

Modellbasierte Quantifizierung der Abflussanteile aus Regen, Schnee- und Gletscherschmelze im Rheineinzugsgebiet im Zeitraum von 1901 bis 2006



K. Gerlinger¹, M. Böhm¹, K. Stahl², M. Weiler², I. Kohn², D. Freudiger², J. Seibert³, M. Vis³

¹ HYDRON GmbH, Karlsruhe; ² Hydrologie, Universität Freiburg; ³ Geographisches Institut, Universität Zürich



Auftraggeber: Kommission für die Hydrologie des Rheingebiets (KHR)

Zusammenfassung:

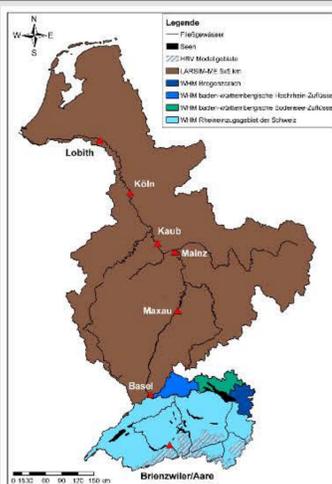
- Berechnung der Abflussanteile aus Regen, Schnee- (Q_{Schnee}) und Gletscherschmelze (Q_{eis}) an zahlreichen Pegeln im Rhein-EZG für jeden Tag des Zeitraums 1901-2006.
- Die mittleren Anteile von Q_{eis} am Abfluss am Rheinpegel Lobith (niederländische Grenze) liegen insbesondere in den Monaten August und September der Niedrigwasserjahre 1921, 1947 und 2003 mit ca. 17% deutlich höher als im Mittel mit 5%.
- Die Ergebnisse zeigen den wichtigen Beitrag, den die Gletscher (noch) zur Niedrigwassererhöhung im Rhein haben.
- Ein Trend der Veränderung von Q_{eis} konnte nicht festgestellt werden.

Ziel

- KHR-Forschungsprojekt „Abflussanteile aus Schnee- und Gletscherschmelze im Rhein und seinen Zuflüssen vor dem Hintergrund des Klimawandels“:
 - Bereitstellung von Ganglinien der Gesamtabflüsse und Abflussanteile für den Zeitraum 1901-2006.
 - Analyse der gekoppelten Veränderungen von Klima und Gletscherrückgang sowie durch den Ausbau der Wasserspeicherung in Talsperren im Rheingebiet.

Methode

- Mehrstufige gekoppelte Modellkette für das Rhein-EZG: vergletscherte Kopfeinzugsgebiete mit dem Modell HBV-Light, für das Gesamtgebiet verschiedene rasterbasierte LARSIM-Modelle (1x1 bzw. 5x5 km²-Auflösung).
- Modellerweiterungen um einen Mischungsbehälter-Ansatz für jeden einzelnen Modellspeicher (z.B. Boden, Seen) zur Abbildung des quantitativen (Wellenablaufs-)Effekt der einzelnen Abflussanteile Q_{Schnee} und Q_{eis} .
- Genaue Bestimmung der Anfangs-, Zwischen- und Endzustände der Gletscherentwicklung 1901-2006
- Multikriterien-Kalibrierung der HBV-Modelle



Modellkette aus HBV- und LARSIM-Modellen

Datengrundlage

- Rekonstruierte meteorologische Rasterdaten von 1901-1950 zur Verwendung als Modellinput (Analogtage-Resampling von HYRAS-Daten)
- HYRAS-Daten und Stationsdaten 1951-2006
- Manuelle Digitalisierung von Gletscherdaten und Zusammenstellung zahlreicher Daten zu den Gletscheränderungen
- Alle verfügbaren Beobachtungsdaten der Abflüsse alpiner, vergletschertes Teileinzugsgebiete
- Entwicklung der Talsperren-Volumina

Exemplarische Ergebnisse

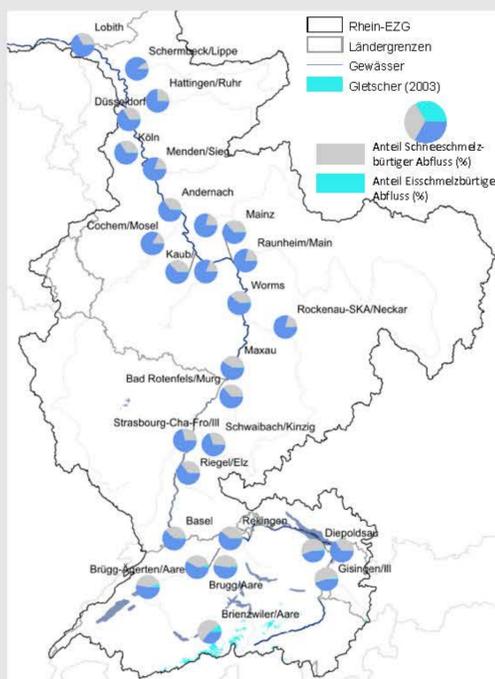


Bild 1: Anteile der Abflusskomponenten aus Regen, Schnee- und Eisschmelze im Rhein-Einzugsgebiet (Jahresmittel des Zeitraums 1901-2006)

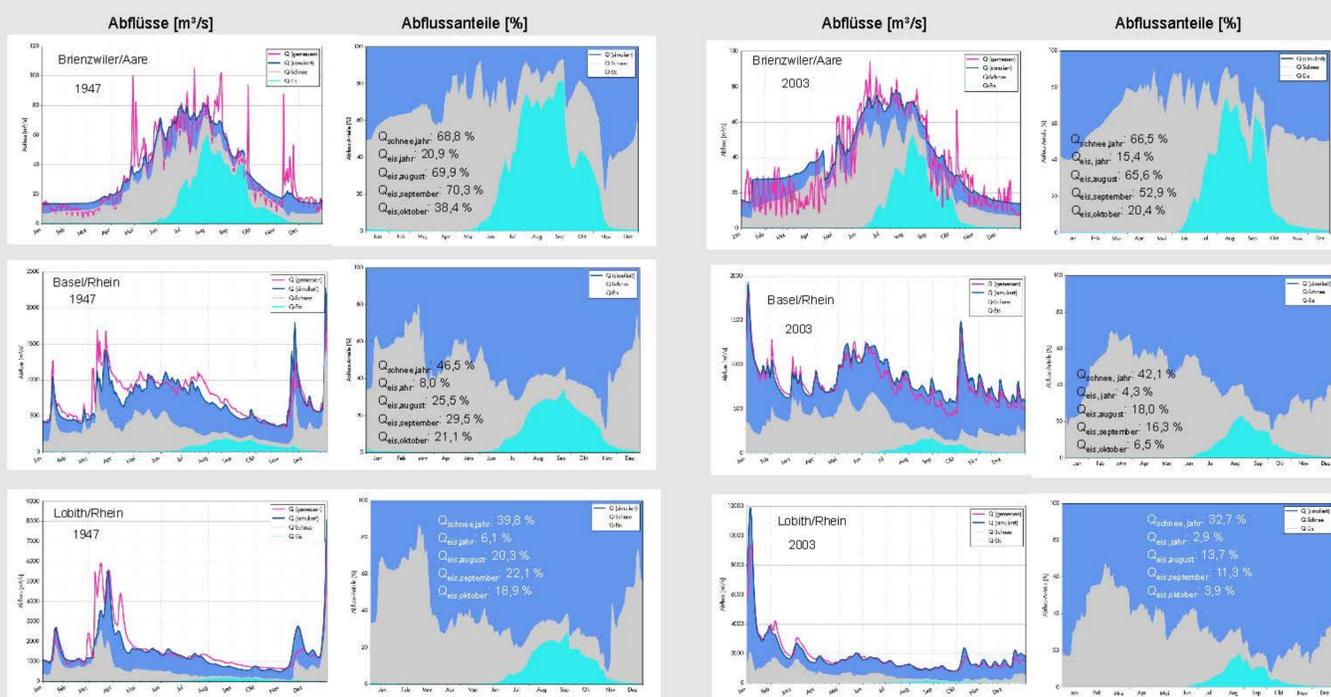


Bild 2: Abflussregime und Anteile der Abflusskomponenten aus Regen, Schnee- und Eisschmelze (jeweils absolute Werte und relative Anteile) an ausgewählten Pegeln im Rhein-Einzugsgebiet (Niedrigwasserjahre 1947 (links) und 2003 (rechts))

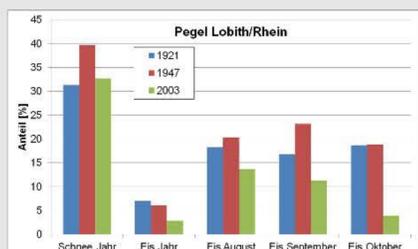
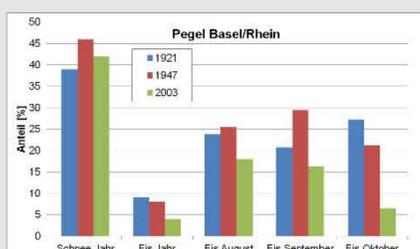


Bild 3: Anteile aus Schnee- und Eisschmelze in den Niedrigwasserjahren 1921, 1947 und 2003

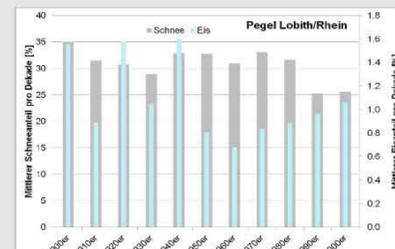
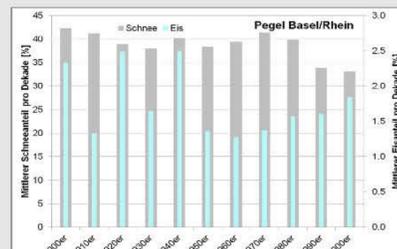


Bild 4: Mittlere Schnee- und Eisanteile pro Dekade im Zeitraum 1901 bis 2006

Mittlere Werte

- Abnahme von $Q_{\text{Schnee, Jahr}}$: ca. 55 % und $Q_{\text{eis, Jahr}}$: ca. 10 % (Brenzwiller) auf $Q_{\text{Schnee, Jahr}}$: ca. 31 % und $Q_{\text{eis, Jahr}}$: ca. 1,3% (Lobith) (Bild 1).

Niedrigwasserjahre

- Eisanteil in Lobith ca. 17% (Aug.) bzw. 16 % (Sept.) in den NW-Jahren 1921, 1947 und 2003 (Tagesmaximum: 28 %) (Bilder 2 & 3).
- Kaum Veränderung der Eisanteile rheinabwärts ab Basel. Gleichgewicht zwischen Abnahme der pluvialen Rhein-Zuflüsse Rhein und Zunahme von Q_{eis} aus den Alpen.

Trend

- Hohe Werte der Eisanteile in den 1920- und 1940-er Jahren, niedrige Werte in den 1950er-Jahren und ansteigende Werte ab den 1950er-Jahren (Bild 4).
- Keine Rückschlüsse möglich, ob der Zeitpunkt der maximale Wasserabgabe aus den sich zurückziehenden Alpengletscher bereits erreicht wurde.