

Inhaltsverzeichnis

Der blaue Planet	1
Erklärvideo - Die Entstehung von Hochwasser.....	2
Verdunstung und Wolken	2
Niederschlag - Starkniederschlag	4
Evaporation – Interzeption – Transpiration - Evapotranspiration	6
Entstehung von Überflutungen und Oberflächenabfluss	6
Hangwasser	7
Erklärvideo – Wie entsteht Hangwasser	7
Flusshochwasser	7
Einzugsgebiete	7
Literatur	9

Der blaue Planet

Die Erde ist der „Blaue Planet“. Sie ist mit einem Anteil von 71 Prozent hauptsächlich mit Wasser bedeckt. Nur 29 Prozent der Erdoberfläche bestehen aus Landmasse. Die Gesamtwassermenge auf der Erde wird auf etwa 1.332 Millionen Kubikkilometer geschätzt. Hiervon ist der weitaus größere Anteil (97,5 Prozent) Salzwasser. Das Süßwasservorkommen macht mit 2,5 Prozent lediglich einen geringen Anteil aus. Nur ein kleiner Prozentsatz des Wassers ist Süßwasser. Süßwasser findet sich auf der Erde in Form von Gletscher Eis, Schnee, Wasser in Flüssen, Bächen und Seen und als Grundwasser.

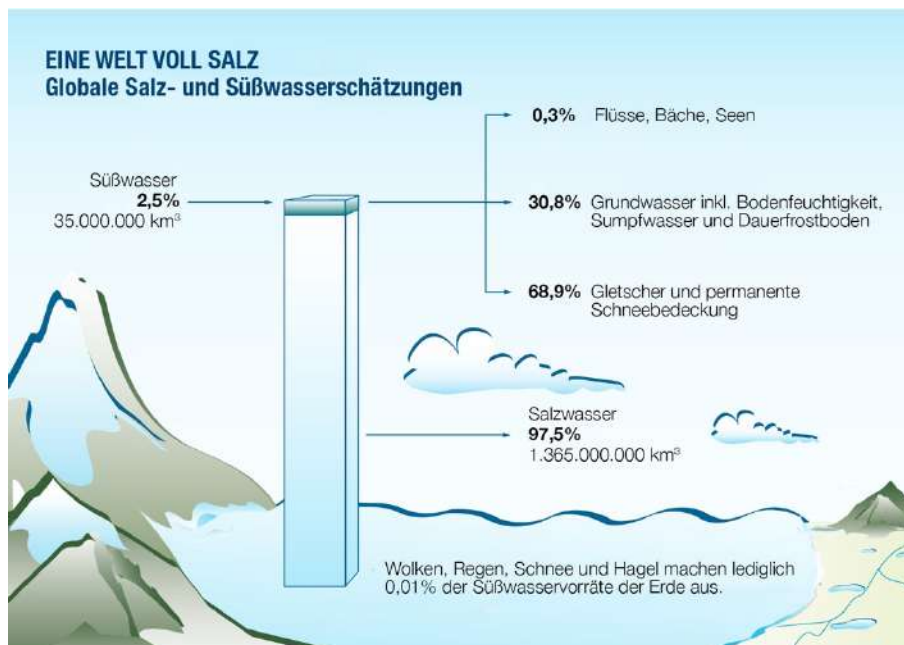


Abbildung 1: Globale Salz- und Süßwasservorkommen (Quelle: UNESCO, 1999)

In Flüssen fließt das vormalige Niederschlagswasser und ausgetretene Grundwasser ins Meer. Durch Verdunstung gelangt die Feuchtigkeit in die Atmosphäre und erreicht im Wesentlichen wieder als flüssiger oder fester Niederschlag die Erde. Nur ein kleiner Teil des Niederschlags versickert und reichert das Grundwasser an. Der Anteil der Versickerung hängt vom Boden, der Morphologie, der Flächennutzung und der Niederschlagsintensität ab.

ERKLÄRVIDEO - DIE ENTSTEHUNG VON HOCHWASSER



Abbildung 2: Erklärvideo - Die Entstehung von Hochwasser

Verdunstung und Wolken

Wasser verdunstet, kondensiert in den Wolken und fällt als Regen oder Schnee auf die Erde nieder. Ein Teil des Wassers versickert und tritt in Form von Quellen wieder an die Oberfläche.

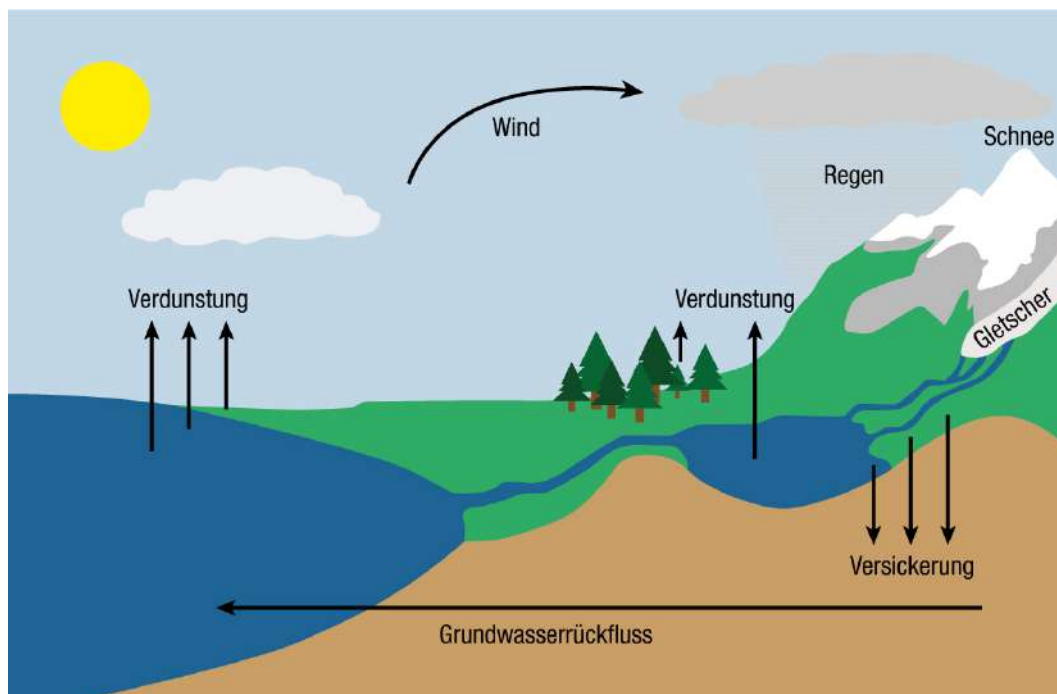


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Wasserkreislaufs

Aus den Ozeanen verdunstet ca. siebenmal so viel Wasser wie über dem Land. Ein großer Teil des verdunsteten Wassers fällt auf dem Land als Niederschlag.

Die Stärke der Verdunstung ist abhängig von der Wasseraufnahmefähigkeit der Atmosphäre, die wiederum von der Temperatur abhängt. In den warmen Tropen und Subtropen verdunsten daher maximal über 200 cm/Jahr, in den kalten Polargebieten nur 60 cm/Jahr und weniger.

Die Atmosphäre nimmt das verdunstete Wasser auf, wandelt es in Wassertröpfchen oder Eiskristalle um und transportiert es über weite Strecken vom Ozean aufs Land oder umgekehrt. Am Land kommt das verdunstete Wasser in fester oder flüssiger Form wieder vom Himmel.

Wasser kommt in der Atmosphäre in allen drei Aggregatzuständen vor: als Wasserdampf, als Wassertröpfchen und als Eiskristalle. Weniger als 1 Prozent des atmosphärischen Wassers ist in flüssiger oder fester Form in Wolken gebunden, obwohl diese die Erde zu mehr als 60 Prozent bedecken. Für den Wasserkreislauf spielen die Wolken eine entscheidende Rolle. Die Wolken sind das sichtbare Zeichen für kondensierten Wasserdampf. Ohne Wolken würde es keinen Niederschlag geben. Zur Kondensation kann es kommen, wenn der Sättigungsgrad für Wasserdampf in der Luft überschritten wird. Das geschieht in der Regel durch Abkühlung. Während die Luft bei 40 °C 50 g/m³ Wasser aufnehmen kann, sind es bei 1 °C nur 5 g/ m³. Die zweite wichtige Voraussetzung ist das Vorhandensein von Kondensationskernen in der Atmosphäre, um die herum der Wasserdampf kondensiert.

Während das globale Mittel bei 990 mm/Jahr liegt, fallen in den Tropen über 2000 mm/Jahr und in manchen Regionen sogar über 3000 mm/Jahr. Ein sekundäres Maximum liegt infolge der Tiefdruckzugbahnen in den mittleren Breiten mit um die 1000 mm/Jahr.

Niederschlag - Starkniederschlag

Niederschläge sind zeitlich und räumlich unterschiedlich verteilt. Die Menge des Niederschlags wird als Niederschlagshöhe angegeben. Eine Niederschlagshöhe von 1 mm entspricht der Niederschlagsmenge von 1 l/m².

Die Regionen mit dem geringsten Niederschlag in Österreich liegen im Osten im Wein- und Waldviertel sowie im Burgenland. Hier sind - im Regenschatten der Alpen - im Jahresdurchschnitt nur 450-600 mm zu verzeichnen. Die nassesten bewohnten Orte Österreichs weisen einen mittleren Jahresniederschlag von knapp 2300 mm auf. Im Mittel beträgt die Niederschlagshöhe in Österreich 905 mm in Deutschland 805 mm.

Der Mittlere Jahresniederschlag in Oberösterreich liegt bei 1150 mm /Jahr. Das Minimum liegt nordöstlichsten Mühlviertel mit 735 mm, das Maximum in den Gebirgsregionen im Süden mit bis zu 3000 mm am Dachsteinmassiv. In Salzburg beträgt der mittlere Jahresniederschlag 1372mm/Jahr, mit einem Minimum von ~800mm im Lungau und Maximalwerten von bis zu 3000 mm m Bereich des Sonnblicks.

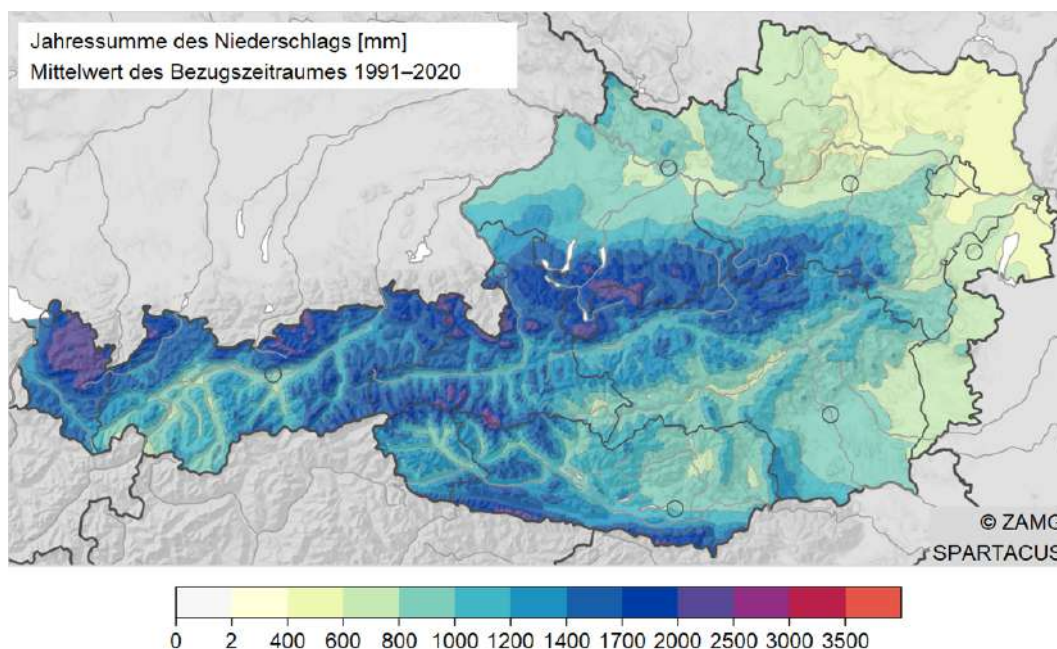


Abbildung 4: Niederschlagssummen Österreich, Jahresmittel 1991-2020 (Quelle: Hiebl & Frei, 2018)

In Bayern beträgt der mittlere Jahresniederschlag im Norden 790 mm, im Süden 1030 mm. Die höchsten Jahresniederschläge gibt es im Alpenraum (über 2000 mm) und den Staulagen der Mittelgebirge (z.B. Bayerischer Wald: 1500 mm).

Hohe Regenmengen in kurzer Zeit werden als Starkniederschlag bezeichnet. Starkniederschläge lassen sich in flächige und kleinräumige Ereignisse unterteilen. Flächige Starkniederschläge werden durch Tiefdruckgebiete oder Staueffekte an Gebirgen ausgelöst und können über das ganze Jahr hinweg beobachtet werden. Starkniederschläge in Form von Schauern und Gewittern sind kleinräumige Ereignisse, die hauptsächlich von April bis September auftreten.

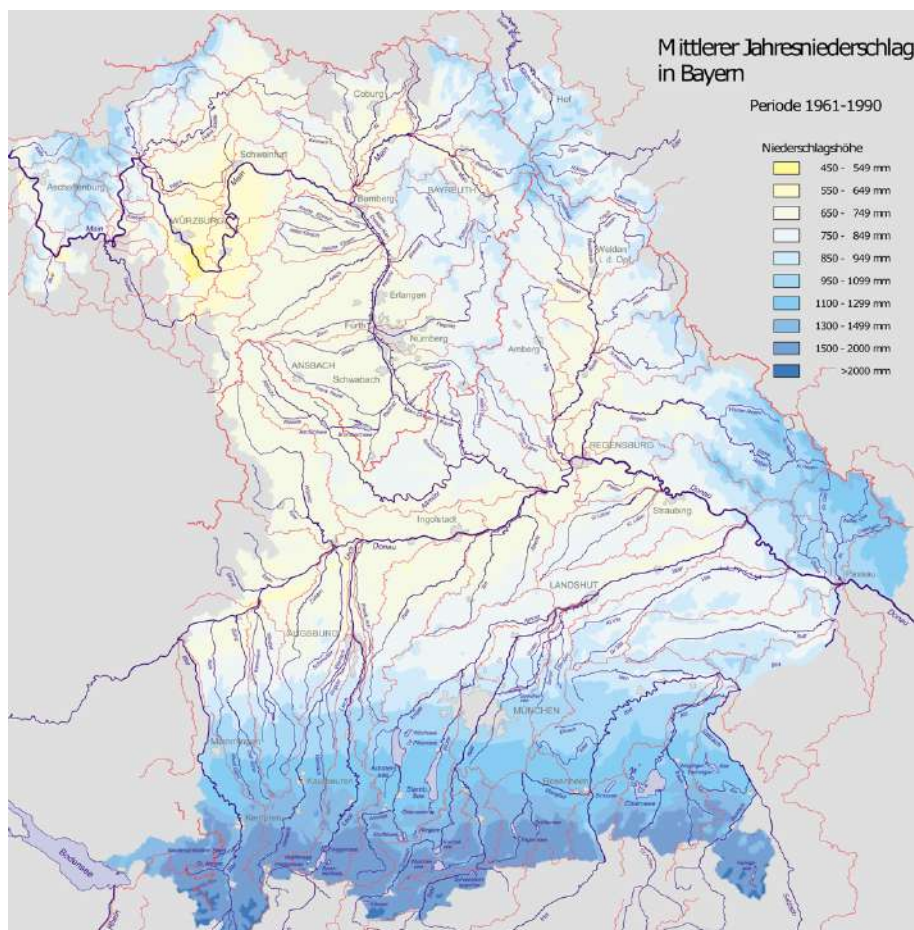


Abbildung 5: Niederschlagssummen Bayern, Jahresmittel 1961-1990
(Quelle: www.lfu.bayern.de, Zugriff am 19.7.2022)

In Abhängigkeit von der Temperatur kann Wasser in fester Form als Schnee fallen. Schnee fließt nicht ab und steigert somit eine Hochwassergefahr nicht unmittelbar. Durch Anstieg der Temperatur kann aber Wasser als Regen auf die Erde niederfallen, ebenso kann es zum Schmelzen von Schnee und somit zur zusätzlichen Freisetzung von Wasser kommen, das zum Hochwasser führt.

Evaporation – Interzeption – Transpiration - Evapotranspiration

Die direkte Verdunstung von Wasser auf den verschiedenen Oberflächen wird als Evaporation bezeichnet. Bei Pflanzenoberflächen spricht man allerdings von Interzeption. Hinzu kommt bei Pflanzen noch die Transpiration, die Verdunstung des von den Pflanzen bereits aufgenommenen Wassers durch die Spaltöffnungen der Blätter.

Die Verdunstung von Boden- oder Wasseroberflächen aus wird als "Evaporation" bezeichnet, die von Pflanzen als "Transpiration". Beide werden unter dem Begriff "Evapotranspiration" zusammengefasst.

Eine besondere Rolle im terrestrischen Wasserkreislauf kommt den Wäldern zu. Sie verdunsten deutlich mehr Wasser als z.B. Ackerland, bei dem ein großer Teil des Niederschlags versickert oder abfließt. In Wäldern verdunsten bis zu 70 Prozent des Niederschlags wieder, bei Ackerland weniger als 50 Prozent.

Unter Interzeption versteht man in der Hydrologie das Abfangen bzw. Zurückhalten von Niederschlägen auf der „Oberfläche“ der Vegetation. Der Interzeptionsverlust beträgt in Nadelwäldern 30–40 Prozent des jährlichen Gesamt-Niederschlags. Die Interzeptionsverluste sind in Laubwäldern mit 15–25 Prozent im Allgemeinen geringer, bei unbelaubten Bäumen betragen sie nur noch 4–7 Prozent. Die Interzeptionskapazität ist die Niederschlagsmenge, die eine Oberfläche aufnehmen und zurückhalten kann. Wenn es zu regnen beginnt, erreicht in einem dichten Wald kaum Wasser den Waldboden, da erst die Oberflächen der Blätter und Nadeln benetzt werden. Erst bei längerer Niederschlagsdauer oder höherer Niederschlagsintensität wird ihre Interzeptionskapazität schließlich überschritten und Wasser tropft auf den Boden. Grundsätzlich benetzen große Tropfen die Blattoberfläche nicht so effektiv wie feintropfiger Regen.

Entstehung von Überflutungen und Oberflächenabfluss

Ein Teil des Niederschlagswassers kann nicht versickern und rinnt oberflächlich ab. Der Anteil des abfließenden Wassers ist abhängig von der Vegetation, dem Boden, der Hangneigung, der Wassersättigung des Bodens. In Abhängigkeit von der Temperatur spielt die Verdunstung des Niederschlags eine Rolle.

Auf versiegelten Flächen wie Dachflächen und Straßen kann Wasser nicht versickern. Hier gelangt der Großteil des Niederschlags zum Abfluss.

Wie schnell Wasser an der Oberfläche abrinnt hängt auch von der Oberflächenbeschaffenheit – der Rauigkeit ab. Als Rauigkeit wird der Widerstand der Oberfläche gegen ein schnelles Abfließen bezeichnet. Eng stehende Pflanzenhalme bremsen den Abfluss. Sie erhöhen die Rauigkeit.

Hangwasser

Als Folge von Starkniederschlägen oder langanhaltenden Niederschlägen kann das Niederschlagswasser nicht mehr versickern und es kommt zu Oberflächenabfluss. Bei Hangwasserabflüssen handelt es sich um Abfluss fern von Gewässern. Ausgelöst werden diese Hochwässer nicht durch übergehende Flüsse, sondern durch das auf die Flüsse zuströmende - als Hangwasser abfließende - Niederschlagswasser.

Als Starkregen bezeichnet man Niederschlagsereignisse, die in einem sehr kurzen Zeitintervall sehr große Regenmengen bringen. Hangwasserereignisse können überall auftreten!

ERKLÄRVIDEO – WIE ENTSTEHT HANGWASSER



Abbildung 6: Erklärvideo – Wie entsteht Hangwasser?

Flusshochwasser

Wasser rinnt oberflächlich den Bächen und Flüssen zu. Wenn die Abflusskapazität der Gerinne erschöpft ist, treten sie über die Ufer. Neben der Beschaffenheit des Bodens, dem Bewuchs und der Geländeneigung ist besonders die Größe des Einzugsgebietes von Flüssen von Bedeutung.

Einzugsgebiete

Ein Einzugsgebiet ist jene Fläche, von der das Wasser zu einem Betrachtungspunkt hin rinnt. Je kleiner ein Einzugsgebiet ist, desto unmittelbarer wirken sich Niederschlagsereignisse auf das Abflussgeschehen aus.

In kleinen Einzugsgebieten gibt es nur kurze Fließwege und demzufolge auch kurze Fließzeiten. Das heißt: Hochwasser kommt rasch, ist aber auch schnell wieder weg.

Je größer ein Einzugsgebiet ist, desto länger wird die Fließzeit. Hochwasserwellen werden durch Retentionsvorgänge entlang des Gewässers in die Länge gezogen. Bei der Retention -dem Rückhalt von Wasser - unterscheidet man zwischen stehender Retention und fließender Retention.

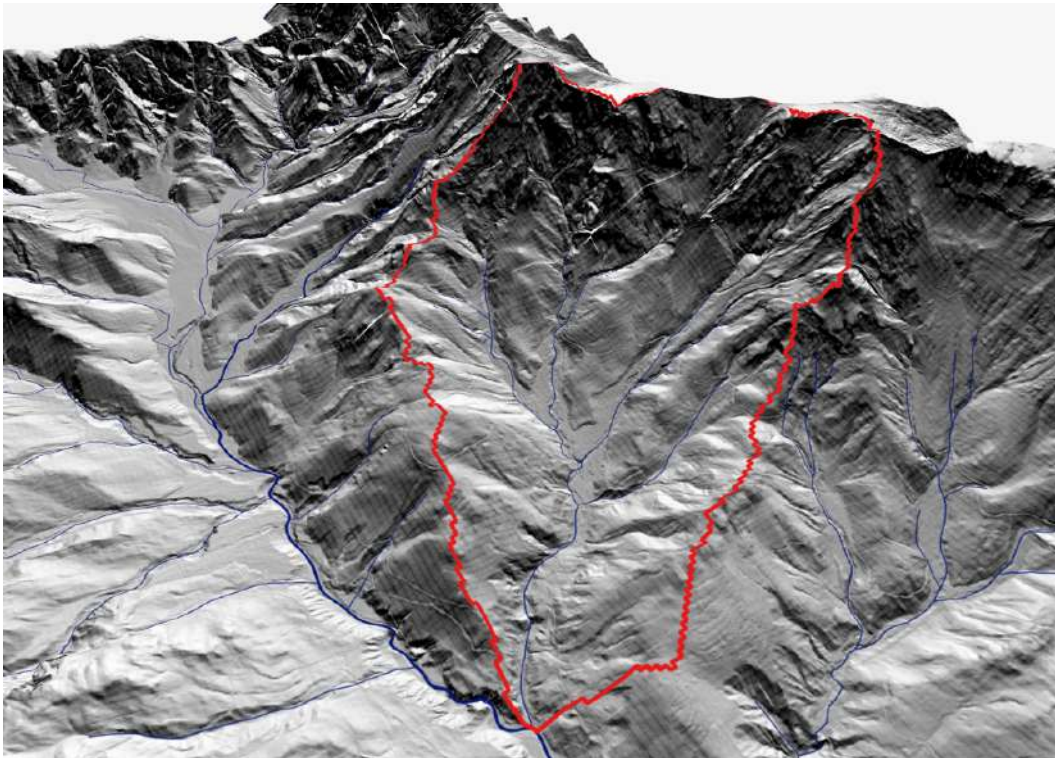


Abbildung 7: Einzugsgebiet

Der maximale Abfluss bei einem Hochwasserereignis in einem Gewässer wird als Hochwasserscheitel oder Scheiteldurchfluss bezeichnet. Wenn sich die Scheitel von Hochwasserwellen überlagern, nimmt der Spitzenabfluss im Hauptgewässer zu. Wenn eine Hochwasserwelle eines Zubringers vor Eintreffen der Hochwasserwelle im Hauptgewässer abrinnt, spricht man von einer vorlaufenden Welle. Wenn die Hochwasserwelle eines Zubringers nach Durchgang der Hochwasserwelle im Hauptgewässer ins Hauptgewässer fließt, spricht man von einer „nachlaufenden Hochwasserwelle“.

Hochwässer können entlang größerer Gewässer auch nur durch die aus dem Einzugsgebiet zuströmenden Wässer entstehen, ohne dass es am Ort der Überflutung geregnet hat.

Über die Flüsse rinnt ein Großteil des Wassers ins Meer. Grundwasser tritt an Quellen wieder an die Oberfläche. Grundwasseraustritte erfolgen oftmals auch direkt in die Bäche und Flüsse. Das Wasser verdunstet und erreicht neuerlich als Niederschlag die Erde.

Literatur

P. Hupfer und A. Helbig (2004): Ozean und Kryosphäre in ihren Wirkungen auf Weltwasserbilanz und Klima, in: Lozán, J.L. u.a.(Hg.): Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle? Wissenschaftliche Fakten, Hamburg 2004, 42-48

↑ Diese und andere Angaben nach M. Quante (2004): Verteilung und Transport des Wassers in der Atmosphäre, in: Lozán, J.L. u.a.(Hg.): Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle? Wissenschaftliche Fakten, Hamburg 2004, 49-56

↑ M. Quante: Verteilung und Transport des Wassers in der Atmosphäre, in: Lozán, J.L. u.a.(Hg.): Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle? Wissenschaftliche Fakten, Hamburg 2004, 49-56

↑ Trenberth, K.E., A. Dai, R.M. Rasmussen and D.B. Parsons (2003): The Changing Character of Precipitation, *Bulletin of the American Meteorological Society* 84, 1205-1217

↑ Vgl. V. Goldberg und C. Bernhofer: Wasserhaushalt bewaldeter Einzugsgebiete, in: Lozán, J.L. u.a.(Hg.): Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle? Wissenschaftliche Fakten, Hamburg 2004, 74-78

Auer I., R. Böhm, A. Jurkovic, A. Orlik, R. Potzmann, W. Schöner, M. Ungersböck, M. Brunetti, T. Nanni, M. Maugeri, K. Briffa, P. Jones, D. Efthymiadis, O. Mestre, J.M. Moisselin, M. Begert, R. Brazdil, O. Bochnicek, T. Cegnar, M. Gajic-Capka, K. Zaninovic, Z. Majstorovic, S. Szalai und T. Szentimrey, 2005: A new instrumental precipitation dataset in the greater Alpine region for the period 1800–2002. *International Journal of Climatology* 25, 139–166, doi:10.1002/joc.1135

Blöschl, G., und A. Montanari, 2010: Climate change impacts – throwing the dice? *Hydrological Processes* 24, 374–381, doi:10.1002/hyp.7574.

Böhm R., 2010: *Heiße Luft – nach Kopenhagen. Reizwort Klimawandel. Fakten – Ängste Geschäfte.* 2. Aufl. Wien, Klosterneuburg: Edition Va Bene, 280 Seiten, ISBN 978-3851672435.

Chimani B., Heinrich G., Hofstätter M., Kerschbaumer M., Kienberger S., Leuprecht A., Lexer A., Peßenteiner S., Poetsch M.S., Salzmann M., Spiekermann R., Switanek M. und H.Truhetz, 2016. ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse. Projektendbericht, Wien.

Fischer, E.M., und R. Knutti, 2016: Observed heavy precipitation increase confirms theory and early models. *Nat.Clim. Change*, 6, 986 – 991.

Formayer, H., und A. Fritz, 2017: Temperature dependency of hourly precipitation intensities – surface versus cloud layer temperature. *Int. J. Climatol.*, 37: 1-10. Doi:10.1002/joc.4678

Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J. Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W. Thorne, M. Wild und P.M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Hiebl, J, und C. Frei, 2018: Daily precipitation grids for Austria since 1961—development and evaluation of a spatial dataset for hydroclimatic monitoring and modelling. *Theoretical and Appl Climatol*, 132, 327–345. DOI 10.1007/s00704-017-2093-x.

Hofstätter, M., A. Lexer, M. Homann und G. Blöschl, 2018: Large-scale heavy precipitation over central Europe and the role of atmospheric cyclone track types. *International Journal of Climatology*, 38, 497–517. DOI: 10.1002/joc.5386.

Ivancic, T.J., und S.B. Shaw, 2016: "A U.S.-Based Analysis of the Ability of the Clausius-Clapeyron Relationship to Explain Changes in Extreme Rainfall with Changing Temperature: CHANGES IN EXTREME RAINFALL IN THE U.S." *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 121 (7): 3066–78. <https://doi.org/10.1002/2015JD024288>.

Lehmann, J., D. Coumou und K. Frieler, 2015: Increased record-breaking precipitation events under global warming. *Climatic Change* [DOI: 10.1007/s10584-015-1434-y] Le Treut, H. and Ghil, M., 1983. Orbital forcing, climatic interactions, and glaciation cycles. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 88(C9), pp.5167-5190.

Lenderink, G., und E. van Meijgaard, 2008: "Increase in Hourly Precipitation Extremes beyond Expectations from Temperature Changes." *Nature Geoscience* 1 (8): 511–14. <https://doi.org/10.1038/ngeo262>.

Lenderink, G., und E. van Meijgaard, 2010: "Linking Increases in Hourly Precipitation Extremes to Atmospheric Temperature and Moisture Changes." *Environmental Research Letters* 5 (2): 025208. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/2/025208>.

Lochbihler, K., G. Lenderink und A. Pier Siebesma, 2019: "Response of Extreme Precipitating Cell Structures to Atmospheric Warming." *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, July, 2018JD029954. <https://doi.org/10.1029/2018JD029954>.

Olefs, M., Formayer, H., Gobiet, A., Marke, T., Schöner, W., in preparation. "Kapitel 2: Klimawandel – Auswirkungen Mit Blick Auf Den Tourismus." In *Tourismus Und Klimawandel Austrian Special Report 2019 (ASR19)*, edited by Ulrike Pröbstl-Haider, Dagmar Lund-Durlacher, Marc Olefs, and Franz Prettenhaler.

Pistotnik, G., M. Hofstätter und A. Lexer, 2020: Starkniederschlag und Hagel. In: *ExtremA 2018 – Aktueller Wissensstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich*, Wien.

Schroeder, K., und G. Kirchengast, 2018. "Sensitivity of Extreme Precipitation to Temperature: The Variability of Scaling Factors from a Regional to Local Perspective." *Climate Dynamics* 50 (11–12): 3981–94. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3857-9>.