

Hydrometeorologische und hydrologische Entwicklungen der vergangenen 100 Jahre am Rhein: Abflussregime und Extreme

Jörg Uwe Belz
Bundesanstalt für Gewässerkunde

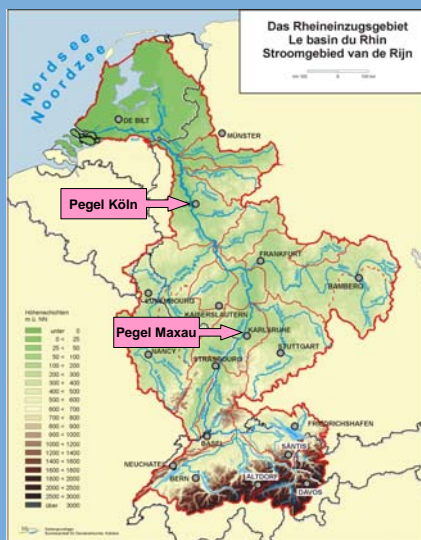
Annegret Gratzki
Deutscher Wetterdienst



bfg



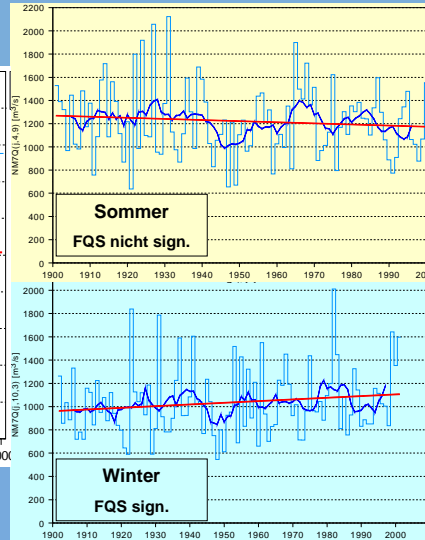
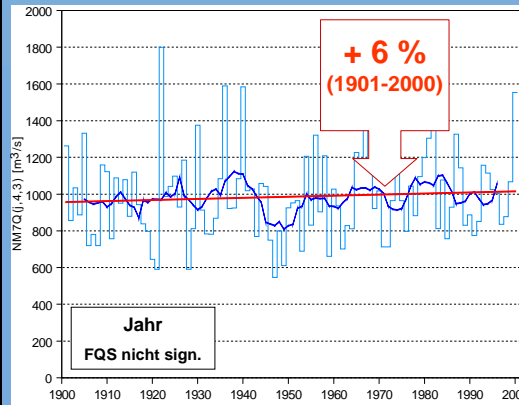
Das Rheingebiet



- ◆ A_{Eo} ca. 185.000 km²
- ◆ rd. 58 Mio. Einwohner
- ◆ 9 Anrainerstaaten sowie
7 deutsche Bundesländer
- ◆ Stromlänge rd. 1320 km
- ◆ an der Mündung:
 - MQ ca. 2.500 m³/s
 - NNQ ca. 600 m³/s
 - HHQ ca. 12.000 m³/s

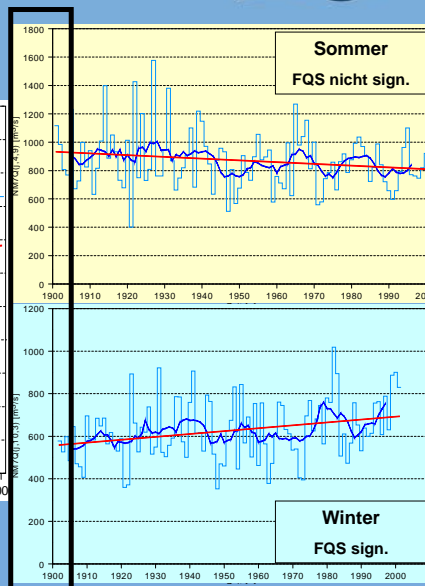
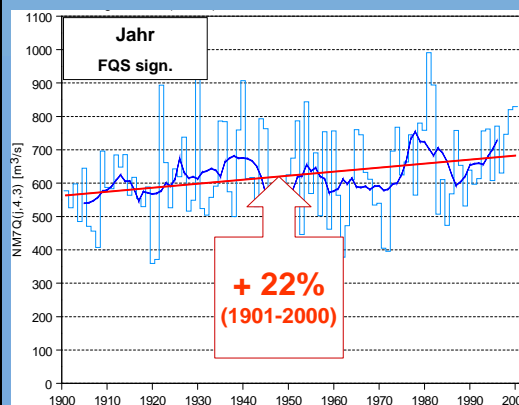
Entwicklung der Niedrigwasserextreme im 20. Jahrhundert Pegel Köln (Rhein) / NM7Q

(11-jähr. übergreifendes Mittel, FQS/M-K 95%)



Entwicklung der Niedrigwasserextreme im 20. Jahrhundert Pegel Maxau (Rhein) / NM7Q

(11-jähr. übergreifendes Mittel, FQS/M-K 95%)



"Ich glaube nur der Statistik, die ich selber gefälscht habe"

Winston Churchill

Absicherung der statistischen Analyse-Ergebnisse:

- unterschiedliche Methoden
- unterschiedliche Kenngrößen

In vorliegendem Fall:

ausschließlich Anwendung robuster, gut reproduzierbarer Verfahren

- klassische Trendanalyse mit Signifikanztest
- Abflußregimeanalyse
- Analyse übergreifender und dekadischer Mittel
- gestaffelte Trendanalyse
- begleitende physikalische Plausibilisierung

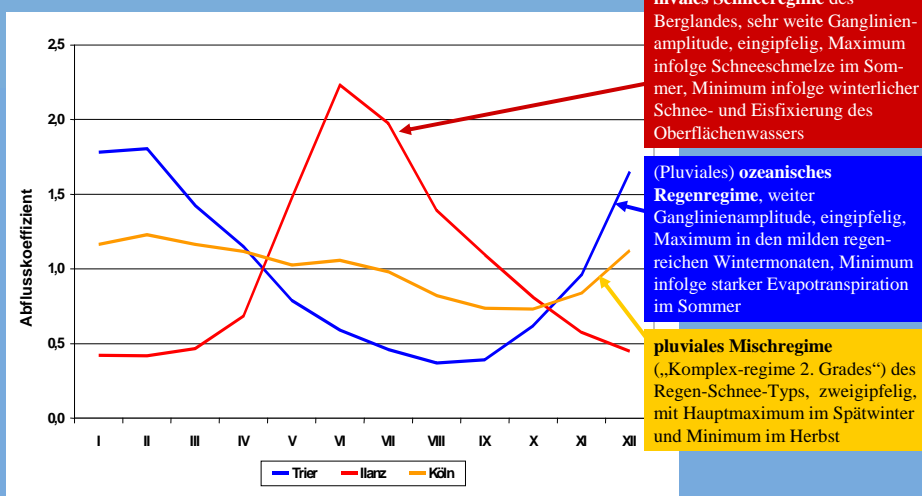
Abflussregime :

Das **A**bflussregime spiegelt den Wasserhaushalt in seinen zeitlichen Änderungen wider und ist das Ergebnis des Zusammenwirkens aller den Abfluss bestimmenden Faktoren eines betrachteten Einzugsgebietes.

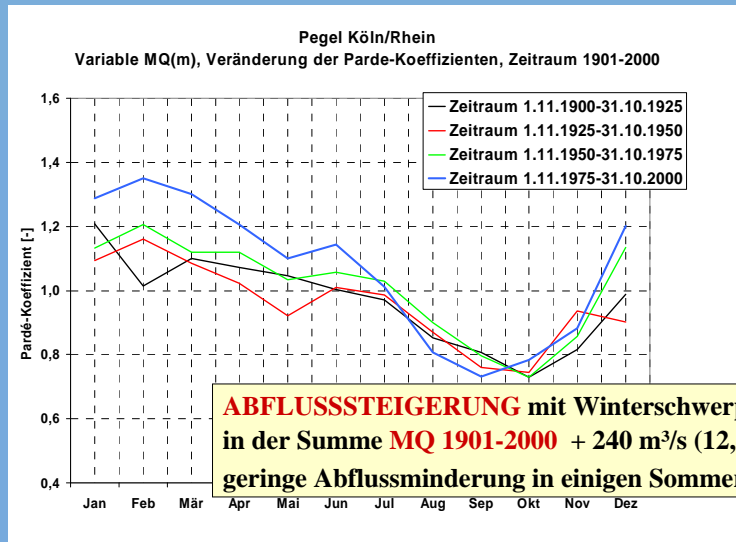
Abflussregime betrachten den Jahresgang der Wasserführung mit dem Auftreten und der Dauer der Hoch- und Niedrigwasserzeiten, mit den extremen Hochwassern und Niedrigwassern im Laufe einer längeren Beobachtungsperiode und die Häufigkeitsverteilung der charakteristischen hydrologischen Werte .

(HAD / BMU 2003)

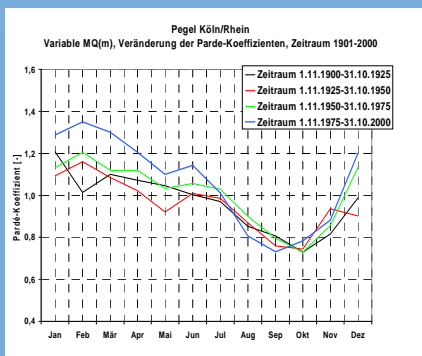
Standardisierte Abflussregimediagramme nach PARDE für charakteristische Abflussregimetypen im Rheingebiet



Niederrhein (pluviales Mischregime): Abflussregime-Entwicklung im 20. Jahrhundert



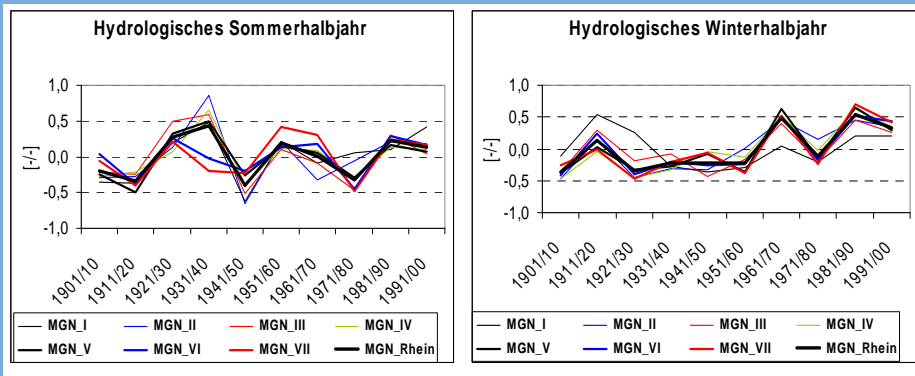
Abflussregime-Entwicklung im 20. Jahrhundert: Haupt-Wirkmechanismen im nördlichen Rheingebiet



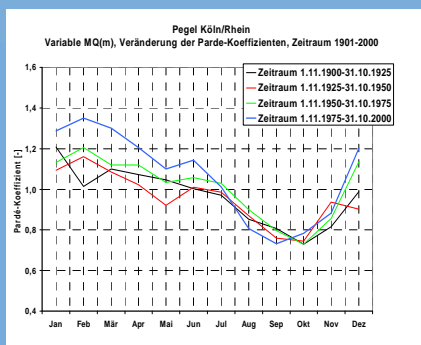
Ansteigende Gebietsniederschlagssummen aufgrund deutlich steigender Winterniederschläge und stagnierender / schwach steigender Sommerniederschläge

Veränderungen im Abflussregime: (Hydro-)Meteorologische Wirkprozesse

Gebietsniederschlag (MGN): Standardisierte saisonale Dekadenmittel im Rheingebiet im Verlauf des 20. Jh.



Abflussregime-Entwicklung im 20. Jahrhundert: Haupt-Wirkmechanismen im nördlichen Rheingebiet

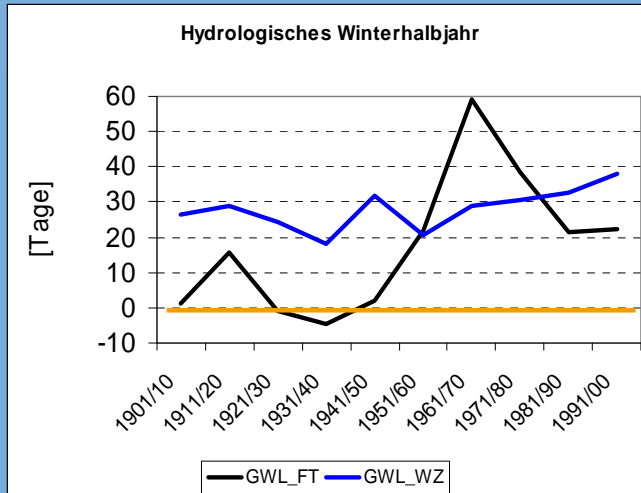


Ansteigende Gebietsniederschlagssummen aufgrund deutlich steigender Winterniederschläge und stagnierender / schwach steigender Sommerniederschläge

Zunahme von Auftretenshäufigkeit und Andauer feuchter Großwetterlagen im Verlauf des 20. Jahrhunderts

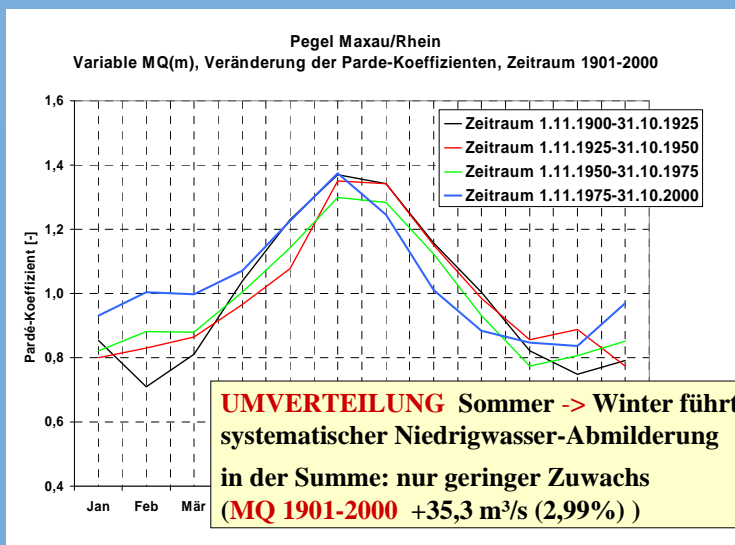
Veränderungen im Abflussregime: (Hydro-)Meteorologische Wirkprozesse

Großwetterlagen(=GWL)-Entwicklung im Rheingebiet im 20. Jh. (Dekadenmittel)

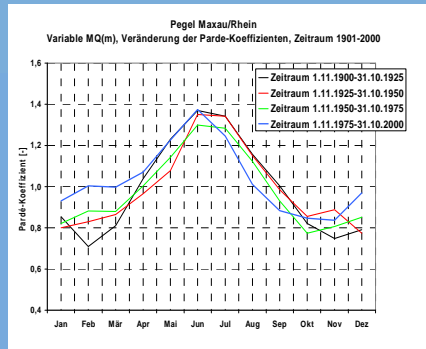


GWL_FT:
Differenz der Tage von feuchter und trockener Witterung:
>0: es überwiegen die Niederschlags-tage in der betrachteten Jahreshälfte
<0: es überwiegen die Tage ohne Niederschlag in der betrachteten Jahreshälfte
GWL_WZ: Anzahl der Tage mit Großwetterlage "West-zyklonal"

Oberrhein (nivales Regime/Schnee-Übergangstyp): Abflussregime-Entwicklung im 20. Jahrhundert



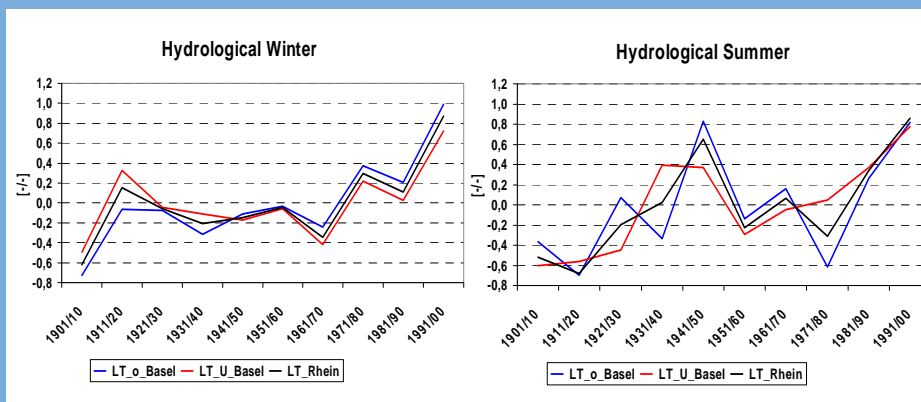
Abflussregime-Entwicklung im 20. Jahrhundert: Haupt-Wirkmechanismen im südlichen Rheingebiet



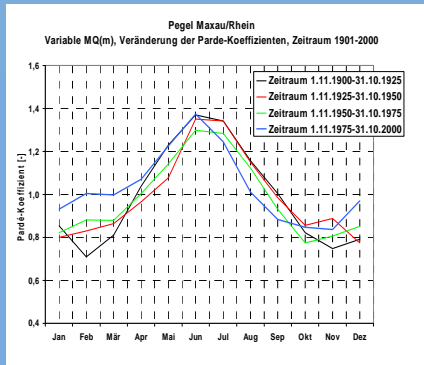
← Ansteigende Lufttemperaturen

Veränderungen im Abflussregime: (Hydro-)Meteorologische Wirkprozesse

Lufttemperatur (LT): Standardisierte saisonale Dekadenmittel im Rheingebiet im Verlauf des 20. Jh.



Abflussregime-Entwicklung im 20. Jahrhundert: Haupt-Wirkmechanismen im südlichen Rheingebiet



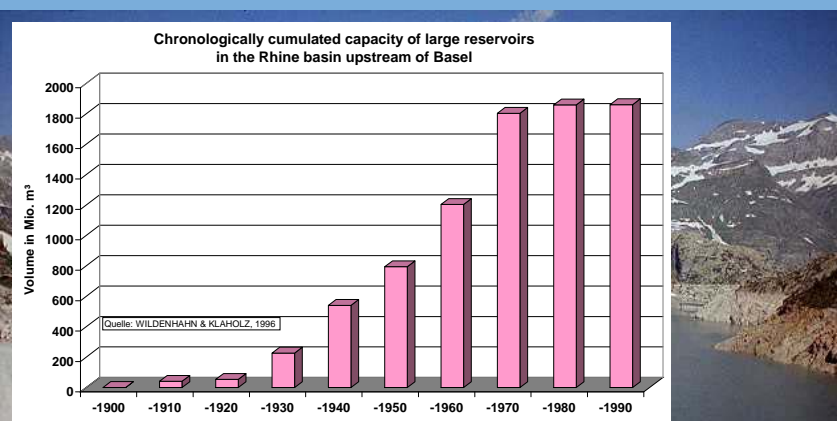
Ansteigende Lufttemperaturen bewirken:

- geringere Schneerücklagen im Winter, dafür höhere winterliche Abflüsse angesichts der häufigeren flüssigen Niederschläge (direkt abflusswirksam!)
- niedrigere Abflüsse aus der Schneeschmelze im Sommer (da geringere Schneerücklagen)

Energieerzeugung durch alpine Talsperren

- Aufstau im Sommer, dadurch Minderung der Oberflächengewässer-Abflüsse
- Abgabe im Winter, dadurch Aufhöhung der Oberflächengewässer-Abflüsse

Veränderungen im Abflussregime: Anthropogene Wirkprozesse - Speicherwirtschaft



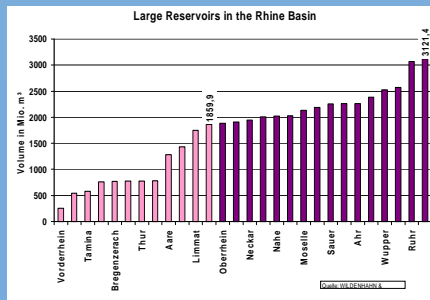
Basel: 1,9 Mrd. m³ p.a. ->

~ 60 m³/s per Saison (~ 7% des Winter-MQ₁₉₀₁₋₂₀₀₀)

Veränderungen im Abflussregime: Räumlich differenzierte Bedeutung von Wirkprozessen

Nördliches Rheingebiet

Südliches Rheingebiet

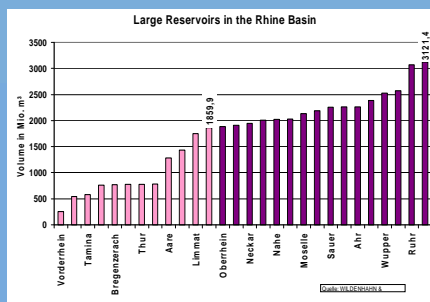


Keine nennenswerte Bedeutung des beträchtlichen Talsperrenvolumens nördlich von Basel (rd. 1,3 Mrd. m³) aufgrund heterogener Steuerungsmodi.

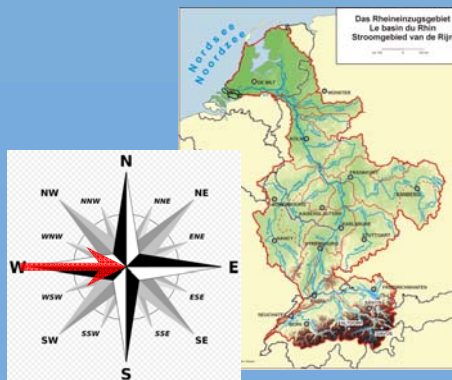
Veränderungen im Abflussregime: Räumlich differenzierte Bedeutung von Wirkprozessen

Nördliches Rheingebiet

Südliches Rheingebiet



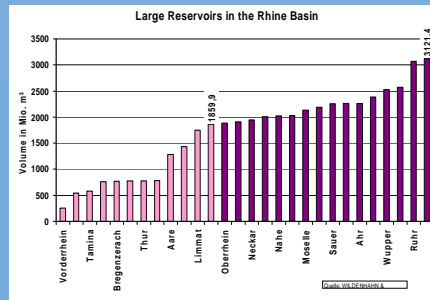
Keine nennenswerte Bedeutung des beträchtlichen Talsperrenvolumens nördlich von Basel (rd. 1,3 Mrd. m³) aufgrund heterogener Steuerungsmodi.



Änderung der Wetterlagen-Streichrichtung von West auf Südwest schwächt die GWL-Durchsetzungsfähigkeit

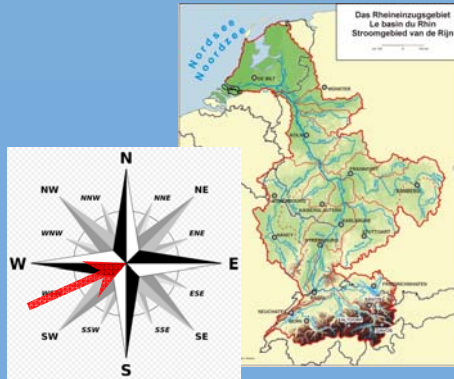
Veränderungen im Abflussregime: Räumlich differenzierte Bedeutung von Wirkprozessen

Nördliches Rheingebiet



Keine nennenswerte Bedeutung des beträchtlichen Talsperrenvolumens nördlich von Basel (rd. 1,3 Mrd. m³) aufgrund heterogener Steuerungsmodi.

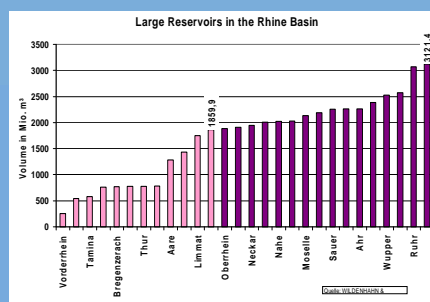
Südliches Rheingebiet



Änderung der Wetterlagen-Streichrichtung von West auf Südwest schwächt die GWL-Durchsetzungsfähigkeit

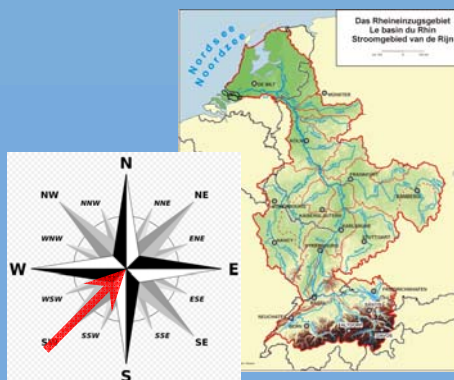
Veränderungen im Abflussregime: Räumlich differenzierte Bedeutung von Wirkprozessen

Nördliches Rheingebiet



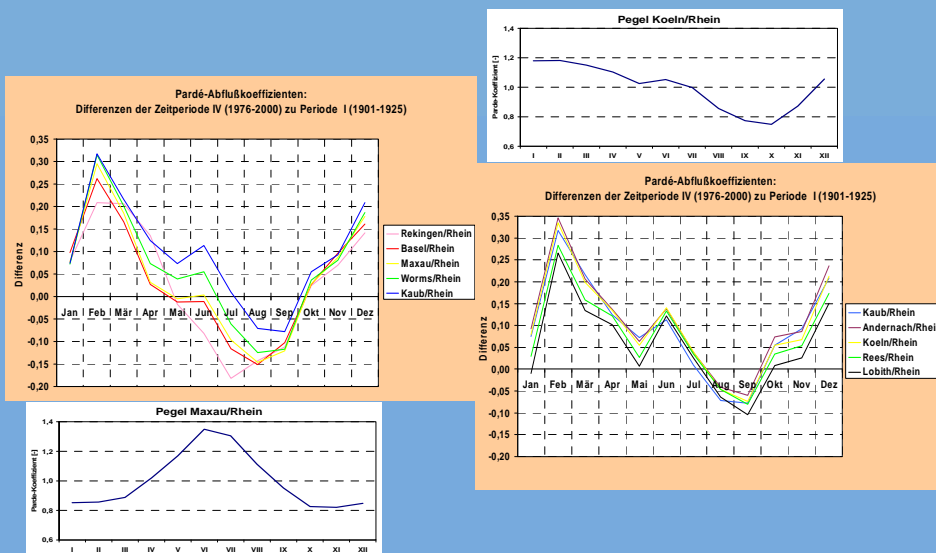
Keine nennenswerte Bedeutung des beträchtlichen Talsperrenvolumens nördlich von Basel (rd. 1,3 Mrd. m³) aufgrund heterogener Steuerungsmodi.

Südliches Rheingebiet

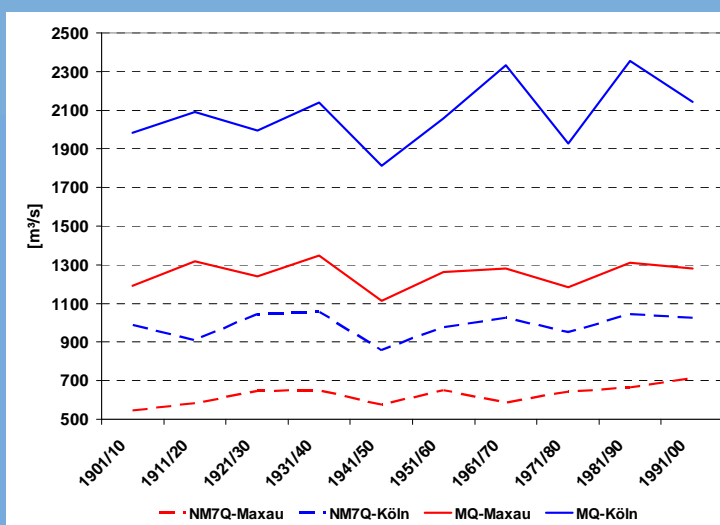


Änderung der Wetterlagen-Streichrichtung von West auf Südwest schwächt die GWL-Durchsetzungsfähigkeit

Abflussregime-Entwicklung im 20. Jahrhundert im Längsprofil des Rheins

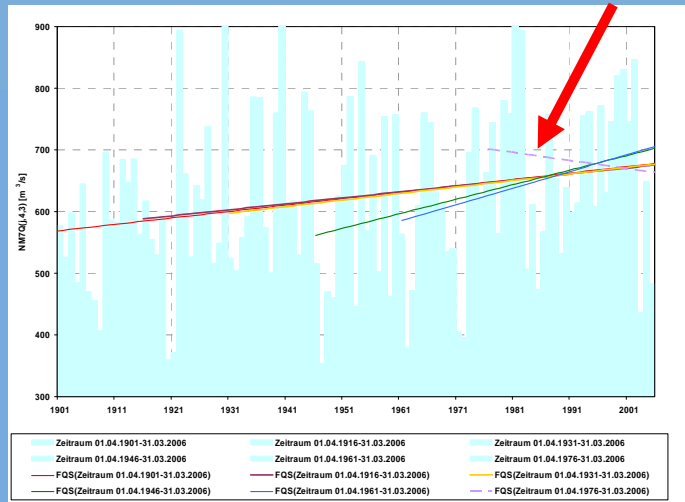


Dekadische Abfluss-Mittel im Verlauf des 20. Jahrhunderts: Rheinpegel Maxau und Köln - NM7Q und MQ



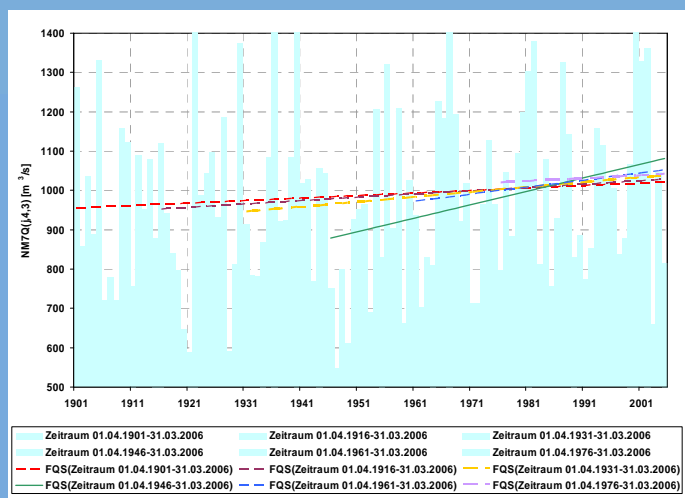
Pegel Maxau (Rhein): Niedrigwasser-Extreme (NM7Q-Jahresserie) Trendanalysen verschiedener Zeiträume

Gesamtperiode 1901-2005 (FQS, M-K 95%)



Pegel Köln (Rhein): Niedrigwasser-Extreme (NM7Q-Jahresserie) Trendanalysen verschiedener Zeiträume

Gesamtperiode 1901-2005 (FQS, M-K 95%)



Fazit:

Im Rheingebiet haben im Verlauf des 20. Jh. substantielle Veränderungen im Abflussregime stattgefunden. Trotz Anwendung unterschiedlicher Analysemethoden kommt es dabei i.d.R. einheitlich zum gleichen Ergebnis.

In den meisten Teilregionen ist demnach im Jahrhundertverlauf eine Abflusszunahme in den Winterhalbjahren zu konstatieren.

Bezüglich der Niedrigwasserextreme bedeutet das im südlichen Rheingebiet klare Abflusszunahme und damit Abmilderung. Nördlich der Mainlinie dagegen besteht eine ungerichtete, teils auch schwach absinkende Tendenz. Eine deutliche Verschärfung der Niedrigwasserextreme ist allerdings statistisch nicht als signifikant zu belegen.

Von Süden her zeigen sich im Niedrigwasserbereich seit den 70er Jahren, wenngleich auf hohem Abflussniveau, schwache Signale einer gegenteiligen Entwicklung, allerdings mit bislang fehlender statistischer Signifikanz.

Nicht zuletzt dies unterstreicht die Notwendigkeit eingehenderer Untersuchungen des Abflussverhaltens jetzt und in Zukunft im Rahmen des KLIWAS-Projektes.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !