

Bereits erfolgte und erwartete Änderungen des Abflussgeschehens im Rhein in der nahen und fernen Zukunft?

Enno Nilson
Bundesanstalt für Gewässerkunde



Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

International
Commission
for the
Protection of
the Rhine

IKSR-Bericht 188



**Szenarienstudie für das
Abflussregime des Rheins**

Stand April 2011

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins
Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin
Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Bericht Nr. 188



1 / 34

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins
Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin
Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn



Genereller Auftrag an die IKSR:

Erfassung der durch die Klimaänderung bedingten Änderung des Abflussgeschehens und der Wassertemperatur im Rheineinzugsgebiet

Reaktion der IKSR:

Februar 2008: Einrichtung einer Expertengruppe KLIMA (Teil der Arbeitsgruppe Hochwasser)

Auftrag:

Erstellen einer „Szenarienstudie für das Abflussgeschehen des Rheins“ als Vorbereitung für die Entwicklung von Anpassungsstrategien

Phasen der Bearbeitung



1. Phase: Literaturauswertung 2008/2009

Literaturrecherche und Auswertung der Ergebnisse



2. Phase: Begleitung laufender Forschungsprojekte 2008-2010

Ergebnisse der Projekte RheinBlick2050, KLIWA, KLIWAS, etc.



3. Phase: Gesamtbewertung 2010/2011

Zusammenfassung der Ergebnisse aller Studien und
Ableitung von möglichen Szenarien: Schlussbericht der
EG KLIMA



4. Phase: Entwicklung von Anpassungsstrategien, ab 2011

in Zusammenarbeit mit den anderen Fachgruppen der
IKSR



1. Phase: Literaturauswertung 2008-2009



Wichtigste Ergebnisse: IKSR – Fachbericht Nr. 174

Publikation nach der PLEN-CC, Juli 2009

➤ www.iksr.org

Veränderungen im 20. Jahrhundert

- Deutliche Zunahme des Winterniederschlags
- Sommerniederschlag unverändert
- Leichte Zunahme des Jahresniederschlags

Auswirkungen der Klimaänderung bis 2050

- Deutliche Zunahme des mittleren Abflusses im Winter
- Abnahme des mittleren Abflusses im Sommerhalbjahr

2. Phase: Projektbegleitung 2008-2010



ENTWICKLUNGEN /ERGEBNISSE AUS STUDIEN (ZEITRAUM 2008 – 2010):

- KHR-Projekt „RheinBlick2050“ (2008-2010)
- Kooperationsvorhaben KLIWA (D-BY, D-BW, D-RLP)
- KNMI-Studien (NL, 2011)
- KLIWAS-Programm (D-BMVBS, 2007-2013)
- Weitere nationale Arbeiten

3. Phase: Gesamtbewertung Stand April 2011



Wichtigste Ergebnisse: IKSr – Fachbericht Nr. 188

Publikation nach der PLEN-CC, Juli 2011

➤ www.iksr.org

Grundlagen für den Bericht der EG KLIMA:

- **Literaturauswertung IKSr-Fachbericht 174 (2009)**
- **Ergebnisse KHR-Projekt "RheinBlick2050" (2010)**
- **Weitere Studienergebnisse (2011):**
 - CCHydro (CH)
 - Kooperationsvorhaben KLIWA (D-BY, D-BW, D-RLP)
 - KLIWAS Programm (D-BMVBS)
 - KNMI-Studien (NL)
 - Studienergebnisse (AT)

Wassertemperaturen



1. Phase: Literaturstudie (2009)

- 20. Jahrhundert: In einigen Rheinabschnitten Erhöhung der Wassertemperatur um ca. 1°C - $2,5^{\circ}\text{C}$ ✓
- „Nahe“ Zukunft (Angaben regional): Zunahme der Temperaturen: ca. $0,8^{\circ}\text{C}$

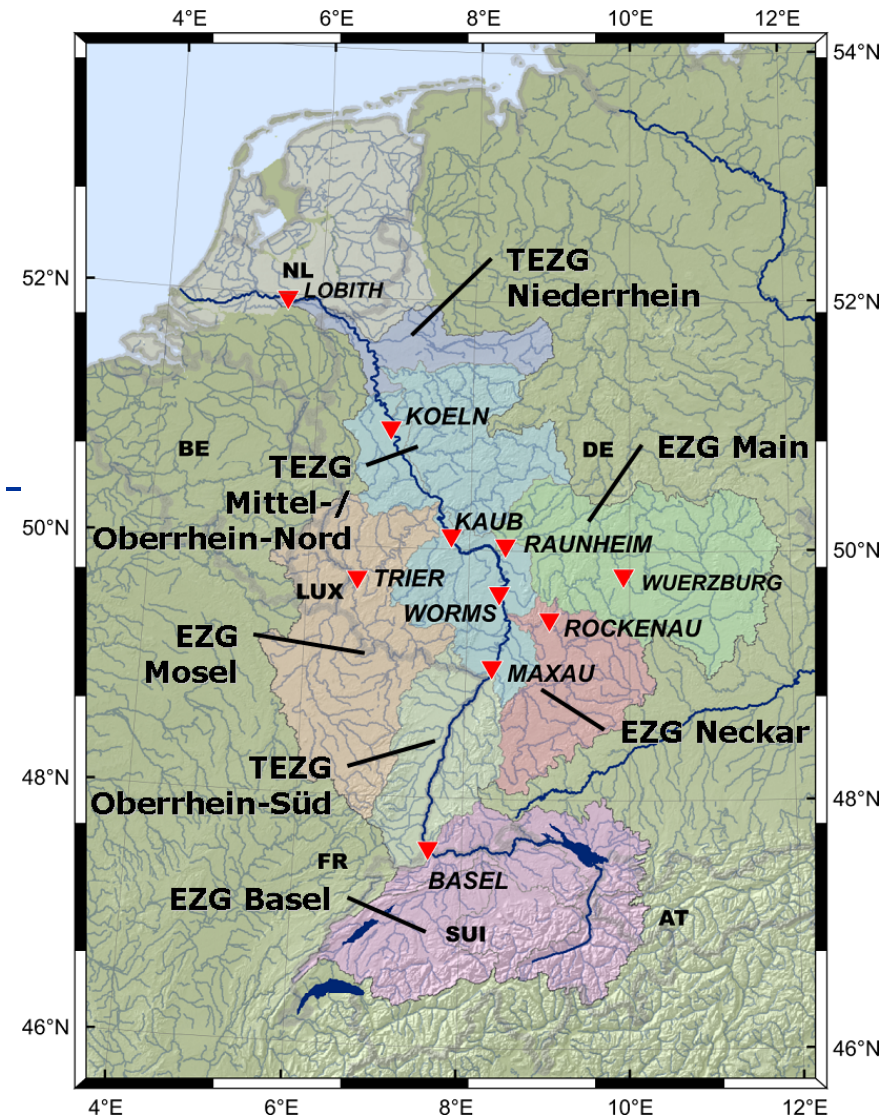
3. Phase: Gesamtbewertung

- Datendichte, -qualität und -umfang → Aufbereitung für das Rheineinzugsgebiet ✓
- IKSR-Arbeitsbereich „STEMP“: Einheitliche Szenarien und einheitlicher Ansatz für die Wärmehaushaltsmodellierung ✓
- Modellierungsarbeiten laufen (D-Bundesländer, D-BfG, NL-Waterdienst) (✓)

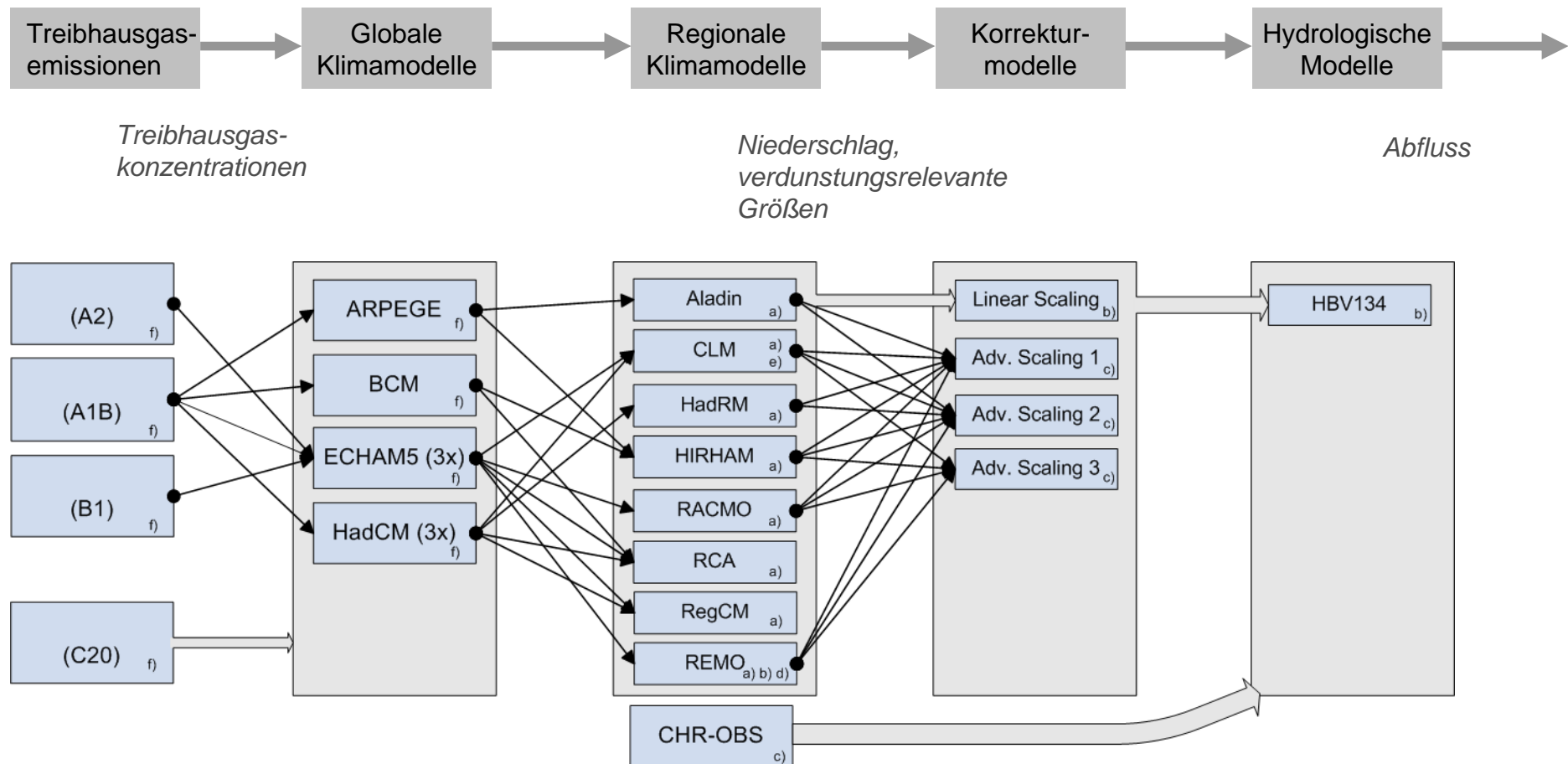
3. Phase: Gesamtbewertung Änderungen während des 21. Jahrhunderts



- **Datengrundlage: KHR I-23**
 - Görgen et al. (2010)
 - **Kenngroßen**
 - Lufttemperatur: Mittel
 - Niederschlag: Mittel
 - Abfluss: Mittel-, Niedrig, Hochwasser (MQ, NM7Q, MHQ, HQx)
 - **Zeitbezug:**
 - Änderung [%] 2021-2050
 - Änderung [%] 2071-2100
 - gegenüber 1961-1990
- **einheitlich! für Rheineinzugsgebiet**



3. Phase: Gesamtbewertung Änderungen während des 21. Jahrhunderts



Unsicherheitsbewertung durch Multi-Modell-Ansatz

Änderungen während des 21. Jahrhunderts: *Auswertungsschema*



Farbkodierung	Bedeutung	Erläuterung
Orange	abnehmende Tendenz	Die überwiegende Mehrzahl (~80%) der Projektionen zeigt eine abnehmende Tendenz.
		<i>Nur Hochwasser: Der Mittelwert der Projektionen zeigt eine Tendenz < -5%.</i>
Grau	keine eindeutige Tendenz	Etwa gleich viele Projektionen zeigen eine Zu- bzw. Abnahme.
		<i>Nur Hochwasser: Der Mittelwert der Projektionen zeigt Tendenzen zwischen -5% und +5%.</i>
Blau	zunehmende Tendenz	Die überwiegende Mehrzahl (~80%) der Projektionen zeigt eine zunehmende Tendenz.
		<i>Nur Hochwasser: Der Mittelwert der Projektionen zeigt eine Tendenz > +5%.</i>
Weiß	keine Aussage möglich	Wertespanne $\geq 50\%$ oder methodische Defizite

Änderungen während des 21. Jahrhunderts:

Klima



Kennwert	Pegel	Szenarienkorridore	
		Änderung % Nahe Zukunft	Änderung % Ferne Zukunft
SumhN meteorologischer Sommer (JJA)	EZG bis Basel	-10% bis +5%	-30% bis -10%
	TEZG Oberrhein-Süd	-10% bis +5%	-30% bis -15%
	TEZG Mittel- / Oberrhein-Nord	-10% bis +10%	-30% bis -10%
	TEZG Niederrhein	-10% bis +10%	-30% bis -10%

"nahe" Zukunft
Temperatur (nicht in Tabelle):
Sommer +1 bis +1,5°C
Winter +1,5 bis +2°C

"nahe" Zukunft:
Niederschlag:
Sommer +/- 10%
Winter +0 bis +15%

SumhN meteorologischer Winter	EZG bis Basel	-10% bis +5%	-30% bis -10%
	TEZG Oberrhein-Süd	0% bis +15%	+5% bis +25%

„Ferne" Zukunft:
→ Verstärkung der Trends für alle Kenngrößen aber
größere Unsicherheiten

	EZG Mosel	0% bis +10%	+5% bis +20%
	EZG bis Lobith	0% bis +15%	+5% bis +20%

Änderungen während des 21. Jahrhunderts: *Mittelwasser (MQ)*



Kennwert	Pegel	Szenarienkorridore	
		Änderung % Nahe Zukunft	Änderung % Ferne Zukunft
MQ hydrologisches Sommer- halbjahr (Mai-Okt)	Basel	-10% bis +5%	-25% bis -10%
	Maxau	-10% bis +5%	-25% bis -10%
	Worms	-10% bis +5%	-25% bis -10%
	Kaub	-10% bis +10%	-25% bis -10%
	Köln	-10% bis +10%	-25% bis -10%
			-25% bis -10%
			-20% bis +10%
			-25% bis -5%
			+5% bis +25%
			+5% bis +25%
MQ hydrologisches Winter- halbjahr (Nov-Apr)	Basel	0% bis +20%	+5% bis +25%
	Maxau	0% bis +20%	+5% bis +25%
	Worms	0% bis +20%	+5% bis +25%
	Kaub	0% bis +20%	+5% bis +25%
	Köln	0% bis +15%	+5% bis +25%
	Lobith	0% bis +15%	+5% bis +25%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% bis +25%	+15% bis +40%
	<i>Trier (Mosel)</i>	0% bis +20%	+10% bis +30%

Mittelwasser "nahe" Zukunft:
Sommer +/- 10%
Winter 0 bis +20%

Änderungen während des 21. Jahrhunderts: *Niedrigwasser (NM7Q)*



Kennwert	Pegel	Szenarienkorridore	
		Änderung % Nahe Zukunft	Änderung % Ferne Zukunft
NM7Q hydrologisches Sommer- halbjahr (Mai-Okt)	Basel	-10% bis +10%	-20% bis -10%
	Maxau	-10% bis +10%	-20% bis -10%
	Worms	-10% bis +10%	-25% bis -10%
	Kaub	-10% bis +10%	-25% bis -10%
	Köln	-10% bis +10%	-30% bis -10%
NM7Q hydrologisches Winter- halbjahr (Nov-Apr)	Basel	-10% bis +10%	-20% bis -10%
	Maxau	0% bis +10%	-20% bis 0%
	Worms	+5% bis +15%	0% bis -20%
	Kaub	0% bis +15%	-5% bis +15%
	Köln	0% bis +15%	-5% bis +15%
	Lobith	0% bis +15%	0% bis +20%
	Raunheim (Main)	+5% bis +15%	-5% bis +15%
	Trier (Mosel)	-15% bis +15%	0% bis +20%

Niedrigwasser: "nahe" Zukunft:
Sommer +/- 10%
Winter 0 bis +15%

Änderungen während des 21. Jahrhunderts: Hochwasser (MHQ , " $HQ_{häufig}$ ")



Index	Pegel	Szenarienkorridore	
		Nahe Zukunft	Ferne Zukunft
MHQ hydrolo- gisches Jahr (Nov-Okt)	Basel	-5% bis +10%	-25% bis +15%
	Maxau	-5% bis +15%	-20% bis +15%
	Worms	-10% bis +20%	-15% bis +15%
	Kaub	-5% bis +25%	-10% bis +20%
	Köln	0% bis +20%	-5% bis +20%
	Lobith	0% bis +20%	-5% bis +20%
	Hochwasser, "nahe" Zukunft: MHQ -5 bis +25% $HQ_{häufig}$ -5 bis +15%		0% bis +35%
			10% bis +20%
			20% bis +20%
Abfluss bei "häufigem" Hochwasser	Maxau	-15% bis +20%	-15% bis +25%
	Worms	-15% bis +15%	-10% bis +35%
	Kaub	-15% bis +15%	-5% bis +40%
	Köln	-5% bis +15%	0% bis +40%
	Lobith	-5% bis +15%	0% bis +35%
	<i>Raunheim (Main)</i>	0% bis +30%	5% bis +40%
	<i>Trier (Mosel)</i>	-5% bis +15%	0% bis +25%

Änderungen während des 21. Jahrhunderts: Hochwasser (" HQ_{mittel} ", " HQ_{extrem} ")

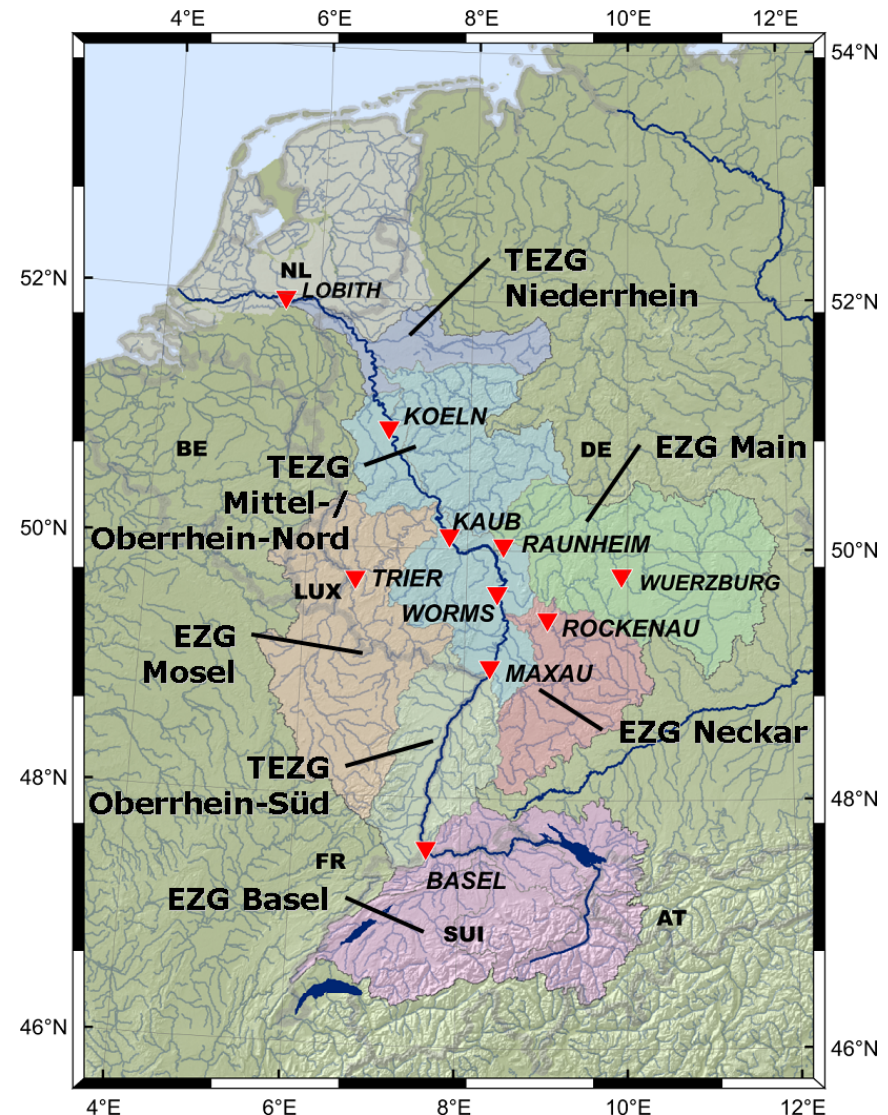


Index	Pegel	Szenarienkorridore	
		Nahe Zukunft	Ferne Zukunft
Abfluss bei "mittlerem" Hochwasser	Basel	-20% bis +10%	-30% bis +25%
	Maxau	-10% bis +15%	-25% bis +30%
	Worms	-5% bis +20%	-25% bis +35%
	Kaub	-5% bis +20%	-10% bis +25%
	Köln	0% bis +20%	0% bis +25%
	Lobith	0% bis +20%	0% bis +25%
Abfluss bei "extremem" Hochwasser		Hochwasser, "nahe" Zukunft: HQ_{mittel} 0 bis +20% HQ_{extrem} -5 bis +25%	
	Maxau	-20% bis +35%	-20% bis +65%
	Worms	-15% bis +30%	-20% bis +45%
	Kaub	-5% bis +25%	-10% bis +30%
	Köln	-5% bis +25%	0% bis +30%
	Lobith	-5% bis +20%	-5% bis +30%
	Raunheim (Main)	-5% bis +40%	0% bis +45%
	Trier (Mosel)	-35% bis +20%	-20% bis +45%

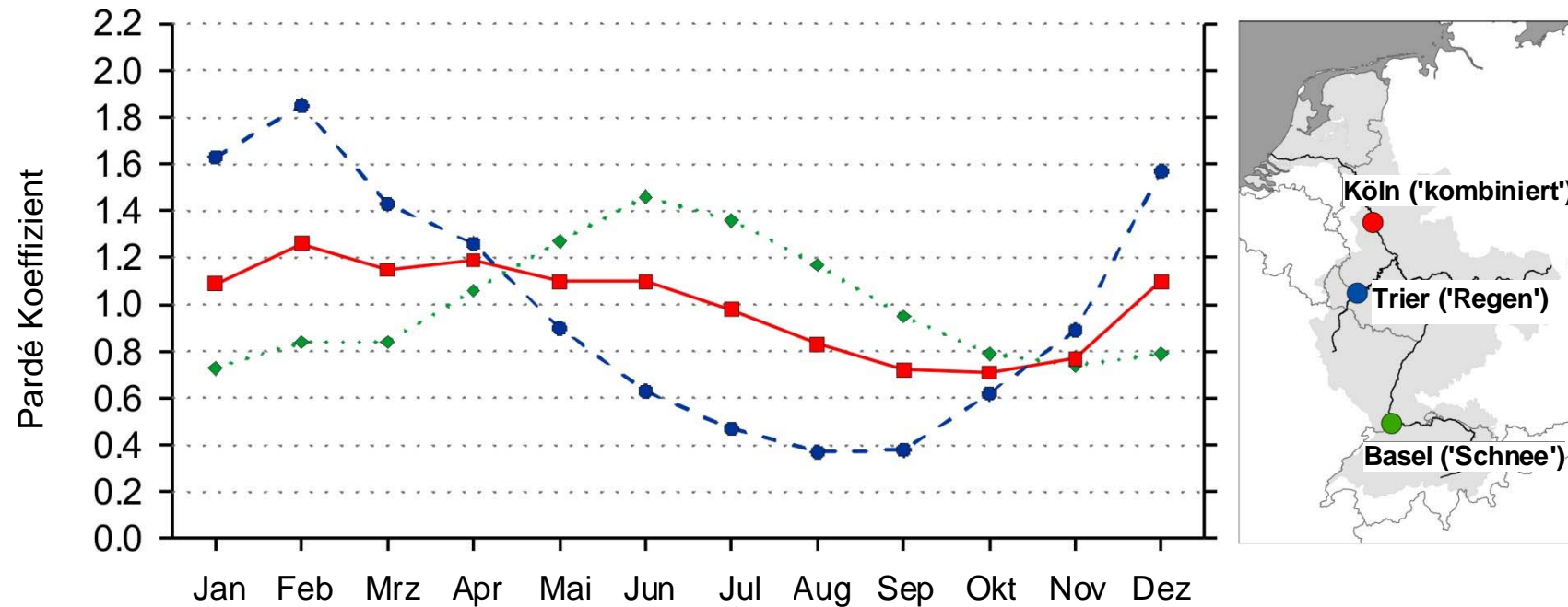
3. Phase: Gesamtbewertung Änderungen während des 20. Jahrhunderts



- **Datengrundlage: KHR I-22**
 - Belz et al. (2007)
- **Kenngroßen:**
 - Lufttemperatur: Mittel
 - Niederschlag: Mittel
 - Abfluss:
Mittel-, Niedrig-, Hochwasser
(MQ, NM7Q, MHQ)
- **Zeitbezug:**
 - Änderungen 1971-2000
gegenüber 1901-1930
- **einheitlich! für Rhein-
Einzugsgebiet**



Charakteristika des Abflussregimes





- Der Kenntnisstand zu Klima- und Abflussänderungen des 20. und 21. Jahrhunderts wurde erfasst.
- Bewertung und Szenarienbildung erfolgte nach einer einheitlichen Methode fürs Rheineinzugsgebiet.
- Die Richtung der Änderungen wird angegeben.
- Die Unsicherheitsbereich der Szenarien wird angegeben.
- Szenarien des Wärmehaushaltes sind in Bearbeitung.
- 4. Phase: Entwicklung von Anpassungsstrategien.
- Neue Entwicklungen?