

Peter Chiffard, Daniel Karthe,
Katja Heller

Beiträge zum 47. Jahrestreffen
des Arbeitskreises Hydrologie
vom 19.-21. November 2015
in Dresden

Historische Entwässerungsmaßnahmen im Soonwald und ihre Folgen

Michael Tempel, Jörn Schultheiß & Timo Leidinger

Universität Koblenz-Landau, Institut für Integrierte Naturwissenschaften, Abteilung Geographie

1. Einleitung

Der am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges gelegene Soonwald stellt heute eine reine Kulturlandschaft mit weitgehend forstlicher Nutzung dar. Seine anthropogene Überprägung umfasst neben der Bestockung mit forstlichen Nutzhölzern auch ein dichtes Netz von Entwässerungsgräben als Begleiterscheinung der forstlichen Nutzung. Diese wurden seit dem ausgehenden 18. Jahrhundert angelegt, um staunässebeeinflusste Hanglagen mit ökonomisch vorteilhaften Baumarten zu bestocken. Die noch heute im Gelände sichtbaren Strukturen wirken, ebenso wie die begleitenden Gräben des forstlichen Wegenetzes, stark modifizierend auf die Abflussgenese im Soonwald und beeinflussen somit auch den Abflussgang der Nahe, dem Vorfluter der Soonwaldbäche.

Im Rahmen der vorgestellten Untersuchung wird, im Sinne einer komplexen Mensch-Umwelt-Interaktion, ein Wirkungsgefüge erstellt, dass im Kern den Zusammenhang zwischen den anthropogenen Eingriffen im Soonwald und deren Auswirkungen auf die Hochwassergefahr an der Nahe aufzeigt. Dies umfasst auch die weitergehenden gesellschaftlichen Auswirkungen einschließlich der Rückkopplungseffekte auf die Bewirtschaftung der Soonwaldflächen.

2. Untersuchungsgebiet

Sowohl der Soonwald als auch die Stadt Bad Kreuznach sind im Einzugsgebiet der Nahe gelegen (vgl. Abb. 1), das eine Fläche von 4.065 km² umfasst und bei einer Gesamtlänge der Nahe von 125 km eine annähernd kreisrunde Form aufweist. Der weitaus größte Teil der Einzugsgebietsfläche ist den Naturräumen des Saar-Nahe-Berglandes und des Hunsrücks zuzuordnen. Kleinere Areale entfallen auf das Nördliche Oberrheintiefland, das Haardtgebirge und das Pfälzisch-Saarländische Muschelkalkgebiet. Der Anteil forstlicher Flächen im Einzugsgebiet liegt mit insgesamt 38 % ca. 6 % über dem deutschlandweiten Mittel (BMEL 2014).

Auf den im Südosten des Hunsrücks gelegenen zentralen Soonwald, den Großen Soon, entfallen mit 192 km² ca. 4,7 % der Fläche des Naheeingangsgebietes. Die heute fast ausschließlich forstwirtschaftlich genutzte Region ist in drei parallel verlaufende, NE–SW streichende Kämme mit dazwischen liegenden Muldentälern gegliedert. Der Große Soon erstreckt sich von ca. 180 m ü. NN am südwestlichen Rand bis 657 m ü. NN auf dem Ellerspring. Geologisch dominieren vor allem Quarzite (Taunusquarzit), welche die Härtlingszüge ausbilden, und Tonschiefer (Hunsrückschiefer) in den Muldenlagen (vgl. Abb. 2). Während die klüftigen Quarzite eine durchaus nennenswerte Grundwasserführung aufweisen, sind die Tonschiefer durch eine äußerst geringe Permeabilität gekennzeichnet und besitzen keinen ausgeprägten Grundwasserkörper (Martin 1980). Im Laufe des Pleistozäns haben sich auf den Resten der mesozoisch-tertiären Verwitterungsdecke in Folge solifluidaler Prozesse periglaziale Deckschichten ausgebildet, die eine talwärtige Verschleppung des geologischen Ausgangssubstrates bewirken und so den Bodenaufbau, den Vegetationsbestand sowie die resultierenden Prozesse der Abflussgenese im Soonwald in entscheidender Weise beeinflussen (Tempel 2006).



Abb. 1: Soonwald und Stadt Bad Kreuznach im Einzugsgebiet der Nahe (Tempel & Feldmann 2016, verändert)

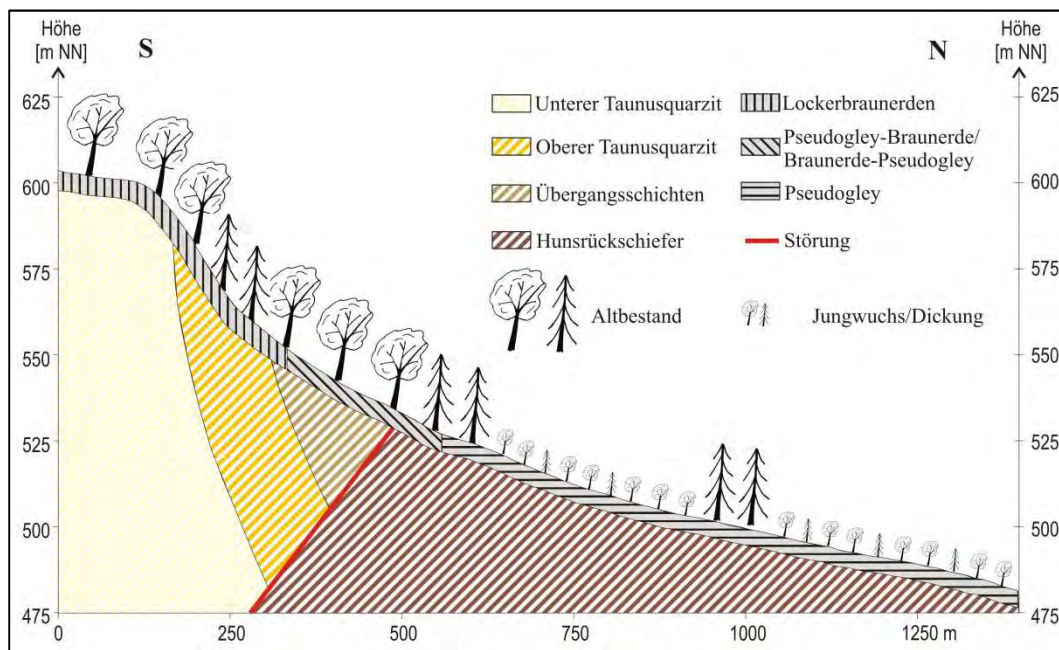


Abb. 2: Halbschematischer Schnitt durch einen exemplarischen Soonwaldhang (Tempel 2006)

Als vorherrschende Bodentypen treten im Soonwald (Locker-)Braunerden auf den Kammlagen und an den Oberhängen auf, die sukzessive über Pseudogley-Braunerden und Braunerde-Pseudogleye am Mittelhang in Pseudogleye (z. T. Stagnogleye) an den Unterhängen übergehen (vgl. Abb. 2). Bei den stauwassergeprägten Böden nimmt die Mächtigkeit des wasserführenden Horizontes zu den Tallagen ab, sodass sich der Staukörper bis zu 30 cm an die Geländeoberkante annähert (Tempel 2006).

Die am Unterlauf der Nahe gelegene Stadt Bad Kreuznach weist heute eine Bevölkerung von ca. 49.000 Einwohnern auf (Statistisches Landesamt RLP 2016) und ist, wie auch die übrigen Anliegerstädte der Nahe, seit jeher von Hochwasserereignissen betroffen. Erste schriftliche Aufzeichnungen berichten über die „große Wasserflut“ im Jahr 1458 (Zapp 2004). Besonders schwere Hochwasserereignisse sind neben 1458 u.a. für die Jahre 1652, 1663, 1725, 1844, 1918, 1948, 1981, 1993 und 1995 dokumentiert (vgl. Ebbeke 2004, Zapp 2004 und o.J., Peil 2009). Die enorme Hochwassergefahr für die Stadt Bad Kreuznach geht dabei nicht ausschließlich von der Nahe selbst und ihren Zuflüssen flussaufwärts aus, sondern auch vom Ellerbach, der in Bad Kreuznach in die Nahe mündet, und dem ihm tributären Gräfenbach, die beide im Soonwald entspringen (vgl. Abb. 1). Dass sich die Naturereignisse dabei zu Naturkatastrophen ausweiten können, ist auch auf die sukzessive Besiedlung der Naheniederung zurückzuführen. Mit dem zunehmenden Bevölkerungsdruck seit Beginn des 19. Jahrhunderts hat sich die Wohn- und Gewerbefläche Bad Kreuznachs mehr als vervierzigfacht, wodurch

auch die Überschwemmungsflächen der Nahe mehr und mehr zum Siedlungsraum wurden. Während heute über 6.500 Menschen (Stadt Bad Kreuznach et al. 2011) bzw. 90 ha Wohn- und Gewerbefläche der Bad Kreuznacher Kernstadt durch extreme Hochwasserereignisse (HQ_{extrem}; Pegelstand der Nahe bei Bad Kreuznach ca. 1.000 cm) bedroht sind (vgl. Abb. 3), waren es im Jahr 1811 lediglich 14,5 ha.

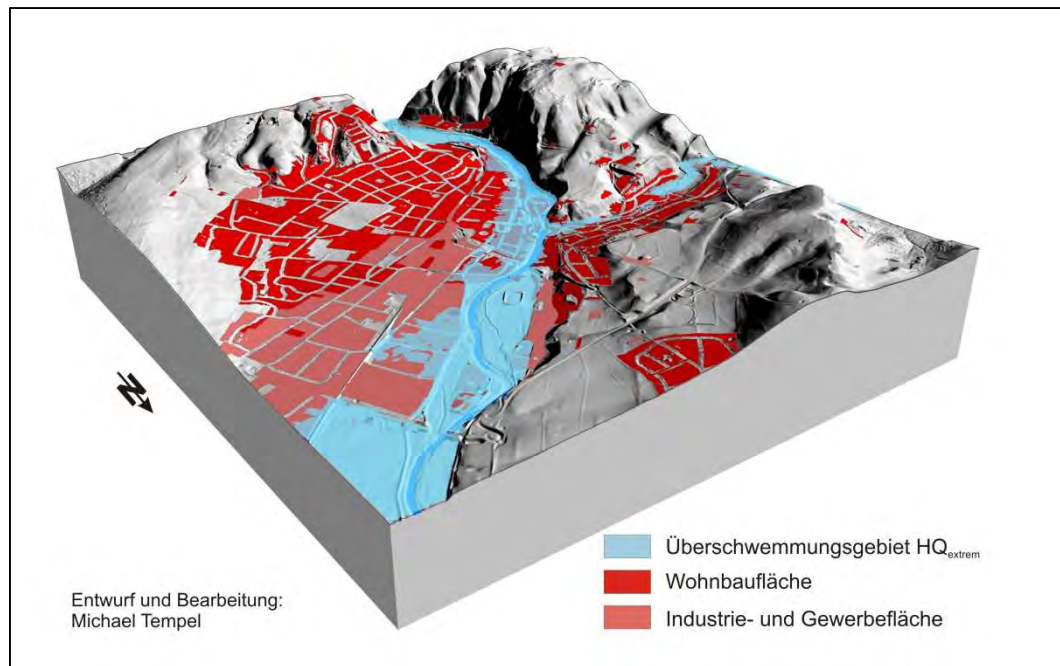


Abb. 3: Überschwemmungsgebiet der Stadt Bad Kreuznach (Kernstadt) bei extremem Hochwasser (HQ_{extrem}; Datenquelle: LVerGeo RLP 2013 und MUFV RLP 2011)

3. Methoden

Seit dem Jahr 1999 erfolgt in zwei Teileinzugsgebieten der Nahe im Soonwald sowie an zwei Modellhängen eine qualitative und quantitative Erfassung der hydrologischer Prozesse und die Aufnahme der hydrologisch relevanten Gebietsausstattung. Zu diesem Zweck wurden u. a. 12 elektronische Pegelanlagen installiert, die eine quasi-kontinuierliche Erfassung des Gebietsabflusses aus den Testgebieten ermöglichen. Die historische Entstehung der Entwässerungsgräben wurde anhand historischer Akten und Karten analysiert und ihre heutige Ausdehnung mittels Fernerkundung und Geländekartierungen aufgenommen. An einem der beiden Modellhänge (Modellhang Landwiesen) wurden die Entwässerungsgräben in Zusammenarbeit mit dem EU LIFE-Natur-Projekt „Entwicklung von Feucht- und Nasswäldern im Soonwald“ (Koordinator: Stiftung Natur und Umwelt Rheinland-Pfalz) von Ende November bis Anfang Dezember 2014 mit Querabschlägen in Sickermulden versehen, um die kanalisierten Abflüsse in die Fläche zu reinfiltrieren. Abbildung 4 zeigt die Lage der Modellhänge sowie die Maßnahmen am wiedervernässten Hang.

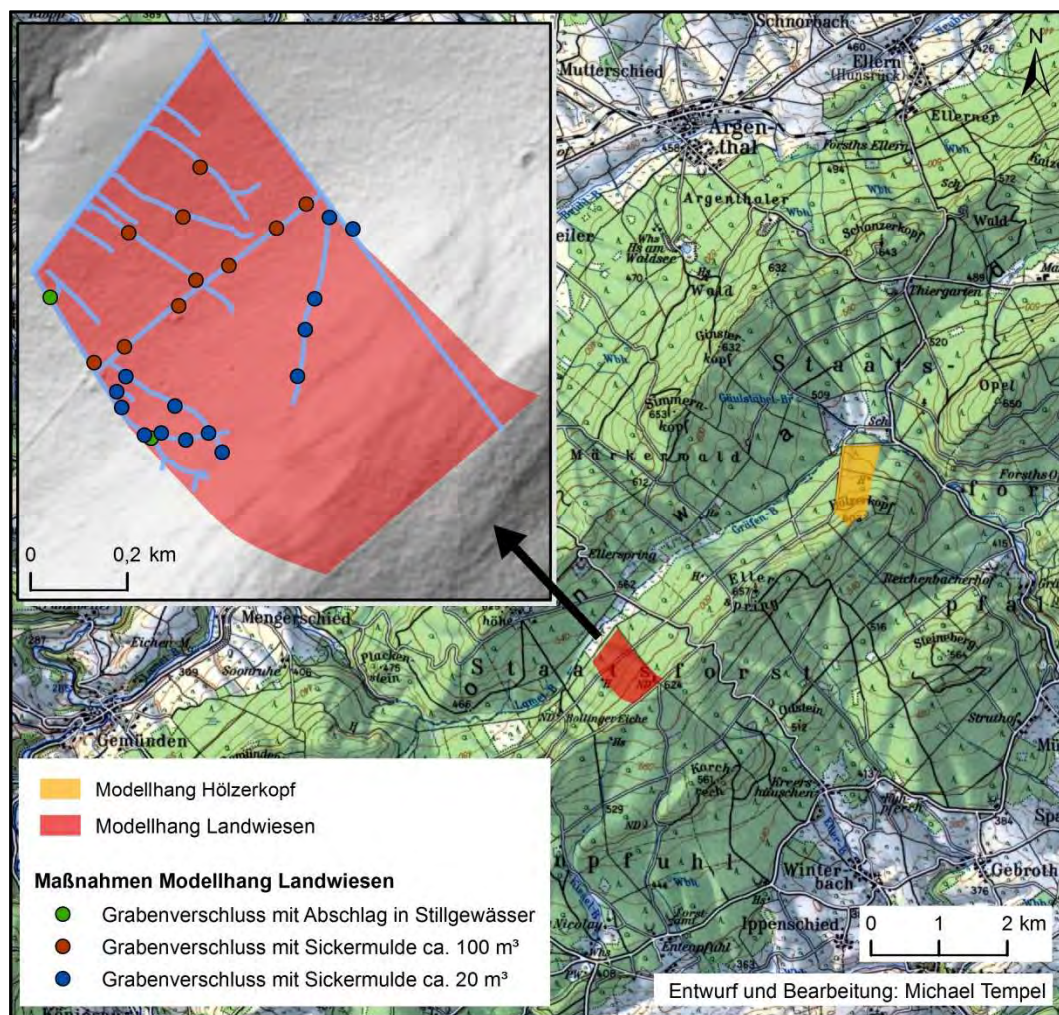


Abb. 4: Lage der beiden Vergleichshänge im Soonwald und Wiedervernässungsmaßnahmen am Modellhang Landwiesen im Überblick (Kartengrundlage: LVerGeo RLP 1984)

Vergleichende Felduntersuchungen an den beiden Modellhängen ermöglichen so eine Quantifizierung des Einflusses der Entwässerungsstrukturen auf das Abflussgeschehen. Ergänzend zu den Felduntersuchungen wird der Einfluss der historischen Entwässerungsgräben auf das Abflussgeschehen des Modellhangs Landwiesen mithilfe des computergestützten Finite-Elemente-Modells Hydrus 3D analysiert (vgl. Abb. 5), das die Bodenwasserbewegungen prozessorientiert in allen drei Raumdimensionen auf Basis der Richards-Gleichung nachbildet. Der Einfluss der Entwässerungsgräben auf den Abflussgang wird durch die Simulation unterschiedlicher Niederschlagsereignisse (Starkregenereignisse, Landregen) in Kombination mit unterschiedlichen Bodenvorfeuchten analysiert. Dabei werden jeweils drei Szenarien miteinander verglichen: mit Entwässerungsgräben (vgl. Abb. 6), ohne Entwässerungsgräben sowie bei Verfüllung der Gräben mit spezifischem Bodenmaterial.

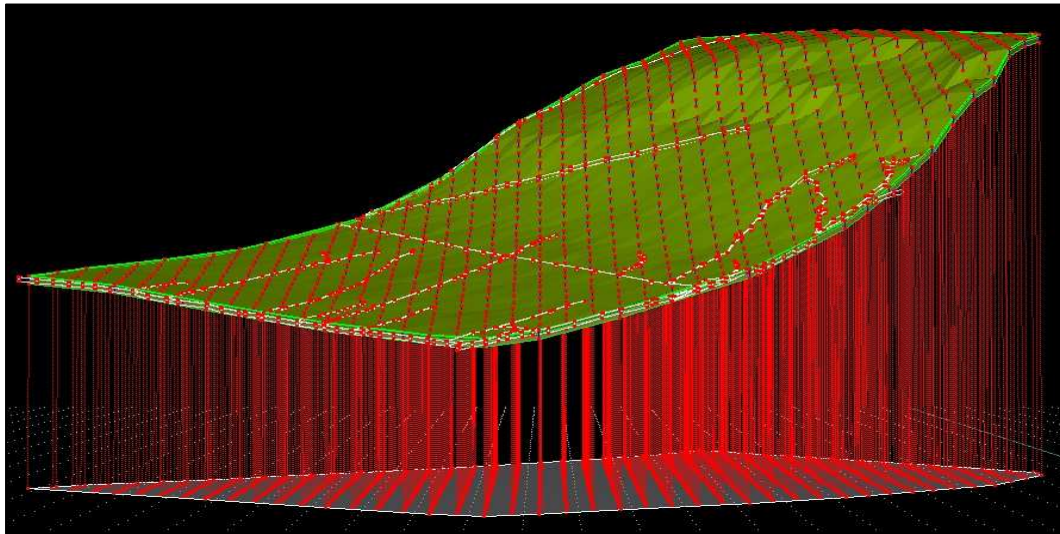


Abb. 5: Aufbau des Modellhangs (Bodenmatrix) mit Entwässerungsgräben in Hydrus 3D (5-fach überhöht)

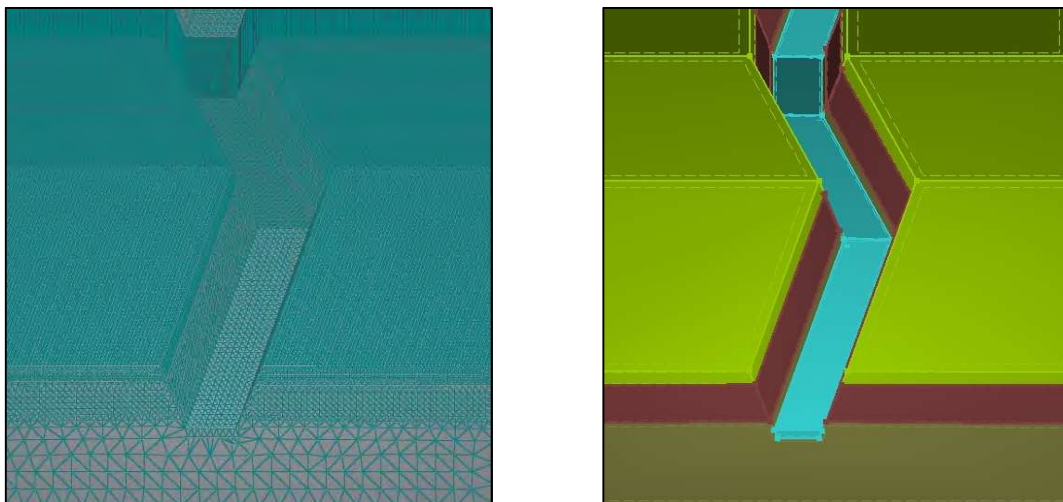


Abb. 6: Finite Elemente eines Ausschnitts der modellierten Domain (links) und identischer Ausschnitt mit Bodenhorizonten sowie Bedeckung der Grabensohle mit hochleitfähigem Material (hellblau), um schnellen Abfluss in den Gräben zu simulieren (rechts)

4. Historischer Entwicklung und heutige Verteilung des Entwässerungsgrabennetzes im Soonwald

Durch durch immer stärker werdende menschliche Nutzung in Kombination mit fehlender forstlicher Pflege wies der Soonwald während des 18. Jahrhunderts einen schlechten forstlichen Zustand auf. Immer häufigere Holznöte führten letztlich dazu, dass Ende des 18. Jahrhunderts (kurpfälzische Zeit) ein geordneter Waldaufbau begann. Zur Aufforstung und Bestandsverbesserung leitete der kurpfälzisch-bayerische

Forstkammerdirektor Johann Peter Kling umfassende Entwässerungen vernässter Flächen ein. Zwischen den Jahren 1784 und 1790 wurden im Soonwald mehr als 146 km Gräben aufgeworfen (Kling 1790). Im Rahmen eines Vortrages an der Pfälzischen Akademie der Wissenschaften im Jahr 1790 führte Kling aus: „Leichter als im Kaiserslauterer Reichswald war die Trockenlegung im Soonwald, weil es meist an dem erforderlichen Gefälle nicht fehlte. Mehr als 30.000 Ruthen [rund 135.000 m] an Gräben sind im Soonwald schon gezogen. Und wenn noch einige tausend Ruthen werden aufgezogen sein, so ist diese Verbesserung beendet. Ferner begann man 1786 damit, die Quellen an den Berghängen aufzufangen und abzuleiten. Die Wirkung ist ganz auffallend und erfreulich: Man sieht wieder junge Eichen und Buchen gedeihen, wo vorher die Pflanzen in Sümpfen erfroren oder vertrocknet und wo die elende Krachweide sich schon als Afterfamilie eingemischt hatte“ (nach Bauer 1962, S. 115f.). Durch die französische Annexion um 1800 erlitten die forstlichen Aufbauarbeiten zunächst zwar einen Rückschlag (Schultheiß 2014), die Entwässerung der vernässten Soonwaldflächen wurde im weiteren Verlauf der französischen Herrschaft jedoch erneut vorangetrieben, sodass im Jahr 1810 bereits mehr als 36 km Gräben neu angelegt waren (Wenzel 1810). Vermutlich wurden bis zu den Befreiungskriegen nochmals über 63 km weitere Gräben eingebracht (D'Egremont et al. 1811). Unter der folgenden preußischen Herrschaft wurden Neuaufforstungen und Maßnahmen der Forstverbesserung nochmals forciert. Die Anfertigung von Entwässerungsgräben nahm deutlich zu (Hahn 1894) und die Fichte wurde damit einhergehend zum wichtigsten Wirtschaftsbaum im Soonwald (Bauer 2007). Der Höhepunkt der Entwässerungsmaßnahmen war Mitte des 19. Jahrhunderts erreicht, als man jährlich die Anfertigung von 23 km Gräben plante. Der Erste Weltkrieg führte zu einer hohen Holzentnahme. Die nachhaltige Waldpflege konnte nicht beibehalten werden, sodass die Neuanfertigung und Säuberung von Gräben zurückging (Asmus 1916). Erst in den 1920er Jahren erfuhr der nachhaltige Waldbau im Soonwald - und damit auch die Entwässerung - wieder einen Aufschwung (Schultheiß 2014). Die Entwässerung wurde als Forstverbesserungsmaßnahme noch bis in die 1980er Jahre intensiv angewandt, die Neuanfertigung von Gräben betrug jedoch in den 1980er Jahren nur noch wenige Kilometer jährlich (mündl. Mitteilung Nagel 2014). Nach starken Windwürfen in Fichtenbeständen in den 1980er Jahren und zu Beginn der 1990er Jahre (allein Orkan Wiebke fielen im Jahr 1990 15 % der bewaldeten Fläche des Forstamtes Soonwald zum Opfer; vgl. Siegert et al. 2009) wurde die Förderung der Fichte sowie die Anfertigung und Säuberung von Entwässerungsgräben eingestellt. Die letzten Gräben wurden im Soonwald im Jahre 1998 angefertigt (schriftl. Mitteilung Closen 2014, mündl. Mitteilung Nagel 2014).

Im Soonwald wurden stets offene Entwässerungsgräben für die forstliche Trockenlegung genutzt. Drainagen und andere Entwässerungsarten spielten keine Rolle. Bis Mitte des 19. Jahrhunderts stand dabei die forstliche Nutzbarmachung vernässter Flächen im Vordergrund, ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurde vorwiegend entwässert, um die Qualität vorhandener Bestände zu erhöhen. Dabei wurde die Entwässerung vor allem für die

Einbringung der standortfremden Fichte angewandt (Kling 1790, D'Egremont 1808, Bauer 2007, mündl. Mitteilung Closen 2014). Ausgehend von der kurpfälzischen Zeit nahm die Dimension und Komplexität der Grabensysteme immer weiter zu (Schultheiß 2014). Während die Systeme zu kurpfälzischer Zeit lediglich aus einem quellbereichsumfassenden Graben und einem Ableitungsgraben bestanden (Kling 1790), wurden sie seit der französischen Zeit vorwiegend aus einem in den Vorfluter mündenden Hauptgraben mit einem verzweigten Netz abgehender Seitengräben errichtet. Diese Art der Grabensysteme wurde bis zum Ende der Entwässerungsförderung im Soonwald am häufigsten genutzt (Jaeger 1810, Schultheiß 2014).

Die Entwässerungsgräben sind auch heute noch weithin im Gelände sichtbar (vgl. Abb. 8). Vor allem Hauptgräben und Gräben in Fichtenbeständen sind besonders gut erhalten. Seitengräben und Gräben in Laubbeständen sind demgegenüber häufig mit Sediment verfüllt und zusammengefallen. Nach eigenen Kartierungen des Grabennetzes im Jahr 2015 beträgt die heutige Ausdehnung der Entwässerungsgräben in den Einzugsgebieten des oberen Lamet- und Gräfenbaches ca. 192 km. Diese werden durch ca. 103 km Wegseitengräben ergänzt, sodass sich die gesamte Grabennetzdichte auf durchschnittlich 107 lfm/ha beläuft. Die staunässebeeinflussten unteren Hangbereiche sind dabei überdurchschnittlich stark von Gräben durchzogen (vgl. Abb. 7).

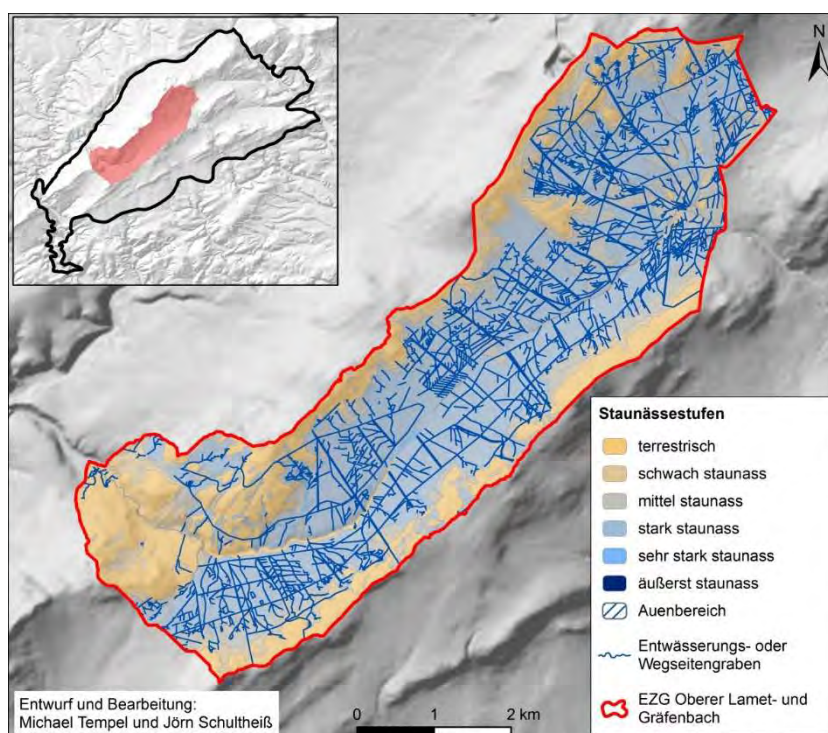


Abb. 7: Staunässestufen und Grabennetz in den Einzugsgebieten des oberen Lamet- und Gräfenbaches (Grabennetz nach eigener Kartierung im Jahr 2015).



Abb. 8: Grabenzustand im Jahr 2015 – links: Fichtenbestand, rechts: Laubbestand (Fotos: Jörn Schultheiß).

5. Abflussmodifikation im Soonwald in Folge Entwässerungsgräben

In unbeeinflusstem Zustand (ohne Entwässerungsgrabennetz, vgl. Abb. 9) erfolgt nur in den oberen Hangbereichen eine nennenswerte Neubildung von Grundwasser, welches, bedingt durch den geologischen Wechsel im Untergrund, in einer Quelllinie am Mittelhang wieder als return flow zutage tritt oder als Interflow oberflächenparallel im Boden abfließt. Interflow stellt in seinen unterschiedlichen Ausprägungen als Mikro- oder Makroporenfluss zugleich den dominierenden Abflussprozess der Mittelhänge dar, während am Unterhang die Neigung zur Ausbildung von Sättigungsflächen ansteigt.

Nach Bauer (1962, S. 117) berichteten bereits die Brüder Stumm von der Gräfenbacher Eisenhütte (Soonwald) im Jahr 1788 von einer erheblichen Modifikation des Abflussganges in den Vorflutern durch die eingebrachten Entwässerungsgräben. Sie beklagten, dass „ehedem bei stärkeren Waldungen und mehreren Sümpfen das Aufschlagswasser [am Wasserrad] nicht allein stärker, sondern auch beständiger“ war. Die forstlichen Entwässerungsmaßnahmen zeigten offensichtlich schon zu Beginn ihrer Anlage eine deutliche Auswirkung auf das Abflussgeschehen. Grundsätzlich führt das Entwässerungsgrabennetz, ergänzt durch die Wegseitengräben, zu einer deutlichen Modifikation der Abflussgenese und des resultierenden Abflussganges der Vorfluter. Die häufig große Einschnitttiefe der Gräben bis zum Stauhizont bewirkt eine fast vollständige Überführung des oberflächennahen Interflows in oberirdischen Gerinneabfluss. Dieser Prozess kann als anthropogener return flow bezeichnet werden (Tempel et al. 2011, vgl. Abb. 10).

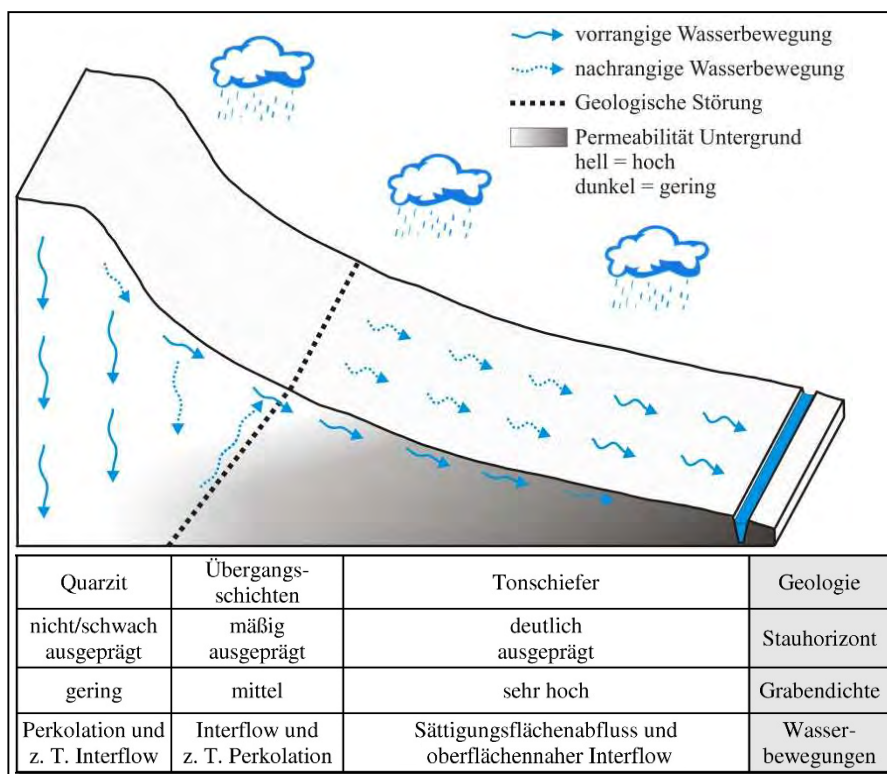


Abb. 9: Modell der natürlichen Abflussbildung an einem Modellhang im Soonwald (Tempel & Feldmann 2016)

Die Vernetzung der Drainagegräben bewirkt wiederum eine rasche Zuführung des oberirdischen Abflusses zum Vorfluter, woraus eine hochwasserverschärfende Wirkung resultiert. Auch Forstwege und Rückegassen tragen, vor allem unter Berücksichtigung der Wegseitengräben, zur Veränderung des Abflussgeschehens bei. Während Wege und Rückegassen durch eine Verdichtung des Bodens (vgl. beispielsweise Tempel 2006 und Zemke 2015) in erster Linie eine Zunahme des Oberflächenabflusses hervorrufen, führen Wegseitengräben (vergleichbar den Entwässerungsgräben), v.a. bei höhenlinienparalleler Weganlage, zu anthropogenem return flow. Bei ausreichender Vernetzung und direktem Anschluss an die Entwässerungsgräben besitzen sowohl die verdichteten Wege und Rückegassen selbst als auch die wegbegleitenden Gräben eine kanalisierende Wirkung und können den entstehenden oberirdischen Abfluss direkt zum Vorfluter leiten (vgl. Tempel 2006, Tempel et al. 2011).

Nur wenige, zumeist auf computergestützten hydrologischen Modellierungen basierende Studien, versuchen den Einfluss von offenen Entwässerungsgräben und Fahrwegen auf den Abflussgang zu quantifizieren. Der weit überwiegende Teil dieser Studien bezieht sich dabei entweder auf Naturräume, die nicht mit dem Rheinischen Schiefergebirge vergleichbar sind, oder Areale mit abweichender Landnutzung. Entsprechende Studien liegen z.B. von Seuna (1981), Sirin et al. (1991), Iritz et al. (1994), Ludin (1994), Dunn & Mackay (1996), Prevost

et al. (1999), Carlier & De Marsily (2004) und Bernhous et al. (2014) vor. Wie auch Behem (2006) zusammenfasst, sind die Ergebnisse in Abhängigkeit von den Randbedingungen (Naturraum, Landnutzung, Ereignischarakteristika etc.) sehr heterogen. So werden beispielsweise sowohl Zu- als auch Abnahmen in der Häufigkeit und der Höhe von Hochwasserscheiteln infolge von Entwässerungsmaßnahmen beschrieben. Eine Übertragung der Ergebnisse auf den Soonwald ist aufgrund der spezifischen Gebietseigenschaften somit nicht möglich. Die einzige abgeschlossene Studie, die den Einfluss des forstlichen Wegenetzes einschließlich Wegseitengräben auf die Abflussentstehung im Soonwald zu quantifizieren versucht, stammt von Bott (2002). Mithilfe des computergestützten, physikalisch basierten Modells CATFLOW kommt er zu dem Ergebnis, dass das aus einem einzelnen Niederschlagsereignis resultierende Abflussvolumen in Abhängigkeit von der Hangposition, der Vorsättigung der Böden sowie den Niederschlagscharakteristika durch das Wegenetz und die zugehörigen Wegseitengräben um 2,9 bis 5,3 Prozentpunkte ansteigt.

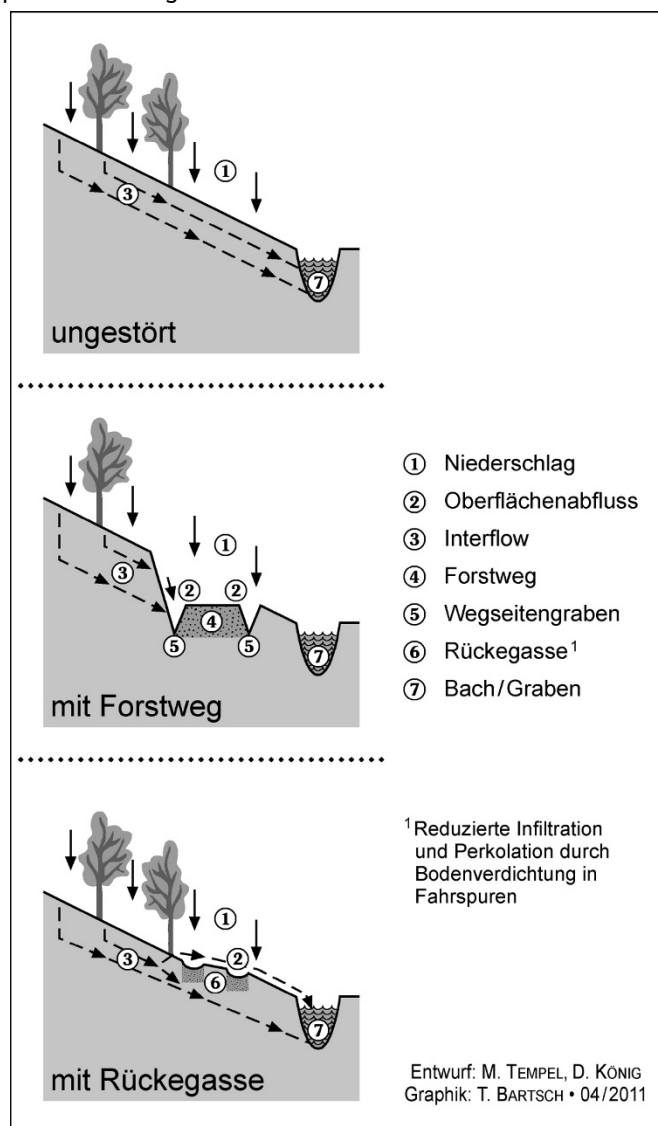


Abb. 10: Einfluss anthropogener linearer Strukturen auf die Abflussentstehung in bewaldeten Einzugsgebieten (Tempel et al. 2011)

Erste Auswertungen der Gebietsabflüsse an den beiden Modellhängen im Soonwald (Modellhang Hölzerkopf mit intaktem Entwässerungsgrabensystem und Modellhang Landwiesen mit Querabschlägen an den Entwässerungsgräben zur Reinfiltration des anthropogenen return flows in die Fläche, vgl. Kapitel 3) deuten an, dass die Reinfiltration der Grabenabflüsse eine Verringerung der Abflussvolumina sowie eine Absenkung der Scheitelabflüsse hervorruft. Abbildung 11 und 12 stellt den Abflussgang der Testgebiete vor bzw. nach den Eingriffen am Modellhang Landwiesen gegenüber.

Die Ergebnisse der computergestützten Modellierung mit Hydrus 3D liegen aktuell noch nicht vor.

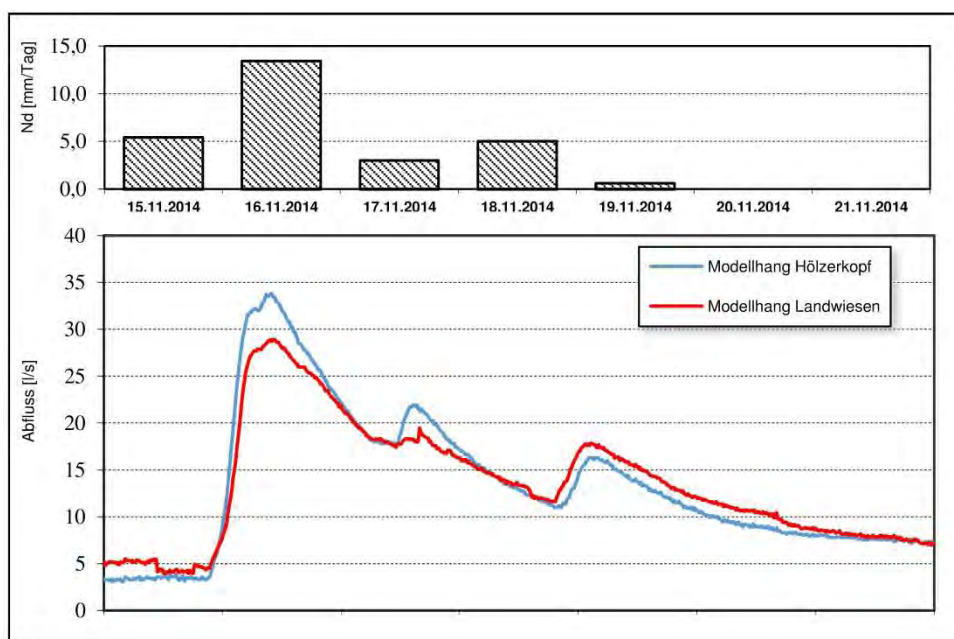


Abb. 11: Abflussgang der Modellhänge im Zeitraum 15.11.2014 bis 21.11.2014 (vor Wiedervernässung)

Die Betrachtung der Überlagerung der Scheitelabflüsse der Soonwaldbäche und der Nahe belegt die Relevanz der dargestellten Abflussgenese im Soonwald für die Hochwasserereignisse der Nahe in Bad Kreuznach: Die Hochwasserscheitel der Mittelgebirgsbäche überlagern sich im Allgemeinen weitgehend mit den maximalen Abflüssen der Nahe in Bad Kreuznach (vgl. Tempel & Feldmann 2016).

6. Mensch-Umwelt-Interaktion: Veränderung der Abflussgenese im Soonwald durch Entwässerungsgräben und die resultierende Hochwassergefahr in Bad Kreuznach im Überblick

Der Soonwald, der einen Flächenanteil von 4,7 % des Naheeingzugsgebietes einnimmt, ist vor allem in unteren Hanglagen durch flachgründige, staunasse Böden auf wasserunwegsamem Hunsrückschiefern geprägt. Diese bedingen, auch ohne weitergehende anthropogene Eingriffe, eine hohe Variabilität im Abflussgang und hohe

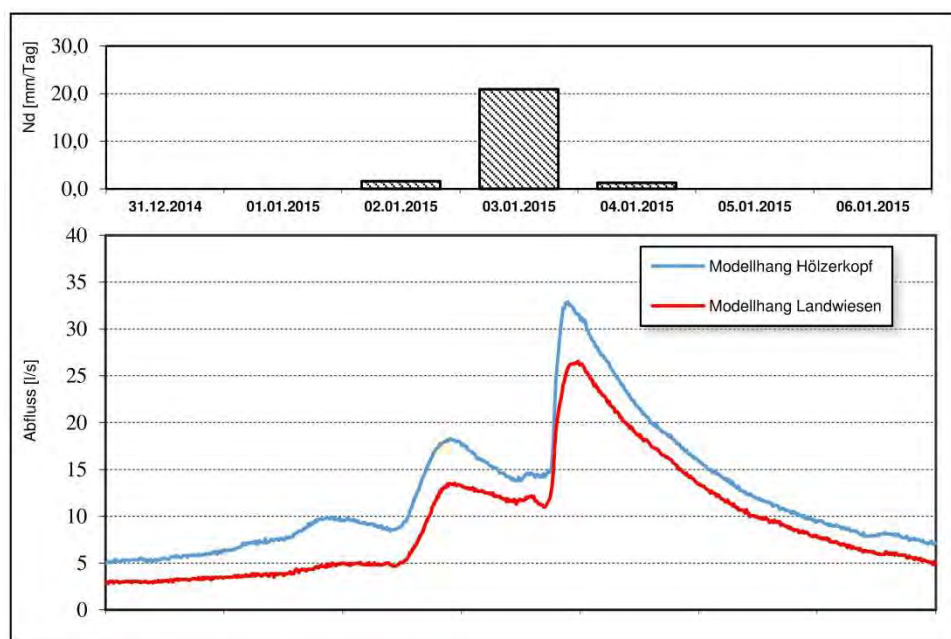


Abb. 12: Abflussgang der Modellhänge im Zeitraum 31.12.2014 bis 04.01.2015 (nach Wiedervernässung)

Abflussspenden und hemmen eine gewinnbringende, ressourcenökonomische Forstwirtschaft. Dennoch sind heute 86 % der Fläche des Soonwaldes durch die forstliche Nutzung geprägt. Die zugrunde liegenden gesellschaftlichen Entscheidungen wurden Ende des 18. Jahrhunderts getroffen: Zur Maximierung der forstwirtschaftlichen Erträge wurden sukzessive Entwässerungsgräben angelegt und ehemalige Feuchtstandorte mit Fichten bestockt. Verstärkt durch die Verdichtung des forstlichen Wegenetzes kommt es zur Überführung des oberflächennahen Interflows in anthropogenen return flow, der als oberirdischer Gerinneabfluss in den Entwässerungsgräben schnell den Vorflutern (z. B. Gräfenbach, Lametbach oder Ellerbach) zufließt und nach aktuellem Erkenntnisstand eine Erhöhung der Abflussscheitel und der Abflussvolumina aus dem Gebiet bewirkt. Gemeinsam mit den Auswirkungen anthropogener Eingriffe in anderen Teileinzugsgebieten trägt dies deutlich zur Hochwasserentstehung an der Nahe bei.

Die Flussniederung der Nahe ist jedoch, bedingt durch die Vorteile der Gewässernähe, seit jeher ein bevorzugter Siedlungsraum. Seit Beginn des 19. Jahrhunderts hat sich die Wohn- und Gewerbefläche Bad Kreuznachs mehr als vervierzigfacht und sich verstärkt in die Überschwemmungsfläche der Nahe ausgeweitet. Diese Ausweitung bedingt eine beträchtliche Zunahme des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Schadenspotenzials durch Hochwasser. Alleine die Hochwasserereignisse der Jahre 1993 und 1995 verursachten in Bad Kreuznach Schäden in Höhe von ca. 200 Mio. DM (Ebbecke 2004) und führten zu Veränderungen im gesellschaftlichen Diskurs: Forderungen nach geeigneten Konzepten und Maßnahmen zum Hochwasserschutz traten verstärkt in

den Vordergrund und wurden, unter Bewertung der sozialen und physisch-materiellen Sachverhalte, letztendlich zum gesellschaftlichen Ziel.

Die politische Umsetzung dieses Ziels erfolgte auf der Ebene der Wasserwirtschaft sowie der Ebene der Landesentwicklung, Raumordnung und Siedlungsentwicklung, sodass in mehreren Programmen der örtliche (technische) Hochwasserschutz ausgeweitet und verstärkt Vorrangflächen für Überflutungsbereiche im Rahmen der Raumplanung ausgewiesen wurden. Alleine in der Stadt Bad Kreuznach wurden bis zum Jahr 2004 technische Hochwasserschutzmaßnahmen mit einer Länge von insgesamt 5,7 km umgesetzt. Anthropogene Eingriffe in den Forststandorten sind bis heute jedoch kaum Bestandteil des gesellschaftlichen Diskurses und somit weitgehend irrelevant für gesellschaftliche Handlungsentwürfe. Lediglich in vereinzelten Projekten, die allerdings in erster Linie der Biodiversitätssteigerung dienen, wurden und werden Maßnahmen durchgeführt, die zugleich den dezentralen Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Nahe fördern (z.B. das bereits abgeschlossene EU LIFE-Natur-Projekt „Entwicklung von Feucht- und Nasswäldern im Soonwald“ oder das 2015 gestartete EU LIFE-Natur-Projekt „Wiederherstellung und Erhalt von Hang- und Zwischenmooren im Hochwald (Hunsrück)“). Unter anderem erfolgt(e) hier auch ein Rückbau anthropogener linearer Landschaftsstrukturelemente, der zu einer Wiedervernässung ehemaliger Nassstandorte im Hunsrück führen und eine Verminderung der Abflussvolumina und Abflussscheitel bedingen kann. Zumindest in diesen Projektgebieten erfolgt zugleich ein Anstoß zur Transformation der ressourcenökonomisch nachhaltigen Forstwirtschaft in eine ressourcenökonomisch und ökologisch nachhaltige Forstwirtschaft, die Nassstandorte entsprechend ihres Naturraumpotenzials bewirtschaftet. Großflächige Rückbaumaßnahmen im südlichen Rheinischen Schiefergebirge könnten nach aktuellem Forschungsstand die Hochwassergefahr für die Naheanlieger erheblich verringern. Abbildung 13 fasst die dargelegten Sachverhalte in einem Wirkungsgefüge zusammen.

7. Quellenverzeichnis

- Asmus (1916): Forst- Kultur-Plan und Rechnung der Oberförsterei Entenpfuhl im Inspektionsbezirke Coblenz-Soon für das Wirtschafts- und Kulturjahr 1915 (abgeschickt am 9.12.1916). Entenpfuhl. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 537,057 Nr. 448.
- Bauer, E. (1962): Der Soonwald im Hunsrück. Forstgeschichte eines deutschen Waldgebietes. Schriftenreihe zur Trierischen Landesgeschichte und Volkskunde. Freiburg.
- Bauer, E. (2007): Der Soonwald – Auf den Spuren des Jägers aus Kurpfalz. 2. Neuauflage. Seibersbach.
- Behem, E. (2006): The Effect of Peat Land Drainage and Afforestation on Runoff Dynamics: Consequences on Floods in the Glomma River. In: Krecek, J. und Haigh, M. (Hrsg.): Environmental Role of Wetlands in Headwaters. Earth and Environmental Sciences 63, 59-75.

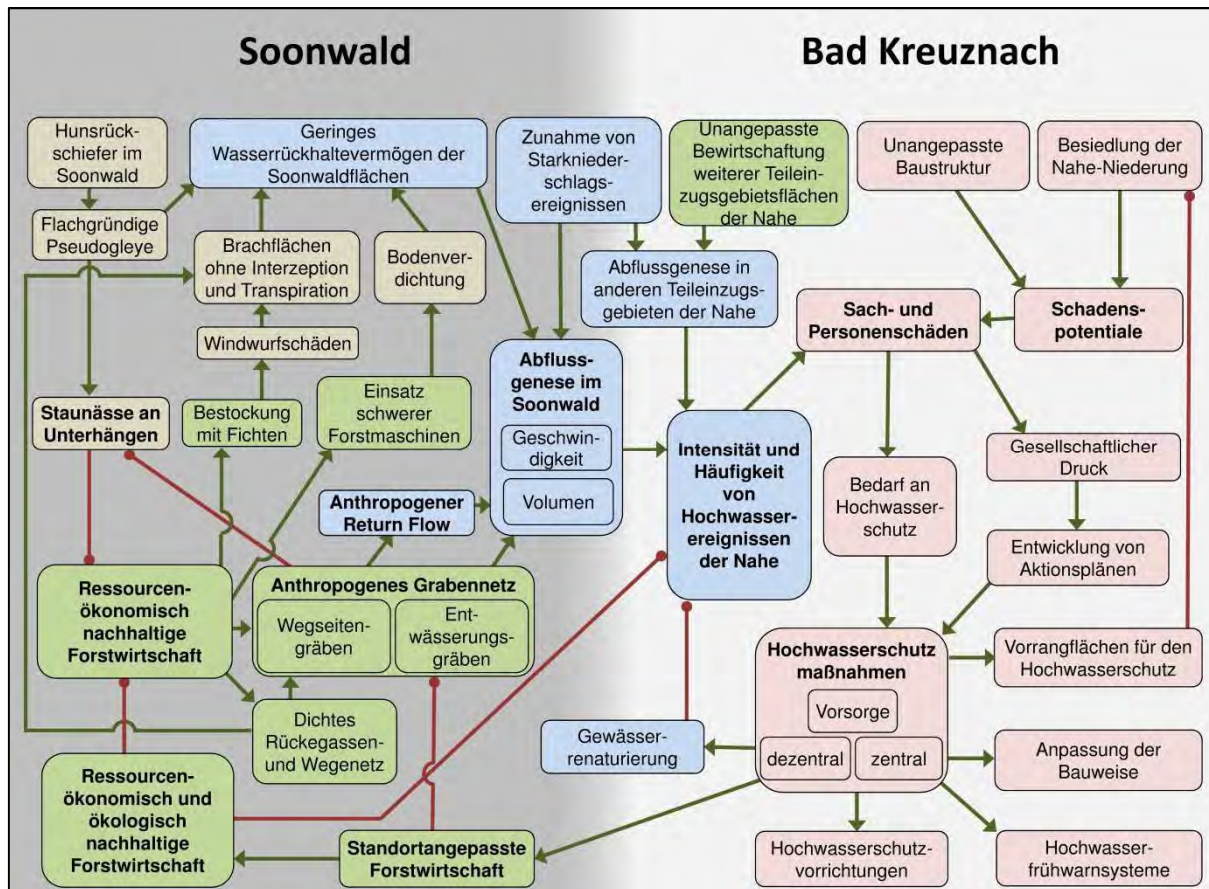


Abb. 13: Ursache-Wirkungs-Gefüge zur anthropogenen Abflussmodifikation im Soonwald und deren Rückkopplungseffekten auf die Gesellschaft (Tempel & Feldmann 2016)

BMEL (Hrsg.) (2014): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Berlin.

Bott, W. (2002): Prozessorientierte Modellierung des Wassertransports zur Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen in bewaldeten Einzugsgebieten. Dissertation. Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

Carlier, N. und De Marsily, G. (2004): Assessment and modelling of the influence of man-made networks on the hydrology of a small watershed: implications for fast flow components, water quality and landscape management. In: Journal of Hydrology 285, 76–95.

ernohous, V.; Švihla, V.; Šach, F. und Kacálek, D. (2014): Influence of Drainage System Maintenance on Storm Runoff from a Reforested, Waterlogged Mountain Catchment. In: Soil and Water Research 9, 90-96.

- D'Egremont, F. (1808): Schreiben vom 24.11.1808, in dem das Vorhaben der Grabenanlegung in drei Forstrevieren beschrieben wird. Simmern. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 216 Nr. 11125.
- D'Egremont, F.; Melsheimer, E.; Melsheimer, M.; Petetin und Utsch, C. (1811): Schreiben vom 10.12.1811, das Angaben zu den anzufertigenden Gräben im Forstrevier Struthof und Neupfalz enthält. Neupfalz. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 216 Nr. 11125.
- Dunn, S. M. und Mackay, R. (1996): Modelling the hydrological impacts of open ditch drainage. In: Journal of Hydrology 179, 37-66.
- Ebbeke, R. (2004): Nie mehr nasse Füße in Bad Kreuznach. In: SGD Nord RLP (Hrsg.): Hochwasserschutz Bad Kreuznach. Ein Projekt des Landes Rheinland-Pfalz. Koblenz, 78-87.
- Hahn (1894): Entgegnung auf den Angriff des Herrn Provinzial-Forstdirektor Gmeis in dem Aufsatz: Zur Entwässerung des Buchenhochwaldes in Schleswig-Holstein. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 70 (4). 138-140.
- Iritz, L; Johansson, B. und Lundin, L. (1994): Impacts of forest drainage on floods / Impacts sur les crues du drainage des forêts. In: Hydrological Science Journal 39, 637-661.
- Jaeger, J. A. (1810): Kopie des Vertrags über die Anlegung der Gräben bei Entenpfuhl am 2.4.1810 welches zudem das Versteigerungsprotokoll beinhaltet. Winterburg. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 216 Nr. 11125.
- Kling, J. P. (1790): Vorschriftsmäßige Behandlung der Domainen-Waldungen in der Churpfalz. Mannheim.
- Lundin, L. (1994): Impacts of forest drainage on flow regimes. Studia Forstalia Suecica 192. Uppsala.
- LVerGeo RLP (Hrsg.) (1984): Topographische Karte 1:100.000. C6310. Bad Kreuznach. Koblenz.
- LVerGeo RLP (Hrsg.) (2013): DTK25 Blatt 6113. Koblenz.
- Martin, E. (1980): Der Taunusquarzit im nordöstlichen Soonwald. Analyse eines Kluftwasserspeichers. Mainz.
- MUFV RLP (Hrsg.) (2010): Bewertung des Hochwasserrisikos in Rheinland-Pfalz. Mainz.
- Peil, M. (2009): Die große Flut – Hochwasserkatastrophen in Bad Kreuznach und dem Landkreis im 20. Jahrhundert. Gutenberg.
- Prevost, M.; Plamondon, A. P. und Belleau, P. (1999): Effects of drainage of a forested peatland on water quality and quantity. In: Journal of Hydrology 214, 130-143.
- Schultheiß, J. (2014): Historische Beeinflussung des Wasserhaushaltes im Soonwald. Unveröffentlichte Masterarbeit an der Professur für Landespflege, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

- Seuna, P. (1981): Long-term effects of forestry drainage on the hydrology of an open bog in Finland. In: Publications of the Water Research Institute 43, 3-14.
- Siegert, K.; Pollmeier, M. und Closen, B. (2009): Qualifizieren und Dimensionieren von Frühstartern. In: AFZ-Der Wald 64, 707-708.
- Sirin, A.; Vompersky, S. und Nazarov, N. (1991): Influence of Forest Drainage on Runoff: Main Concepts and Examples From Central Part of the USSR European Territory. In: Ambio 20, 334-339.
- Stadt Bad Kreuznach et al. (2011): Hochwasser Partnerschaft untere Nahe. Bad Kreuznach.
- Statistisches Landesamt RLP (Hrsg.) (2016): Statistische Berichte 2016. Bevölkerung der Gemeinden am 30. Juni 2016. Bad Ems.
- Tempel, M. (2006): Abflussverhalten kleiner, forstlich genutzter Bacheinzugsgebiete am Beispiel des Einzugsgebietes des Oberen Gräfenbaches im Soonwald/Hunsrück. Dissertation. Johannes Gutenberg-Universität Mainz.
- Tempel, M.; Hilger, B. und König, D. (2011): Der Einfluss anthropogenen return flows auf das Abflussverhalten eines bewaldeten Teileinzugsgebietes der Nahe. In: Graafen, R.; König, D. und Oelmann, Y. (Hrsg.): Koblenzer Geographisches Kolloquium 33, 109-125.
- Tempel, M. und Feldmann, J. (2016): Anthropogene Abflussmodifikation im Soonwald und deren Rückkopplungseffekte auf die Gesellschaft. In: Graafen, R. und König, D. (Hrsg.): Koblenzer Geographisches Kolloquium 36. Koblenz.
- Wenzel (1810): Protokoll über die Vermessung und Abnahme der Entwässerungsgräben im Forstrevier Entenpfuhl vom 20.10.1810. Landeshauptarchiv Koblenz, Bestand 216 Nr. 11125.
- Zapp, B. (2004): Hochwasserkatastrophen in Bad Kreuznach. In: SGD Nord RLP (Hrsg.): Hochwasserschutz Bad Kreuznach. Ein Projekt des Landes Rheinland-Pfalz. Koblenz, 12-13.
- Zapp, B. (0. J.): Hochwasserkatastrophen. (Elektronische Ressource: http://www.bad-kreuznach.de/sv_bad_kreuznach/Wirtschaft%20und%20Wohnen/Stadtentwicklung%20und%20Umwelt/Hochwasserschutz/Hochwasserkatastrophen%20in%20Bad%20Kreuznach/; Datum des Zugriffs: 19.02.2015)
- Zemke, J.J. (2015): Messung, Simulation und Modellierung von Oberflächenabfluss und Bodenabtrag auf Wirtschaftswegen in bewaldeten Einzugsgebieten. Dissertation. Universität Koblenz-Landau.