

## Ermittlung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Hoch- und Niedrigwassermanagement

### Hintergrund

- Der regionale Klimawandel beeinflusst hydrologische Prozesse und damit die Wasserbilanz und das Abflussverhalten.
- Die Auswirkungen sind je nach betroffenem Sektor und dessen Sensitivität unterschiedlich.
- Bislang lagen keine spezifischen, regionalen Klima- u. Abflusszenarien für das Mosel- und Saareinzugsgebiet vor.
- Abschätzungen des Abflussveränderungen sind zur Anpassung des Hoch- und Niedrigwassermanagements nötig.

### Arbeitsprogramm

- Schaffung einer meteorologischen und hydrologischen Datengrundlage
- Abflusssimulationen mithilfe einer komplexen Modellkette vom Emissionsszenario zum Wasserhaushaltsmodell
- Interpretation der Ergebnisse

### Zielsetzung

Aussagen über die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Hoch- und Niedrigwassermanagement im Mosel- und Saareinzugsgebiet für den Zeithorizont 2021-2050

### Globale & Regionale Klimamodelle

- Abschätzung der möglichen Erwärmung des Klimas mithilfe von Globalen Atmosphären-Ozean-Zirkulationsmodellen („GCM“)
  - hier: „ECHAM5/MPI-OM“ run1
- Berechnungen der GCM beruhen auf unterschiedlichen Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen
- Emissionsszenarien werden vom Weltklimarat („IPCC“) entwickelt (Bild 1)
  - hier: Szenario „A1B“
- Berechnungen der GCM decken die gesamte Erdoberfläche ab und sind daher grob aufgelöst
  - hier: ca. 150 x 150 km Rasterzellen
- Zur detaillierteren Abbildung der regionalen Besonderheiten wird eine Regionalisierung auf eine feinere horizontale Auflösung durchgeführt (Bild 2)
  - hier: ca. 7 x 7 km Rasterzellen
- Statistische oder dynamische Regionalisierungsmethoden
  - hier: Dynamisches Downscaling mithilfe des regionalen Klimamodells CCLM

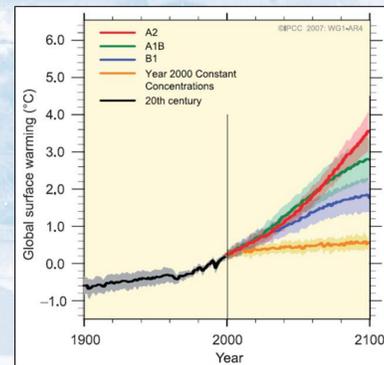


Bild 1. Beobachtete und erwartete Veränderung der Lufttemperatur laut IP CC Emissionsszenarien (Quelle: IPCC 2007)

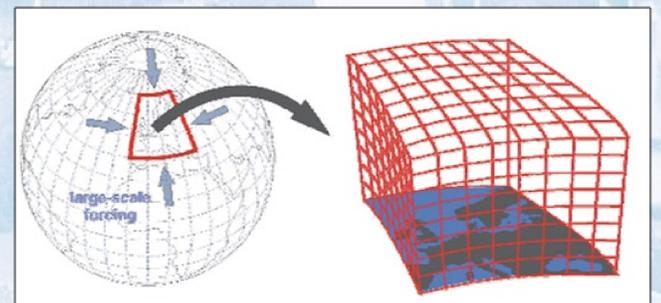


Bild 2. Antrieb eines Regionalmodells durch ein Globalmodell (Quelle: Tomassini & Bülow 2009)

### Regionale Klimaänderungen

- Klimasignal wird aus Vergleich der für die Zukunft errechneten Daten mit dem Ist-Zustand abgeleitet
  - hier: Ist-Zustand 1971-2000
  - Nahe Zukunft 2021-2050
- Temperatur:
  - generelle Zunahme (Bild 3)
- Niederschlag:
  - variable regionale Verteilung, aber generell feuchtere Winter (Bild 4) und trockenere Sommer (Bild 5)

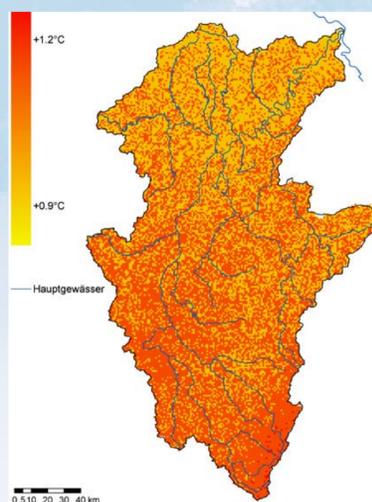


Bild 3. Absolute Temperaturdifferenz im Gesamtjahr

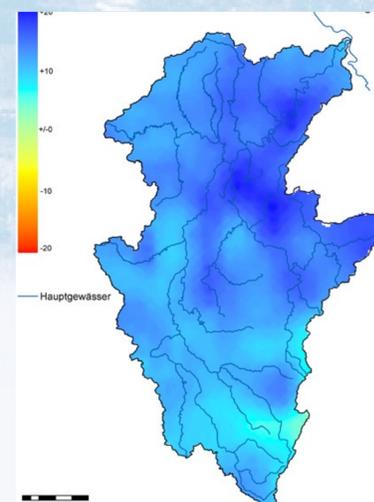


Bild 4. Prozentuale Differenz des Niederschlags im hydrologischen Winterhalbjahr

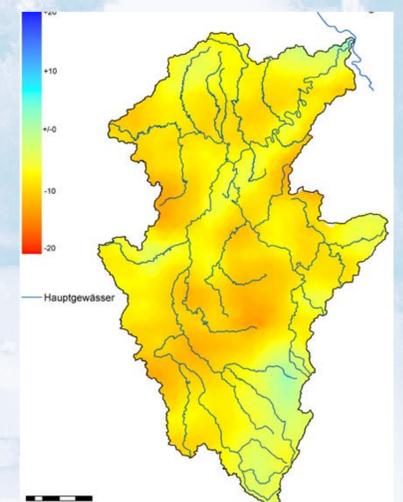


Bild 5. Prozentuale Differenz des Niederschlags im hydrologischen Sommerhalbjahr

## Ermittlung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Hoch- und Niedrigwassermanagement

### Wasserhaushaltssimulationen

- Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels durch Antrieb eines Wasserhaushaltsmodells (WHM) durch Daten aus dem Regional-Klimamodell
  - hier: Wasserhaushaltsmodell „LARSIM“
- Es werden mehrere Simulationen mit dem WHM durchgeführt (Bild 2)
  - Simulation mit beobachteten meteorologischen Daten für den Ist-Zustand (1971-2000)
  - Simulationen mit CCLM-Daten für den Ist-Zustand (1971-2000)
  - Simulationen mit CCLM-Daten für das Zukunftsszenario (2021-2050)
- Auswertung der Unterschiede in den Simulationsergebnissen zwischen Ist-Zustand und Zukunftsszenario
  - Auswertung der Hauptwerte MoMNQ, MoMQ & MoMHQ
  - Regimekurven (Bild 3)
  - Dauerlinien (Bild 4)
  - Extremwertstatistik
  - Regionale Auswertung der Veränderungen verschiedener Kennwerte

### WHM LARSIM

- Einsatz im gesamten Mosel- und Saareinzugsgebiet zur operationellen Abflussvorhersage (Stundenzeitschritte)
- Eingangsdaten beinhalten meteorologische Daten (z. B. Niederschlag, Lufttemperatur) und geomorphologische Grundlagendaten (z. B. Geländehöhen, Landnutzung)
- Simulation der hydrologischen Prozesse (Bild 1) mit einer räumlichen Auflösung von 1 x 1 km<sup>2</sup>
- Für Klimarechenläufe: zeitliche Auflösung Tageszeitschritte

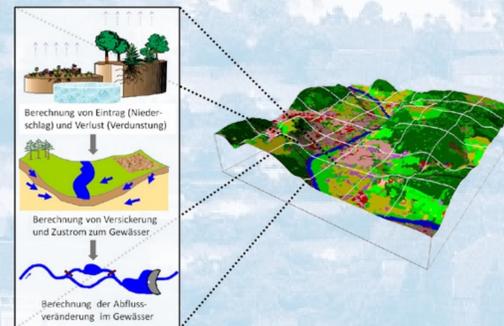


Bild 1. Modellerte Prozesse innerhalb eines Wasserhaushaltsmodells pro Teilgebiet (Quelle: Gerlinger & Meuser 2013)



Bild 2. Systematik der Auswertungen der Wasserhaushaltssimulationen (Quelle: Gerlinger & Meuser 2013)

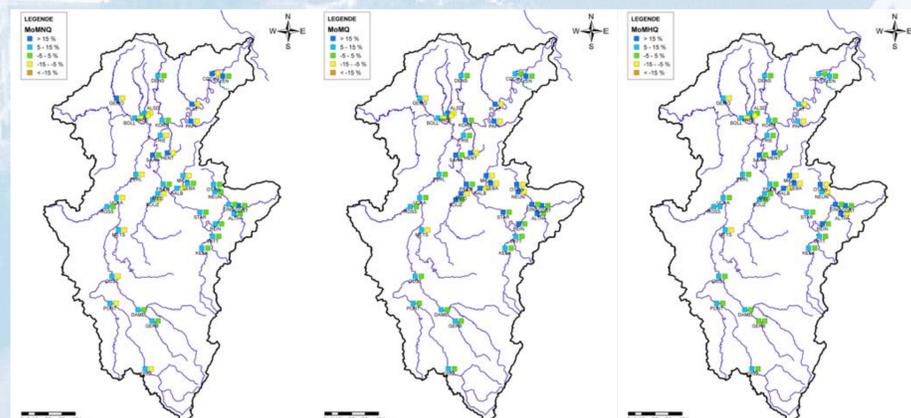


Bild 5. Prozentuale Veränderung der halbjährlichen Hauptwerte zwischen Ist-Zustand (1971-2000) und Zukunftsszenario (2021-2050) a) MoMNQ b) MoMQ c) MoMHQ (linkes Symbol: Winterhalbjahr; rechtes Symbol: Sommerhalbjahr)

### Ausblick

- Aufgrund der Unsicherheiten in der Modellkette aus Emissionsszenario > Globalmodell > Regionalmodell > Wasserhaushaltsmodell sind die Ergebnisse als vorläufig zu betrachten.
- Zukünftig ist die Einbeziehung weiterer Klimasimulationen zur besseren Abschätzung der Unsicherheiten wünschenswert (Ensemble-Ansatz).

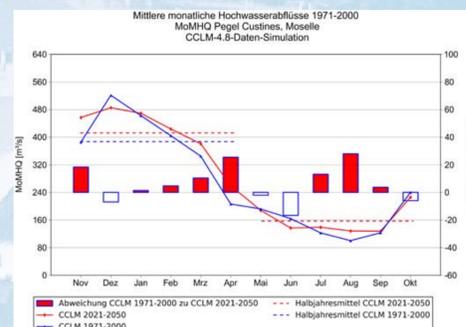


Bild 3. Beispiel einer Regimekurve (MoMHQ Zukunft und Ist-Zustand; Pegel Custines/Mosel)

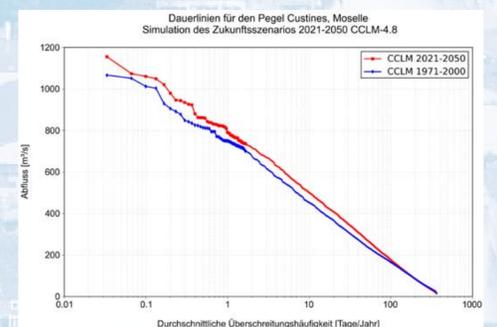


Bild 4. Beispiel einer Dauerlinie (Zukunft und Ist-Zustand; Pegel Custines/Mosel)

### Ergebnisse

- MoMNQ (Bild 5a)
    - nimmt im Winterhalbjahr an allen Pegeln zu (+5 % bis +28 %), im Sommerhalbjahr liegen die Veränderungen zwischen -13 % und +5 %
  - MoMQ (Bild 5b)
    - nimmt im Winterhalbjahr um +8 % bis +23 % zu, im Sommerhalbjahr liegen die Veränderungen zwischen -11 % und +5 %
  - MoMHQ (Bild 5c)
    - nimmt im Winterhalbjahr ebenfalls zu (+5 % bis +24 %), im Sommerhalbjahr treten Veränderungen zwischen -13 % und +8 % auf
- ➔ Kleinere und mittlere Hochwasser zeigen Zunahmen im Winter (Ausnahme: Oberlauf der Mosel).
- ➔ Es deutet sich keine eindeutige Verschärfung der Niedrigwassersituation an (Ausnahme: Oberlauf der Mosel).