

3.3.5

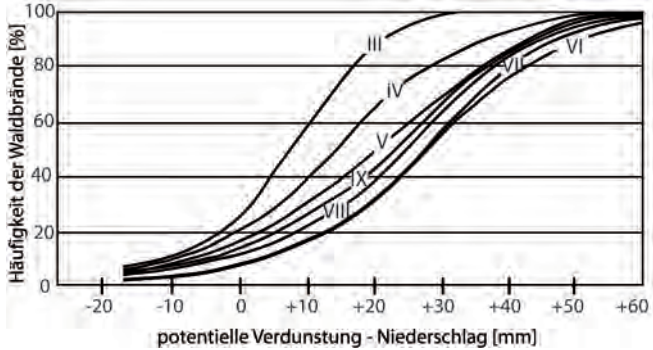
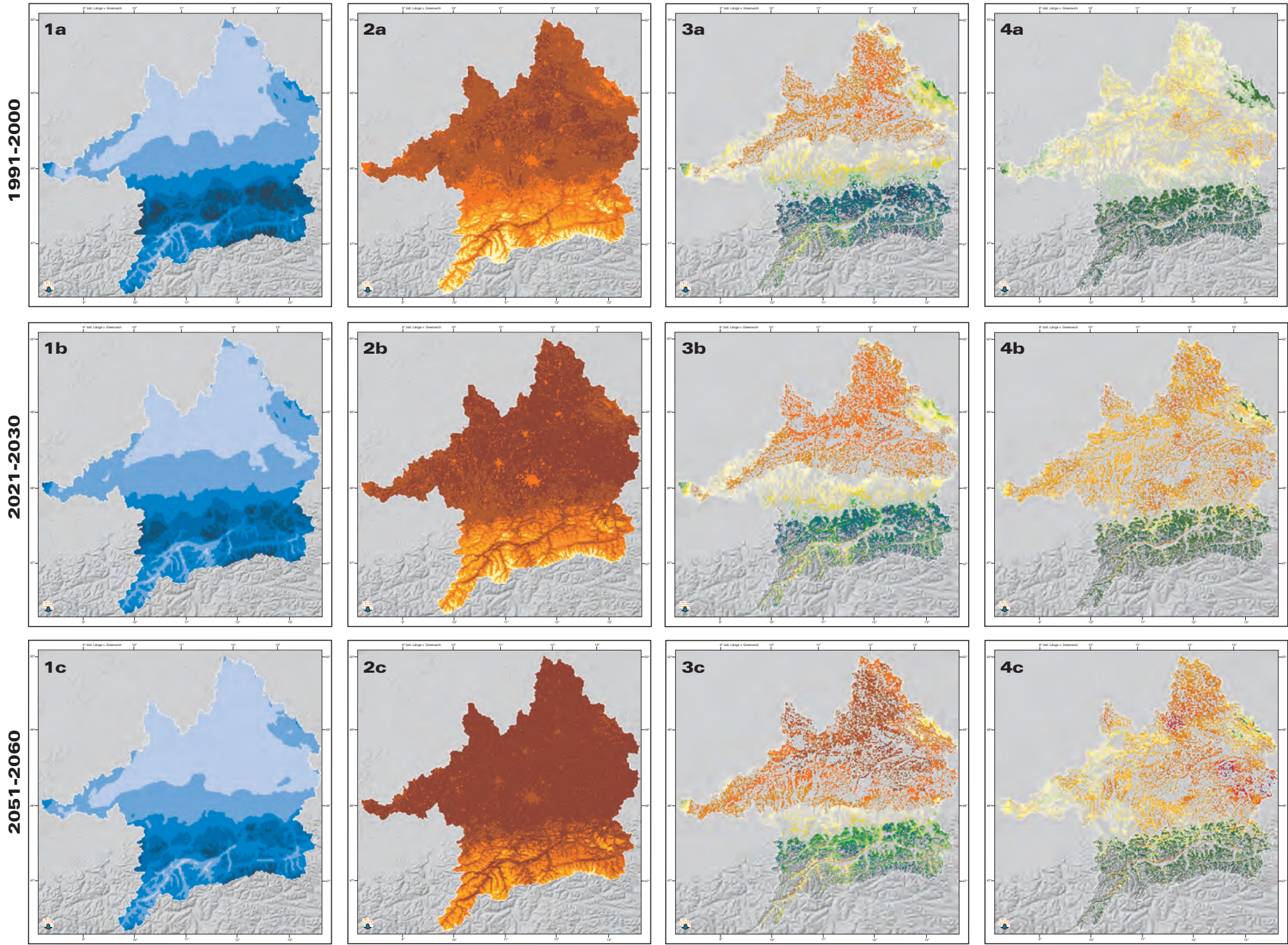


Abbildung 3.3.5.1: Häufigkeitssummenkurven des Baumgartnerindex der Monate März bis September (III bis IX) von 1706 Waldbränden in Bayern von 1950-1959 (nach Baumgartner et al., 1967).

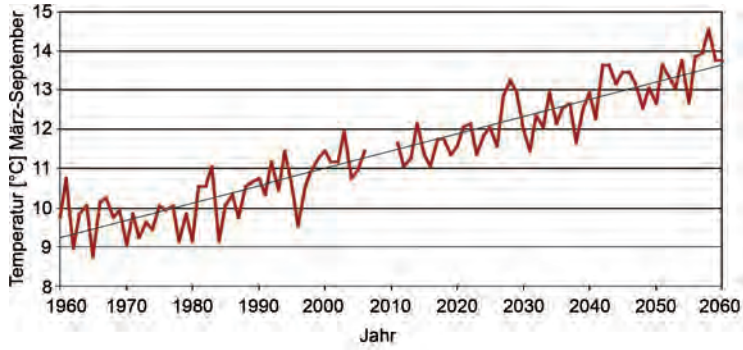
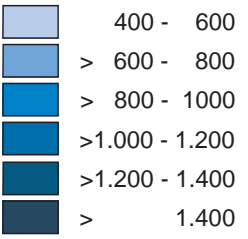
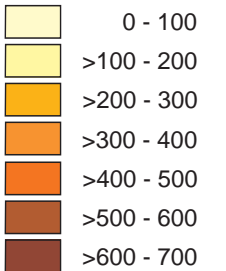


Abbildung 3.3.5.2: Gebietsmittelwerte der Temperaturen von März bis September für die Zeiträume 1960-2005 und 2011-2060 im EZG der Oberen Donau.

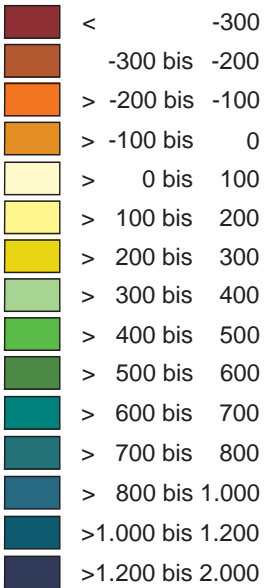
Karten 1a-c:
Mittlerer
Gebiets-
niederschlag [mm]



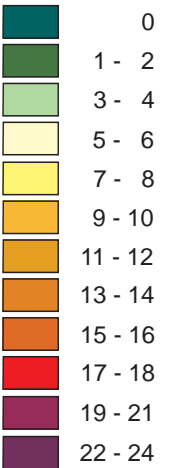
Karten 2a-c:
Mittlere
potentielle
Verdunstung [mm]



Karten 3a-c:
Mittlere
klimatische
Wasserbilanz [mm]



Karten 4a-c:
Waldbrandgefahren-
stufe 4 oder 5
(Tage pro Jahr)



Die Berechnungen fanden unter dem Klimatrend REMO regional und der Klimavariante Baseline für die Monate März-September statt.

GLOBAL CHANGE ATLAS
EINZUGSGEBIET OBERE DONAU



Herausgeber:
GLOWA-Danube-Projekt, Ludwig-Maximilians-Universität München

3.3.5 Teilprojekt Hydrologie/Fernerkundung
Klimatisches Waldbrandrisiko

Rastergröße: 1 x 1 km² Maßstab: 1: 7.700.000



Datengrundlage:
Deutscher Wetterdienst DWD, Offenbach a. Main
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG, Wien
DANUBIA-Landbedeckung und Landnutzung
DANUBIA-Digitales Geländemodell
Ergebnisse des statistischen Klimaantriebs-Generators
(siehe Kapitel S3): Klimatrend REMO regional, Klimavariante Baseline

Autoren:
J. Stagl, M. Prasch, R. Weidinger
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung,
Ludwig-Maximilians-Universität München

Grafik:
Abt. Kartographie
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung,
Ludwig-Maximilians-Universität München

3.3.5 Teilprojekt Hydrologie/Fernerkundung - Klimatisches Waldbrandrisiko

1. Einleitung

Für Mitteleuropa wird infolge der Klimaerwärmung ein Anstieg der Waldbrandgefahr auch in bislang weniger gefährdeten Regionen als wahrscheinlich angesehen (IPCC, 2007). Eine dadurch notwendige frühzeitige Planung von Anpassungsmaßnahmen setzt die Ermittlung der konkreten Gefährdung betroffener Gebiete auf regionaler Ebene voraus. Angesichts der großen Schäden, die Waldbrände verursachen können, ist ihre Vermeidung eine Aufgabe von hoher gesellschaftlicher Relevanz. Zum Schutz der Waldflächen im Einzugsgebiet (EZG) der Oberen Donau (ca. 32% Nadel- sowie 8% Laub- und Mischwald) sind daher Kenntnisse über die regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf die Waldbrandgefahr notwendig. Ausgedehnte Waldflächen finden sich vor allem in der Alpenregion und den Mittelgebirgen (siehe Kapitel 1.3).

Für die Entstehung von Waldbränden bedarf es sowohl direkter Zündursachen als auch dispositiver Faktoren. Die Zündbereitschaft von Pflanzen hängt vom Wasservorrat in und an der Pflanzensubstanz ab und wird folglich durch meteorologische Prozesse gesteuert. Die Zündung selbst ist überwiegend anthropogen verursacht (v.a. durch Brandstiftung und Fahrlässigkeit). In unseren Breiten entstehen nur 3-10% aller Waldbrände durch Blitzschlag (Badeck et al., 2003). Bei den dispositiven Faktoren sind besonders die Temperaturen und die Niederschläge im Jahresverlauf entscheidend. Lange Perioden ohne Niederschläge mit gleichzeitig hohen Verdunstungsraten bei sonnigem Wetter und hohen Temperaturen führen zu Situationen, in denen die Streuschicht und bei geringem Bodenwassergehalt auch die Vegetation sehr trocken und somit brandgefährdet sind (Badeck et al., 2003). Darüber hinaus spielen auch die Jahreszeit und der Waldaufbau, insbesondere die Baumartenzusammensetzung und der Bestandsschluss, eine große Rolle. Junge Kulturen bis 40 Jahre und die generell trockenen Kiefernbestände über alle Altersklassen hinweg sind die am stärksten brandgefährdeten Wälder (Wiese, 2001). 40-60% aller Waldbrände entstehen in den eher trockenen Frühjahrsmonaten (März bis Mai), wenn der ausgetrocknete Bodenbelag und -bewuchs noch nicht durch frischen Gras- und Kräuterbewuchs geschützt wird (König, 2007). Aufgrund der vollen Entwicklung der Vegetation geht in den darauf folgenden Monaten die Zündbereitschaft des Waldbodenbelags deutlich zurück.

Ziel der Waldbrand-Prognose ist die Entwicklung meteorologischer Verfahren zur Einschätzung der regionalen Brandgefährdung. Diese meist mehrtägigen Prognosen werden genutzt, um präventiv auf drohende Waldbrände reagieren zu können. Unterschiedliche Verfahren zur Abschätzung des Waldbrandrisikos werden in verschiedenen Ländern seit vielen Jahren angewendet (Alexander, 1996, Langholz, 1993 und Lawson, 2008). Für das Gebiet der Oberen Donau wird auf den Waldbrandindex nach Baumgartner et al. (1967) zurückgegriffen, der auch vom Deutschen Wetterdienst seit den siebziger Jahren operationell verwendet wird. Dieser Gefahrenschlüssel, der auf der Waldbrandstatistik Bayern der Jahre 1950 bis 1959 basiert, liefert die Grundlage für das in DANUBIA implementierte Waldbrandmodul, mit dem die wetterbedingte Waldbrandgefahr für jedes Proxel berechnet werden kann. Die zukünftige Waldbrandgefahr wird hier unter den Randbedingungen des Klimatrends *REMO regional* und der Klimavariante *Baseline* ermittelt und dargestellt (siehe Kapitel S1 bis S5).

2. Modellbeschreibung

Baumgartner et al. (1967) bauen auf der Tatsache auf, dass die Zündbereitschaft im Wald mit der Austrocknung der Brennstoffe als Folge des Verdunstungsprozesses wächst. Die Intensität des Verdunstungsprozesses wiederum hängt vor allem von der Sonneneinstrahlung, der Windgeschwindigkeit, der Luftfeuchte und der Niederschlagsmenge ab. Die aktuelle Gefährdung einer Waldfläche kann demnach aus der Kombination dieser meteorologischen Größen der vorangegangenen Tage bestimmt werden. Im Waldbrandmodul wird die potentielle Verdunstung nach der Formel von Penman (1948) berechnet. Die Waldbrandgefahr wird als Summenfunktion der Differenz von potentieller Verdunstung (E_{pot}) und Niederschlag (N) der letzten fünf Tage dargestellt:

$$\text{Baumgartnerindex} = \sum_{i=1}^5 E_{pot}(i) - N(i)$$

Aufgrund ihrer Untersuchungen konnten Baumgartner et al. (1967) feststellen, dass die Summe von E_{pot} -N über die letzten fünf Tage „hinreichend sicher“ eine von fünf Gefahrenklassen für den Folgetag bestimmt (siehe Abbildung 3.3.5.1).

Die Richtwerte zur Bewertung der örtlichen Waldbrandgefahr nach diesem Verfahren sind in Tabelle 3.3.5.1 aufgeführt. Die Einteilung nach Monaten trägt der jahreszeitlichen Verteilung der Waldbrände Rechnung: so wird in den Frühjahrsmonaten die gleiche Gefahrenstufe schon bei einem geringeren Wasserdefizit erreicht als im Spätsommer.

GKI.	1	2	3	4	5
März	<-5	-5 bis 2	3 bis 8	9 bis 14	>15
April	<-3	-3 bis 7	8 bis 15	16 bis 26	>27
Mai	< 3	3 bis 15	16 bis 24	25 bis 34	>35
Juni	< 12	12 bis 23	24 bis 31	32 bis 40	>41
Juli	< 12	12 bis 23	24 bis 30	31 bis 39	>40
Aug.	< 8	8 bis 19	20 bis 27	28 bis 36	>37
Sept.	< 6	6 bis 17	18 bis 25	26 bis 34	>35

Gefahrenklasse (GKI.): 1 = schwach, 2 = leicht, 3 = mäßig, 4 = stark, 5 = außergewöhnlich hoch

Tabelle 3.3.5.1: Richtwerte (in mm) des Baumgartnerindex als Maß der Waldbrandgefahr des Folgetages in Bayern (Baumgartner et al., 1967).

Das Waldbrandmodul errechnet neben der Niederschlagssumme und der potentiellen Verdunstung die meteorologische Waldbrandgefahr für jeden Tag.

Zur Validierung des Waldbrandmoduls wurden die Modellergebnisse den Ergebnissen des Waldbrandmodells des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Jahre 2002 und 2003 gegenübergestellt. Mit dem Jahr 2002 wurde ein klimatisch vergleichsweise durchschnittliches Jahr ausgewählt. Das Jahr 2003 repräsentiert dagegen ein sehr heißes und trockenes Jahr mit besonders hohen Waldbrandgefahrenwerten. Die Überprüfung erfolgte sowohl visuell und mittels einer Kontingenzmatrix als auch mittels des gewichteten Kappa-Koeffizienten $0 \leq \kappa \leq 1$ (Grouven et al., 2007) zur Bestimmung des Übereinstimmungsmaßes zweier Modelle.

Für elf ausgewählte Klimastationen berechneten die beiden Modelle für das Jahr 2002 in 76.5% aller Fälle den gleichen Gefahrenwert (2003: 61.1%). In 11.4% der Fälle bewertete das Modell des DWD die Waldbrandgefahr mit einer Gefahrenstufe höher (2003: 23.3%), bei 10.1% der Modellpaare mit einer Gefahrenstufe niedriger (2003: 8.6%). Der Kappa-Koeffizient errechnete sich für das Jahr 2002 zu $\kappa = 0.84$ und für das Jahr 2003 zu $\kappa = 0.52$. Die Modelle stimmen also in ihrer Einschätzung im Jahr 2002 sehr stark und im Jahr 2003 mittelmäßig überein. Die Abweichungen im Jahr 2003 treten aufgrund einer tendenziell höheren Bewertung der Waldbrandgefahr durch das Modell des DWD auf. Grund dafür sind unterschiedliche Verfahren zur Berechnung der potentiellen Verdunstung. Während hier der Ansatz nach Penman gewählt wurde, wird beim DWD das Verfahren nach Haude angewendet.

3. Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Waldbrandmoduls sind als Gebietsmittel- und als Proxelwerte für Vergangenheit und Zukunft dargestellt. Basis für die zukünftige Waldbrandgefahr bildet das Klimaszenario *REMO regional – Baseline*. Bei der Auswertung sind ausschließlich die Monate März bis September berücksichtigt, da nach Baumgartner et al. (1967) eine reale Waldbrandgefahr nur während der Vegetationsperiode besteht. Es wird gesondert auf die Bedingungen im Frühling (März bis Mai) und im Sommer (Juni bis August) eingegangen. Ein weiteres Augenmerk liegt auf der klimatischen Wasserbilanz (Differenz zwischen Niederschlag und potentieller Verdunstung), die im langjährigen Mittel als Maß für das Wasserdargebot eines Gebiets angesehen wird.

Die Gebietsmittelwerte wurden für die Zeiträume 1960 bis 2005 und 2011 bis 2060, die modellierten Flächendaten für die drei Dekaden 1991-2000, 2021-2030 und 2051-2060 analysiert. Die Jahre 1991 bis 2000 repräsentieren dabei die gegenwärtigen Bedingungen im Einzugsgebiet der Oberen Donau. Dieser Zeitraum wird daher als

Referenzdekade verwendet. Zur Abschätzung der Entwicklung in naher Zukunft wurde die Dekade 2021-2030 gewählt. Verhältnisse, die in etwa 40 bis 50 Jahren herrschen könnten, zeigt die Dekade von 2051-2060. In dieser Zeit sind die Auswirkungen des Klimawandels deutlicher erkennbar. Für die drei Zeiträume werden zunächst die hydroklimatischen Bedingungen sowie deren Änderungen im EZG dargestellt, bevor die Waldbrandgefahr an der Oberen Donau beschrieben und anhand der Dekaden verglichen wird.

3.1 Hydroklimatische Entwicklung

Die Entwicklung der hydroklimatischen Situation (März bis September) wird anhand von Temperatur, Niederschlag und potentieller Verdunstung sowie der klimatischen Wasserbilanz dargestellt.

Temperatur: In Abbildung 3.3.5.2 ist die Entwicklung der mittleren Temperaturen der Vegetationsperiode der Jahre 1960 bis 2060 abgebildet. Deutlich ist der kontinuierliche Anstieg um 4°C im Verlauf dieser 100 Jahre zu erkennen. Im Jahr 2003 wurde mit 12.0°C der bislang höchste Wert gemessen. Solche Extremjahre werden wahrscheinlich in den nächsten 30 Jahren häufiger auftreten. Während in der Vergangenheit die mittlere Temperatur im Schnitt pro Dekade um 0.38°C anstieg, wird unter Szenariobedingungen ein Anstieg pro Dekade von 0.52°C und ein Mittelwert von bis zu 14.5°C erwartet.

Niederschlag: Im Vergleich zur Dekade 1991-2000 ist für die Zukunft bis 2060 ein Rückgang der Niederschläge in der Vegetationsperiode um ca. 10% zu erkennen (siehe Karten 1a-1c): der Mittelwert sinkt von 785 mm auf 700 mm. Die trockensten Bereiche befinden sich im Nördlinger Ries, der Oberpfalz, im Gebiet südlich von Eichstätt und im Dungau südlich des Bayerischen Waldes zwischen Regensburg und Straubing. Die höchsten Werte treten in den hohen Lagen der Alpen auf, wobei hier der Rückgang der Niederschläge am stärksten ist (siehe auch Kapitel 3.1.1).

Die Niederschlagssummen schwanken stark von Jahr zu Jahr. Im Jahr 2002 fielen 949 mm Niederschlag, im trockenen Jahr 2003 dagegen nur 593 mm und damit um mehr als ein Drittel weniger. Im ausgewerteten Klimaszenario treten während der Vegetationsperiode mittlere Niederschläge von sogar nur 520 mm auf.

Verdunstung: Die steigenden Summen der potentiellen Verdunstung hängen eng mit den steigenden Temperaturen zusammen (siehe Abbildungen 3.3.5.2 und 3.3.5.3 sowie Karten 2a-2c). Im Zeitraum 1960-2005 kann ein Anstieg der Verdunstungssummen von 11 mm pro Dekade festgestellt werden. Der für die Zukunft (2011-2060) berechnete Trend ist mit 23 mm pro Dekade mehr als doppelt so hoch. Die höchsten Messwerte ergaben sich im Jahr 2003 mit 598 mm. Für die Zukunft sind sogar jährliche Verdunstungssummen von bis zu 656 mm möglich (siehe auch Kapitel 3.1.1 und 3.1.6).

Die Karten 2a-2c zeigen, dass die potentielle Verdunstung stark mit der Höhe korreliert: die niedrigsten Werte finden sich in den hohen Lagen der Alpen, hohe Werte dagegen in den Niederungen der Hallertau, im Dungau und im Inntal. Werte über 600 mm, die heute nur an wenigen Standorten auftreten, sind in Zukunft (2051-2060, siehe Karte 2c) in weiten Teilen des Flachlandes zu erwarten. Auch in höheren Lagen steigt die Verdunstung. In der Folge unterscheiden sich die Mittelgebirge bei den Verdunstungsraten kaum noch vom nördlichen Alpenrand.

Klimatische Wasserbilanz: Im EZG ist eine deutliche Abnahme des potentiell zur Verfügung stehenden Wassers während der Vegetationsperiode erkennbar (siehe Abbildung 3.3.5.3 und Karten 3a-c). Diese resultiert aus den tendenziell abnehmenden Niederschlägen und den zunehmenden Verdunstungsraten. Die Messdaten der Vergangenheit von 1960-2005 zeigen eine Abnahme von 7.3 mm pro Dekade. Dieser Trend verstärkt sich in der Zeit von 2011 bis 2060 um ein Vielfaches: die durchschnittliche Abnahme erreicht 45 mm pro Dekade. Einen Einblick in zukünftige Bedingungen gibt das Jahr 2003: hier wurde erstmals eine negative Wasserbilanz (-4.2 mm) errechnet. Abbildung 3.3.5.3 zeigt, dass in Zukunft ein Wasserdefizit mit Maximalwerten von bis zu -116 mm besonders ab dem zweiten Drittel des 21. Jahrhunderts häufiger auftreten könnte.

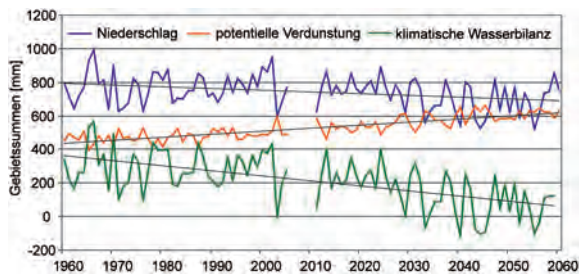


Abbildung 3.3.5.3: Niederschlag, potentielle Verdunstung und klimatische Wasserbilanz von 1960-2005 und 2011-2060 im EZG der Oberen Donau.

Die Karten 3a-3c zeigen die Verteilung des Wasserdargebots auf den Waldgebieten (siehe Kapitel 1.3). Das im Norden des EZG herrschende Wasserdefizit nimmt nach Süden hin ab. Die Waldflächen der Mittelgebirge weisen mit Werten bis zu 600 mm in den hohen Lagen des Bayerischen Waldes einen geringeren Wasserüberschuss auf als die Alpenregion mit maximalen Werten am Alpennordrand (bis 1827 mm). Entlang der inneralpinen Trockentäler werden für einige Gebiete negative Werte berechnet.

In der Dekade 2021-2030 steht dem Wald deutlich weniger Wasser zu Verfügung als heute. Das Wasserdargebot verringert sich hier im Vergleich zur Dekade 1991-2000 um 34%. Gebiete mit dem höchsten Wasserdefizit sind Niederbayern, hier besonders der Dungau und Ober- und Mittelfranken. In den hohen Lagen der Mittelgebirge (Bayerischer Wald, Schwäbische Alb) sowie im südlichen Oberbayern, Schwaben und in den Alpen wird es dagegen weiterhin einen Wasserüberschuss (>100 mm) geben, wenn auch mit geringeren Maximalwerten in den hohen Lagen der Alpen.

Im Zeitraum 2051-2060 werden im Mittel der Vegetationsperiode nur mehr 45 mm an Wasser zur Verfügung stehen. Dies entspricht einem Rückgang um 83% verglichen mit der Dekade 1991-2000. Ein starkes Wasserdefizit herrscht dann in ganz Niederbayern, der Oberpfalz sowie in Ober- und Mittelfranken. Darüber hinaus finden sich niedrige Werte im gesamten Alpenvorland mit Ausnahme der höchsten Lagen der Mittelgebirge. Gebiete mit einem Wasserdefizit sind zudem die Flusstäler der Alpen im südwestlichen Teil des EZG. Die Wasserüberschüsse der Alpenregion verringern sich im Vergleich zur Dekade 1991-2000 um mehr als 500 mm. Auch die Maximalwerte im Hochgebirge gehen im Vergleich zu 1991-2000 um 36% zurück.

Die Niederschlags- und Verdunstungssummen sowie die klimatische Wasserbilanz der Frühlingsmonate März bis Mai (siehe Abbildung 3.3.5.4) zeigen in den betrachteten 100 Jahren nur geringfügige Veränderungen. Für die Zukunft werden zunehmend trockenere Frühjahre erwartet, jedoch weist die klimatische Wasserbilanz mit Ausnahme einiger außergewöhnlich trockener Jahre mit geringen Niederschlägen positive Werte auf.

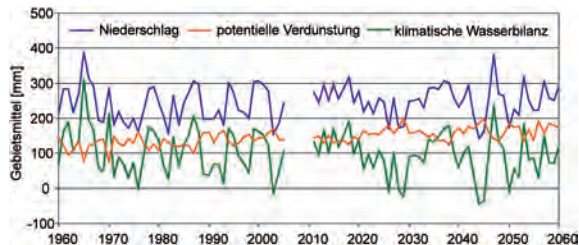


Abbildung 3.3.5.4: Niederschlag, potentielle Verdunstung und klimatische Wasserbilanz im Frühjahr (März bis Mai) von 1960-2005 und 2011-2060 im EZG der Oberen Donau.

Die Abbildung 3.3.5.5 zeigt für die Jahre 1960-2005 einen leichten Rückgang der Niederschläge im Sommer. Gleichzeitig steigen die Verdunstungssummen. In der Folge wird auch die Wasserbilanz zunehmend negativer.

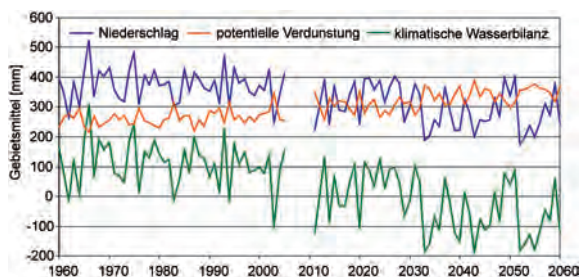


Abbildung 3.3.5.5: Niederschlag, potentielle Verdunstung und klimatische Wasserbilanz im Sommer (Mai bis August) von 1960-2005 und 2011-2060 im EZG der Oberen Donau.

Für die Zukunft wird eine starke Niederschlagsabnahme berechnet. Mit einer weiteren Zunahme der Verdunstung bewirkt dies eine starke Abnahme des potentiell zur Verfügung stehenden Wassers. Nach dem Jahr 2030 wird nur noch in Ausnahmefällen eine positive klimatische Wasserbilanz berechnet. Unter Szenariobedingungen werden schon in 20 Jahren warm-trockene Sommer wie im Jahr 2003 der Normalfall sein.

3.2 Waldbrandgefahr

Die Analyse umfasst alle Tage mit einer Waldbrandgefahrenstufe von vier („starkes Waldbrandrisiko“) oder fünf („außergewöhnlich hohes Waldbrandrisiko“). Abbildung 3.3.5.6 zeigt die Gebietsmittelwerte der Anzahl dieser Tage pro Jahr im EZG der Oberen Donau. Für die Vergangenheit von 1960 bis 2005 ist – mit Ausnahme des auffälligen Jahres 2003 – bei einer Variabilität von bis zu 8.4 Tagen kein signifikanter Trend zu erkennen. Ereignisse wie im Jahr 2003 werden jedoch in Zukunft häufiger. Die zukünftig höheren Verdunstungsraten und niedrigeren Niederschlagssummen resultieren in einer zunehmenden Trockenheit, welche wiederum mit einer höheren klimatischen Waldbrandgefahr einhergeht.

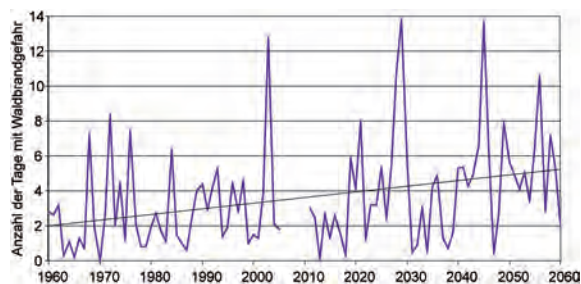


Abbildung 3.3.5.6: Anzahl der Tage mit Waldbrandgefahrenstufe 4 und 5 nach Baumgartner et al. (1967) von 1960-2005 und 2011-2060 im EZG der Oberen Donau.

Die Frühjahrsmonate März bis Mai bleiben auch im betrachteten Szenario am stärksten waldbrandgefährdet. Abbildung 3.3.3.7 zeigt für die Zukunft eine in der Vergangenheit nicht erreichte Anzahl an Waldbrandgefahrtagen (bis zu 13.7). Für die Sommermonate der Jahre 1960-2005 zeigt Abbildung 3.3.5.7 eine geringe Brandgefahr. Für die Zukunft (2011-2060) ist ersichtlich, dass das Waldbrandrisiko im Szenariozeitraum im Sommer wesentlich stärker steigt als im Frühjahr.

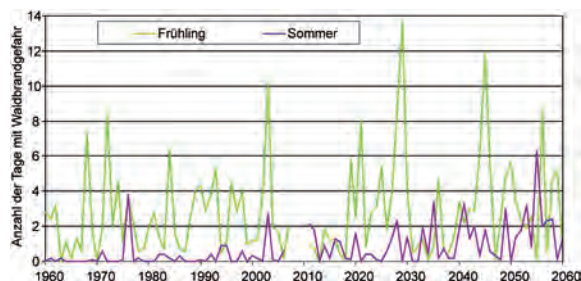


Abbildung 3.3.5.7: Gebietsmittel der Tage im Frühjahr (März-Mai) und im Sommer (Juni-August) mit einer Waldbrandgefahrenstufe von 4 oder 5 nach Baumgartner et al. (1967) von 1960-2005 und 2011-2060 im EZG der Oberen Donau.

Für die Dekade 1991-2000 (siehe Karte 4a) ergibt sich für das gesamte Gebiet eine geringe Anzahl von 5-8 Tagen mit erhöhtem Waldbrandrisiko. Für Regionen mit besonders hohen Verdunstungsraten wird die Brandgefahr geringfügig höher eingestuft (9 bis 11 Tage). In den Mittelgebirgen und dem Alpengebiet existiert aufgrund niedriger Verdunstungsraten und hoher Niederschlagsmengen ein geringes Waldbrandrisiko. Ausnahme sind die inneralpinen Trockentäler mit einem höheren Brandrisiko v.a. im Inntal mit maximal 14.5 Tagen pro Jahr.

Die Dekade 2021-2030 (siehe Karte 4b) zeigt im Vergleich zur Referenzdekade eine Zunahme der Waldbrandgefahrstage um 84% mit Ausnahme der hohen Lagen der Mittelgebirge im gesamten EZG. Hauptursache ist der gleichmäßige Anstieg der potentiellen Verdunstung. Die Niederschläge bleiben dabei im Flachland weitgehend unverändert. Von einem geringen Rückgang der Niederschlagssummen sind primär Gebiete in Franken und der Oberpfalz betroffen. Eine negative klimatische Wasserbilanz wird im nördlichen Teil des EZG und im Tertiärhügelland ermittelt. Den größten Niederschlagsrückgang erfahren die hohen Lagen der Alpen, die jedoch aufgrund geringer Verdunstungssummen weiterhin sehr feucht bleiben. Der gesamte Alpenraum ist mit Ausnahme

der inneralpinen Trockentäler auch in Zukunft kaum brandgefährdet. Vor allem im Inntal wird sich jedoch die heute schon hohe Gefahr verdoppeln. Die mit 150% stärkste Zunahme an Tagen mit starker und außergewöhnlich hoher Waldbrandgefährdung wird für das Alpenvorland, insbesondere im bayerischen Fünf-Seen-Land, berechnet. Mit einer Steigerung um 100% wird für die Oberpfalz, für Franken sowie für weite Teile Niederbayerns die höchste Waldbrandgefahr errechnet (13-17 Tage).

Im Vergleich zur Referenzdekade zeigt auch der Zeitraum 2051-2060 eine Zunahme der Waldbrandgefahr um 86%. Für das Gebiet nördlich der Alpen ergibt sich aber ein sehr differenziertes Bild. Der westliche Teil des EZG (Schwaben, Schwäbische Alb) ist mit einem nur geringfügigen Anstieg der Waldbrandgefahr – in einigen Gebieten sogar einem leichten Rückgang – wenig gefährdet (< 8 Tage). Die Brandgefahr verdoppelt sich in der Oberpfalz, Mittelfranken, dem Tertiärhügelland sowie im östlichen Oberbayern und dem bayerischen Fünf-Seen-Land (10-13 Tage). In einigen Gebieten Mittelfrankens, Niederbayerns und der Oberpfalz verdreifacht sich die Gefahrenlage sogar (16-23 Tage). In den hohen Lagen der Mittelgebirge und dem Alpenraum bleibt die Waldbrandgefahr trotz eines leichten Anstiegs weiterhin gering (0-5 Tage). Trotz der Zunahme der Verdunstungsraten und abnehmenden Niederschlagsmengen fällt die Wasserbilanz in diesen Bereichen weiterhin stark positiv aus. In den inneralpinen Trockentälern ist die Waldbrandgefahr mit einer Zunahme um bis zu 150% sehr hoch (bis 23 Tage) – nicht zuletzt aufgrund der dort höchsten Verdunstungssummen im Einzugsgebiet.

4. Fazit

Anhand der Modellergebnisse wurden deutliche Veränderungen der Waldbrandgefahrenlage im EZG der Oberen Donau infolge der Klimaerwärmung festgestellt. Unter den Annahmen für den Klimatrend *REMO regional* und der Klimavariante *Baseline* wird sich im Zeitraum 2011 bis 2060 das Waldbrandrisiko im langjährigen Durchschnitt mehr als verdoppeln. Sehr trockene Jahre mit einer in der Vergangenheit nicht erreichten Anzahl an stark waldbrandgefährdeten Tagen werden häufiger. Mit einem Anstieg der Waldbrandgefahr ist dabei insbesondere in den Sommermonaten zu rechnen. Der Vergleich zur heutigen Situation zeigt eine Tendenz zu erhöhter klimatischer Brandgefahr sowohl in heute bereits eher trockenen als auch in feuchten Gebieten.

Literatur

- Alexander, M. E., Stocks, B. J. & Lawson, B. D. (1996): *The Canadian Forest Fire Danger Rating System*. Initial Attack 1996 (Spring): S. 6-9.
- Badeck, F.-W., Lasch, P., Hauf, Y., Rock, J., Suckow, F. & Thornicke, K. (2003): *Steigendes klimatisches Waldbrandrisiko*. AFZ/Der Wald 59 (2): S. 2-4.
- Baumgartner, A., Klemmer, L., Raschke, E. & Waldmann, G. (1967): *Waldbrände in Bayern 1950-1959*. Mitteilungen der Staatsverwaltung Bayern 36, München.
- Grouven, U., Bender, R., Ziegler A. & Lange, S. (2007): *Der Kappa-Koeffizient* – Artikel Nr. 23 der Statistik-Serie in der DMW. In: Deutsche Medizinische Wochenschrift 2007/132: S. 65-68.
- IPCC – Intergovernmental panel on climate change, WMO/UNEP (Hrsg.) (2007): *Klimaänderung 2007: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger*. Vierter Sachstandsbericht des IPCC (AR4). Bern/Wien/Berlin.
- König, H. C. (2007): *Waldbrandschutz*. Kompendium für Forst und Feuerwehr. Edition Gefahrenabwehr; Supplement (Band 1). Berlin.
- Langholz, H. & Schmidt Mayer, E. (1993): *Meteorologische Verfahren zur Abschätzung des Waldbrandrisikos*. Allgemeine Forstzeitschrift 48 (8): S. 394-396.
- Lawson, B. D. & Armitage, O. B. (2008): *Weather Guide for the Canadian Forest Fire Danger Rating System*. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta.
- Penman, H. L. (1948): *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. Proc. Roy. Soc. London A (194), S. 120-145.
- Wiese, A. (2001): *Waldbrandversicherung als Ergänzung der Waldbrandprävention*. In: AFZ/Der Wald, 11/2001, S. 568-569.