



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuw.gv.at

HOCHWASSER IM JUNI 2013 DIE HYDROGRAFISCHE ANALYSE

IMPRESSUM



Medieninhaber und Herausgeber:

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT
Stubenring 1, 1010 Wien

Koordination: DI Reinhold Godina, Dr. Gabriele Müller

AutorInnen: DI Mag. Jutta Eybl, DI Reinhold Godina, DI Petra Lalk, DI Peter Lorenz, Dr. Gabriele Müller, Mag. Heinrich Pavlik, Dr. Viktor Weilguni,
Dr. Maximilian Heilig

Abteilung Wasserhaushalt (HZB); A-1030 WIEN, Marxergasse 2; Tel: ++43 1 71100 6942;
E-mail: wasserhaushalt@bmlfuw.gv.at



Bildquelle Umschlag: Christian Weinberger, Burghausen Salzach

Konzept und Gestaltung: Abteilung Wasserhaushalt (HZB)

Lektorat: DI Mag. Jutta Eybl, Dr. Gabriele Müller

Druck: Zentrale Kopierstelle des BMLFUW, UW-Nr. 907.

Gedruckt nach der Richtlinie „Druckerzeugnisse“ des Österreichischen Umweltzeichens.

Alle Rechte vorbehalten

Wien, Juni 2014

DIE HYDROGRAFISCHE ANALYSE DES HOCHWASSERS IM JUNI 2013

**WASSER GEHÖRT ZUM LEBEN. WASSERBEDINGTE NATURGEFAHREN KÖNNEN
ABER AUCH UNSER LEBEN GEFÄHRDEN UND GROSSEN SCHADEN VERURSACHEN.**

Ich arbeite für ein lebenswertes Österreich. Das bedeutet auch, Menschen und ihr Hab und Gut bestmöglich vor Naturgefahren zu schützen. Neben den Rekordinvestitionen in Schutzbauten zählt auch die Bewusstseinsbildung innerhalb der Bevölkerung zu unseren wirksamsten Maßnahmen. Denn vorbeugen ist besser als reparieren.

Aus diesem Grund ist es wichtig mit dem Hochwasserschutz nicht erst am Anfang eines Ereignisses zu starten, sondern Vorsorge zu treffen. Was kann passieren, was darf nicht passieren, wie kann das Hochwasserrisiko reduziert und mit dem Restrisiko umgegangen werden? Um diese Fragen zu beantworten setzt die Schutzwasserwirtschaft in Österreich auf ein integriertes Hochwassermanagement. Ein wesentlicher Teil dieser Strategie ist die Analyse vergangener Ereignisse. Bereits vor 100 Jahren hat sich die Hydrografie den großen Ereignissen gewidmet und damit die Ergebnisse der hydrografischen Beobachtungen für zukünftige Entscheidungen des Hochwasserschutzes erhalten. Mit der hydrografischen Analyse des Hochwassers im Juni 2013 wurde zusätzlich zu den bisherigen Beschreibungen außergewöhnlicher Hochwasser in Österreich ein weiterer Bericht erstellt, der die Ursachen und Folgen dieses Naturereignisses in Zahlen fasst. Damit liegt nun eine solide Grundlage vor, die Vergleiche mit historischen Ereignissen ermöglicht.



Ihr ANDRÄ RUPPRECHTER
Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

DAS HOCHWASSER IM JUNI 2013

DIE HYDROGRAFISCHE ANALYSE

Diese Analyse ist dem – nach den Hochwasserereignissen in den Jahren 1897, 1899, 1954 und 2002 – nunmehr fünften großen Ereignis an der österreichischen Donau gewidmet. Das Hydrografische Zentralbüro widmete sich diesen Hochwässern und veröffentlichte detaillierte Analysen in den Heften der Schriftenreihe „Beiträge zur Hydrografie Österreichs“. Um einen Vergleich mit den Ereignissen der Vergangenheit zu ermöglichen, wurde die Struktur der hydrografischen Analyse des Hochwassers 2013 diesen Arbeiten angepasst.

Eine derartige Analyse ist nur in Zusammenarbeit mit allen zuständigen hydrografischen Stellen möglich. Ein besonderer Dank soll an dieser Stelle den hydrografischen Organisationseinheiten in den Bundesländern und der Hydrografie der viaDonau ausgesprochen werden, ohne deren Tätigkeit dieser Bericht nicht zustande gekommen wäre.

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	3
Meteorologische Situation	4
Ein Tiefdruckgebiet mit einigen Besonderheiten	7
Niederschlag	7
Vergleich mit historischen Tagessummen des Niederschlags	10
Abflussgeschehen	11
Rheingebiet	11
Donaugebiet oberhalb des Inn	13
Donauzubringer aus dem Tiroler Nordalpenbereich	13
Bayerisches Donaugebiet oberhalb des Inn	14
Inngebiet oberhalb der Salzach	14
Inn und Innzubringer in Tirol	14
Großache	16
Bayerischer Inn oberhalb der Salzach	17
Salzachgebiet	17
Saalach	18
Salzach	19
Salzburger Seen	21
Inngebiet unterhalb der Salzach	22
Donaeinzugsgebiet zwischen Inn und Traun inklusive Traun	22
Ennsgebiet	28
Donaeinzugsgebiet zwischen Enns und March	31
Ablauf des Hochwassers an der Donau	31
Längenschnitt der Hochwasserspitzen an der Donau	33
Schwebstofffrachten an der Donau	35
Hochwassernachrichtendienst	35
Vergleich mit früheren Ereignissen	36
Wiederkehrzeit der Abflüsse	41
Hohe Grundwasserstände	43
Abbildungsverzeichnis	46
Tabellenverzeichnis	47
Literatur	48
Kontakt	49

EINLEITUNG

Die Hydrografie Österreichs betreibt ein umfangreiches, gewässerkundliches Messnetz mit dem Ziel die regional unterschiedliche Wasserbilanz Österreichs in Zahlen zu fassen, den aktuellen Zustand zu beschreiben und auf langfristige Veränderungen aufmerksam zu machen. Ohne die Daten dieser kontinuierlichen, gewässerkundlichen Beobachtungen wäre es nicht möglich, die Ursachen und den Verlauf wasserbedingter Naturereignisse zu beschreiben.

Um diese Ereignisse nicht in Vergessenheit geraten zu lassen und der Fachwelt eine Zusammenfassung der hydrologischen Charakteristik außergewöhnlicher Naturerscheinungen zu geben, wurden bereits die Hochwasserkatastrophen 1897 und 1899 vom damaligen k.k. hydrographischen Central-Bureau ausführlich behandelt (Lauda, 1898 Lauda, 1900). Dem Donau-Hochwasser im Jahr 1954 wurde ebenfalls eine ausführliche Beschreibung der hydrografischen Entwicklung gewidmet (Kresser, 1955), die – wie auch die Berichte über die Hochwasser 2002 und 2005 – vom Hydrografischen Zentralbüro verfasst und veröffentlicht wurde. Die historischen Berichte zeigen auf, dass Hochwasserereignisse gewisse Ähnlichkeiten aufweisen, sich aber im Detail voneinander unterscheiden können.

Es liegt indessen nicht in den Grenzen des vorliegenden IV. Beitrages zur Hydrographie Österreichs, alle mit diesem Elementarereignis zusammenhängenden Unglücksfälle im Einzelnen zu schildern oder die von demselben betroffenen Städte, Dörfer und Gehöfte aufzuzählen. Ihre Aufgabe besteht vielmehr darin, die Hochwasserkatastrophe des Jahres 1899 vom hydrographischen Standpunkte aus zu beleuchten, beziehungsweise die auf ihren Verlauf, ihre Ausbreitung und Culmination Einfluss nehmenden Factoren darzulegen, um dadurch nicht nur sichere Anhaltspunkte für die Beurtheilung und für den Vergleich künftiger derartiger Ereignungen untereinander, sondern zugleich auch authentisches Material sowohl zum Schutze gegen deren verheerende Wirkungen, als auch zur Milderung der bezüglichlichen Gefahren zu gewinnen und der Geschichte zu überliefern. (Lauda, 1900)

Dieser Text aus dem Jahre 1900 ist auch heute – mehr als 100 Jahre später – aktuell, weil er ausdrückt, warum sich die Hydrografie mit diesen Ereignissen beschäftigt. Was sind die Ursachen, die extreme Hochwasserereignisse entstehen lassen? Was lernen wir daraus? Wie kann davor geschützt werden? Auch wird nach einem Hochwasser sehr oft die Frage gestellt, ob diese generell größer werden können.

Der vorliegende Bericht der Hydrografie Österreichs beschäftigt sich in erster Linie mit den meteorologisch-hydrografischen Tatsachen der Hochwasserentstehung und vergleicht das Ereignis 2013 mit den fünf großen Ereignissen der vergangenen 120 Jahre. Eine wesentliche Erkenntnis dieses Vergleichs ist, dass die die außergewöhnlichen Niederschläge bestimmenden, meteorologischen Bedingungen sehr wohl Parallelen in der Vergangenheit haben. Ähnliche Wetterlagen wie 2013 erzeugten bei einigen der dokumentierten großen Ereignisse sogar mehr Niederschlag als es im Mai/Juni 2013 der Fall war. Auch die Häufung extremer Erscheinungen innerhalb kurzer Zeit ist ein Phänomen, das nicht unbekannt ist, deren Ursache jedoch die Wissenschaft beschäftigt.

METEOROLOGISCHE SITUATION

Die meteorologische Ausgangssituation war eine großräumige, stationäre Wetterlage mit einem Tiefdruckgebiet (Trog) in höheren Schichten der Atmosphäre über Mitteleuropa, das in den Bodendruckfeldern nicht zu erkennen war. Die Bodendruckfelder durchlebten einen komplexen Werdegang, der zunächst mit einem Vb-Niederschlagsereignis im Zeitraum von 23. bis 28. Mai begann, wodurch eine erste Vorbefeuchtung der Böden stattfand. In weiterer Folge koppelte sich dieses Tiefdruckgebiet über der Adria mit einem Mittelmeertief über Nordafrika (Sharev-Tief) und verstärkte sich dadurch (Abbildung 3).

Der komplexe Ablauf der hochwasserauslösenden Wetterlagen vom 28. Mai bis zum 5. Juni 2013 wurde von Heilig (2013) in die folgenden vier Phasen gegliedert (siehe dazu auch Abbildung 1):

In der **ersten Phase** erfolgte an der Westflanke des mächtigen Schottlandtiefs „Erdmann“ am 28. Mai ein massiver Vorstoß polarer Meeresluft nach Südosten, der im Laufe des 29. Mai 2013 mit einer markanten Kaltfront den Donaoraum erreichte. Aus dem Polarbereich schnürte sich dabei ein Höhentief ab, das sich rasch südwärts verlagerte und sich mit einem über Ostmitteleuropa liegenden Höhentrog vereinte. Die Kaltluft stieß über Österreich und Ungarn auf zwischenzeitlich aus Südosten einströmende subtropische Warmluft, löste einen Temperatursturz aus und erreichte in der Nacht zum 30. Mai den Westbalkan.

In der **zweiten Phase** von 30. bis 31. Mai verstärkte sich durch den Kaltlufteinbruch das über Ostmitteleuropa liegende kontinentale Tief „Frederik“. Das Höhentief verlagerte sich zuerst noch ostwärts und wurde unter leichter Verstärkung über Ostösterreich, der Slowakei und Ungarn stationär. Es entstand dabei über dem westlichen Balkan und Ungarn ein kompaktes, intensives Regengebiet, das entlang der Donau nach Westen wanderte und sich dann mit der von Westen nach Norden drehenden Strömung an den Alpen staute. Das Tief „Frederik“ saugte an seiner Nordflanke angefeuchtete labile kontinentale Warmluft der stationären östlichen Wärmeanomalie (siehe Abbildung 2) in das nördliche Mitteleuropa und an seiner Südwestflanke weiter kühle Meeresluft in den westlichen Donaoraum.

In der **dritten Phase** von 1. bis 2. Juni verlagerte sich das Bodentief nach Südwesten über Tschechien zu den Alpen und führte an seiner Nordflanke den anhaltenden Warmluftstrom mit der maritim polaren Kaltluft des sich ausdehnenden Ostatlantikhochs „Sabine“ zusammen. Im Mischungsbereich entstand ein sich durch Gewitterzellen aus dem Norden und Osten regenerierendes, intensives und breites Niederschlagsband, das zwischen dem Bodenseeraum und dem westlichen Niederösterreich gegen die Alpen stieß. Staueffekte und eingelagerte Schauer- und Gewitterzellen führten in dieser Phase zu hohen Niederschlagsintensitäten von bis über 200 mm in 24 Stunden.

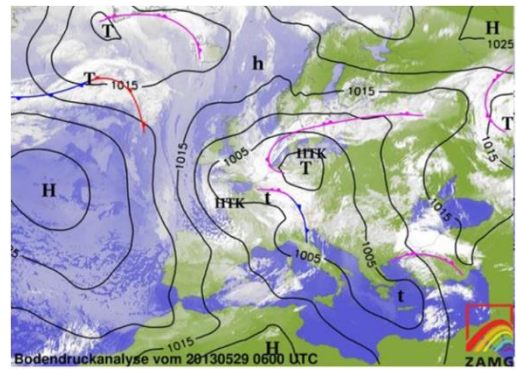
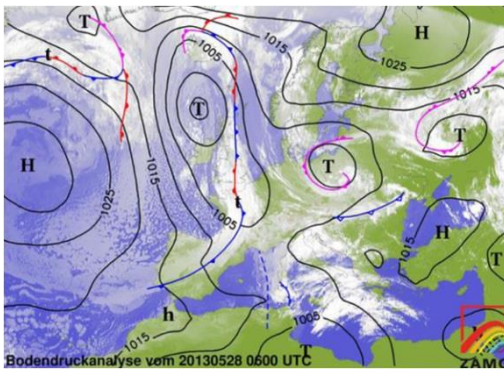
In der **vierten Phase** von 3. bis 5. Juni verstärkte sich der Hochdruckeinfluss aus Nordwesten, der den Kaltluftstrom zunehmend zum Erliegen brachte. Gleichzeitig verlagerte sich das nun mit „Günther“ bezeichnete Kontinentaltief etwas nach Südosten, so dass die Warmluft aus Nordosten an Raum gewann.

Das Höhentief schwächte sich weiter ab, die Höhenströmung an seiner Nordwestflanke drehte unter Abschwächung gegen Osten. Das langsame Abwandern des Tiefs nach Südosten verhinderte im Donaoraum ein rasches Durchgreifen der Warmluftadvektion aus Nordosten wie bei vergangenen sommerlichen Großhochwässern und verhinderte damit neuerliche Starkregen.

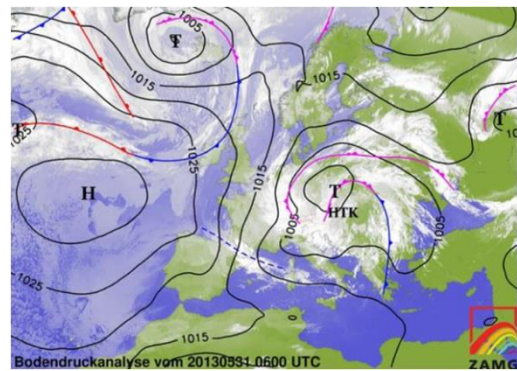
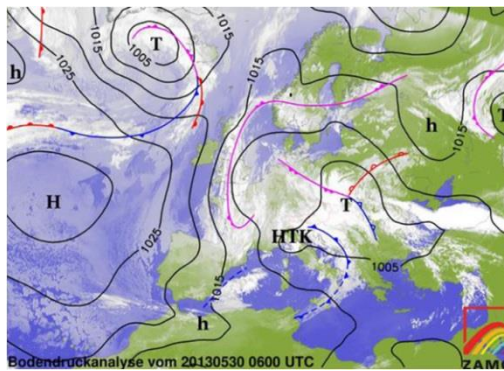
Die Advektionsniederschläge im Donaoraum waren zwar insgesamt weiter ergiebig, ohne jedoch kritische Stunden- und Tagesintensitäten zu erreichen.

Im Gegensatz zum Hochwasser 2002 war es keine reine Vb-Wetterlage. Lediglich in der ersten Phase verlief die Entwicklung in diese Richtung. Ab der zweiten Phase handelte es sich nach der Klassifikation des Deutschen Wetterdiensts um ein kontinentales Tief, wobei die Niederschlagsfelder von Nordosten nach Süden umbogen und nur teilweise und in abgeschwächter Form den Südalpenraum erreichten.

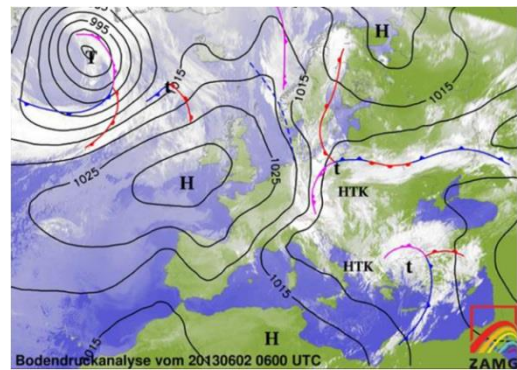
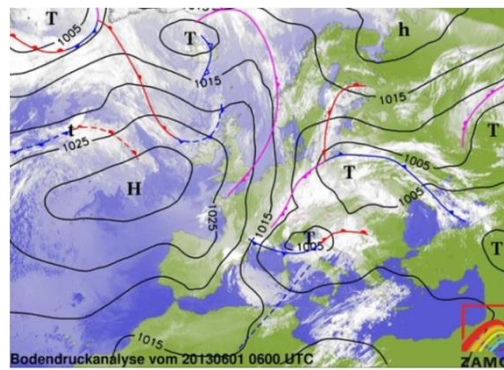
28./29. Mai 2013 erste Phase



30./31. Mai 2013 zweite Phase



1./2. Juni 2013 dritte Phase



3./4. Juni 2013 vierte Phase

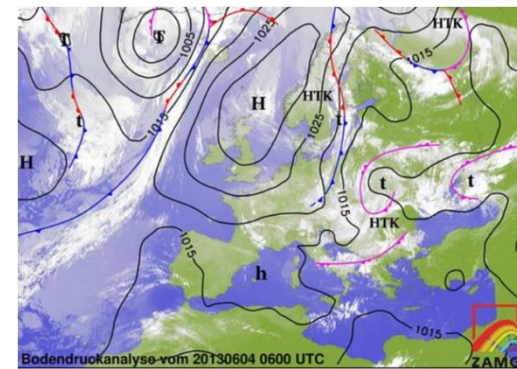
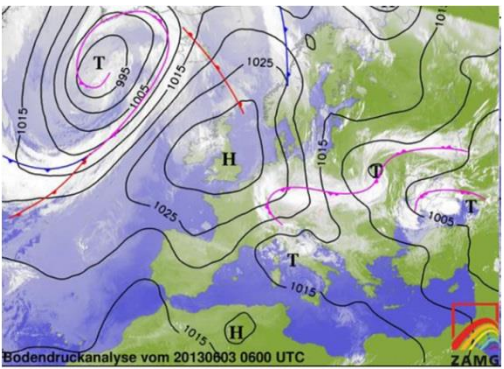


Abbildung 1: Bodendruckanalyse der das Hochwasser bestimmenden Phasen der Wetterlagen (Quelle: ZAMG)

Die Ergebnisse verschiedener Studien (Stohl, 2004; Sodemann et al., 2009) zur Herkunft der Niederschlagsfrachten des Hochwassers 2002 geben wichtige Hinweise auf die großen Niederschlagsanteile aus dem östlichen, kontinentalen Raum. Die angeführten Studien zeigen die sehr weiten Trajektorien des Feuchtetransportes des in den Hochwassergebieten 2002 ausgefallenen Niederschlags. Die Versorgungslinien erstrecken sich über Distanzen bis zu mehreren tausend Kilometer. Die Feuchte- und Temperaturverhältnisse von weit entfernten Gebieten und Meeren spielen daher eine entscheidende Rolle für das Ausmaß der Niederschläge.



Abbildung 2: Wärmeanomalie (Abweichung der Tiefsttemperaturen) in Europa im Mai 2013 (Quelle: WetterOnline)

Einen wichtigen Einfluss auf das Niederschlagsgeschehen im Mai und Juni 2013 im bayerischen und österreichischen Donaeinzugsgebiet hatten daher die Witterungsverhältnisse vor dem Ereignis weiter im Osten Europas. In den Gebieten Rumänien, Ukraine, Schwarzes Meer, Türkei war es bereits seit dem 15. Mai 2013 mit 25°C und Spitzen bis 30°C sehr warm (Abbildung 2). Diese Luftmassen nahmen über fast 14 Tage hinweg viel Feuchtigkeit aus dem Schwarzen Meer und Mittelmeer auf und wurden in der Folge vom großräumigen Tief nach Mitteleuropa geführt bzw. vom bodennahen Adria-Tief gegen die Alpen gesteuert.

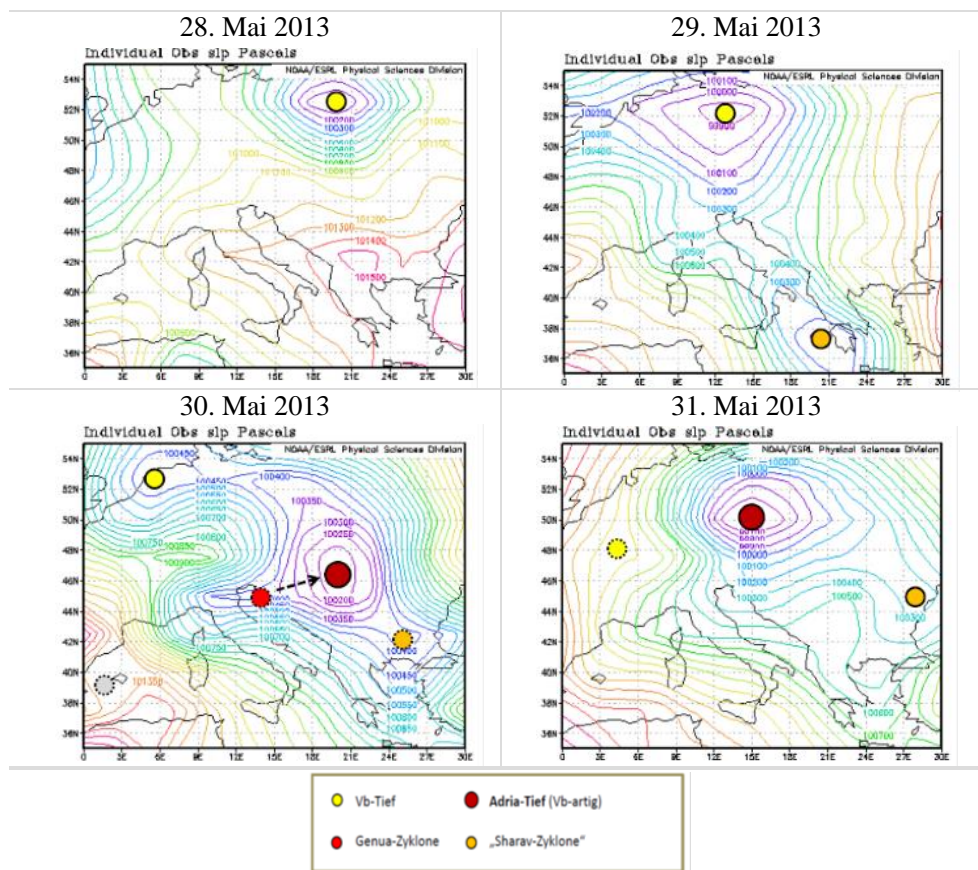


Abbildung 3: Analyse des Bodendruckfeldes vom 28. Mai bis 31. Mai 2013. Daten und Abbildungen aus NCAR-NCEP1. Copyright NOAA/ESRL/PSD (Hofstätter/ZAMG).

In der Abbildung 3 wird die Bodendrucksituation durch eine objektive Tracking-Analyse genauer betrachtet, Darin ist das Vorläufer-Tief (gelb) als Vb-System, das „Sharev- Tief“ (orange) und das Hochwasser-Tief (dunkelrot) gekennzeichnet. Dieses Hochwasser-Tief ist als „Nördliches Mittelmeertief/Adriatief mit nördlicher Verlagerung“ einzustufen.

EIN TIEFDRUCKGEBIET MIT EINIGEN BESONDERHEITEN

Derartige Tiefdruckgebiete kommen im Alpenraum immer wieder vor. Sie nehmen über dem Mittelmeer große Mengen an Feuchtigkeit auf und steuern sie in einem großen Bogen über Osteuropa von Norden her an die Alpen. Aber nur selten spielen alle Faktoren so zusammen wie im Mai/Juni 2013:

- Dieses Tief ist am Höhepunkt seiner Entwicklung einige Tage stationär über den Alpen gelegen, und ist nicht – wie sonst oft – relativ rasch weitergezogen.
- Verstärkt wurde der Regen außerdem durch die Strömungsrichtung der Luftmassen, die nahezu genau aus Norden auf die Alpen getroffen sind. Die Berge wirken in diesem Fall wie eine riesige Barriere, die Luftmassen werden dadurch an den Alpen gehoben, sie kühlen ab und noch mehr Wasserdampf kondensiert zu Regen.
- Durch die Verlagerung des Regenschwerpunkts von West nach Ost haben sich die größten Regenmengen fast gleichzeitig mit dem abfließenden Wasser der Flüsse verlagert und die Situation verschärft.

Sonst ist bei derartigen Wetterlagen oft der Regenschwerpunkt zunächst im Osten und dann im Westen Österreichs. So kann ein Großteil des Wassers in den Flüssen Ostösterreichs abfließen, bevor aus Westösterreich und aus Deutschland die nächste Flutwelle nachkommt. Das war alles in allem eine höchst komplexe und möglicherweise auch relativ seltene Wettersituation, die keinesfalls einem klassischen Vb-Ereignis gleichgesetzt werden kann (Michael Hofstätter, Klimaforscher der ZAMG).

NIEDERSCHLAG

Während sieben Tagen Dauerniederschlags (vom 29. Mai bis zum 4. Juni 2013) im Nordstaubereich der Alpen und von Bayern bis Tschechien hat sich an der österreichischen und bayerischen Donau sowie ihren Zubringern eine extreme Hochwassersituation aufgebaut. Dabei haben sich Niederschlagssummen von fast 400 mm akkumuliert (siehe Abbildung 5).

Wie aus den Niederschlagskarten (siehe Abbildung 4) ersichtlich ist, wurden die größten Niederschlagsmengen von Vorarlberg, entlang der Alpennordseite über das Großachengebiet, das Saalacheinzugsgebiet, das Salzkammergut, die oberösterreichischen Voralpen bis in das westliche niederösterreichische Mostviertel beobachtet. Der Osten und Süden von Österreich waren von den Niederschlägen in viel geringerem Ausmaß betroffen.

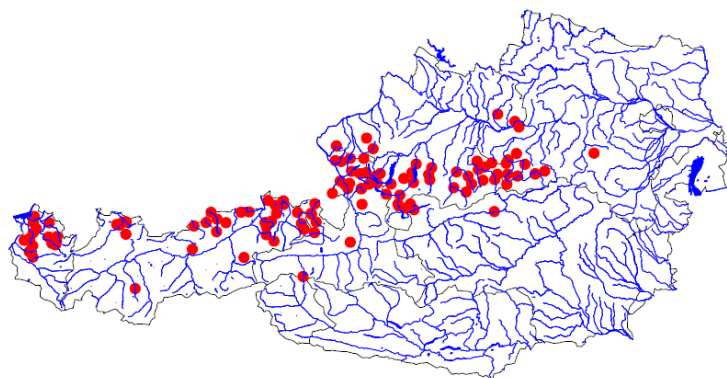


Abbildung 4: Räumliche Verteilung der Niederschlagsmessstellen mit mehr als 200 mm Niederschlag im Zeitraum 29. Mai bis 4. Juni

Das Hauptereignis des Niederschlags kann zwischen 30. Mai und 2. Juni 2013 eingegrenzt werden - in Vorarlberg ein wenig früher beginnend, in Niederösterreich etwas später endend. Bereits Tage davor trat immer wieder Niederschlag auf, so dass der Boden bereits vor dem Hauptereignis merklich durchfeuchtet war.

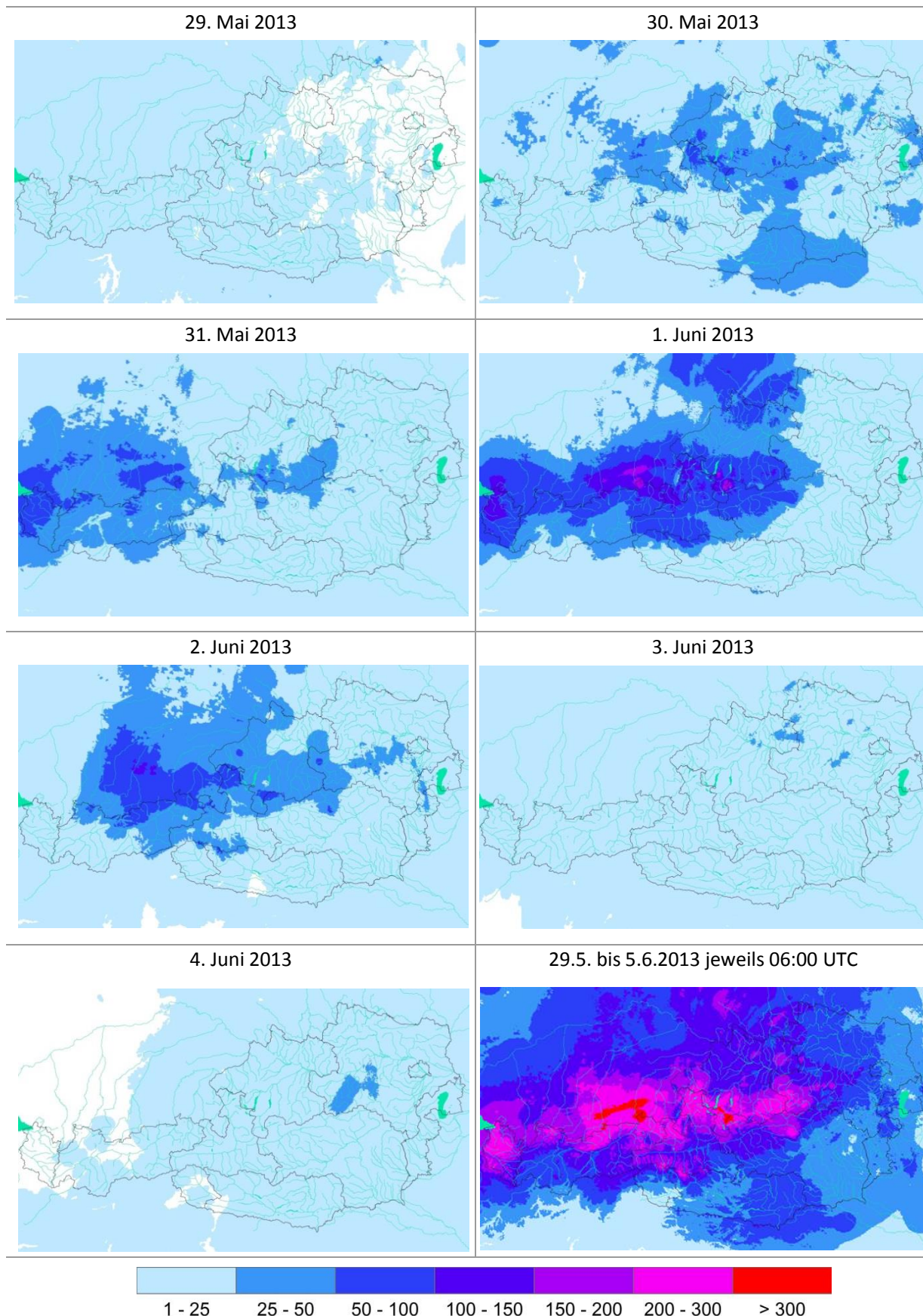


Abbildung 5: Tagessummen und Gesamtereignissumme des Niederschlags in Österreich vom 29. Mai bis 4. Juni 2013 jeweils ab 06:00 UTC (Quelle: ZAMG INCA-Analyse)

Die höchsten Niederschläge des Hauptereignisses mit mehr als 250 mm sind mit den größten Tagesniederschlagssummen in Tabelle 1 zusammengefasst. Zum Vergleich sind die geschätzten Jährlichkeiten des Ereignisses sowie die größten Tages- und 4-Tagessummen davor angeführt. Vergleichswerte wurden nur dann in die Tabelle aufgenommen, wenn der Vergleichszeitraum mindestens 10 Jahre an Daten umfasste. Die maximalen Tagessummen an den österreichischen Messstellen von Tirol bis nach Oberösterreich lagen während des Hauptereignisses im Bereich von 90 bis 175 mm, die Gesamtereignissumme über die Niederschlagsperiode vom 30. Mai 2013 bis 2. Juni 2013 (Dauer 4 Tage) erreichte Werte zwischen 250 und 365 mm.

Die größte Niederschlagssumme sowohl für das Hauptereignis (4 Tage) als auch für einen Tag wurde an der Messstelle Niederndorferberg (Tirol) beobachtet. Der Ereignisniederschlag betrug 365 mm, dem eine geschätzte Jährlichkeit von ca. 500 Jahren zuzuordnen wäre. Die größte 4-Tagesniederschlagssumme der Vergangenheit (335 mm) wurde vom Ereignis 2013 übertroffen. Im Gegensatz dazu war die größte Tagessumme während des Ereignisses von 175 mm kleiner als die bisher beobachtete größte Tagessumme mit 197 mm.

Tabelle 1: Niederschlagswerte von Messstellen mit Hauptereignisniederschlägen (30. Mai bis 2. Juni) größer als 250 mm mit Vergleichswerten.

Messstelle	BL	Ereignis- summe [mm]	Jährlich- keit [a]	Max. 4-Tages- summe davor [mm]	Max. Tagessumme Ereignis [mm]	Max. Tages- summe davor [mm]	seit
Niederndorferberg	T	<u>365</u>	500	335	175	197	1980
Griesner Alm	T	<u>343</u>	100-500	247	<u>145</u>	124	2000
Altaussee	St	<u>304</u>	100-500	236	<u>147</u>	138	2003
Walchsee	T	291	100	306	135	175	1905
Achenkirch – M.köpfl	T	<u>287</u>	100-500	186	<u>119</u>	116	1999
Elsbethen	S	<u>270</u>	100-500	173	<u>125</u>	95	2003
Waidring	T	270	100	364	147	150	1896
Ackernalm	T	269	100-500	**	130	**	2012
Pechgraben	O	<u>269</u>	30	237	84	117	1990
Ebnit	V	268	100	269	161	220	1961
Innerlaterns	V	266	30	310	156	229	1961
Bad Ischl	O	<u>265</u>	100-500	219	113	217	1971
Molln	O	<u>265</u>	100-500	199	103	201	1961
Eugendorf	S	<u>264</u>	100-500	200	114	120	1961
Grubhof-St. Martin	S	263	50	313	136	147	1936
Salzburg-Freisaal	S	259	100-500	272	127	128	1989
Grünau-Almegg	O	<u>257</u>	100-500	226	91	161	1961
St. Koloman	S	253	75-100	266	136	140	1993
Pfänder	V	252	100-500	321	<u>157</u>	148	1996
Thalgau	S	251	50	**	113	**	2010

Abkürzungen in der Tabelle: BL...Bundesland, O...Oberösterreich, S...Salzburg, St...Steiermark, T...Tirol, V...Vorarlberg, **...zu kurzer Vergleichszeitraum

VERGLEICH MIT HISTORISCHEN TAGESSUMMEN DES NIEDERSCHLAGS

Vergleicht man die Beobachtungen 2013 mit Werten aus der Vergangenheit, so zeigt sich, dass die Niederschlagssumme des Hauptereignisses (4 Tage) an 9 Messstellen – von 18 möglichen Messstellen - größer waren als jene bis dahin beobachteten 4- Tagessummen (siehe Tabelle 1). Werden die größten Tagessummen verglichen, so war nur an 5 Messstellen die größte Ereignistagessumme höher als die davor aufgetretene größte Tagessumme.

In Lauda (1900) ist eine umfangreiche Liste von Niederschlagsmessstellen mit Tagessummen zum Ereignis im September 1899 enthalten. Beim Ereignis 2013 lagen die maximalen Tagessummen im Bereich von 90 bis 175 mm und die Ereignissumme vom 30. Mai bis zum 2. Juni 2013 (Dauer 4 Tage) erreichte Werte zwischen 250 und 365 mm. Im Vergleich dazu wurden im September 1899 deutlich höhere Tagessummen und Ereignissummen erreicht. An der Messstelle Mühlau im oberösterreichischen Ennsgebiet wurde am 12. September 1899 287 mm Niederschlag beobachtet, an den Messstellen Langbathsee und Altaussee im Salzkammergut regnete es an diesem Tag 254 mm bzw. 243 mm. Die die Hochwasserkatastrophe im Jahr 1899 verursachende Niederschlagsperiode dauerte vom 8. bis zum 14. September. An der Messstelle Altaussee im steirischen Salzkammergut regnete es in diesen 6 Tagen in Summe 665 mm. Im Vergleich dazu betrug die größte 6 Tagessumme 2013 an der Messstelle Niederndorferberg nur 371 mm.

Aber auch die Niederschläge, die zum großen Donauhochwasser 1954 führten, übertrafen an einigen Messstellen in Gebieten der damaligen Niederschlagszentren die höchsten 2013 beobachteten Tagessummen. In Stein am Chiemsee wurden am 8. Juli 1954 260 mm, in Seehaus im oberösterreichischen Salzkammergut 236 mm Niederschlag gemessen. Im bayerischen Reichenhall und Neuhaus – Messstellenorte im Saalachgebiet – wurden mit 212 bzw. 204 mm ebenfalls die 2013 gemessenen maximalen Tagessummen überschritten. Dieser Vergleich macht deutlich, dass die Niederschläge im Mai/Juni 2013 keine noch nie beobachtete Größenordnung erreichten. Im Gegenteil, der Blick in die Vergangenheit zeigt, dass die meteorologischen Voraussetzungen im Alpenraum das Potential für höhere Niederschläge als 2013 haben können. So zum Beispiel betrug die Summe des Ereignisniederschlags im September 1899 – bezogen auf das Einzugsgebiet der Donau bis zum Pegel Wien – 15,47 km³, das ist fast ein Viertel der mittleren Jahresabflussfracht an diesem Pegel und die größte bisher dokumentierte Niederschlagsmenge (Abbildung 6).

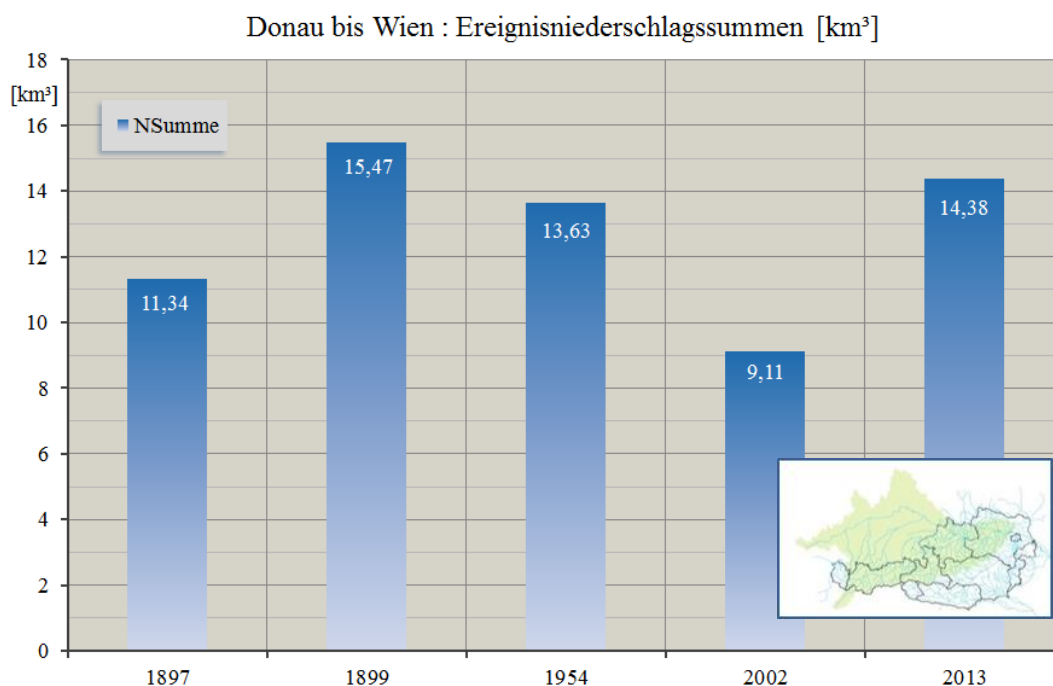


Abbildung 6: Ereignisniederschlagssummen der großen Ereignisse 1897, 1899, 1954, 2002 und 2013 für das Einzugsgebiet der Donau bis Wien (in der Übersichtskarte hellgrün markiert)

ABFLUSSGESCHEHEN

Die hohen Niederschlagssummen vom 29. Mai bis zum 4. Juni und die Vorbefeuchtung durch den kühlen und feuchten Mai führten in großen Teilen Österreichs und im bayerischen Donaeinzugsgebiet zu einer extremen Hochwassersituation. In Österreich waren die Flussgebiete am nördlichen Alpenrand und im Alpenvorland betroffen. Die höchsten Hochwasserstände und –abflüsse traten vom Großachengebiet, über das Saalach- und unteren Salzacheinzugsgebiet, das Salzkammergut, das salzburger und das oberösterreichischen Alpenvorland bis in das westlichen niederösterreichischen Mostviertel auf.

In Folge der Überregnung des gesamten bayerischen Donaeinzugsgebiets hatten die dortigen Donauzubringer einen erheblichen Einfluss auf den Hochwasserablauf an der Donau selbst. Deshalb wird auch kurz auf die südlichen Donau-Zubringer in Bayern eingegangen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2013).

Sowohl hinsichtlich der gefallenen Niederschlagsmengen und der überregneten Gebiete als auch des resultierenden Hochwassergeschehens ist das Ereignis von Juni 2013 vergleichbar mit den großen Hochwasserereignissen von 26. bis 31. Juli 1897, 8. bis 14. September 1899 und 7. bis 12. Juli 1954, aber auch mit dem Hochwasser vom 12. bis zum 15. August 2002.

RHEINGEBIET

Nahezu im gesamten österreichischen Teil des Rheingebietes in Vorarlberg betrug die Summe der Niederschläge im betrachteten Zeitraum deutlich mehr als 100 mm, teilweise bis über 200 mm. Am stärksten überregnet wurden dabei die Einzugsgebiete der Frutz (siehe Station Innerlaterns), der Dornbirnerach (siehe Station Ebnit), der Bregenzerach und der Leiblach im Norden an der Grenze zu Bayern (siehe Tabelle 1). Entsprechend der zeitlichen Niederschlagsverteilung mit zwei Hauptphasen bildete sich an den Fließgewässern eine Hochwasserwelle mit zwei Spitzen aus. Ab dem Vormittag des 31. Mai 2013 begannen die Wasserführungen anzusteigen und erreichten einen ersten Scheitel etwa um Mitternacht bzw. in den ersten Morgenstunden des 1. Juni. Nach erneutem Einsetzen des Regens mit deutlich höheren Intensitäten von 5-10 mm/h, die über mehrere Stunden anhielten, bildete sich der zweite, höhere Hochwasserscheitel um Mitternacht am 2. Juni aus.

Tabelle 2: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 mit den Hochwassern 1999 und 2005 (Jährlichkeit für 1999 und 2005 nach aktueller Hochwasserstatistik 2013)

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013 (MEZ)	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m³/s]	Jährlich- keit [a]	HQmax davor [m³/s]	Q- Reihe seit
Bangs	Rhein	02.06.2013 9:50	749	446	<1	1434 16.11.2002	1996
Lustenau	Rhein	02.06.2013 3:25	987	1225	1	2800 19.07.1987	1951
Gisingen	Ill	02.06.2013 8:20	562	374	5	689 23.08.2005	1951
Laterns	Frutz	01.06.2013 22:00	202	86	5-10	262 22.08.2005	1956
Sulz	Frutz	01.06.2013 21:50	186	116	5	231 22.08.2005	2002
Enz	Dornbirnerach	02.06.2013 1:55	300	173	10	246 23.08.2005	1956
Lauterach	Dornbirnerach	02.06.2013 4:05	676	241	10-30	236 23.08.2005	1983
Lustenau	Rheintal- binnenkanal	02.06.2013 7:05	411	52	1-5	59,2 06.08.2000	1977
Mellau	Bregenzerach	01.06.2013 21:15	279	279	10	450 23.08.2005	1951
Kennelbach	Bregenzerach	02.06.2013 23:45	473	972	10	1350 23.08.2005	1951
Unterhochsteg	Leiblach	01.06.2013 23:55	347	145	100	144 18.06.2010	1976

Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Hochwasserscheitel der wichtigsten Fließgewässer im Vorarlberger Rheingebiet im Juni 2013 im Vergleich zu den bisher beobachteten Höchstwerten des Abflusses. Aus der Schweiz kam der **Rhein** mit einer Wasserführung unter einem 1-jährlichen Hochwasser (Pegel Bangs/Rhein). Die österreichischen Rhein-Zubringer, u.a. Ill und Frutz, erhöhten dann den Abfluss auf etwa HQ_1 (Pegel Lustenau/Rhein). Am Rheintalinnenkanal entsprach der Hochwasserabfluss einem HQ_{1-5} . Das Einzugsgebiet der **Ill** wurde nicht so stark überregnet, so dass am Pegel Gisingen/Ill nur ein HQ_5 beobachtet wurde. Die **Frutz** lag mit ihrem Einzugsgebiet zwar im Bereich der höchsten Niederschläge (Innerlaterns: 260 mm in weniger als 72 Stunden), der Hochwasserscheitel erreichte aber, anders als beim Hochwasser 2005, „nur“ ein HQ_{5-10} .

Dornbirnerach und **Bregenzerach**, deren Einzugsgebiete ebenfalls im Bereich der höchsten Niederschlagssummen liegen, brachten Höchstwerte des Abflusses im Bereich von HQ_{10-30} (Pegel Lauterach/Dornbirnerach) bzw. HQ_{10} (Enz/Dornbirnerach, Mellau/Bregenzerach und Kennelbach/Bregenzerach). Beide münden direkt in den Bodensee. Direkt in den Bodensee mündet auch die **Leiblach**. Ihr Einzugsgebiet liegt am nördlichen Alpenrand und damit im unmittelbaren Einflussbereich der Stauniederschläge. Am Pegel Unterhochsteg wurde nach den beiden HQ_{100} -Ereignissen im Juni und Juli 2010 nach nur kurzer Zeit erneut ein 100-jährliches Hochwasserereignis registriert (Tabelle 3). Der Scheiteldurchfluss von $145 \text{ m}^3/\text{s}$ stellt den höchsten gemessenen Durchfluss seit 1976 dar.

Tabelle 3: Vergleich der Hochwasserscheitel am Pegel Unterhochsteg/Leiblach für große Hochwasserereignisse seit 1999

Datum	12.05. 1999	21.09. 2000	11.08. 2002	23.08. 2005	09.08. 2007	18.06. 2010	27.07. 2010	02.06. 2013
Abfluss (m^3/s)	121	95	120	72	104	144,5	143	145
Jährlichkeit (a)	30	10	30	1-5	10-15	100	100	100

Der Wasserstand des **Bodensees** ist vom 31. Mai vormittags bis 3. Juni abends von 391 cm auf 473 cm, also um 82 cm angestiegen (Bregenz/Bodensee). Der Pegel lag somit um ca. 70 cm über dem langjährigen Tagesmittelwert zu diesem Zeitpunkt. Den höchsten Wasserstand des Jahres 2013 von 488 cm erreichte der Bodensee jedoch am 12. Juni, nachdem es von 11. bis 12. Juni neuerlich ergiebig geregnet hatte (Abbildung 7).

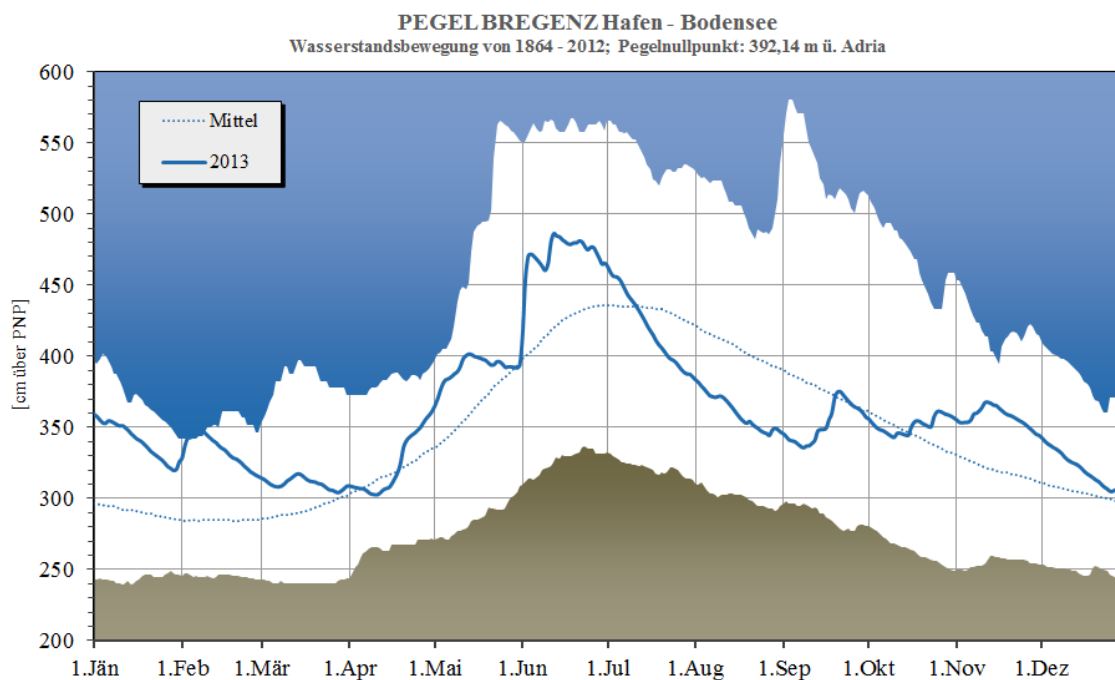


Abbildung 7: Wasserstand des Bodensees (Pegel Bregenz (Hafen)) im Jahr 2013 im Vergleich zu langjährigen Minima, Maxima und dem Mittelwert

Zunächst waren die meteorologischen Prognosen auch für den Bereich Bregenzerwald, Lechgebiet, Arlberg von noch höheren Niederschlagssummen ausgegangen, dann zeichnete sich jedoch eine Verlagerung in weiter östlich gelegene Gebiete ab. Obwohl die Gesamtsumme der Niederschläge im Rhein - Einzugsgebiet in Vorarlberg hoch war, sind die Hochwasserwellen hier, außer im Einzugsgebiet der Leiblach, wesentlich kleiner ausgefallen als bei den großen Ereignissen 1999 und 2005, bei denen es verbreitet Abflüsse im Bereich von HQ100 und darüber gab.

Im Juni 2013 kam es zu Überflutungen von Straßen, Unterführungen und Kellern. Größere Probleme verursachten die auf Grund der hohen Vorbefeuchtung innerhalb der vorangegangenen Wochen instabil gewordenen Hänge, so dass eine große Zahl von Muren und Erdrutschen verzeichnet wurde.

DONAUGEBIET OBERHALB DES INN

DONAUZUBRINGER AUS DEM TIROLER NORDALPENBEREICH

Ein Niederschlagsschwerpunkt während des Hochwasserereignisses betraf die Einzugsgebiete der Donauzubringer Lech, Loisach, Leutascher Ache und Isar aus dem Tiroler Nordalpenbereich. Das Einzugsgebiet des **Lechs** wurde vor allem im Unterlauf mit Regenmengen von 150 mm bis 250 mm (punktuell bis 300 mm) stark überregnet (z. B. Hahnenkamm (Reutte) 235 mm). Im Oberlauf fielen die Niederschlagssummen geringer aus. Deshalb verzeichnete der Pegel Steeg/Lech nur einen 1-jährlichen Hochwasserscheitel. Am Pegel Lechaschau im Unterlauf des Lechs wie auch am unterhalb einmündenden westlichen Zubringer **Vils** (Pegel Vils/Vils) wurden Hochwasserscheitel der Jährlichkeit 1-5 Jahre beobachtet. Hochwasserscheitel der gleichen Größenordnung HQ₁₋₅ wurden in den östlich an den Lech angrenzenden Gebieten der **Loisach** (Pegel Ehrwald) und der **Leutascher Ache** (Pegel Klamm) registriert, die beide „nur“ mit 100-150 mm Niederschlag überregnet wurden (z. B. Leutasch-Kirchplatzl 140 mm). Noch weiter östlich bis zum Inn schließt sich ein Bereich mit Niederschlagssummen von 150 bis zu 250 mm (30. Mai 0.00 Uhr bis 03. Juni 0.00 Uhr) an (z. B. Scharnitz 175 mm). Entsprechend fielen die Hochwasserdurchflüsse höher aus und lagen z. B. an der **Isar** (Pegel Scharnitz-Weidach) im Bereich eines HQ₁₀.

In den nordalpinen Einzugsgebieten Tirols war das Hochwasser 2013 deutlich geringer als die bisher größten Ereignisse seit Beginn kontinuierlicher Beobachtungen (Tabelle 4). Wie auch beim Hochwasserereignis vom 26. bis zum 31. Juli 1897 hat das Ausmaß der Hochwasserführung an den Fließgewässern erst auf bayerischem Gebiet massiv zugenommen, wie im folgenden Abschnitt beschrieben.

Tabelle 4: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 von nordalpinen Tiroler Fließgewässern mit den größten davor beobachteten Ereignissen

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013 (MEZ)	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m³/s]	Jährlichkeit [a]	HQmax davor [m³/s]	Q-Reihe seit
Steeg	Lech	02.06.2013 02:45	382	96,6	1	361 23.08.2005	1921
Lechaschau	Lech	02.06.2013	325	367	1-5	943 29.07.1969	1971
Vils	Vils	02.06.2013		117	1-5	253 22.05.1999	1961
Ehrwald	Loisach	02.06.2013		26,7	1-5	63 10.8.1970	1951
Klamm	Leutascher Ache	02.06.2013		16,3	1-5	54,4 01.08.2002	1984
Scharnitz-Weidach	Isar	02.06.2013 15:30	191	71,2	10	146 23.08.2005	1981

BAYERISCHES DONAUGEBIET OBERHALB DES INN

Seit den ersten kräftigen Niederschlägen in der Nacht vom 31. Mai auf den 1. Juni 2013 stiegen im alpinen Einzugsgebiet der **Iller** die Pegel deutlich an. Mit dem ab Mittag des 1. Juni erneut einsetzenden Starkregen kam es zwischen Immenstadt und Kempten zu Hochwasserabflüssen der Größenordnung HQ_{20-50} . Im restlichen Einzugsgebiet der Iller sowie auch in den östlich angrenzenden Gebieten von **Wertach** und **Lech** lagen die Jährlichkeiten bei maximal 20 Jahren, meist aber bei 5 bis 10 Jahren. Am Lech wurde der Hochwasserscheitel durch den Rückhalt des Forggensees unterhalb von Füssen reduziert.

An den kleineren, südlichen Zuflüssen zur Donau zwischen Ulm und Donauwörth **Günz**, **Mindel**, **Zusam**, **Schmutter** bildeten sich aufgrund der Niederschläge von 1. bis 2. Juni ebenfalls Hochwasserwellen aus. Die Abflüsse waren meist aber geringer als nach den erneuten Niederschlägen eine Woche später. Dagegen kam es an **Paar**, **Ilm** und **Abens** zu einem extremen Hochwasserereignis, bei dem die Abflüsse der Hochwasser von 2005 und 1999 größtenteils weit übertroffen wurden. Nach erster Einschätzung lagen die Jährlichkeiten der Scheitel an den Unterläufen bei über 100 Jahren. An der niederbayerischen **Vils** wurden Jährlichkeiten zwischen 20 und 50 Jahren erreicht. Durch den Vilstalstausee konnten die Abflüsse im Unterlauf abgemindert werden.

Das gesamte Einzugsgebiet der **Isar** wurde bei diesem Ereignis relativ einheitlich überregnet, wobei inneralpin durch die relativ tief liegende Schneefallgrenze nur ein Teil des Niederschlages abflusswirksam wurde. Auf bayrischem Gebiet trugen auch die kleineren Isar-Zubringer maßgeblich zur Bildung des Hochwasserscheitels bei. Die Jährlichkeiten der Hochwasserscheitel im Isar-Gebiet nehmen flussabwärts zu: von 2 bis 5 bzw. 10 Jahren im alpinen Bereich (vgl. Tirol: HQ_{10}) bis auf 20 bis 50 Jahre an **Ammer** bzw. **Amper** (unterhalb des Ammersees) und **Loisach** (Unterlauf). Unterhalb der Einmündung der Amper nördlich von München erreichte das Hochwasser der Isar eine Jährlichkeit von ca. 100 Jahren.

INNGBIET OBERHALB DER SALZACH

Der Mai 2013 war tirolweit überdurchschnittlich nass und zählte regional zu den feuchtesten Mai-Monaten seit 1981. Vom Hochwasser Anfang Juni waren Einzugsgebiete im Nordalpenbereich und im Tiroler Unterland betroffen. Im Inn-Einzugsgebiet waren dies die Brandenberger Ache, die Brixentaler Ache, die Gewässer im Bereich Zahmer und Wilder Kaiser sowie die Großache. In diesen Gebieten fielen vom 30. Mai bis zum 3. Juni 100 bis 300 mm bzw. in den am stärksten betroffenen Gebieten allein in den 36 Stunden von 1. Juni 12.00 Uhr bis 3. Juni 0.00 Uhr 100 bis 250 mm Niederschlag. Da im Tiroler Unterland die Schneefallgrenze zum Zeitpunkt der intensivsten Niederschläge um 2000 bis 2200 m Seehöhe lag und erst zu Mittag des 2. Juni auf rund 1500 m sank, ging der meiste Niederschlag in den vom Hochwasser besonders betroffenen Einzugsgebieten als Regen nieder. Es erfolgte kein Rückhalt in Form von Schnee. Die in hohen Lagen in den Vortagen aufgebaute Schneedecke (z. B. Hochhörndl, Fieberbrunn, 1770 m ü. A.: 25 cm) wurde zumindest teilweise abflusswirksam und verschärfte die Abflusssituation zusätzlich.

Die Niederschläge am 31. Mai führten zu einer deutlichen Abflussreaktion bis in die Nähe der Hochwassermarken (ca. HQ_1). Mit Abklingen der Niederschläge ab Mitternacht gingen die Wasserführungen bis zum Nachmittag des 1. Juni vorerst zurück und begannen mit dem erneuten Einsetzen der Niederschläge wieder stark zu steigen. Die Niederschlagsintensitäten waren deutlich höher und hielten über mehrere Stunden an. An der Großache und ihren Zubringern wurden die Scheitelabflüsse in den frühen Morgenstunden des 2. Juni, die Scheitel an der Brandenberger Ache und der Brixentaler Ache auf Grund des länger anhaltenden Niederschlags erst etwas später erreicht.

INN UND INNZUBRINGER IN TIROL

Inneralpin war die Überregnung geringer als am nördlichen Alpenrand. Deshalb lag die Wasserführung des **Inn** fast auf seiner gesamten Fließstrecke durch Tirol unter der Hochwassergrenze ($<HQ_1$). Im Bereich Imst mündet, von Norden kommend, der **Gurglbach** in den Inn. Sein Einzugsgebiet liegt südlich der Loisach und wurde ähnlich wie die nordalpinen Einzugsgebiete überregnet. Der Hochwasserscheitel am Pegel Nassereith/ Gurglbach erreichte mit $HQ_{1,5}$ eine ähnliche Größenordnung wie an den benachbarten Gewässern im Norden (s. Abschnitt

„Donau oberhalb des Inn“). Im Gegensatz dazu blieb die Wasserführung der Inn-Zubringer vom Alpenhauptkamm – Ötztaler Ache, Sill und auch Ziller – unter HQ₁. Neben einer geringeren Überregnung wirkte in diesen hoch gelegenen Einzugsgebieten die Schneespeicherung dämpfend auf das Abflussgeschehen, die Schneeschmelze lieferte, anders als im tiefer gelegenen Großachengebiet, kaum einen Abflussbeitrag. Eine Überregnung der zentralalpiner Tiroler Einzugsgebiete in ähnlicher Weise wie bei den Gebieten am nördlichen Alpenrand hätte in Verbindung mit einer hoch liegenden Nullgradgrenze katastrophale Auswirkungen haben können.

Östlich des Sillgebietes über das Zillertal bis ins Tiroler Unterland nahmen die vom 30. Mai 0.00 Uhr bis 3. Juni 0.00 Uhr beobachteten Regenmengen von 150 mm bis 300 mm zu. Der **Weerbach**, rechter Inn-Zubringer aus den Tuxer Alpen, erreichte bereits HQ₁, der Ziller blieb mit seinen hoch gelegenen Zubringern aus den oben genannten Gründen noch unter der Hochwassermarken. Auch die großen Speicherseen im Zillertal dürften zum Rückhalt der Abflussmengen beigetragen haben. Die Spitzenabflüsse der flussab des Zillers einmündenden Inn-Zubringer lagen um HQ₃₀ bis zu HQ₁₀₀ und erhöhten die Wasserführung des Inn bis zur Grenze zu Bayern auf HQ_{2.5}. Am Pegel Oberaudorf/Inn in Bayern trat der Scheitel am 2. Juni, 13.15 Uhr ein mit W= 320 cm und Q=1420 m³/s (LfU Bayern, 2013).

Als linksseitiger Inn-Zubringer aus dem Rofengebirge bzw. den Brandenberger Alpen wurde das Gebiet der **Brandenberger Ache** stark überregnet (z. B. Ackernalm 270 mm). Der Pegel Mariathal erreichte am 2. Juni einen Scheitelabfluss der Größenordnung HQ₂₀ (siehe Tabelle 5). Im Grenzbereich zu Bayern führte der Tiroler **Thierseebach**, der über den Kieferbach (Pegel Bleyerbrücke, LfU Bayern) in den Inn entwässert, ein HQ₁₀₀. Alle rechtsseitigen Inn-Zubringer im Tiroler Unterland wurden massiv überregnet und brachten große Hochwasserabflüsse: **Brixentaler Ache** (Pegel Bruckhäusl) HQ₄₀, **Weißache** (Pegel Kaiserwerk) um HQ₁₀₀ (siehe Tabelle 5).

An der Brandenberger Ache und Brixentaler Ache lagen die Hochwasserabflüsse 2013 im Bereich der Abflüsse vom Augusthochwasser 2005, bei dem vor allem Vorarlberg und der Westen Tirols (Lech, Sanna, oberer Inn) betroffen waren. An den kleinen Fließgewässern im Bereich Kaisergebirge, wo es im Juni 2013 350 bis 400 mm geregnet hatte (z. B. Niederndorferberg 365 mm), wurden teilweise die höchsten Abflusswerte seit Aufzeichnungsbeginn gemessen (**Walchentaler Bach, Jennbach**).

Das Hochwasser 2013 weist Ähnlichkeiten zu den großen Hochwasserereignissen der Jahre 1897, 1899 und 1954 auf. Der alpine Teil des Inn-Einzugsgebiets war 1897 von den Niederschlägen kaum betroffen, so dass bis Kufstein am Inn nicht von „Flutwellen“ gesprochen wurde (Lauda 1898). 1899 lag im Inn-Einzugsgebiet Schnee bis ca. 1200 m herab, so dass die Niederschläge weniger abflusswirksam wurden und am oberen Inn nicht zu Hochwasser führten. Wie im Juni 2013 erhöhte sich die Wasserführung des Inn bis zu einem mittleren Hochwasserabfluss erst ab der Region Schwaz bzw. Achensee und nach der Einmündung von Brandenberger Ache und Brixentaler Ache. Stark stieg das Inn-Hochwasser unterhalb der österreichisch-bayerischen Grenze durch die Abflussbeiträge der Zubringer. Auch beim Hochwasser 1954 erhöhte sich der Durchfluss des Tiroler Inn ab der Einmündung von Brandenberger und Brixentaler Ache sowie der Weißache, blieb aber noch unter der Hochwasser-Meldegrenze. Erst in Bayern kam es zu einem massiven Anstieg der Wasserführung.

Tabelle 5: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 für Zubringer am unteren Inn in Tirol mit den größten davor beobachteten Ereignissen

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013 (MEZ)	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m ³ /s]	Jährlichkeit [a]	HQmax davor [m ³ /s]	Q-Reihe seit
Mariathal	Brandenberger Ache	02.06.2013 14:45	309	285	20	317 06.08.1985	1976
Bruckhäusl	Brixentaler Ache	02.06.2013 09:15	278	215	40	240 m ³ /s 29.07.1969	1951
Kaiserwerk	Weißache	02.06.2013 04:15	200	110	100	97,2 23.08.2005	1982

GROßACHE

Das am stärksten betroffene Gebiet in Tirol war das Großachengebiet. Die südlichen Einzugsgebietsteile wurden in Summe mit 150 bis 200 mm Niederschlag (z. B. Kirchberg 195 mm), die nördlich gelegenen – und damit der Unterlauf der **Großache** – jedoch mit 200 mm und mehr, zum Teil auch bis über 300 mm überregnet (z. B. Griesner Alm 345 mm). Daraus resultierten massive Hochwasserabflüsse mit seltenen Eintrittswahrscheinlichkeiten. Auf Grund der lang anhaltenden Niederschläge und der großen Vorbefeuchtung ist das Ereignis durch eine sehr breite Hochwasserwelle charakterisiert. Die Scheitelabflüsse der Großachen-Zubringer **Aschauer Ache** (Pegel Sperten), **Fieberbrunner Ache** (Pegel Almdorf) und **Kohlenbach** (Pegel Kössen-Waidach) lagen im Bereich HQ₂₀ bis HQ₅₀. An den Pegelstellen der **Kitzbüheler Ache** (Kitzbüchel, St. Johann) und der Großache (Kirchdorf, Kössen-Hütte und Kössen-Staffenbrücke) entsprachen die Hochwasserscheitel etwa einem HQ₁₀₀. An nahezu allen betroffenen Gewässern, vor allem an Kitzbüheler Ache, Aschauer Ache, Fieberbrunner Ache, Großache, Loferbach, waren lokale Ausuferungen zu verzeichnen.

Die Pegelaufzeichnungen in Kirchdorf, in Kössen-Staffenbrücke sowie in Almdorf sind durch Ausuferungen beeinflusst. Aus dem gleichen Grund konnte auch am Pegel Kössen-Hütte/Großache nicht der gesamte Hochwasserabfluss erfasst werden. Für die Pegel in Kössen machte dies eine Rekonstruktion der Scheitelabflüsse über ein Niederschlags-Abfluss-Modell und eine hydraulische Nachrechnung erforderlich. Die Ergebnisse bestätigen für Kössen Scheiteldurchflüsse im Bereich HQ₁₀₀ (Abbildung 8). Massive Hochwasserabflüsse gab es ebenfalls im Bereich der Loferer Steinberge. Der Haselbach (auch: Grieselbach), im weiteren Verlauf **Loferbach** genannt, entwässert die Region Pillersee/Loferer Steinberge in Richtung Salzburg und grenzt an das Einzugsgebiet der Fieberbrunner Ache. Im Oberlauf in Tirol traten Ausuferungen auf. Zur Einschätzung der Abflussmengen wurde der am Pegel Lofer/Loferbach in Salzburg gemessene 100-jährliche Spitzenabfluss herangezogen. Aus der Region um Reit im Winkl in Bayern (Schwarzloferbach) erhielt die Großache weitere hohe Abflussbeiträge vom hier ebenfalls so genannten Loferbach.

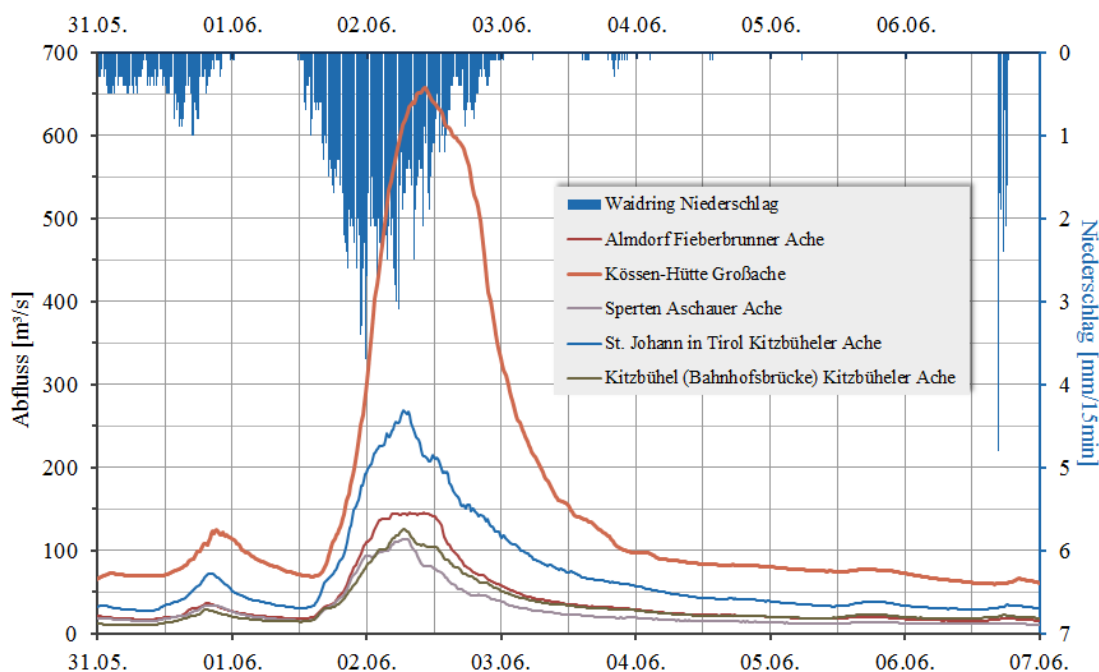


Abbildung 8: Verlauf der Hochwasserwellen an den Pegeln im Tiroler Achengebiet im Vergleich zur Niederschlagsintensität (mm/15min) am Pegel Waidring

Im Großachengebiet stellen die Hochwasserabflüsse am 2. Juni an der Großache, an der Kitzbüheler Ache und an der Fieberbrunner Ache die bisher höchsten Werte in den Messreihen dar. In St. Johann übertraf der Hochwasserabfluss der Kitzbüheler Ache den Scheitelwert vom Hochwasser des Jahres 2002. Auch beim Hochwasser vom 8. bis zum 14. September 1899 war es im Kaisergebirge und im Großachengebiet zu massiven Überflutungen und Vermurungen gekommen, katastrophale Hochwasserschäden waren aber damals erst weiter flussabwärts

in Bayern zu verzeichnen. Ähnlich hohe Wasserstände wie 1899 wurden in Kössen während des Hochwassers vom 7. bis zum 14. Juli 1954 registriert. Höhere Wasserstände werden jedoch vom Hochwasser am 9. Mai 1912 für Kössen berichtet (Kresser, 1955).

Tabelle 6: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 im Großachengebiet mit den größten davor beobachteten Ereignissen

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m³/s]	Jährlichkeit [a]	HQmax bisher [m³/s]	Reihe seit
Kirchberg	Aschauer Ache	02.06.2013 06:15	154	86	50	63,2 28.07.2006	2003
Sperten	Aschauer Ache	02.06.2013 07:00	235	115	20	135 12.08.2002	1960
Kitzbühel	Kitzbüheler Ache	02.06.2013 07:00	231	127	100	115 11.07.2005	1951
St. Johann	Kitzbüheler Ache	02.06.2013 06:30	373	270	100	261 12.08.2002	1951
Almdorf	Fieberbrunner Ache	02.06.2013 07:45	311	147	50	137 08.08.1991	1956
Kirchdorf	Großache	02.06.2013 07:30	432	436 *)	100	63,2 28.07.2006	2003
Kössen-Hütte	Großache	02.06.2013 10:30		660 *)	100	474 12.08.2002	1993
Schwendt-Unterbichl	Kohlenbach	02.06.2013 05:30	228	46	10	39,2 03.06.2010	1999
Kössen Waidach	Kohlenbach	02.06.2013 06:30	318	112	30	91,2 13.01.2011	2004
Kössen-Staffenbrücke	Großache	**)		770 *)	100	--	--

*) ermittelt aus hydrologischer Modellierung (HD Tirol) und hydraulischer Nachrechnung (Donau Consult Ingenieurbüro GmbH); **) Scheitel nicht aufgezeichnet (Stromausfall)

BAYERISCHER INN OBERHALB DER SALZACH

Der Inn verließ Tirol mit einem Scheitelabfluss, der nur wenig über der Hochwassergrenze lag. Am unmittelbar an der gemeinsamen Grenzstrecke gelegenen ersten bayerischen Pegel Oberaudorf wurde ein Hochwasserscheitelabfluss von 1450 m³/s gemessen, dem eine Jährlichkeit zwischen 2 und 5 Jahren zuzuordnen ist. Im weiteren Verlauf der Fließstrecke des Inn erhöhten die Zubringer aus dem Südosten Bayerns (bis zu 400 mm Niederschlag, siehe Abbildung 5) den Hochwasserabfluss des Inn deutlich. Durch die Zubringer oberhalb der **Mangfall** stieg die Jährlichkeit des Inn-Hochwassers zunächst auf 20 Jahre. Nach Einmündung der Mangfall mit einem mehr als 100-jährlichen Spitzenabfluss lag die Jährlichkeit des Abflusses im Inn zwischen 20 bis 50 Jahren. Besonders die Tiroler Achen (in Tirol: Großache) und die Salzach waren dann für den Anstieg auf ein HQ₁₀₀ am Inn bis Passau verantwortlich. Die Inn-Zuflüsse in Bayern erreichten am 2. Juni bzw. in der Nacht zum 3. Juni ihre Höchststände.

Die Großache, deren alpin geprägtes Einzugsgebiet im Schwerpunkt des Niederschlagsgeschehens lag, kam mit einem Abfluss >HQ₁₀₀ aus Tirol. Sie mündet, in Bayern als Tiroler Achen bezeichnet, in den Chiemsee. Dessen Retentionswirkung minderte die extreme Abflussspitze deutlich ab. Der Ausfluss aus dem Chiemsee ist die **Alz**, in die von rechts die **bayerische Traun** einmündet. Deren Einzugsgebiet weniger stark betroffen war (Jährlichkeiten von 20 bis 50 Jahren), so dass sich die Auftretenswahrscheinlichkeiten der Scheitelabflüsse an der Alz bis zu deren Mündung in den Inn nicht mehr veränderten.

SALZACHGEBIET

Im Land Salzburg wurden die höchsten Niederschlagssummen dieses Ereignisses in den Staulagen am Nordrand der Alpen und damit an den Unterläufen von Saalach und Salzach beobachtet. Dadurch waren die Flussgebiete der Saalach und Salzach sowie die Gebiete nördlich der Stadt Salzburg (Flachgau) bis hin zum Salzkammergut am stärksten betroffen. Inneralpin fielen die Niederschläge generell geringer aus als am Alpenrand. In den Hoch-

lagen des Salzach-Einzugsgebietes (Hohe Tauern) dämpften die niedrigeren Temperaturen zudem die Abflusswirksamkeit der Niederschläge.

Nach den ersten Niederschlägen vom 30. Mai bis zum 1. Juni wurden seit Mitternacht des 2. Juni die Gebiete von Saalach und Salzach (vor allem im Tennengau) erneut und mit hohen Intensitäten überregnet, erst am Abend nahm der intensive Regen ab und klang in der Nacht aus. Die resultierenden Hochwasserabflüsse erreichten besonders an der Saalach und am Unterlauf der Salzach, aber auch an einer ganzen Reihe ihrer Zubringer mit Einzugsgebieten am Alpenrand im Bereich der höchsten Niederschläge die Größenordnung eines HQ₁₀₀ und darüber. Die Eintrittszeiten der Wellenscheitel liegen über den 2. Juni verteilt.

SAALACH

Östlich an das Tiroler Großachengebiet anschließend, wo Hochwasserscheitel seltener Eintrittswahrscheinlichkeit aufgetreten sind, waren die Saalach und ihre Zubringer in ähnlichem Ausmaß betroffen. Im Unterlauf der **Saalach** regnete es in Summe 200 bis 300 mm, aber auch im Oberlauf lagen die Niederschlagssummen des Ereignisses bei 150 bis 200 mm. Im Oberlauf auf der Fließstrecke etwa von Viehhofen bis Weißbach erreichten die Saalach und auch ihre Zubringer bereits am Morgen bzw. am Vormittag des 2. Juni ihre Höchstwerte. An den Pegeln Viehhofen/Saalach und Weißbach/Saalach übertrafen die Scheitelabflüsse das HQ₁₀₀. Der rechte Zubringer **Urslau** (Pegel Saalfelden) und der linke Zubringer **Leoganger Bach** (Pegel Uttenhofen) verzeichneten ebenfalls 100-jährliche Scheitelwerte (Tabelle 7).

Auf der weiteren Fließstrecke Richtung Norden mündet der **Loferbach**, aus westlicher Richtung kommend, bei Lofer in die Saalach. Sein Einzugsgebiet liegt im Bereich der höchsten Niederschlagssummen. Auch am Pegel Lofer wurde ein HQ₁₀₀ erreicht. In Siezenheim wurde der 100-jährliche Hochwasserscheitel der Saalach am Nachmittag des 2. Juni 2013 aufgezeichnet. Eine Besonderheit war die langgezogene, über mehrere Stunden anhaltende Welle. Dadurch kam es zur Überlagerung der Hochwasserwellen von Saalach und Salzach. Im Saalachtal gab es Ausuferungen in mehreren Gemeinden, z. B. Saalfelden, Weißbach und St. Martin bei Lofer.

Tabelle 7: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 im Saalach-Einzugsgebiet mit den größten davor beobachteten Ereignissen

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013 (MEZ)	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m³/s]	Jährlich- keit [a]	HQmax bisher [m³/s]	Q- Reihe seit
Viehhofen	Saalach	02.06.2013 04:45	279	164	>100	137 12.08.2002	1961
Saalfelden	Urslau	02.06.2013 04:30	337	111	100	110 12.08.2002	1951
Uttenhofen	Leoganger Bach	02.06.2013 10:45	306	66	100	62,0 04.08.1967	1961
Weißbach	Saalach	02.06.2013 08:45	394	488	>100	394 12.08.2002	1959
Lofer	Loferbach	02.06.2013 12:15	595	106	100	86,0 03.06.2010	1961
Siezenheim	Saalach	02.06.2013 15:30	762	1093	100	917 12.8.2002	1976
Siezenheim	Saalach und Werkskanäle	02.06.2013 15:30		1098	100	923 12.8.2002	--

An den Pegeln Lofer/Loferbach, Viehhofen/Saalach, Weißbach/Saalach und Siezenheim/Saalach (siehe Abbildung 9) stellen die Hochwasserabflüsse vom Juni 2013 die höchsten Werte seit Beginn der Durchflussermittlung dar. In Saalfelden/Urslau lagen die Ereignisse im August 2002 und im August 2012 in ähnlicher Größenordnung. Auch am Pegel Uttenhofen/Leoganger Bach war der bisher höchste beobachtete Hochwasserabfluss im August 1967 nur wenig höher als jener von 2013.

Bei den drei großen Hochwasserereignissen 1897, 1899 und 1954 war das Saalach-Einzugsgebiet ebenfalls stark betroffen. 1897 gab es massive Überflutungen z. B. im Bereich Lofer. 1899 war vor allem die obere Saalach ein Brennpunkt. An der Mündung in die Salzach lag der Wasserstand der Saalach um 1 m höher als 1897. Die

Hochwasserwellen beider Flüsse trafen wie im Juni 2013 zeitgleich aufeinander. Im Juli 1954 gab es wiederum massive Überflutungen ab dem Saalach-Oberlauf, obwohl das Hochwasser geringer ausfiel als 1899. Zu Überflutungen kam es auch im Mündungsbereich in die Salzach (Lauda, 1898; Lauda, 1900; Kresser, 1955).

SALZACH

Im inneralpinen Einzugsgebiet der Salzach fielen die Niederschlagssummen geringer aus und in den Hochlagen des Einzugsgebietes bewirkten die niedrigeren Temperaturen eine Dämpfung der Abflusswirksamkeit der Niederschläge. Infolge dessen kam es im Ober- und Mittellauf der Salzach nur zu moderaten Hochwasserabflüssen. Im Oberpinzgau lag der Spitzenabfluss der Salzach in Mittersill mit $175 \text{ m}^3/\text{s}$ im Bereich HQ_1 bis HQ_5 , im Mittellauf von Wallnerau bis Werfen wurde ein HQ_{10} erreicht. Im **Unterlauf der Salzach** erhöhte sich ab Golling mit der stärkeren Überregnung des Einzugsgebietes und mit der Einmündung der Lammer das Ausmaß des Hochwassers wesentlich. In **Golling** betrug der Scheitelabfluss der Salzach $1357 \text{ m}^3/\text{s}$, das liegt deutlich über einem HQ_{50} .

Die **Lammer** ist im Salzachunterlauf ein bedeutender und meist sehr schnell auf Stauniederschläge am Alpenrand reagierender Zubringer. Das Einzugsgebiet (Tennengebirge) wurde mit Niederschlagssummen um 200 mm überregnet. Lag der Hochwasserscheitel am Pegel Schwaighofbrücke im Oberlauf der Lammer mit $146 \text{ m}^3/\text{s}$ etwa bei HQ_{10} , wurde am Zubringer **Schwarzbach** am Pegel Abtenau/Au bereits HQ_{10-30} beobachtet. Am Pegel Obergäu/Lammer erreichte das Hochwasser die Größenordnung HQ_{50-100} , der Höchstwert wurde in den Morgenstunden des 2. Juni beobachtet.

Die massive Überregnung der Gebiete am Alpenrand mit mehr als 200 mm zeigt auch die Reaktion des rechten Salzach-Zubringers **Almbach**, der bei Hallein in die Salzach mündet. Am Pegel Adnet/Almbach wurde mit ca. $300 \text{ m}^3/\text{s}$ ein Hochwasserscheitel der Größenordnung von HQ_{50-100} erreicht. Weitere **Salzachzubringer** im Tennengau im Bereich Golling bis Hallein lieferten ebenfalls Abflussbeiträge der Größenordnung HQ_{30} bis HQ_{100} . Die **Königseeache** (Berchtesgadener Ache), mit ihrem Einzugsgebiet im Einflussbereich der höchsten Niederschlagssummen gelegen, verzeichnete am Pegel Niederalm (früher Pegel St. Leonhard) einen Spitzenwert von ca. $400 \text{ m}^3/\text{s}$ (Daten lt. Salzburg AG), das entspricht einem mehr als 100-jährlichen Ereignis.

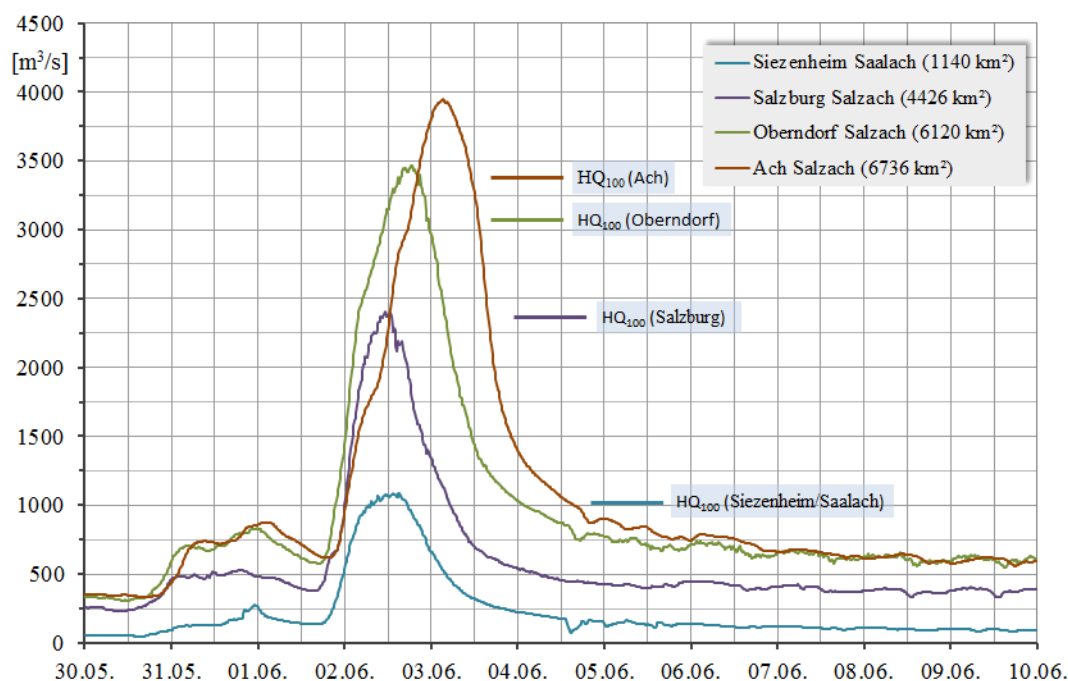


Abbildung 9: Abflussganglinien an der Saalach und Salzach

In Salzburg wurde an der **Salzach** am Mittag des 2. Juni mit einem Pegelstand von 851 cm und einem Scheiteldurchfluss von 2410 m³/s ein HQ₁₀₀ erreicht (Abbildung 9). Diese Werte sind nur wenig höher als jene während des Hochwassers 2002 (max. Pegelstand 824, Durchfluss 2289 m³/s). Zwischen Salzburg und Oberndorf führten sowohl die linksseitigen Zubringer aus dem alpinen Bereich (**Glanbach** und vor allem Saalach) wie auch die rechtsseitigen Zubringer aus dem Flachgau bzw. dem Alpenvorland (**Alterbach, Fischach, Oichten**) der Salzach Hochwasserabflüsse der Größenordnung HQ₁₀ bis HQ₁₀₀ zu (siehe Tabelle 8). Auf Grund der Fließzeiten trafen diese zu sehr unterschiedlichen Zeiten auf das Salzach-Hochwasser. Verschärfend für den weiteren Hochwasserverlauf flussabwärts wirkte das zeitliche Zusammentreffen der beiden 100-jährlichen Hochwasserscheitel von Salzach und Saalach.

In Oberndorf hatte der Hochwasserscheitel der **Salzach** einen Pegelstand von 853 cm und einen Durchfluss von Q=3500 m³/s (Abbildung 9) und lag damit über HQ₁₀₀. Diese Werte übertreffen die Spitzenwerte des Hochwassers vom August 2002 deutlich. Gleiches trifft für den letzten österreichischen Salzach-Pegel Ach in Oberösterreich kurz vor der Mündung in den Inn zu. Hier wurde mit ca. 4000 m³/s ebenfalls ein weit über 100-jährlicher Scheitelabfluss beobachtet (Abbildung 10).

Auch die rechtsseitigen Zubringer unterhalb von Oberndorf trugen mit bis zu 100-jährlichen Abflüssen zum Hochwasser bei, wie die **Moosache** samt **Pladenbach**. Das verdeutlicht die hohe Abflussbereitschaft der Gebiete bei diesem Ereignis infolge hoher Vorbefeuchtung und sehr großer Regenmengen (Größenordnung 200 bis 300 mm).



Abbildung 10: Hochwassermarken beim ehemaligen Gasthaus Friedl (Brauhaus) in Burghausen/Ach an der Salzach

Ausuferungen sind oberhalb von Salzburg, z. B. in den Gemeinden Golling und Kuchl, sowie lokal in der Stadt Salzburg aufgetreten. Besonders kritisch entwickelte sich die Situation entlang der Salzach unterhalb von Salzburg. Zu weitreichenden Ausuferungen kam es im Bereich von Oberndorf-Weitwörth, die Ettenau wurde überflutet. An einer Reihe von Gewässern im unteren Salzach-Einzugsgebiet wurden im Juni 2013 die höchsten Hochwasserscheitelabflüsse seit Beginn der kontinuierlichen Durchflussermittlung registriert, z. B. in Salzburg und Oberndorf an der Salzach oder auch an einigen Zubringern zur Salzach, wie Glanbach und Oichtenbach oder Fischach und Pladenbach im Flachgau. An weiteren Gewässern erreichten die Hochwasserspitzen die Größenordnung bisheriger Höchstwerte der kontinuierlichen Durchflussbeobachtungen (siehe Tabelle 8).

Vergleicht man das Hochwassergeschehen an der Salzach im Juni 2013 mit den Ereignissen der Jahre 1897, 1899 und 1954 (Lauda, 1898; Lauda, 1900; Kresser, 1955), fallen auch hier wieder Ähnlichkeiten auf. Wie 2013 führte die Salzach bei allen drei Ereignissen bis zur Lammer-Einmündung nur geringes oder mittleres, nach Einmündung der Lammer jedoch massives Hochwasser. Auch die anderen Zubringer aus den Kalkalpen und den Voralpen, wie Taugl, Almbach oder Königseeache lieferten sehr hohe Abflussbeiträge. 1897 kam es von Golling an zu Überflutungen, besonders im Bereich Oberndorf, Freilassing und weiter flussabwärts. Im September 1899 fiel im Hochgebirge zunächst Schnee, der jedoch durch höhere Temperaturen und Regen an den Folgetagen mobilisiert und abflusswirksam wurde. War die Wasserführung der Salzach bis Lend (oberhalb von St. Johann im Pongau) noch geringer als 1897, nahm sie unterhalb weiter zu, z. B. mit der Einmündung des stark hochwasserführenden Fritzaches und besonders nach Einmündung der Lammer.

Deren Einzugsgebiet erhielt an den beiden stärksten Regentagen 60% mehr Niederschlag als an den stärksten Regentagen des Hochwassers 1897, zuzüglich der aus der Schneeschmelze mobilisierten Wassermengen. Das Hochwasser der Lammer ist etwa mit 1897 vergleichbar. Bei Golling überlagerten sich die Wellen von Salzach und Lammer. Auch alle weiteren Salzachzuflüsse führten Hochwasser und sind ausgeföhrt. Ab Golling flussabwärts übertraf das Hochwasser 1899 jenes von 1897.

Tabelle 8: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 im Salzach-Einzugsgebiet mit den größten davor beobachteten Ereignissen

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013 (MEZ)	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m³/s]	Jährlichkeit [a]	HQmax bisher [m³/s]	Q-Reihe seit
Golling	Salzach	02.06.2013 11:15	496	1357	50-100	1380 13.08.1959	1951
Schwaighofbrücke	Lammer	02.06.2013 06:00	290	146	10	223 31.07.1977	1966
Abtenau-Au	Schwarzbach	02.06.2013 12:00	115	30	10-30	34,9 12.08.2002	1983
Obergäu	Lammer	02.06.2013 05:45	408	571	50-100	613 12.08.2002	1951
Adnet	Almbach	02.06.2013 10:00	472	304	ca. 70	317 12.08.2002	1961
Niederalm	Königseeache	02.06.2013 07:45	521 *)	400 *)	>100 *)	369 **) 12.08.2002	1965
Salzburg	Salzach	02.06.2013 11:30	851	2410	100	2289 12.08.2002	1951
Moos	Glan	02.06.2013 11:45	267	52,2	50	46,2 04.08.2009	1951
Nußdorf	Oichtenbach	02.06.2013 13:15	278	32,3	30	30,2 02.08.1991	1983
Itzling	Alterbach	02.06.2013 03:00	232	58,2	10	80,8 06.08.2002	1990
Eugendorf	Eugenbach	02.06.2013 06:45	218	29,7	10	38,3 19.08.2007	1993
Lengfelden	Fischach	02.06.2013 03:00	291	151	ca. 70	165 06.08.2002	1951
Oberndorf	Salzach	02.06.2013 17:00	853	3470	300	2884 12.08.2002	1961
Au-St. Georgen	Moosache	02.06.2013 23:30	232	38,8	100	55,9 02.08.1991	1951
Untereching	Pladenbach	02.06.2013 05:15	143	14,5	100	12,9 06.07.1997	1982
Ach	Salzach	03.06.2013 03:30	950	4000	400	3120 12.08.2002	1991

*) Daten: Salzburg AG; **) Summenpegel St. Leonhard

Auch im Juli 1954 lag in den Hohen Tauern Schnee bis 800 m herab, so dass die Salzach bis zum Kalkalpendurchbruch nur ein mittleres Hochwasser führte. Die Salzach-Zubringer aus den Kalkalpen und aus dem Vorland bewirkten dann den raschen Anstieg der Salzach weit über das mittlere Jahreshochwasser, vor allem Lammer und Niederalm. Ab Golling kam es im Salzachtal zu Überflutungen. Der Hochwasserscheitel in Salzburg am 8. Juli 1954 blieb jedoch 2,50 m unter der Marke von 1899 (Abbildung 11). Unterhalb von Salzburg bis Oberndorf brachten die Zubringer wie auch im Juni 2013 massive Abflussbeiträge, z. B. die Fischach, Saalach oder Oichten. In der Ettenau kam es zu Damnbrüchen. Die Seen des Flachgaus traten über die Ufer (Matt-, Nieder- Obertrumer See).

SALZBURGER SEEN

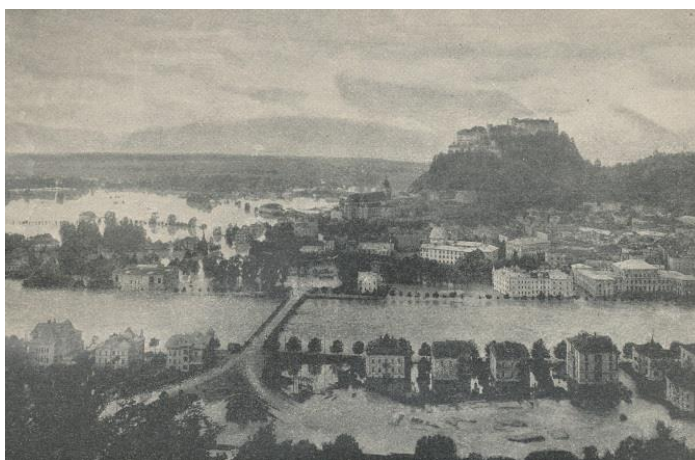
Auch die Seen nördlich von Salzburg lagen im Juni 2013 im Bereich der höchsten Niederschlagssummen (200-300 mm, lokal auch >300 mm). Als Reaktion auf die Niederschläge stiegen die Seewasserstände stark an, vor allem mit dem erneuten Einsetzen des intensiven Regens am Nachmittag bzw. Abend des 1. Juni. Vom 30. Mai abends bis zu den Höchstwerten in den frühen Morgenstunden des 3. Juni betrug die Anstiege der See-

wasserspiegel ca. 1 m, am **Wallersee** sogar ca. 1,80 m. Den Höchstwasserständen sind, ähnlich wie bei den Fließgewässern, Jährlichkeiten von 80 bis 100 Jahren zuzuordnen. Zum Vergleich ist in Tabelle 9 auch der **Zeller See** (Pinzgau) angeführt. Wie an der oberen Salzach ist hier die Jährlichkeit des höchsten Seewasserstandes „nur“ bei 10 Jahren einzuordnen.

Tabelle 9: Vergleich der Hochwasserstände ausgewählter Salzburger Seen am 2. Juni

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel	HW 2013 [cm]	Jährlichkeit [a]
Wallersee	Wallersee	03.06.2013, 07:00	360	ca. HW80
Mattsee	Niedertrumer See	03.06.2013, 02:30	242	HW100
Obertrum	Obertrumer See	03.06.2013, 02:30	245	HW100
Fuschl	Fuschlsee	03.06.2013, 01:45	204	>HW100
Zell am See	Zeller See	03.06.2013, 18:45	245	HW10

Abbildung 11: Hochwasser 1899, Historische Aufnahme Salzburg vom Kapuzinerberge aus (Lauda, 1900)



INNGEBIET UNTERHALB DER SALZACH

Das Hochwasser am Inn unterhalb der Salzach wurde wesentlich durch die Zuflüsse der Salzach und der bayerischen Zubringer geprägt. Die **Salzach** mündete bei Ach mit ca. 4000 m³/s, das entspricht einer Jährlichkeit weit über HQ₁₀₀, in den Inn. Damit wurden bei Ach/Salzach die Abflussmengen vom Hochwasser 2002 (3100 m³/s) deutlich übertroffen. Die bayerischen Innzubringer **Alz** und **Rott** brachten Abflüsse mit einer Jährlichkeit von bis zu 50 Jahren (vgl. LfU Bayern, 2013). Weitere Zuflüsse kamen aus dem oberösterreichischen Innviertel. Die **Mattig** und die **Mühlheimer Ache** führten Durchflüsse der Jährlichkeit von ca. 20 bis 30 Jahren, die **Pram** und **Antiesen** Durchflüsse der Jährlichkeit 5 bis 10 Jahren.

In Schärding überflutete der **Inn** in der Nacht vom 2. zum 3. Juni 2013 die mobilen Hochwasserschutzwände und weitere Schutzdämme. Der Pegel des Inn stieg bis 10,59 m und somit um 1,80 m höher als 2002, die Marke von 1954 (11,34 m) wurde nicht erreicht. Der Abfluss erreichte mit 6300 m³/s eine Jährlichkeit von HQ₇₀ und war damit genauso groß wie beim Hochwasser im Juli 1954 (siehe dazu Tabelle 10 und Abbildung 12). Die Hochwasserwelle des Inn erreichte am Abend des 3. Juni mit einem Durchfluss von ca. 6500 m³/s Passau, ein etwa 100-jährliches Ereignis (LfU Bayern, 2013).

DONAUEINZUGSGEBIET ZWISCHEN INN UND TRAUN INKLUSIVE TRAUN

Die meisten kleineren Donauzubringer aus dem oberen Mühlviertel und die südlichen Zubringer (ohne Traun und Enns) führten Durchflüsse der Jährlichkeiten 5 bis 10 oder darunter. Eine Ausnahme stellte die **Große Mühl** mit ca. HQ₂₀₋₃₀ dar.

Tabelle 10: Vergleich der Hochwasserscheitel 2013 im Innviertel – Salzach, Inn und Zubringer

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013 (MEZ)	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m³/s]	Jährlichkeit [a]	HQmax bisher [m³/s]	Q-Reihe seit
Ach	Salzach	03.06.2013 03:30	950	4000	400	3120 12.08.2002	1991
Jahrsdorf	Mattig	02.06.2013 23:45	216	60	25	100 09.07.1954	1955
Mettmach	Mettmacher Ache	02.06.2013 16:45	127	18	8	35,5 07.07.1983	1976
Altheim	Mühlheimer Ache	02.06.2013 22:00	290	128	30	181 12.08.2002	1987
Mamling	Mühlheimer Ache	02.06.2013 20:45	375	160	20	206 12.08.2002	1976
Haging	Antiesen	02.06.2013 18:00	211	88	5	207 12.08.2002	1951
Pramerndorf	Pram	02.06.2013 23:10	370	149	8	248 12.08.2002	1976
Schärding	Inn	03.06.2013 13:10	1058	6300	70	5056 10.07.1954	1951
Passau Ingling	Inn	03.06.2013 18:00	1159	6500 ^{*)}	100	4050 12.8.2005	

*) 6500 m³/s ist der nach den Beobachtungen der Hydrografie Oberösterreichs maximal mögliche Wert für die Hochwasserspitze des Inns bei der Mündung in die Donau; das Bayerische Landesamt für Umwelt kommt hier zu einem Spitzenwert von 6800 m³/s der mit der Hydrografie in Oberösterreich noch abzustimmen ist.

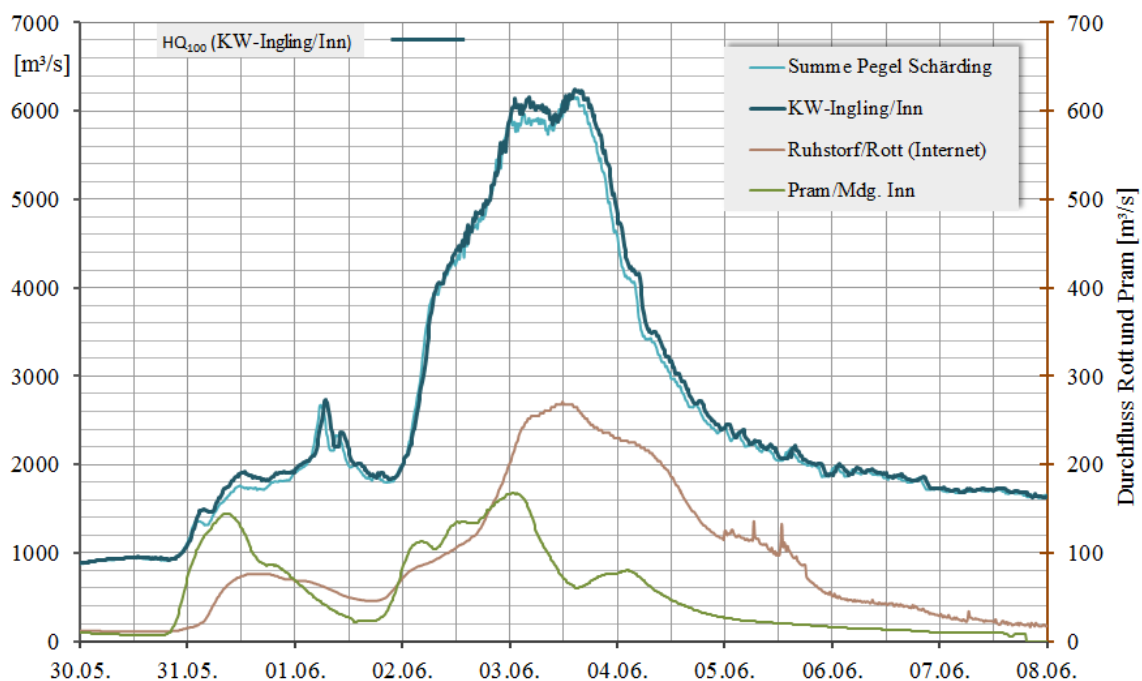


Abbildung 12: Verlauf der Hochwasserwelle am Inn zwischen Schärding und der Mündung in die Donau, sowie an den Zubringern Rott und Pram

Im Ursprungsgebiet der **Traun** fielen von 30. Mai bis 1. Juni täglich zwischen 40 und 57 mm Regen (Station Altaussee). Am 2. Juni betrug die Tagessumme an dieser Station 157 mm und in Summe wurden hier vom 30. Mai bis zum 2. Juni 305 mm gemessen.

An der **Ödenseetraun** wurde am Pegel Kainisch HQ_{100} deutlich überschritten. Für die **Altausseer Traun** und die **Grundlseetraun** hatten der Altausseer See und der Grundlsee eine Retentionswirkung, so dass die Hochwasserscheitel später eintraten. Am Pegel Altaussee/Altausseer Traun wurde ein HQ_{50} und am Pegel Archkogel Grundl-

seetraun ca. ein HQ_{10} erreicht (Abbildung 14). In Folge der massiven Hochwasserabflüsse kam es zu Vermurungen, Ausuferungen und Überflutungen, vor allem in den Gemeinden Bad Aussee und in Bad Mitterndorf. An der Altausseer Traun und an der Ödenseetraun stellen die Scheitelabflussmengen dieses Hochwassers die höchsten seit 1951 gemessenen Werte dar. An der Grundlseetraun fielen z. B. die Hochwasserereignisse vom August 1991 und August 2002 deutlich höher aus (Tabelle 11).

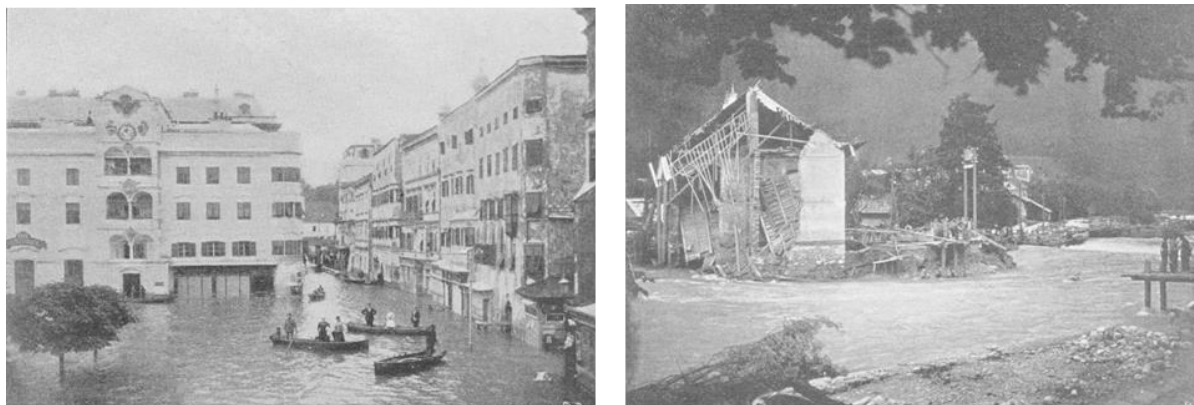


Abbildung 13: Hochwasser 1897, Historische Aufnahmen, linkes Bild: Rathausplatz in Gmunden; rechtes Bild: Verheerungen in Aussee (Lauda 1898)

Interessant ist der Vergleich mit dem Hochwasserereignis 1897, bei dem einer der Niederschlagsschwerpunkte ebenfalls das obere Traun-Einzugsgebiet betraf. Die Niederschlagssummen vom 26. bis zum 31. Juli betrug z. B. in Altaussee 426 mm (vgl. Ereignissumme 2013 in Bad Aussee 305 mm), in Hallstatt 300 mm, in Goisern 330 mm, in Ischl 310 mm etc. (Lauda, 1898). Die Auswirkungen waren besonders im Ursprungsgebiet der Traun an Grundlseetraun, Altausseer Traun, Koppentraun katastrophal, aber auch unterhalb des **Hallstätter Sees**. Es kam zu weitreichenden Überflutungen und Zerstörungen (Abbildung 13). Im September 1899 wurde das Quellgebiet der Traun zwar ebenfalls stark überregnet, das Ausmaß des Hochwassers an der **oberen Traun** war aber geringer als 1897. Erst etwa ab Goisern übertraf es jenes von 1897. Höher als diese beiden fiel jedoch das Hochwasserereignis vom 6. September bis zum 7. September 1920 aus. Im Juli 1954 regnete es im Traungebiet deutlich weniger und in den oberen Einzugsgebietsteilen lag Schnee.

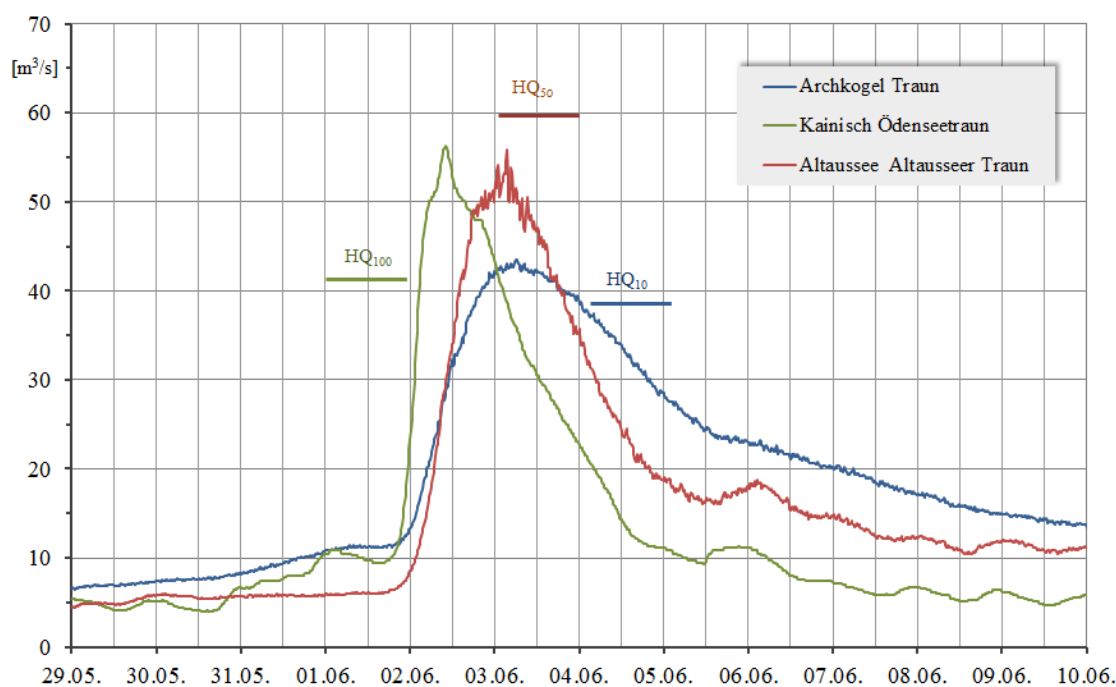


Abbildung 14: Abflussganglinien an den Pegeln im steirischen Traungebiet

Durch das Hochwasser 2013 an der Traun wurden zahlreiche Gemeinden in Oberösterreich überflutet. In Obertraun, wo Durchflüsse der Jährlichkeit HQ_{100} verzeichnet wurden, standen 80% des Ortsgebietes unter Wasser. Der Stadtkern von Bad Ischl war ebenfalls durch Ausuferungen der Traun betroffen. Durch die Retention des **Hallstättersees** (HW_{50}) gingen die Durchflüsse unterhalb des Hallstättersees zunächst auf HQ_{50} bei Steeg zurück und nahmen weiter unterhalb (Bad Ischl HQ_{70-100} , Ebensee HQ_{70}) aufgrund der starken Überregnung des Zwischeneinzugsgebietes und der großen Zuflüsse der Zubringer wieder deutlich zu. Die Zubringer führten Abflüsse unterschiedlicher Jährlichkeiten, die **Ischl** ein HQ_{20} , der **Mitterweißenbach** ein HQ_{100} .

Aus Abbildung 15 wird ersichtlich, dass nach der Retention des Hallstättersees (Abflachung und zeitverzögerter Anstieg der Ganglinie Steeg) die Ganglinien in Bad Ischl und Ebensee wieder früher und steiler anstiegen. Das überflutete Ebensee war zeitweise von der Außenwelt abgeschnitten. Der Pegel des **Traunsees** (HW_{60}) stieg ebenfalls an und führte in Gmunden (HQ_{50}) zu Überschwemmungen. Unterhalb des Traunsees, der eine deutliche Retention bewirkte, gingen die Durchflüsse auf eine Jährlichkeit von HQ_{30} zurück.

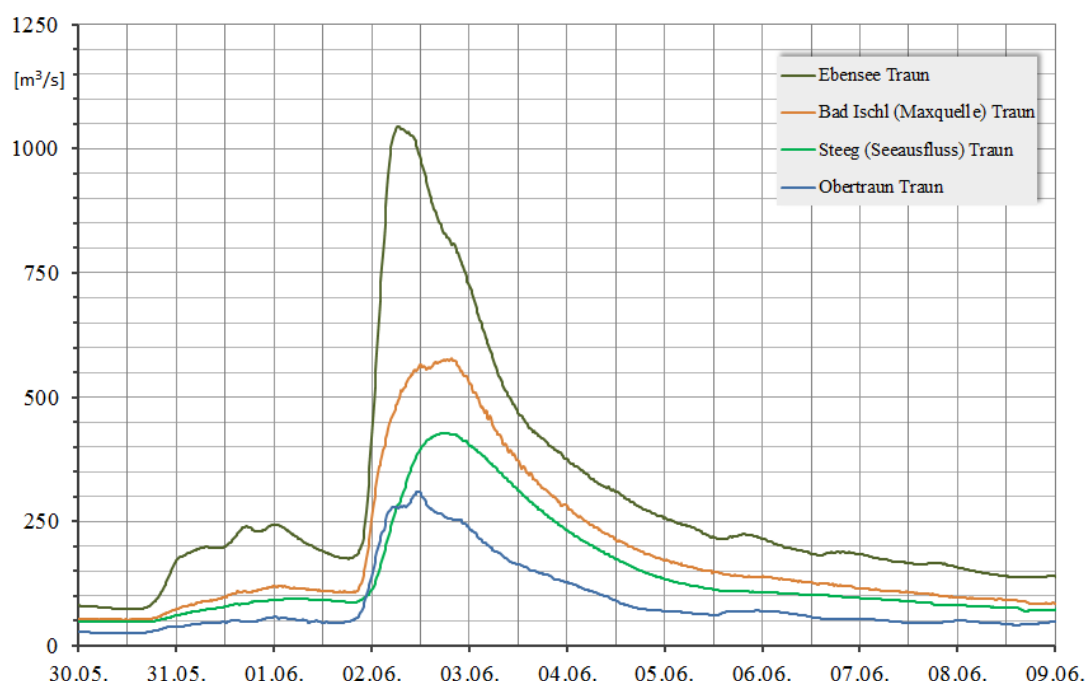


Abbildung 15: Abflussganglinien an den Pegeln im oberösterreichischen Traungebiet

Der Wasserstand des Hallstättersees sowie die Durchflüsse an der Traun bis Ebensee einschließlich der Zu- und Abflüsse des Traunsees waren beim Junihochwasser 2013 mit den Werten vom Hochwasser 2002 vergleichbar. Der Wasserstand des Traunsees übertraf jedoch am 3. Juni 2013 den Hochwasserstand von 2002 um 40 cm. An den Gewässern im Einzugsgebiet der **Ager** und **Vöckla** wurde überwiegend ein HQ_{20-30} beobachtet. Einzelne kleinere Zubringer brachten auch Abflussmengen deutlich größerer Jährlichkeit, z. B. führte der **äußere Weißenbach** Hochwasser der Jährlichkeit von über 100 Jahren. Durch die Wirkung von Hochwasserschutzmaßnahmen wurden im Bezirk Vöcklabruck Überschwemmungen in den Siedlungsgebieten vermieden.

Tabelle 11: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 im Traun-Einzugsgebiet mit den größten davor beobachteten Ereignissen

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013 (MEZ)	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m³/s]	Jährlichkeit [a]	HQmax bisher [m³/s]	Q-Reihe seit
Kainisch	Ödenseetraun	02.06. 10:00	195	56,3	>100	40,5 02.06.2010	1951
Altaussee	Altausseer Traun	03.06. 03:30	247	56,8	ca. 50	51,7 07.08.2006	1951

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013 (MEZ)	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m³/s]	Jähr- lichkeit [a]	HQmax bisher [m³/s]	Q- Reihe seit
Archkogel	Grundlseetraun	03.06. 06:15	342	43,5	ca. 10	69,6 03.08.1991	1951
Obertraun	Traun	02.06. 03:30	269	308	100	232 22.10.1996	1951
Steeg	Traun	02.06. 17:30	339	432	50	445 13.08.1959	1951
Bad Ischl (Max- quelle)	Traun	02.06. 19:45	611	564- 588	70-100	501 13.08.2002	1976
Strobl (Bürglstein)	Ischl	03.06. 22:30	200	45,1	50	44 13.08.1959	1959
Bad Ischl (Gisela- brücke)	Ischl	02.06. 01:30	513	218	ca. 20	278 12.08.2002	1976
Mitterweißenbach	Mitterweißen- bach	02.06. 02:43	547	169	100	111 02.08.1991	1982
Ebensee	Traun	02.06. 06:23	669	1058	70	1028 12.08.2002	1951
Ebensee	Langbathbach	02.06. 05:00	258	60,5	60	73,8 02.08.1991	1976
Theresienthal	Traun	03.06. 05:15	560	640	30	665 13.8.2002	1976
Roitham	Traun	03.06. 05:30	488,2	697	30	785 14.08.1959	1951
See am Mondsee (Au)	Seeache	03.06. 07:55	356	94,1	25	73,4 03.03.1987	1977
Weißbach am Attersee	Äusserer Wei- ßenbach	02.06. 04:00	303	114	ca. 200	106 05.07.2010	1976
Raudaschlsäge	Ager	05.06. 02:15	108	93,5	ca. 15	110 16.08.1959	1951
Dürnau	Ager	04.06. 15:45	182	115	25	113 04.06.2013	1978
Stauf	Vöckla	02.06. 10:15	412,5	95,1	35	94,8 02.08.1991	1976
St. Georgen im Attergau	Dürre Ager	02.06. 06:15	364	55	20	62,2 12.08.2002	1976
Timelkam	Dürre Ager	02.06. 12:30	357	59,4	15	68,8 12.08.2002	1979
Vöcklabruck	Vöckla	02.06. 14:45	391	255	10	320 12.08.2002	1976
Schalchham	Ager	02.06. 14:45	450	374	30	520 13.08.1959	1951
Aurachkirchen	Aurach	02.06. 06:00	348	115	15-20	162 05.09.1987	1976
Fischerau	Ager	02.06. 08:15	413	474	50	475 12.08.2002	1976
Oberschwaig	Schwaiger Bach	02.06. 01:30	194,5	28,6	<HQ ₅	54,9 25.08.1996	1961
Grünau	Alm	02.06. 09:00	312	176	15	252 12.08.2002	1980
Friedlmühle	Alm	02.06. 08:00	464	362	50	390 12.08.2002	1976
Au (Mittlere Au)	Laudach	02.06. 05:15	275,1	62,1	<10	118 05.09.1987	1979
Penningersteg	Alm	02.06. 10:15	336	389	60	440 12.08.2002	1966
Wels-Lichtenegg	Traun	02.06. 20:15	662,4	1451	80	1576 12.08.2002	1980
Oberschauersberg	Aiterbach	02.06. 20:00	287	17,3	25-30	22,5 12.08.2002	1971
Kremsdorf	Krems	02.06. 19:34	488	169	5-10	274 12.08.2002	1966
Hörsching	Hörschinger- bach	02.06. 23:15	266,6	6,85	5-10	4,64 23.6.2009	1982

Die Abflusswellen aus dem Traunsees vom Juni 2013 und vom August 2002 waren bezüglich der Schweitelwerte vergleichbar, aber das Ereignis von 2. bis 5. Juni 2013 hatte aufgrund der längeren Überregnung eine größere Fracht (Tabelle 12).

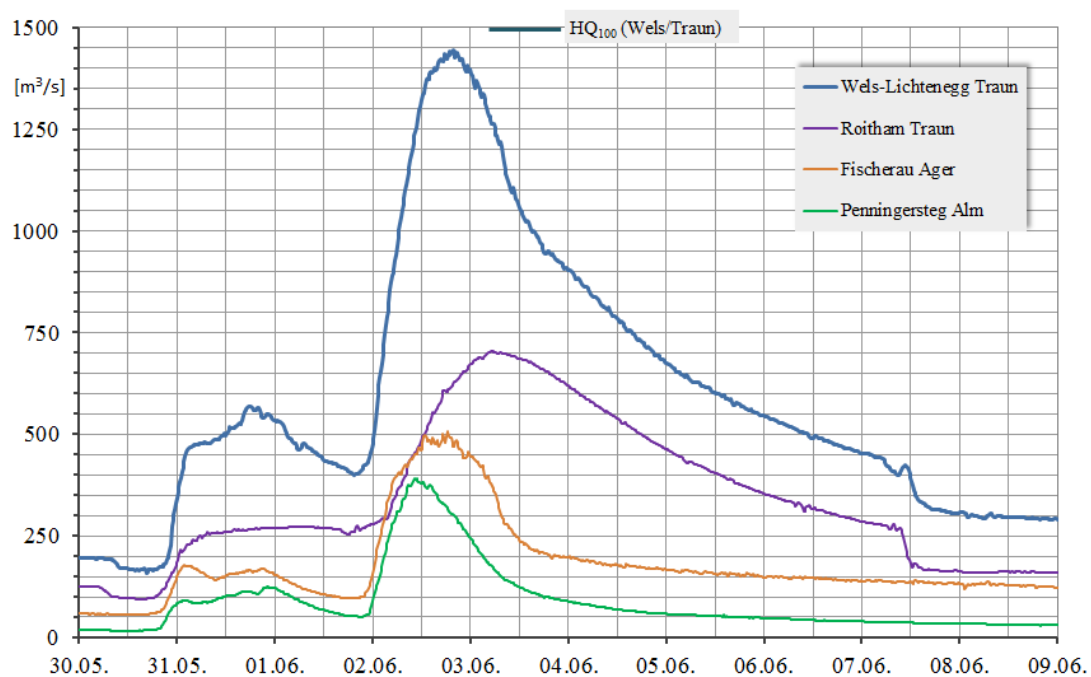


Abbildung 16: Abflussganglinien an der Traun und deren Zubringer Ager und Alm

Am **Attersee** und **Mondsee** wurden ebenfalls Wasserstände der Jährlichkeit HW_{25-30} registriert. Im Unterlauf der **Ager** stiegen die Abflüsse bis Fischerau auf ein HQ_{50} an. Nach Einmündung der Ager und der extrem betroffenen **Alm**, die bei Penningersteg ein HQ_{60} führte, wurden bei Wels-Lichtenegg an der Traun Durchflüsse von ca. $1450\text{m}^3/\text{s}$ mit der Jährlichkeit HQ_{80} registriert (Tabelle 11).

Tabelle 12: Maximale Wasserstände der Seen im Salzkammergut beim Ereignis 2013, mit einer Einschätzung der Auftrittswahrscheinlichkeit

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel	HW 2013 [cm]	Jährlichkeit [a]
Lahn	Hallstättersee	02.06.2013 17:00	510,0	HW_{50}
Steeg	Hallstättersee	02.06.2013 18:30	510,0	HW_{50}
Strobl	Wolfgangsee	03.06.2013 03:00	243,3	HW_{30}
Ebensee	Traunsee	03.06.2013 05:00	424,7	HW_{50}
Gmunden	Traunsee	03.06.2013 05:30	424,7	HW_{50}
See/Mondsee	Mondsee	03.06.2013 05:00	482,3	HW_{30}
Unterach/Attersee	Attersee	04.06.2013 21:15	470,25	HW_{25-30}
Kammer	Attersee	04.06.2013 21:15	472,2	HW_{25-30}
Almsee	Almsee	02.06.2013 18:00	174,3	

ENNSGEBIET

Das Ursprungsgebiet der **Enns** am Radstädter Tauernkamm (Salzburg) wurde weniger stark überregnet als die Einzugsgebiete am nördlichen Alpenrand. Ab Einmündung der Litzling nahm die Hochwasserführung deutlich zu, am Pegel Flachau/Enns ist der Hochwasserscheitel als HQ₂₀₋₃₀ einzuordnen.

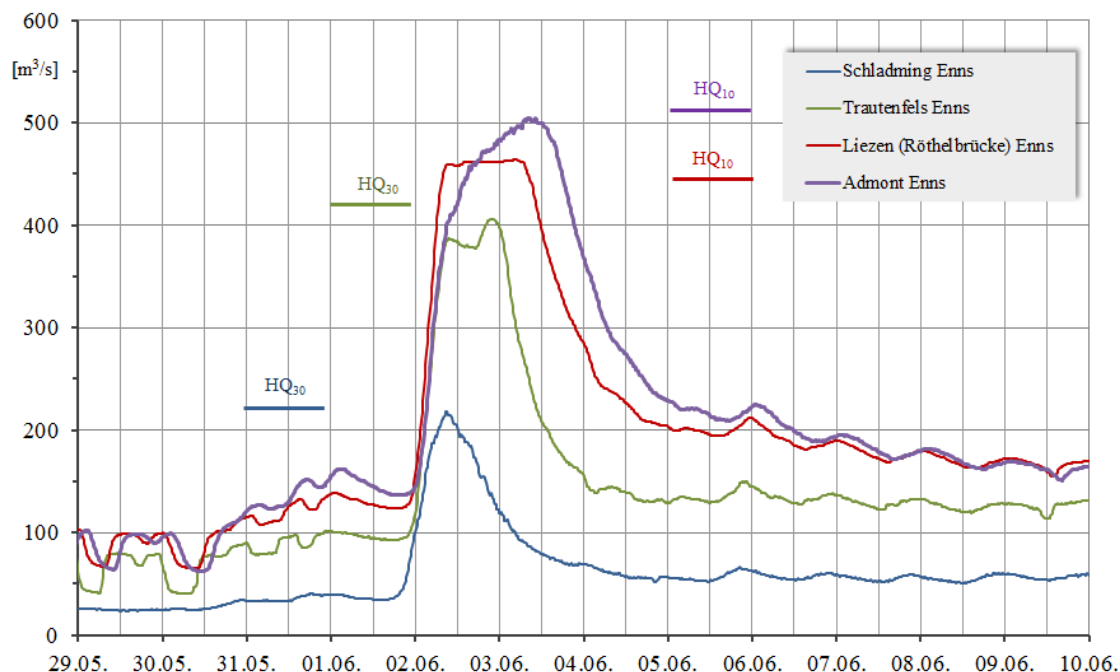


Abbildung 17: Abflussganglinien an den Pegeln der steirischen Enns

Während am Pegel Schladming und an den Zubringern die Höchstwerte bereits am 2. Juni am Vormittag erreicht wurden, zeigten die Enns-Pegel flussab von Schladming breitere Wellen mit Scheiteleintritt erst am Abend des 2. Juni bzw. am Vormittag des 3. Juni (Abbildung 17).

Auf Grund von Ausuferungen zwischen den Pegeln Flachau und Altenmarkt wurde am Pegel Altenmarkt nur eine etwa 10-jährliche Hochwasserspitze beobachtet. Rechnet man jedoch die Ausuferungswassermengen dazu, liegt die Scheitelabflussmenge in Altenmarkt ebenfalls in der Größenordnung HQ₂₀₋₃₀.

Durch die Niederschläge in der Dachsteinregion/Ausseeer Land blieben die Abflüsse bis Trautenfels in dieser Größenordnung (HQ₂₅₋₃₀). Im weiteren Verlauf der steirischen Fließstrecke nahmen die Jährlichkeiten der Hochwasserwelle der Enns auf Grund geringerer Niederschläge zunächst auf ca. HQ₁₀₋₁₅ am Pegel Liezen und etwa HQ₁₀ am Pegel Admont ab.

Auch bei den Hochwasserspitzen der Zubringer zur Enns wird die unterschiedlich starke Überregnung deutlich. Der linksseitige Zubringer Grimmbach, dessen Einzugsgebiet nördlich der Enns höhere Niederschläge erhielt, erreichte am Pegel Untergrimming ein HQ₃₀. An den rechten Zubringern mit ihren Einzugsgebieten im Bereich der Niederen Tauern wurden geringere Jährlichkeiten der Scheitel beobachtet: am Pegel **Aigen/Gullingbach** ein HQ₅, in **Irdning/Donnersbach** HQ₂, lediglich am Pegel **Selzthal/Palten** mit HQ₁₅ ein höherer Wert (Abbildung 18).

Das Hochwasser verursachte in der Steiermark Schäden an Infrastruktureinrichtungen (Eisenbahn, Straßen, Kläranlagen) und Gewässern (Uferabbrüche, Schäden an Schutzbauten). An mehreren Zubringern kam es zu Vermurungen. Im Ennstal waren in erster Linie landwirtschaftliche Flächen von den Ausuferungen betroffen, die in den letzten Jahren gesetzten Hochwasserschutzmaßnahmen an der Enns haben sich bewährt. Auch an den **Ennszubringern** einschließlich der **Salza** kam es an einigen Stellen zu Ausuferungen.

Im weiteren Verlauf der Fließstrecke nahm die Jährlichkeit der Hochwasserwelle entlang der Enns auf Grund geringerer Niederschläge zunächst ab. Einige kleinere Zubringer aus dem mittleren Zwischeneinzugsgebiet brachten größere Zuflüsse (**Reichramingbach** mehr als HQ_{50}), daher betrug die Jährlichkeit der Durchflüsse in Jägerberg/Enns oberhalb der Einmündung der Steyr ca. 20 bis 30 Jahre.

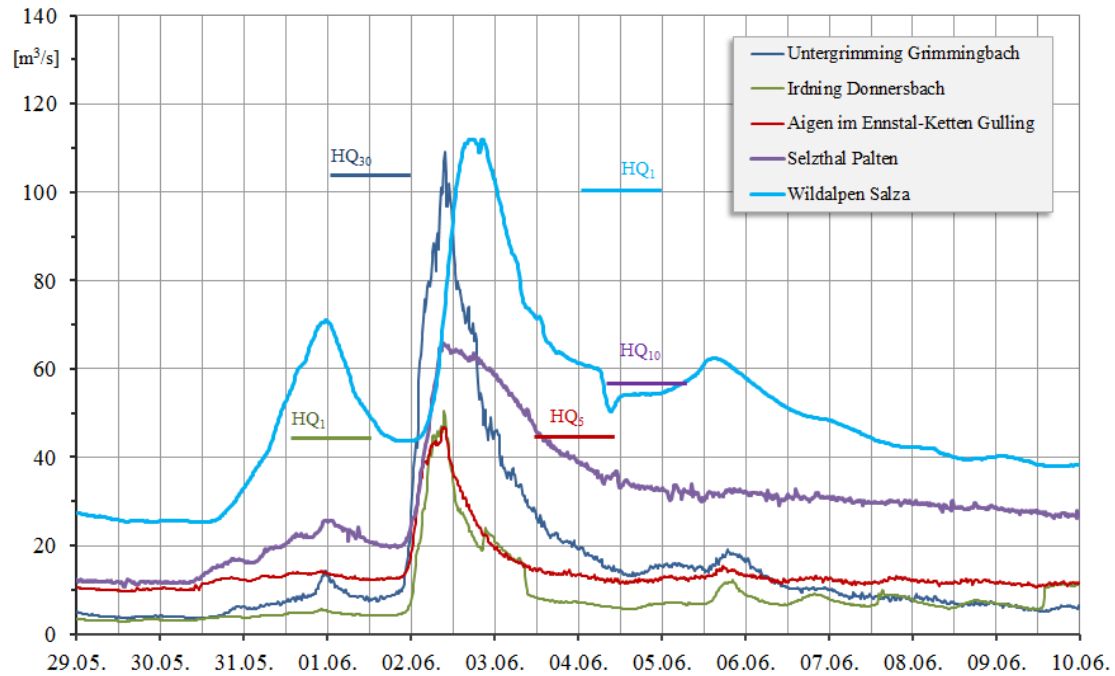


Abbildung 18: Abflussganglinien an den steirischen Ennszubringern

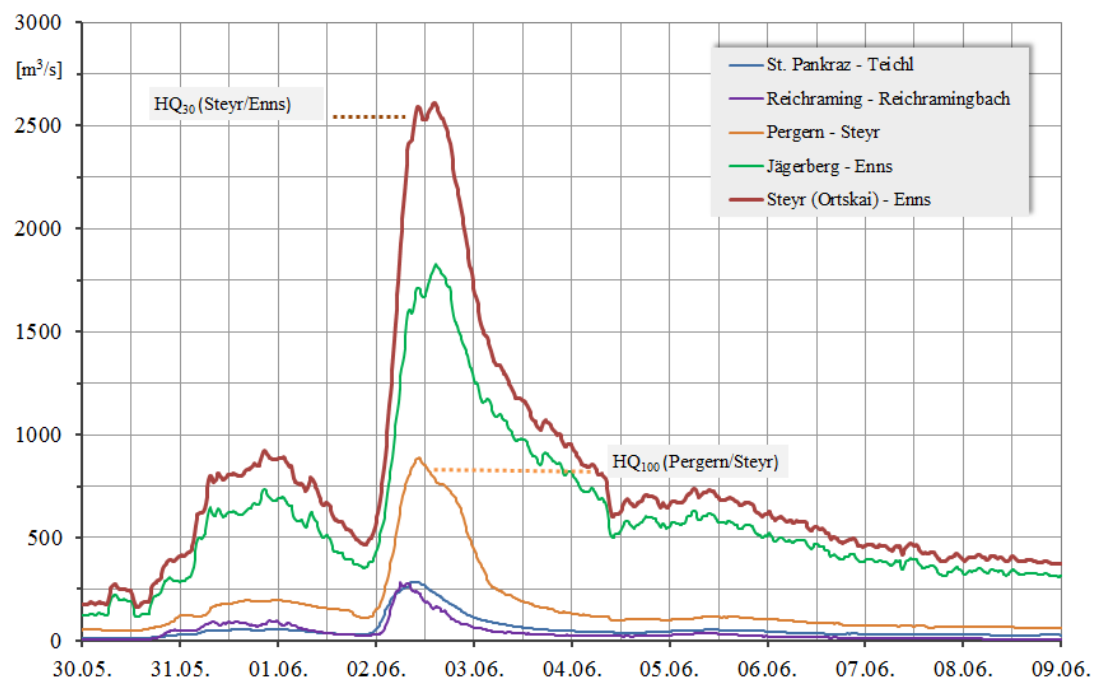


Abbildung 19: Abflussganglinien an Pegel der oberösterreichischen Enns und Zubringer

Im Einzugsgebiet der **Steyr** wurde durch eine spezielle Niederschlagsverteilung – höhere Niederschlagssummen als im Quellgebiet der Steyr, im Teichleinzugsgebiet und im Einzugsgebiet der Steyr ab der Teichlmündung – die Hochwasserwelle an der Steyr flussab verstärkt. Am Pegel Kniewas an der Steyr, kurz vor der Einmündung der

Teichl, wurde ein Durchfluss der Jährlichkeit von 20 bis 30 Jahren beobachtet, während an der Teichl bei St. Pankraz Durchflussmengen von ca. HQ_{100} auftraten. Am Speicher Klaus wurde weniger Wasser abgegeben als zugeflossen ist. Trotz dieser Retention erhöhte sich der Durchfluss an der unteren Steyr bis Pergern auf ein Jährlichkeit von über HQ_{100} . Der Grund für den markanten Anstieg der Jährlichkeit war, dass es im Zwischeneinzugsgebiet stärker als im Oberlauf regnete.

Tabelle 12: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 im Enns-Einzugsgebiet mit den größten davor beobachteten Ereignissen

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013 (MEZ)	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m ³ /s]	Jährlichkeit [a]	HQmax bisher [m ³ /s]	Q-Reihe seit
Flachau	Enns	02.06.2013 04:00	200	36	20-30	38,1 21.06.2012	1987
Altenmarkt	Enns	02.06.2013 05:15	252	58,7 *)	(20-30 *)	58,3 21.06.2012	1961
Schladming	Enns	02.06.2013 09:15	286	219	30	299 12.08.2002	1951
Trautenfels	Enns	02.06.2013 22:00	439	407	25	474 13.08.2002	2002
Liezen	Enns	03.06.2013 04:15	638	464**)	10-15	539 13.08.2002	1951
Admont	Enns	03.06.2013 08:15	486	505	10	634 13.08.2002	1985
Aigen	Gullingbach	02.06.2013 09:45	396	47	5	67,7 12.08.2002	1976
Irdning	Donnersbach	02.06.2013 09:45	369	51	1-5	150 12.08.2002	1976
Untergrimming	Grimmingbach	02.06.2013 10:00	253	114	30	131 12.08.2002	2002
Selzthal	Palten	02.06.2013 09:25	295	66	15	90,3 21.07.2012	1951
Wildalpen	Salza	02.06.2013 20:45	279	112	1	330 21.07.1959	1951
Reichraming	Reichramingbach	02.06.2013 06:30	238	284	>50	375 12.08.2002	1966
Jägerberg	Enns	02.06.2013 14:40	659	1890	20-30	2523 12.08.2002	1977
Kniewas	Steyr	02.06.2013 08:15	263	145	20-30	177 12.08.2002	1951
St. Pankraz	Teichl	02.06.2013 10:30	517	286	100	286 12.08.2002	1976
Dandlmühle	Paltenbach	02.06.2013 09:00	231	46,9	10	69,1 05.07.2009	1978
Innerbreitenau	Krumme Steyrling	02.06.2013 00:00	229	75,9	5	239 12.8.2002	1976
Molln	Krumme Steyrling	02.06.2013 08:40	267	102	10	166 12.08.2002	1951
Pergern	Steyr	02.06.2013 10:25	445	886	150	899 12.08.2002	1951
Steyr (Ortskai)	Enns	02.06.2013 15:02	777	2616	30-40	3057 12.08.2002	1965

*) Abfluss Pegelprofil und Ausuferung HQ_{20-30} ;

***) Wellenscheitel Liezen: Schwimmer angestanden

Im Raum Grünburg trat die Steyr über die Ufer. Die enormen Zuflüsse der Steyr ließen dann die Durchflüsse der unteren Enns bei Steyr (Ortskai), wo die Enns ebenfalls ausuferete, auf ca. 2800 m³/s mit einer Jährlichkeit von 30 bis 40 Jahren ansteigen (Abbildung 18 und Abbildung 19). Das Ausmaß des Ereignisses im Ennsgebiet lag aber deutlich unter jenem vom August-Hochwasser 2002.

DONAUEINZUGSGEBIET ZWISCHEN ENNS UND MARCH

Im unteren Mühlviertel waren die **Aist** mit HQ_{30} , die **Naarn** mit HQ_{80} und der Klamm Bach mit HQ_{20-30} betroffen. In Schwertberg wurde ebenso wie im Inngbiet Zivilschutzalarm ausgelöst. Den höchsten Wasserstand erreichte die Aist in Schwertberg am Abend des 2. Juni mit mehr als 4 Metern. Im August 2002 waren die Gewässer im unteren Mühlviertel katastrophal betroffen gewesen.

In Niederösterreich kam es an **Url** und **Erlabach** zu einem Hochwasserereignis größer HQ_{30} mit lokalen Überflutungen, weiter östlich wurde sowohl an den rechts- als auch an den linksufrigen Donauzubringern stellenweise noch HQ_1 erreicht. Im **Lainsitzgebiet** (Einzugsgebiet der Elbe) wurde verbreitet HQ_5 überschritten.

ABLAUF DES HOCHWASSERS AN DER DONAU

An der **bayerischen Donau** bildeten sich zwei Hochwasserwellen aus, wobei die maximalen Wasserstände bei der ersten Welle erreicht wurden. Auch kleinere Donauzuflüsse führten extremes Hochwasser. Im Landkreis Deggendorf brach am 4. Juni 2013 aufgrund des Rückstaus der **Donau** ein Damm an der Isar bei Deggendorf und überschwemmte die Ortsteile Fischerdorf und Natternberg. Auf den Hochwasserscheitel in Passau hatten die Damnbrüche jedoch keinen Einfluss. In Passau kam es am Pegel Passau/Donau mit einem Rekordpegel von 12,89 m am Abend des 3. Juni, der primär durch die Überlagerung mit der Flutwelle des Inns entstand, zur schwersten Überschwemmung seit fünfhundert Jahren. Der Beitrag der Donau war ca. $3000 \text{ m}^3/\text{s}$, was der Scheitelhöhe des Hochwassers vom Juli 1954 entspricht. Da aber beim Hochwasser 1954 die Scheitel von Donau und Inn deutlich auseinanderlagen, kam es damals in Passau zu einer niedrigeren Spitze (LfU, 2013).

Für die oberösterreichische Donau bedeutete die ungünstige Überlagerung der Wellen von bayerischer Donau und Inn extreme Pegelstände, welche die Werte von 2002 bei weitem übertrafen. So wurde am 3. Juni 2013 um 18.30 Uhr bei Achleiten ein Scheitelwert von $9750 \text{ m}^3/\text{s}$ ($W=1011 \text{ cm}$) beobachtet. Am Pegel Engelhartszell/Donau wurde am selben Tag um 20.15 Uhr ein maximaler Durchfluss von rd. $9800 \text{ m}^3/\text{s}$ ($W=1061 \text{ cm}$) registriert. Aufgrund weiterer Zuflüsse erhöhte sich die Abflussspitze an der Messstelle Aschach-Agentie/Donau um 23.15 Uhr auf rd. $9900 \text{ m}^3/\text{s}$ ($W=747 \text{ cm}$). Die an der Donau liegenden Gemeinden im Bezirk Eferding waren vom Hochwasser 2013 stark betroffen. In Alkoven wurden in der Ortschaft Gstocket am 3. Juni zahlreiche Häuser überflutet, in Aschach der Ortskern. Stark in Mitleidenschaft gezogen waren außerdem der Westen des Bezirks Urfahr-Umgebung, insbesondere die Gemeinden Goldwörth und Walding.

Die Donau bei Linz hatte am Morgen des 4. Juni um 6.00 Uhr mit 927 cm ihren Höchststand und führte zu diesem Zeitpunkt eine Wassermenge von rd. $9400 \text{ m}^3/\text{s}$ ab. Im Bereich der sogenannten St. Georgener Bucht gibt es noch drei Gemeinden, in denen der Hochwasserschutz projektiert, aber die Inangriffnahme erst für 2016 geplant ist. In den Gemeinden Luftenberg an der Donau und Langenstein stand daher eine Vielzahl von Objekten unter Wasser. Durch die Zuflüsse der **Traun** und **Enns** erhöhte sich der Durchfluss der Donau auf rd. $11500 \text{ m}^3/\text{s}$. In der Abbildung 20 sind die Durchflussganglinien an ausgewählten Donauegeln und an den großen Zubringern Traun und Enns sowie die Tagessummen des Niederschlages im gesamten Donaueinzugsgebiet bis zum Pegel Korneuburg vom 29. Mai bis zum 4. Juni in mm dargestellt.

Der niederschlagsreiche Tag war der 1. Juni 2013, an dem die Niederschlagsmenge – aufgeteilt auf das gesamte Einzugsgebiet – ca. $45 \text{ Liter}/\text{m}^2$ betrug. Der nach dem Hochwasser 2002 geschaffene Machland-Damm konnte im Bereich von Grein eine Katastrophe verhindern. Zwar wurde in Grein am Nachmittag des 4. Juni die Krone des mobilen Hochwasserschutzes fallweise überströmt, dieser hielt jedoch stand und bewahrte das Ortszentrum größtenteils vor Überschwemmungen. Der Wasserstand von 1492 cm um 14.15 Uhr des Donau-Pegels in Grein lag nur 3 cm unter dem Wert von 2002.

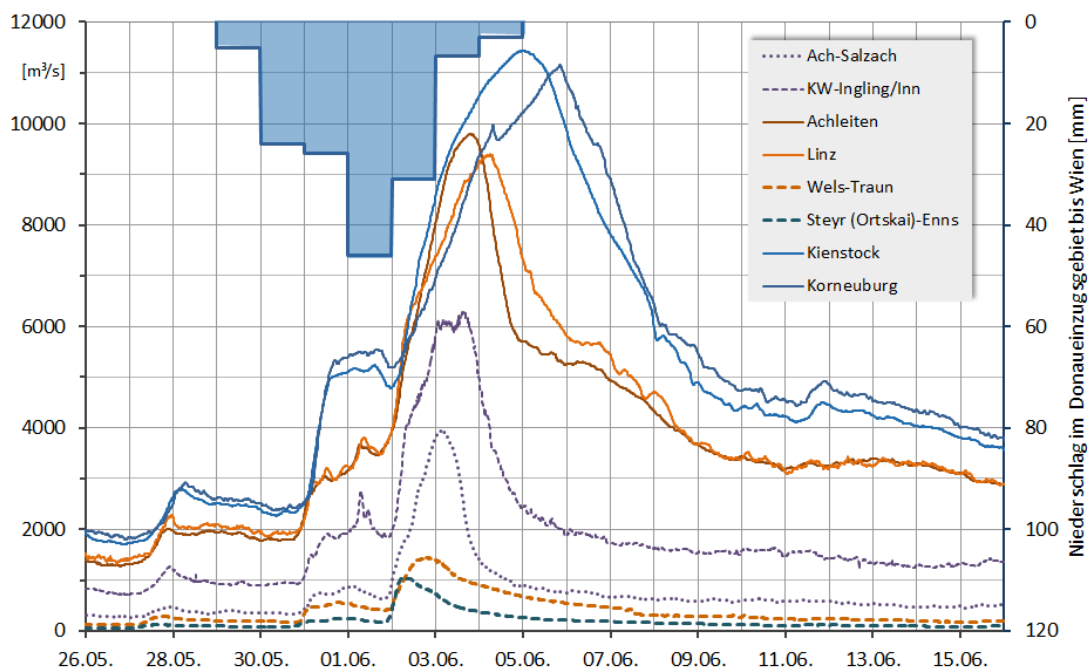


Abbildung 20: Ganglinien der Hochwasserwellen an den Pegeln der Donau zwischen Linz und Korneuburg, der Salzach vor der Mündung in den Inn, des Inns, der Traun und der Enns jeweils am letzten Pegel vor der Mündung in die Donau

In Niederösterreich erwartete man die Flutwelle entlang der Donau im Laufe des 4. Juni. An der Messstelle Ybbs an der Donau/Donau wurde um 18.45 Uhr ein maximaler Wasserstand von 938 cm gemessen, im Jahr 2002 waren es 948 cm. Die Durchflussspitze betrug am Pegel Ybbs rd. 11000 m³/s. Bereits am Nachmittag des 2. Juni wurden die tiefer gelegenen Bereiche der Altstadt von Melk teilweise überflutet. Das Wasser erreichte schließlich den Hauptplatz. An der Messstelle Melk/Donau wurde der Scheitel am 4. Juni um 20.15 Uhr mit einem Wasserstand von 1231 cm und einem Durchfluss von rd. 11400 m³/s registriert.

Die Landeswarnzentrale in Niederösterreich rief für die Ortsteile Granz und Marbach der Gemeinde Marbach an der Donau im Bezirk Melk den Zivilschutzalarm aus. Die beiden Ortsteile wurden in den Morgenstunden des 3. Juni überschwemmt. Im Laufe des Tages wurde auch die Innenstadt überflutet. Der Pegelstand in Kienstock/Donau in der Wachau stieg in der Nacht vom 4. auf den 5. Juni um 23:45 bis auf 1081 cm an. Das waren nur 12 cm weniger als beim Hochwasser 2002 (1093 cm). Der maximale Durchfluss in Kienstock betrug 11450 m³/s. Beim Pegel Korneuburg/Donau meldete der Hydrografische Dienst des Landes Niederösterreich am 5. Juni gegen 7.00 Uhr einen Pegelstand von 792 cm, womit der Höchststand von 2002 bereits um 3 cm überschritten war. Um 20.15 Uhr waren 810 cm – bei einem Durchfluss von rd. 11150 m³/s – erreicht. Der rechnerische Wert für ein 100-jährliches Hochwasser liegt für diesen Pegel bei 791 cm bzw. 10400 m³/s.

In Wien wurde die Neue Donau, die als Entlastungsgerinne für hohe Abflüsse der Donau angelegt ist, durch Öffnung der Wehranlagen geflutet. Dieses Hochwasserschutzsystem (Donau plus Entlastungsgerinne) kann bis zu 14000 m³/s aufnehmen. Die Abflussspitze von etwa 11100 m³/s am Abend des 4. Juni konnte daher nahezu schadlos abgeführt werden.

Im Stromabschnitt östlich von Wien bis Hainburg an der Grenze zur Slowakei gab es keine Zuflüsse großen Ausmaßes mehr und auf Grund der bereits aufgefüllten ausgedehnten Auenbereiche kaum mehr Fließretention. Zum Zeitpunkt der Kulmination am 6. Juni sind an der Messstelle Wildungsmauer/Donau um 5.45 Uhr bei einem Wasserstand von 885 cm rd. 11050 m³/s abgeflossen.

Tabelle 13: Hochwasserscheitel wichtiger Pegel an der Donau – Hochwasser Juni 2013

Pegel	Gewässer	Zeitpunkt Scheitel 2013 (MEZ)	HW 2013 [cm]	HQ 2013 [m ³ /s]	Jährlichkeit [a]	HW 2002 [cm]	HQ 2002 [m ³ /s]
Achleiten	Donau	03.06.2013 18:30	1011	9750	>100	821	6575
Engelhartzell	Donau	03.06.2013 20:15	1061	9800	>100	878	6493
Aschach-Agentie	Donau	03.06.2013 23:15	788	9900	>100	726	7073
Linz	Donau	04.06.2013 06:00	927	9400	>100	820	6668
Grein	Donau	04.06.2013 14:15	1491	11000	100	1494	
Ybbs	Donau	04.06.2013 18:45	938	11000	100	948	10726
Melk	Donau	04.06.2013 20:15	1231	11400	>100	1245	11200
Kienstock	Donau	04.06.2013 23:45	1081	11450	>100	1093	11305
Korneuburg	Donau	05.06.2013 20:15	809	11150	>100	789	10419
Fischamend	Donau	06.06.2013 00:30	964	11100	>100	954	
Wildungsmauer	Donau	06.06.2013 05:45	885	11050	>100	767	10211
Hainburg	Donau	06.06.2013 08:45	965	10980	>100	957	10284
Thebenerstraßl	Donau	06.06.2013 10:45	979	10960	100	974	11218

In Hainburg an der Donau betrug am 6. Juni um 8.45 Uhr der maximale Wasserstand 965 cm bzw. der Scheiteldurchfluss rd. 10980 m³/s. Im Bereich Thebnerstraßl/Donau wurde der Scheitel am 6. Juni um 10.45 Uhr mit einem Wasserstand von 979 cm und einem Durchfluss von rd. 10960 m³/s beobachtet (siehe Abbildung 21). Die March erreichte beim Pegel Angern/March ihren Höchststand von 476 cm am 8. Juni 2013 um 2.00 Uhr. Im Unterlauf der March am Pegel Marchegg (Fluss-km 14,98) wurde der maximale Wasserstand bereits am 6. Juni um 14.00 Uhr aufgezeichnet, was mit dem Rückstauereffekt der Donau erklärt werden kann. Die March hat zum Hochwasserscheitel der Donau praktisch nicht beigetragen.

LÄNGENSCHNITT DER HOCHWASSERSPITZEN AN DER DONAU

Unmittelbar nach dem Hochwasser vom Juni 2013 wurde die PÖYRY Energy GmbH von den Ämtern der Oberösterreichischen und Niederösterreichischen Landesregierung mit der Analyse und Modellierung des Hochwasserereignisses beauftragt. In Hinsicht auf eine zusammenhängende Betrachtung und auf die Ermittlung des hydrologischen Längenschnitts für die gesamte österreichische Donau wurde die Bearbeitung von der viadonau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH – begleitet und mitfinanziert.

Ein wichtiges Ziel für die Analysen und die Modellierung war die Ermittlung von abgestimmten Durchflussdaten an der Donau. Die Abstimmung sollte sowohl national – d.h. zwischen den Hydrografischen Diensten der Länder, viadonau (Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW, Abteilung Wasserhaushalt) und Verbund Hydropower (VHP) – als auch international unter Berücksichtigung der Daten und Analysen der Nachbarstaaten erfolgen.

Die Analyse und Modellierung umfasste die gesamte österreichische Donau von Passau bis zur österreichisch-slowakischen Staatsgrenze. Als Basis für die Berechnungen diente primär ein 1D-Modell, welches in den letzten 10 bis 15 Jahren entwickelt und regelmäßig verbessert wurde und einerseits für die Hochwasserprognose der Hydrografischen Dienste (HD) Oberösterreich und Niederösterreich und andererseits von viadonau und VHP für unterschiedlichste Projekte in Verwendung ist.

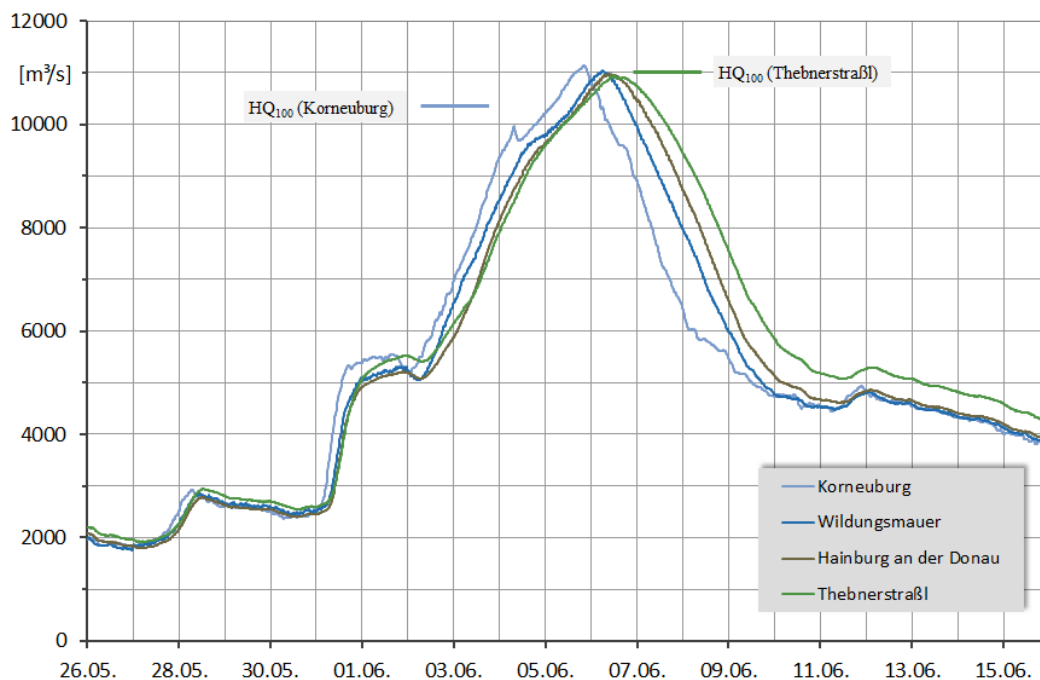


Abbildung 21: Ganglinien der Hochwasserwellen an den Pegeln der Donau zwischen Korneuburg und Thebnerstraßl

Für das Eferdinger-Becken wurden die 1D-Berechnungen durch 2D-Berechnungen ergänzt. Für die Analyse im Mündungsbereich der March wurde ebenfalls ein 2D-Modell herangezogen. Zur Erfassung der Zuflüsse zur Donau wurden im Wesentlichen drei Datenquellen verwendet:

- Am oberen Modellrand (Grenze Deutschland-Österreich) wurden die Durchfluss-Daten von via donau und dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) verwendet.
- Für die Zubringer zur Donau wurden alle verfügbaren Daten des HD Oberösterreich und HD Niederösterreich genutzt.
- Für alle Zubringer und Teileinzugsgebiete, welche nicht durch Messdaten erfasst waren, wurden die Durchflussganglinien abgeschätzt. Dabei wurden die Durchflüsse jeweils aus beobachteten naheliegenden und hydrologisch vergleichbaren Zubringern abgeleitet.

Zusammenfassend ergibt sich ein unter den Experten abgestimmter Längenschnitt der maximalen Durchflüsse an der österreichischen Donau (siehe Abbildung 22). Diese wurden durch Synthese bzw. Interpretation von umfangreichen Modellrechnungen und Messwerten ermittelt. Die Tabelle 13 gibt einen Überblick über die Hochwasserscheitel der wichtigsten Pegel an der Donau im Juni 2013 im Vergleich zum Hochwasserereignis 2002. Die Abbildung 22 zeigt den hydrologischen Längenschnitt für die Hochwässer 2002 und 2013, sowie den für die Schutzwasserwirtschaft maßgeblichen Bemessungswert (HQ_{100}). Der unterschiedliche Verlauf der Hochwasserereignisse 2002 und 2013 ist in dieser Darstellung deutlich erkennbar. Die 2002 aus Bayern kommende Hochwasserwelle verursachte – anders als 2013 – im Bereich des Eferdinger Beckens keine größeren Überflutungen. Erst die enormen Wassermengen von Traun, Enns und der nördlichen Zubringer aus dem Mühlviertel erhöhten 2002 den Durchfluss der Donau bis zur Größe des Bemessungswertes. Ab der Mündung von Ybbs und Erlauf bis zur Mündung der March wurden Hochwasserspitzen gemessen, die dem Bemessungswert entsprachen. Die hochwasserführende March sorgte 2002 für einen kräftigen Anstieg der Flutwelle bis über den HQ_{100} – Bemessungswert hinaus.

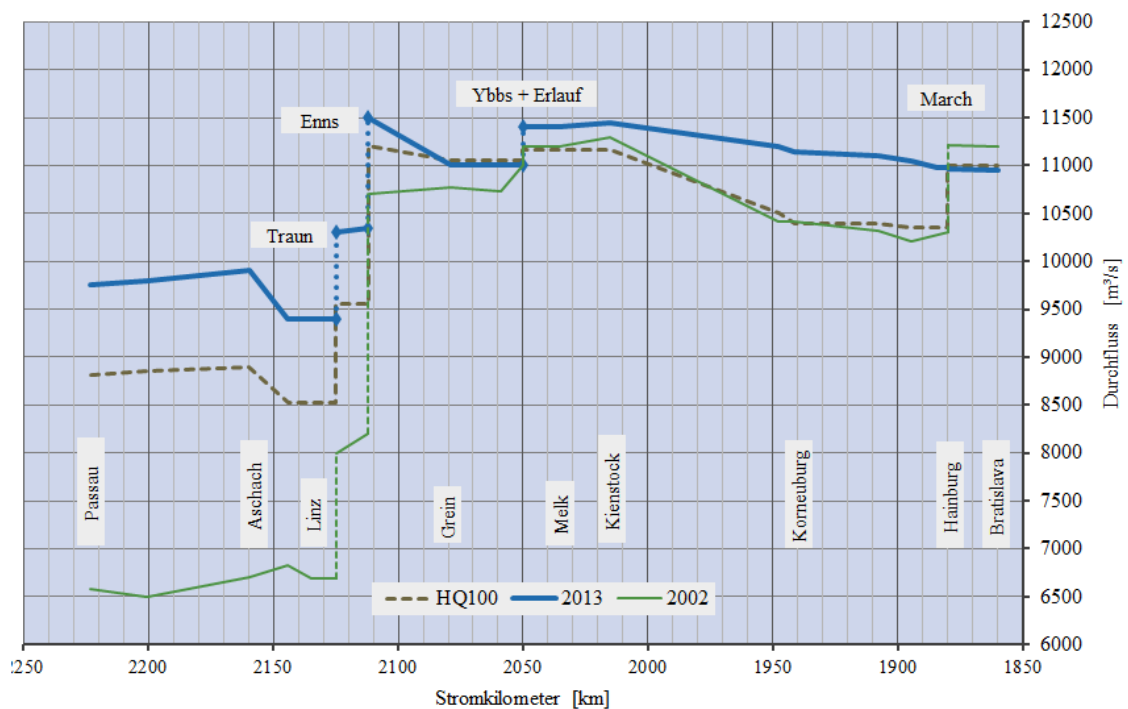


Abbildung 22: Hydrologischer Längenschnitt der Donau während des Hochwasserereignisses im Juni 2013 im Vergleich mit dem Bemessungshochwasser (HQ₁₀₀)

SCHWEBSTOFFFRACHTEN AN DER DONAU

Hainburg (Straßenbrücke) ist eine der Schwebstoffbasismessstellen des Hydrografischen Dienstes, deren Daten seit 2008 im Hydrografischen Jahrbuch veröffentlicht werden. Am 6. Juni 2013 wurde von der Brücke gemeinsam mit einer Durchflussmessung auch eine Schwebstoff-Vielpunktmessung über das Profil durchgeführt. Während der Durchfluss gerade seinen Scheitelwert erreichte, erfolgte die Vielpunktmessung bereits auf dem absteigenden Ast der Schwebstoffwelle, da diese zeitlich etwas früher abließ als die Durchflusswelle. Die vorläufige Auswertung aus Sondenaufzeichnung, Kalibrierproben und Vielpunktmessung ergibt eine sechstägige Ereignisfracht (3. bis 8. Juni) von ca. 5,6 Mio. t.

Diese Ereignisfracht unterschreitet die bisher größten Jahresfrachten von 2009 und 2010 mit jeweils knapp 6 Mio. t nur geringfügig. Werden nur die beiden höchsten Tagesfrachten vom 4. und 5. Juni betrachtet, ergibt sich eine 2-Tagessumme von ca. 3 Mio. t, die in etwa den Jahresfrachten der hochwasserfreien bzw. -armen Jahre 2008 und 2011 entsprechen oder diese sogar leicht überschreiten.

HOCHWASSERNACHRICHTENDIENST

Neben dem technischen Hochwasserschutz sind auch vorbeugende Maßnahmen Teil eines integrierten Hochwassermanagements. Abflussvorhersagen sind notwendig, um im Ernstfall rechtzeitig zu reagieren. Vor allem der mobile Hochwasserschutz ist auf die zeitgerechte Information durch die Hydrografischen Dienste angewiesen, da die mobile Anlage zum Schutz vor Hochwasser bei jedem potenziellen Schadereignis aufgebaut werden muss. Um die Bevölkerung rechtzeitig vor einer drohenden Hochwassergefahr warnen zu können, betreiben die Hydrografischen Dienste der Bundesländer aufwendige Prognosemodelle.

Aufgrund der katastrophalen Hochwässer im Donaueinzugsgebiet von 1897 und 1899 wurde schon vor mehr als 100 Jahren ein Hochwassernachrichtendienst eingerichtet. Schnelle Reiter übermittelten die Wasserstandssituation von Salzach und Inn und konnten so vor einer möglichen Hochwassergefahr an der Donau bei Wien warnen. Heute werden die Daten fernübertragen und an fast allen größeren Gewässern in Österreich kommen Prognose-

modelle zum Einsatz, die permanent die aktuelle Abflusssituation und Abflussvorhersagen für bis zu zwei Tage im Voraus berechnen.

Besonders in den letzten 10 Jahren hat sich die Modellstruktur wesentlich geändert. Mehr oder weniger einfache, ereignisbezogene Korrelationsmodelle wurden durch – permanent im Betrieb stehende – Wasserhaushaltsmodelle abgelöst. Die Anforderung an die dazu notwendigen Eingangsdaten und an das Datenmanagement der Modellbetreiber hat sich dadurch enorm gesteigert. Das Beobachtungsmessnetz der Hydrografischen Dienste liefert die Datengrundlage für diese Vorhersagemodelle und ist für die Prognose und Ereignisanalyse unerlässlich. Eine wesentliche Eingangsgröße dieser Modelle ist die Niederschlagsprognose. Diese Daten erhalten die Hydrografischen Dienste in Österreich ausschließlich von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG).

Beim Ereignis 2013 hat sich gezeigt, dass die prognostizierten Niederschlagsfelder in Summe für große Einzugsgebiete im Vergleich mit den tatsächlich aufgetretenen Niederschlägen zutreffend waren. Während dem Ereignis im Juni 2013 funktionierten die meisten Pegelstellen zufriedenstellend, nur an wenigen Messstellen kam es zu hochwasserbedingten Ausfällen. Da jeder Ausfall die Prognosegüte verschlechtert, ist der Aspekt der Datensicherheit zukünftig verstärkt zu beachten und die für die Vorhersage wichtigen Pegel werden mit redundanten Systemen ausgestattet. Vor allem die Vorhersagen an der Donau hatten eine zufriedenstellende Genauigkeit. Der Unterschied zwischen Prognose und Beobachtung betrug lediglich zwei Prozent bei der Prognosefrist von 48 Stunden. Lediglich der Zeitpunkt des Scheitels wurde aus verschiedenen Gründen deutlich zu früh erwartet (Blöschl, 2014).

Probleme traten dort auf, wo sich die prognostizierten Niederschlagsfelder für kleinere Einzugsgebiete (kleiner ca. 1000 km²) innerhalb von 12 Stunden von einem Flussgebiet in ein anderes Flussgebiet verschoben haben. Eine derartige Verschiebung veränderte z. B. die Abflussprognose für die Saalach innerhalb kurzer Zeit von einem HQ₃₀₋₅₀ auf ein HQ₁₀₀. Die Prognose großer Einzugsgebiete, wie sie für die Donauegel in Österreich für das Hochwassermanagement erforderlich war, hat sich beim Junihochwassers 2013 bewährt und die notwendigen Schutzvorkehrungen konnten rechtzeitig getroffen werden.

VERGLEICH MIT FRÜHEREN EREIGNISSEN

Bis zu Beginn des 20-ten Jahrhunderts waren Hochwässer im Winter an der Donau mit einem hohen Schadensrisiko verbunden. Lang anhaltender Frost im Winter 1829/1830 lies die Donau und viele Nebenflüsse zufrieren. Mit einsetzendem Tauwetter überschwemmte die Donau Ende Februar 1830 die Vorstädte Wiens, 74 Menschen ertranken in einer vom Eisstau ausgelösten Flutwelle. In einschlägigen Chroniken wird das Jahr 1658 erwähnt, als im Februar die einzige Donaubrücke Wiens (Brigittenau) durch einen Eisstoß völlig zerstört wurde, aber auch aus den Jahren 1862 und 1880 findet man Beschreibungen über verheerende durch Tauwetter und Eisabgang verursachte Schäden.



Abbildung 23: Wien Praterstrasse 1830, Winterhochwasser - Gemälde von Jakob Alt

Im 20sten Jahrhundert haben die Winterhochwasserereignisse, nicht zuletzt auch durch den Ausbau der Donau für die Nutzung der Wasserkraft, an Schrecken verloren. Die Gefahr von extremen Hochwässern ist derzeit im Donaueinzugsgebiet in erster Linie in den Sommermonaten gegeben. Die durch außerordentliche Regenfälle hervorgerufenen Sommerhochwasser übertreffen alle andern Arten von Hochfluten, wie Tau- oder Eishochwasser, an Häufigkeit und Größe. Durch die Größe und durch die unterschiedliche Charakteristik der großen Zubringer ergeben sich nach wie vor viele Kombinationen der ein Hochwasser auslösenden Faktoren die die Größe eines Sommerhochwassers beeinflussen können.

Nachfolgende Faktoren können für die Größe eines Hochwasserereignisses als entscheidend angeführt werden:

- Vorgegangene Niederschläge
- Schneerückhalt/Lufttemperatur
- Räumliche und zeitliche Verteilung der Niederschläge
- Dauer und Intensität der Niederschläge

Starke Niederschläge mit einer Ausdehnung wie im Juni 2013 wirken sich im Allgemeinen erst auf Gewässer mit größeren Einzugsgebieten aus. Es gehört jedoch zur Eigenart außergewöhnlicher Niederschlagsereignisse vom Frühjahr bis in den Herbst, dass sie, meist konvektiv beginnen und dann in gleichförmigen intensiven Dauerregen übergehen. Lokal können auch in der Phase des Dauerregens heftige wolkenbruchartige Niederschläge in verhältnismäßig kleinen Einzugsgebieten (500 bis 1500 km²) hohe Abflussmengen und Überschwemmungen verursachen.

Im gesamten Donaueinzugsgebiet regnete es vor dem Ereignis im Mai überdurchschnittlich viel. Die Böden waren mit Wasser gesättigt und so folgte auf die Niederschläge zum Ereignis eine rasche Abflussreaktion. Der für das Ausmaß der Hochwasserwelle an der Donau eher ungünstige zeitliche Verlauf der Flutwellen der großen Zubringer zur Donau verschärfte die Situation zusätzlich. Starken Einfluss auf die Hochwasserentwicklung am Inn hatten die Saalach und die Salzach. Normalerweise tritt der Hochwasserscheitel der bayerischen Donau beim Zusammenfluss von Inn und Donau in Passau – zeitversetzt – erst nach dem Durchgang der Hochwasserspitze des Inns auf. Beim Hochwasser 2013 war der zeitliche Unterschied jedoch kleiner als bei vergangenen Ereignissen, die beiden Wellen überlagerten sich mit ihren Spitzen und Volumina und kumulierten in Passau zum größten Hochwasser seit 1501.

Der Vergleich der großen Hochwasser zeigt unterschiedliche Muster der Überlagerung in Passau. Beim Ereignis im August 2002 war die Innwelle wesentlich kleiner, wodurch in Achleiten ein Scheitelabfluss von lediglich 6560 m³/s beobachtet wurde. 1954 war die Überlagerung ähnlich wie 2013, die zeitliche Differenz der Wellen von Inn und bayerischer Donau war jedoch ausgeprägter und die Hochwasserspitze war in Achleiten mit 9100 m³/s etwas kleiner als 2013 (Q=9750 m³/s). 1899 war der Scheitel an der bayerischen Donau wegen der geringeren Niederschläge und der trockenen Vorbedingungen wesentlich kleiner und die Donau in Achleiten erreichte nur einen Abfluss von 7970 m³/s.

Durch die Lage der beiden Flussgebiete kommt in vielen Fällen die Traun- und Ennswelle vor dem Scheitelmaximum der Donau zum Ablauf, was den weiteren Verlauf des Hochwassers in der Donau zumindest nicht verschärft. So war es auch beim aktuellen Hochwasser, allerdings betrug die Zeitdifferenz zwischen der Kulmination in der Donau und in der Traun und Enns nur ca. einen Tag, was sich auf die Hochwassersituation an der niederösterreichischen Donau auf Grund des enormen Volumens negativ auswirkte.

An der Fließstrecke unterhalb der Traun- und Ennsmündung sind die Scheitelabflüsse der Donau im Juni 2013 mit den Werten von 2002 vergleichbar, obwohl die Überregnungssituation und das räumliche Zusammenspiel der Einzugsgebiete der verschiedenen Flüsse nicht ident waren. Hingegen war der Hochwasserdurchfluss 2013 in der Wachau deutlich größer als bei den Katastrophenhochwasserereignissen der Jahre 1954 und 1899.

In Österreich haben die Alpenzubringer Traun und Enns großen Einfluss auf die Hochwasserwelle der Donau. Die benachbarte Lage der beiden Einzugsgebiete ergibt, dass in der Regel das Durchflussmaximum beider Flüsse praktisch zeitgleich, vor, mit oder nach der Donau-Hauptwelle in die Donau mündet.

Der Einfluss der Fließretention auf die Reduktion des maximalen Durchflusses ist an der Donau nach Haider (2014) relativ gering. Eine effiziente Retentionswirkung wird durch einen abgetrennten Vorlandabfluss, ohne Wasseraustausch mit dem Flussbett erreicht. An der Donau gibt es nördlich der Stauanlagen der Kraftwerke Altenwörth und Greifenstein derartige, über einen fixen Überlauf gesteuerte Vorlandbereiche, die den maximalen Hochwasserdurchfluss an der Donau zwischen Kienstock in der Wachau und Korneuburg reduzieren können. Allerdings war dieser Rückgang 2013 weniger ausgeprägt als 2002. Wie die Abbildung 24 zeigt, war 2002 ein ausgeprägtes Doppelereignis. Die Spitze beim ersten Ereignis erreichte ca. 7000 m³/s und wurde im Wesentlichen im Hauptstromquerschnitt abgeleitet, der Retentionsraum wurde nicht beansprucht. Das Volumen der zweiten Welle 2002 war im Verhältnis zum vorhandenen Retentionsvolumen nicht so groß wie bei der Welle 2013, sodass die Hochwasserspitze zwischen der Wachau und Wien um ca. 1000 m³/s reduziert wurde. Das Volumen der Hochwasserspitze 2013 war so groß, dass der vorhandene Retentionsraum nicht mehr ausreichte um die Hochwasserspitze in Wien im Vergleich zur Wachau abzumindern.

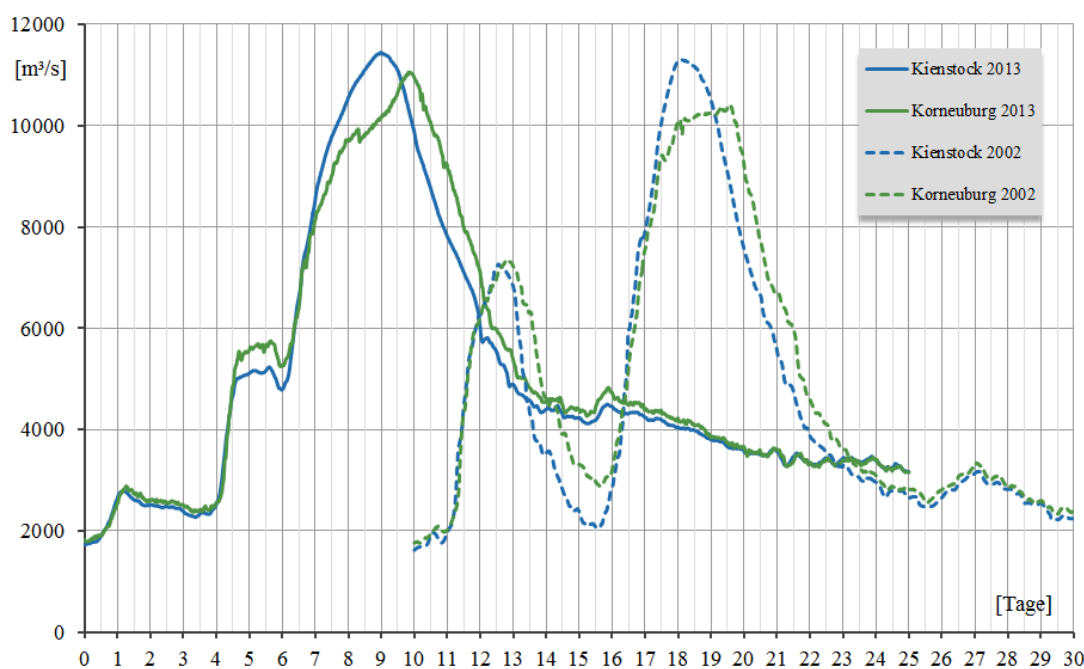


Abbildung 24: Vergleich der Hochwasserwellen an der Donau in Kienstock und Wien zu den Ereignissen 2002 und 2013

Seit den denkwürdigen Hochwasserkatastrophen am Ende des 19. Jahrhunderts – 1897, 1899 – verging mehr als ein halbes Jahrhundert, bis im Jahr 1954 das bayerisch-österreichische Donaueinzugsgebiet von einem ähnlich großen Hochwasserereignis betroffen war. Und wieder fast fünfzig Jahre später, im August 2002 war vor allem der niederösterreichische Donauabschnitt von einem Hochwasser betroffen, das allein in Österreich einen Schaden von über 2 Mrd. Euro verursachte und als „Jahrhundertereignis“ in Erinnerung blieb. Nur 11 Jahre später kam es abermals zu einem Ereignis, das an den Donaupegeln zwischen Passau und Hainburg sowohl das Ereignis 2002 als auch die höchsten seit 1820 gemessenen Hochwasserspitzenwerte übertroffen hat.

Die Abbildung 25 zeigt für die Pegel Linz und Korneuburg die Reihe der größten Jahreshochwässer seit 1828. An beiden Donaupegeln wurde im Jahr 2013 das bisher größte Hochwasser beobachtet. Das Hochwasser 2002 war an der oberösterreichischen Donau deutlich kleiner als das 1899er Ereignis und entwickelte sich erst mit den Zuflüssen aus dem Mühl- und Waldviertel, aus dem Ennsgebiet und dem niederösterreichischen Mostviertel zu einer extremen Hochwasserflut an der Donau östlich von Mauthausen. Das Ereignis 1954 hingegen war – wie 2013 – geprägt von den Niederschlägen im bayerischen Donau- und Inngebiet, an der Saalach und Salzach und erreichte so in Linz eine Größe, die seit 1828 noch nie erreicht wurde.

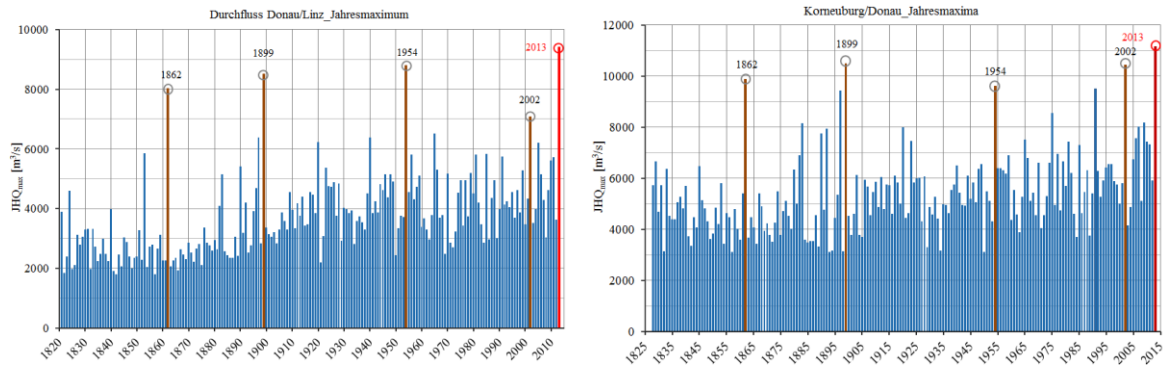


Abbildung 25: Jahresmaxima der Hochwasserabflüsse an der Donau am Pegel Linz und Korneuburg (vormals Pegel Reichsbrücke) seit 1828.

Die Periode 1828 bis 1895 war geprägt durch eine geringe Varianz der jährlichen Hochwasserspitzen. Im Vergleich mit dem 20-ten Jahrhundert wurde am Pegel Linz in weniger Jahren ein Durchfluss von 5000 m³/s überschritten. Nur im Jahr 1862 ereignete sich ein Hochwasser in einer Größenordnung, die an das Ereignis 2013 herankommt. Ein ähnliches Bild zeigt die Reihe der Jahreshochwässer am Querschnitt der Donau bei Wien. Eine einfache Trendberechnung an beiden Zeitreihen ergibt einen signifikanten Anstieg und man könnte daraus schließen, dass Hochwasserereignisse immer größer werden.

Die Ursache dieses Anstiegs bzw. der Häufung von Hochwasserereignissen der mittleren Größenklasse ist jedoch noch nicht eindeutig geklärt. Eine Zunahme des Ereignisniederschlages kann ausgeschlossen werden, da zumindest die Jahresniederschlagssummen keinen ansteigenden Trend aufweisen. Mit der einfachen Annahme, dass die Ereignisabflussfracht in einem Zusammenhang mit der Ereignisniederschlagssumme steht, wurde mit den für die Donau bei Wien seit 1897 vorliegenden Abflusstagesmittelwerten die höchste Abflussfracht über den Zeitraum von 21 Tagen (große Donauwellen erstrecken sich im Mittel über einen Zeitraum von ca. 20 Tagen) für jedes Jahr ermittelt.

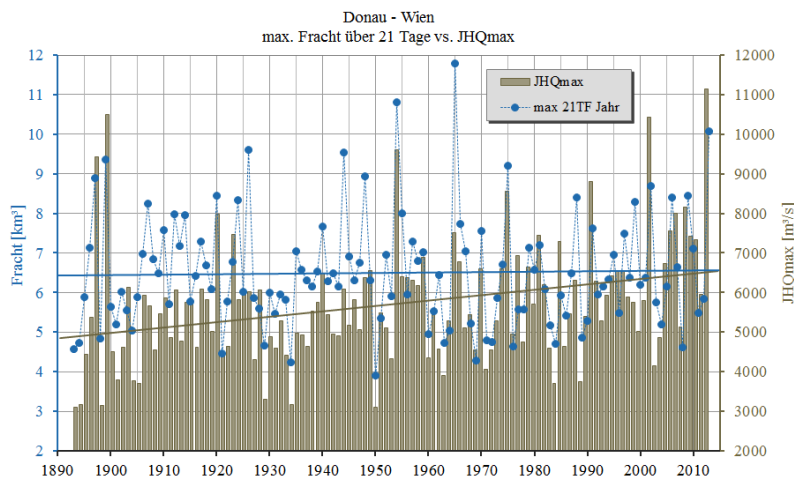


Abbildung 26: Gegenüberstellung der Jahreshöchstwerte des Abflusses und der maximalen Fracht über 21 Tage

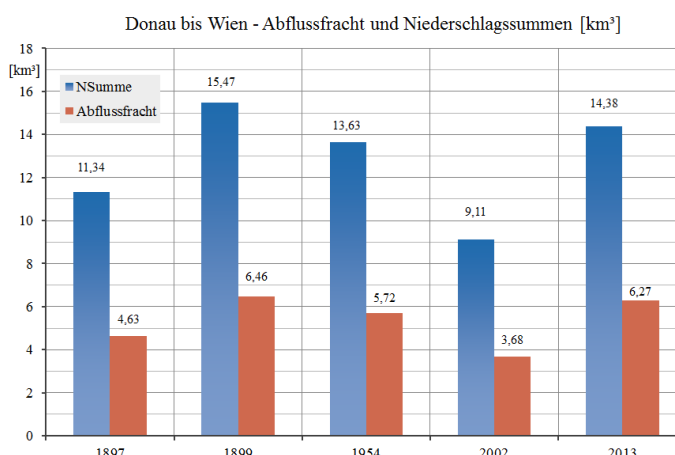
Die Abbildung 26 zeigt die Gegenüberstellung der Jahresmaxima und der höchsten 21 Tage-Abflussfracht jeden Jahres. Anders als die Jahresmaxima zeigen die Frachten keine Tendenz größer zu werden.

Den Hochwasserberichten 1897 und 1899 der Hydrografie Österreichs waren sehr genaue Analysen und Werte sowohl der Niederschlagssumme im gesamten Donaueinzugsgebiet bis Wien, als auch der um den Basisabfluss reduzierten Abflussfracht am Donauegel Wien zu entnehmen.

Der Bericht 1954 enthielt nur die Abflussfracht und keinen Wert für die Ereignisniederschlagssumme. Für die Ereignisse 2002 und 2013 wurden die Abflussfrachten ähnlich den Berichten aus dem vorigen Jahrhundert ermit-

telt, die Niederschlagssummen wurden für die Ereignisse 1954, 2002 und 2013 aus Reanalysen, die die ZAMG zur Verfügung gestellt hat, gerechnet.

Abbildung 27: Vergleich der Abflussfracht und der Gebietsniederschlagssumme für den Pegel Wien/Donau der Ereignisse 1897, 1899, 1954, 2002 und 2013



Das Hochwasser 1899 war die Folge der größten Niederschlagssumme von 15,47 km³ im gesamten Einzugsgebiet der Donau bis Wien. Im Vergleich dazu regnete es bei den Ereignissen 1954 und 2013 mit 13,63 und 14,38 km³ etwas und mit 9,11 km³ im Jahr 2002 deutlich weniger. Zum Jahr 2002 ist anzumerken, dass dieser Wert nur den Niederschlag des zweiten Ereignisses umfasst. Mit den in der Abbildung 27 dargestellten Abflussfrachten ergeben sich für die Ereignisse im 19. Jahrhundert Abflussbeiwerte (Quotient aus Niederschlagssumme und Abflusssumme) von 41 und 42%, 1954 waren es ebenfalls 42%, 2002 40% und 2013 44%.



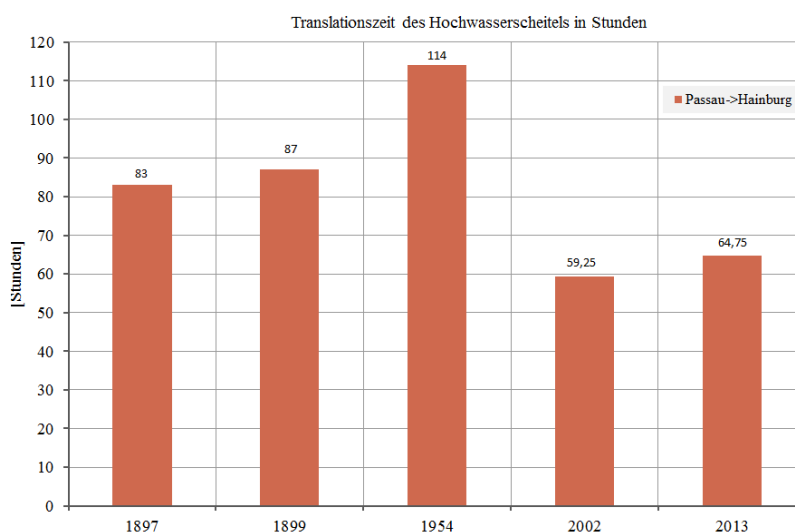
Abbildung 28: Hochwasser 1899, Historische Aufnahme, Die Donau bei Korneuburg (Lauda 1900)

Ein Vergleich mit den Vorbedingungen anderer großer Donauhochwasser ist von Interesse. Das Augusthochwasser 2002 war ein Doppelereignis. Der erste Niederschlagsblock am 7. August 2002 führte vorwiegend zu lokalen Hochwasserereignissen (z. B. im Kamptal) und in vielen Einzugsgebieten zu nahezu gesättigte Böden zu Beginn des zweiten Niederschlagsblocks am 11. und 12. August 2002. Auch das Hochwasser 1954 hatte ein Vorereignis am 1. und 2. Juli – allerdings kleiner als im Jahr 2002 – das zur Erhöhung der Bodenfeuchte zu Beginn des Hauptereignisses vom 7. bis zum 12. Juli 2002 beitrug. Vor dem Auftreten des Hochwassers im September 1899 lag hingegen eine völlig andere Situation vor. Der gesamte August 1899 war trocken gewesen, und auch der Winter 1898/1899 war außergewöhnlich schneearm, sodass die unterirdischen Speicher zu Beginn des Ereignisses einen Tiefstand aufwiesen (Lauda, 1900, Blöschl, 2013). In den Jahren 1954 und 2002 traten Doppelwellen auf, während die Ereignisse 1899 und 2013 in einer einfachen Welle abliefen. Die Abflussvolumina über den Zeitraum des Hochwassers waren für alle Hochwasser beträchtlich, wie in Abbildung 27 angegeben.

In den vergangenen 200 Jahren hat sich die Gewässermorphologie der Donau wesentlich verändert. Sowohl der Ausbau des Hochwasserschutzes zur Schaffung von Siedlungsraum und landwirtschaftlich genutzter Flächen, als auch die Errichtung der Laufkraftwerke an der österreichischen Donautrecke, beschleunigte den Ablauf der Hochwasserwellen.

Vergleicht man die Translationszeiten der fünf großen Ereignisse seit 1897, kommt man zu einem etwas differenzierteren Befund. Bei den Ereignissen 1897 und 1899 betrug die Translationszeit der Hochwasserwelle zwischen Passau und Hainburg ca. 85 Stunden, der Scheitel der Welle im Jahr 1954 hingegen benötigte für diese Strecke ca. 115 Stunden, war also deutlich langsamer. Erst die großen Ereignisse in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zeigen eine gewisse Beschleunigung. Geht man davon aus, dass das Ereignis 1954 bezüglich der räumlichen Verteilung des Niederschlages und der Niederschlagsmenge ähnlich dem Hochwasser 2013 war, so kann angenommen werden, dass der Ausbau der Wasserkraft an der Donau die Translationszeit der Hochwasserwelle von 115 Stunden auf 65 Stunden reduziert hat (Abbildung 29).

Abbildung 29: Translationszeit der Hochwasserwelle von Passau bis Hainburg in Stunden



WIEDERKEHRZEIT DER ABFLÜSSE

Als Kenngröße zur Bewertung eines Hochwasserereignisses wird in der Hydrologie meist die statistische Wiederkehrzeit T_n (Jährlichkeit) eines Parameters – in diesem Fall des Abflusses – herangezogen. Die Abbildung 30 zeigt die Jährlichkeit der bei diesem Hochwasser beobachteten Scheitelabflüsse. Berücksichtigt wurden für die Darstellung nur Gewässerabschnitte, an denen Hochwasserscheitel mit einer Jährlichkeit $T_n > 1$ Jahr gemessen wurden.

Für die Darstellung wurde die Jährlichkeit der an den Gewässerpegeln beobachteten Spitzenabflüsse mit der bis zum Ereignis 2013 gültigen statistischen Verteilungsfunktion bestimmt. Die statistische Einschätzung der Auftretswahrscheinlichkeit an einem Pegel wurde für die Gewässerstrecke bis zum nächsten Pegel beibehalten. Das Ereignis im Mai/Juni 2013 hatte im Tiroler Achengebiet, an der Saalach und Salzach, am Inn ab Schärding und an der gesamten österreichischen Donau von Passau bis Hainburg ein Wiederkehrsintervall von einmal in mehr als hundert Jahren. Viele Zubringer zur Salzach flussab von Golling und zur Traun im Salzkammergut sowie die Steyr erreichten ebenfalls Abflussspitzen von HQ_{100} und darüber.

Ziel der Extremwertstatistik ist es, zu Bemessungsabflüssen zu gelangen, die in den nächsten Jahren als gültige Richtwerte bei allen Planungen und Baumaßnahmen zugrunde gelegt werden können. Dabei sollten die verwendeten Datenkollektive für derartige Statistiken im Sinne ausreichender Stabilität möglichst lange Zeiträume umfassen. Eine Verlängerung des Datenkollektives mit weiteren Hochwasserspitzen kann die Verteilungsfunktion und somit die statistisch ermittelten Hochwasserkennwerte mehr oder weniger verändern. Dabei kann es Perioden geben, in denen kaum größere Hochwasser auftreten, als auch solche mit folgenschweren Katastrophereignissen. Die theoretische Auftretswahrscheinlichkeit eines 100-jährlichen Hochwassers in einem Jahr ist

$1/100 = 0,01$ (1%). Dies schließt aber nicht aus, dass sich in zwei aufeinanderfolgenden Jahren jeweils ein 100-jährliches Hochwasser ereignet.

Dass im Abstand von nur 11 Jahren an der Donau bei Wien zwei Extremereignisse (2002, 2013) auftraten, hat die theoretische Verteilungsfunktion (log Pearson Typ III) wie in Abbildung 31 dargestellt, von der ursprünglich in orange dargestellten Funktion zu der in blau verschoben. Ein Ereignis wie jenes im Jahr 2013 wäre mit der „vor 2013-Funktion“ als HQ₂₅₀₋₃₀₀ eingestuft worden. Mit der neuen „nach 2013-Funktion“ bleibt das Ereignis 2002 noch immer ein HQ₁₀₀, die Spitze 2013 sollte aber demnach nur einmal in 200 Jahren auftreten.

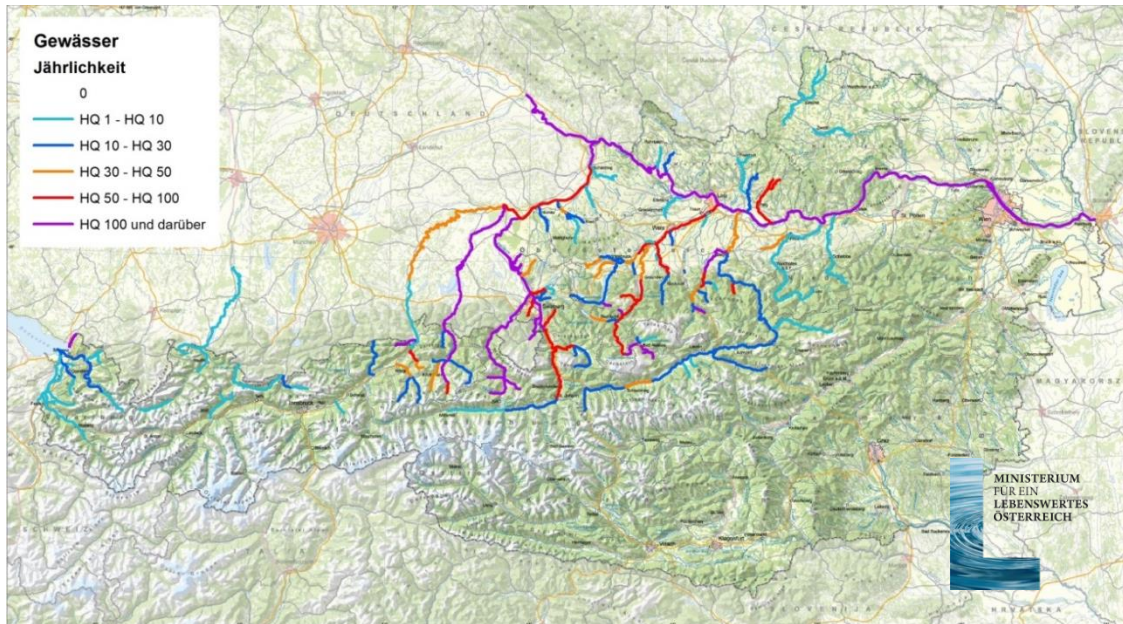
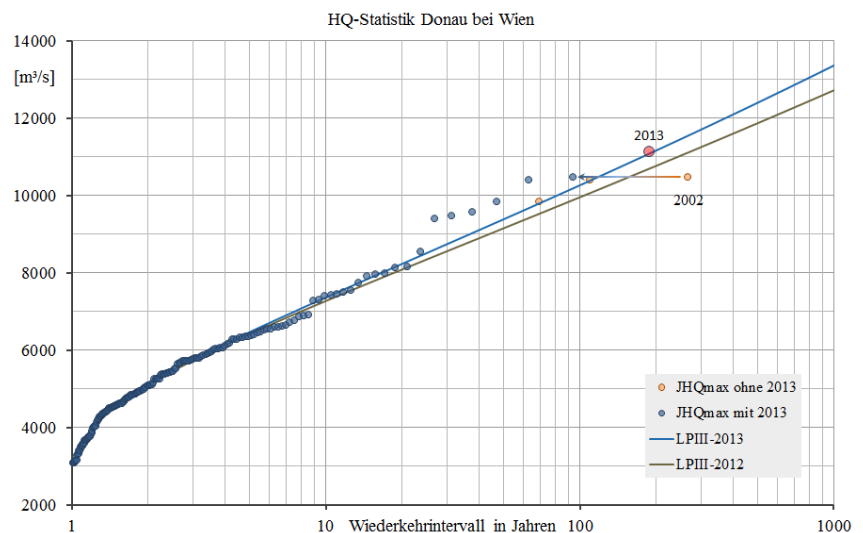


Abbildung 30: Übersichtskarte des Wiederkehrintervalls der Hochwasserspitzen an Österreichs Gewässern im Verlauf des Ereignisses 2013 (© Abteilung Wasserhaushalt-HZB)

Abbildung 31: Frequenzdiagramm der HQ-Statistik am Pegel Wien/Donau (orange: Verteilungsfunktion log Pearson III vor 2013, in blau: mit dem Hochwasserwert 2013)



HOHE GRUNDWASSERSTÄNDE

Bei extremen Hochwasserereignissen liegt das Hauptaugenmerk naturgemäß auf den gewaltigen Wassermengen, die sich an der Oberfläche ihren Weg bahnen und zu großräumigen Überschwemmungen führen. Doch so gut wie jedes Hochwasser zeigt auch im unterirdischen Wasser seine Auswirkungen. Neben dem versickernden Niederschlag tragen die aufgrund der hohen Wasserstände großen Exfiltrationsraten aus den Fließgewässern zum massiven Ansteigen des Grundwassers bei. Der enorme Druck, den die Wassermassen auf den Grundwasserkörper ausüben, lässt zusätzlich unterirdisches Wasser aufsteigen. Diese Effekte führen dazu, dass im Hochwasserfall im betroffenen Gebiet nicht nur Oberflächenwasser in Gebäude eindringt, sondern auch aufsteigendes Grundwasser. Mit der Zunahme der Hochwasserschutzbauten, die die Gefahr an der Oberfläche bannen, wird nun diese zweite Komponente vermehrt spürbar. Auch hier gilt es für die Zukunft Vorwarnsysteme zu etablieren.

Welche Gebiete von hohem Grundwasser aufgrund des Hochwassers 2013 besonders betroffenen waren, zeigt der folgende Überblick. In geringerem Ausmaß traten auch in anderen Grundwassergebieten, auf die hier nicht näher eingegangen wird, besonders an flussnahen Messstellen extreme Grundwasserstände auf.

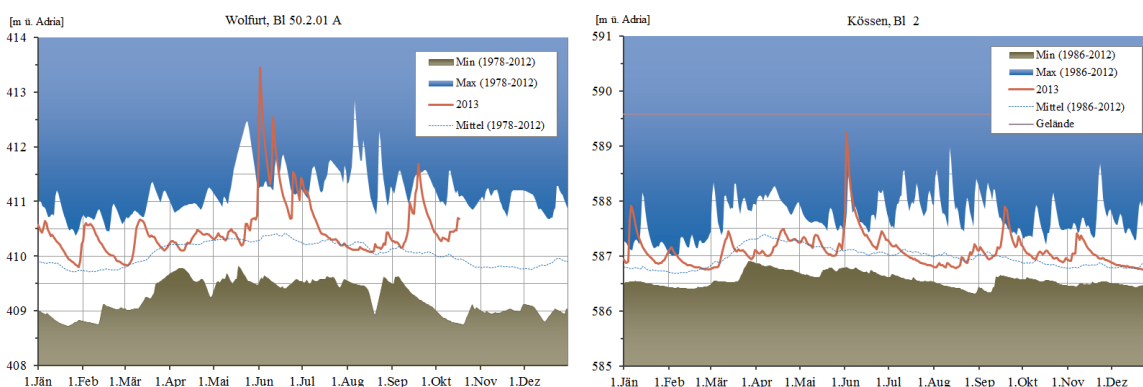


Abbildung 32: Rheintal: 322016 Wolffurt, BI 50.2.01 A (linkes Bild); Großbachegebiet: 330662 Kössen BI 2, (rechtes Bild)

In Vorarlberg traten extreme Grundwasserstände im Norden des **Rheintals** im Bereich des Schwemmfächers der Bregenzerach auf. Vor Beginn der ersten Niederschlagsphase am 23. Mai 2013 lagen die Grundwasserstände hier im Bereich von 0,3 m unter bis 0,3 m über dem jahreszeitlichen Mittelwert. Am Morgen des 30. Mai 2013 hatten die Grundwasserstände maximal ein Niveau von 0,5 m über dem Mittelwert erreicht, lagen damit aber gleichzeitig noch 0,5 m unter dem bisherigen jahreszeitlichen Maximum. Innerhalb von 48 Stunden stiegen die Werte dann stark, an manchen Messstellen über 2,5 m, an (Abbildung 32, linkes Bild). Das führte an 41 von 123 auswertbaren Messstellen im Rheintal – also ca. bei einem Drittel – zu neuen absoluten Maximalwerten in den Beobachtungsreihen. Diese lagen teilweise über 0,5 m über den bisherigen Maximalwerten. An 13 weiteren Messstellen wurden Werte im Bereich des bisherigen Maximums – d.h. gleich hoch wie das bisherige Maximum oder geringfügig darüber bzw. darunter – erreicht und an noch weiteren 12 Messstellen reichte es immerhin für ein neues Junimaximum.

In Tirol war das Gebiet östlich von Wörgl betroffen – also **Brixental, Weißbachegebiet** und **Großbachegebiet** – und im Besonderen der Raum Kössen. Im Brixental und Weißbachegebiet wurden in der Zeit von 30. Mai 2013 mittags bis 2. Juni 2013 mittags Anstiege von bis zu 2,5 m registriert. Eine Einordnung der erreichten Spiegellagen kann aber aufgrund der noch kurzen Beobachtungsdauer nicht vorgenommen werden. Im Großbachegebiet lagen die Grundwasserstände am 30. Mai 2013 mittags im Bereich von 0,5 m unter und 0,2 m über dem jahreszeitlichen Mittelwert und jedenfalls noch 0,25 m unter dem Maximalwert für Mai. Der folgende drei Tage währende Anstieg betrug zwischen 1 m und über 3 m (Abbildung 32, rechtes Bild). Damit wurde an 12 von 37 auswertbaren Messstellen im Großbachegebiet ein neues absolutes Maximum erreicht. Dieses lag bis zu 0,5 m über dem bisherigen Maximum der Beobachtungsreihe. An 5 weiteren Messstellen wurden Werte im Bereich des bisherigen Maximums gemessen, an weiteren 14 Messstellen wurde ein neues Maximum für Juni registriert.

In Salzburg war es in erster Linie das Untere Salzachtal nördlich von Golling, wo außerordentliche Verhältnisse auftraten. Am 30. Mai zu Mittag lagen die Werte noch 0,3 m unter bis 0,3 m über dem Mittel für diese Jahreszeit und somit noch gut 0,5 m oder mehr unter dem bisherigen Maximum für Mai. Bis zum Nachmittag des 1. Juni 2013 wurde dann ein Grundwasseranstieg von 0,5 m registriert. In den folgenden 24 Stunden waren Anstiege zwischen 2 m und 2,5 m keine Seltenheit, an sehr flussnahen Messstellen betrug sie auch über 3,5 m (Abbildung 33, linkes Bild). An mehr als einem Drittel der Messstellen wurden neue absolute Maximalwerte erreicht. Diese lagen bis zu 1,2 m über dem bisherigen Maximum. An jeweils ca. 10 % der Messstellen im Unteren Salzachtal wurden Werte im Bereich des bisherigen Maximums oder neue Junimaxima gemessen.

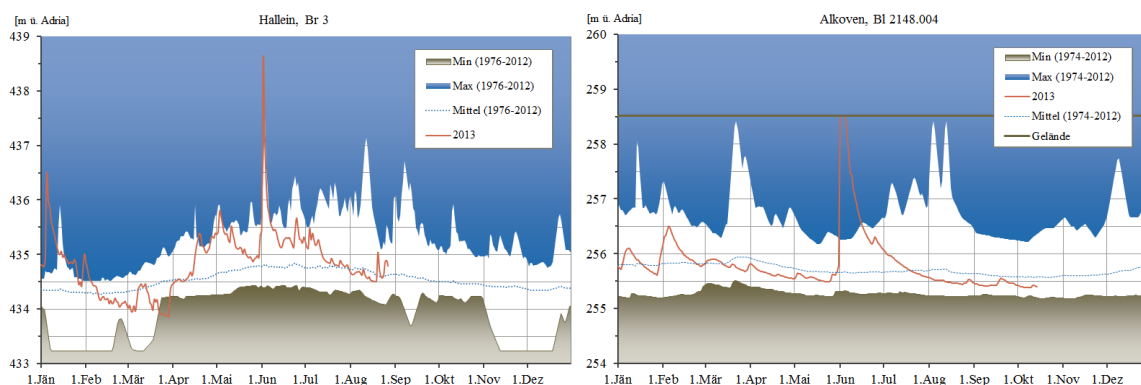


Abbildung 33: Unteres Salzachtal: 320564 Hallein, Br 3 (linkes Bild); Südliches Eferdinger Becken: 307553, Alkoven, BI 2148.004 (rechtes Bild)

Außer in den donaanahen Gebieten traten in Oberösterreich auch im **Mattigtal** sehr hohe Grundwasserstände auf. Jene Messstellen, die die stärksten Reaktionen zeigten, liegen im Süden des Mattigtals und zeichnen sich durch eine hohe Schwankungsbreite aus. Am 27. Mai 2013 wurden Grundwasserstände registriert, die zwischen 0,7 m unter und 0,8 m über dem Mittel für diese Jahreszeit lagen, aber gleichzeitig mind. 2 m unter dem jahreszeitlichen Maximum. Das Hochwasserereignis führte hier zu Anstiegen, die bis zu 8,5 m ausmachten und an 18 von 45 auswertbaren Messstellen zu neuen absoluten Maxima führten. Die höchsten davon lagen 1,5 m über dem bisherigen Maximum. An 5 weiteren Messstellen wurden Werte ähnlich dem bekannten Maximum erreicht und an noch weiteren 19 Messstellen trat ein neues Junimaximum auf.

Im **Eferdinger Becken** wiesen die meisten Messstellen am 27. Mai unterdurchschnittliche bis mittlere Werte auf, nur an wenigen Messstellen waren sie etwas überdurchschnittlich. Nach einem geringfügigen Anstieg bis zum 31. Mai 2013 stieg das Grundwasser in den folgenden drei Tagen mit zunehmender Geschwindigkeit an, bis es vielerorts die Geländeoberkante erreichte (Abbildung 33, rechtes Bild). Das bedeutete im Schnitt einen Anstieg von ca. 3 m, in Extremfällen von 6 bis 8 m. An 26 von 81 auswertbaren Messstellen traten neue absolute Maxima auf, an 23 Messstellen war ein etwa gleich hoher Wert schon einmal gemessen worden. An 14 Messstellen kam es zu neuen Maximalwerten für Juni.

Im **Linzer Feld** war ein deutlicher Unterschied zwischen dem Teil nördlich der Donau und dem südlich davon zu bemerken. Dies lag an den vorhandenen unterirdischen Abdichtungen gegen die Donau im Stadtgebiet von Linz. So kam es im Raum Linz und südlich davon zu keinen außergewöhnlich hohen Grundwasserständen. Im Nördlichen Linzer Feld lagen die Grundwasserspiegel am Abend des 30. Mai 2013 im Bereich von 0,1 m unter und 0,3 m über dem langjährigen Mittel, im Südlichen Linzer Feld im Bereich von 0,5 m unter und 0,3 m über dem Mittel. Die folgenden Ereignisse wirkten sich im Nördlichen Linzer Feld und im Südlichen Linzer Feld im Raum Lorch ähnlich aus wie in den anderen betroffenen Gebieten. Sie führten zu einem raschen starken Anstieg von bis zu über 3,5 m, der das Grundwasser teilweise an die Oberfläche treten ließ bzw. zu neuen Maximalwerten führte, die bis zu 0,5 m über dem bisherigen Maximum lagen. Im Raum Asten jedoch zeigte sich ein anderes Bild. Hier betrug die Anstiege nur bis etwas über 1 m, verliefen weniger steil und dauerten dafür bis Mitte Juli an (Abbildung 34, linkes Bild). Auch hier wurden Werte im Bereich des bisherigen Maximums erreicht. Insgesamt wurden im Nördlichen Linzer Feld an 23 von 56 auswertbaren Messstellen neue absolute Maximalwerte registriert, im Südlichen Linzer Feld an 10 von 137 Messstellen. An 22 Messstellen im nördlichen und an 27 im süd-

lichen Teil wurden Werte im Bereich des bisherigen Maximums erreicht, an 4 weiteren Messstellen im Nördlichen und an 27 weiteren Messstellen im Südlichen Linzer Feld wurden zumindest neue Junimaxima gemessen.

Im Machland traten die extremen Anstiege in der Osthälfte des Gebiets auf. Im Teil nördlich der Donau lagen die Grundwasserstände zu Beginn der ersten Niederschlagsphase zwischen 0,5 m unter und 0,2 m über dem Mittel für diese Jahreszeit, d.h. an einigen Messstellen im Bereich des bisherigen Minimums für Mai. Im kleineren Bereich südlich der Donau ist die Schwankungsbreite größer, hier wurden Werte zwischen 1 m unter und 1 m über dem Mittel registriert, aber nirgends lagen sie über dem bisherigen Maximum für diese Jahreszeit. Von 31. Mai 2013 bis zum Mittag des 2. Juni stieg das Grundwasser ca. 0,7 m an und in den nächsten 24 Stunden dann mit großer Geschwindigkeit solange bis es an die Oberfläche gelangte – das bedeutet in Zahlen bis zu 4 m. Im Nördlichen Machland geschah dies an 21 von 74 auswertbaren Messstellen, im Südlichen Machland an 10 von 17 Messstellen. Im Nördlichen Machland wurde an einigen Messstellen wie im Südlichen Linzer Feld ein etwas verzögerter Anstieg von ca. 1 m registriert, der bis Mitte Juni dauerte und ebenfalls zu neuen jahreszeitlichen Maxima führte. Keine absoluten, aber neue Maxima für Juni wurden im Nördlichen Machland an 40 Messstellen verzeichnet, im Südlichen Machland an 3 Messstellen.

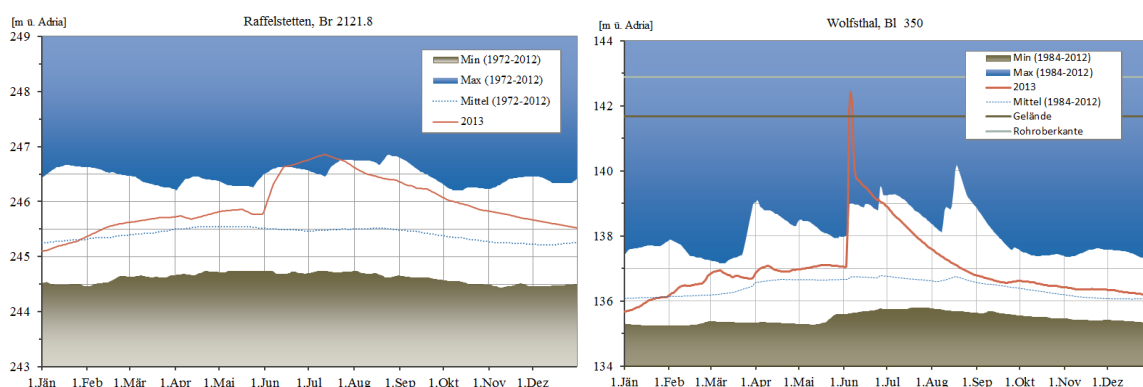


Abbildung 34: Südliches Linzer Feld: 316505 Raffelstetten, Br 2121.8 (linkes Bild); Fischamend bis Hainburger Pforte: 331264 Wolfsthal Bl 350 (rechtes Bild)

Im **niederösterreichischen Tullner Feld** zeigten zwar insgesamt gesehen nur 15 % der 119 auswertbaren Messstellen einen Anstieg auf Werte im Bereich des bisherigen Maximums oder darüber, doch liegen diese Messstellen konzentriert entweder ganz im Osten des Tullner Felds oder im Raum Zwentendorf. Hier befand sich das Grundwasser auf einem Niveau zwischen 0,1 m unter und 0,5 m über dem jahreszeitlichen Mittel. Am 3. und 4. Juni 2013 wurde an den betroffenen flussnahen Messstellen ein Anstieg bis über 3,5 m registriert, sodass das Grundwasser an die Oberfläche gelangte. An den Messstellen, die weiter im Hinterland liegen, wurde der Höchstwert erst Anfang Juli erreicht. Der Anstieg betrug dort ca. 1 m.

Das zweite Gebiet in Niederösterreich mit einer hohen Dichte an extremen Grundwasserständen war **Fischamend bis Hainburger Pforte**. Die hier gelegenen Messstellen weisen eine hohe Schwankungsbreite auf. Am Morgen des 27. Mai 2013 lagen die Grundwasserstände zwischen 0,5 m unter und 0,8 m über dem langjährigen Mittelwert, aber überall deutlich unter dem bisher bekannten Maimaximum. Bis zum Mittag des 28. stiegen sie ca. 0,8 m an und verblieben anschließend 3 Tage auf diesem Niveau. Dann stieg das Grundwasser rasch bis zu 4,5 m an, so dass es auch über die Geländeoberfläche trat. Im Raum Wolfsthal und Hainburg erfolgte der Anstieg erst am 4. Juni 2013 (Abbildung 34, rechtes Bild). An 8 von 22 auswertbaren Messstellen wurden neue absolute Maximalwerte registriert, die bis zu 1,5 m über dem bisherigen Maximum lagen. An 12 weiteren Messstellen wurden Werte im Bereich des bisherigen Maximums gemessen.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Bodendruckanalyse der das Hochwasser bestimmenden Phasen der Wetterlagen (Quelle: ZAMG).....	5
Abbildung 2: Wärmeanomalie (Abweichung der Tiefsttemperaturen) in Europa im Mai 2013 (Quelle: WetterOnline).....	6
Abbildung 3: Analyse des Bodendruckfeldes vom 28. Mai bis 31. Mai 2013. Daten und Abbildungen aus NCAR-NCEP1. Copyright NOAA/ESRL/PSD (Hofstätter/ZAMG).	6
Abbildung 4: Räumliche Verteilung der Niederschlagsmessstellen mit mehr als 200 mm Niederschlag im Zeitraum 29. Mai bis 4. Juni	7
Abbildung 5: Tagessummen und Gesamtereignissumme des Niederschlags in Österreich vom 29. Mai bis 4. Juni 2013 jeweils ab 06:00 UTC (Quelle: ZAMG INCA-Analyse).....	8
Abbildung 6: Ereignisniederschlagssummen der großen Ereignisse 1897, 1899, 1954, 2002 und 2013 für das Einzugsgebiet der Donau bis Wien (in der Übersichtskarte hellgrün markiert)	10
Abbildung 7: Wasserstand des Bodensees (Pegel Bregenz (Hafen)) im Jahr 2013 im Vergleich zu langjährigen Minima, Maxima und dem Mittelwert	12
Abbildung 8: Verlauf der Hochwasserwellen an den Pegeln im Tiroler Achengebiet im Vergleich zur Niederschlagsintensität (mm/15min) am Pegel Waidring	16
Abbildung 9: Abflussganglinien an der Saalach und Salzach	19
Abbildung 10: Hochwassermarken beim ehemaligen Gasthaus Friedl (Brauhaus) in Burghausen/Ach an der Salzach	20
Abbildung 11: Hochwasser 1899, Historische Aufnahme Salzburg vom Kapuzinerberge aus (Lauda 1900)	22
Abbildung 12: Verlauf der Hochwasserwelle am Inn zwischen Schärding und der Mündung in die Donau, sowie an den Zubringern Rott und Pram	23
Abbildung 13: Hochwasser 1897, Historische Aufnahmen, linkes Bild: Rathausplatz in Gmunden; rechtes Bild: Verheerungen in Aussee (Lauda 1898)	24
Abbildung 14: Abflussganglinien an den Pegeln im steirischen Traungebiet	24
Abbildung 15: Abflussganglinien an den Pegeln im oberösterreichischen Traungebiet	25
Abbildung 16: Abflussganglinien an der Traun und deren Zubringer Ager und Alm	27
Abbildung 17: Abflussganglinien an den Pegeln der steirischen Enns	28
Abbildung 18: Abflussganglinien an den steirischen Ennszubringern	29
Abbildung 19: Abflussganglinien an Pegel der oberösterreichischen Enns und Zubringer	29
Abbildung 20: Ganglinien der Hochwasserwellen an den Pegeln der Donau zwischen Linz und Korneuburg, der Salzach vor der Mündung in den Inn, des Inns, der Traun und der Enns jeweils am letzten Pegel vor der Mündung in die Donau	32
Abbildung 21: Ganglinien der Hochwasserwellen an den Pegeln der Donau zwischen Korneuburg und Thebnerstraßl.....	34
Abbildung 22: Hydrologischer Längenschnitt der Donau während des Hochwasserereignisses im Juni 2013 im Vergleich mit dem Bemessungshochwasser (HQ ₁₀₀)	35
Abbildung 23: Wien Praterstrasse 1830, Winterhochwasser - Gemälde von Jakob Alt.....	36
Abbildung 24: Vergleich der Hochwasserwellen an der Donau in Kienstock und Wien zu den Ereignissen 2002 und 2013.....	38
Abbildung 25: Jahresmaxima der Hochwasserabflüsse an der Donau am Pegel Linz und Korneuburg (vormals Pegel Reichsbrücke) seit 1828.	39
Abbildung 26: Gegenüberstellung der Jahreshöchstwerte des Abflusses und der maximalen Fracht über 21 Tage	39
Abbildung 27: Vergleich der Abflussfracht und der Gebietsniederschlagssumme für den Pegel Wien/Donau der Ereignisse 1897, 1899, 1954, 2002 und 2013.....	40
Abbildung 28: Hochwasser 1899, Historische Aufnahme, Die Donau bei Korneuburg (Lauda 1900).....	40
Abbildung 29: Translationszeit der Hochwasserwelle von Passau bis Hainburg in Stunden.....	41
Abbildung 30: Übersichtskarte des Wiederkehrintervalls der Hochwasserspitzen an Österreichs Gewässern im Verlauf des Ereignisses 2013 (© Abteilung Wasserhaushalt-HZB).....	42
Abbildung 31: Frequenzdiagramm der HQ-Statistik am Pegel Wien/Donau (orange: Verteilungsfunktion log Pearson III vor 2013, in blau: mit dem Hochwasserwert 2013	42
Abbildung 32: Rheintal: 322016 Wolfurt, Bl 50.2.01 A (linkes Bild); Großachengebiet: 330662 Kössen Bl 2, (rechtes Bild).....	43
Abbildung 33:Unteres Salzachtal: 320564 Hallein, Br 3 (linkes Bild); Südliches Eferdinger Becken: 307553, Alkoven, Bl 2148.004 (rechtes Bild).....	44
Abbildung 34:Südliches Linzer Feld: 316505 Raffelstetten, Br 2121.8 (linkes Bild); Fischamend bis Hainburger Pforte: 331264 Wolfsthal Bl 350 (rechtes Bild).....	45

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Niederschlagswerte von Messstellen mit Hauptereignisniederschlägen (30. Mai bis 2. Juni) größer als 250 mm mit Vergleichswerten.	9
Tabelle 2: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 mit den Hochwassern 1999 und 2005 (Jährlichkeit für 1999 und 2005 nach aktueller Hochwasserstatistik 2013)	11
Tabelle 3: Vergleich der Hochwasserscheitel am Pegel Unterhochsteg/Leiblach für große Hochwasserereignisse seit 1999	12
Tabelle 4: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 von nordalpinen Tiroler Fließgewässern mit den größten davor beobachteten Ereignissen	13
Tabelle 5: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 für Zubringer am unteren Inn in Tirol mit den größten davor beobachteten Ereignissen	15
Tabelle 6: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 im Großachengebiet (Wasserstand und Abfluss) mit den größten davor beobachteten Ereignissen	17
Tabelle 7: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 im Saalach-Einzugsgebiet mit den größten davor beobachteten Ereignissen	18
Tabelle 8: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 im Salzach-Einzugsgebiet (Wasserstand und Abfluss) mit den größten davor beobachteten Ereignissen	21
Tabelle 9: Vergleich der Hochwasserstände ausgewählter Salzburger Seen am 2. Juni	22
Tabelle 10: Vergleich der Hochwasserscheitel 2013 im Innviertel – Salzach, Inn und Zubringer	23
Tabelle 11: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 im Traun-Einzugsgebiet mit den größten davor beobachteten Ereignissen	25
Tabelle 12: Vergleich der Hochwasserscheitel vom 2. Juni 2013 im Enns-Einzugsgebiet (Wasserstand und Abfluss) mit den größten davor beobachteten Ereignissen	30
Tabelle 13: Hochwasserscheitel wichtiger Pegel an der Donau – Hochwasser Juni 2013	33

LITERATUR

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2013) Junihochwasser 2013, Wasserwirtschaftlicher Bericht, www.lfu.bayern.de.
- Blöschl G., Nester Th., Komma J., Parajka J., Perdigão R. A.P. (2013) Das Juni-Hochwasser 2013 – Analyse und Konsequenzen für das Hochwasserrisikomanagement, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 158. Jg., Heft 1-12/2013
- Blöschl G., Nester Th., Parajka J., Komma J. (2014) Hochwasserprognosen an der österreichischen Donau und Datenassimilation, Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (HyWa) Jg. 58, 2014, Heft 2, 64–72, Koblenz
- Godina, R., P. Lalk, P. Lorenz, G. Müller und V. Weilguni (2003) Die Hochwasserereignisse im Jahr 2002 in Österreich, Mitteilungsblatt der Hydrographie Österreichs, Heft 82, 1–39.
- Haider St. (2014) Retention in unseren Flüssen – Prozessbeschreibung und aktuelle Fragen, Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Band 66, Heft 1-2/2014, 59-66
- Heilig, M. (2013) Hochwasser Mai-Juni 2013 – Hydrometeorologischer Ablauf im klimatologischen Zusammenhang, unveröffentlichte Zusammenfassung der meteorologischen Situation, vor und während dem Hochwasserereignis.
- Kresser, W. (1955) Das Juli-Hochwasser 1954 im österreichischen Donauegebiet, Beiträge zur Hydrographie Österreichs, 29. Heft, Hydrographisches Zentralbüro, Bundesministerium für land- und Forstwirtschaft, Wien
- Lauda, E. (1898) Die Hochwasserkatastrophe des Jahres 1897 in Österreich, Beiträge zur Hydrographie Österreichs, II. Heft, k.k. hydrographisches Central-Bureau, Wien.
- Lauda, E. (1900) Die Hochwasserkatastrophe des Jahres 1899 im österreichischen Donauegebiete, Beiträge zur Hydrographie Österreichs, IV. Heft, k.k. hydrographisches Central-Bureau, Wien.
- Reichel, G., Kickinger P. (2014) Hochwasser 06/2013 - Analyse und Modellierung Anmerkungen zum konsolidierten Durchflusslängenschnitt für die Donau, PÖYRY Energy GmbH, viaDonau.
- Stohl, Andreas, Paul James (2004) A Lagrangian Analysis of the Atmospheric Branch of the Global Water Cycle. Part I: Method Description, Validation, and Demonstration for the August 2002 Flooding in Central Europe. J. Hydrometeor, 5, 656–678.
- Sodemann H., Wernli H. und C. Schwierz (2009) Sources of water vapour contributing to the Elbe flood in August 2002 -a tagging study in a mesoscale model. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 135: 205–223, 10.1002/qj.374.

KONTAKT

Jutta Eybl, Reinhold Godina, Petra Lalk, Peter Lorenz, Gabriele Müller, Viktor Weilguni

Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

Abteilung Wasserhaushalt (HZB)
Marxergasse 2
1030 Wien

E-Mail: wasserhaushalt@bmlfuw.gv.at

Internet: www.bmlfuw.gv.at





**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuw.gv.at