

Tagungsbeitrag zur Jahrestagung der
DBG, Kommission VI
Titel der Tagung:
#GesundeBödenKlimaschutz
Veranstalter: DBG
Termin und Ort der Tagung: 13.-18.
September 2025, Tübingen
Berichte der DBG (nicht begutachtete
online Publikation),
<http://www.dbges.de>

**Berechnung der effektiven
Wasserbilanz der
Hauptvegetationsperiode mit einem
Klimaprojektionsensemble unter
verschiedenen Emissionsszenarien
bis Ende des Jahrhunderts**

TILMANN, SAUER¹, FRANZISKA TEUBLER¹,
DORTHE PFALNZ² & NICK PFANNENSTEIN²

Stichworte: Hauptvegetationsperiode,
Klimaprojektionen, Klimawandel, GIS-
Analyse, Wasserbilanz, RCP-
Szenarien

Anlass und Zielsetzung

Die effektive Wasserbilanz ($WB_{\text{eff mai-aug}}$) während der Hauptvegetationsperiode von Mai bis August kann unter sich verändernden klimatischen Bedingungen als Indikator zur Bewertung von Wasserverfügbarkeit und landwirtschaftlicher Produktivität dienen. Sie ergibt sich aus der Verknüpfung von Rasterdaten bodenkundlicher Parameter und klimatologischer Größen. Das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz hat gemeinsam mit dem Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen die $WB_{\text{eff mai-aug}}$ der Referenzperiode 1991 bis 2020, sowie zwei zukünftige Zeiträume (2031-2060 und 2071-2100) für Rheinland-Pfalz berechnet und auf der Ebene von Naturräumen visualisiert. Grundlage ist ein Ensemble regionaler Klimaprojektionen für drei Emissionsszenarien (RCP 2.6, RCP4.5 und RCP8.5). Folgend werden das Klimaschutz-szenario RCP2.6 und das

Hoch-emissionsszenario RCP8.5
gegen-übergestellt.

Ziel ist es, räumliche Veränderungen der Wasserverfügbarkeit unter zukünftigen Klimabedingungen sichtbar und quantifizierbar zu machen. Die räumliche Analyse kann eine fachliche Grundlage für wasserwirtschaftliche Planung und landwirtschaftliche Praxis bieten, sowie zur Kommunikation regionaler Klimafolgen beitragen.

2. Methodik und Visualisierung

Zur Berechnung der effektiven Wasserbilanz in der Hauptvegetationsperiode ($WB_{\text{eff mai-aug}}$), welche sich nach Richter et. al. (2009) aus der Differenz des nutzbaren Wasserdargebots ($WD_{\text{mai-aug}}$) und der potentiellen Evapotranspiration ($ET_{\text{pot mai-aug}}$) von Mai bis August zusammensetzt, wurde die Verknüpfungsregel 3.31 der Ad-hoc-AG Boden (2010) herangezogen:

$$(1) \quad WD_{\text{mai-aug}} = nFKDB + KA + N_{\text{mai-aug}}$$

$$(2) \quad WB_{\text{eff mai-aug}} = WD_{\text{mai-aug}} - ET_{\text{pot mai-aug}}$$

Die Kartenerstellung wurde mit ArcGIS Pro umgesetzt. Zur Einordnung der Projektionsdaten wurde zunächst eine Karte mit Beobachtungswerten für den Zeitraum 1991-2020 erstellt (Abb.3). Anschließend erfolgte eine skriptbasierte Berechnung der effektiven Wasserbilanz für die Zeiträume 1991-2020, 2031-2060 und 2071-2100 für die drei Emissionsszenarien. Auf dieser Grundlage wurden Ensemble-karten gebildet, in denen die Minimal- und Maximalwerte pro Rasterzelle dargestellt sind. Danach folgte eine Aggregation der Ergebnisse auf Naturraumebene durch Mittelwertbildung. Im Ergebnis sind 19 Karten entstanden, jeweils eine Minimal- und Maximal-Karte pro Zeitraum und Szenario sowie eine zusätzliche Karte der Beobachtungswerte.

Plausibilität der Projektionsdaten

Um die Plausibilität der Projektionsdaten für die Emissionsszenarien (RCP2.6 und RCP8.5) zu überprüfen, wurden die gemessenen effektiven Wasserbilanzen der Referenzperiode 1991-2020 mit der Bandbreite der Projektionswerte je Naturraum verglichen.

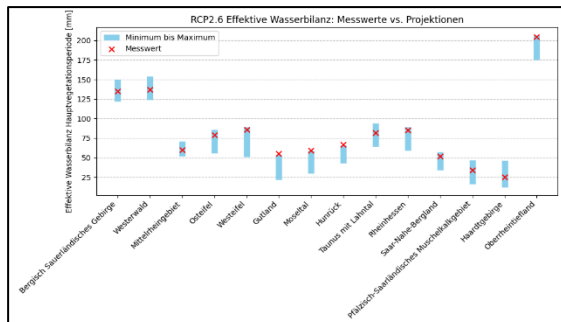


Abb. 1: Mess- und Projektionsdatenvergleich RCP2.6 (1991-2020)

Die Beobachtungswerte von RCP2.6 (Abb.1) liegen in den Naturräumen im mittleren bis oberen Bereich der Modellbandbreiten.

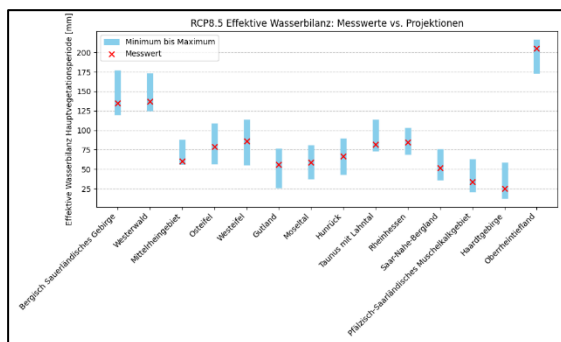


Abb.2: Mess- und Projektionsdatenvergleich RCP8.5 (1991-2020)

Die Modellbandbreiten von RCP8.5 (Abb.2) sind deutlich breiter. Die Messwerte befinden sich hier im mittleren bis unteren Bereich. Die Projektionen können die Realität plausibel abbilden. Sie zeigen jedoch regionale Abweichungen, die auf eine systematische Tendenz zur Über- oder Unterschätzung hindeuten, die es bei der Interpretation zu berücksichtigen gilt.

Ergebnisse

Für die Betrachtung der Zukunftszeiträume (2031-2060 und 2071-2100) werden, auf Basis der vorangegangenen Plausibilitätsprüfung, die Ergebnisse der Maximalwertprojektionen von RCP2.6 (mögliche Unterschätzung) und die Minimalwertprojektionen von RCP8.5 (mögliche Überschätzung) als Interpretationsgrundlage gegenübergestellt (Abb.3). So können realistische Spannweiten der zukünftigen Wasserverfügbarkeit abgeleitet und Unsicherheiten besser eingeordnet werden. Zum Verständnis der Projektionswertänderungen dient die Karte mit den Beobachtungswerten. Abbildung 3 zeigt, dass die projizierten Maximalwerte von Emissionsszenario RCP2.6 bis 2100 vergleichbar mit denen der Beobachtung von 1991-2020 sind. Die Minimalwerte von Emissionsszenario RCP8.5 zeigen hingegen im Vergleich zur Beobachtung von 1991-2020 bis zum Ende des Jahrhunderts eine Abnahme der effektiven Wasserbilanz während der Hauptvegetationsperiode über beide Zeiträume und alle Naturräume hinweg.

Fazit

Das Maximum von RCP2.6 unterschätzt, das Minimum von RCP8.5 überschätzt in Teilen die naturräumlich zu unterscheidenden effektiven Wasserbilanzen. Beide Extremwerte markieren also keine sicheren Grenzen, sondern eine optimistische Bandbreite der Entwicklung, die bei hohen Emissionen noch ungünstiger ausfallen könnten. Zudem nimmt die Methode eine vollständig gefüllte nFKDB zu Beginn der Hauptvegetationsperiode im Monat Mai an. Dadurch erscheinen Naturräume mit hoher nFKDB in den

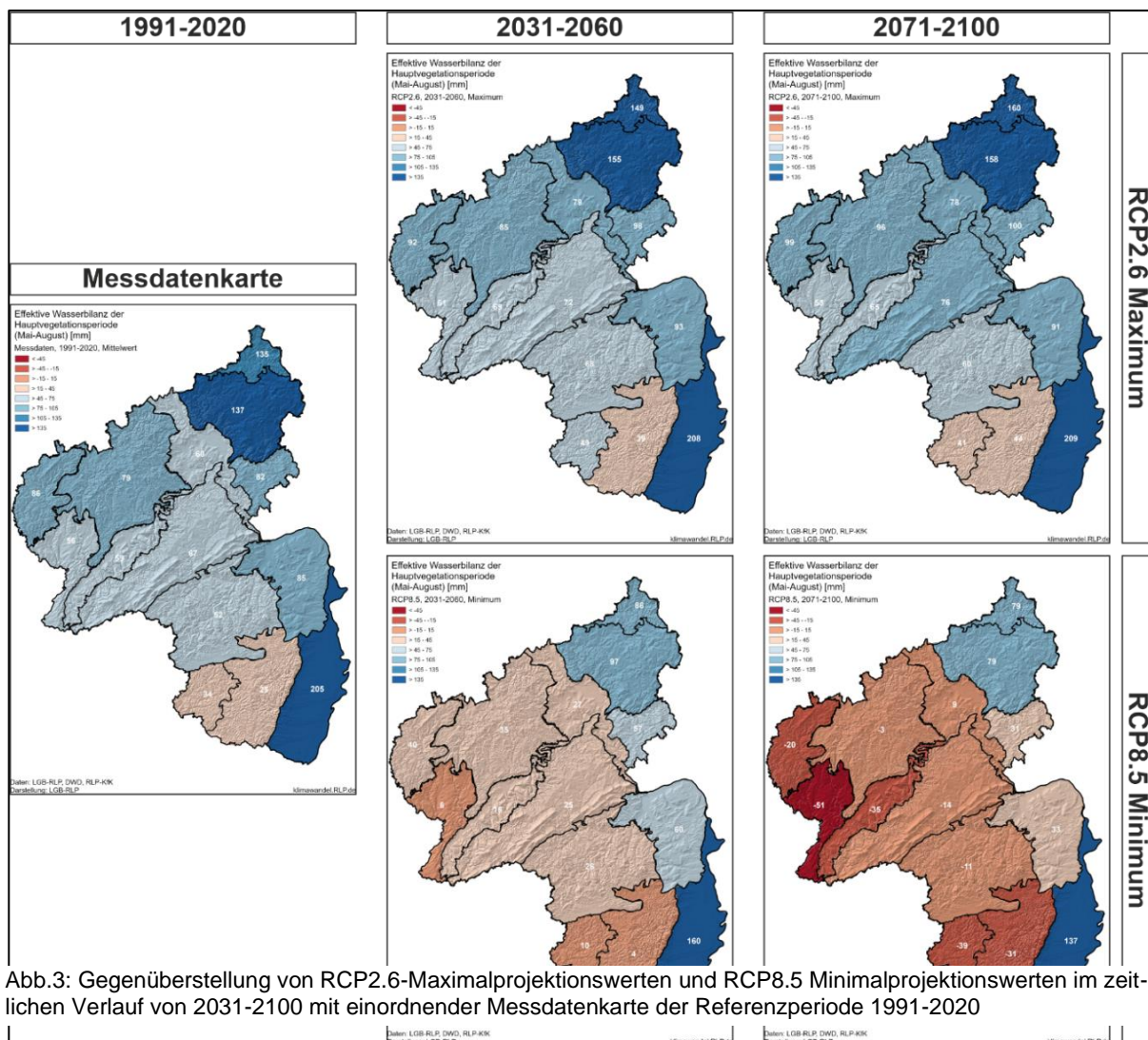


Abb.3: Gegenüberstellung von RCP2.6-Maximalprojektionswerten und RCP8.5 Minimalprojektionswerten im zeitlichen Verlauf von 2031-2100 mit einordnender Messdatenkarte der Referenzperiode 1991-2020

Projektionen widerstandsfähiger, als sie es in der Realität sind. Diese Annahmen führen zu einer systematischen Über-schätzung der $WB_{eff,mai-aug}$, insbesondere in Natur-räumen mit einer hohen nFKDB, wodurch mögliche Trockenstress-risiken unter klimatischen Veränderungen unterschätzt werden.

Literatur

Ad-hoc-AG Boden (2010): Verzeichnis zusätzlicher Verknüpfungsregeln. Zu Kapitel 3 "Klimatische und hydrologische Kennwerte". Ermittlung der effektiven Wasserbilanz der Hauptvegetationsperiode (Mai-August).

Richter, A., Hennings, V. und Müller, L. (2009): Anwendung des Müncheberger Soil Quality Ratings (SQR) auf bodenkundliche Grundlagenkarten. Jahrestagung der DBG, Kommission V. Böden – eine endliche Ressource. DBGPrints-Archiv: <https://eprints.dbges.de/243/>