# Niedrigwasser im Rhein - eine graphische Datenanalyse

Michael Stölzle[1,2], Irene Kohn[1,2], Tobias Schütz[1], Kerstin Stahl[2] und Markus Weiler[1]

Tag der Hydrologie 2017 in Trier
*Session 2: Statistik und Modellierung des Wandels*

## Hintergrund

Der Rhein ist eines der größen Stromgebiete Europas und weist hohe Abflussvariabilität und unterschiedliche Regime an seinen Pegeln auf.
Durch die Verflechtung relevanter räumlicher und zeitlicher Niedrigwasserprozesse (Schneefall/ Verdunstung, Alpen/Mittelgebirge) sind Vergleiche von Niedrigwasserereignissen aufwendig und lassen sich schwierig visualisieren. Ziel dieser Studie ist daher extreme Niedrigwasserereignisse durch Visualisierungen aufzuarbeiten.

## Methodik

Diese Datenanalyse basiert auf langen Abflusszeitreihen (1917-2016) für sechs Pegel entlang des Rheins. Brienzwiler (Aare) und Illanz (Hinterrhein) repräsentieren die Kopfeinzugsgebiete der Schweiz. Niedrigwasserkennwerte wurden basierend auf NM7Q-Werten, Schwellenwerte wie MNQ sind für 25 Jahresperioden berechnet. Abflussdefizit ist die Summe der Abflüsse unter täglichen MQ-Werten. Für die Normierung MQ-Tage wird das Abflussdefizit als Dauer in Anzahl Tage mit mittlerem Abfluss ausgedrückt (1).

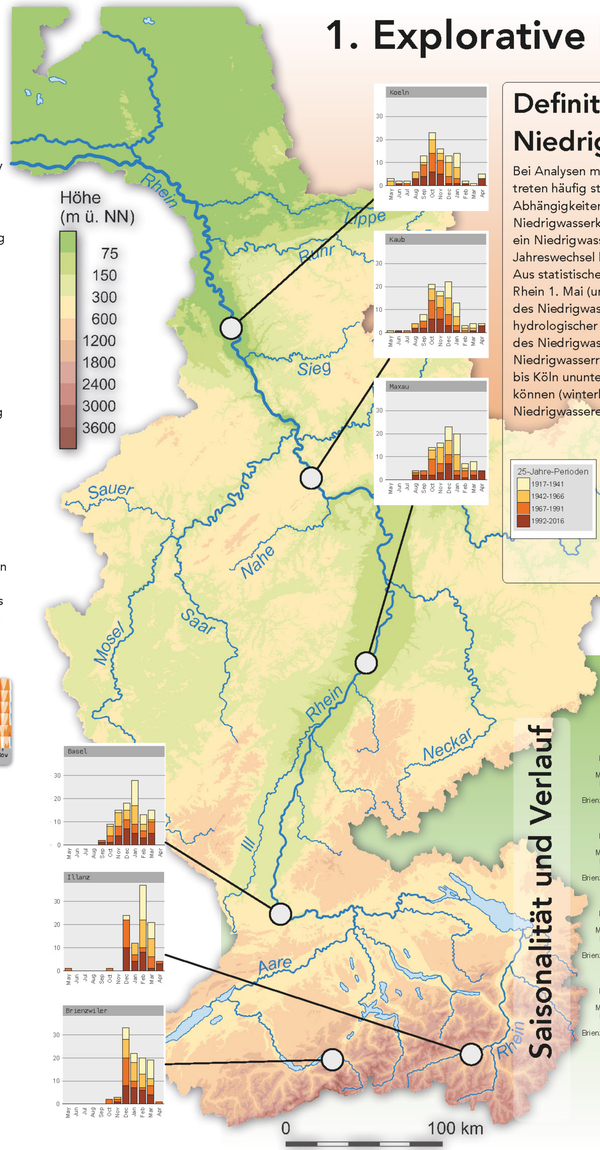
### Horizonchart

Grundlage sind tägliche z-Werte auf Basis eines 45-tägigen gleitenden Abflussmittels.

z-Werte werden in Bänder á ±0.75σ gefaltet und mittels Farbsättigung überlagert. NW werden von oben, HW von unten aufgetragen. HW > +2.25σ sind schwarz gekennzeichnet.

## Zwei Phasen

Während einer graphischen Datenanalyse (2) werden zwei Phasen durchlaufen: Eine explorative Phase, um mögliche Muster und Besonderheiten in den Daten herauszuarbeiten und eine erklärende Phase (Explanation), welche die extrahierten Muster in Zusammenhänge stellt und die Besonderheiten des Datensatzes herausarbeitet.

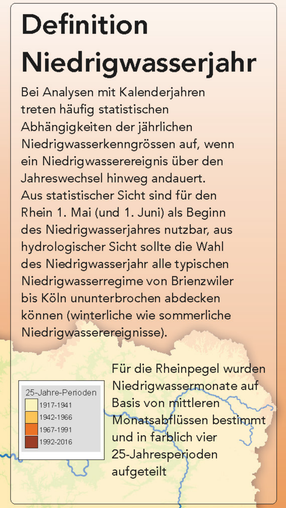



# 1. Explorative Phase: Niedrigwassermuster erkennen

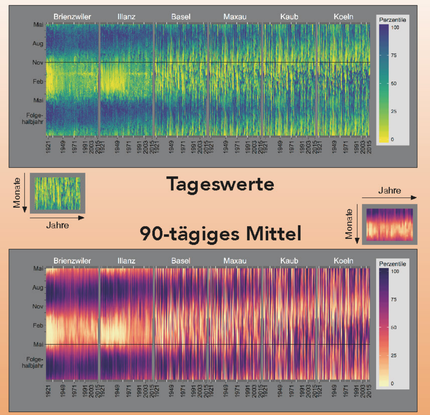
## Definition Niedrigwasserjahr

Bei Analysen mit Kalenderjahren treten häufig statistischen Abhängigkeiten der jährlichen Niedrigwasserkenngrössen auf, wenn ein Niedrigwasserereignis über den Jahreswechsel hinweg andauert. Aus statistischer Sicht sind für den Rhein 1. Mai (und 1. Juni) als Beginn des Niedrigwasserjahres nutzbar, aus hydrologischer Sicht sollte die Wahl des Niedrigwasserjahr alle typischen Niedrigwasserregime von Brienzwiler bis Köln ununterbrochen abdecken können (winterliche wie sommerliche Niedrigwasserereignisse).

Für die Rheinpegel wurden Niedrigwassermonate auf Basis von mittleren Monatsabflüssen bestimmt und in farblich vier 25-Jahresperioden aufgeteilt

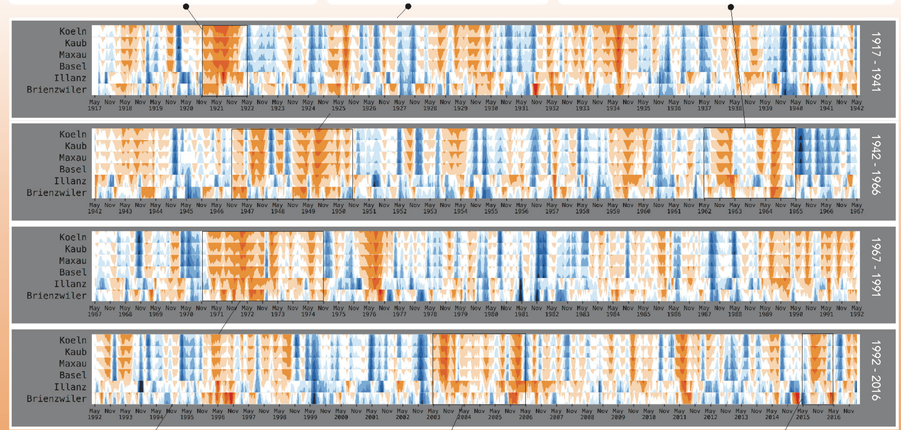



## Abflussperzentile




Hier zeigt sich eine Verschiebung der Niedrigwasserereignisse vom Winter/Herbst in den Sommer. Der Verlauf des Niedrigwasserregimes stromabwärts wird deutlich. Für die Kopfeinzugsgebiete Brienzwiler und Illanz sind durch Stzauhaltungen zur Stromproduktion geprägt.

## Abflussanomalien




**1920/21**: Rekord-Niedrigwasser ab Basel, Beginn November 1920 und Ende Frühjar 1922, Extrema im Sommer 1921. Stärker ausgeprägt stromabwärts.

**1947-1949:** Verkettung der Niedrigwasser-Jahre 1947,1948 und 1949 mit Erholungsperioden.

1962-1964: Winterliche Niedrigwasser-Kaskade stromaufwärts (1962) und sommerliche Niedrigwasser-Kaskade stromabwärts (1964), Perioden werden nicht durch Hochwasser unterbrochen

**1971/72**: Im Rhein wesentlich persistenter als der "Klassiker 1976", aber weniger intensiv. Beispiel für langanhaltendes Niedrigwasser.

**2003**: Ein Klassiker der sommerlichen Niedrigwasserereignisse. Trotz feuchtem 2002 extremes Niedrigwasser im Sommer 2003, Niedrigwasser-Periode verschleppt sich teilweise bis 2006 (z.B. Illanz) und ist 2005 teilweise extremer als 2003.

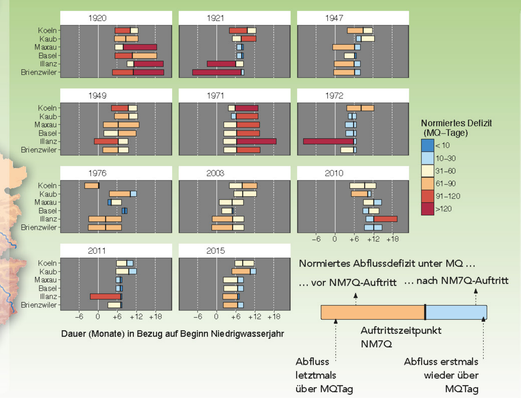
**2015:** Beginnend ab September, Herbst/Winter-NW, ausgeprägt ab Basel, später Frühjahrs-NW in Kopfeinzugsgebieten (wie auch 2014 Brienzwiler)

Verschiebung der Saisonalität auf zwei Ebenen an dein einzelnen Pegeln und über 100 Jahre im gesamten Einzugsgebiet

Unterschiedliche Niedrigwasser-Charakteristika für verschiedene Ereignisse und Unterschiede in den Ausprägungen an den Pegeln

# 2. Erklärende Phase: Eigenschaften extremer Ereignisse

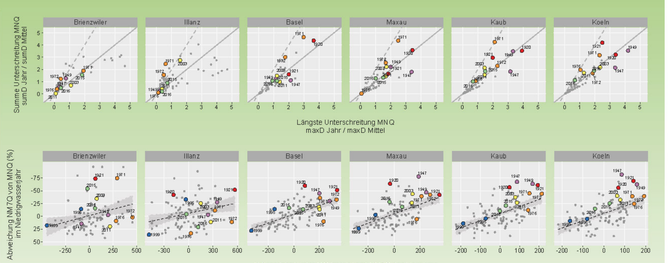
## Saisonalität und Verlauf







## Dauer und Defizit




- Kennwerte sumD und maxD sind nützlich um extreme Niedrigwasserereignisse zu charakterisieren
- Dauern steigen stromabwärts an und Ausprägung einzelner Jahre sind sehr unterschiedlich
- Stromabwärts kann vorangehendes Abflussdefizit den NM7Q-Wert besser erklären
- "Gedächtnis" wichtig bei Niedrigwassergenese (Beispielsanalyse 1971,1995) , manche Niedrigwasser sind offensichtlich speichergesteuert, andere mehr Ereignis/Temperatur-gesteuert (sommerlich)

## Graphische Schlussfolgerungen

**Heatmaps** (Abflussperzentile) und **Horizoncharts** (Abflussanomalien) eigenen sich für lange Zeitreihen und eine Gegenüberstellung verschiedener Abflusszeitreihen. Zur Detektion von Mustern sind gereihte Einzelplots für Pegel (small mutiples) oder die Anordnung der Pegelzeitreihen in sortierten Bändern (Horizoncharts) hilfreich. Die Faltung der Bänder ermöglicht eine platzsparende, komprimierte Darstellung.
Die **Scatterplots** zeigen, dass die Grundgesamtheit der Daten als Muster im Hintergrund, einzelne Jahre als Hervorhebung im Vordergrund dargstellt werden können.

## Hydrologische Schlussfolgerungen

Die Abflussperzentile zeigen Beeinflussung der Pegel (vor allem im Oberlauf) und die Verschiebung der Niedrigwassersaisonalität für jeden Pegel, aber auch für das gesamte Rheineinzugsgebiet. Die Abflussanomalien geben Aufschluss über die Genese von Niedrigwasserperioden und beleuchten deren unterschiedliche Charakteristika. Unterschiedliche Niedrigwasser-Ereignisse haben entlang der Pegel unterschiedliche zeitliche Ausprägungen und hinsichtlich des Defizit auch deutlich unterschiedliche Verläufe. Mit Fokus auf die extremen Niedrigwasserereignisse sind stromabwärts sind die Niedrigwasserdauern länger, stromaufwärts das Abflussdefizit größer.

Autoren

(1) Professur für Hydrologie, Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Universität Freiburg

(2) Professur für Umwelthydrosysteme, Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Universität Freiburg

References

1 - Van Loon, AF et al. (2014): How climate seasonality modifies drought duration and deficit. Journal of Geophysical Research: Atmospheres
2 - Unwin, A (2015): Graphical Data Analysis with R, The R Series, Chapman and Hall (CRC)

Datenbereitstellung

Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), bereitgestellt durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Hydrologie

Kontakt

irene.kohn@hydro.uni-freiburg.de
michael.stoelzle@hydro.uni-freiburg.de