

Zukünftige Veränderungen im Abflussgeschehen an hessischen Flüssen

Untersuchung von
„Klimaprojektionen“

Niederschlagsveränderung
in Hessen

Veränderung des
Abflussverhaltens

Anpassungsmaßnahmen



Wie sieht das zukünftige Klima aus?



Globale Klimamodelle - diverse

- unterschiedliche Entwicklungsstände

Klimaprojektionen - mit diversen Szenarien

Regionalisierung von „globalen“ Daten (200 km –Auflösung)

- dynamische Modelle (eingebettet)

- statistische Verfahren

Jede Kombination führt zu unterschiedlichen Ergebnissen

Ergebnisse sind keine „Prognosen“, sondern spezifische „Projektionen“ unter bestimmten Annahmen (Szenarien)

Untersuchung von Veränderungen auf
Basis folgender Annahmen:



ECHAM5 (MPI-Hamburg)
Szenarien A1B, A2, B1

**wetterlagenorientierte
Regionalisierung nach
Enke – WETTREG**
(erstellt im Auftrag UBA 2006)

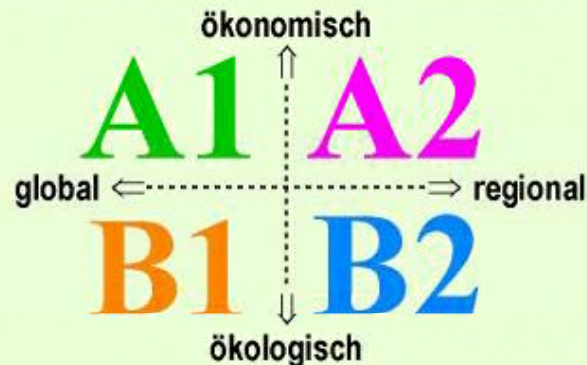
**Wasserhaushaltssimulation
mit dem Modell LARSIM**
(Büro Ludwig, Karlsruhe)

Annahmen über Emissionsentwicklung

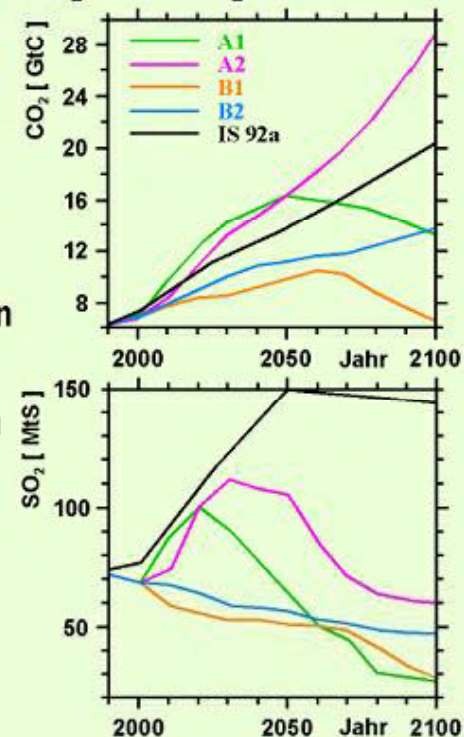
Ein neuer Satz von IPCC Emissions Szenarien (SRES-Szenarien)

- A1** Eine Welt mit schnellem Wirtschaftswachstum und schneller Einführung neuer und effizienterer Technologien.
- A2** Eine sehr heterogene Welt mit einem Schwerpunkt auf traditionelle Werte (family values and local traditions).
- B1** Eine sich vom Materialismus abkehrende Welt und die Einführung sauberer Technologien.
- B2** Eine Welt mit dem Schwerpunkt auf lokale Lösungen für ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit.

IS 92a "Wir machen so weiter wie bisher" Szenarium (1992).

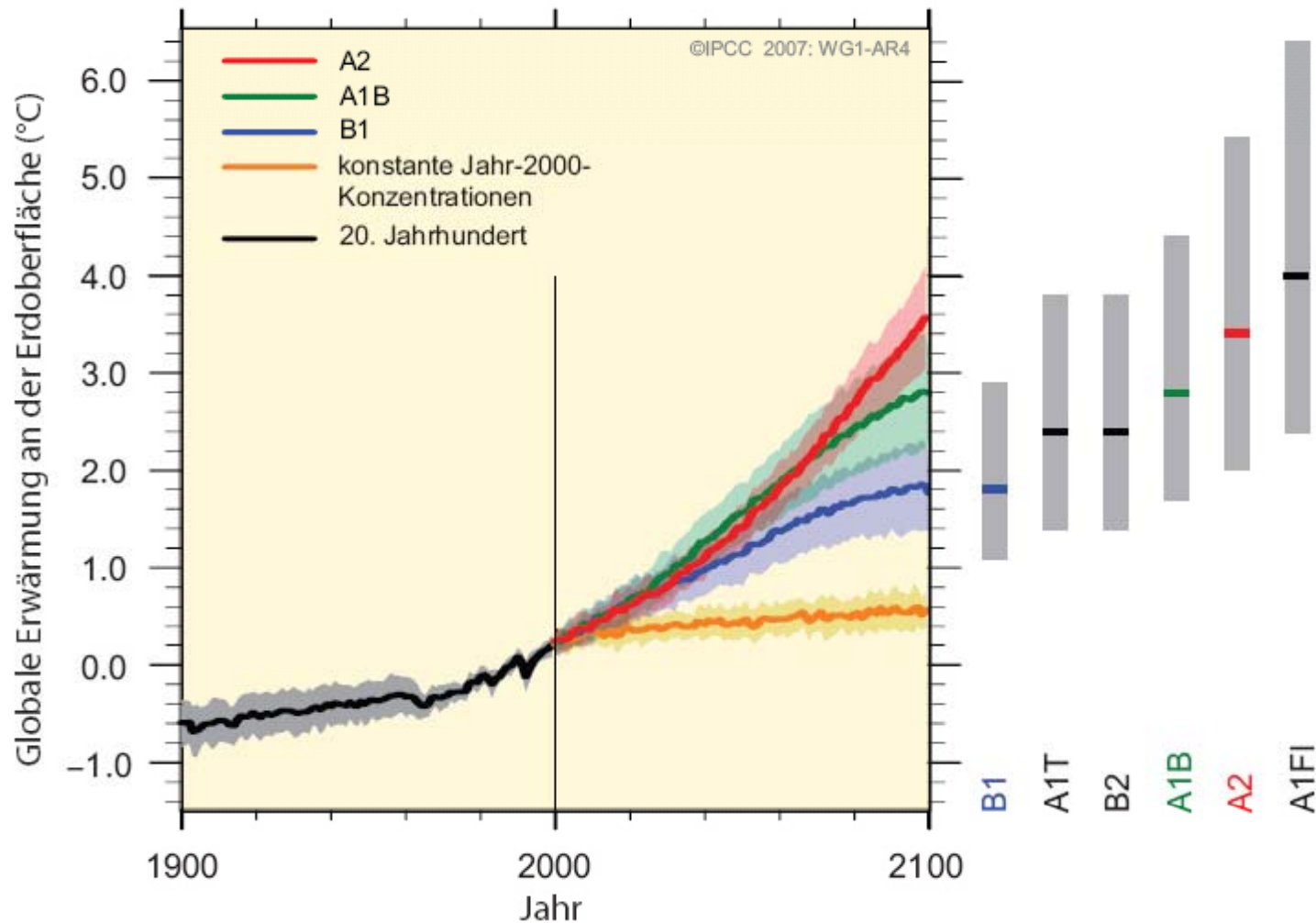


CO₂ und SO₂ Emissionen



Auswirkungen auf Basis folgender Szenarien bzw. „Projektionen“

MULTIMODELL-MITTEL UND GESCHÄTZTE BANDBREITEN FÜR DIE ERWÄRMUNG AN DER ERDOBERFLÄCHE



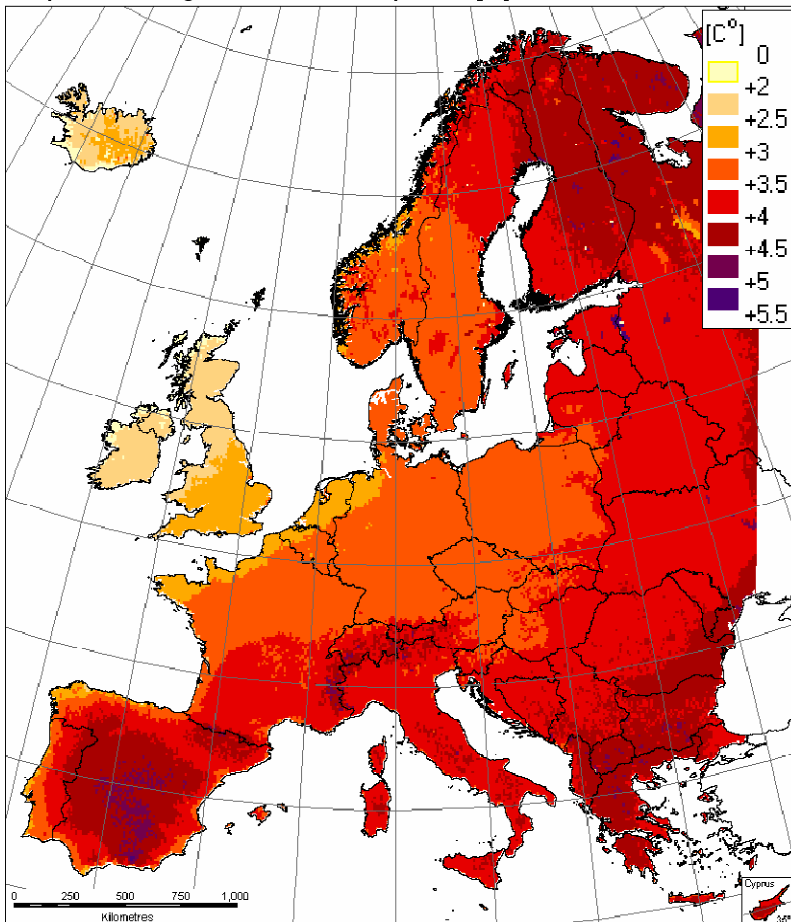
EU-Kommission - Grünbuch zur Anpassung an den Klimawandel Veränderungen bis Ende diesen Jahrhunderts

(vgl. 1961-1990 / 1971-2100, Szenario A2)



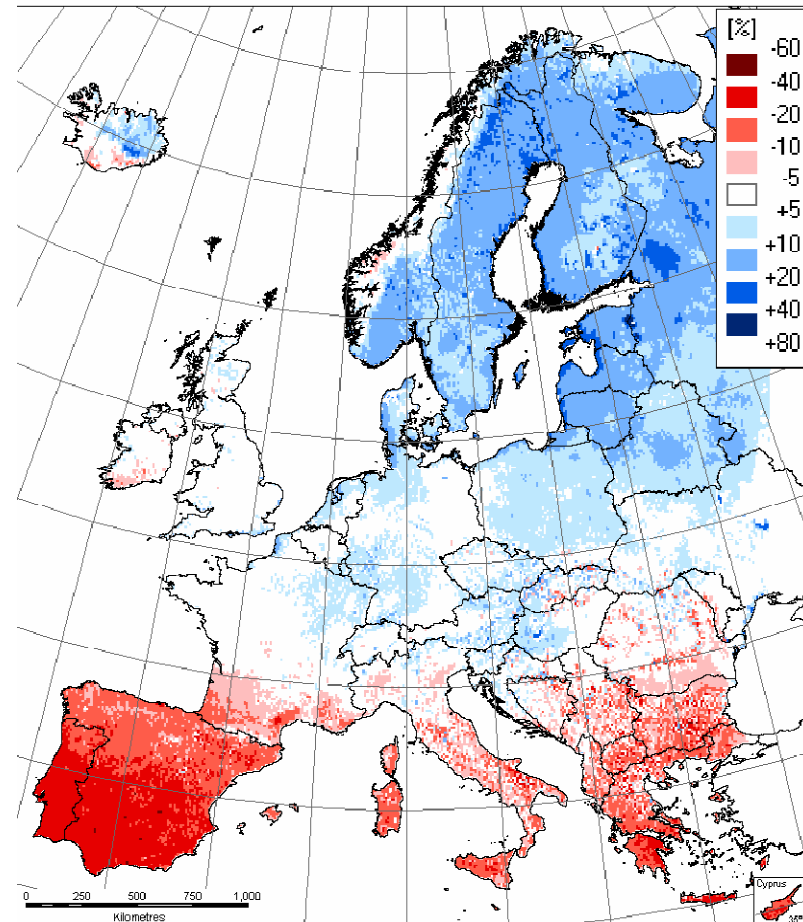
Brüssel, den 29.6.2007
KOM(2007) 354

Temperature: change in mean annual temperature [C°]



Jahresmitteltemperatur

Precipitation: change in annual amount [%]



Jahresniederschlag

Veränderung der Niederschlagsverhältnisse ...



... ist deutlich komplexer als Veränderung der Temperatur!

Temperaturerhöhung

- generell: Zunahme des Wasserdampfgehalts in der Atmosphäre

Intensivierung des Wasserkreislaufs

- aber regionales Niederschlagsgeschehen hängt ab von:
 - niederschlagsbringenden Wetterlagen
 - deren Andauer und Häufigkeit
 - lokalen topographischen Verhältnissen

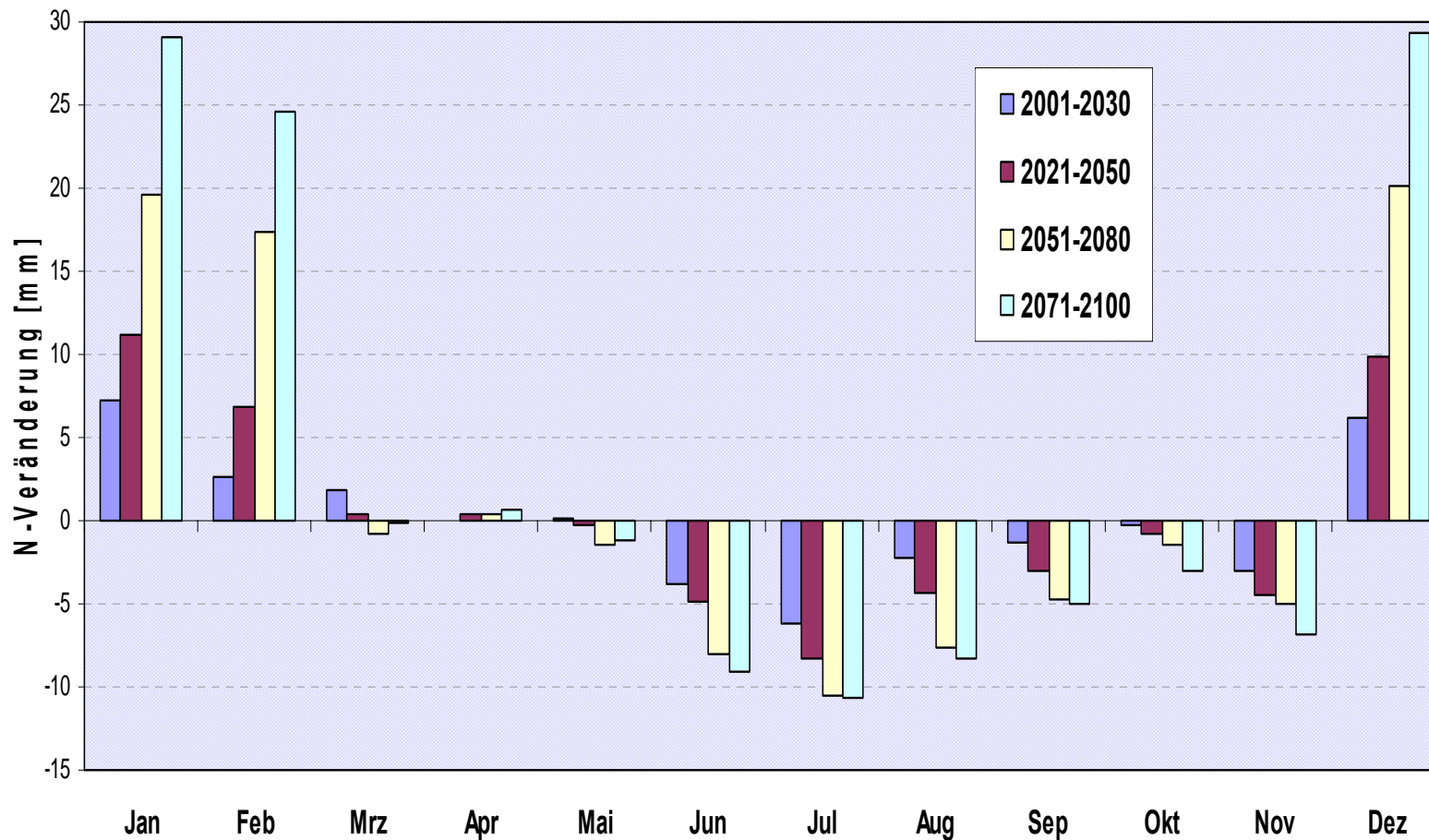
... ist mit größeren Unsicherheiten verbunden als z.B. Temperatur

Veränderungen der monatlichen Niederschläge:



Veränderungen der monatlichen Niederschläge in Hessen

(Mittel über die drei Szenarien A1B, A2, B1 ECHAM5/WETTREG vs. 1961-1990)



Niederschlagsveränderung Hessen



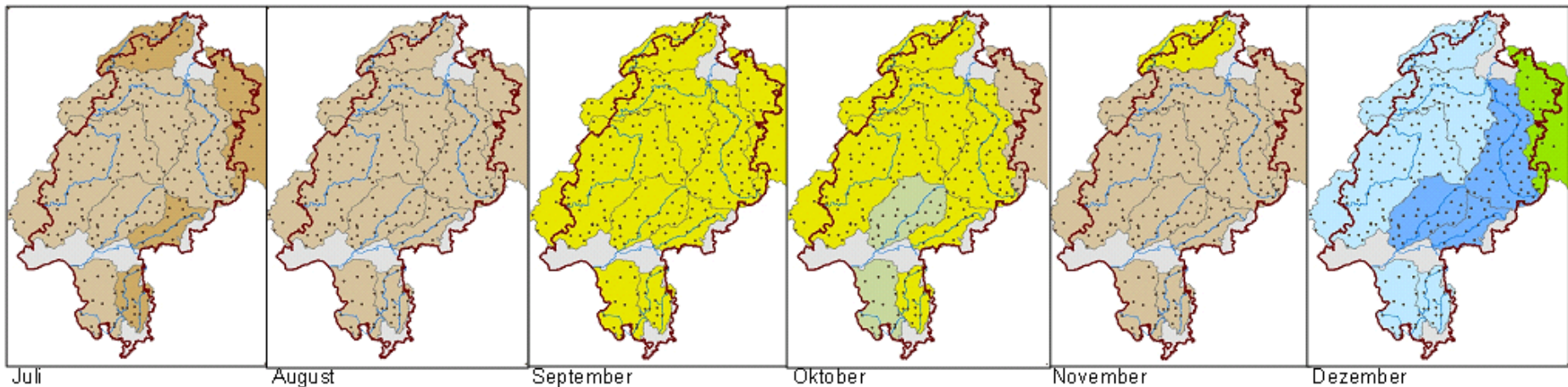
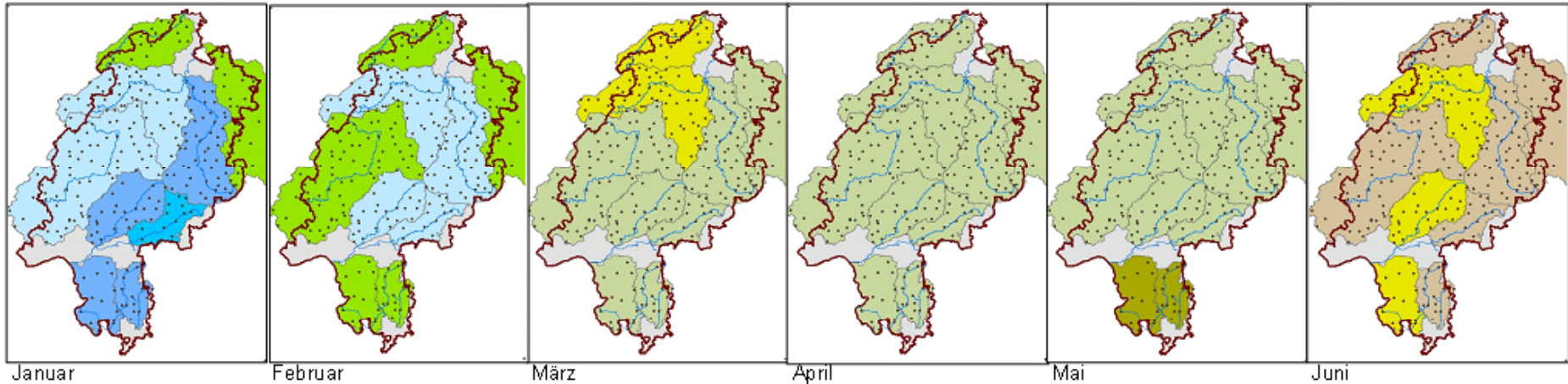
Abweichungen gegenüber der Periode 1961- 1990

SZ	Periode		Jahr	HJwi	HJso
c20	1961_1990	mm	759	367	391
a1b	2001_2030	%	0	2	-3
a2		%	0	4	-4
b1		%	1	6	-4
a1b	2021_2050	%	-1	6	-6
a2		%	0	7	-6
b1		%	1	7	-4
a1b	2051_2080	%	1	15	-11
a2		%	5	18	-7
b1		%	1	9	-8
a1b	2071_2100	%	6	25	-11
a2		%	5	20	-9
b1		%	4	17	-8

Regionale Niederschlagsveränderung

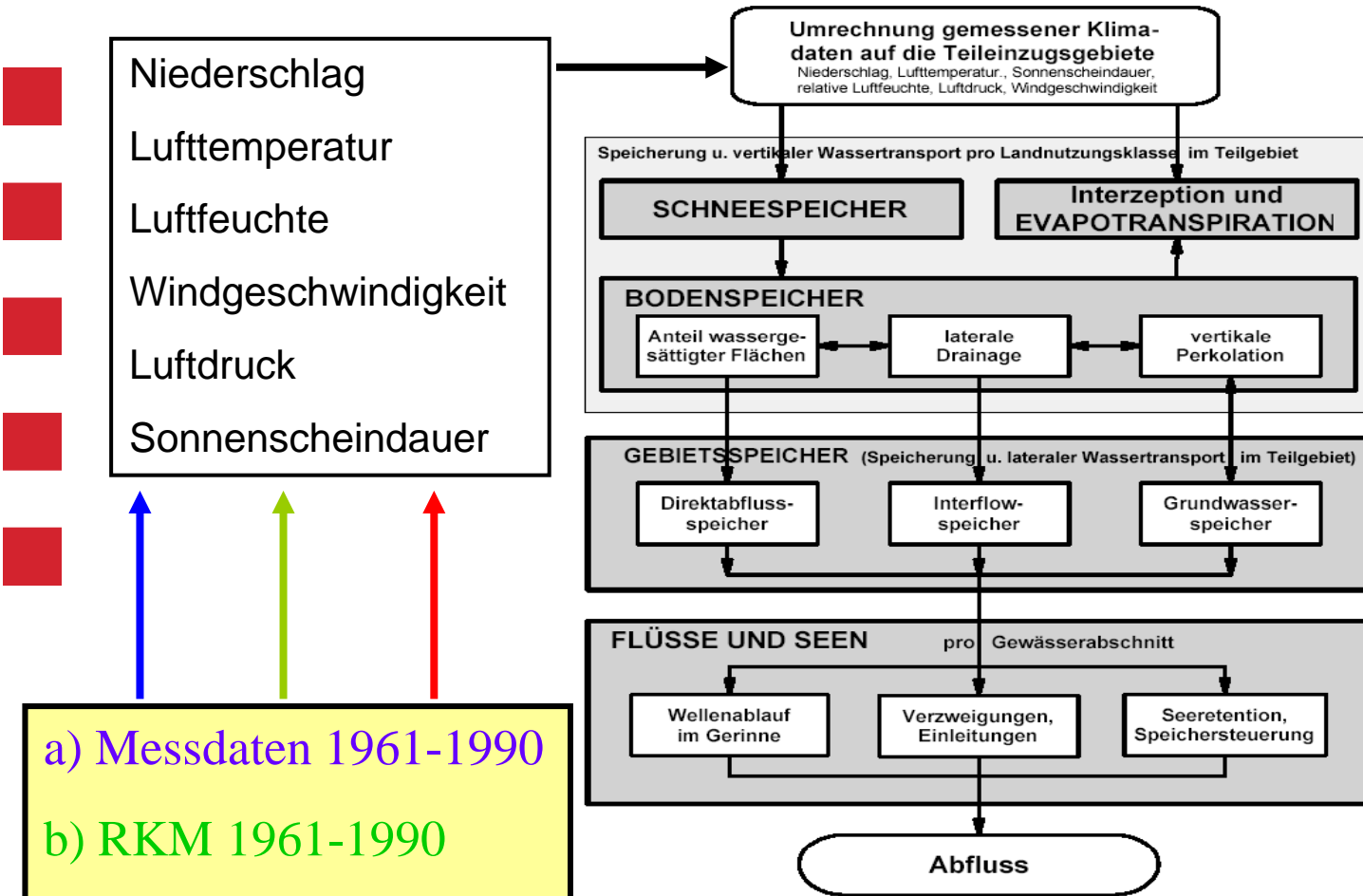


EC5/WETTREG-A1B_2021-2050 (relative Abweichungen vs. 1961- 1990)



Abw. %

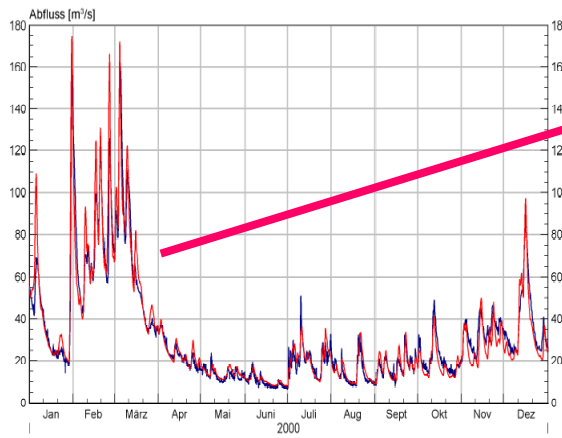




- Niederschlag
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Windgeschwindigkeit
- Luftdruck
- Sonnenscheindauer

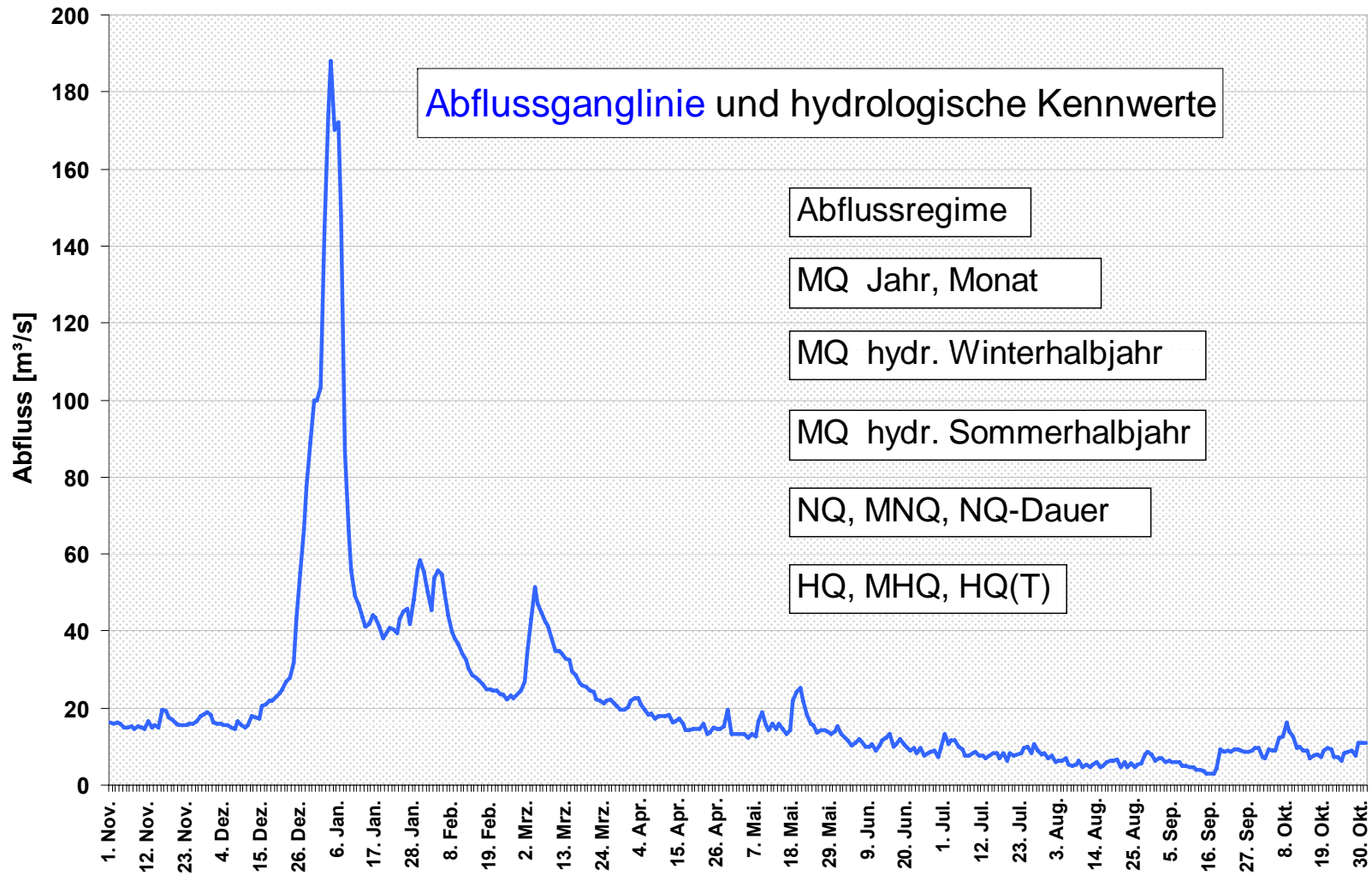
- ▲ a) Messdaten 1961-1990
- ▲ b) RKM 1961-1990
- ▲ c) RKM-Projektionen 2001 bis 2100

Wasserhaushaltsmodell LARSIM

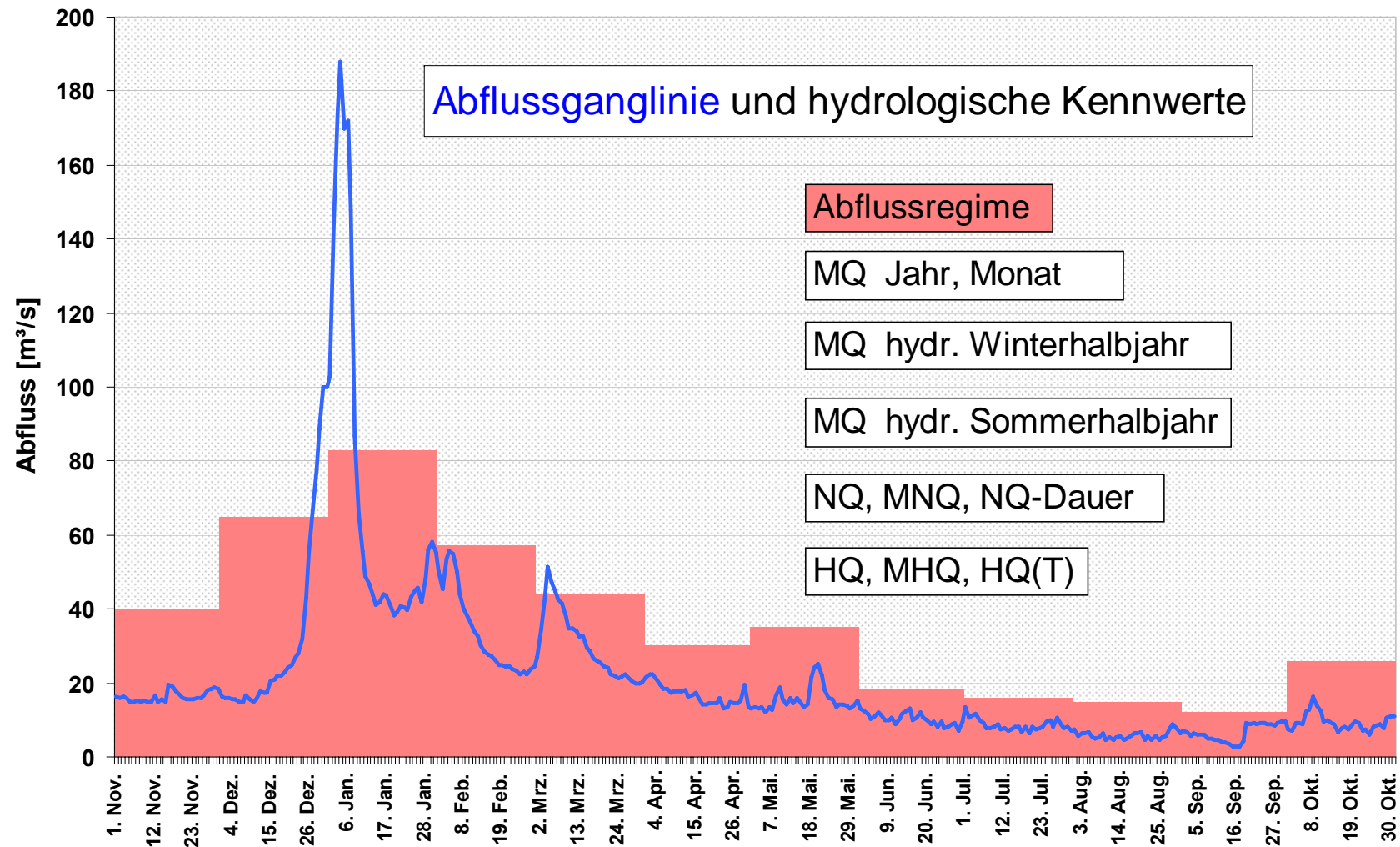


Unterschied c) – b)
im langjährigen Mittel =
Klimaänderungssignal

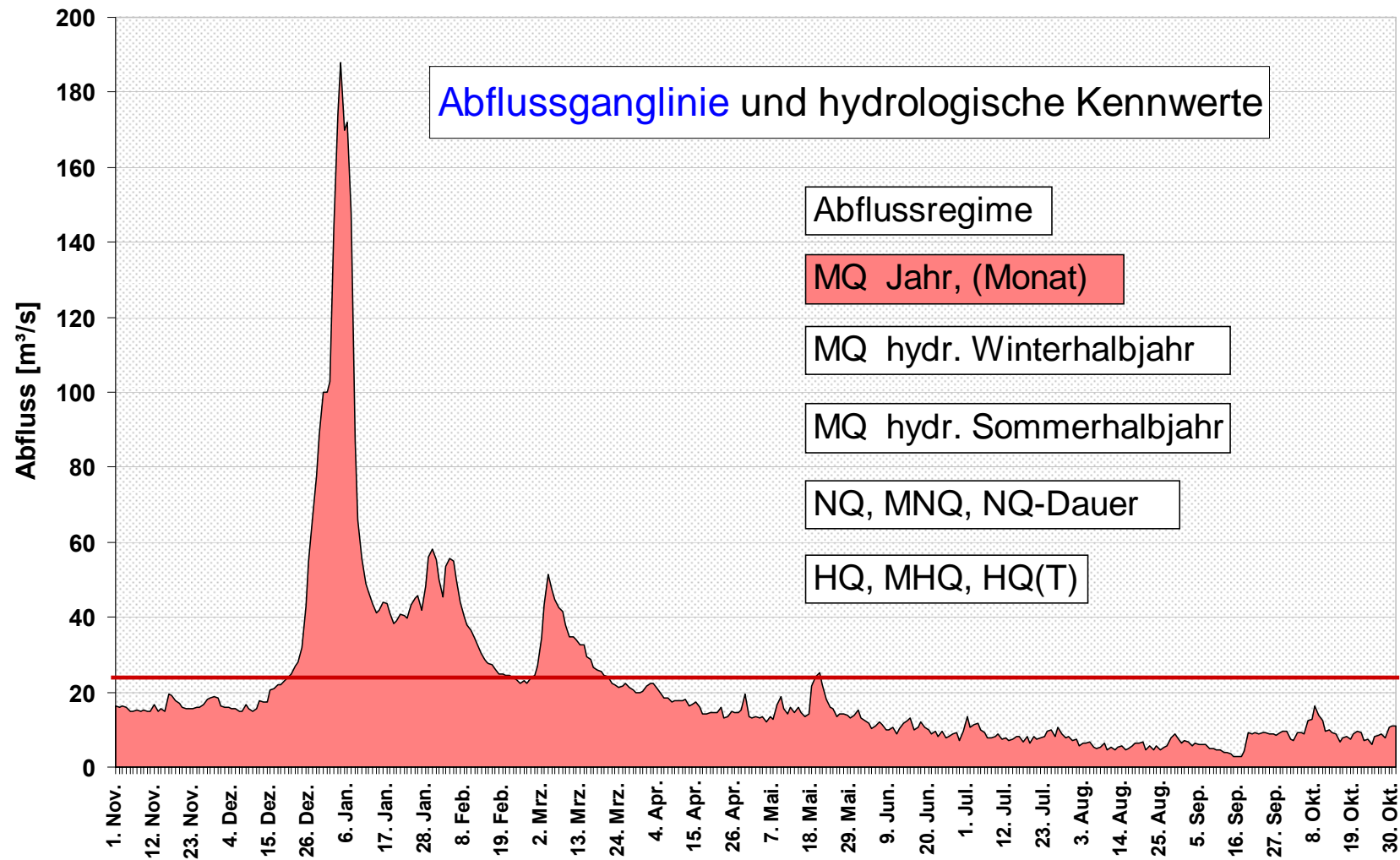
Kennwerte



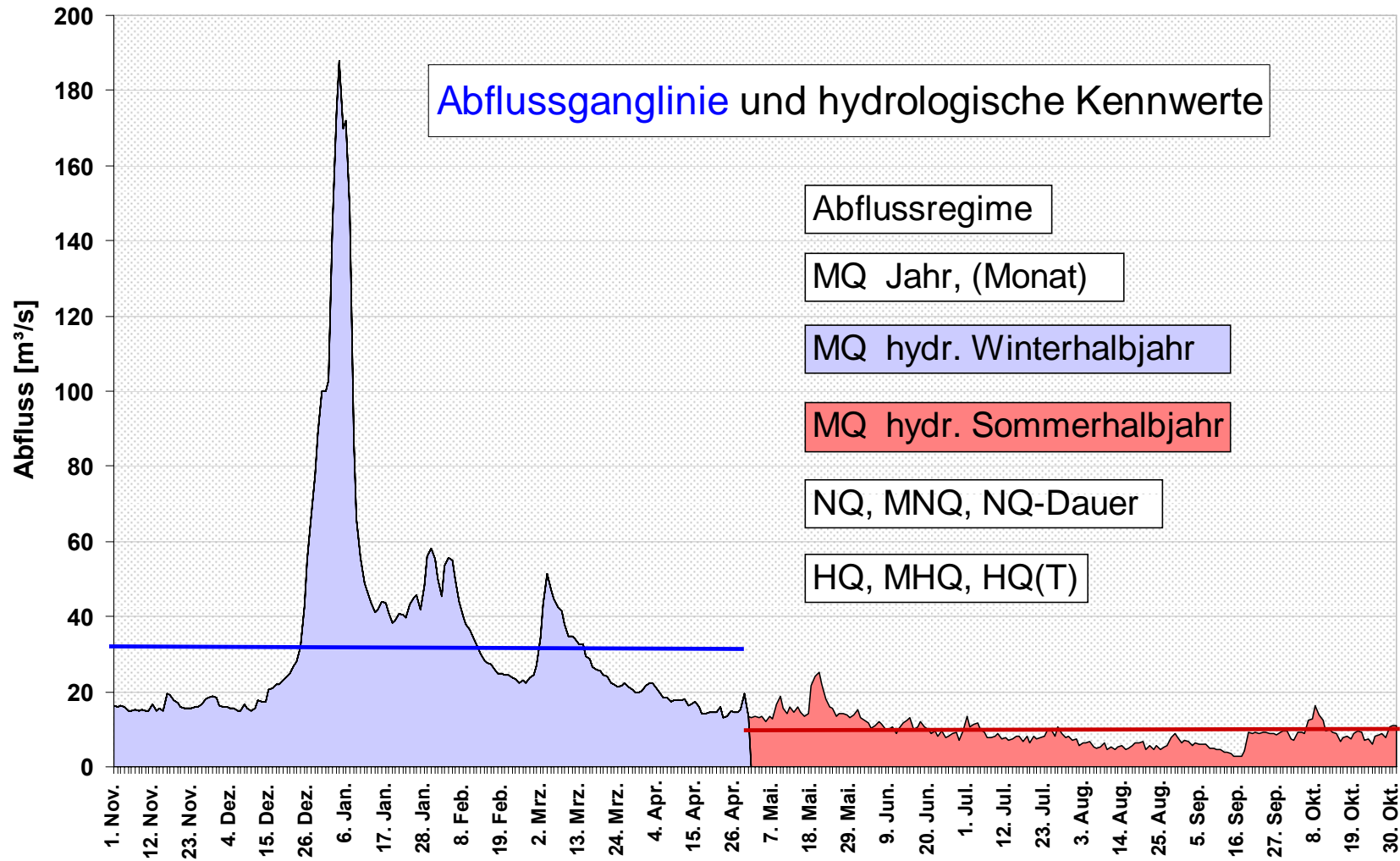
Kennwerte



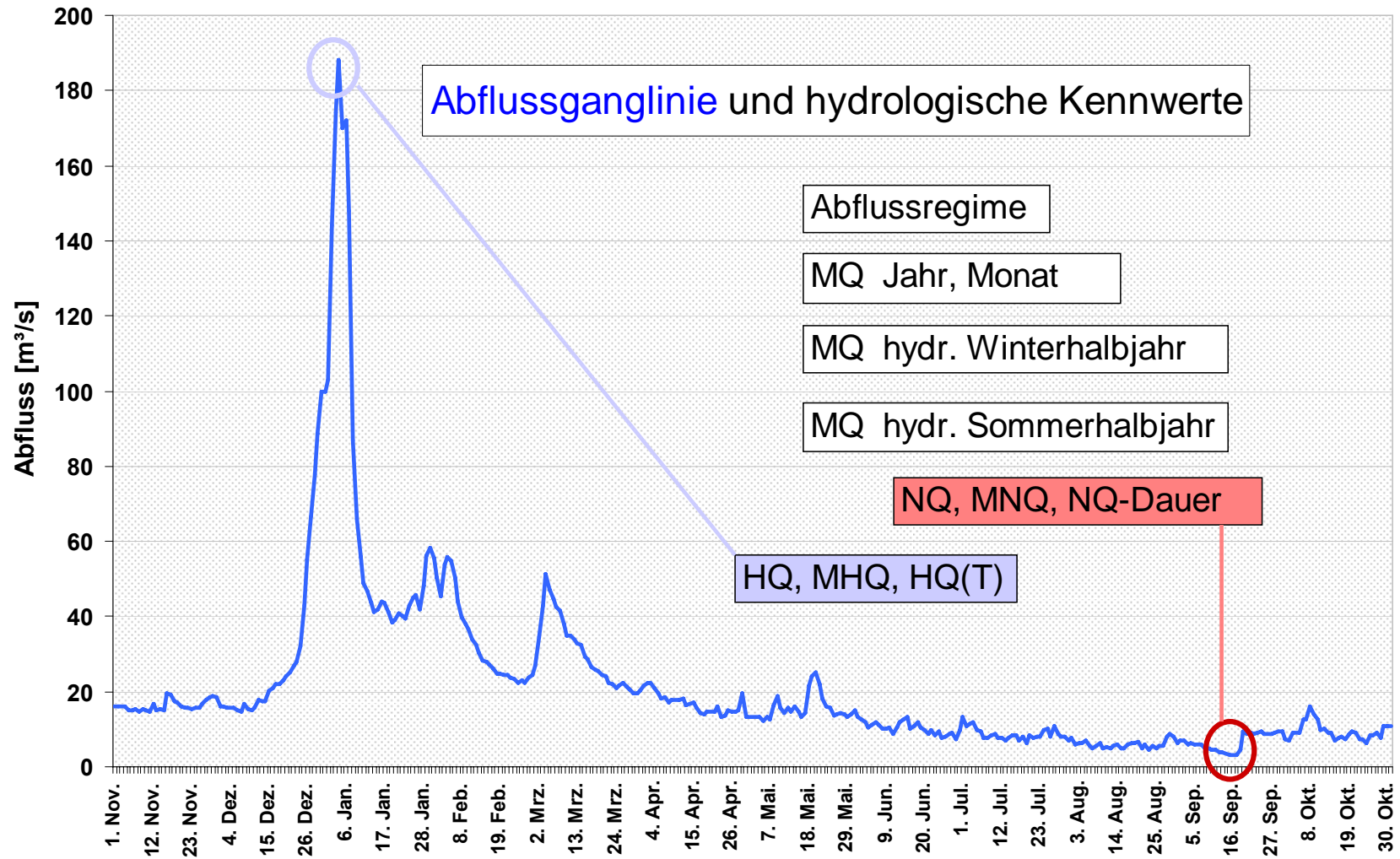
Kennwerte



Kennwerte



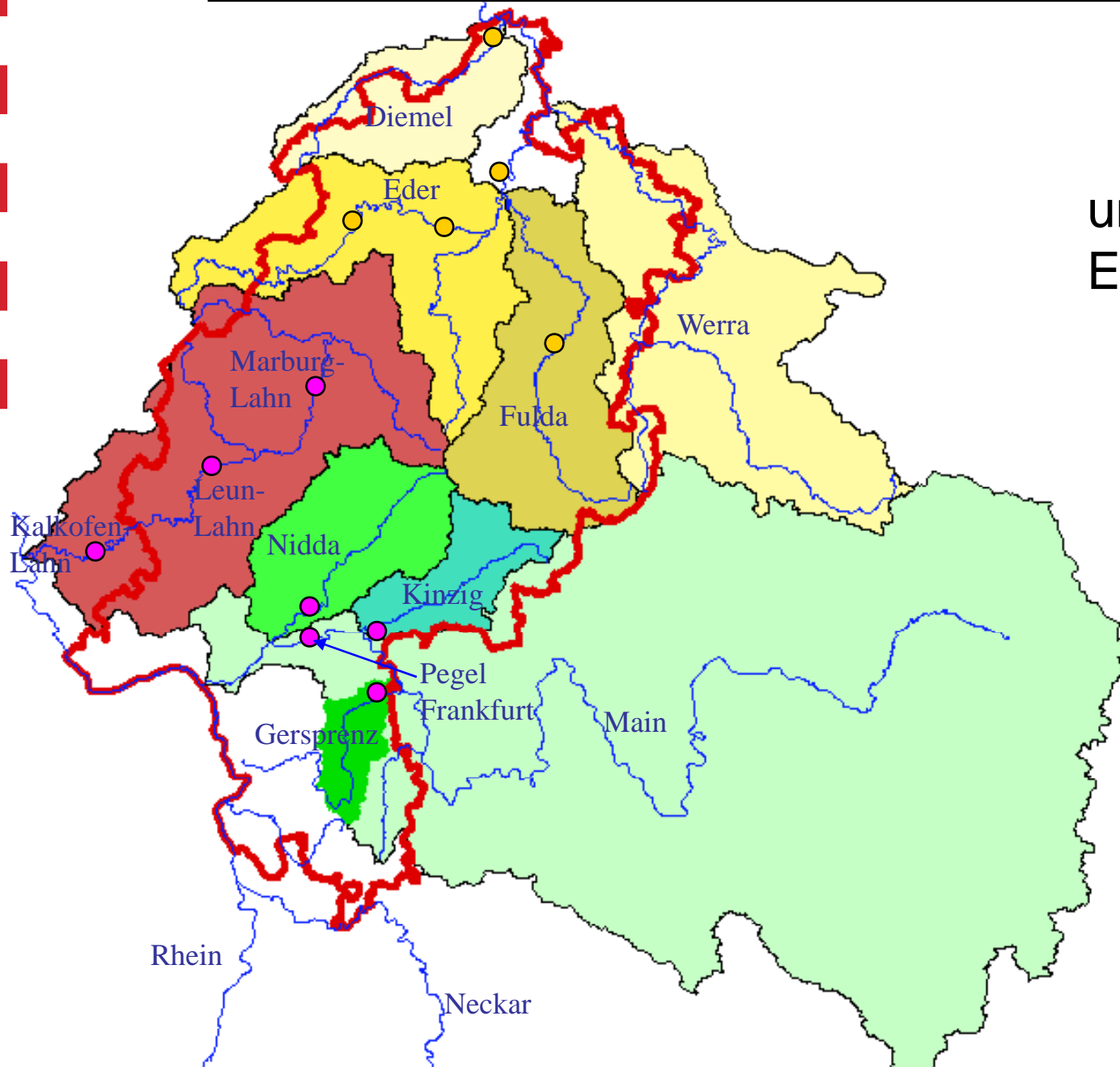
Kennwerte



Auswirkungen auf die Abflussverhältnisse



untersuchte
Einzugsgebiete



Pegelstandorte:

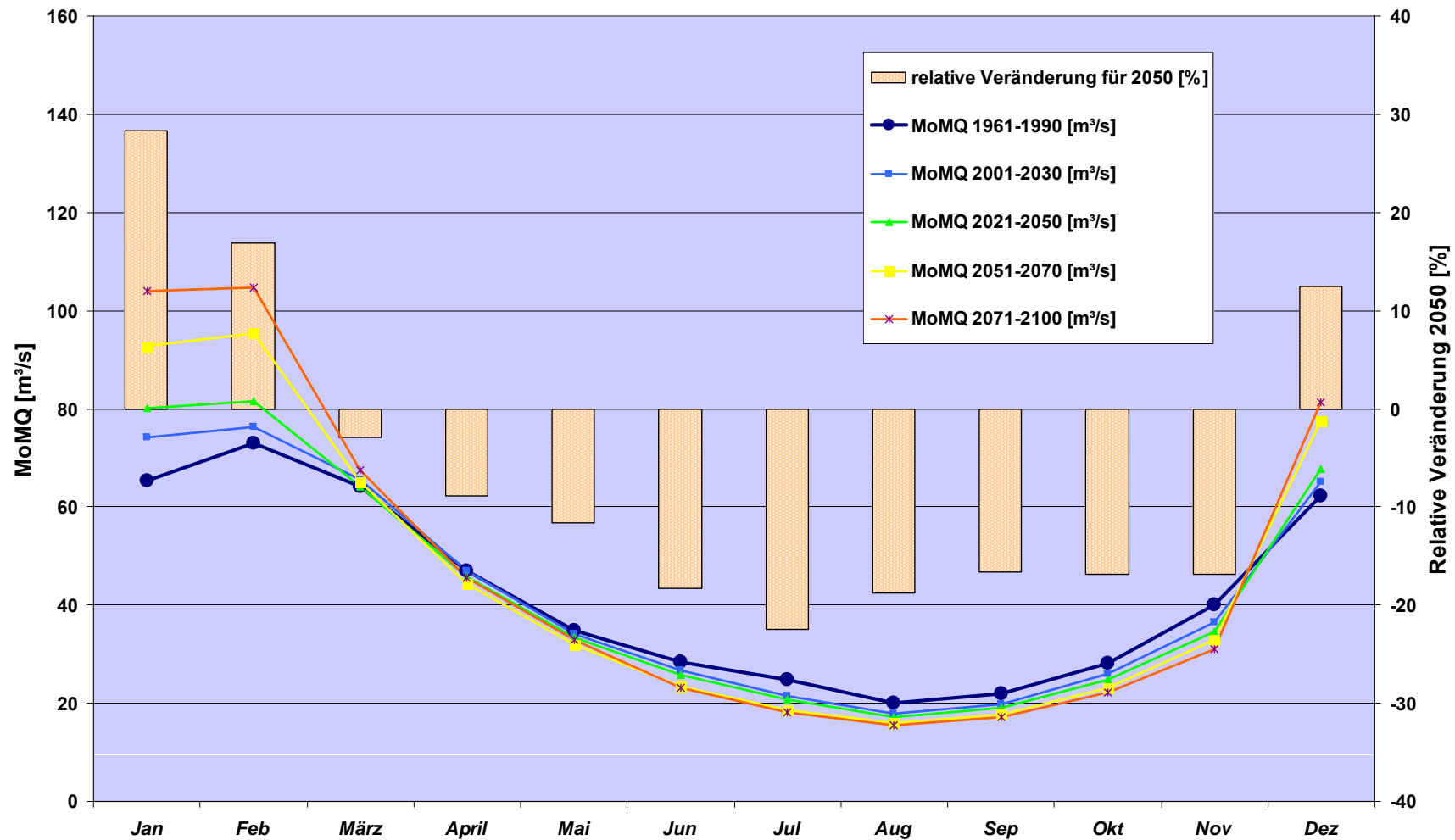
- EC5-WETTREG 2007 (u. tw. EC4)
- EC4-Enke 2004

Abflussregime Pegel Leun/Lahn



Änderung im Abflussregime: Pegel Leun/Lahn

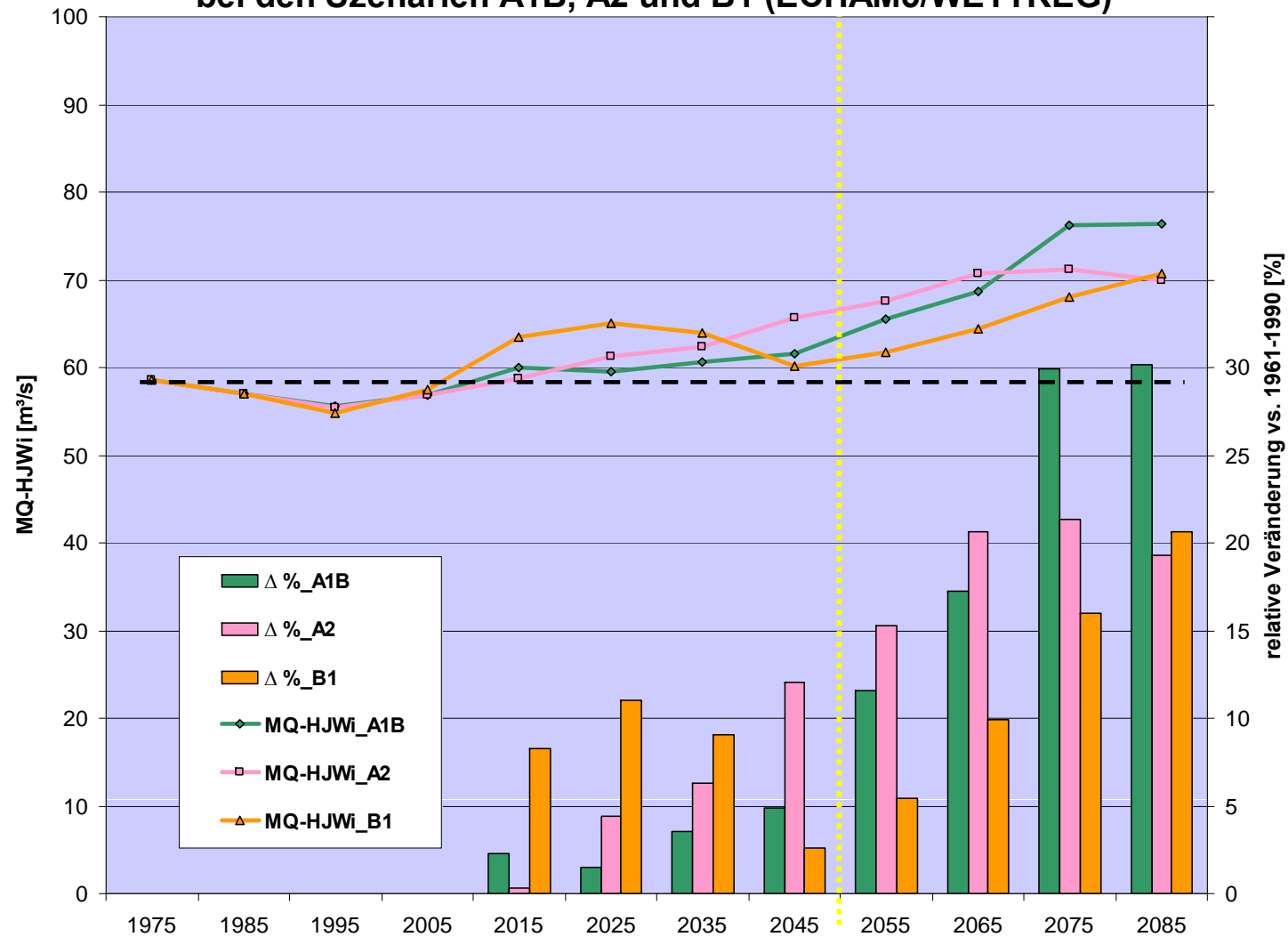
Mittlere monatliche Abflüsse MoMQ (Mittel über die Szenarien A1B, A2 u. B1)



MQ-Winterhalbjahr Pegel Leun/Lahn



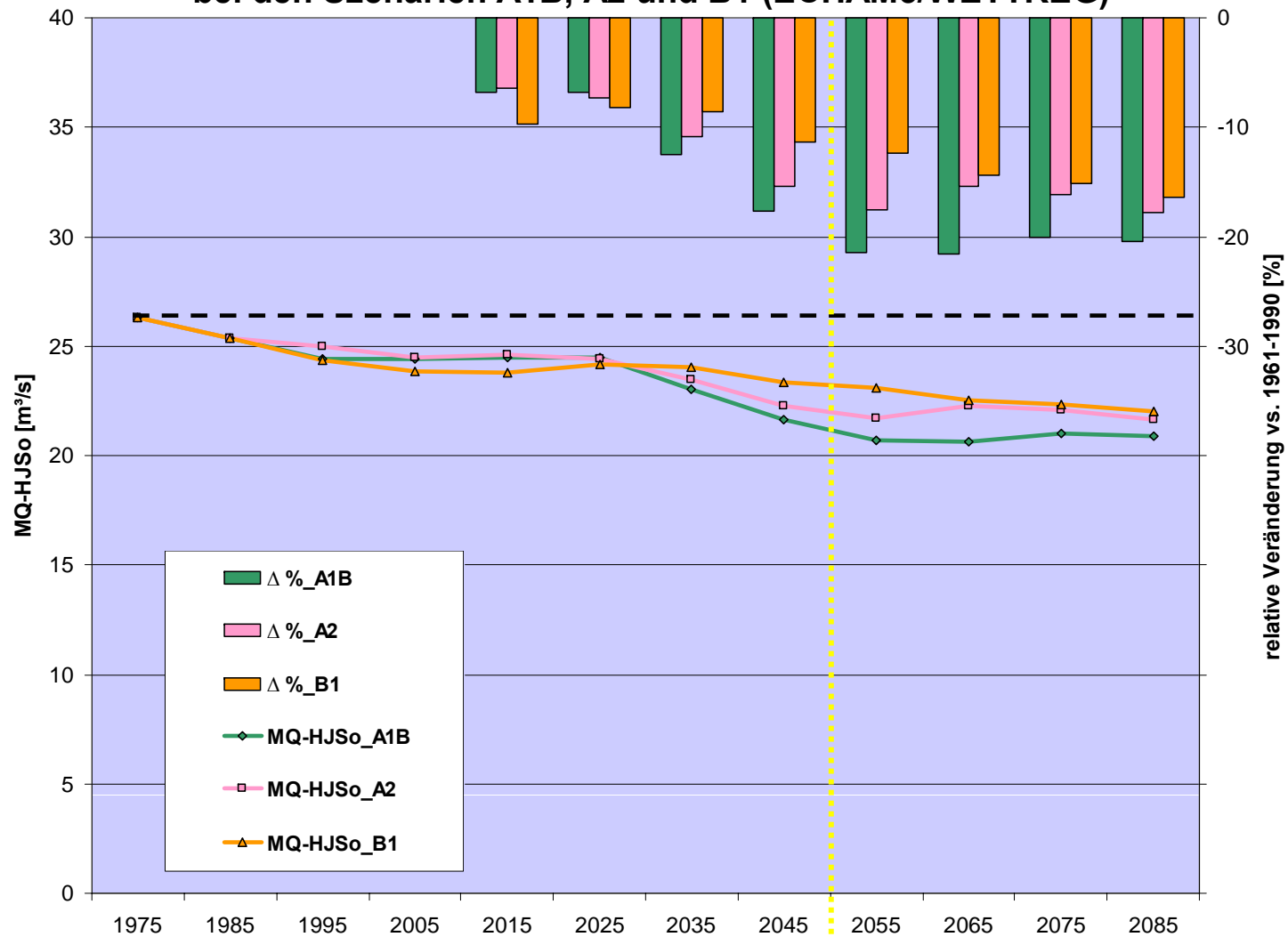
Pegel Leun/Lahn 30-jährl. übergreifende Mittel MQ-HJWi:
Veränderung des Abflusses im hydrologischen Winterhalbjahr
bei den Szenarien A1B, A2 und B1 (ECHAM5/WETTREG)



MQ-Sommerhalbjahr: Pegel Leun/Lahn



Pegel Leun/Lahn 30-jährl. übergreifende Mittel MQ-HJSO:
Veränderung des Abflusses im hydrologischen Sommerhalbjahr
bei den Szenarien A1B, A2 und B1 (ECHAM5/WETTREG)



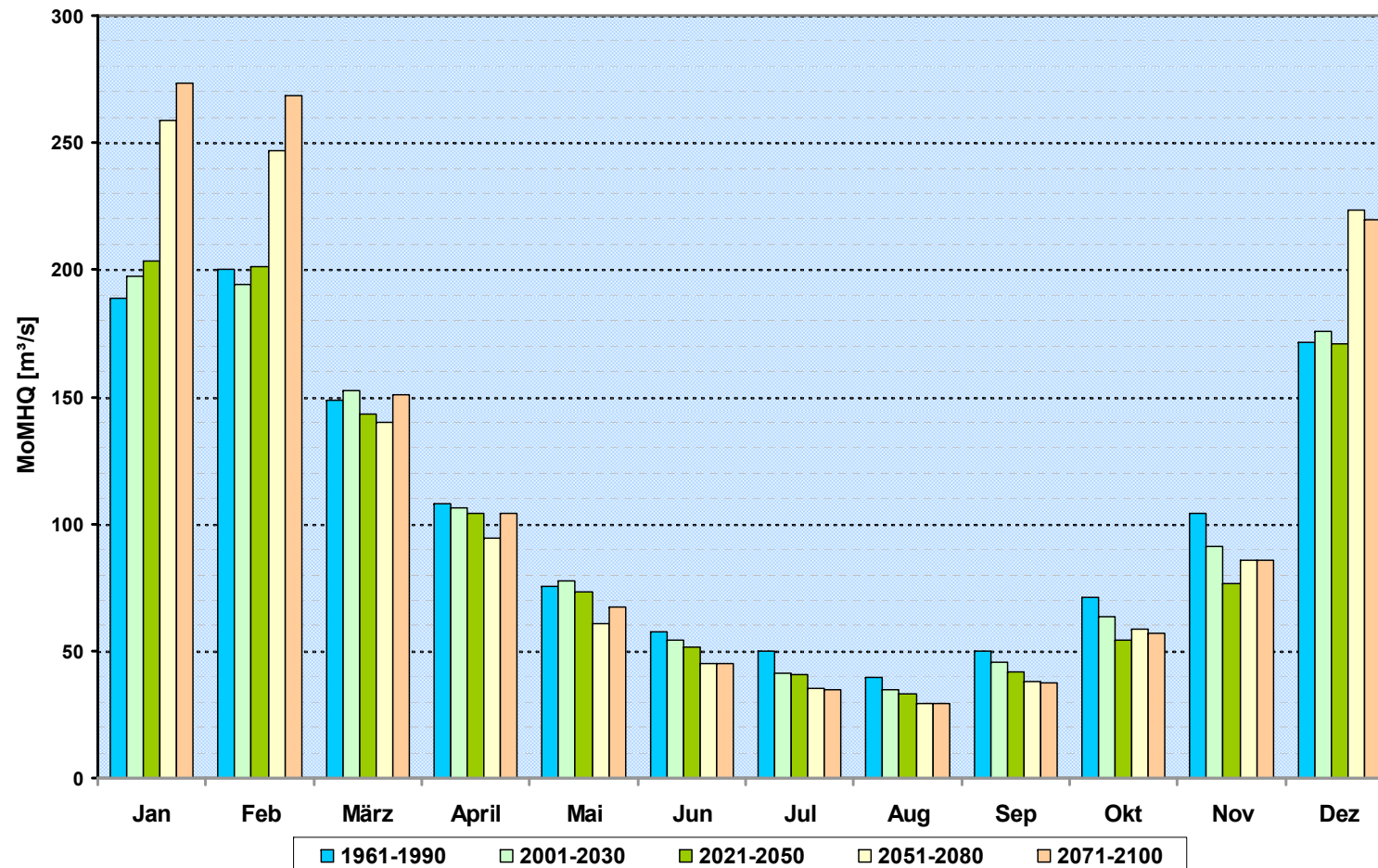
Hochwasserabflüsse:

Mittlere monatliche Hochwasserabflüsse MoMHQ: Leun/Lahn



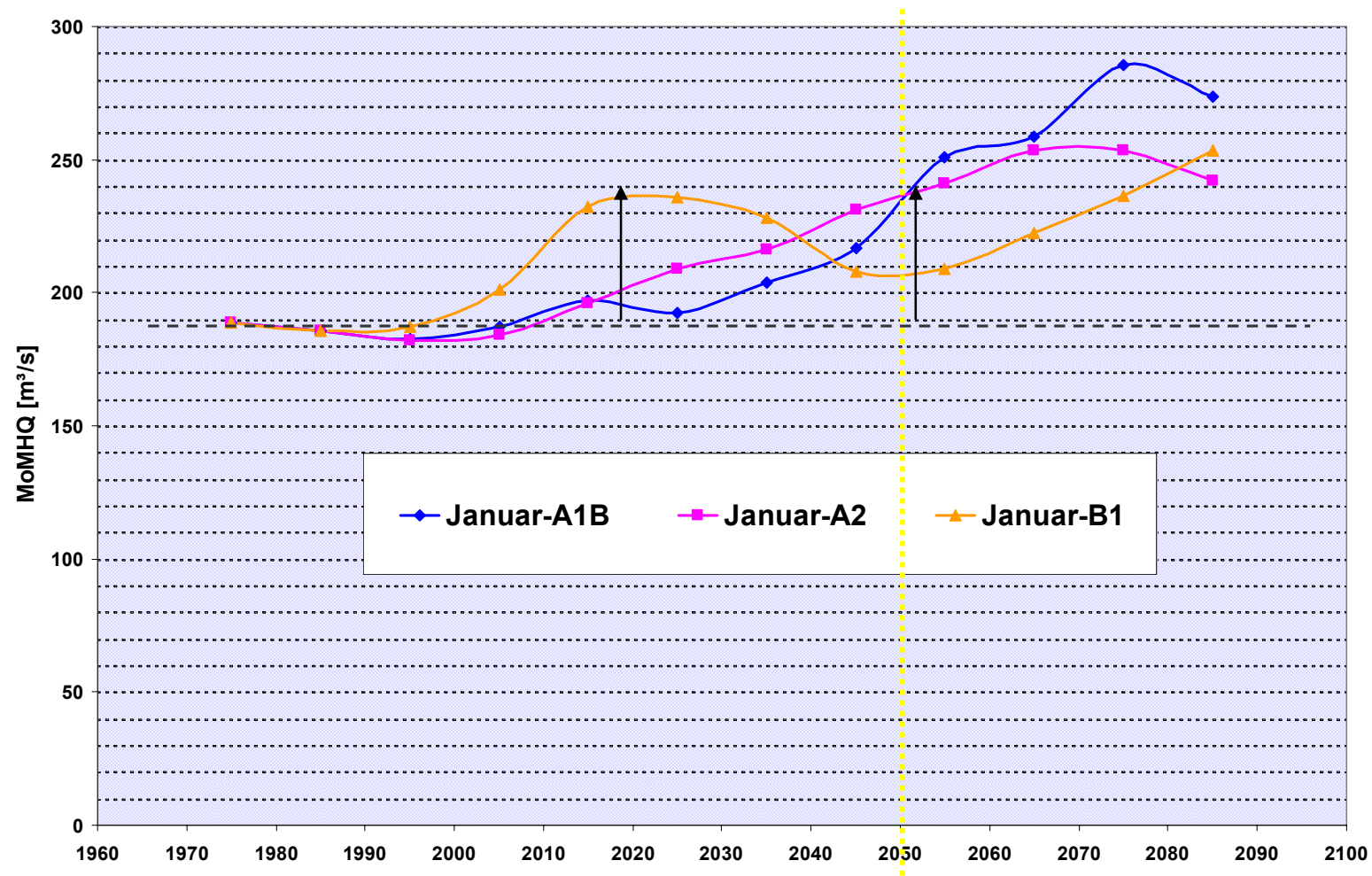
Hochwasserregime Pegel Leun/Lahn - Szenario A1B

Mittlere monatliche Hochwasserabflüsse 2001-2030, 2031-2050, 2051-2070, 2071-2100 vs. 1961-1990



Hochwasserabflüsse: Szenarienvergleich

Mittlere monatliche Januar-Hochwasserabflüsse Pegel Leun/Lahn
Szenarienvergleich der zeitliche Entwicklung 30-jähriger übergreifender Werte



Hochwasserabflüsse Pegel Leun/Lahn:



Szenario	T[a]	1981-2000	1961-1990	2001-2030	2021-2050	2051-2080	2071-2100
		[m³/s]		Veränderung gegenüber 1961-1990 [%]			
		Perz.	Perz.	Perz.	Perz.	Perz.	Perz.
A1B	2		301			23	21
	5		430			17	20
	10		518			15	11
	20		573			15	8
	50		648			19	6
	100		706			20	5
A2	2		301			15	10
	5		430			6	4
	10		518			6	5
	20		573			4	7
	50		648				4
	100		706				
B1	2	288	301	6	8	4	14
	5	430	430	5	4		5
	10	519	518				
	20	570	573				
	50	663	648				
	100	721	706				

Zunahme um
15 – 20%:

HQ20 → 658 = HQ50
HQ50 → 771 > HQ100



4-10 %
11-20%
>20%

Hochwasserabflüsse Pegel Leun/Lahn: Vergleich EC4 – EC5



Szenario	T[a]	1981-2000	1961-1990	2001-2030	2021-2050	2051-2080	2071-2100
		[m³/s]		Veränderung gegenüber 1961-1990 [%]			
		Perz.	Perz.	Perz.	Perz.	Perz.	Perz.
A1B	2		301			23	21
	5		430			17	20
	10		518			15	11
	20		573			15	8
	50		648			19	6
	100		706			20	5
A2	2		301			15	10
	5		430			6	4
	10		518			6	5
	20		573			4	7
	50		648				4
	100		706				
B1	2	288	301	6	8	4	14
	5	430	430	5	4		5
	10	519	518				
	20	570	573				
	50	663	648				
	100	721	706				
B2 (EC4)	2	301			1		
	5	402			-2		
	10	467			4		
	20	497			15		
	50	578			17		
	100	650			27		



4-10 %
11-20%
>20%

Hochwasserabflüsse Pegel Frankfurt/Main:

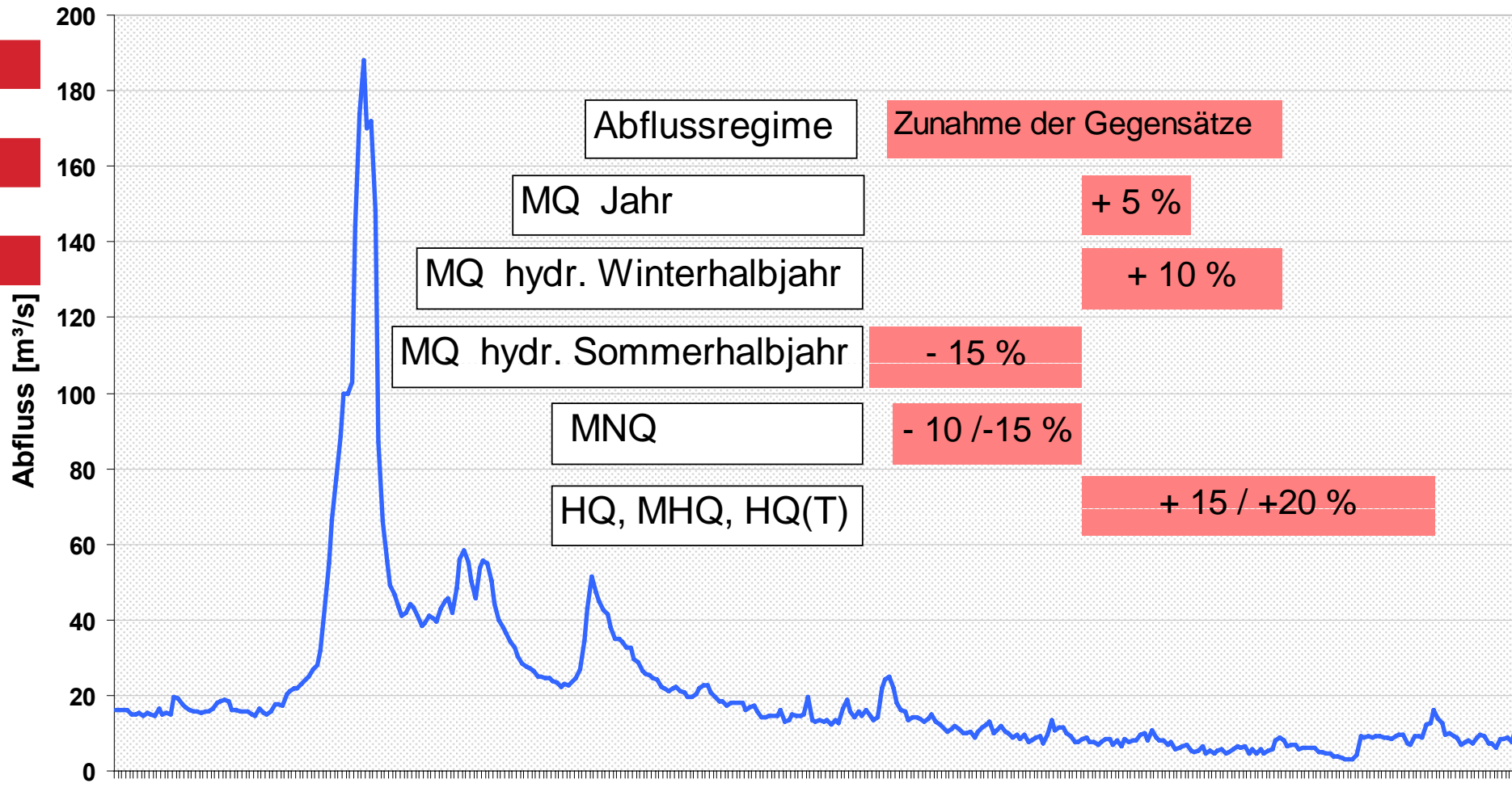


Szenario	T[a]	1961-1990	2001-2030	2021-2050	2051-2080	2071-2100
		Veränderung gegenüber 1961-1990 [%]				
		Perz.	Perz.	Perz.	Perz.	Perz.
A1B	2	798			18	39
	5	1126			13	23
	10	1312			15	21
	20	1551			17	20
	50	2223			5	12
	100	2335			10	17
A2	2	798			11	15
	5	1126			11	8
	10	1312			11	11
	20	1551			18	6
	50	2223			4	0
	100	2335			4	3
B1	2	798	7	9	10	15
	5	1126	4	9	4	9
	10	1312		9	3	8
	20	1551		7	3	10
	50	2223				
	100	2335				



Veränderungen hydrologischer Kennwerte an Flüssen im hessischen Rheingebietsanteil bis ca. 2050

(synoptischer Blick über vorliegende Projektionen)



(weitere Untersuchungen für das hessische Wesergebiet sind in Bearbeitung ...)

Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen Wasserhaushalt und Abflussregime



Zunahme der jahreszeitlichen
Gegensätze im Abflussgeschehen

- Veränderungen sind
niederschlagsbedingt

- nicht unmittelbar beeinflussbar

Beeinflussung des
Landschaftswasserhaushalts:

-Vermeidung des
Oberflächenwasserabfluss und
Unterstützung von Infiltration und
Tiefenversickerung:

Entsiegelung,
Niederschlagswasserversickerung
Bodenbearbeitung
Landnutzung

(Talsperren - / Bewirtschaftung)

Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen Niedrigwasser



Niedrigwasserverringerung

Entnahmemengen

Restwasserabflüsse

Dimensionierung Fischaufstiege

Kläranlageneinleitungen

Salzrückstände Kalibergbau

Ökologische Mindestwassertiefen

Kühlwasserproblematik bei geringeren Abflüssen und ggf. höheren Temperaturen

Talsperren-Steuerung

Bemessungsgröße **MNQ**

Bewilligungen vermehrt

gewässerübergreifend beurteilen

Verbesserte Wirkungsgrade, Betriebsweisen, Stapelbecken

Gewässerrenaturierung (Gewässerstrukturgüte)

Kreislaufkühlung, gewässerübergreifendes Wärmereglement

operative Wärmelastmodelle

Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen Hochwasser



Hochwasserabflusszunahme

Mittleres Hochwasser MHQ, HQ2

ökologische / morphologische
Prozesse:

Verdriftung, Wiederbesiedelung
der Organismen

Erosion, Sedimentumlagerung,
Gerinneausbildung

Zunahme der
Hochwasserspitzenabflüsse

mit häufigeren und höheren
schadbringenden Ausuferungen

Beeinflussung des Landschafts-
wasserhaushalts (vgl. Niedrigwasser)

Reaktivierung von
Überflutungsflächen in den Auen

Gewässerrenaturierung

Hochwasserrückhaltebecken

generell:

technischer Hochwasserschutz
(ggf. Anpassung und
Berücksichtigung bei Ausbau)

Hochwasserflächenmanagement

Hochwasservorsorge

Fazit



Regionale Klimaprojektionen und daraus abgeleitete Auswirkungen sind unsicher und stark abhängig von verwendeten Szenarien

relativ robust:

- Rückgang sommerlicher Abflüsse und des Niedrigwasserabflusses
- Zunahme kleiner und mittlerer Hochwasser

-relativ vage:

- Ausmaß und zeitl. Verlauf der Veränderung von großen Hochwassern

→ Anpassungsmaßnahmen darauf abstimmen

- viele mögliche Maßnahmen wirken positiv auf NW und HW
- Anpassungsmaßnahmen im Sinne von „no regret“
- unsichere Auswirkungen planerisch berücksichtigen