tölz – Landshut

Aus dem Diagramm „Bad Tölz-Landshut“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“ läßt sich folgendes ablesen: ab 1895 laufen beide Ganglinien in etwa parallel, das leichte Auf- und Absteigen der Landshuter Kurve mit dem Scheitelpunkt um 1910 sticht nicht sonderlich heraus. Erst ab 1941 sinkt die Landshuter Ganglinie merklich gegenüber der Bad Tölzer ab. Die Korrekturen in und um München sind zwar 1895 weitestgehend abgeschlossen, trotzdem bleibt der Vergleich beider Pegel schwierig, da sie sehr weit auseinander liegen. Ab 1941 sinkt die Landshuter Ganglinie gegenüber der Bad Tölzer merklich ab. Mögliche Gründe dafür wurden unter 3.5.3 bereits dargestellt.

3.6.3 Landshut - Dingolfing

Schwer einzuordnen ist der Pegel Landshut Maxwehr, der sich aufgrund seiner lang zurückreichenden Aufzeichnungen eigentlich ideal für den Vergleich mit Dingolfing eignen sollte. Von 1826 verhalten sich die Ganglinien parallel, auch die Übereinstimmung der Hochwasser sind gut (vgl. Diagramm „Landshut-Dingolfing“ in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“). Zu dieser Zeit waren im Mittleren Bereich der Isar, abgesehen von kleinen örtlichen Hochwasserschutzbauwerken, noch keinerlei Eingriffe vorgenommen worden.

Ab 1845 hört mit den großen Ausschlägen auch die Übereinstimmung mit dem Pegel Dingolfing

auf, nur noch anhand einiger weniger Ausschläge ist zu erkennen, daß der Pegel auf die gleichen Hochwasser reagiert wie der Dingolfinger Pegel, zum Beispiel 1850, 1851, 1853, 1855 und 1861. Später verlaufen die Linien dann teils sogar gegenläufig, was im Jahr 1870 gut verdeutlicht wird.

Während die Maxwehrganglinie, wie unter 3.5.3 erläutert, nahezu auf konstanter Höhe bleibt, schottert die Isar bei Dingolfing ab etwa 1850 merklich auf.

Der weitere Vergleich kann erst 1879 mit dem Beginn der Aufzeichnungen am Pegel Birket fortgesetzt werden. Der Ganglinie des Birketpegels verläuft lange Zeit parallel zur Dingolfinger. Allerdings überlagern sie sich erst ab der Pegelnullpunktänderung des Pegels Birket 1883 (vgl. 3.5.3), was dafür spricht, daß der Birketpegel in den ersten Jahren seines bestehens falsch eingemessen war. Im Gegensatz zur Schlagartigen Absenkung der Birketganglinie 1883 verläuft die Absenkung der Kurve des Pegels Dingolfing über 10 Jahre hinweg von 1878 bis 1885. Ab 1883 verlaufen beide Kurven nahezu deckungsgleich, abgesehen von den Jahren 1892 bis 1901 und wieder ab 1927, in denen die Ganglinie von Landshut jeweils etwas über der von Dingolfing liegt. Auffällig ist, dass diese Änderungen in den Jahren 1901 und 1925 mit Pegelnullpunktänderungen am Pegel Dingolfing zusammenfallen.

Aufgrund der Lage beider Pegel an der Mittleren Isar treten an beiden Pegeln die gleichen Phänomene auf, in Eintiefungsperioden reagiert die Ganglinie Dingolfings allerdings stärker, so daß Anfang der 1950er Jahre die Ganglinie um fast 50 cm tiefer liegt.

3.6.4 Dingolfing - Plattling

Leider kann die Ganglinie Dingolfing erst ab 1895 mit Plattling verglichen werden. Auf den ersten Blick fällt im Diagramm „Dingolfing-Plattling“ (siehe Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“) auf, daß sie im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts recht parallel verlaufen, beide Pegel sich also im Akkumulationsgebiet befinden. Erst ab 1925, in dem sich die Dingolfinger Ganglinie absenkt, trennen sich die beiden Linien immer weiter voneinander. Daran läßt sich erkennen, daß der Unterlauf trotz aller Bemühungen dies zu ändern weiter Akkumulationsgebiet bleibt, während im Mittellauf Eintiefung vorherrscht. Dies wird sich erst nach 1955 ändern wie unter 3.5.4 und 3.5.5 beschrieben.

4 Die historischen Abflußmessungen

4.1 Die Schwierigkeiten der Berechnung historischer Abflußdaten

Das Ziel ursprüngliche Ziel, aus den Wasserstandsdaten Abflüsse zu generieren mußte recht schnell aufgegeben werden, da dies nach schriftlicher Mitteilung von Herrn HOLLE (2008) von der Hochwassernachrichtenzentrale des LfU in München nur sehr schwer möglich ist. Hier einige Auszüge seiner E-Mail, die die Problematik verdeutlichen: *„Ein einfaches (mathematisches) Verfahren zur Umrechnung extremer historischer Wasserstände in Abflüsse gibt es nicht. Am genauesten sind 1- bzw. 2-dimensionale hydraulische Modelle mit denen über die Längs- und Querprofile (Nassprofile), ein Geländemodell, die Geländerauhigkeiten und die sonstigen Abfluss beeinflussenden Faktoren, wie z.B. Rückstauwirkungen, der Abfluss, bzw. entsprechend der Modellgenauigkeiten ein möglicher Abflussbereich festgelegt wird. In der Regel ist aber die Datenlage so schlecht, dass sich die Aufstellung eines 1D oder 2D Modells nicht lohnt. Hier hilft dann in der Regel eine grobe hydraulische Abschätzung, in der ein (geschätztes) Querprofil zur Ermittlung der durchflossenen Fläche, das (geschätzte) Längsgefälle und die Rauigkeit im Querschnitt benötigt wird. Sind diese Größen plausibel geschätzt, kann auch der Durchfluss = mittlere Geschwindigkeit (z.B. über die Formel nach Manning-Strickler) durchflossene Fläche plausibel geschätzt werden, bzw der Durchflussbereich durch entsprechende Variation der Eingangsparameter abgeschätzt werden. Bei dieser Berechnung können eventuell vorhandene Rückstauwirkungen nicht direkt berücksichtigt werden.*

Einen Anhaltswert für die Abflussermittlung geben auch "historische" Wasserstands-Abfluss-Beziehungen, wenn man davon ausgehen kann, dass sich die Querschnittsverhältnisse und Rauigkeiten zwischen den extremen historischen Ereignissen und der Ermittlung der W/Q-Beziehungen nicht wesentlich geändert haben. Aber auch bei diesen W/Q-Beziehungen muss man berücksichtigen, dass im Extrembereich die Beziehungen nicht durch Messungen belegt sind, sondern mehr oder weniger sinnvoll extrapoliert wurden.

Wegen der fehlenden Datengrundlage gibt es also in der Regel keine Möglichkeit den Abfluss aus historischen Hochwassermarken auch nur näherungsweise genau zu bestimmen.“

Das Hauptproblem ist also, daß es an der Isar keine beständigen Querschnittsprofile gibt, da die Isar, mit Ausnahme der mittlerweile im Sylvensteinspeicher verschwundenen Schlucht bei Fall, nirgends ein dauerhaftes, unveränderliches Profil aufweist. Daher machen es die Komplexität der nötigen mathematischen Modelle und die Unsicherheit, wie sich die Querschnittsprofile der Isar

an den einzelnen Pegelstandorten in der Zeit vor 1900 dargestellt haben, unmöglich, mathematisch signifikante Abflüsse im Rahmen dieser Diplomarbeit zu berechnen.

Deshalb mußte auf die im LfU vorhandenen Abflußberechnungen zurückgegriffen werden, die allerdings wesentlich weniger Jahre umfassen als die Wasserstandsmessungen.

4.2 Datenlage

Erste Abflußmessungen wurden ab 1878 an der Isar durchgeführt, allerdings waren dies keine Messungen über einen längeren Zeitraum, sondern punktuelle an unterschiedlichen Stellen. Ziel dieser *Wassermessungen* war es „über die Wasserabfuhr dieses Flusses einigermaßen ein Bild werfen [zu] lassen“ (KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE, 1888, S. 163). Die Wassermessungen von 1899 bis 1915 wurden vom KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU (1909, 1911b und 1916) in drei Bänden veröffentlicht, sie sind aber wegen ihrer nicht gegebenen Kontinuität schlecht verwendbar.

Im Archiv des LfU sind zwar die Wasserstandsdaten wie oben beschrieben (vgl. 3.1) auf vier Regalbrettern aufgereiht, von den Originalen der Abflußmessungen ist aber nichts zu finden. Abflußmessungen waren erst nach längerer Recherche der Archivleiterin als PC-Ausdrucke zu erhalten, die allerdings nicht alle Daten enthielten und so unvollständig waren, so daß sie erst durch die von Herr Schuster vom Referat 87 nachgereichten Daten recht vollständig wurden. Laut der Liste des LfU (2008) sollten die Abflußmessungen der Pegel Mittenwald Karwendelsteg und Bad Tölz Brücke ab 1926 im Original vorliegen, von Landshut Birket und Plattling schon ab 1901 und von Dingolfing erst ab 1953. Das Gebietspegelverzeichnis im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch 1946 (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1950-56) weist dieselben Anfangsjahre aus, lediglich in Dingolfing ist dort das Jahr 1946 für den Beginn der Abflußmessungen angegeben. Nach langer Wartezeit über zwei Monate können folgende Abflußdaten in die Arbeit aufgenommen werden: die Monatshöchstwerte von Mittenwald und Bad Tölz liegen komplett vor, von Bad Tölz sogar das Hydrologische Jahr 1910 in Form von Tagesmittelwerten. Für Landshut Birket gibt es keine Daten aus dem LfU, so daß auf die Gewässerkundlichen Jahrbücher zurückgegriffen werden mußte. Deshalb beginnen sämtliche Daten erst mit dem Hydrologischen Jahr 1936, enden aber 1940 schon wieder, um dann für die Hydrologischen Jahre 1946 – 50 wieder vorzuliegen. Die Daten aus Dingolfing liegen ab 1953 als Monatshöchstwerte vor. Der Pegel Plattling liegt mit sämtlichen Daten, das heißt mit Monatshöchstwerten und Tagesmittelwerten ab 1901 vor und ist somit, zumindest was die Abflüsse angeht, der am besten

dokumentierte Pegel an der Isar.

Der Versuch, über die Gewässerkundlichen Jahrbücher an Abflußdaten zu kommen, war nur teilweise erfolgreich, da sie erst ab 1937 in diesen veröffentlicht wurden. Zudem ändern sich ständig die ins Jahrbuch aufgenommenen Pegel. Während von in den Jahrbüchern von 1937-1940 (LANDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE UND HAUPTNIVELLEMENTS IN BERLIN, 1940, 1942, 1943 und FORSCHUNGSANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, 1949) die Abflußwerte von Mittenwald, Bad Tölz, München, Landshut und 1937 und 1940 auch noch Landau im Jahrbuch enthalten sind, schrumpft diese Zahl nach dem 2. Weltkrieg (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1950-56) auf nur noch einen Pegel: Landshut. 1950 kommt Bad Tölz hinzu, Landshut fällt dafür 1951 raus, ab 1952 werden Tölz und München geführt. Für die Kriegsjahre 1941-45 wurde 1952 von der BAYERISCHEN LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE ein Sammelband herausgegeben, der für die Pegel Mittenwald, Bad Tölz, München, Landshut, Landau und Plattling aber lediglich Monatsmittel-Höchst- und Tiefstwerte enthält.

Die Jahrbücher wurden unter unterschiedlichen Titeln ab 1899 veröffentlicht und sind bis auf die Jahre von 1940 – 1945 alle in der Staatsbibliothek in München vorhanden. Das Jahrbuch von 1940 sowie das Sammelbuch der Jahre 1941-45 konnten in der ETH-Bibliothek in Zürich gefunden und ausgeliehen werden, über den OPAC sind sie zumindest bayernweit nicht auffindbar.

Sämtliche Abflußwerte sind Tagesmittel, die in der Regel aus den Tageswasserständen abgeleitet wurden.

4.3 Verarbeitung der Abflußdaten

Die Abflußdaten lassen sich einfacher weiterverarbeiten als die Wasserstandsdaten. Da die absolute Größe des Abflusses über die Zeit gleich bleibt, ist weder eine Korrektur der Werte noch eine Mittelwert-Zentrierung wie beim Wasserstand notwendig (vgl. Abb. 21 und 3.4). Diese wür-

Ort / Zeit	[m³/s]	SW?	Tag Höchststand
------------	--------	-----	-----------------

Abb. 21: Kopfzeile aus der OpenOffice-Tabelle „Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1954.ods“

de zudem das Ergebnis verfälschen, da es ja um den direkten Vergleich der Abflußmenge zwischen den einzelnen Pegeln geht. Die Daten werden in der

OpenOffice-Datei „Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1954.ods“ verarbeitet und in Diagrammen dargestellt.

4.4 Verhalten der Abflußganglinien

Das Verhalten der Ganglinien im Diagramm „Abfluß“ in der Datei „Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1955.ods“ ist recht schwierig zu beschreiben, da sie nicht über einen genügend langen Zeitraum vorliegen. Sie sind, wie schon die Ganglinien der Wasserstände, aus Monatshöchstwerten generiert, die direkt miteinander verglichen werden können. Bei den drei längsten Ganglinien Mittenwald, Bad Tölz und Plattling (vgl. Diagramme „Mittenwald Abfluß“, „Bad Tölz Abfluß“ und „Plattling Abfluß“ in der Datei „Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1955.ods“) läßt sich weder eine Tendenz hin zu mehr oder weniger Abfluß erkennen. Dieses Ergebnis ist durchaus zu erwarten, da der Abfluß im Gegensatz zum Wasserstand unabhängig von Flußbetteintiefungen ist. Anthropogene Beeinflussungen, die im betrachteten Zeitrahmen zu einer Veränderung des Abflusses hätten führen können, spiegeln sich in den Daten nicht wieder, da zu Beginn der Ableitung des Isarwassers zum Walchensee in Mittenwald und Bad Tölz der tägliche Abfluß noch nicht ermittelt wurde. Die Veränderungen durch den Bau des Sylvensteinspeichers spielen aufgrund der Themenstellung in dieser Arbeit keine Rolle.

Im direkten Vergleich mit den Wasserständen desselben Hochwassers zeigt sich, daß die Abflußwerte die eigentliche Größe des Hochwassers noch besser deutlich machen. Da der Fluß bei einem Hochwasser auch in die Breite ausweicht, können Wasserstände allein die Dimensionen des tatsächlich vorhandenen Wassers nur beschränkt – nämlich in der Höhe – wiedergeben. Zudem bieten Abflußdaten den Vorteil, daß sie nicht von einem willkürlich festgelegten Nullpunkt abhängig sind. Allerdings müssen für eine korrekte Angabe der Abflüsse die Gerinnegeometrie und die Fließgeschwindigkeit des Gewässers regelmäßig neu vermessen werden.

4.5 Verhalten benachbarter Abflußganglinien zueinander

Interessanter ist das Verhalten der benachbarten Pegel zueinander, auch hier tritt aber das Problem der ungenügend langen Zeitreihen auf.

Beim Vergleich Mittenwald – Bad Tölz (vgl. Diagramm „Mittenwald-Bad Tölz Abfluß“ in der Datei „Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1955.ods“) fällt sofort auf, daß sich die Isar in diesem Abschnitt vom Gebirgsbach zum Alpenvorlandfluß entwickelt. Die Abflußmengen steigen beträchtlich, nur in den Wintermonaten fällt der Bad Tölzer Abfluß auf das Niveau des Mittenwalder Abflusses, woran man erkennen kann, daß die Isar bei Bad Tölz noch von ihrem Ursprung als Gebirgsfluß beeinflusst wird. Im Vergleich Bad Tölz – Landshut (vgl. Diagramm „Bad Tölz-Landshut Abfluß“ in der Datei „Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1955.ods“) wird deutlich, daß

in diesem Bereich die Wassermenge nochmals zunimmt, auch die winterlichen Monatsmaxima in Landshut liegen deutlich über denen in Bad Tölz. Zwischen Landshut und Plattling (vgl. Diagramm „Landshut-Plattling Abfluß“ in der Datei „Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1955.ods“) ändert sich nicht mehr so viel, interessant ist jedoch, dass die Abflußspitzen bei Hochwasser in Landshut deutlich größer sind als in Plattling. Diese Tatsache dürfte darauf zurückzuführen sein, daß zwischen Landshut und Plattling keine großen Nebenflüsse mehr in die Isar einmünden und es zu einer Verflachung der Hochwasserspitze kommt.

5 Historische Hochwasserereignisse

5.1 Suche historischer Hochwasser mittels Standardabweichung

Die Suche nach historischen Hochwasserereignissen wurde nach Abstimmung mit Oliver Böhm nach STURM, K., GLASER, R., JACOBET, J., DEUTSCH, M., BRÁZDIL, R., PFISTER, CH., LUTERBACHER, J., WANNER, H. (2001) durchgeführt. Daraus folgt, daß ein Hochwasser vorliegt, wenn der Wasserstand den Wert $3 \cdot \text{Standardabweichung} + \text{Mittelwert}$ übertrifft. Dies trifft nach der Tabelle der Standardnormalverteilung nur für 0,3 % der Wasserstände zu. Damit kann sichergestellt werden, daß nur wirklich große Hochwasserereignisse herausgefiltert werden.

5.1.1 Ermittlung 3. Standardabweichung-Ereignisse Wasserstand

Für die Suche nach diesen Ereignissen wurde die Tabelle „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“ erweitert (vgl. Abb. 22). Da die Wasserstandsganglinien sich im Laufe der Zeit verändern, also Eintiefung und Aufschotterung stattfindet, kann nicht einfach ein arithmetisches

Fehler	Idealer Geradenwert	IG + Fehler	IG + 2 F	IG + 3 F	1. Std-abw?	2. Std-abw?	3. Std-abw?
--------	---------------------	-------------	----------	----------	-------------	-------------	-------------

Abb. 22: erweiterte Kopfzeile aus der OpenOffice-Tabelle "Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods"

Mittel einer Reihe über alle Werte gebildet und anschließend die Standardabweichung berechnet werden. Es müssen Bereiche festgelegt werden, in denen sich die Ganglinie möglichst homogen verhält. Die einzelnen Pegel werden dafür nach den Ausführungen in 3.5.1 bis 3.5.5 in Zeitabschnitte unterteilt, deren Steigung in etwa homogen ist. Die Abschnitte gliedern sich wie folgt: Mittenwald: 1825 – 1892, 1893 – 1907, 1908 – 1924, 1925 – 1955. Bad Tölz: 1895 – 1899, 1900 – 1955. Landshut Maxwehr: 1826 – 1885. Landshut Birket: 1879 – 1883, 1884 – 1899, 1900 –

1930, 1931 – 1953. Dingolfing: 1825 – 1879, 1880 – 1899, 1900 – 1919, 1920 – 1955, Plattling: 1895 – 1909, 1910 – 1923, 1924 – 1949, 1950 – 1955. über die eine lineare Regression durchgeführt wird

Da das Ergebnis der Standardabweichungsberechnung über die einzelnen Abschnitte gerade bei aufsteigenden oder abfallenden Ganglinien, wie dies zum Beispiel bei der Dingolfinger Ganglinie ständig stattfindet, keine guten Ergebnisse liefert (entweder zu viele oder zu wenige), mußte die Methode verworfen werden. Stattdessen wird nun eine Regressionsgerade über alle Punkte eines Zeitabschnitts gelegt und deren Steigung ermittelt. Zunächst muß jedem Monatshöchstwert innerhalb des Zeitabschnittes bei Null beginnend eine fortlaufende Nummer gegeben werden.

In MS Excel wie auch in OpenOfficeCalc verwendet man für die Ermittlung der Steigung einer Geraden den Befehl „STEIGUNG“; als Daten für y werden die korrigierten Wasserstände und als Daten für x die fortlaufenden Nummern der Monatshöchstwerte aufgetragen. Ein negatives Ergebnis, also eine negative Steigung, zeigt für den Zeitabschnitt Abtrag, ein positives Aufschotterung an. Dadurch wird der optische Eindruck des Steigens und Fallens der Pegelganglinie mathematisch bestätigt.

Der Standardfehler, der bei der linearen Regression auftritt, wird mit

$$S = \sqrt{\frac{1}{(n-2)} \left[\sum (y - \bar{y})^2 - \frac{[\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})]^2}{\sum (x - \bar{x})^2} \right]}$$

berechnet, unter MS Excel und OpenOfficeCalc wird dafür „STFEHLERYX“ verwendet, wobei die Ausgangsdaten wieder die korrigierten Wasserstände für x und die Durchnummerierung der Monatshöchstwerte für y sind. Mit „ACHSENABSCHNITT“ wird der Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der y-Achse berechnet und damit der „Ideale Geradenwert“ für den ersten Monat im Zeitabschnitt mit der Nummer 0. Die folgenden Idealen Geradenwerte werden mit der Formel

$$y = m \cdot x + t$$

berechnet, wobei m die Steigung, x die Nummer des Monats (beginnend mit 0) und t der Schnittpunkt der Regressionsgerade mit der y-Achse ist.

Die 1. Standardabweichung in der Spalte 1. *Stabw* ergibt sich aus der Summe

$$\text{Idealer Geradenwert} + \text{Standardabweichung}$$

die 2. Standardabweichung aus

$$\text{Idealer Geradenwert} + 2 \cdot \text{Standardabweichung}$$

und so fort. Mit dem Befehl GGANZZAHL wird in den Spalten 1. *Stabw?* bis 3. *Stabw?* überprüft, ob die Abflußwerte über den Grenzwerten der 1. bis 3. Standardabweichung liegen, dann erhalten sie den Wert 1 und werden orange, rot und dunkelrot markiert. Die dritte Standardab-

weichung schließt 99,7% aller Werte mit ein, nur 0,3% der dunkelrot markierten absoluten Ausreißer nicht.

5.1.2 Ermittlung 3. Standardabweichung-Ereignisse Abfluß

Auch die OpenOffice-Tabelle „Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1954.ods“ muß für die Ermittlung der Abflußmaxima erweitert werden (vgl. Abb. 23). Da der Abfluß wie unter 4.3 schon aufgeführt, eine absolute Größe ist, hat seine Ganglinie auch nahezu keine Steigung. Deshalb müssen keine Abschnitte wie beim Wasserstand definiert werden und es ist auch keine Regression nötig, das arithmetische Mittel aller Abflußhöchstwerte eines Pegels genügt. Die Steigung beträgt in Mittenwald 0,02, in Bad Tölz -0,04 und in Plattling 0,04. Diese Werte sind für das weitere Vorgehen nicht relevant und seien hier nur der Vollständigkeit halber aufgeführt.

Die Standardabweichung s der einzelnen Monatsmaxima vom Mittelwert errechnet sich mit Hilfe der Formel

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

wie folgt: durch Quadrierung der Abstände vom arithmetischen Mittel $(x - \bar{x})^2$ werden negative Werte vermieden und weit entfernte Punkte zusätzlich betont. Anschließend werden diese quadrierten Werte summiert: Σ . Auch die Anzahl der Meßwerte fließt durch die Division durch die Anzahl der Freiheitsgrade, das heißt durch die Anzahl Meßwerte $n - 1$, mit ein. Abschließend wird noch die Wurzel gezogen, das Ergebnis ist die Standardabweichung s (BIORAMA, 2001). Unter OpenOfficeCalc wie auch Excel funktioniert dies mit dem Befehl STABW (erster Wert : letzter Wert).

standardabweichung	1. Stabw	2. Stabw	3. Stabw	1. Stabw?	2. Stabw?	3. Stabw?
--------------------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------

Abb. 23: erweiterte Kopfzeile aus der OpenOffice-Tabelle "Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1955.ods"

Die 1. Standardabweichung in der Spalte *1. Stabw* ergibt sich aus der

$$\sum \text{Mittelwert} + \text{Standardabweichung } s$$

die 2. Standardabweichung aus

$$\sum \text{Mittelwert} + 2s$$

und so fort. Mit dem Befehl GGANZZAHL wird wieder wie beim Wasserstand in den Spalten *1. Stabw?* bis *3. Stabw?* überprüft, ob die Abflußwerte über den Grenzwerten der 1. bis 3. Standardabweichung liegen, dann erhalten sie den Wert 1 und werden wie unter 5.1.1 beschrieben

markiert.

5.1.3 Ergebnisse der 3. Standardabweichung

Die Ergebnisse, die die 3. Standardabweichung in den Tabellen "Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods" und "Monatshöchstwerte Abfluß 1900-1955.ods" liefert, sind in der Tabelle 3 im Anhang zusammengefaßt. Die Zeiträume, für die Wasserstands- beziehungsweise Abflußdaten an einem Pegel vorliegen, wurden hellgrau markiert. Insgesamt wurde in 41 Monaten ein Hochwasser der 3. Kategorie festgestellt. In Abstimmung mit der Datenbank von Oliver Böhm wurden 12 Hochwasser ausgewählt, die möglichst an mehreren Isarpegeln und auch im übrigen Alpenvorland aufgezeichnet wurden. Diese wurden in der Tabelle 3 im Anhang dunkelgrau markiert und werden im folgenden näher vorgestellt.

Auffällig ist vor allem, daß es im Winter keine großen Hochwasser gibt. In den Monaten Oktober bis April gibt es kein einziges 3.-Standardabweichung-Hochwasser, lediglich am schwer einschätzbaren Pegel Landshut Maxwehr im Januar 1843 und im März 1845. Letzteres tritt immerhin in Dingolfing als 2.-Standardabweichung-Hochwasser auf (vgl. Tabelle 4 im Anhang). In den Wintermonaten November bis März sind auch 2.-Standardabweichung-Hochwasser eher die Ausnahme. In Mittenwald gibt es kein einziges, was am alpinen Einzugsgebiet liegt. Winterliches Tauwetter in Verbindung mit Regen kommt eher weiter flußabwärts vor, was die ansteigende Anzahl von winterlichen 2.-Standardabweichungsereignissen von Tölz über Landshut bis Dingolfing erklärt. Plattling kann nur zwei solche Ereignisse aufweisen, was daran liegen dürfte, daß die meisten Hochwasser sich bis dorthin verlaufen haben. Da es in der vorliegenden Arbeit aber vor allem um Extremereignisse geht, wird die genauere Darstellung dieser Ereignisse nicht weiter verfolgt.

5.2 Darstellung der historischen Hochwasser

Um die 3.-Standardabweichung-Hochwasser im Detail darzustellen, werden, soweit vorhanden, die täglichen Wasserstands- und Abflußmessungen ausgewertet. Um einen genaueren Überblick über die Entstehung und die jeweilige Situation zu bekommen, werden nicht nur die Tageswerte des Hochwassermonats sondern auch zusätzlich die des Monats davor und danach mit aufgenommen. Dadurch ergeben sich für jedes Hochwasser dreimonatige Kurven. Die Berechnungen und die Darstellung der Hochwasser wurde mit Hilfe der Datei „Tagespegelwerte einzelner

Hws.ods“ und „Tagesabflußwerte einzelner Hws.ods“ durchgeführt.

Die OpenOffice-Tabelle „Tageswasserstandswerte einzelner Hws.ods“ ist wie folgt aufgebaut: Für jedes Hochwasser gibt es eine eigene Tabelle, die sich in die Spalten in Abbildung 24 unterteilt. Die Spalte *X-Achse* enthält Monat und Jahr und wird im Diagramm auch dort aufgetragen, die Spalten *Schuh*, *Zoll* und *Linien* sind nur für Ereignisse vor 1872 relevant (vgl. 3.2), *[cm]* ist der Wasserstand in cm, der in der Spalte *Pnp-korrigiert*, falls nötig, auf den Pegelnullpunkt von 1955 umgerechnet wird. Im Falle einer Umrechnung sind die errechneten Werte grün hinterlegt. Von den Tageswasserständen der einzelnen Pegel wurde, um sie miteinander vergleichen zu können, der Mittelwert zentriert (vgl. 3.4), was in den beiden grau hinterlegten Spalten geschieht. Die zweite von ihnen, *MZ Jahr*, wird auf der y-Achse in den Diagrammen aufgetragen.

Jahr / Ort	Monat	Tag	x-Achse	Schuh	Zoll	Linien	[cm]	Pnp-korrigiert	JahresMW 1910	MZ Jahr
------------	-------	-----	---------	-------	------	--------	------	----------------	---------------	---------

Abb. 24: Kopfzeile aus der OpenOffice-Tabelle "Tageswasserstandswerte einzelner Hws.ods"

Zu Beginn der Bearbeitung der Tageswasserstandswerte wurde der Mittelwert zunächst nur über die drei dargestellten Monate berechnet; die jeweiligen Jahresmittelwerte des Hochwasserjahrgangs ergeben aber einen besseren Durchschnittswert, da nicht nur die Zeit um eine Extremsituation, sondern ein ganzes Jahr in die Berechnung einfließt. Die Verwendung des Mittelwertes über die gesamte vorliegende Meßreihe hätte zwar den Vorteil, daß die dreimonatigen Tageswasserstandsganglinien mit den Monatshöchstwertganglinien in der Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-1955.ods“ vergleichbar wären, allerdings auch den Nachteil, daß sich die Ganglinien im Laufe der Jahrzehnte durch die Aufschotterung und Eintiefung stark gegeneinander verschieben und so die Vergleichbarkeit der einzelnen Pegel bei einem relativ punktuellen Hochwasserereignis durch diese größeren Mittelwerte beeinträchtigt werden könnte. Als Beispiel für die je nach verwendetem Mittelwert unterschiedlichen Lagen der einzelnen Ganglinien zueinander sind beim Hochwasser 1940 ein Diagramm ohne Mittelwert-Zentrierung (Diagramm 16 im Anhang), eines mit der Mittelwert-Zentrierung über das dreimonatige Tageshöchstwertemittel des Darstellungszeitraumes (Diagramm 17 im Anhang), die Mittelwert-Zentrierung mit den Mittelwerten aus der Monatshöchstwertetabelle „Monatshöchstwerte Wasserstand.ods“ (Diagramm 18 im Anhang), und die endgültige Lösung der Mittelwert-Zentrierung über den Jahresmittelwert des Hochwasserjahres (Diagramm 19 im Anhang) dargestellt.

Um die Jahrhundertwende wurde an allen Pegeln begonnen, bei extremen Ereignissen Stundenwerte zu notieren. Allerdings sind die Startpunkte dieser Aufzeichnungen unterschiedlich sowohl bei ihrem zeitlichen Beginn als auch der Höhe des Wasserstandes, ab dem die Stundenwerte aufgenommen wurden. So beginnen die Aufzeichnungen in Mittenwald ab 1906, Bad Tölz und Landshut 1902, in Dingolfing erst 1920 und in Plattling schon 1899. Gerade in Plattling lag die

Grenze des Wasserstandes, ab dem diese Aufschreibungen getätigt wurden, scheinbar recht tief oder der Beobachter des Pegels war besonders fleißig, es existieren jedenfalls Unmengen von Stundenwerten, die teilweise wochenlang rund um die Uhr jede Stunde aufgeschrieben wurden. Trotz dieser Aufschreibungen kommt es immer wieder vor, daß für einzelne Hochwasserereignisse keine Stundenwerte verfügbar sind, wie zum Beispiel beim Hochwasser vom Juni 1910 in Landshut oder 1940 in Dingolfing. Hier wurden dann zumindest die täglichen Aufzeichnungen verwendet, um die Ganglinie zumindest andeutungsweise darstellen zu können. Beim Pegel Mittenwald, an dem 1940 bereits nur noch Tagesmittelwerte vorliegen (vgl. 3.3), wurden diese um 12 Uhr Mittags eingetragen.

Die Stundenwerte für die Hochwasser 1910, 1912 und 1940 wurden im OpenOffice-Tabelle „Stundenwerte Wasserstand 1910-1940.ods“ verarbeitet, die Spalten der Tabelle sind nahezu mit

Jahr/Ort	X-Achse	[cm]	Pnp-korrigiert	JahresMW 1910	MZ Jahr
----------	---------	------	----------------	---------------	---------

Abb. 25: Kopfzeile der OpenOffice-Tabelle "Stundenwerte Wasserstand 1910-1940.ods"

denen der Tageswasserstandstabelle übereinstimmend (vgl. Abb. 25), lediglich die Zeit auf der x-Achse wurde auf *Monat*, *Tag* und *Stunde* heruntergebrochen.

Jahr	Monat	Tag	x-Achse	[m³/s]
------	-------	-----	---------	--------

Abb. 26: Kopfzeile der OpenOffice-Tabelle "Tagesabflußwerte einzelner Hws.ods"

Die Abflüsse wurden in der OpenOffice-Tabelle "Tagesabflußwerte einzelner Hws.ods" verarbeitet. Sie besteht lediglich aus den Angaben Datumsangaben für die x-

Achse und dem Abfluß in m³/s, der auf der y-Achse dargestellt wird (vgl. Abb. 26).

Im folgenden werden nun die Wasserstandskurven und, soweit vorhanden, die Wasserstandsstundenwerte und die Abflußkurven der einzelnen Hochwasser dargestellt und erläutert.

5.3 Auffälligkeiten einzelner Hochwasser und das jeweilige Wettergeschehen

Die Laufzeit eines Hochwasserscheitels von Mittenwald bis Moosburg beträgt laut der KGL. OBERSTEN BAUBEHÖRDE (1888, S. 165) 24 Stunden, was einer Geschwindigkeit von 1,96 m/s entspricht. Aufgrund der Tatsache, daß der Wasserstand nur alle 24 Stunden aufgeschrieben wird, gehen allerdings die Höchststände in der Regel verloren. Erst durch die Verpflichtung der Ableser, bei Hochwasser jede Stunde den aktuellen Stand aufzuschreiben, wird die Datenlage besser. Da allerdings nicht jedes Hochwasser so genau dokumentiert wurde, ergeben sich auch hier viele Lücken. Eine Übersicht, an welche Standardabweichung-3-Hochwasser stündlich dokumentiert wurden, zeigt Abb. 27. Von den Hochwassern 1910, 1912 und 1940 liegen von fast allen Pegeln

Wasserstandsstundenwerte vor, so daß hier die die Laufzeit des Hochwasserscheitels berechnet werden kann. Die Einführung der Schreibpegel löste das Problem dann ganz, so daß nach dem 2. Weltkrieg eigentlich keine Stundenwerte mehr aufgeschrieben wurden. Die Schreibpegelkurven konnten aber aus Zeit- und Umfangsgründen nicht in diese Arbeit aufgenommen werden. Sie liegen im LfU vor, teilweise sind sie sogar schon digitalisiert.

Die Klimadatenbank Emulate liefert für jeden Tag ab 1850 die entsprechende Bodenluftdruck-

	Tölz ab 1902	Landshut ab 1902	Dingolfing ab 1920	Plattling ab 1899
1899				ja
1901				nein
1910	ja	nein		ja, viele
1912	ja	ja	nein	ja, viele
1920	ja, einige	nein	ja	ja
1924	nein	nein	nein	ja, viele
Eisstoß 1929	nein	nein	ja	nein
1930	nein	nein	nein	nein
1940	ja, einige	ja, viele	nein	ja, viele
		Freising		
1954	nein	ja	nein	nein
1955	nein	ja	nein	nein

Abb. 27: Standardabweichung-3-Hochwasser mit Stundenwerten; grau unterlegt: Stundenwert-Diagramme wurden erstellt.

übersicht. Daraus können Rückschlüsse auf die Entstehung der einzelnen Hochwasser gezogen werden. Bei der folgenden Beschreibung der einzelnen Hochwasser werden einzelne charakteristische Tageswetterlagen vorgestellt, die das Wettergeschehen, das zum Hochwasser führte, verdeutlichen sollen. Leider können aus Platzgründen nicht sämtliche Bodenluftdruckkarten der Woche vor einem Ereignis gezeigt werden, diese sind aber in der Emulatedatenbank verfügbar.

Vor 1850 muß leider mit einer monatlichen Auflösung des Bodendrucks von LUTERBACHER ET AL. (2002) gearbeitet werden, da keine genauere Auflösung verfügbar ist. Natürlich ist ein auf wenige Tage beschränktes Wetterereignis auf einer Karte, die den Monatsdurchschnitt wiedergibt, nicht erkennbar. Deshalb kann nur eine allgemeine Tendenz ausgemacht werden, aber der genaue Hergang nicht rekonstruiert werden. Auch Zeitungen aus dieser Zeit geben, soweit vorhanden, nicht genügend Auskünfte über die damalige Wetterlage.

5.3.1 Die Hochwasser 1833 und 1840

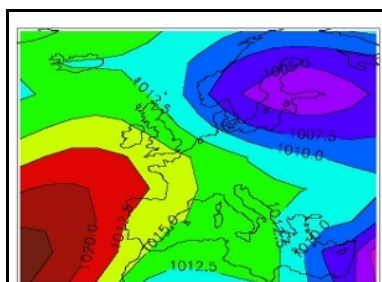


Abb. 28: Sea Level Pressure August 1833.
Quelle: LUTERBACHER ET AL. (2002).

Die Hochwasser von 1833 und 1840 sind leider nicht allzu gut dokumentierbar. Zwar gibt es zahlreiche Meldungen von Hochwassern aus dieser Zeit, allerdings sind nähere Informationen nicht ohne weiteres zu erhalten. Auch die Wettersituationen, die zu beiden Ereignissen geführt haben, können nicht dargestellt werden, da es nur Druckverteilungskarten in monatlicher Auflösung gibt. Trotzdem sollen diese hier dargestellt werden, auch wenn aus ihnen im

Grunde nur eine nordwestliche (1833; vgl. Abb. 28, 29 und 31) beziehungsweise westliche (1840; vgl. Abb. 30 und 32) Strömung herauszulesen ist. Erschwerend kommt bei den beiden betrachteten Ereignissen hinzu, daß sie direkt am Monatswechsel Juli auf August stattfinden, so daß das Wettergeschehen in zwei Monatsmittlungen hineinfällt.

Der Hochwasserscheitel beginnt am 3.8.1833 in Mittenwald die Isar hinabzulaufen, einen knappen Tag später erreicht er Landshut, noch einen später Dingolfing. 1840 verhält es sich

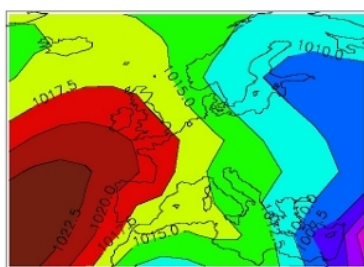


Abb. 29: Sea Level Pressure Juli 1833.

Quelle: LUTERBACHER ET AL. (2002).

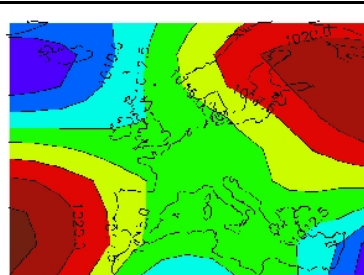


Abb. 31: Sea Level Pressure September 1833.

Quelle: LUTERBACHER ET AL. (2002).

ähnlich: 29.7. Mittenwald, 30. Landshut, 31.7. und 1.8. Plattling. Bei beiden Ereignissen übertrifft nur der Wasserstand am Pegel Landshut Maxwehr die 3. Standardabweichung (vgl. Tabelle 3 im Anhang), ein Ausschlag der Kurve ist aber auch in Mittenwald und Dingolfing gut erkennbar, wo jeweils die 2. Standardabweichung erreicht wird (vgl. Diagramm 1 und 2 im Anhang und die Datei „Monatshöchstwerte Wasserstand 1825-

1955.ods“). Beide Hochwasser sind nach schriftlicher Mitteilung von BÖHM (2009) als große Ereignisse in die Geschichte eingegangen, die im gesamten Süddeutschen Raum Auswirkungen haben.

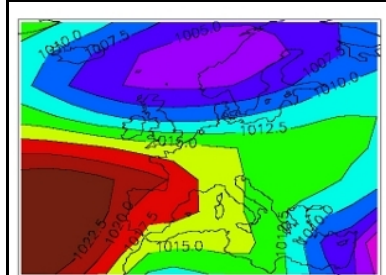


Abb. 30: Sea Level Pressure Juli 1840.

Quelle: LUTERBACHER ET AL. (2002).

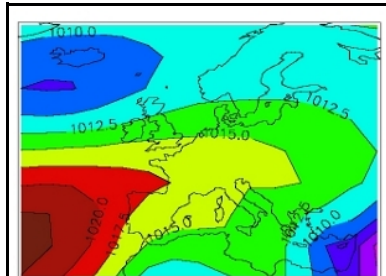


Abb. 32: Sea Level Pressure August 1840.

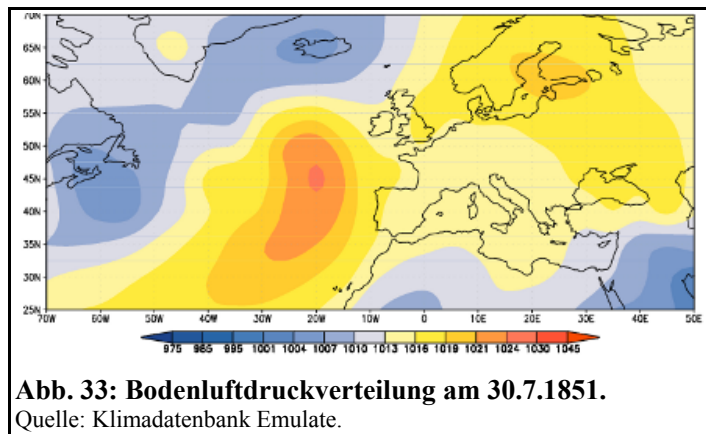
Quelle: LUTERBACHER ET AL. (2002).

1833 ist besonders auffällig, daß sich im September gleich ein weiteres Hochwasser ereignet, der Pegel in Landshut kann die 3. Standardabweichung wieder übertreffen, die Pegel Mittenwald und Dingolfing erreichen die erste beziehungsweise die 2. Standardabweichung. Nach BÖHM (2009) treten beim Septemberhochwasser von 1833 auch an Iller, Lech und Salzach Hochwasser auf. Aus dem Diagramm 1 im Anhang wird ersichtlich, daß beide Hochwasserspitzen sich sehr ähnlich sind, die Wasserstände im September allerdings wesentlich langsamer ablaufen.

5.3.2 Die großen Hochwasserereignisse von 1851 und 1853

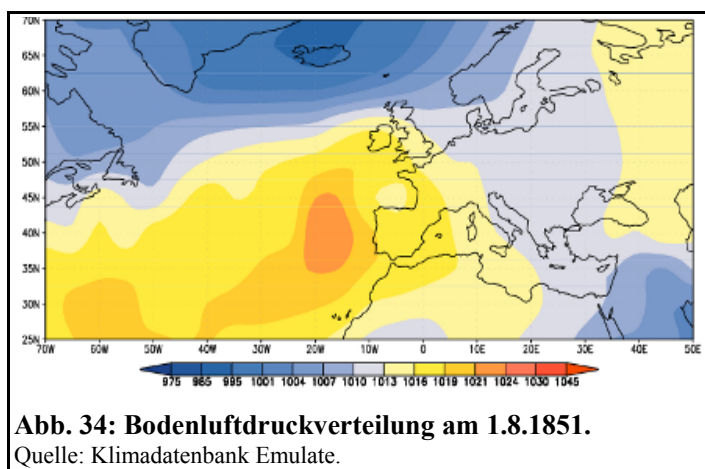
In den ersten Jahrzehnten der Wasserstandsmessungen sind immer wieder größere Hochwasser aufgetreten, die Lage war aber nicht so dramatisch wie in den beiden hier betrachteten Zeiträu-

men. Die Hochwasser von 1851 und 1853 zählen zu den extremsten Hochwassern im süddeutschen Raum. Bei beiden Hochwasserereignissen fällt auf, daß schon in Mittenwald die Pegel ungewöhnlich hoch sind, wenn auch nur das erste in Mittenwald ein Extremereignis nach der 3. Standardabweichung darstellt. Am Dingolfinger Pegel sind beide Hochwasserereignisse 3. Standardabweichung-Extremereignisse (vgl. Tabelle 3 im Anhang).



Die Hochwasserscheitel erstrecken sich über drei Tage: 1851 tritt das Maximum in Mittenwald am 2. August auf, in Landshut am 3. und in Plattling am 4. August. 1853 beginnt die Welle am 18. Juni in Mittenwald, wo die Wasserstände allerdings ungewöhnlich lange relativ hoch bleiben und erreicht 2 Tage später Plattling.

Die Wetterlage gestaltet sich bei beiden Hochwassern relativ ähnlich. Am 30.7.1851 (vgl. Abb. 33) verläuft zwischen zwei Hochdruckgebieten, die sich im Westen Europas und im Osten über

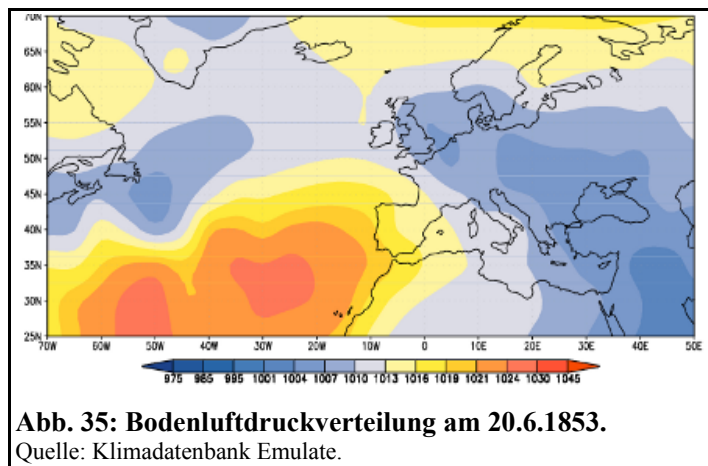


Skandinavien bis Osteuropa erstrecken, eine Tiefdruckrinne von Island nach Mitteleuropa. Diese bringt in den folgenden Tagen kühle und vor allem feuchte Luftmassen. Das Hoch im Osten schwächt sich am 31. stark ab, ein Tiefausläufer dringt bis zur Adria vor. Am 1. August ist ganz Osteuropa bis hinunter zum Mittelmeer von Tiefdruck

bestimmt (vgl. Abb. 34); erst am 2. zieht er Richtung Osten ab, das Azorenhoch gewinnt langsam wieder Einfluß auf Mitteleuropa. Besonders der Mittenwalder Pegel reagiert mit einem steilen Anstieg, der Wasserstand am 2. und 3. August ist ungewöhnlich hoch, er weicht fast 200 cm vom Jahresdurchschnittswert ab (vgl. Diagramm 3 im Anhang), ein Wert, der bei den folgenden Hochwassern nie wieder erreicht wird.

Knapp zwei Jahre später gestaltet sich die Situation folgendermaßen: ein starkes Azorenhoch reicht bis weit nach Mitteleuropa hinein, bis es am 19. Juni von einem über England liegenden Tief zurückgedrängt wird. Dadurch können feuchte Luftmassen vom Atlantik nach Mitteleuropa vordringen. Am 20. zieht das Tief über Mitteleuropa weiter in den Südosten und Osten (vgl. Abb.

35), am 21. befinden sich noch Reste des Tiefs über Mitteleuropa. Zum Hochwasser im August 1851 meldet der MÜNCHNER HEROLD folgendes: am 3. August (Nr. 110), wird von einem bedeutenden Wolkenbruch bei Wolfratshausen am 2. August berichtet, außerdem stehe die Au unter Wasser, alle Überfälle in der Isar seien weggerissen worden. Zudem kommen zwei Brücken „in Trümmern daher und wurden an der Steinernen Brücke noch in viele Stücke zerschmettert“. Die Frauenhoferbrücke wird in der Folge gesperrt, da das äußere rechte Joch unterspült ist (MÜNCHNER HEROLD NR. 114, 8. August 1851).



Aus der Umgebung wird berichtet (Nr. 112, 6. August 1851), daß die Amper Dachau und Umgebung überflutet hat und zwar „so weit man sieht“. Auch entlang des Lechs kommt es demnach zu „Verwüstungen wie seit Menschen-gedenken nicht mehr“.

1853 schreibt die Zeitung MÜNCHNER NEUESTE NACHRICHTEN am 19. Juni (Nr.

170), daß die Vorstadt, namentlich Au und Lehel, 2 Fuß hoch überflutet seien und die Praterbrücke teilweise weggerissen worden sei. Auch das Gerüst und die Baubrücke an der Baustelle der Großhesseloher Brücke seien weggerissen worden und einige Häuser eingestürzt.

Aufgrund der Ereignisse Anfang August 1851 und im Juni 1853 wurden weitreichende Maßnahmen gegen die ungebändigte Kraft der Fließgewässer beschlossen. In den Folgejahren wurden weite Abschnitte der Isar begradigt und eingeengt, um damit den Fluß in ein tieferes und festgelegtes Bett zu zwingen. Davon erhoffte man sich besseren Schutz vor zukünftigen Großereignissen.

5.3.3 Das Extremhochwasser 1899

Der Beginn des Septembers 1899 läßt eher eine Niedrigwasserperiode erwarten, was auch dem Normalfall entsprechen würde. Nach mäßigen Niederschlägen am 2. und 3. des Monats gehen die Wasserstände schnell wieder auf den Niedrigwasserstand zurück. Vom 5. bis 7. September ist das Wetter durch Azorenhoecheinfluß sonnig und recht warm, ein Tief über dem englischen Kanal führt kühlere Meeresluft nach Mitteleuropa.(vgl. Abb. 36). Bis zum 11. September dehnt sich ein Hoch über dem Atlantik immer weiter nach Nordosten aus, so daß immer kältere Meeresluft aus immer nördlicheren Richtungen nach Mitteleuropa strömt. Dies erklärt auch die beim KGL.

BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU (1899, S. XV) vom 6. bis zum 10.9. vermerkten zahlreichen Gewitter mit denen starke Regenfälle einhergehen, da die kühle Atlantikluft die warmen Luftmassen über Mitteleuropa emporreißt. Am 9. 9. entsteht über der Ostsee ein Tief (vgl. Abb. 37). Dieses Tief zieht von der Ostsee über Osteuropa in Richtung Schwarzes Meer und bringt weiteren Niederschlag nach Süddeutschland. Das Verhängnis nimmt seinen Lauf; vom 11. bis zum 14.9. dominiert je ein Hochdruckgebiet im Westen und im Norden, von Italien bis Südpolen ein Tief, das zwar warme, aber feuchte Luft vom Mittelmeer nach Süddeutschland und den östlichen Nachbarn transportiert, wo sie abkühlt und ausregnet (vgl. Abb. 38). **Die typische Vb-Wetterlage ist entstanden.**

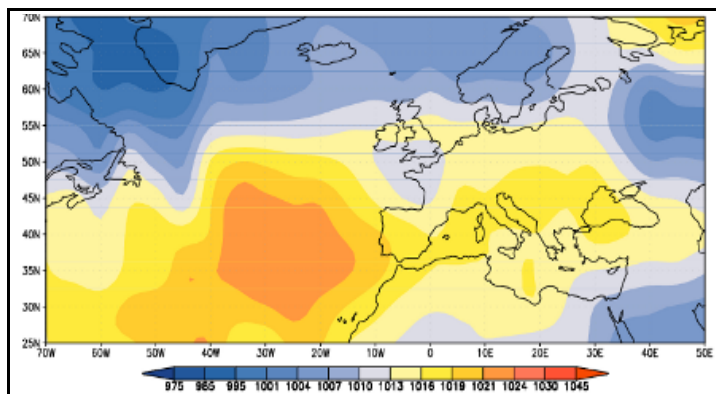


Abb. 36: Bodenluftdruckverteilung am 6.9.1899.

Quelle: Klimadatenbank Emulate.

Das KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU (1899, S. XV) berichtet weiter, daß die beiden Zentren des Tiefs über Schlesien und Mähren und über dem Alpenvorland liegen, wodurch in diesen Gebieten lang anhaltende Niederschläge erfolgen die vom 8. bis zum 14.9.1899 anhalten. In Lagen über 1000 – bis 1200 m fallen die Nieder-

schläge als Schnee. Das Hochwasser wird durch eine Temperaturerhöhung am Abend des 13. Septembers noch wesentlich vergrößert, da durch den nun fallenden Regen die 70 – 120 cm Neu-

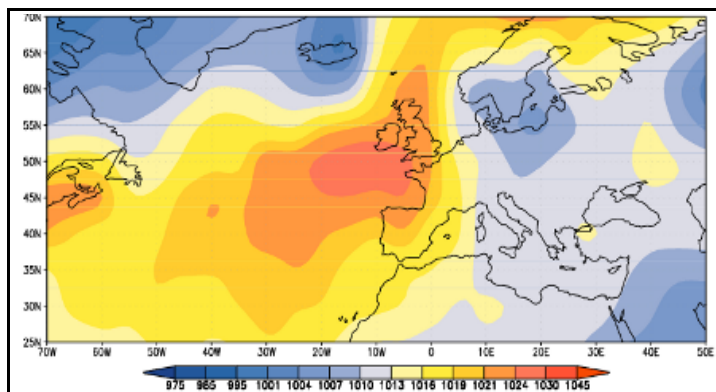


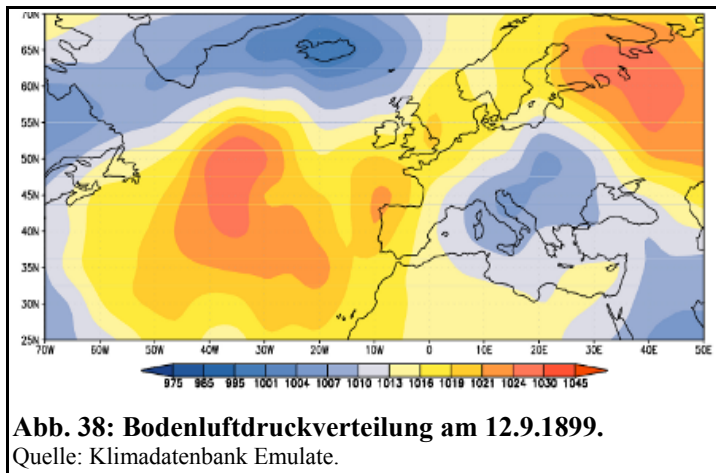
Abb. 37: Bodenluftdruckverteilung am 10.9.1899.

Quelle: Klimadatenbank Emulate.

schnee in den Bergen rasch schmelzen. (KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU, 1899, S. XV). Der eigentliche Regen ist am 14. mittags vorbei, da sich das Italientief nun endlich auflöst. Allerdings bleibt das Wetter bis zum Monatsende sehr regnerisch, was sich zum einen im langsamen Abflauen des Hochwassers widerspiegelt, zum ande-

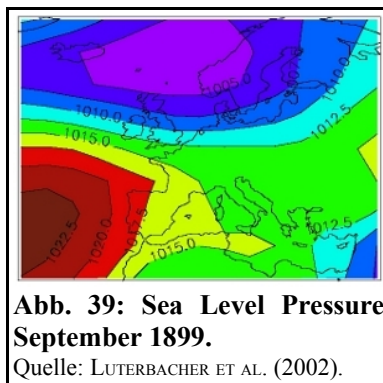
ren in der Tatsache, daß vom 14. bis zum 28.9. noch 24 – 37 % der durchschnittlichen Regenmonatssummen fallen (KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU, 1899, S. XVII).

Zum Vergleich sei noch auf Abb. 39 verwiesen, die deutlich macht, wie ungenau die monatliche Auflösung der Druckverteilung für die Erklärung des Wetters, das zu einem Hochwasser führt, ist.



Das Zentrum des Hochwassers ist das Gebiet rechts der Donau zwischen Iller und Wien, in Bayern liegt der Schwerpunkt an Inn und Salzach (BÖHM 2009, schriftliche Mitteilung). An der Isar tritt das bis dahin höchste bekannte Hochwasser auf (vgl. Abb. 40). Interessanterweise wird es nur in Bad Tölz und Dingolfing mit der 3. Standardab-

weichung registriert (vgl. Tabelle 3 im Anhang), was daran liegen könnte, daß in und an den Bergen – wie dem Hochwasserdiagramm von 1899 (vgl. Diagramm 5 im Anhang) zu entnehmen ist – weniger Niederschlag fällt, in Landshut durch die Flutmulden und die breite des Tales viel Wasser um den Pegel herumfließt (vgl. Abb. 6) und in Plattling sich die Hochwasserwelle schon etwas verläuft.



Besonders der über sieben Tage anhaltende Niederschlag ist bei diesem Hochwasser auffällig. So fallen an der Isar 71,9 % des durchschnittlichen Septemberniederschlags zwischen dem 8. und dem 14.9. und 18,1 % des durchschnittlichen Jahresniederschlags. Nur am Inn sind es mit 76,4 beziehungsweise 20 % noch mehr (KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU, 1899, S. XVII).

Das Hochwasser zeichnet sich im Vergleich mit anderen Großer-

eignissen an der Isar durch seinen langsamen Anstieg und eine lange Phase des Abklingens aus. Das zeigt, daß der Niederschlag nicht außergewöhnlich intensiv ist, aber dafür extrem lange anhält. An der Isar tritt das Maximum in Mittenwald am 13. September auf, München wird am 13. und 14. passiert, am 15.9. Landshut und Dingolfing und am 16. September um 3 Uhr Morgens erreicht der Hochwasserscheitel die Donau (vgl. Diagramm 5 im Anhang und KGL. BAYER.



Abb. 40: Hochwasser 1899: Blick von der Maximiliansbrücke in Richtung Prinzregentenbrücke. Im Mittelgrund das Maxwerk (erbaut 1895, bis heute am Netz), dahinter der Friedensengel.
Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

HYDROTECHNISCHES BUREAU 1899, S. XVIII) Die Nebenflüsse Amper und Loisach verzeichnen keine Höchstwerte, da sie schon außerhalb des Niederschlagsschwerpunktes liegen. Dagegen übertrifft die Isar selber frühere Ereignisse, wobei schon vom KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU (1899, S. XIX) angemerkt wird, daß Vergleiche aufgrund der zahlreichen durchgeführten Korrekturen und Brückenbauten und den damit einhergehenden Sohlenveränderungen schwierig seien.

Das Hochwasser gibt dem Hydrotechnischen Bureau die Gelegenheit einen neuen „hydrometrischen Flügel“ auszuprobieren. So wird für den neuen Pegel an der Wittelsbacher Brücke eine Pegel-Abfluß-Relation bis zu einem Wasserstand von 5 m ermittelt (vgl. KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU, 1899, S. XIXf).

Die Zerstörungen des Hochwassers sind vielfältig. An der



Abb. 41: Hochwasser 1899: Die Prinzregentenbrücke mit Friedensengel. Am drüberen Isarufer sind große Uferabbrüche zu erkennen.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

Floßlände werden ungeheure Holzmassen angeschwemmt (MÜNCHNER NEUESTEN NACHRICHTEN,



Abb. 42: Hochwasser 1899: Die eingestürzte Brücke mit Friedensengel. An beiden Ufern sind große Abbrüche erkennbar.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

17.9.1899, Nr. 428, S. 3). Große Teile der seit den 1850er Jahren nicht nur in München erstellten Hochwasserschutzbauten entlang der Isar werden zerstört, die Ufer werden über weite Strecken unterspült und brechen ab. Für die notdürftigen Sicherungsmaßnahmen werden kurzerhand Alleebäume gefällt, da für Holzlieferungen aus der Umgebung keine Zeit zur Verfügung steht (MÜNCHNER

NEUESTEN NACHRICHTEN, 18.9.1899, Nr. 429). Trotzdem werden vor allem die Brücken in Mitleidenschaft gezogen, aber auch Häuser und Straßen entlang der Isar. Zwar hält die alte aus Holz konstruierte Frauenhoferbrücke den Fluten stand (MÜNCHNER NEUESTEN NACHRICHTEN, 17.9.1899, Nr. 428, S.3), alle sieben Straßenbrücken werden beschädigt, die Prinzregenten- und die Bogenhausener Brücke werden völlig zerstört (vgl. Abb. 41, 42, und 43). Die eiserne Prinzregentenbrücke, auch Luitpoldbrücke genannt, „barst mit explosionsartigem Krach“ (STOCK, 1999, S. 148). Sie drehte sich laut MÜNCHNER NEUESTE NACHRICHTEN (17.9.1899, Nr. 428, S.3) beim Einsturz, danach ragen Teile der Eisenkonstruktion noch aus den Fluten heraus. Tausende von Schaulustigen besichtigen laut der Dienstagszeitung vom 19.9.1899 (MÜNCHNER NEUESTE NACHRICHTEN, Nr. 430) vor allem am Sonntag die Verheerungen entlang der Isar. Nicht nur die beiden zerstörten Brücken, die in den Jahren 1900 bis 1902 neu errichtet werden und bis heute bestehen, müssen ersetzt werden, auch alle anderen Münchner Isarbrücken, die zum Teil erheblich in Mitleidenschaft gezogen werden, werden in der Folgezeit neu gebaut.



Abb. 43: Hochwasser 1899: Die Reste der Bogenhausener Brücke.
Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

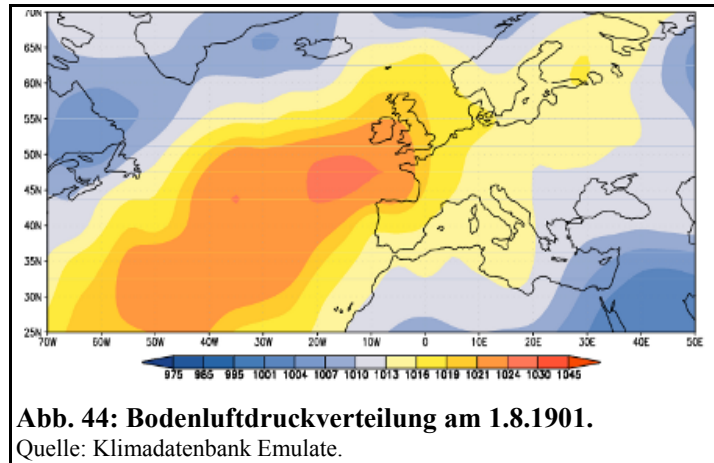
Auch weiter flußab wird von zahlreichen Zerstörungen berichtet: In Landshut stürzt die Straßenbrücke beim Bahnhof ein, zwischen Landshut und Plattling reißt der Bahndamm mehrfach, Landau wird komplett vom Verkehr abgeschnitten und in Plattling steht der halbe Ort unter Wasser, die Dämme werden zwar überflutet, halten den Wassermassen aber stand (MÜNCHNER NEUESTE NACHRICHTEN (17.9.1899, Nr. 429).

5.3.4 Hochwasser August 1901

Das Hochwasser im August 1901 gehört nicht zu den allergrößten. Die 3. Standardabweichung wird am 3.8. nur in Mittenwald deutlich übertroffen, an keinem anderen Pegel wird die 2. Standardabweichung auch nur erreicht (vgl. Tabelle 3 im Anhang); allerdings ist es laut schriftlicher Mitteilung von BÖHM (2009) ein Ereignis, welches im ganzen Voralpenland Auswirkungen hat.

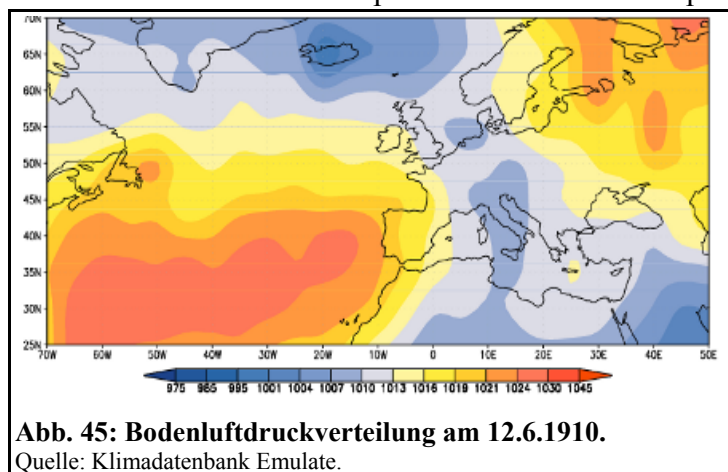
Trotzdem beträgt der Spitzenabfluß in Plattling gerade einmal 335 m³/s, was bei weitem noch keinem 1.-Standardabweichung-Hochwasser entspricht. Das Hochwasser erreicht in Mittenwald und Bad Tölz am 3.8. seinen Höhepunkt, Landshut und Dingolfing werden von der Hochwasserwelle am 5. August und Plattling am 6. August passiert.

Im Vorfeld des Ereignisses bestimmte ein großes Hoch im Westen und Nordwesten das Wetter in Mitteleuropa. Das Wetter war sonnig, aber von einem kühlen Wind aus nord-östlichen Richtungen bestimmt, allerdings ist auch Warmluftzufuhr aus Osteuropa denkbar. Am 1.8. öffnet sich über Skandinavien eine Gasse für Kaltluft aus Norden, es kommt zu Gewittern (vgl. Abb. 44). Für die Fränkische Schweiz sind in der Nacht vom 1. auf den 2. 8. äußerst heftige Gewitter belegt (Internetseite der WETTERZENTRALE, 1995-2008), die wohl die heranrückende Front begleiteten. Da nur für Mittenwald ein 3.-Standardabweichungshochwasser vorliegt, könnte auch dort ein äußerst starkes Gewitter das Hochwasser verursacht haben. Am 3.8. schließt sich die Kaltluftgasse wieder, der Hochdruckeinfluß setzt sich wieder durch.



5.3.5 Hochwasser Juni 1910

Kühle und feuchte Luft aus dem Nordatlantik zieht über Mitteleuropa und bleibt an den Alpen hängen. Ein Tiefdruckgebiet über Italien entsteht am 12. Juni 1910, sein Einfluß reicht auch auf die nördliche Seite der Alpen, die für Hochwasser sehr typische Wetterlage Vb entsteht (vgl. Abb. 45 und 46). In der Folge regnen äußerst intensive Niederschläge ab, die bis zum 15. nahezu ununterbrochen anhalten. Am 15. Juni hat sich



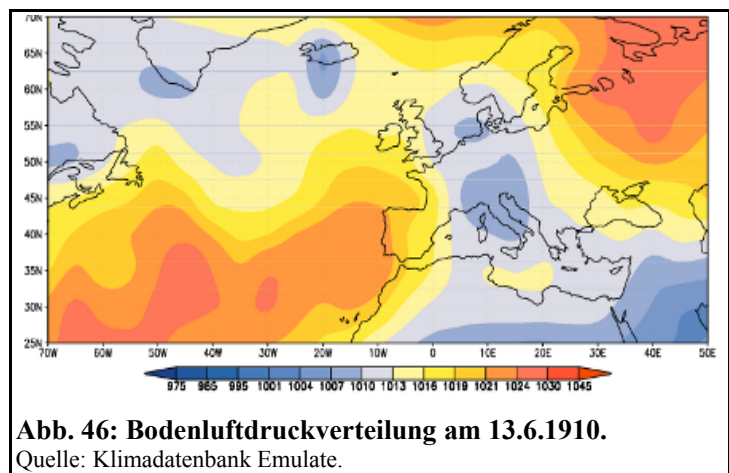
das Italientief schließlich aufgelöst. Erschwerend kommt hinzu, daß in den Alpen für die Jahreszeit noch sehr viel Schnee liegt, der durch die anhaltenden Niederschläge schmilzt.

Sämtliche Flüsse zwischen Iller und Isar erreichen bisher unbekannte Höchststände, also auch

die Nebenflüsse Loisach und Ammer, wohingegen die Spitzenwerte an der Isar vom September 1899 nicht erreicht werden können. Dies wird auch durch die 3. Standardabweichung bestätigt, da lediglich Mittenwald und Bad Tölz ein solches Hochwasser aufweisen (vgl. Tabelle 3 im Anhang). Der Regen und die damit verbundene Schneeschmelze spielen sich vor allem direkt an und in den Alpen ab. Das Hochwasser erreicht in Mittenwald und Bad Tölz am 14. Mai seinen Höhepunkt, in Landshut am 16., in Dingolfing am 18. und in Plattling am 19. Mai. Die Hochwasserwelle benötigte für die Strecke von Mittenwald nach Plattling 112 Stunden, gute 4 ½ Tage. Dies ist für die Isar ein ungewöhnlich langer Zeitraum der dadurch erklärt werden kann, daß der Niederschlag hauptsächlich direkt an den Alpen niedergeht und es deshalb relativ lange dauert, bis die Hochwasserwelle ohne zusätzliche Verstärkung durch Niederschlag im Unterlauf ankommt. In Plattling hat sie sich schon soweit verlaufen, daß der Abfluß mit lediglich 555 m³/s nur ein 1. Standardabweichung-Hochwasser darstellt. Interessanter Weise berichtet hingegen die BAYERISCHE ZEITUNG in ihrer Ausgabe vom 23.6.1910 (Nr. 143, S. 4), daß in Plattling das Wasser langsam zurückgehe und der unermessliche Schaden sichtbar werde: „fast alle Kellerräume Plattlings stehen unter Wasser“ und „viele Häuser sind von allen Seiten vom Wasser umflutet, bei manchen läuft es bei den Fenstern aus und ein“. Es scheint fast, als wäre der Hauptteil des Hochwassers nicht in der Isar selbst, sondern nebenan durch Plattling geflossen.

Weiter im Osten hat der Inn nur ein gewöhnliches Hochwasser. Das hauptsächlich betroffenen Gebiet ist demnach vor allem der westliche Teil Südbayerns.

Am 15. Juni gewinnt ein von Westen heranrückendes Hochdruckgebiet Einfluß auf Südbayern, gleichzeitig schwächt sich das Italientief ab, es



bleibt aber beim feuchten Wetter. Das Hoch kann sich nur für kurze Zeit durchsetzen, am 22. beginnt eine bis Mitte Juli andauernde Regenperiode, die sich auch in den Wasserstandskurven niederschlägt (vgl. Diagramm 8 im Anhang). Im Juni fallen deshalb im oberen Lech- und Isargebiet über 500 mm/m² Niederschlag, was dem Doppelten und teilweise sogar dem Dreifachen des normalen Niederschlages entspricht (HYDROTECHNISCHES BUREAU, 1911a, S. XIIIf).

Vom Hochwasser 1910 sind die Tageswasserstände aller Pegel vorhanden (vgl. Diagramm 8 im Anhang), die Stundenwerte von Mittenwald, Bad Tölz und Plattling (vgl. Diagramm 9 im Anhang), sowie die Abflüsse an den Pegeln Bad Tölz und Plattling, der den Wert von 555 m³/s er-

reicht (vgl. Diagramm 10 im Anhang). Auffällig ist der Unterschied von einem Tag beim Höchststand des Wasserstandes und des Abflusses, der sich folgendermaßen erklären läßt: der Wasserstandshöchstwert ist ein Spitzenwert, der in Bad Tölz Nachmittags um 5 Uhr gemessen wurde, die Abflußdaten sind Tagesmittelwerte, der höchste Tagesmittelwert wurde erst einen Tag später festgestellt. Gleiches gilt für Plattling.

5.3.6 Hochwasser Mai 1912

Am 5. und 6. Mai wird kalte Luft zwischen einem großen Hoch über dem Atlantik vor Großbritannien und Spanien und einem Tiefdruckgebiet über Nord- und Ostsee,

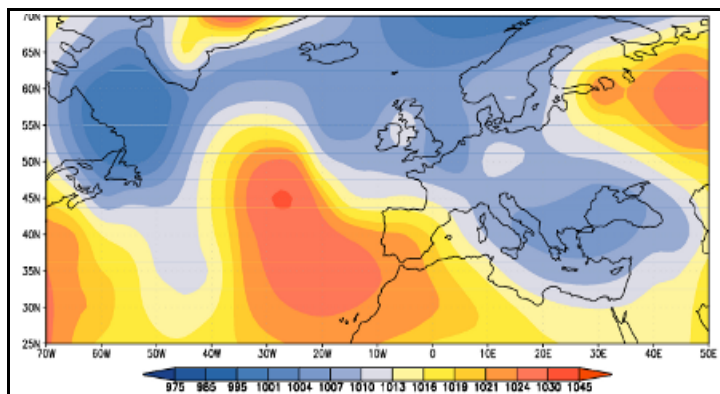


Abb. 47: Bodenluftdruckverteilung am 6.5.1912.

Quelle: Klimadatenbank Emulate.

das bis in den Balkan reicht, nach Süddeutschland und Italien geführt (vgl. Abb. 47). An den Alpen regnet es, über Italien bildet die Kaltluft ein Tief. Am 7. Mai wird die Kaltluftzufuhr unterbrochen, das russische Hoch und das schwächere Atlantikhoch be-

herrschen den gesamten nordeuropäischen Raum, über dem Mittelmeer liegt hingegen das abgeschnittene Tief (vgl. Abb. 48). Dieses transportiert feuchte Luft um die Alpen herum, so daß es in Süddeutschland regnet und in den folgenden Tagen die Wasserstände stark ansteigen, die Hochwasserwelle läuft die Isar hinunter: sie erreicht Mittenwald und Bad Tölz am 9. Mai, Landshut am 10., Dingolfing am 11. und Plattling am

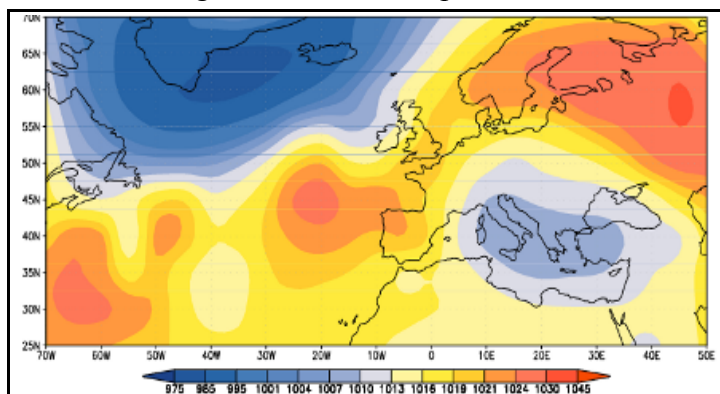


Abb. 48: Bodenluftdruckverteilung am 7.5.1912.

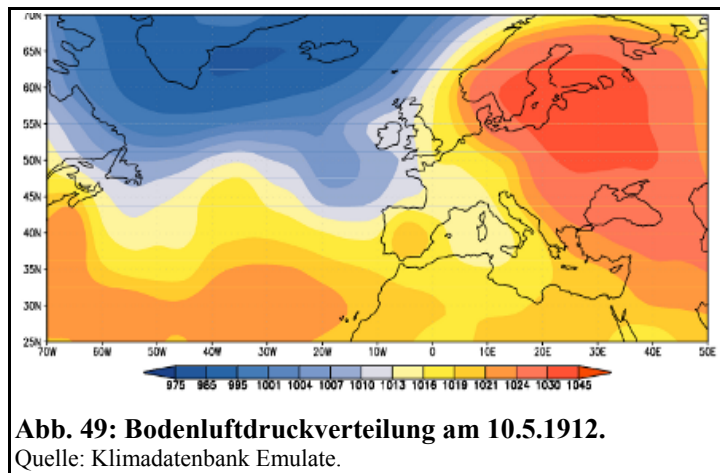
Quelle: Klimadatenbank Emulate.

herrschen den gesamten nordeuropäischen Raum, über dem Mittelmeer liegt hingegen das abgeschnittene Tief (vgl. Abb. 48). Dieses transportiert feuchte Luft um die Alpen herum, so daß es in Süddeutschland regnet und in den folgenden Tagen die Wasserstände stark ansteigen, die Hochwasserwelle läuft die Isar hinunter: sie erreicht Mittenwald und Bad Tölz am 9. Mai, Landshut am 10., Dingolfing am 11. und Plattling am

12. und 13. Mai. Über Mittelitalien verbleibt bis zum 11.5. ein kleines Tief (vgl. Abb. 49), dessen regnerische Auswirkungen auch durchaus bei den Wasserständen der Pegel Mittenwald und Bad Tölz erkennbar sind, an den übrigen Stationen wird das Hochwasser dadurch sehr in die Länge gezogen (vgl. Diagramme 11 und 12 im Anhang). Das Tief über Italien zieht allerdings schon am nächsten Tag ins östliche Mittelmeer ab.

Auf den Diagrammen 11 und 13 im Anhang ist sehr deutlich ein weiteres, aber kleineres Hoch-

wasser gegen Ende des Monats Mai zu erkennen. Dieses Hochwasser wurde durch eine kräftige Tiefdruckrinne von Westen ausgelöst, die durch ein Hoch über Portugal und ein Tief über dem Baltikum feuchte Atlantikluft nach Süddeutschland lenkt.



Sämtliche Pegel liefern für das Ereignis Wasserstandswerte (vgl. Diagramm 11 im Anhang), auch Stundenwerte liegen für alle Pegel mit Ausnahme Dingolfing vor (vgl. Diagramm 12 im Anhang). Abflußmessungen liegen hingegen nur von Plattling vor (vgl. Diagramm 13 im Anhang). Das Hochwasser findet wie das im Juni

1910 vor allem im Oberlauf der Isar statt, allerdings weisen auch die Abflußwerte in Plattling zusätzlich ein 3.-Standardabweichung-Hochwasser von 737 m³/s aus (vgl. Tabelle 3 im Anhang). Dazu kommt, daß die Hochwasserwelle schon nach 68 Stunden Plattling erreicht. Dies zeigt recht deutlich, daß das Hochwasser zwar durch ein Italientief entstanden ist, die Herkunft des Tiefs aber eine andere ist.

5.3.7 Das Hochwasser Juli/August 1924

Vom Hochwasser 1924 sind zahlreiche Aufnahmen von Bad Tölz im Archiv des LfUs vorhanden



(vgl. Abb. 50 und 51), da es aber lediglich in Bad Tölz und in Plattling zur Überschreitung der 3. Standardabweichung kommt (vgl. Tabelle 3 im Anhang) und in anderen Flüssen des Alpenvorlandes nach BÖHM (2009, schriftliche Mitteilung) keine größeren Hochwasser stattgefunden haben, wird auf dieses Hochwasser nicht näher eingegangen. Zwei Bilder von Bad Tölz werden aber trotzdem vorge-

stellt, da sich die Lage so auch bei anderen Hochwassern dargestellt haben dürfte. In Bad Tölz ist

das Hochwasser vom 31. Juli 1924 vom Wasserstand her etwa mit dem vom Juni 1910 zu vergleichen.

Vom Hochwasser 1924 sind zahlreiche Aufnahmen von Bad Tölz im Archiv des LfUs vorhanden (vgl. Abb. 49 und 50), da es aber lediglich in Bad Tölz und in Plattling zur Überschreitung der 3. Standardabweichung kommt (vgl. Tabelle 3 im Anhang) und in anderen Flüssen des Alpenvorlandes nach BÖHM (2009, schriftliche Mitteilung) keine größeren Hochwasser stattgefunden haben, wird



Abb. 51: Hochwasser 1924 in Bad Tölz.

Digital bearbeitet. Quelle: LfU Bayern.

auf dieses Hochwasser nicht näher eingegangen. Zwei Bilder von Bad Tölz werden aber trotzdem vorgestellt, da sich die Lage so auch bei anderen Hochwassern dargestellt haben dürfte. In Bad Tölz ist das Hochwasser vom 31. Juli 1924 vom Wasserstand her etwa mit dem vom Juni 1910 zu vergleichen.

5.3.8 Das Hochwasser 1930

Bei den Wasserständen erreicht nur der von Landshut die 3. Standardabweichung, bei den Ab-

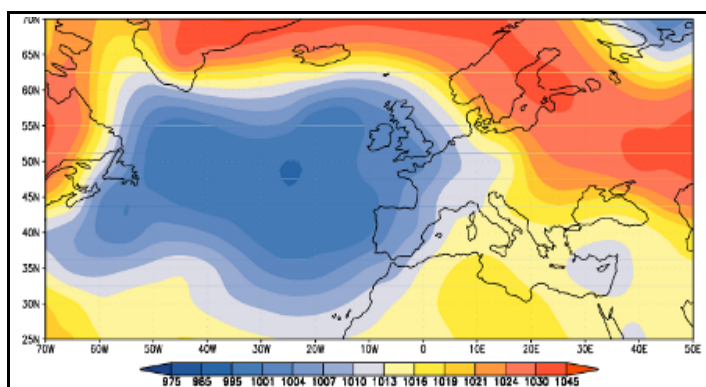


Abb. 52: Bodenluftdruckverteilung am 15.5.1930.

Quelle: Klimadatenbank Emulate.

flüssen sind es Bad Tölz und Plattling (vgl. Tabelle 3 im Anhang). Somit ist an der ganzen Isar von einem großen Hochwasser zu sprechen. Stundenwerte wurden nur in Mittenwald aufgezeichnet, so daß auch hier auf ein eigenes Diagramm verzichtet wird. Das Diagramm für die Wasserstände befindet sich im Anhang (Diagramm 14), genau-

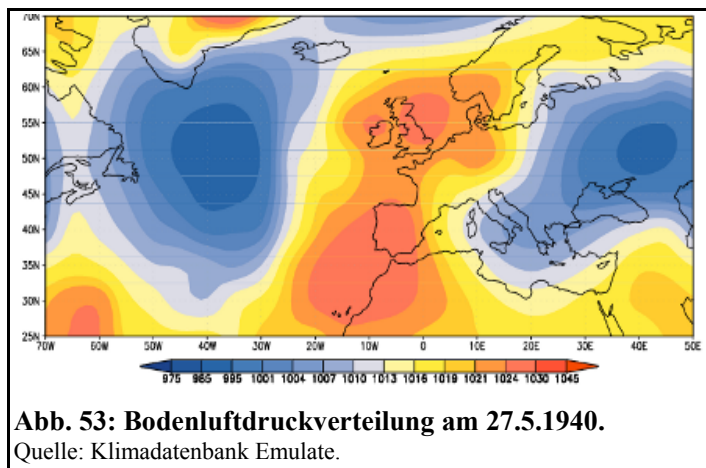
so wie das für die Plattlinger Abflußwerte (Diagramm 15). Dort läßt sich ein Spitzenabfluß von knapp über 800 m³/s ablesen, das liegt zwischen den Hochwassern von 1912 und 1955. Das Hochwasser erreicht Mittenwald und Bad Tölz am 15. Mai, Landshut und Dingolfing am 16.5.

und Plattling am 17.

Das Wetter, das zum Hochwasser führt, verhält sich folgendermaßen: am 12. und 13. Mai erreicht eher kühle Luft aus Osten Süddeutschland. Am 14. Mai verlagert sich ein Tief an der Atlantikküste etwas Richtung Osten, so daß feuchte, warme Mittelmeerluft nordwärts nach Mitteleuropa transportiert wird und dort auf die kühleren osteuropäische Luftmassen trifft (vgl. Abb. 52). Dort kühlt sie ab, es beginnt zu regnen. Bis zum 15. Mai ändert sich an dieser Situation im Grunde nichts, im weiteren Verlauf geht das Hochwasser wieder zurück.

5.3.9 Das Hochwasser Mai/Juni 1940

Die Karten aus der Emulate Klimadatenbank für den Zeitraum vor dem Hochwasser wirken



unstimmig. Für den 28. und 29. Mai liefert sie wohl falsche Bilder, da sie überhaupt nicht zur Wetterlage vom 26., 27., 30. und 31. Mai passen. Am 27. Mai kommt es zu einem starken Kaltluftereinfall aus Norden (vgl. Abb. 53), durch den auch noch in den nächsten Tagen kalte und feuchte Luftmassen über Polen nach

Süddeutschland gelangen. Am 31. ist das alles wieder vorbei, ein großes Hochdruckgebiet liegt über ganz Mittel- und Südwesteuropa. Die Heftigkeit des Ereignisses wird gut auf der Internetseite des STADTARCHIVS ROSENHEIM (2009) beschrieben. Dort ist die Rede von 40-stündigem Starkregen, der die ohnehin durch die Schneeschmelze gut gefüllten Flüsse äußerst schnell anschwellen ließ. Das Hochwasser erreicht Mittenwald, Bad Tölz und Landshut am 31.5., Dingolfing am 1.6. und Plattling am Morgen des 2. Juni.

Die Abfluß- und Wasserstandswerte für das Hochwasser 1940 sind aufgrund der Dokumentationsflut im Dritten Reich umfassend vorhanden und wurden in erster Linie in dem nach dem Krieg erschienenen Jahrbuch der FORSCHUNGSANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (1949) entnommen. Bis auf den Wasserstand des Pegels Landshut Birket übertreffen alle Meßstellen die 3. Standardabweichung (vgl. Tabelle 3 im Anhang), so daß wirklich von einem außerordentlichen Hochwasserereignis gesprochen werden kann. Neben den Tageswasserstandswerten (vgl. Diagramm 19 im Anhang) sind auch zahlreiche Stundenwerte

vorhanden, vor allem aus Landshut und Plattling (vgl. Diagramm 20 im Anhang). Dazu liegen auch die Abflußdaten von fünf Pegeln vor (vgl. Diagramm 21 im Anhang). Dies wurde durch die Aufnahme der Abflußwerte des Pegels Landau möglich, die sich im Jahrbuch der FORSCHUNGSANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (1949) befinden, was die wirklich einmalige Datenlage abrundet.

Nur 48 Stunden benötigt der Hochwasserscheitel von Mittenwald nach Plattling, der höchste Abfluß wird in Landshut mit 1600 m³/s gemessen, in Plattling, der Hochwasserscheitel hat sich schon ein wenig verlaufen, sind es noch 1260 m³/s als Spitzenwert.

In der Stadtchronik von LANDAU ist von einem Deichbruch im Zuge des Hochwassers die Rede, der bei Harburg für große Überschwemmungen sorgte.

5.3.10 Das Hochwasser 1954

Die Ausgangssituation des Jahrhunderthochwassers 1954 ist recht typisch für besonders seltene und heftige Ereignisse: schon der Juni ist überdurchschnittlich kalt und naß, nur vom 20. bis 27.6. ist es längere Zeit sonnig. Am letzten Junitag verläuft eine Kaltfront quer über Deutschland in Richtung Süden. Diese dreht am 1. Juli

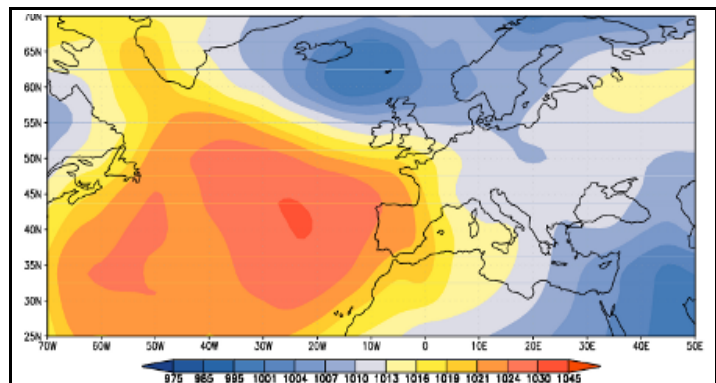


Abb. 54: Bodenluftdruckverteilung am 2.7.1954.

Quelle: Klimadatenbank Emulate.

auf Nordwest. Das Azorenhoch und ein Tief, das sich langsam von Island Richtung Nordsee bewegt, bringen beständigen Dauerregen nach Deutschland (vgl. Abb. 54), der die Pegel ausschlagen läßt. (vgl. Diagramm 21 und 22 im Anhang). Dies wird auch von privaten Aufzeichnungen von KINDER (1954) bestätigt. Demnach setzt am 27. Juni Abends südlich von München wieder Regen ein, der in einen beständigen Dauerregen übergeht und mit Unterbrechungen bis zum 2. Juli anhält; die Höchsttemperatur liegt bei etwa 10 °C.

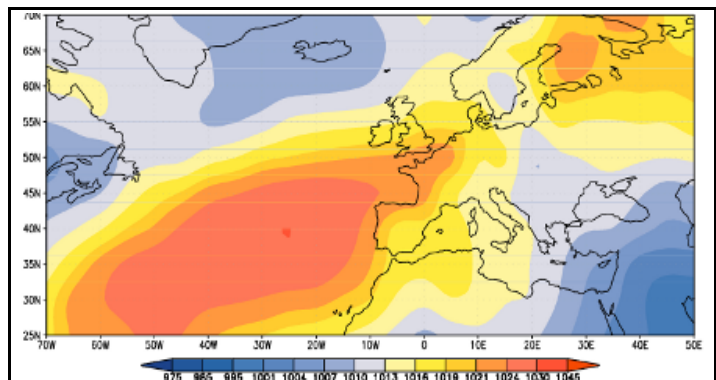


Abb. 55: Bodenluftdruckverteilung am 8.7.1954.

Quelle: Klimadatenbank Emulate.

Am 3. und 4. Juli läßt der Regen

langsam nach, er verlagert sich mehr Richtung Westen, die Wasserstände sinken wieder. Das Tief löst sich am 6. Juli auf, es setzt sich wieder leichter Hochdruckeinfluß vom Azorenhoch her über ganz Mitteleuropa durch. Ein kleines von Norden her durchlaufendes Tief bringt am 7. und 8.7. (vgl. Abb. 55) schließlich das große Hochwasser; ab dem Morgen des 7. Juli regnet es nach KINDER (1954) nahezu ohne Unterbrechung drei Tage lang vor allem in Süddeutschland. Die Situation am 8.7.1954 kommt der vom 2.8.1901 recht nahe, die Abbildungen 44 und 55 sind sich bemerkenswert ähnlich.

Am 9. Juli liegt die Höchsttemperatur südlich von München bei 8 bis 9 °C (KINDER, 1954). Die ABTEILUNG FÜR OBERFLÄCHENGEWÄSSERWIRTSCHAFT spricht auf ihrer Internetseite von einem „kalten Höhentief über der Nordsee“, das sich „vom 6.7. auf den 7.7. sprunghaft in den bayerisch-österreichischen Alpenraum verlagerte.“ Das Tief verharrt dort und wird so für die nächsten Tage wetterbestimmend. Weiter heißt es ebenda: „Die verheerenden Niederschläge, die meist im Bereich des Höhentiefs auftraten, wurden durch die starken Vertikalbewegungen der Luft, der Temperaturabnahme und der hohen Luftfeuchte verursacht.“ Es kommt zu heftigen Gewittern, Starkregenereignissen und einem großen Temperatursturz. Bis herunter auf 600 m ü. NN. schneite es zeitweise. Der MÜNCHNER MERKUR berichtet in der Wochenendausgabe 10./11. Juli 1954 (Nr. 164) von zahlreichen eingeschneiten Almen und daß der Schnee ab 1200 m ü. NN liegengeblieben sei. Auf dem Wendelstein wären zudem 4 m hohe Schneewehen entstanden, auf der Zugspitze wären 1,5 m Neuschnee gefallen. In Fall steht die Fahrbahn 30 bis 40 cm unter Wasser, in Bad Tölz mußten, wie eine Woche vorher schon, einige Häuser geräumt werden. Die Brücke zwischen Vorderriß und Wallgau ist schon beim ersten Hochwasser weggerissen worden (MÜNCHNER MERKUR, Nr. 163, 9.7.1954), Fall war von der Außenwelt abgeschnitten (MÜNCHNER MERKUR, Nr. 158, 3./4.7.1954).

Durch den Dauerregen in den ersten Julitagen sind die Böden voll mit Wasser. Kaum haben sich die Wasserstände an der Isar einigermaßen beruhigt, trifft der Kaltlufteinbruch auf die vollgesogenen Böden, die das zweite Ereignis nicht mehr aufnehmen können. Die Folge sind großflächige Überschwemmungen, eine zweite, wesentlich größere Hochwasserwelle läuft vom 9. bis 11. Juli die Isar hinunter. Das zweite Hochwasser wäre wohl wesentlich undramatischer abgelaufen, wäre es nicht in die direkte Folge des Vorgängers gefallen.

Auch dieses Hochwasser zeichnet sich durch viele übertroffene 3. Standardabweichungen aus (vgl. Tabelle 3 im Anhang). Lediglich der Wasserstand in Mittenwald konnte diese Marke nicht übertreffen. Der Pegel Landshut Birket mußte aus bereits dargestellten Gründen (vgl. 3.3.6) durch Freising ersetzt werden.

In Landshut ist das Hochwasser von 1954 besonders problematisch: nach dem 2. Weltkrieg war

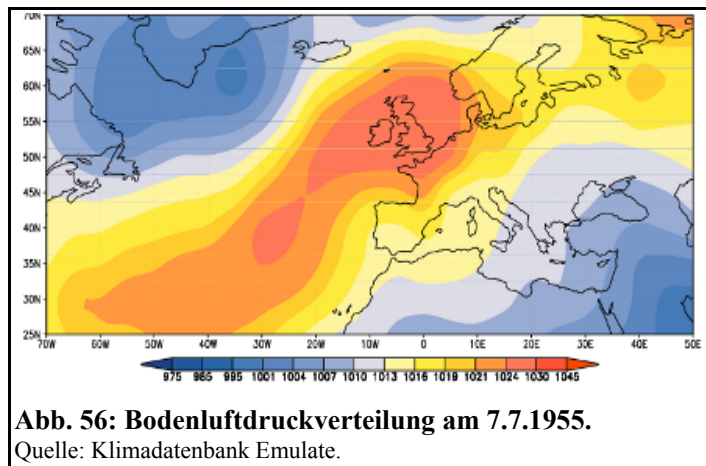
damit begonnen worden, wie bereits unter 2.10 erwähnt, eine neue Flutmulde zu bauen. Diese ist aber zum Zeitpunkt des Hochwassers noch nicht fertig, die alte aber schon zugeschüttet. Deshalb muß nördlich der Stadt die Uferböschung auf 40 m durchbrochen werden, damit die Fluten in die neue Mulde strömen können und das Flußbett in der Stadt entlastet wird (MÜNCHNER MERKUR Nr. 164, 10./11. Juli 1954).

Die Wasserstände sind in Diagramm 22 im Anhang dargestellt, die Abflußwerte in Diagramm 23 im Anhang. Sehr gut sind die beiden direkt aufeinander folgenden Hochwasserwellen zu erkennen, zudem auch, daß der Wasserspiegel nach dem ersten, kleinen Ereignis zwar schnell wieder sinkt und auch der Abfluß wieder zurückgeht, aber noch nicht die Werte vor dem Ereignis erreicht werden können. In Plattling erreichte der Abfluß am 11. Juli einen Spitzenwert von 1360 m³/s, dies ist der höchste zwischen 1901 und 1955 gemessene Wert.

Da Wasserstandsstundenwerte nur vom Pegel Freising vorhanden sind, wurde auf ein eigenes Diagramm verzichtet.

5.3.11 Das letzte große Hochwasser vor der Inbetriebnahme des Sylvenstein-speichers im Juli 1955

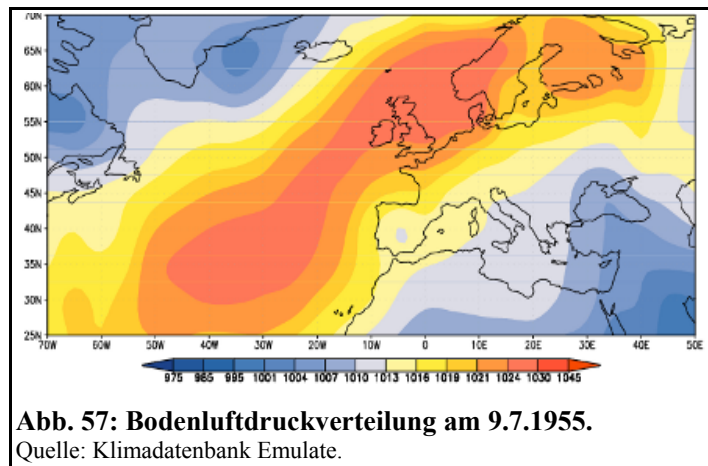
Das Hochwassers 1955 gibt einige Rätsel auf, da aufgrund der Emulate-Bilder die Wetterlage



nicht unbedingt auf ein großes Hochwasser schließen läßt. Schon ab dem 5. Juli liegt über dem Atlantik vor den Britischen Inseln und der Französischen Küste ein großes Hochdruckgebiet, das kühle nördliche Luftmassen nach Süddeutschland führt (vgl. Abb. 56). Es wird sehr kühl und regnet, in den Alpen schneit es weit herunter. Am 8. Juli

dehnt sich das Hochdruckgebiet bis Skandinavien aus, es wird östliche Luft nach Mitteleuropa geführt (vgl. Abb. 57). Diese Tatsache allein deutet allerdings noch nicht unbedingt auf ein Hochwasser hin. Laut der SÜDDEUTSCHEN ZEITUNG (Nr. 162, 11.7.1955, S. 4) ist aber die aus Osten kommende Luft sehr feucht und warm. Sie schiebt sich über die an den Alpen gestaute kalte Luft, so daß eine „Regenwand an den Alpen“ entsteht. Die Folge ist, daß es sogar auf über 3000 m Höhe regnet. Der tauende Schnee vergrößert durch sein Schmelzwasser den Abfluß zusätzlich.

Südlich von München betrug die Tageshöchsttemperatur am 9. Juli bei Dauerregen in der Kaltluft allerdings gerade mal 10 °C (KINDER, 1955). Das Hochwasser erreichte Mittenwald, Bad Tölz und Landshut am 9. Juli, Dingolfing am 10.7. und Plattling am 11.



Das Hochwasser verfehlte in Plattling knapp die 1000 m³/s-Marke, 987 m³/s wurden als Spitzenwert festgestellt. Stundenwerte sind wie beim Hochwasser 1954 nur vom „Ersatzpegel“ Freising vorhanden, so daß deren genaue Darstellung in einem eigenen Diagramm unterbleibt. Die Wasserstände und Abflüsse sind in den Diagrammen

24 und 25 im Anhang dargestellt.

Die 3. Standardabweichung wird an allen vorhandenen Pegeln erreicht (vgl. Tabelle 3 im Anhang), lediglich beim Wasserstand in Plattling und beim Abfluß in Dingolfing nicht.

5.4 Vergleich der einzelnen Hochwasser

Allgemein läßt sich sagen, daß bei allen oben näher betrachteten Hochwassern, bei denen die Wetterlage bekannt ist, Kaltluft aus nördlichen Breiten zu den Niederschlägen geführt hat. Die Ausnahme ist das Hochwasser im Mai 1930. In einigen Fällen hat anschließend noch ein Tief über Italien oder eine Vb Wetterlage für weiteren Regen gesorgt. Da solche Kaltlufteinbrüche in Frühjahr und Sommer nicht ungewöhnlich sind, hängt es an ihrer Dauer, der Feuchtigkeit und der Temperatur der beteiligten Luftmassen, ob die Wetterlage zu einem Hochwasser führen kann. Natürlich ist auch wichtig, wie viel Wasser die Böden noch aufnehmen können.

Eine typische Hochwasserwetterlage gibt es deshalb eigentlich nicht. Es ist immer ein Zusammentreffen besonders ungünstiger Umstände, das zu solchen Extremereignissen führt. Daher ist es auch relativ schwierig, die Hochwasser untereinander zu vergleichen.

Die Abweichung vom Mittel der betrachteten Monate, die auf der y-Achse in den Wasserstandsdiagrammen aufgetragen ist, nimmt bei den Hochwasserereignissen von etwa 100 – 150 cm im 19. Jahrhundert auf 150 – 250 cm in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu. Bei den Hochwassern 1954 und 55 wird bereits die 300 cm-Marke überschritten. Dies zeigt zum einen recht deutlich, daß durch die zunehmende Begradigung, Kanalisierung und Eindeichung der Isar die Was-

serstände bei einem Hochwasserereignis immer höher werden, da mehr und mehr Retentionsräume verloren gehen. Zum anderen muß aber auch berücksichtigt werden, daß ab dem 20. Jahrhundert immer häufiger die Wasserstands- wie auch die Abflußspitzenwerte notiert werden. Diese wurden in die Diagramme aufgenommen, weshalb die Hochwasser des 19. Jahrhunderts kleiner erscheinen, da sie nur die eine Messung am jeweiligen Morgen eines Tages enthalten.

Schwierig ist es außerdem, die Dauer eines Hochwasserereignisses zufriedenstellend darzustellen. Der Beginn der Hochwasserwelle am Pegel Mittenwald ist in der Regel gut feststellbar, aber der Zeitpunkt, wann das Hochwasser in Plattling als abgeklungen gelten kann, ist nicht zweifellos festzulegen. Auch können nur für die Hochwasser mit Stundenwerten die exakten Zeitspannen ermittelt werden, die der Hochwasserscheitel von Mittenwald nach Plattling benötigt. Aufgrund der wenigen Hochwasser mit komplett vorhandenen Abflußdaten (im Grunde nur das Hochwasser 1940) wurde darauf verzichtet, Wellenpläne zu erstellen.

6 Weitere Auffälligkeiten und Untersuchungen

6.1 Die Schneeschmelze in Mittenwald 1826 – 1881

Auf Anregung von Oliver Böhm wurde untersucht, ob sich das offizielle „Ende“ der Kleinen Eiszeit um 1850 anhand des Zeitpunktes des Einsetzens der Schneeschmelze in Mittenwald nachvollziehen läßt. Es wurden deshalb von sämtlichen vorhandenen Jahrgängen vor 1850 und bis 30 Jahre nach 1850 die täglichen Wasserstände der Monate März, April und Mai digitalisiert, also für die Jahre 1826 bis 1881. Trägt man alle 55 resultierenden Kurven in einem Diagramm auf, erhält man zunächst ein ziemlich unübersichtliches Ergebnis. Auch durch nach der Zeit abgestufte Farbgebung läßt sich kein schlüssiges Bild entwickeln. Mithilfe der Mittlung der jeweiligen Tageswerte über 5 Jahre konnte die Anzahl der Kurven auf elf erniedrigt werden. Das jetzt erkennbare Bild zeigt auf, daß gerade in den Jahren um 1850 die Schneeschmelze relativ spät einsetzte, aber sicherlich kein Trend erkennbar ist hin zu früherem Einsetzen im Laufe der betrachteten 55 Jahre.

Erschwerend kommt hinzu, daß die unter 3.3.1 bereits dargestellten Quartalsprünge, die im übrigen beim Auswerten der Schneeschmelzeereignisse überhaupt erst gefunden wurden, das Ergebnis verfälschen. Auffallend häufig ändert sich der Wasserstand gerade zum 1. April drastisch, allerdings auch zum 1. Mai des öfteren. Aufgrund dieser nicht gerade zuverlässigen Datenlage ist

es also nur bedingt möglich, die Ergebnisse zu interpretieren.

6.2 Der Eisstoß 1929

Wenn es über lange Zeit kalt genug ist, frieren auch Fließgewässer oberflächlich zu. Bricht die Eisfläche zum Beispiel aufgrund einer Temperaturerhöhung, fließen die Eisschollen ungehindert ab, solange sich ihnen kein Hindernis in den Weg stellt. Dieser Vorgang wird als Eisgang bezeichnet. In der ISAR ZEITUNG (Nr. 46, 23.2.1929b, S. 2) werden drei verschiedene Möglichkeiten des Ablaufes eines Eisgangs dargestellt: „1. Ruhiges Ablaufen der Eismassen, wenn der Ablauf von unten her erfolgt. [...] Dieser Eisabgang ist vollkommen gefahrlos und bringt keinerlei Schaden. 2. Der ruhige Abfluß von unten wird durch Wasserzustrom von oben zum Hochwasser, weil die Eisklötze noch den Fluß zubauen. Dann haben wir Hochwasser wie sonst und damit auch den gewöhnlichen Hochwasserschaden. [...] 3. Die Verstopfung des Eisganges von unten her, Zustrom von oben her bringt Hochwasser. Dieses wirft auch die Eisblöcke in die Vorländer. [...] Der Schaden wird größer als beim gewöhnlichen Hochwasser.“

Um den Fluß von unten her zu verstopfen – und damit den Eisgang zum Eisstoß werden zu lassen – ist ein Hindernis für die treibenden Eisschollen nötig, es kann sich dabei um eine Brücke aber auch die weiter flußab befindliche intakte Eisschicht handeln. An der Eisschicht bleiben die Eisschollen hängen und stapeln sich über und unter der Eisschicht, nicht selten bis zur Sohle des Flusses hinunter. In der Folge stauen sich das Wasser und weitere Eisschollen immer weiter auf, was den Eisstoß immer mehr



Abb. 58: Der zugefrorene Inn in Rosenheim 1929.
Quelle: <http://www.stadtarchiv.de>

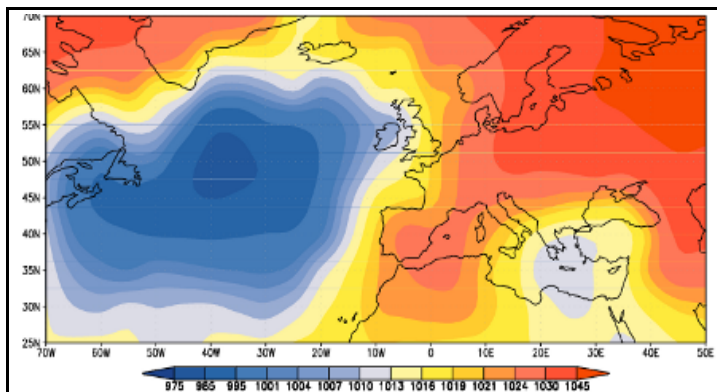


Abb. 59: Bodenluftdruckverteilung am 29.1.1929.
Quelle: Klimadatenbank Emulate.

flußaufwärts wachsen läßt. Da das nicht gefrorene Wasser wegen der Eisbarriere nicht abfließen kann, kommt es oberhalb leicht zu Hochwasser. Will man einen Eisstoß lösen, bevor wärmeres Wetter das Problem löst, sind in der Regel Sprengungen nötig, da ein Befahren mit großen Maschi-

nen nicht möglich ist. Große Eisstöße bestehen aus so viel Eis, daß der betroffene Fluß trockenen Fußes überquert werden kann. Allerdings ist höchste Vorsicht geboten, da das Eis ständig in Bewegung ist. Leider war es nicht möglich ein Bild eines Eisstoßes an der Isar zu finden (vgl. Abb. 58).

Wenn der Druck des aufgestauten Wassers und Eises auf den Eisstoß zu groß wird, bricht der Eisstoß von alleine, was zu einer großen Flutwelle führen kann. Solche Flutwellen haben in der Vergangenheit immer wieder für große Überschwemmungen gesorgt, zum Beispiel 1342 in Wien mit über 6.000 Todesopfern. Durch den Druck des Eises sind auch Brückenbauwerke in Gefahr, diese können nicht nur beschädigt, sondern auch ganz weggerissen werden. In der den letzten 200 Jahren gab es auch an der Isar noch zahlreiche Eisstöße: 1833 in Dingolfing, 1895 und 1942 in Plattling, sowie einen besonders großen und in den Pegelbeobachtungsblättern auch gut dokumentierten Eisstoß im Rekordwinter 1929. In diesem Jahr froh nicht nur die Isar auf weite Strecken zu, auch der Inn war auf 70 km komplett zugefroren (STADTARCHIV ROSENHEIM, 2009).

Ein starkes Hoch über Skandinavien bestimmte über lange Zeit das Wetter in Mitteleuropa und läßt die Temperaturen auf teil-

weise unter -30 °C fallen (vgl. Abb. 59). In der LANDSHUTER ZEITUNG (Nr. 43, 1929) wird zudem noch die Beobachtung von Dampfem auf dem Atlantik geschildert, wonach der Golfstrom in diesem Winter viel weiter westlich also sonst fließe. Schon im Oberlauf der Isar bei Mittenwald, so ist den Randnotizen der Pegelaufzeichnungen zu entnehmen, war der Winter sehr kalt war: ab dem 14.1 ist immer wieder die Rede von Sulzeis⁷. Ab dem 1.2. lautet die Bemerkung wie folgt:

29.01.1929	20% Treibeis
30.01.1929	20% Treibeis
31.01.1929	30% Treibeis
01.02.1929	30% Treibeis
02.02.1929	30% Treibeis
03.02.1929	40% Treibeis
04.02.1929	40% Treibeis
05.02.1929	30% Treibeis
06.02.1929	5% Treibeis
07.02.1929	
08.02.1929	30% Treibeis
09.02.1929	30% Treibeis
10.02.1929	30% Treibeis
11.02.1929	50% Treibeis
12.02.1929	50% Treibeis
13.02.1929	30% Treibeis – Eisstoß km 34,85
14.02.1929	30% Treibeis – Eisstoß km 40, Vorflut bis km 50,5
15.02.1929	60% Treibeis – Eisstoß km 44
16.02.1929	50% Treibeis – Eisstoß km 46,6, Stau der Vorflut bis km 49
17.02.1929	40% Treibeis – Eisstoß km 47,8, Stau Vorflut bis km 50,5
18.02.1929	15% Treibeis – Eisstoß km 49,1, Stau Vorflut bis km 51
19.02.1929	Eisstoß km 48,5, Stau Vorflut bis km 50,5
20.02.1929	10% Treibeis – Eisstoß km 46, Stau Vorflut bis km 51
21.02.1929	10% Treibeis – Eisstoß km 44,2, Stau Vorflut bis km 46
22.02.1929	20% Treibeis – Eisstoß km 43,7
23.02.1929	10% Treibeis – Eisstoß km 43,7
24.02.1929	Eisstoß km 42
25.02.1929	Eisstoß km 35
26.02.1929	Eisstoß km 28,8
27.02.1929	
28.02.1929	
01.03.1929	
02.03.1929	20% Treibeis

Abb. 60: Der Eisstoß in Dingolfing.

Quelle: LfU und ISAR ZEITUNG

⁷ Eisbildung in Flüssen unter der Wasseroberfläche. „Die Oberfläche eines schnell fließenden Wasserlaufes kann

„Von der Einmündung der Leutasch gegen Scharnitz Eisdecke geschlossen 2,5 km :/Schneeis/.“ (LFU 1826-1955, 2/1929). Ab dem 19. Februar ist der Fluß wieder offen, auch wenn bis zum 26. noch Sulzeis darin treibt.

In Tölz gibt es keine Probleme mit der Isar, außer daß der Pegel immer wieder einfro. Vom 12. bis 23.2. und wieder vom 28.2. bis zum 10.3. war er ständig festgefroren. Der Versuch, den Pegel am 19.2. frei zu bekommen war zwar erfolgreich, am Tag danach aber schon wieder revidiert (LFU 1895-1955a, 2/1929).

In München ist nach Angaben der ISAR ZEITUNG vom 15.2.1929 (Nr. 39, S. 3) die Isar zwischen der Ludwigsbrücke und dem Alpinen Museum bis auf eine schmale Rinne zugefroren.

In Landshut ist sozusagen die Quelle des Eisstoßes erkennbar. Hier wurde zwischen dem 29. Januar und dem 23. Februar bis zu 50 % Treibeisbedeckung der Isar festgehalten (LFU 1826-1952, 2/1929).

In Dingolfing herrscht schon Mitte Januar bis zu 30 % Treibeis. Auch hier beginnt die ständige Treibeisbedeckung am 29. Januar und erreicht am 15. Februar 60 % (vgl. Abb. 60). Ab dem 13. Februar wird der Eisstoß vermeldet, beginnend am Flußkilometer 34,85. In den folgenden Tagen wandert der Eisstoß hinauf bis zum Flußkilometer 49,1, den er am 18. Februar erreicht. Am 15. Februar hat der Eisstoß Dingolfing erreicht, laut dem Bericht der ISAR ZEITUNG (1929a, Nr. 41, S. 2) steigt der Isarpegel innerhalb einer halben Stunde von 70 auf 165 cm. Zwar löste sich der Eisstoß im Bereich der Brücke nochmal kurz, baute sich aber sehr schnell und diesmal dauerhaft erneut auf. Diese Beobachtung läßt sich in den Beobachtungsblättern so nicht nachvollziehen (vgl. Diagramm 27 Stundenwerte 1929). Der Wasserstand erreichte seinen höchsten Wert von 152 cm erst um Mitternacht zum darauf folgenden Tag. „Die im Flußbette festgestoßenen Packeismassen erreichten eine Stärke bis zu 2m u. stauten das Wasser bis zu 3 km nach oberstrom vom Eisstoßende auf. Zwischen den Kiesbänken u. an Stellen, wo die Wassertiefe im Stromstrich nicht mehr wie 2 m ist, lag das Packeis fast auf der Sohle auf u. drängte das Wasser über die Ufer, welche stellenweise bis zu 1m überflutet waren.“ Soweit die Notizen des Pegelbeobachters zum 15. Februar (LFU 1825-1955, 2/1929). Am 19.2. berichtet die ISAR ZEITUNG (1929a, Nr. 42, S. 3) von gefluteten Ufern der Isar in Dingolfing und im weiteren Verlauf flußab. Das Wasser steige stündlich. Zu dieser Zeit wird ein plötzlicher Abgang des Eisstoßes am meisten gefürchtet. Ab dem 20.2. klingt der Eisstoß wieder ab, das Eis löst sich langsam, und es kommt wieder zu Eistreiben wie zu Beginn des Eisstoßes (ISAR ZEITUNG, 1929a, Nr. 45, S. 2). Am 26.2. ist die Isar

sich in kalten Winternächten unter 0 °C abkühlen. Derart unterkühltes Wasser ergibt beim Vermischen mit den darunterliegenden wärmeren Schichten eine lockere Masse von Eiskristallen (Sulzeis oder Eisbrei), die flußabwärts schwimmt. Diese Sulzeismassen können – wenn sie sich unter dem Oberflächeneis in ruhigerem Wasser befinden – einen Wasserlauf dämmen und Überschwemmungen verursachen..“ (MICROSOFT ENCARTA ONLINE-ENZYKLOPÄDIE, 2008).

bis zum Flußkilometer 28,8 wieder eisfrei, nur an den Ufern befindet sich noch Packeis. (ISAR ZEITUNG, Nr. 48, S. 2, 1929a und LfU 1825-1955, 2/1929).

In Plattling hält nach anfänglichem Treibeis die „Eisstauung“ den ganzen Februar über an (vgl. Abb. 61), ab dem 1. März werden für den Eisstoß Flußkilometerangaben angegeben, da er Plattlinger Gebiet erreicht. Von 13,0 am 1.3. wandert er bis zum Kilometer 2,2 am 7.3. flußabwärts. Am 8. wird „Eisfrei!“ gemeldet (LfU 1895-1955b, 2/1929). Laut einer Notiz am Beobachtungsblatt vom Januar 1929 wurde der Pegel beim Eisstoßabgang ab dem 26.2.29 (LfU 1895-1955b, 1/1929) stündlich abgelesen, nur leider befinden sich diese Werte nicht bei den übrigen Pegelaufzeichnungen.

29.01.1929	Frost – 10% Treibeis
30.01.1929	Frost – 20% Treibeis
31.01.1929	Frost – 20% Treibeis
01.02.1929	Frost – 30% Treibeis
02.02.1929	Frost – 30% Treibeis
03.02.1929	Frost – 35% Treibeis
04.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
05.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
06.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
07.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
08.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
09.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
10.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
11.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
12.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
13.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
14.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
15.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
16.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
17.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
18.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
19.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
20.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
21.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
22.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
23.02.1929	Eisstauung (Eisstoß) – Frost setzt aus
24.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
25.02.1929	Eisstauung (Eisstoß) – nachts kalt
26.02.1929	Eisstauung (Eisstoß)
27.02.1929	Eisstauung (Eisstoß) – Schnee
28.02.1929	Eisstauung (Eisstoß) – Frost
01.03.1929	Eisstoß bei km 13,000
02.03.1929	Eisstoß bei km 10,9
03.03.1929	Eisstoß bei km 10,9
04.03.1929	Eisstoß bei km 10,6
05.03.1929	Eisstoß bei km 6,2
06.03.1929	Eisstoß bei km 4,8
07.03.1929	Eisstoß bei km 2,2
08.03.1929	Eisfrei!

Abb. 61: Der Eisstoß 1929 in Plattling.
Quelle: LfU

Viel Schaden hat der Eisstoß 1929 nicht anrichten können. Die befürchtete Katastrophe blieb aus, da sich der Eisstoß von selbst wieder löste. In der LANDSHUTER ZEITUNG (Nr. 48, 1929, S. 6) ist lediglich von einer weitestgehend zerstörten Isarbrücke in Niederpörling zwischen Landau und Plattling die Rede.

Die Verstopfung der Isar mit Eis und das Anschwellen des Wasserstandes kann auch gut anhand der Wasserstände und des Abflusses nachvollzogen werden. In den Diagrammen 26, 27 und 28 im Anhang zeigen die Ganglinien von Dingolfing und Plattling deutlich den hohen Wasserstand der beiden Pegel an. In Mittenwald, Bad Tölz und Landshut wird durch die niedrigeren Wasserstände deutlich, daß aufgrund der kalten Temperaturen sehr wenig Wasser fließt.

Mit dem Flußabwärtswandern des Eisstoßes von Dingolfing Richtung Plattling steigt dort der Wasserspiegel wieder stark an, erst als er sich auch dort am 5. März aufgelöst hat, sinkt der Pegel deutlich. Ab dem 8. März steigt der Abfluß in Plattling wieder merklich an, die Isar ist nun eisfrei, das Tauwetter führt zu größeren Schmelzwassermengen.

Eisstöße sind ein nahezu vergangenes Phänomen des

Winters. Dies ist zum einen klimabedingt, da es heute nur noch selten über sehr lange Zeit wirklich kalt genug ist und außerdem anthropogen beeinflusst, da durch die Korrekturen der Flüsse

die Fließgeschwindigkeiten erhöht wurden, so daß das Wasser nicht mehr so leicht gefriert. Aber auch heute gibt es noch ab und zu Eisstöße auf großen Flüssen. Ein vergleichsweise kleiner Eisstoß legte zum Beispiel 2006 den Schiffsverkehr der Donau in Wien nahezu lahm.

Zusammenfassung

Im Zentrum der Arbeit stand die Isar. Sie ist, vor allem weil an ihr die Landeshauptstadt München liegt, der bekannteste bayerische Voralpenfluß. Daß sie nicht nur als Transportgewässer für Gaudißfahrten dient, sondern auch gefährliche Hochwasser führen kann, wurde der Bevölkerung zuletzt in den Jahren 1999 und 2005 vor Augen geführt, als der Sylvensteinspeicher an seine Fassungskapazität kam. Vor dem Bau des Sylvensteinspeichers war diese Gefahr allerdings noch wesentlich präsenter als heute. Deshalb befaßte sich diese Arbeit mit den Hochwasserereignissen seit Beginn der täglichen Wasserstandsaufzeichnungen 1825 bis hin zum letzten Hochwasser vor Fertigstellung des Sylvensteinspeichers 1955.

Zunächst wurde der Verlauf der Isar und die Veränderungen an ihm im betrachteten Zeitraum beleuchtet, dann die beiden Hauptthemen Wasserstandsdaten und Abflußdaten behandelt um aus diesen die großen Hochwasserereignisse herauszufiltern, die dann im Anschluß genauer betrachtet wurden. Für die Interpretation der Ereignisse waren alte Zeitungsberichte ebenso wie die Klimadatenbank Emulate eine große Hilfe.

Einige der im Vorfeld gesteckten Ziele, wie die Generierung von Abflußdaten aus den Wasserstandsaufzeichnungen, konnten nicht wie geplant ausgeführt werden, da hierfür Pegel-Abfluß-Relationen nötig sind, die für die Vergangenheit vor 1900 aber nicht vorliegen. Auch wurden im 19. Jahrhundert nicht wie heute die Querprofile an den Pegelmeßstellen vermessen. Mathematische Berechnungen aufgrund von Schätzungen dieser Daten sind aufgrund des leicht veränderlichen Flußbettuntergrundes nicht sinnvoll. Darüber hinaus wurde kurz vor den ersten Abflußberechnungen im Jahr 1901 das Gerinne der Isar durch das Jahrhunderthochwasser von 1899 grundlegend verändert, so daß Schätzungen in die Vergangenheit sich eigentlich von selbst verbieten.

Historische Wasserstandsdaten gibt es von der Isar zuhauf, allerdings ist es schwierig, Pegel zu finden, deren Datenreihe sich über den gesamten zu betrachtenden Zeitraum erstreckt. Da dies nur für die Pegel Mittenwald, Dingolfing und Landau zutrifft, fehlte der Arbeit von Anfang an ein repräsentativer Pegel für den Mittellauf. Um diesen Nachteil möglichst zu kompensieren,

wurden die Pegel Bad Tölz und Landshut dazu genommen. Daß vor allem der Pegel Landshut Maxwehr sich als so unsicher erweisen würde, stellte sich auch erst im Laufe der Zeit heraus. Allerdings liegen mit Mittenwald und Dingolfing zwei vollständige Ganglinien vor, sie bilden die Stütze der ganzen Arbeit und insbesondere der Zeit vor 1895.

Um die Wasserstandsganglinien, die jeweils an einem willkürlichen Nullpunkt gemessen worden sind, untereinander vergleichbar zu machen, wurden sie mittelpunkzentriert, das heißt, von jedem Meßwert wurde der Mittelwert der ganzen Meßreihe abgezogen. Dadurch rücken die Ganglinien näher zusammen, ihre Ausschläge können besser gegeneinander abgeschätzt werden.

Nachdem sich herauskristallisiert hatte, daß es nicht ohne weiteres möglich ist, aus den Wasserstandsdaten Abflußdaten zu gewinnen, mußte auf im LfU vorhandene Abflußdaten zurückgegriffen werden. Diese liegen aber auch nur im Fall von Plattling ab 1901 vor. Daher mußte das Ziel, Wellenpläne für mehrere Hochwasserereignisse zu erstellen, aufgegeben werden.

Unerwartet war hingegen die teils sehr genaue, stündliche Aufschreibung von Wasserständen während der Hochwasserereignisse ab der Jahrhundertwende. Dies ermöglichte die anschauliche Darstellung der Hochwasserspitzen an den einzelnen Pegeln und die Berechnung der Zeit, die die Scheitelwelle von Mittenwald bis Plattling benötigte.

Mit Hilfe der Klimadatenbank Emulate konnten die Hochwasser verursachenden Wetterkonstellationen betrachtet werden. So konnte festgestellt werden, daß überwiegend Nordlagen großen Hochwasserereignissen vorausgegangen sind.

Die Auswertung der umfangreichen Schreibpegelaufzeichnungen steht noch aus, da sie den Zeitrahmen dieser Arbeit gesprengt hätte. Durch sie könnten vor allem im 20. Jahrhundert die Scheitelwellen noch genauer bestimmt werden als es durch die Stundenwerte möglich ist. Die Zeit, die die Scheitelwelle von Mittenwald bis zur Mündung in die Donau benötigt, könnte mit ihrer Hilfe noch wesentlich genauer eingegrenzt werden.

Leider sind die originalen Wasserstandsdaten und Abflußdaten einiger Pegel verschollen, auf der hausinternen Liste des LfU sind sie jedoch aufgeführt, wie auch in der einschlägigen historischen Literatur. Daß viele Daten, vor allem die aus München, nicht mehr vorhanden sind, dürfte allerdings auch an Kriegseinwirkungen liegen. Diese verschollenen Daten ausfindig zu machen, ihr Verschwinden zu rekonstruieren und definitiv verloren gegangene aus der Liste zu streichen, wäre vor allem Aufgabe des LfU. Nur so kann man dem gesteigerten Informationsbedürfnis der Wissenschaft, vieler Gemeinden und Bürger nach den Hochwasserereignissen der vergangenen Jahre gerecht werden.

Literaturverzeichnis

- BAYERISCHE LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE [Hrsg.] (1921-1937): Jahrbücher der Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde im Staatsministerium des Inneren. 1916-1936. München.
- BAYERISCHE LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE [Hrsg.] (1952): Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch. Donaugebiet. Abflußjahre 1941-1945. München. 116 S.
- BAYERISCHE LANDESSTELLE FÜR GEWÄSSERKUNDE [Hrsg.] (1959): Gesamtverzeichnis der Pegel im Donaugebiet, München, S. 12.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (1826-1955): Beobachtungsblätter Pegel Mittenwald Mühlbrücke und Karwendelsteg. München, 1178 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (1895-1955a): Beobachtungsblätter Pegel Bad Tölz Brücke und Taubenloch. München, 910 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (1951-1955): Beobachtungsblätter Pegel Freising, München, 65 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (1826-1952): Beobachtungsblätter Pegel Landshut Maxwehr und Birket. München, 1518 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (1825-1955): Beobachtungsblätter Pegel Dingolfing. München, 1174 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (1895-1955b): Beobachtungsblätter Pegel Plattling. München, 1059 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2008): Liste sämtlicher ehemaliger und aktueller Pegel in Bayern und die Verfügbarkeit von Wasserstands- und Abflußdaten in Form von Originalaufzeichnungen, digitalisierter Daten bzw. auf Mikrofilm. 39 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (1999): Pegelchronik Pegel Mittenwald Karwendelsteg/Isar. Nr 160 070 04. EDV-Manuskript, München, 4 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (2001a): Pegelchronik Pegel München/Isar. Nr. 160 057 01. EDV-Manuskript, München, 7 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (2001b): Pegelchronik Pegel Freising/Isar. Nr. 160 065 00. EDV-Manuskript, München, 3 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (2001c): Pegelchronik Pegel Landshut Birket/Isar. Nr. 160 070 04. EDV-Manuskript, München, 6 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (2001d): Pegelchronik Pegel Dingolfing/Isar. Nr. 160 075 03. EDV-Manuskript, München, 6 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (2001e): Pegelchronik Pegel Landau/Isar. Nr. 160 080 07. EDV-Manuskript, München, 5 S. (unveröffentlicht).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (2001f): Pegelchronik Pegel Plattling/Isar. Nr. 160 085 06. EDV-Manuskript, München, 6 S. (unveröffentlicht).

- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT [Hrsg.] (1950-56): Deutsches gewässerkundliches Jahrbuch / Donaugebiet. 1946-1955. München.
- BAYERISCHE ZEITUNG [Hrsg.] (1910): Nr. 143, 23.6.1910, S. 4.
- ERHARD, C. (2008): Als die Ludwigsbrücke einstürzte. In: Münchner Merkur, Nr. 207, 5.9.2008, S. 14.
- FEHN, H. (1970): Das Tor von Mittenwald In: Topographischer Atlas Bayern. Karte 125. 2. Auflage, München, 329 S.
- FISCHER, J. (1913): Wasserführung und Wasserstands-Verhältnisse der bayerischen Gewässer. München.
- FORSCHUNGSANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE [Hrsg.] (1949): Jahrbuch für die Gewässerkunde des Deutschen Reichs (altes Reichsgebiet). Teil VII Donaugebiet. Abflußjahr 1940, Bielefeld, 165 S.
- GEMEINDERAT KRÜN [Hrsg.] (1951): Hochwassergefährdung durch die Isar. Krün, 1 Seite (unveröffentlicht).
- GÖTZ, U. (1999): Freising – älteste Stadt an der Isar. In: Die Isar – Wildfluss in der Kulturlandschaft. Vilsbiburg, S. 166-171.
- GREBENAU, H. (1870): Tabellen zur Umwandlung des bayerischen Masses und Gewichtes in metrisches Maß und Gewicht und umgekehrt nebst dazugehörigen Preisverwandlungen. München.
Digitalisiert im Internet unter: http://www.digitalis.uni-koeln.de/Grebenau/grebenau_index.html (23.10.08).
- HAAS, H. (1999): Energiewirtschaftliche Nutzung der Isar. In: Die Isar – Wildfluss in der Kulturlandschaft. Vilsbiburg, S. 43-45.
- HEYNE, C. (2002): Die Ökophysiologie des Krankheitsbildes Phytophthora-infizierter Stieleichen an einem Altau-Standardort (Dissertation). Freising, 213 S.
Digital im Internet unter: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=967534704&dok_var=dl&dok_ext=pdf&filename=967534704.pdf (7.11.08).
- ISAR ZEITUNG [Hrsg.] (1929a): Heimatnachrichten. Nr. 39, 15.2.1929, S. 3; Nr. 40, 16.2.1929, S. 3; Nr. 41, 17./18.2.1929, S. 2; Nr. 42, 16.2.1929, S. 3; Nr. 43, 20.2.1929, S. 2; Nr. 44, 21.2.1929, S. 2; Nr. 45, 22.2.1929, S. 2; Nr. 46, 23.2.1929, S. 3; Nr. 47, 24./25.2.1929, S. 2; Nr. 48, 26.2.1929, S. 2.
- ISAR ZEITUNG [Hrsg.] (1929b): Die Gefahren des Eisstoßes und die Bekämpfung der Gefahren. Nr. 46, 23.2.1929, S. 2.
- KAISER, KGL. WEGEMEISTER ZU PARTENKIRCHEN (1863): Den beschädigten Rinnenabschluß unterhalb Walgau an der Isar betreff. Partenkirchen (unveröffentlicht).
- KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU [Hrsg.] (1899): Jahrbuch des Hydrotech. Bureaus der Obersten Baubehörde im kgl. Staatsministerium des Inneren 1. Jahrgang. München.
- KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU [Hrsg.] (1909): Ergebnisse der Wassermessungen des Hydrotechnischen Bureaus ausgeführt im bayerischen Donaugebiet in den Jahren 1899 bis 1909. München.

- KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU [Hrsg.] (1911a): Jahrbuch 1910, 184 S.
- KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU [Hrsg.] (1911b): Ergebnisse der Wassermessungen des Hydrotechnischen Bureaus ausgeführt im bayerischen Donaugebiet in der Zeit vom 1. Januar 1909 bis 1. Juli 1911. München.
- KGL. BAYER. HYDROTECHNISCHES BUREAU [Hrsg.] (1916): Ergebnisse der Wassermessungen des Hydrotechnischen Bureaus ausgeführt im bayerischen Donaugebiet in der Zeit vom 1. Juli 1911 bis 31. Dezember 1915 samt Nachträgen. München.
- KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE IM STAATSMINISTERIUM DES INNEREN [Hrsg.] (1888): Isar. In: Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. München, S. 149-187.
- KGL. OBERSTE BAUBEHÖRDE IM AUFTRAGE DES KGL. STAATSMINISTERIUMS DES INNEREN [Hrsg.] (1907): Die Wasserkräfte Bayerns. München, 514 S.
- KGL. STRASSEN- UND FLUSSBAUAMT [Hrsg.] (1878): Kostenvoranschlag über die Herstellung einer Correction der Isar bei Mittenwald. München (unveröffentlicht).
- KGL. STRASSEN- UND FLUSSBAUAMT [Hrsg.] (1913): Einseitiger Uferschutzbau oberhalb des Krünner Senkbaums zum Schutze der Ortschaft Krünn. München (unveröffentlicht).
- KINDER, U. (1954): Private Wetteraufzeichnungen aus Stockdorf bei Gauting (unveröffentlicht).
- KINDER, U. (1955): Private Wetteraufzeichnungen aus Stockdorf bei Gauting (unveröffentlicht).
- LANDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE UND HAUPTNIVELLEMENTS IN BERLIN [Hrsg.] (1940): Jahrbuch für die Gewässerkunde des Deutschen Reichs. Abflußjahr 1937, Berlin.
- LANDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE UND HAUPTNIVELLEMENTS IN BERLIN [Hrsg.] (1942): Jahrbuch für die Gewässerkunde des Deutschen Reichs. Abflußjahr 1938, Berlin.
- LANDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE UND HAUPTNIVELLEMENTS IN BERLIN [Hrsg.] (1943): Jahrbuch für die Gewässerkunde des Deutschen Reichs. Abflußjahr 1939, Berlin.
- LANDSHUTER ZEITUNG [Hrsg.] (1929): Nr. 48, 1929, S. 6.
- MAGERL, CH. (1999): Renaturierung der Mittleren Isar. In: Die Isar – Wildfluss in der Kulturlandschaft. Vilsbiburg, S. 78-83.
- MANGELSDORF, J. (1998): Geologie, Flußläufe, Feststoffe. In: Die Isar – ein Gebirgsfluß im Wandel der Zeiten. München, 130 S.
- MARKMILLER, F. (1999): Dingolfing. In: Die Isar – Wildfluss in der Kulturlandschaft. Vilsbiburg, S. 180-183.
- MEYER, R. (1970): Niederbayerisches Tertiärhügelland und Isartal bei Landshut. In: Topographischer Atlas Bayern. Karte 89. 2. Auflage, München, 329 S.
- MÜNCHNER HEROLD [Hrsg.] (1851): Nachrichten. Nr. 110, 3.8.1851; Nr. 112, 6.8.1851; Nr. 114, 8.8.1851.
- MÜNCHNER NEUESTE NACHRICHTEN [HRSG.] (1853): Nr. 170, 19.6.1853.
- MÜNCHNER NEUESTE NACHRICHTEN [HRSG.] (1899): Nr. 428, 17.9.1899, S. 3; Nr. 429, 18.9.1899; Nr. 430, 19.9.1899.
- V. RIEDL, A. (1806): Strom-Atlas von Baiern. Band 1 und 2. München.

- Digital im Internet unter: http://www.digitale-sammlungen.de/index.html?c=digitale_sammlungen&l=de, (21.11.08).
- RUPPERT, K. (1970): Erdinger Moos. In: Topographischer Atlas Bayern. Karte 117. 2. Auflage, München, 329 S.
- SCHEURMANN, K. (1998a): Flußgeschichte und Gestaltungsvorgänge. In: Die Isar – ein Gebirgsfluß im Wandel der Zeiten. München, S. 20-37.
- SCHEURMANN, K. (1998b): Abfluß. In: Die Isar – ein Gebirgsfluß im Wandel der Zeiten. München, S. 46-49.
- SCHMIDT, M. (2000): Hochwasser und Hochwasserschutz in Deutschland vor 1850. München, S. 228-230.
- SCHRÖDER-LANZ, H. (1970a): Das Wolfratshausener Becken. In: Topographischer Atlas Bayern. Karte 110. 2. Auflage, München, 329 S.
- SCHRÖDER-LANZ, H. (1970b): Der Isarwinkel. In: Topographischer Atlas Bayern. Karte 127. 2. Auflage, München, 329 S.
- SEMME, A. (1984): Geomorphologie der Bundesrepublik Deutschland. 4. Auflage, Stuttgart, 1984, 192 S.
- SEPP, K. (1954): Um den Sylvensteinspeicher. In: Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -tiere, München, S. 77-84.
- SPEER, F. (1999): Der gebändigte Wildfluss. In: Die Isar – Wildfluss in der Kulturlandschaft. Vilsbiburg, S. 63-65.
- STÖTTNER E. (1999): Landshut – das Gesamtkunstwerk. In: Die Isar – Wildfluss in der Kulturlandschaft. Vilsbiburg, S. 174-179.
- STOCK W. (1999): Die Münchner Isar-Brücken. In: Die Isar – Wildfluss in der Kulturlandschaft. Vilsbiburg, S. 144-148.
- STURM, K., GLASER, R., JACOBET, J., DEUTSCH, M., BRÁZDIL, R., PFISTER, CH., LUTERBACHER, J., WANNER, H. (2001): Hochwasser in Mitteleuropa seit 1500 und ihre Beziehung zur atmosphärischen Zirkulation. – In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 145, 2001/6. 14 S.
- SÜDDEUTSCHE ZEITUNG [Hrsg.] (1955): Noch droht keine Hochwassergefahr. Nr. 161, 9./10.7.1955, S. 13.
- SÜDDEUTSCHE ZEITUNG [Hrsg.] (1955): Die Isarwellen glätten sich. Nr. 162, 11.7.1955, S. 4.
- WASSERWIRTSCHAFTSAMT WEILHEIM [Hrsg.] (1872): Holzlagerplatz am Schoendl im Revier Krün betreffend. Weilheim (unveröffentlicht).
- WASSERWIRTSCHAFTSAMT WEILHEIM [Hrsg.] (1937): Entwurf für die Herstellung von Uferschutzbauten an der Isar oberhalb Mittenwald zwischen Fkm 260,494 – 261,220 und 262, 030 – 262,450. Weilheim (unveröffentlicht).
- V. WIEBEKING C. F. (1811): Beyträge zum Fluß- und Wehrbau. München, 35 S.

Internetseiten

- ABTEILUNG FÜR OBERFLÄCHENGEWÄSSERWIRTSCHAFT im AMT DER OÖ. LANDESREGIERUNG, DIREKTION UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT: Hochwasser 1954. http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/SID-4B5D4FC7-C938DFC0/ooe/hs.xsl/15393_DEU_DRUCK.htm, 12.2.2009
- ALT MOOSBURG (2004): Industrie – Wasserbau – Werkkanal. http://www.alt-moosburg.de/industrie_index.htm, 10.11.08
- BIORAMA (2001): Statistische Grundlagen IV: Streuungsmasse. <http://www.biorama.ch/biblio/b30tqm/q80stat/qs830.htm>, 20.1.2009
- DEUTSCHES MUSEUM: Museumsinsel – Vorgeschichte. <http://www.deutsches-museum.de/information/wir-ueber-uns/museums-geschichte/museumsinsel/>, 10.11.08
- LANDAU A. D. ISAR: Stadtchronik Teil 2. http://209.85.135.104/search?q=cache:zcSI5ipQOJMJ:www.landau-isar.de/upload/stadtchronik_landau2.pdf+eissto%C3%9F+isar&hl=de&ct=clnk&cd1&gl=ch&client=firefox-a, 5.11.08
- LUTERBACHER ET AL. (2002): Web Image Spreadsheet Tool: Reconstruction of Sea Level Pressure fields over the eastern North Atlantic and Europe back to 1500. <http://www.ncdc.noaa.gov/cgi-bin/paleo/lutercont.pl>, 17.2.2009.
- MICROSOFT ENCARTA ONLINE-ENZYKLOPÄDIE (2008): Eis. http://de.encarta.msn.com/encyclopedia_761570638/Eis.html, 9.2.2009.
- SCHATTENBLICK (2008): Planfeststellungsbeschluss für Staustufe Pielweichs rechtswidrig. <http://www.schattenblick.de/infopool/umwelt/lebens/ulere021.html>, 7.11.08
- STADTARCHIV ROSENHEIM (2009): Eisgang auf dem Inn. <http://www.stadtarchiv.de/index.php?id=488>, 17.1.2009
- STADT BAD TÖLZ (1998-2008): Unsere Stadt. <http://www.badtoelz.de/de/tourismus/die-stadt/unsere-stadt/index.html>, 29.10.08
- STADT DINGOLFING ONLINE: Dingolfing im Wandel der Zeit. http://www.dingolfing.de/07_00_stadtportraet/07_05_geschichte.php, 3.11.08
- STADT PLATTLING: Geschichte. http://www.plattling.de/unsere_stadt/index.html, 11.11.08
- STADTWERKE MÜNCHEN: Wasserkraftanlagen Uppenbornwerke. <http://www.swm.de/dokumente/swm/pdf/infomaterial/uppenbornwerke.pdf>, 10.11.08
- WASSERWIRTSCHAFTSAMT LANDSHUT: Unser Amtsbereich – Flussgebiet Isar. http://www.wasserwirtschaftsamt-landshut.de/wir/unsere_amtsbereich/isar.htm, 24.11.08
- WETTERZENTRALE (1995-2008): Wetterchronik 1901. 3. August. Schweres Hochwasser in der Fränkischen Schweiz August 1901. <http://www.wetterzentrale.de/cgi-bin/wetterchronik/home.pl?read=789&jump1=topic&jump2=3>, 12.2.2009.

Anhang

Mittenwald	Mühlbrücke	1826 - 1936	Fl Km: 259 r; 914,414
	Karwendelsteg	1926 - 1972	Fl km: 257,6 r; 905,068
	Seinsbrücke	1854 - 1892	
	Isarhornbrücke	1921 - 1964	
Krün	Isarüberleitungskanal	1936 - 1956	
		1908 - 1924	
Ochsensitz		1911 - 1925	
Vorderriß		1900 - 1937	
		1942 - heute	
Fall		1912 - 1959	
Sylvenstein		1908 - heute	
Lenggries		1911 - heute	
Tölz	Taubenloch	1923 - 1940	
	Brücke	1895 - 1937 (sehr lückig) 1940 - heute	Fl km: 201,5; 641,3 (1913) Fl km: 201,7; 641,24 (1959)
Puppling		1901 - 1970	
Schäftlarn		1914 - 1922	
Baierbrunn		1934 - heute	
Grünwald		1826 - 1894	
München	Großhesselohe	1883 - 1930	
	Wittelsbacher Brücke	1900 - 1945	
	Ludwigsbrücke	1827 - 1885 (nicht auffindbar)	
	Prinzregentenbrücke	1922 - 1932	
		1932 - 1990	
	Bogenhausen	1894 - 1974	
		1826 - 1894 (nicht auffindbar)	
Freising		1895 - heute	
Moosburg		1851 - 1945	
Hofham		1854 - 1937	
Landshut	Birket li	1901 - 1962	
	Birket	1879 - heute	
	Maxwehr	1826 - 1901	
	Große Isar	1951 - 1960	
	Kleine Isar	1951 - 1960	
	Albing	1912 - 1926	
Niederaichbach		1950 - 1956	
Dingolfing		1825 - 1957	
Landau		1825 - 1970	
Plattling		1895 - heute	

Tabelle 1: Im LfU vorhandene Wasserstandsdaten der Isar für den Zeitraum 1825 – 1955.

	Zeitraum	Korrektur um...
Mittenwald	1825-sept 1909	+100 cm
	1909 bis 1936	0
	1937 – jul 1938	-5 cm
	Aug 1938 – jul 1955	0
	Aug 1955 – ende	-82 cm
Bad Tölz	bis juli 1923	0
	Ab Juli 1923	-85 cm
	Ab 18.3.1940	0
LA-Max	keine Pegelchronik vorhanden	0
LA-Birket	1879 – jun 1883	+290 cm
	Ab 13.06.1883	+196 cm
	Ab 1.5.1895	+216 cm
	ab sept 1900	+214 cm
	Ab 22.11.1935	+200 cm
	Ab 2.3.1944	0
Dingolfing	1825-20.feb 1826	+246 cm
	Bis 1879	+236 cm
	Ab 1.5.1879	+185 cm
	Ab 1.5.1895	+214 cm
	Ab 1.5.1900	+211 cm
	Ab juli 1901	+261 cm
	Ab 15.6.1925	+200 cm
	Ab 1.2.1944	0
Plattling	Bis 1900	-33 cm
	Ab 1.7.1900	+3 cm

Tabelle 2: Pegelkorrekturen berechnet nach den Pegelchroniken. Wo das genaue Datum des Wechsels unbekannt ist, wurde die Pegelnullpunktänderung nach Rücksprache mit Herrn Wetzels für den 1.5. (Hälfte des hydrologischen Jahres) angenommen und hier gelb unterlegt.

	Mittenwald	Bad Tölz	Landshut Max	Landshut Birk	Dingolfing	Plattling		Mittenwald	Bad Tölz	Landshut Birk	Dingolfing	Plattling
1826			4. Jun 1826									
1829	6. Jun 1829											
1831	9. Aug 1831											
1833			3./4.8.1833									
1833			21./22. Sep 1833									
1837			6. Sep 1837									
1840			30. Jul 1840									
1843			30. Jan 1843									
1843			1. Jul 1843									
1843			5. Okt 1843									
1844			1. Jun 1844									
1844			10. Jul 1844									
1844	17. Aug 1844		14. Aug 1844									
1844			18. Sep 1844									
1845			29. Mrz 1845									
1851	2. Aug 1851				4. Aug 1851							
1853			19./20. Jun 1853		20. Jun 1853							
1858	26. Mai 1858											
1858	13. Aug 1858											
1867	11. - 15. Mai 1867											
1870			? Mai 1870									
1896	12. Aug 1896											
1899		14. Sept 1899			15. Sep 1899							
1901	3. Aug 1901											
1905	7. Aug 1905											
1910	14. Jun 1910	14. Jun 1910						14. Jun 1910				
1912	9. Mai 1912	9. Mai 1912										12. Mai 1912
1920												9. Sep 1920
1924		31. Jul 1924			3. Aug 1924							3. Aug 1924
1925	26. Aug 1925											
1926								31. Jul 1926				3. Aug 1926
1930				16. Mai 1930				15. Mai 1930				17. Mai 1930
1935	21. Jun 1935											
1937	23. Aug 1937						23. Aug 1937	24. Aug 1937				
1940	31. Mai 1940	31. Mai 1940		1. Jun 1940	2. Jun 1940		31. Mai/1. Jun 1940	31. Mai/1. Jun 1940		Landau		2. Jun 1940
1942		15. Mai 1942						15. Mai 1942				
1944							2. Aug 1944					
1946								7. Jul 1946	9. Jul 1946			11./12. Jul 1946
1949				24. Mai 1949								25. Mai 1949
1954		9. Jul 1954			10. Jul 1954	11. Jul 1954	9. Jul 1954	9. Jul 1954			10. Jul 1954	11. Jul 1954
1955	9. Jul 1955	9. Jul 1955			10. Jul 1955		9. Jul 1955	9. Jul 1955				11. Jul 1955

Tabelle 3: Übersicht über die 3. Standardabweichung-Hochwasser. Links Wasserstände; rechts Abflüsse.

Bad Tölz	Landshut Max.	Landshut Birk.	Dingolfing	Plattling	Bad Tölz	Landshut Birket	Dingolfing	Plattling
	März 1827							
	März 1830							
			Dez. 1833					
	Jan. 1841							
	März 1841							
	Jan. 1843							
	Feb. 1843							
	Nov. 1844							
	März 1845							
			März 1845					
			Jan. 1848					
			Dez. 1849					
			Feb. 1850					
			März 1859					
			Feb. 1862					
			Jan. 1878					
			Jan. 1880					
März 1896		März 1896	März 1896					
		März 1914						
		Jan. 1917						
Dez. 1918		Dez. 1918						Dez. 1918
		Feb. 1923		Feb. 1923				Feb. 1923
		Feb. 1928						
			Jan. 1942					
Nov. 1944		Nov. 1944	Nov. 1944					Nov. 1944
Jan. 1948					Jan. 1948			

Tabelle 4: Übersicht über die 2.-Standardabweichung-Winterhochwasser November-März. Links Wasserstände; rechts Abflüsse, mit roter Schrift die 3.-Standardabweichung-Hochwasser.

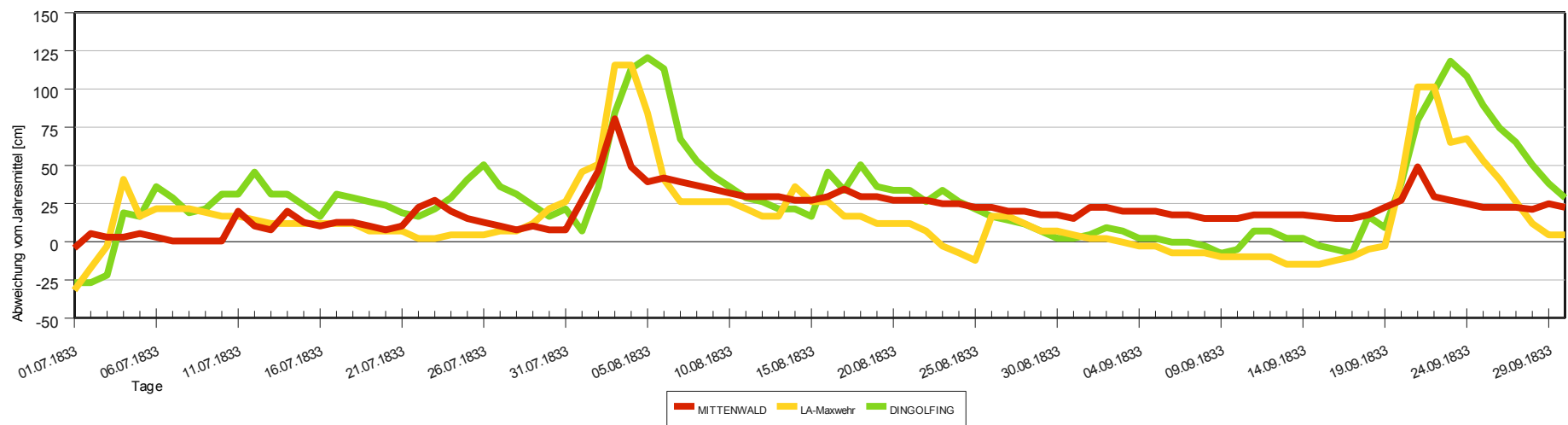


Diagramm 1: Wasserstände Hochwasser August 1833.

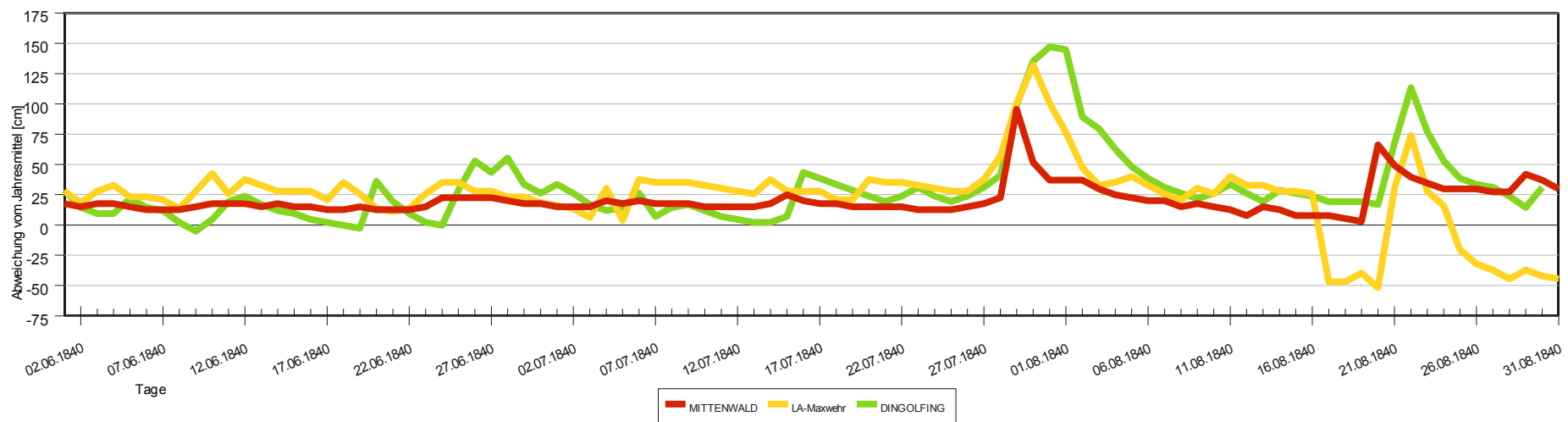


Diagramm 2: Wasserstände Hochwasser Juli/August 1840.

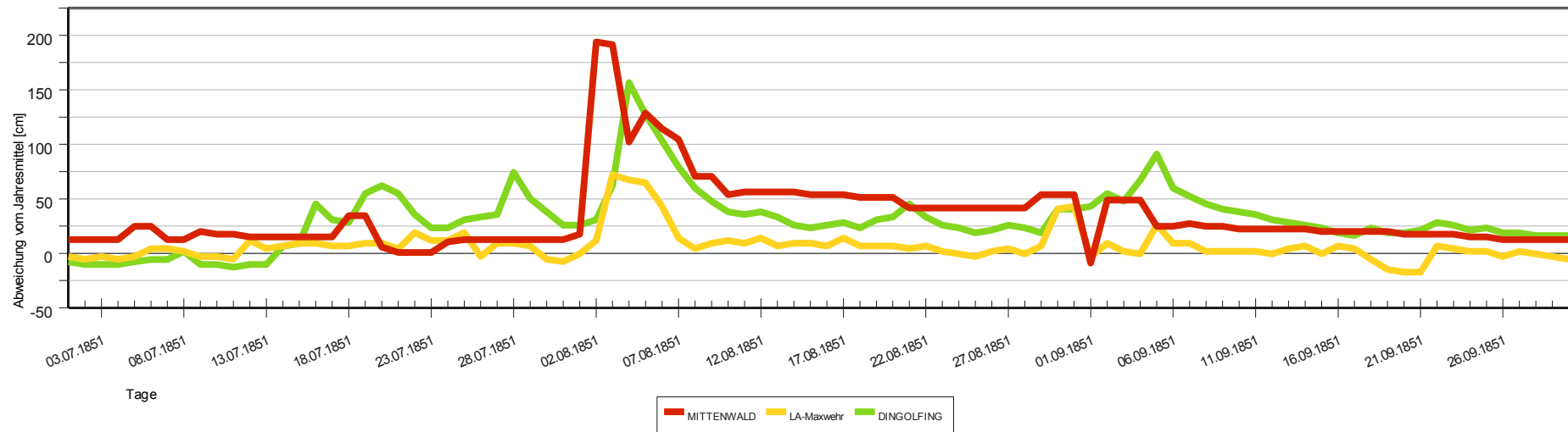


Diagramm 3: Wasserstände Hochwasser August 1851.

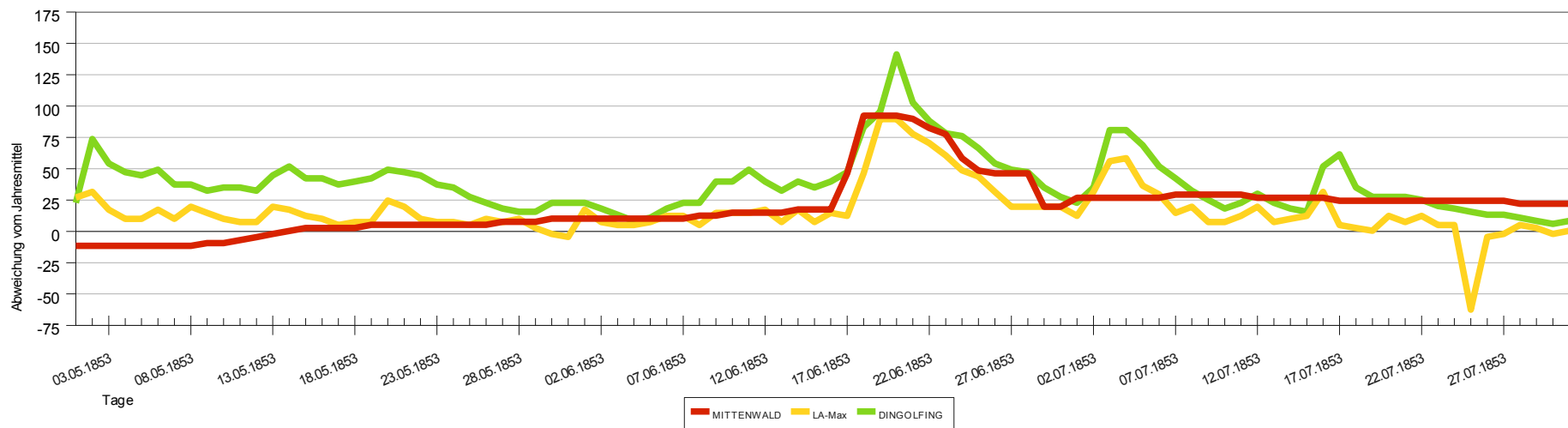


Diagramm 4: Wasserstände Hochwasser Juni 1853.

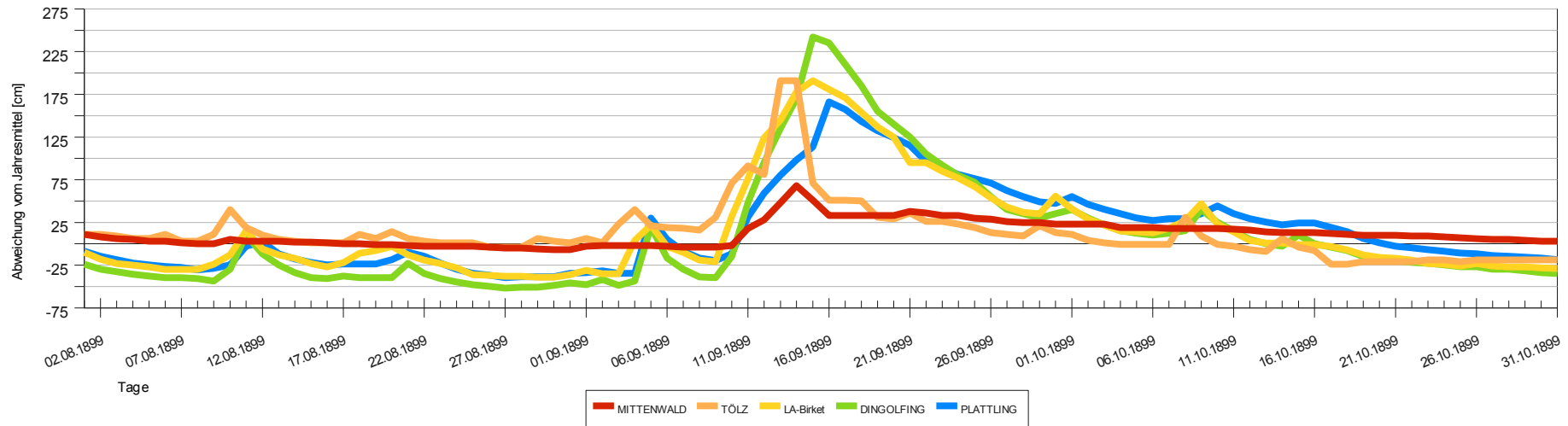


Diagramm 5: Wasserstände Hochwasser September 1899.

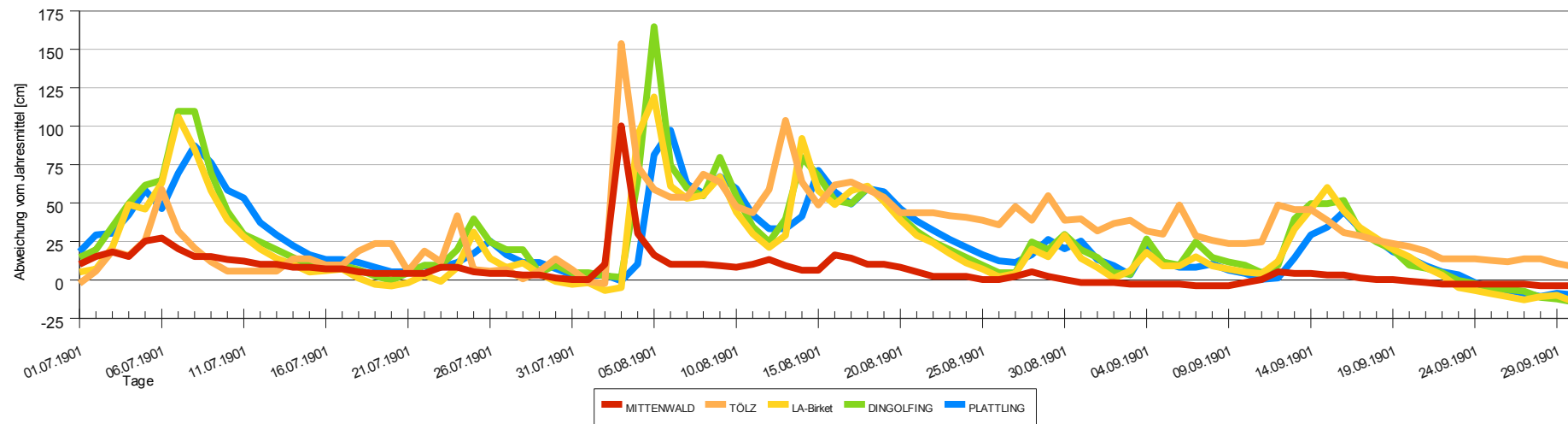
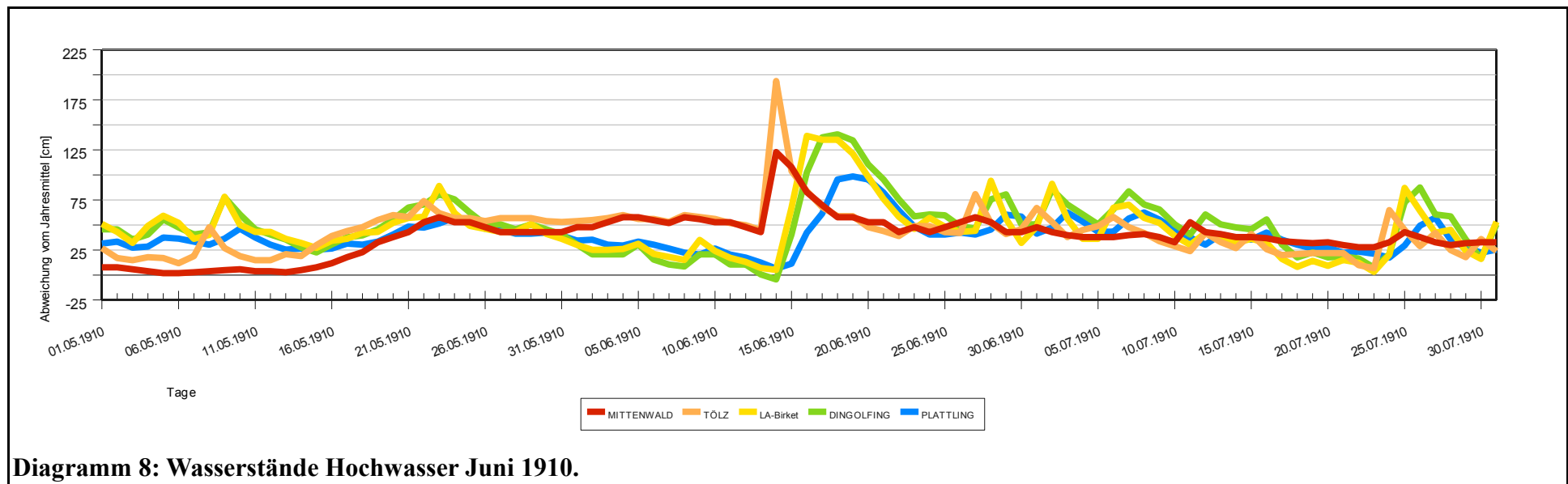
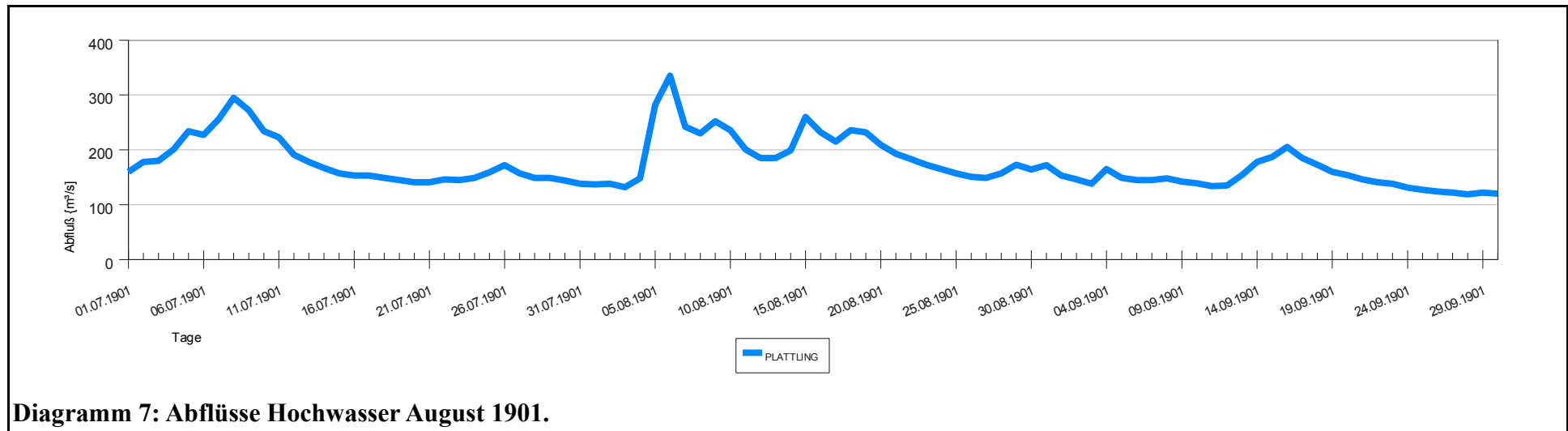


Diagramm 6: Wasserstände Hochwasser August 1901.



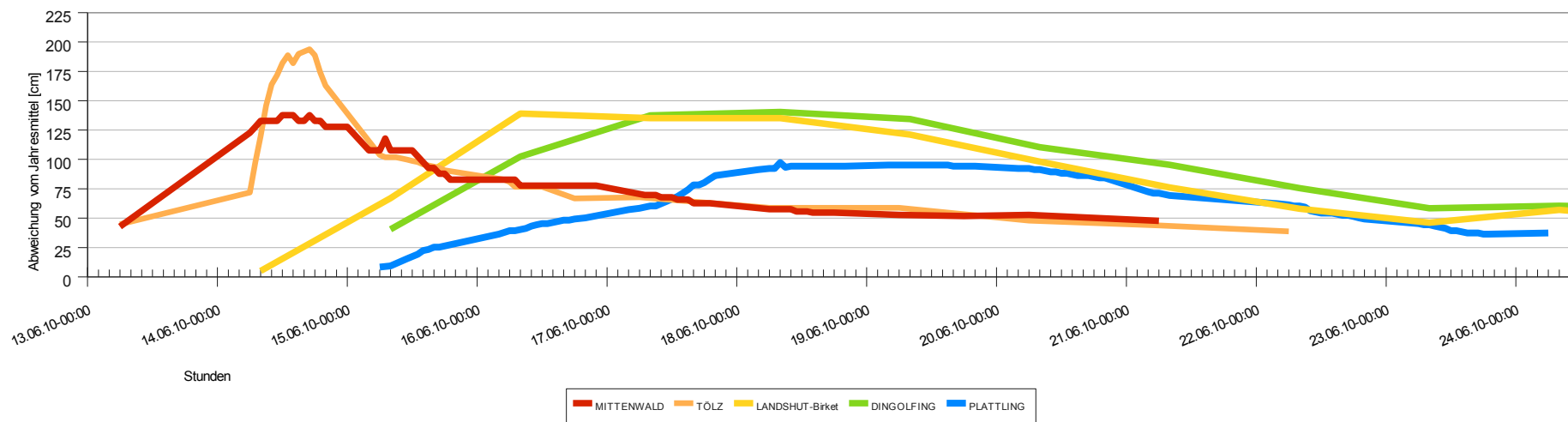


Diagramm 9: Stundenwerte der Wasserstände Hochwasser Juni 1910.

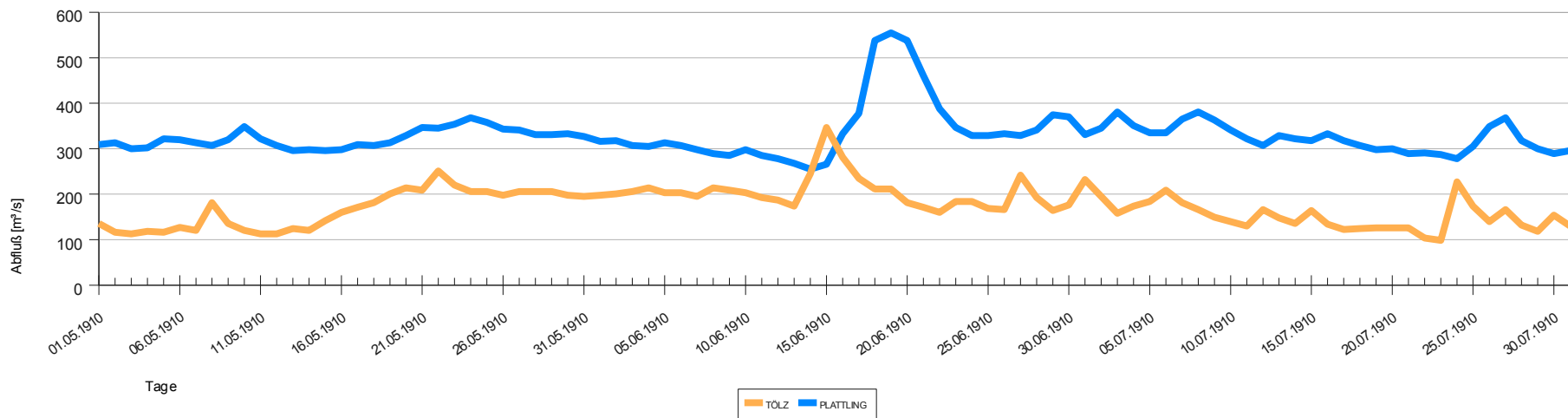


Diagramm 10: Abflüsse Hochwasser Juni 1910.

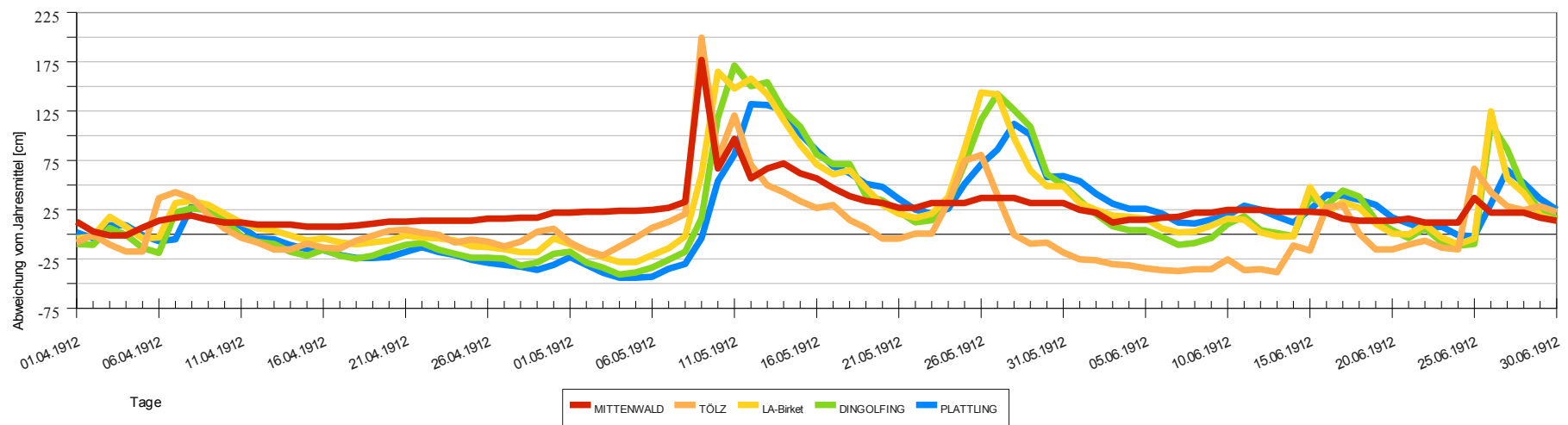


Diagramm 11: Wasserstände Hochwasser Mai 1912.

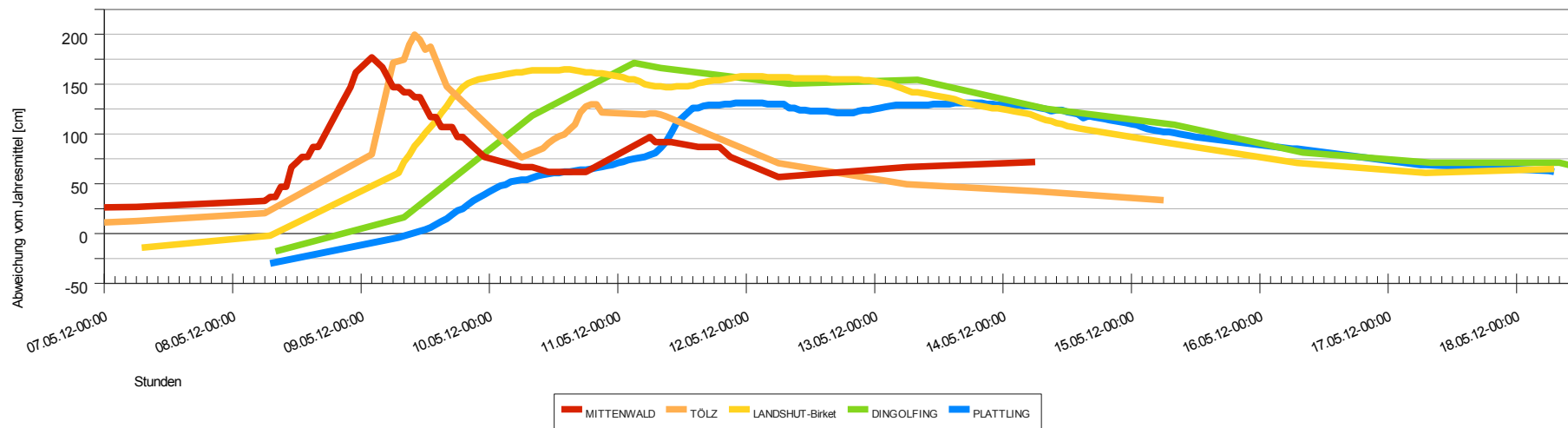


Diagramm 12: Wasserstände Hochwasser Mai 1912.

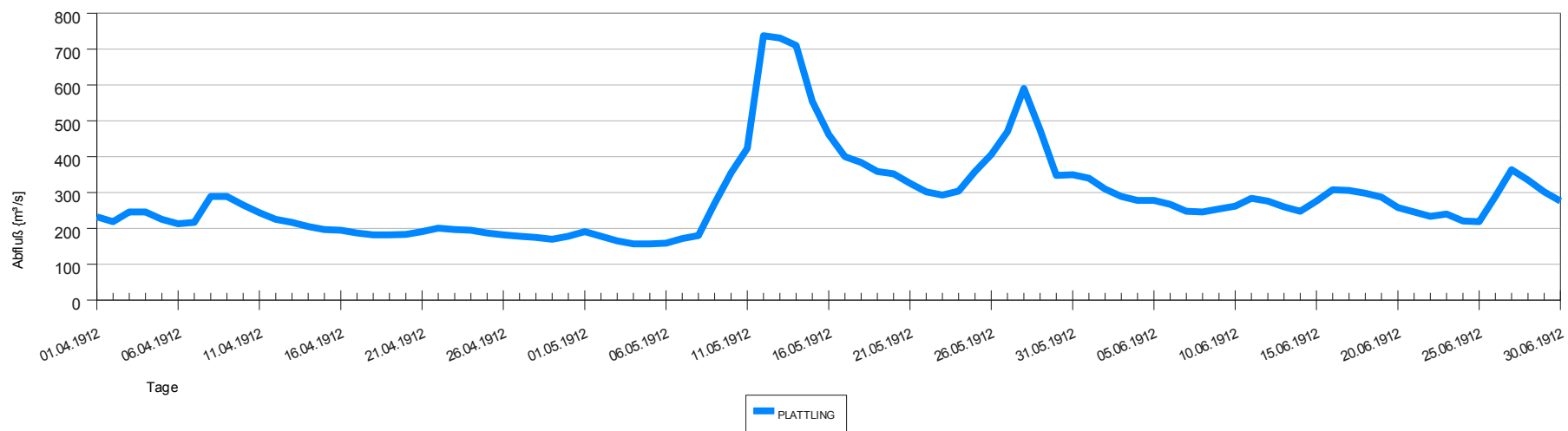


Diagramm 13: Abflüsse Hochwasser Mai 1912.

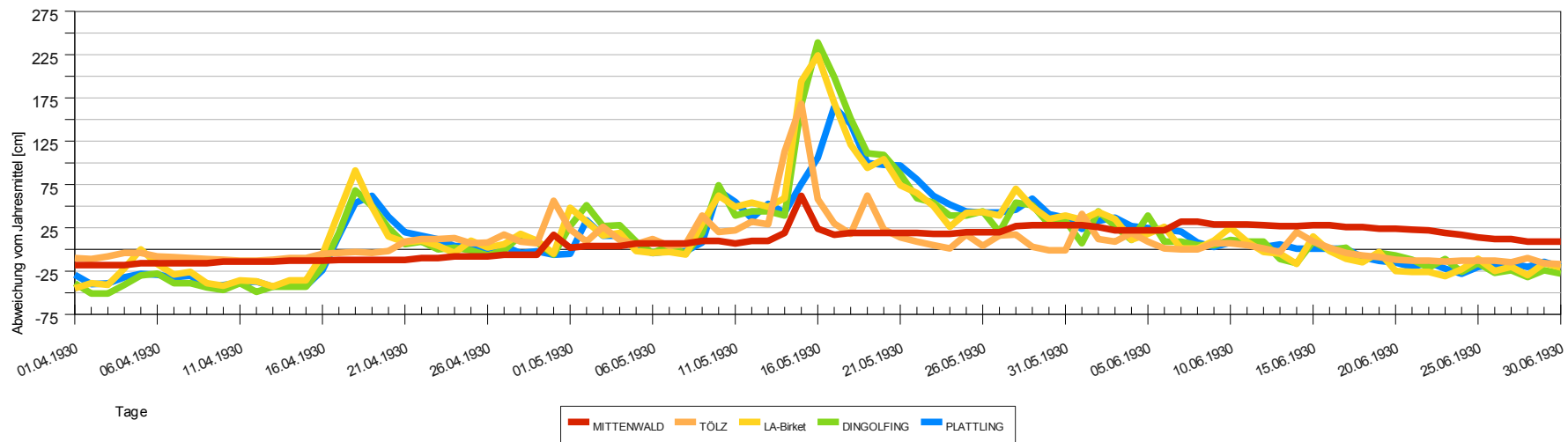


Diagramm 14: Wasserstände Hochwasser Mai 1930.

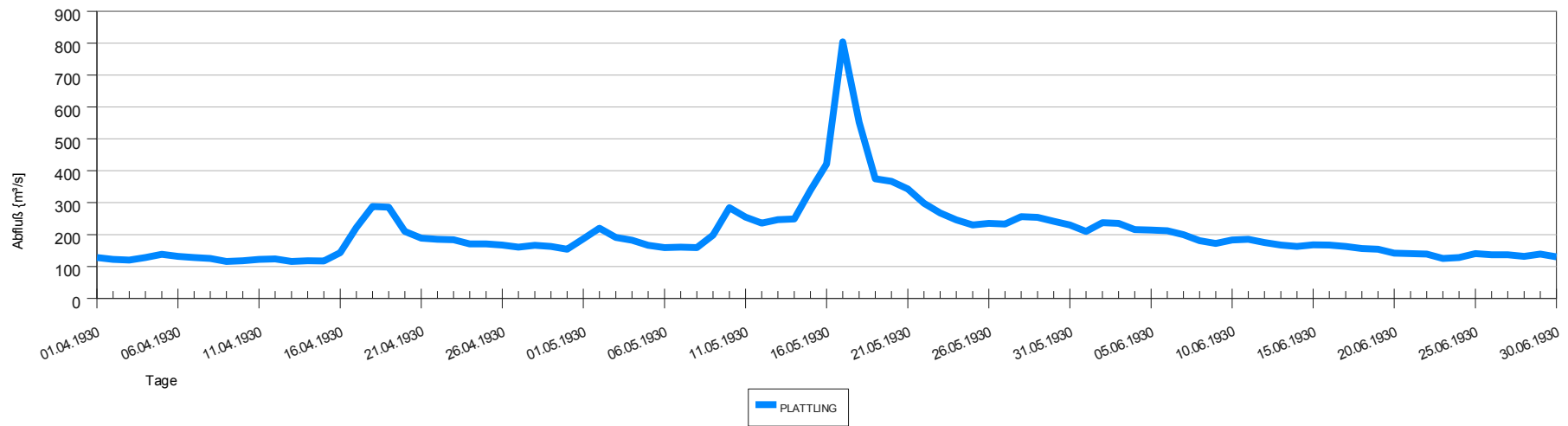


Diagramm 15: Abflüsse Hochwasser Mai 1930.

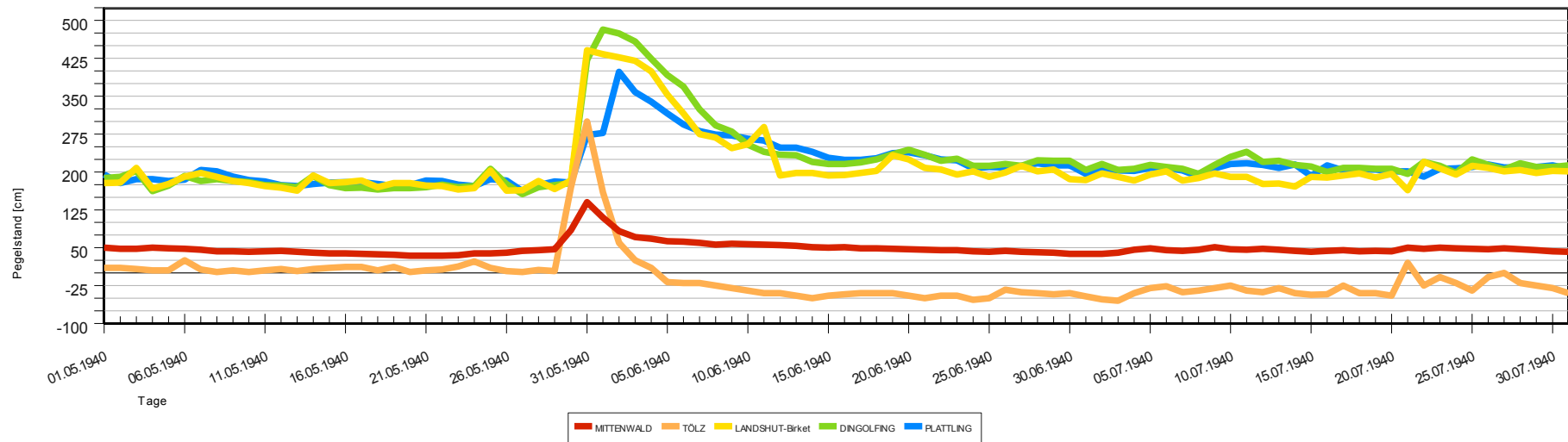


Diagramm 16: Wasserstände Hochwasser Mai/Juni 1940 - ohne Mittelwertzentrierung.

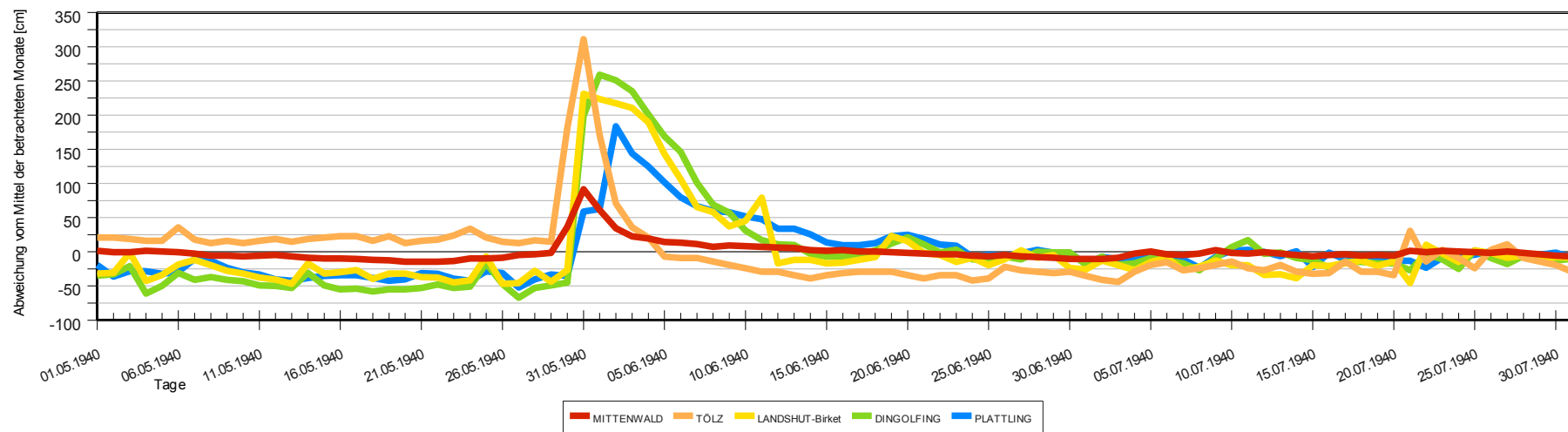


Diagramm 17: Wasserstände Hochwasser Mai/Juni 1940 – Mittelwertzentrierung mit dem Mittel der Monate Mai – Juli 1940.

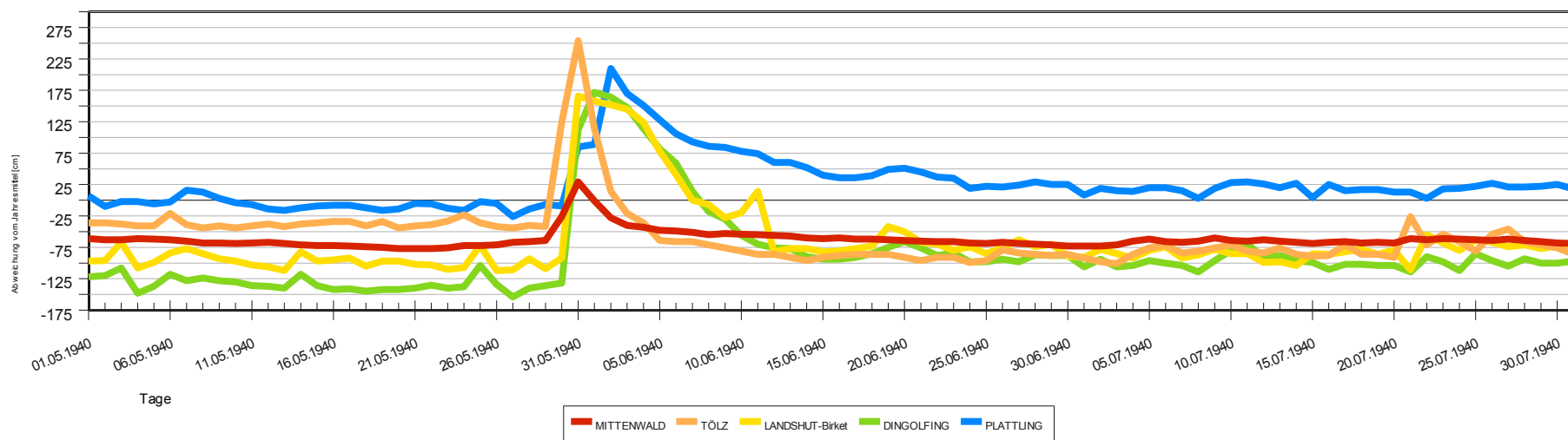


Diagramm 18: Wasserstände Hochwasser Mai/Juni 1940 – Mittelwertzentrierung mit dem Mittel aller vorhandenen Monatshöchstwerte.

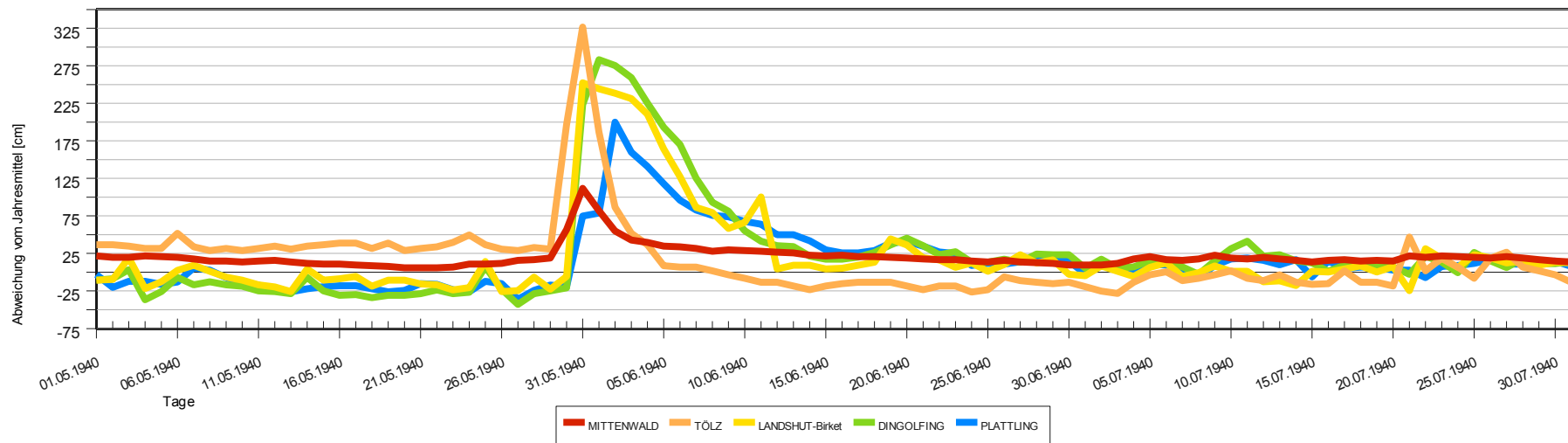


Diagramm 19: Wasserstände Hochwasser Mai/Juni 1940 – Mittelwertzentrierung mit dem Mittel des Jahres 1940.

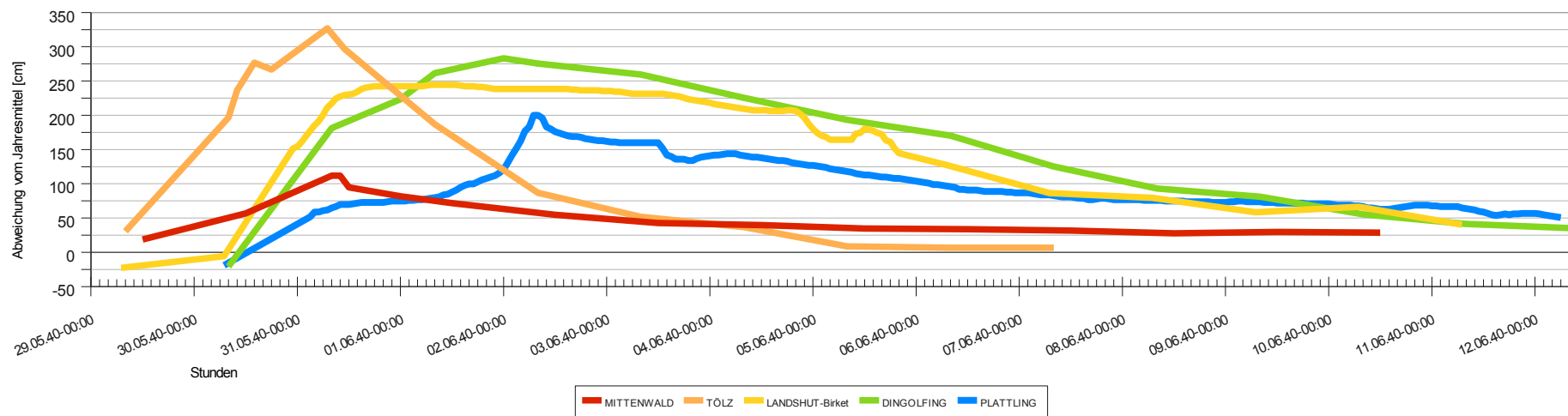


Diagramm 20: Stundenwerte der Wasserstände Hochwasser Mai/Juni 1940.

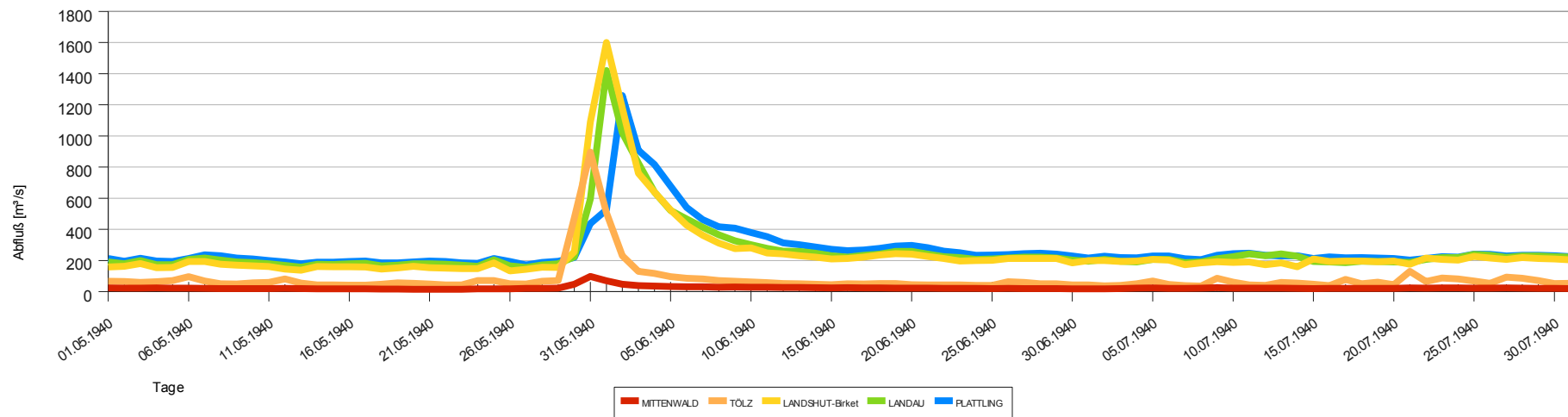


Diagramm 21: Abflüsse Hochwasser Mai/Juni 1940.

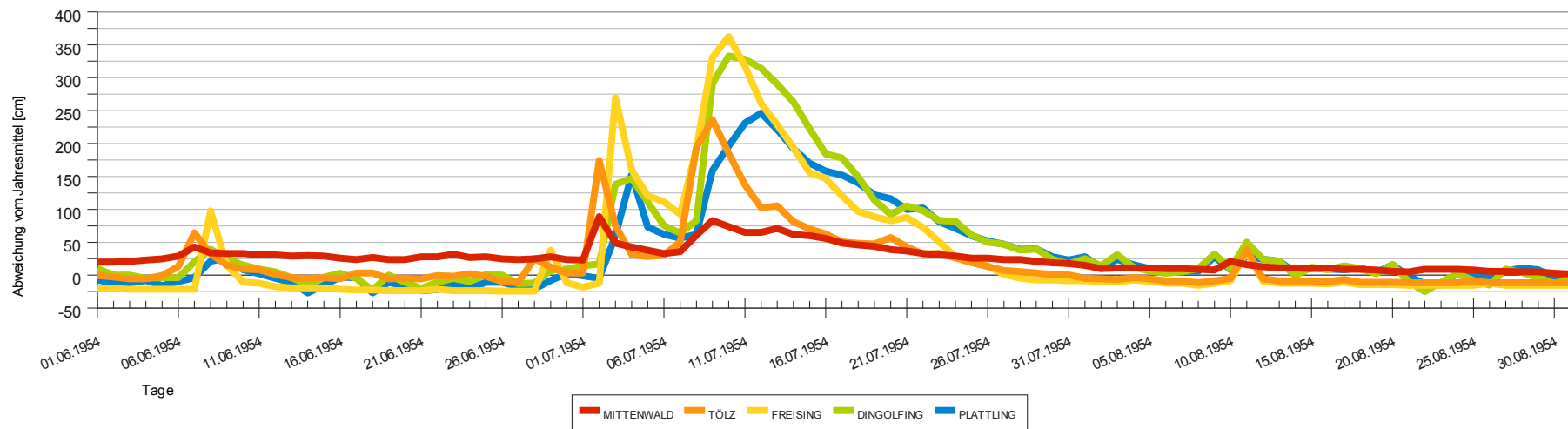


Diagramm 22: Wasserstände Hochwasser Juli 1954.

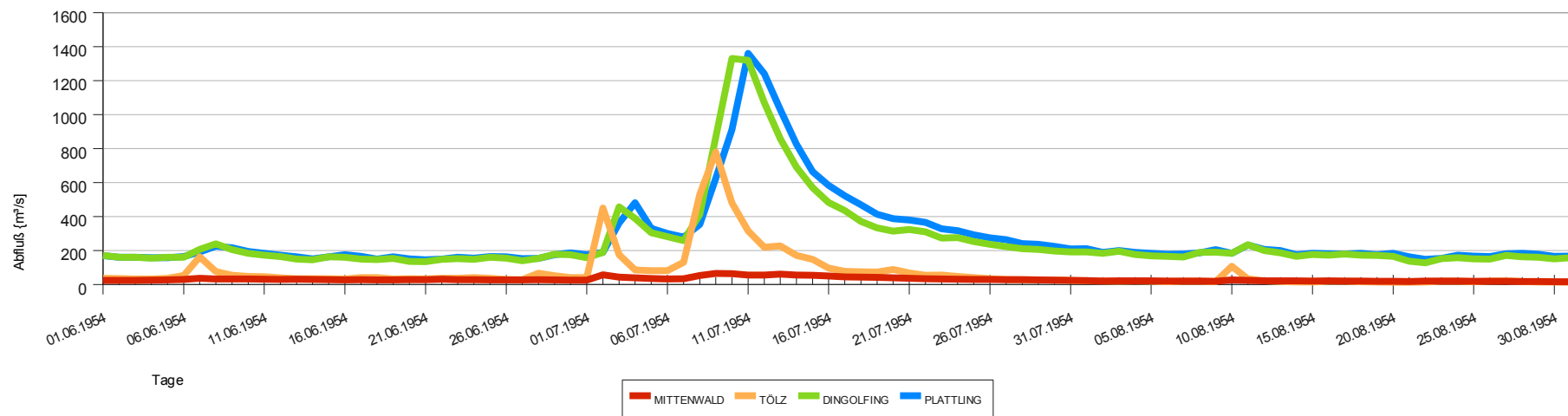


Diagramm 23: Abflüsse Hochwasser Juli 1954.

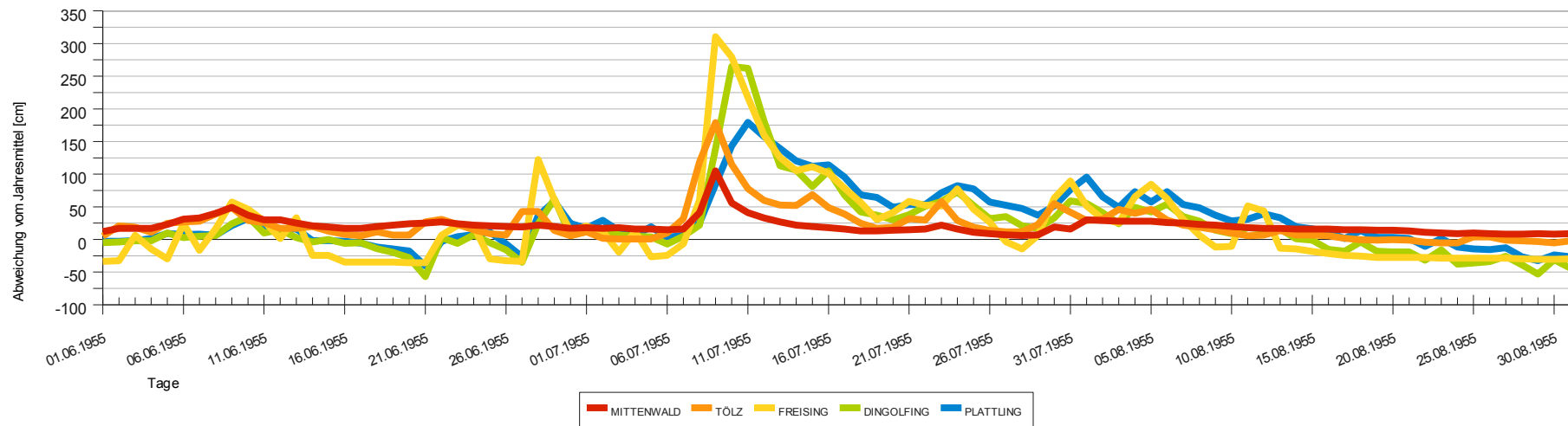


Diagramm 24: Wasserstände Hochwasser Juli 1955.

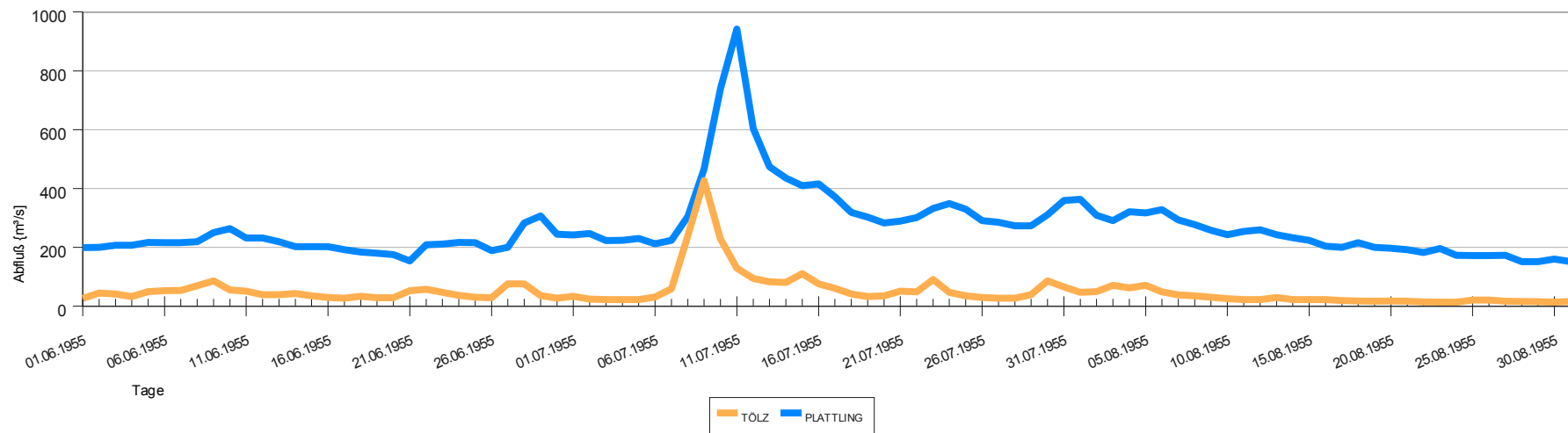


Diagramm 25: Abflüsse Hochwasser Juli 1955.

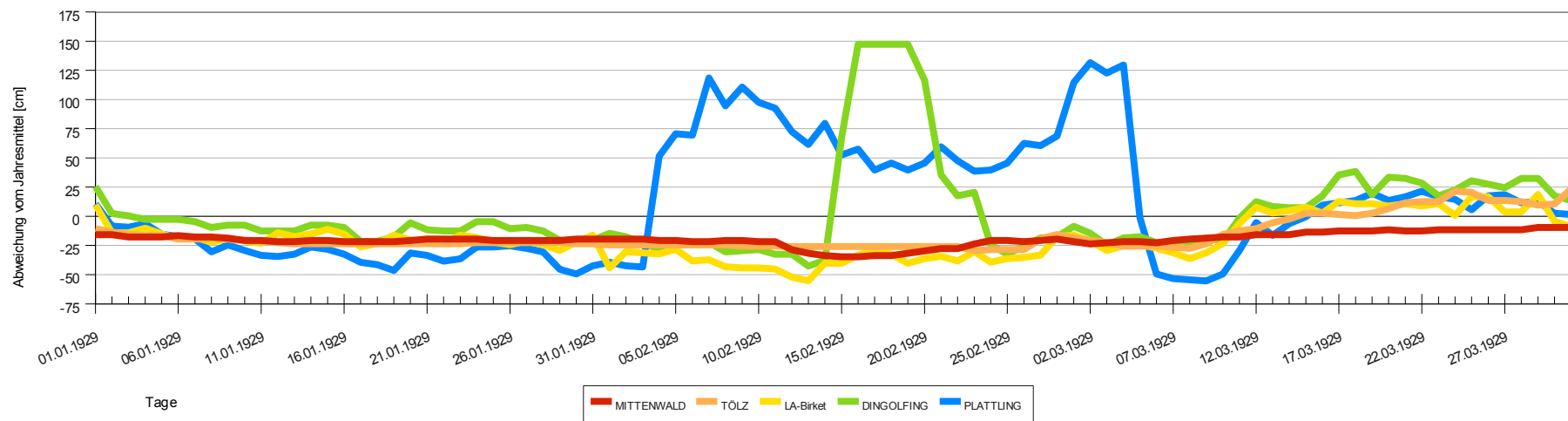


Diagramm 26: Wasserstände während des Eisstoßes 1929.

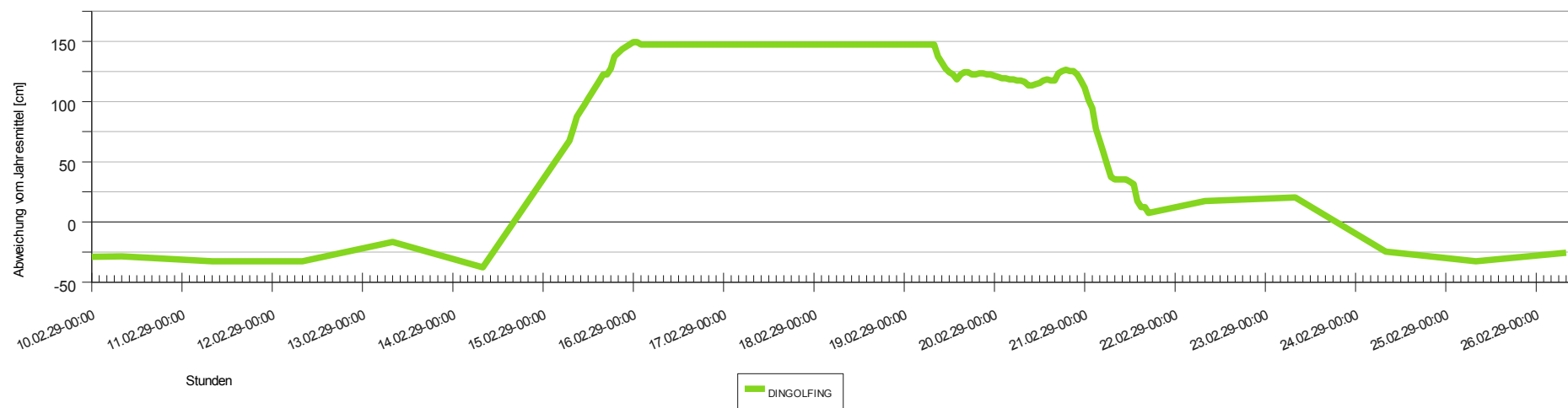


Diagramm 27: Stundenwerte der Wasserstände Eisstoß Februar 1929.

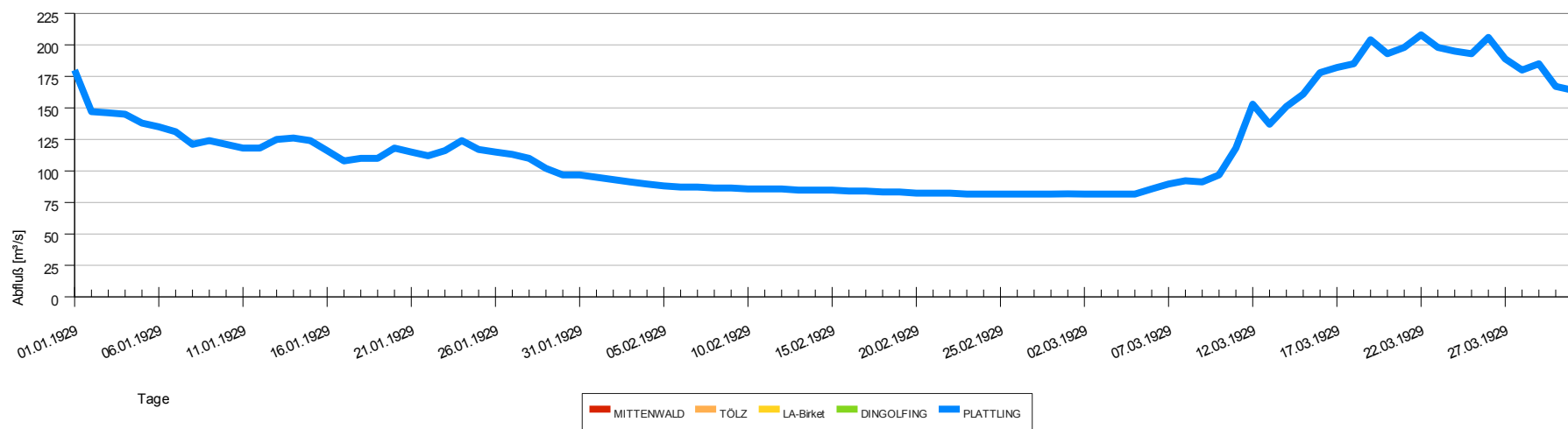


Diagramm 28: Abflüsse während des Eisstoßes 1929.

Ich versichere, daß ich die vorliegende Diplomarbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen angefertigt habe, und daß die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Augsburg, 3.3.2009