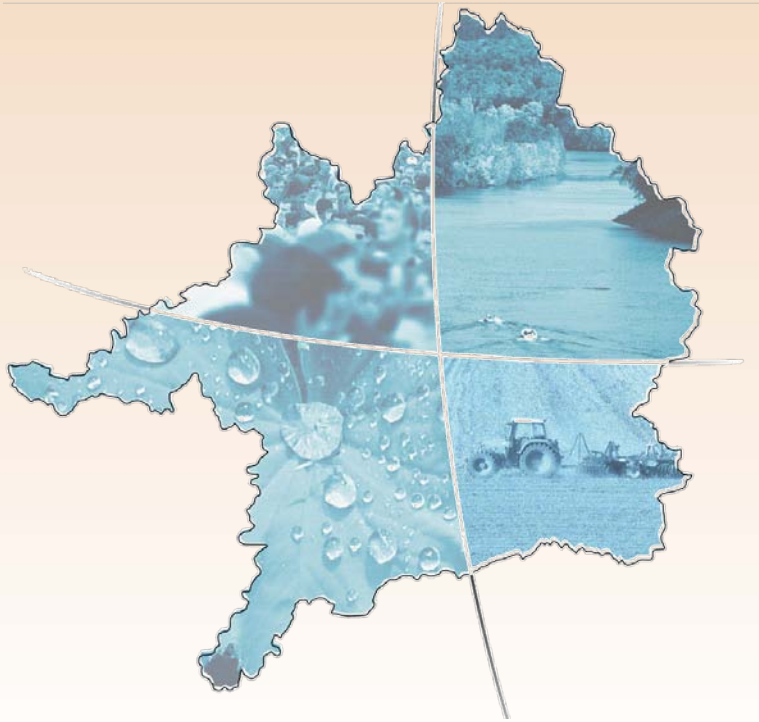
Wasserhaushalt, Energie und Infrastruktur

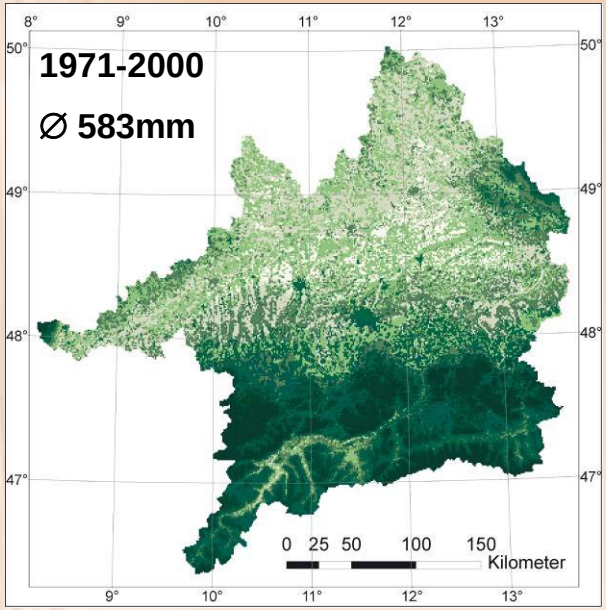
Monika Prasch[1], Wolfram Mauser[1], Markus Muerth[1], Daniel Waldmann[1], Markus Weber[2], Thomas Marke[1], Tobias Hank[1], Florian Zabel[1], Christoph Heinzeller[1], Andrea Reiter[1], Franziska Koch[1], Heike Bach[3]

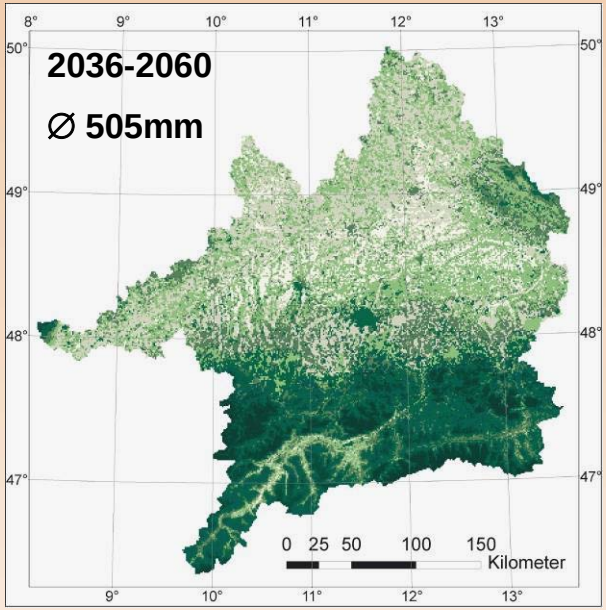
[1]Department für Geographie, Ludwig-Maximilians Universität, München
[2] Kommission für Glaziologie, Bayerische Akademie der Wissenschaften, München
[3] VISTA Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH, München

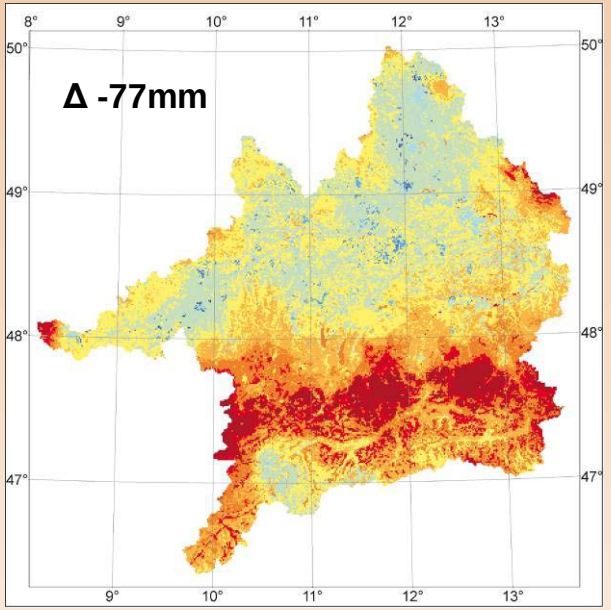


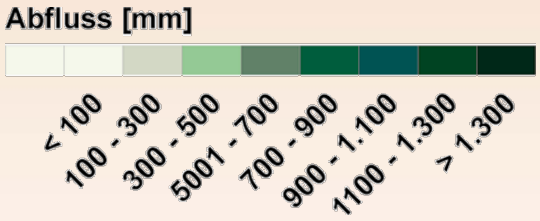
Änderungen im Wasserhaushalt - Wasserdargebot

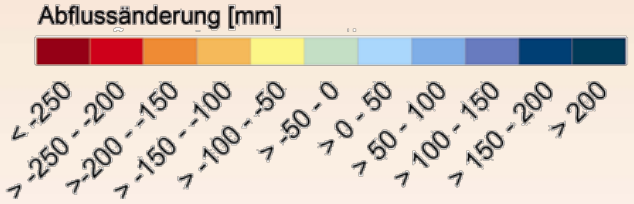
Vergleich des Zeitraumes 2036-2060 mit der Vergangenheit von 1971-2000 nach dem Szenario *REMO regional - Baseline*









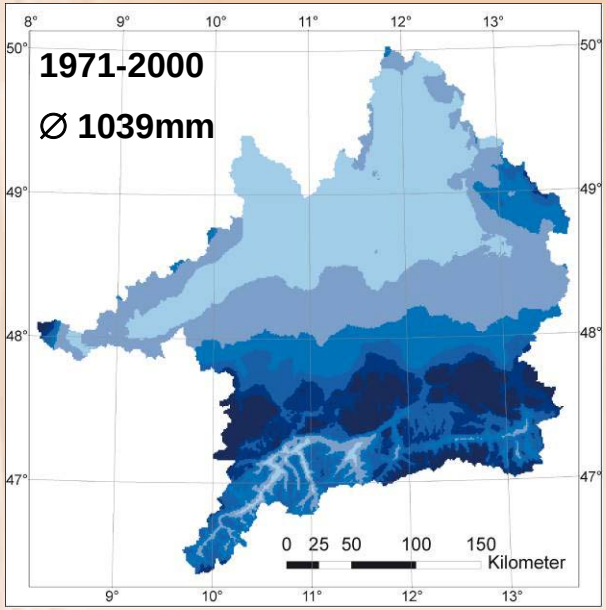


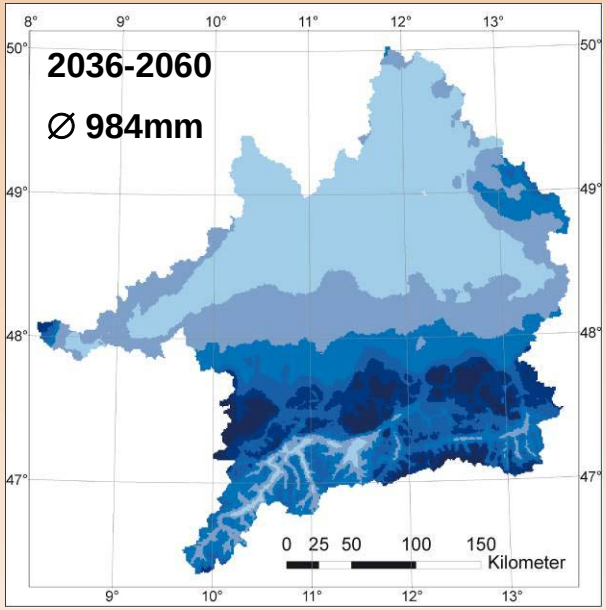
- ⇨ Abnahme schwankt zwischen 5 und 35% je nach Szenario
- ⇨ Zukünftig wird weniger Wasser zur Verfügung stehen

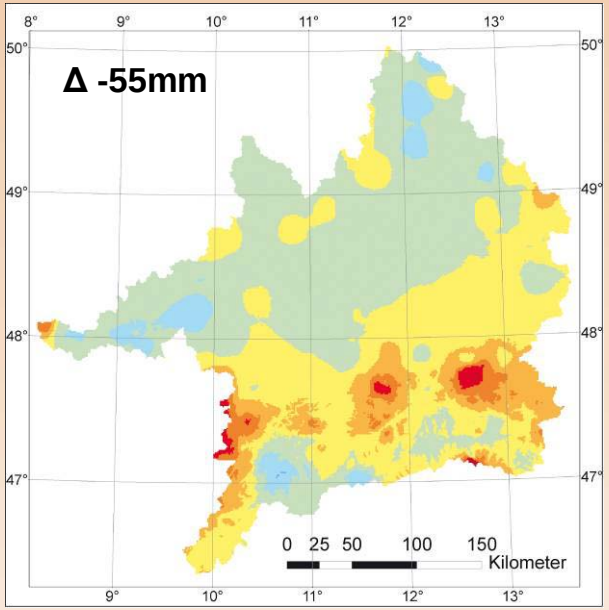
Wie kommt es dazu?

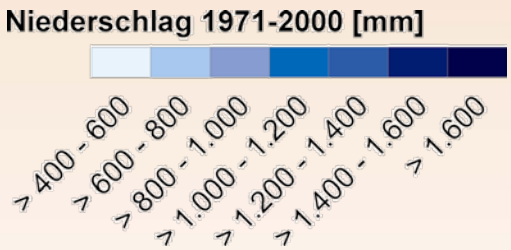
Änderungen im Wasserhaushalt - Niederschlag

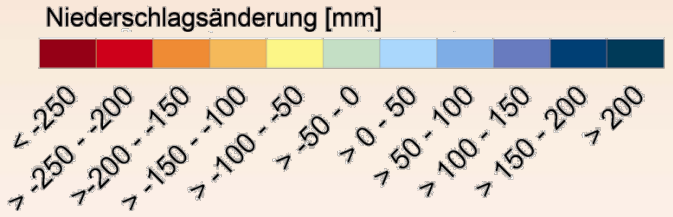
Vergleich des Zeitraumes 2036-2060 mit der Vergangenheit von 1971-2000 nach dem Szenario *REMO regional - Baseline*







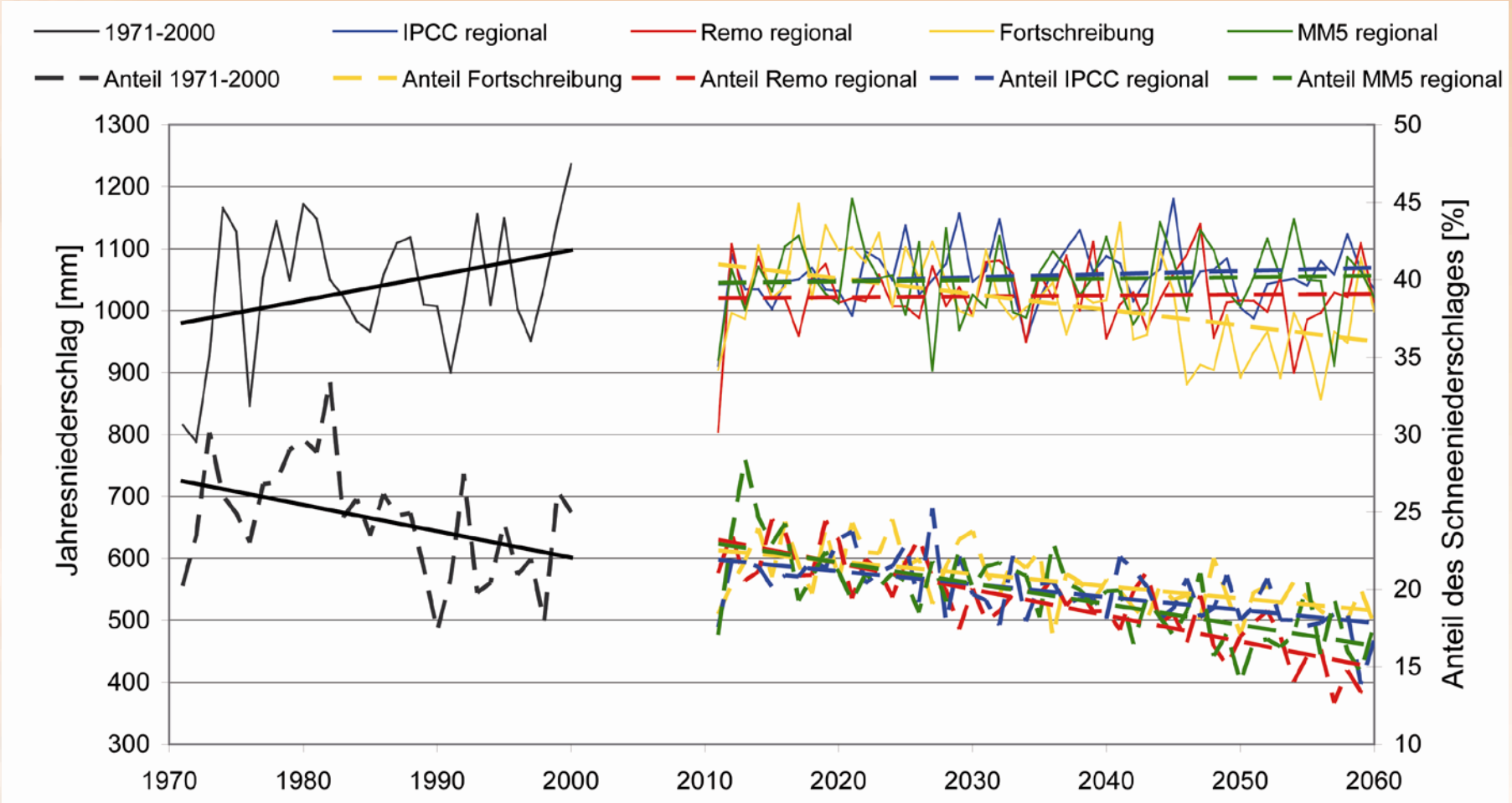




- ⇨ Leichte Niederschlagsabnahme zwischen 3.5 und 16.4%
- ⇨ Im Winter Zunahme, im Sommer Abnahme

Änderungen im Wasserhaushalt - Niederschlag

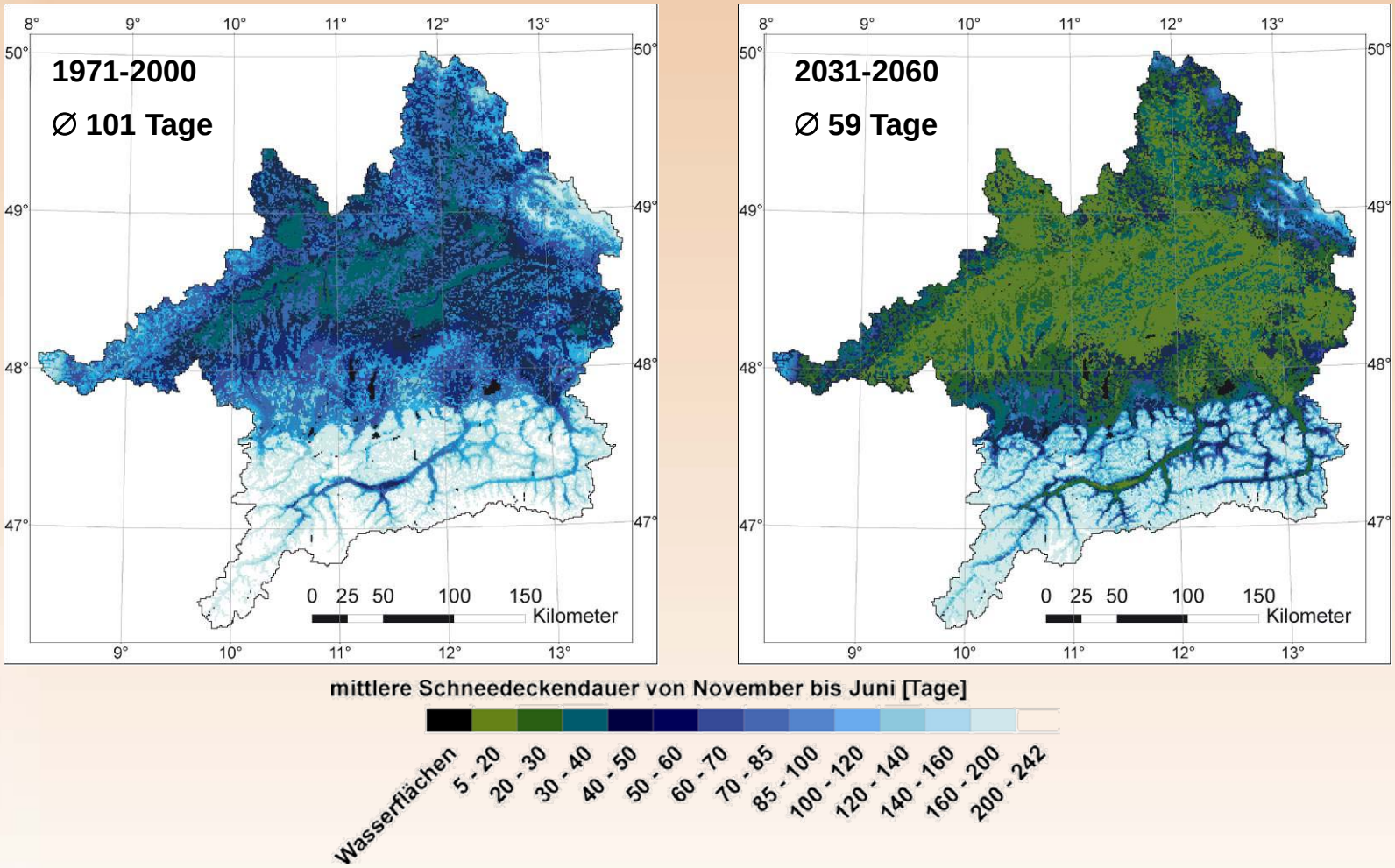
Entwicklung des Jahres- und Schneeniederschlags



⇨ Deutliche Abnahme des Schneeniederschlags

Änderungen im Wasserhaushalt - Schneedeckendauer

Mittlere Schneedeckendauer nach dem Szenario *REMO regional - Baseline*

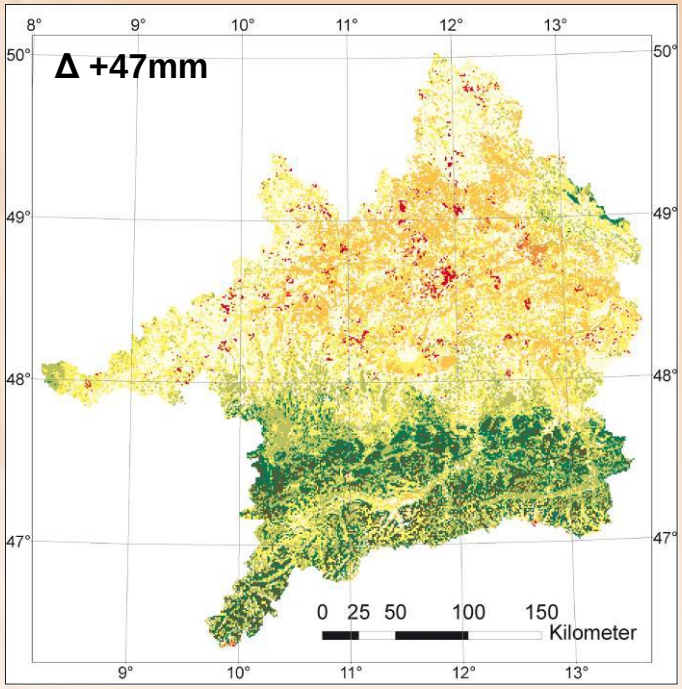


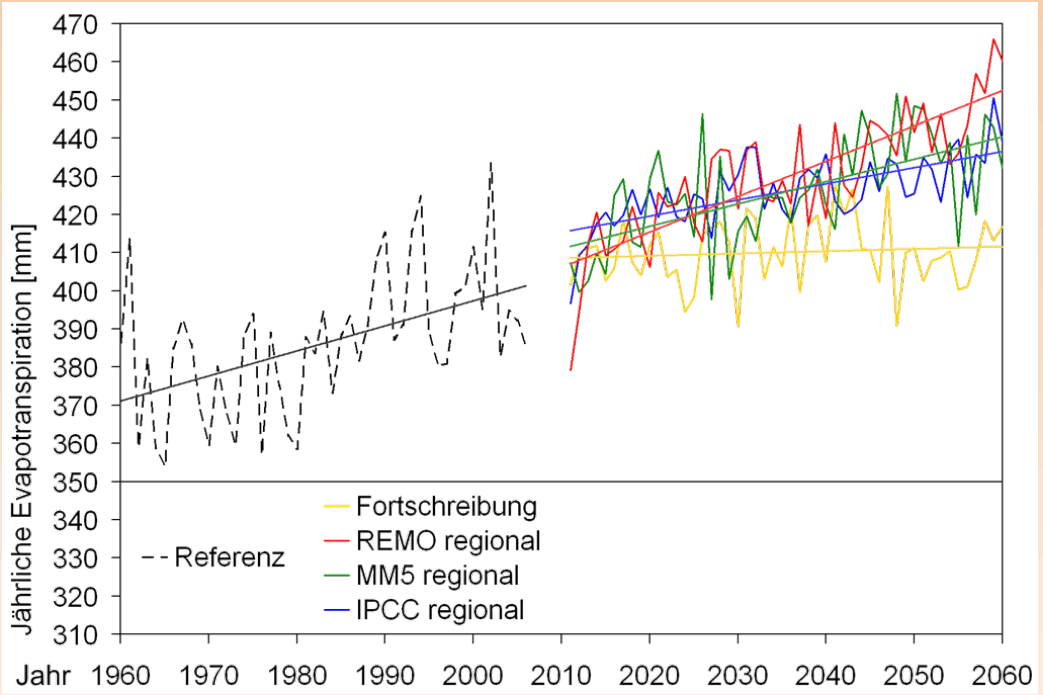
➪ Starke Verkürzung der Schneedeckendauer um 30 bis 60 Tage in allen Höhenlagen

➪ Heutige Schneeverhältnisse von 1000m zukünftig in ca. 2000m Höhe

Änderungen im Wasserhaushalt - Evapotranspiration

Veränderung der Evapotranspiration von 2031-2060 zu 1971-2000
nach dem Szenario *REMO regional - Baseline*





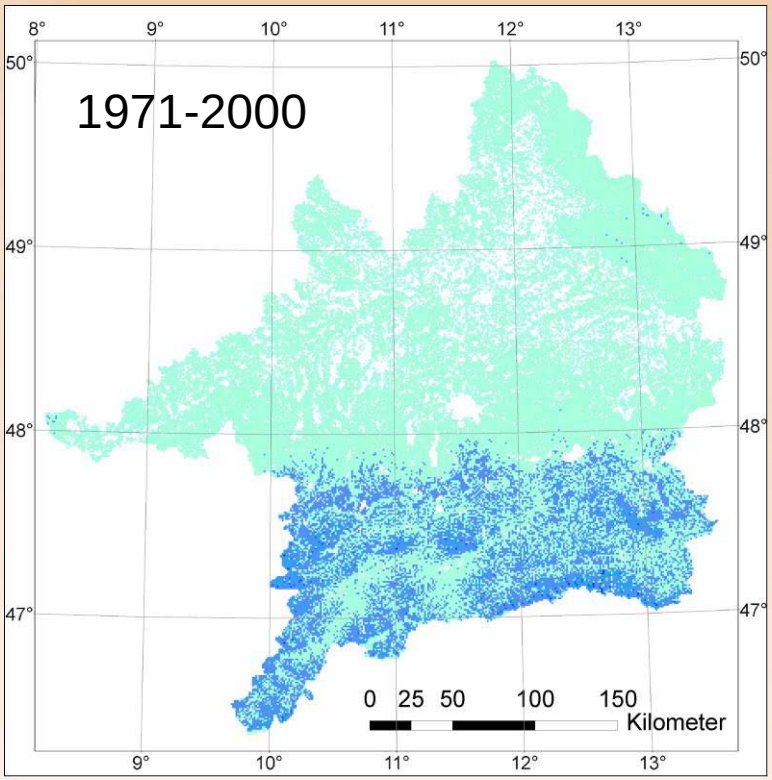
Änderung der ET (Vergleich der Zeiträume 1971-2000 und 2031-2060)

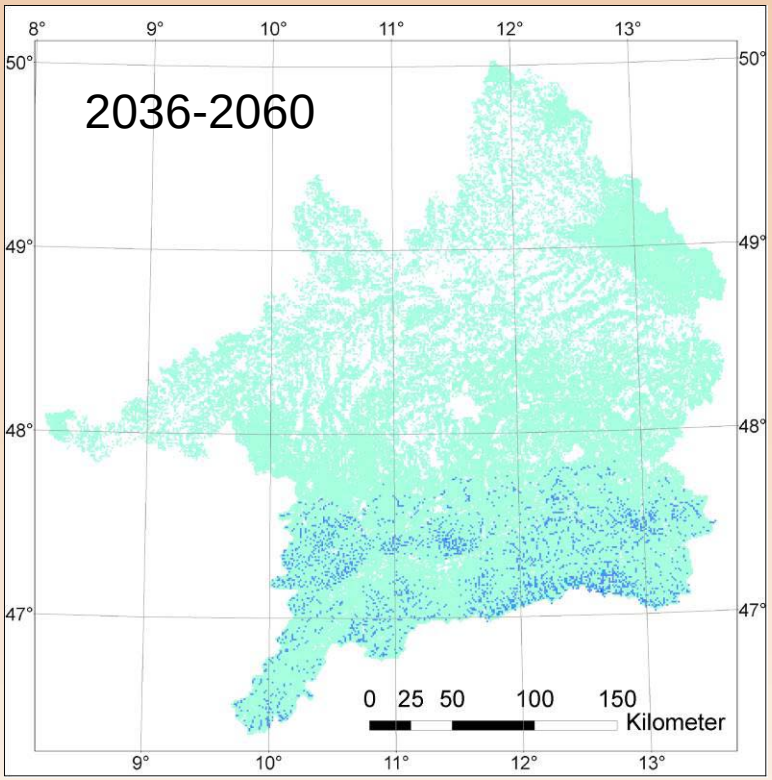
> 30% Abnahme
20% - 30% Abnahme
10% - 20% Abnahme
bis 10% Abnahme
Keine Veränderung
bis 10% Zunahme
10% - 20% Zunahme
20% - 30% Zunahme
30% - 40% Zunahme
40% - 50% Zunahme
50% - 100% Zunahme
> 100% Zunahme

⇨ Erhöhung der Evapotranspiration im Gebietsmittel um 10 bis 25%

Änderungen im Wasserhaushalt - Grundwasserneubildung

Grundwasserneubildung im Sommer nach dem Szenario *REMO regional - Baseline*

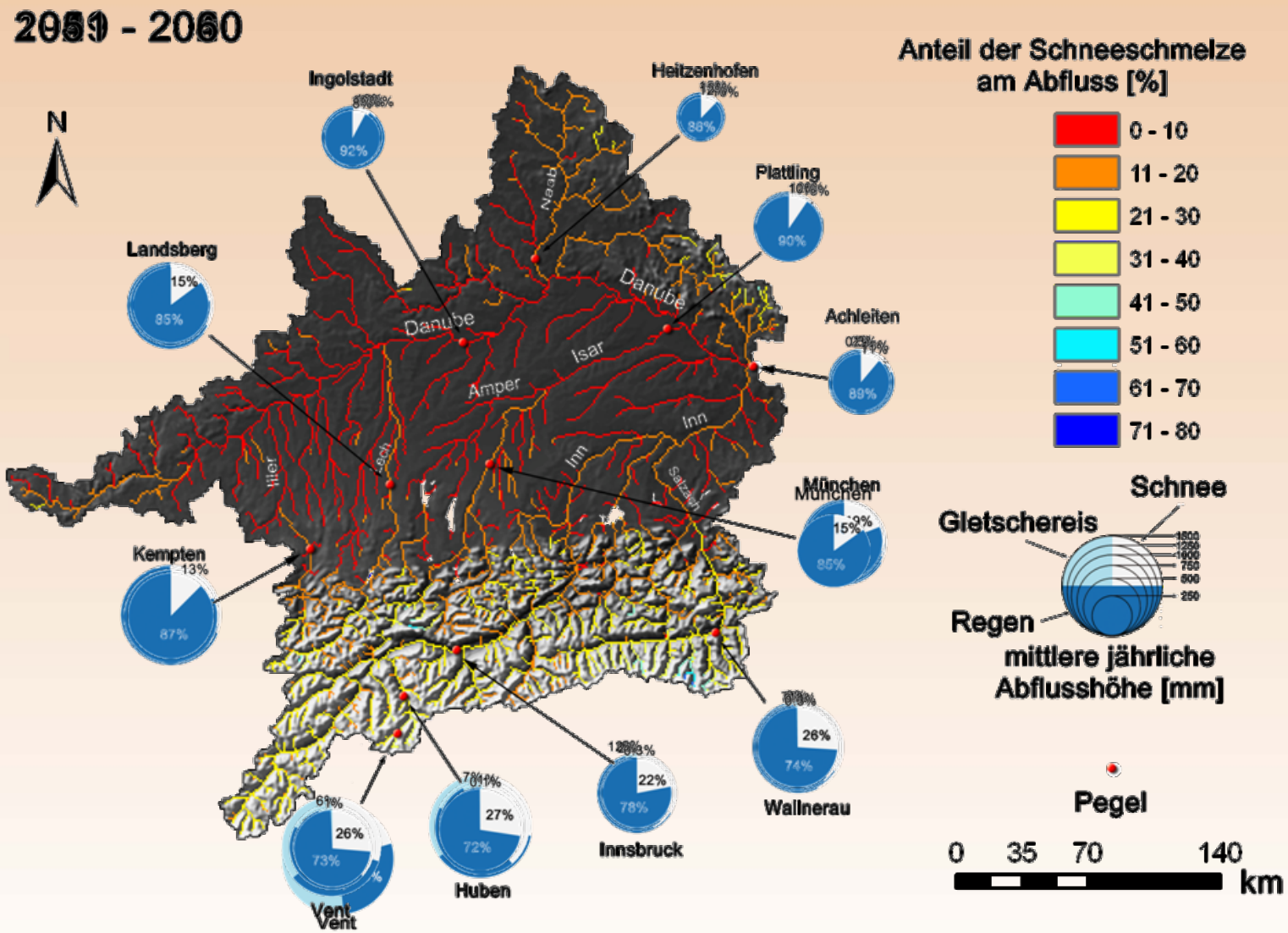




⇨ Verringerung der Grundwasserneubildung um 5 bis 21%

Änderungen im Wasserhaushalt - Schmelzwasseranteile

Schnee- und Eisschmelze nach dem Szenario *REMO regional - Baseline*

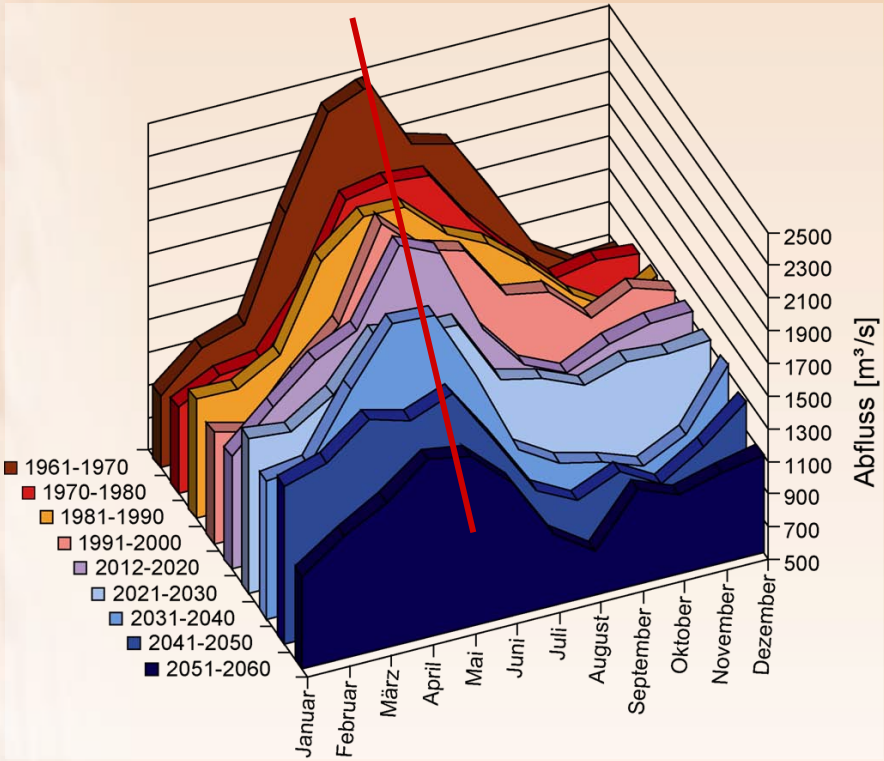


⇨ Rückgang des Anteils der Schnee- und Eisschmelze

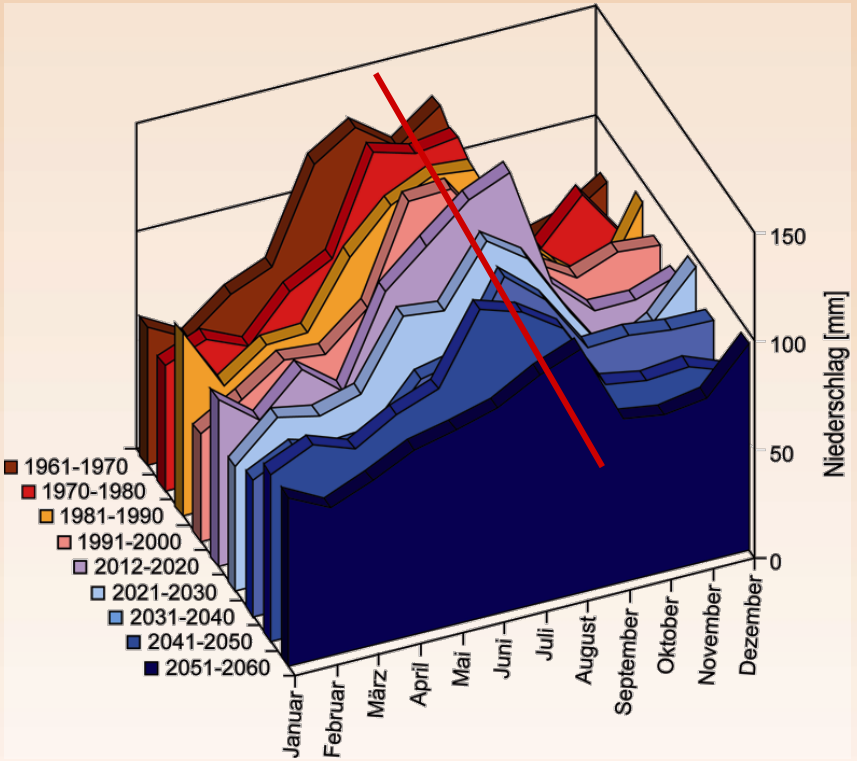
Änderungen im Wasserhaushalt - Abfluss

Monatliche Dekadenwerte nach dem Szenario *REMO regional – Baseline*

Abfluss am Pegel Achleiten



Niederschlag



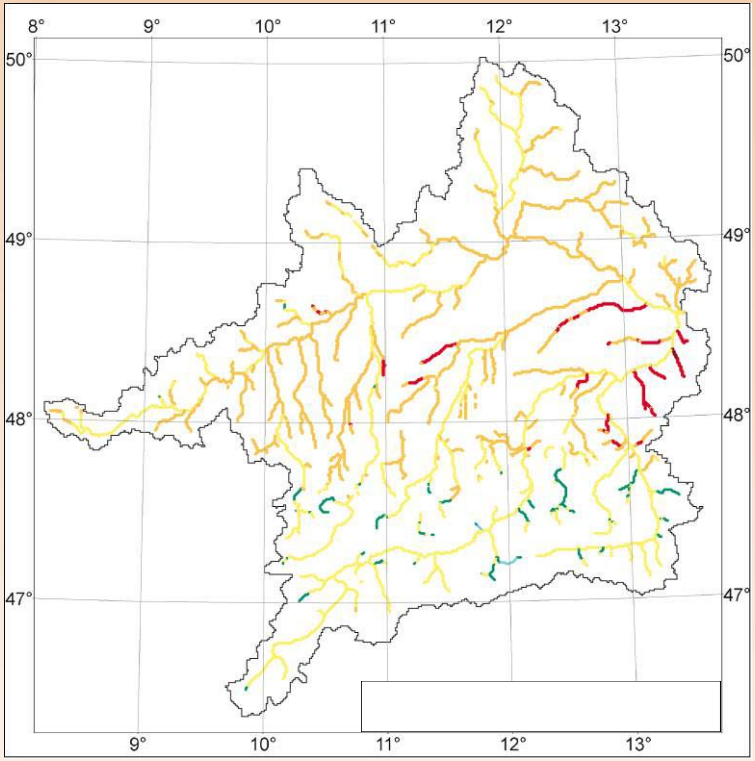
⇨ Sommermaximum verlagert sich in den Frühling

⇨ Veränderung des Abflussregimes

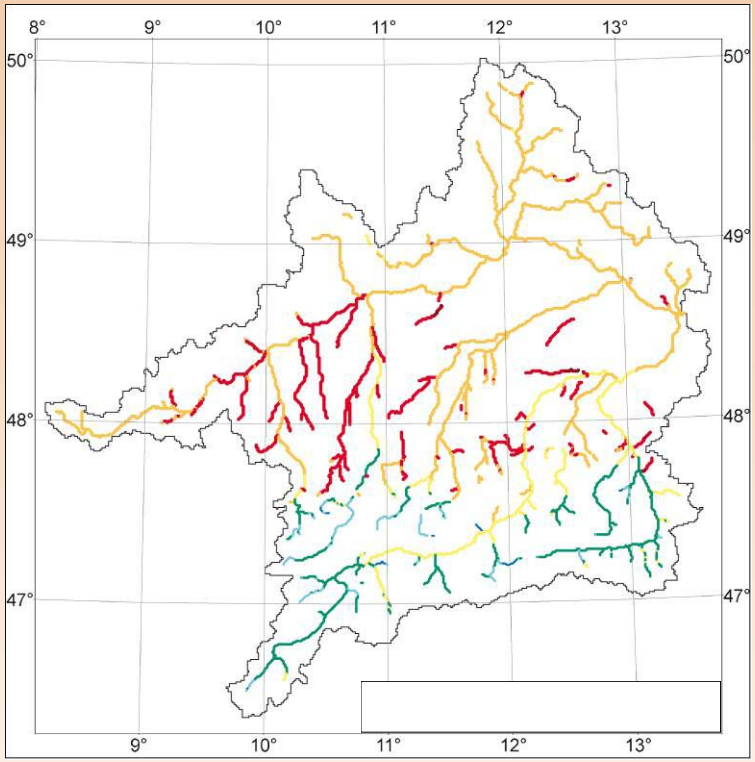
Auswirkungen auf das Niedrigwasser

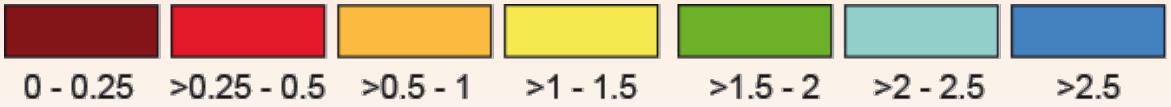
NM7Q_{50} Obere Donau, Szenario *REMO regional – Baseline*

(2011-2035)/(1971-2000)



(2036-2060)/(1971-2000)





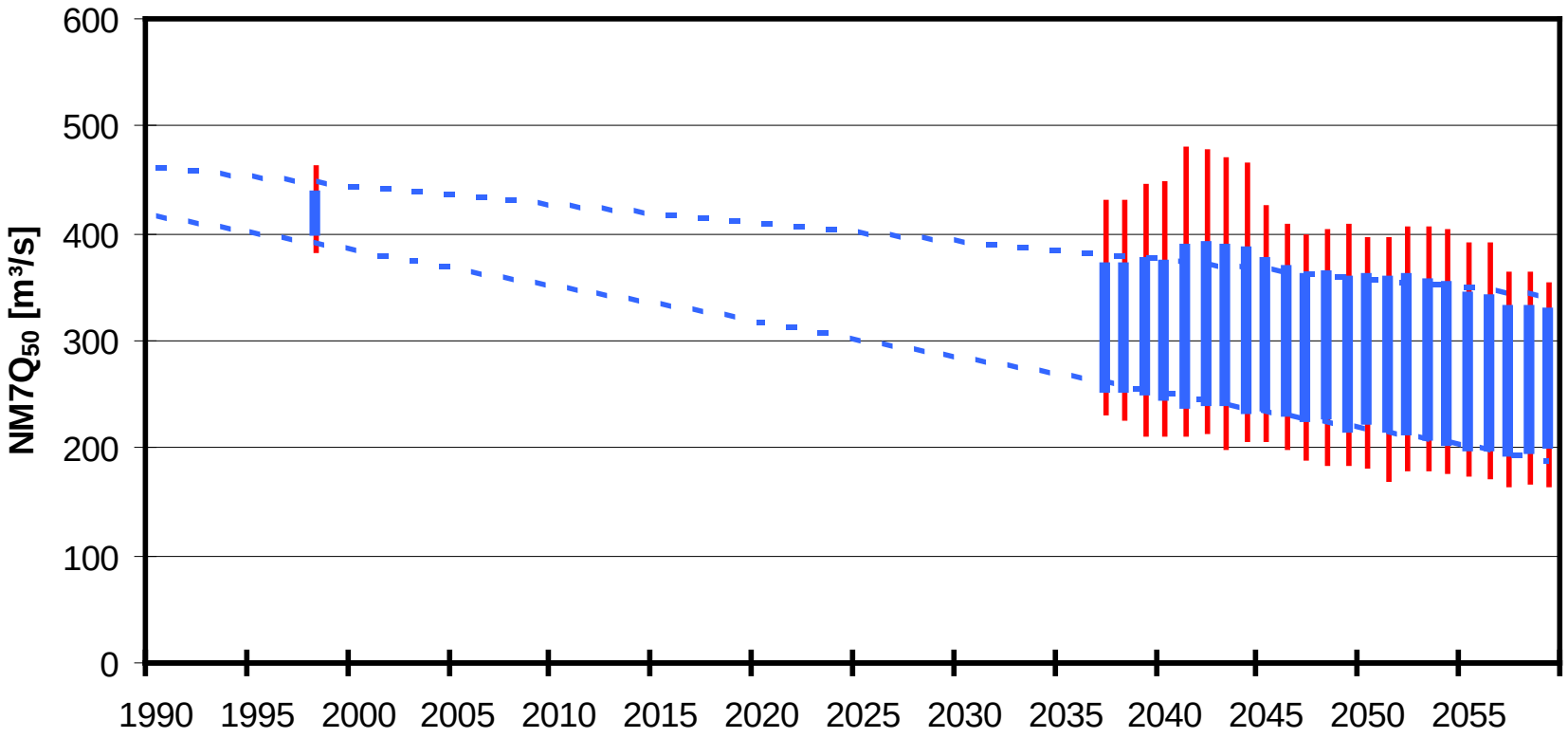
nur Gerinne mit $r^2 > 0.8$ ausgewählt

⇨ Reduzierung der Niedrigwasserabflüsse im Vorland

⇨ Erhöhung der Niedrigwasserabflüsse im Alpenraum

Auswirkungen auf das Niedrigwasser

Entwicklung des 50-jährlichen Niedrigwasserabflusses $NM7Q_{50}$ in Achleiten

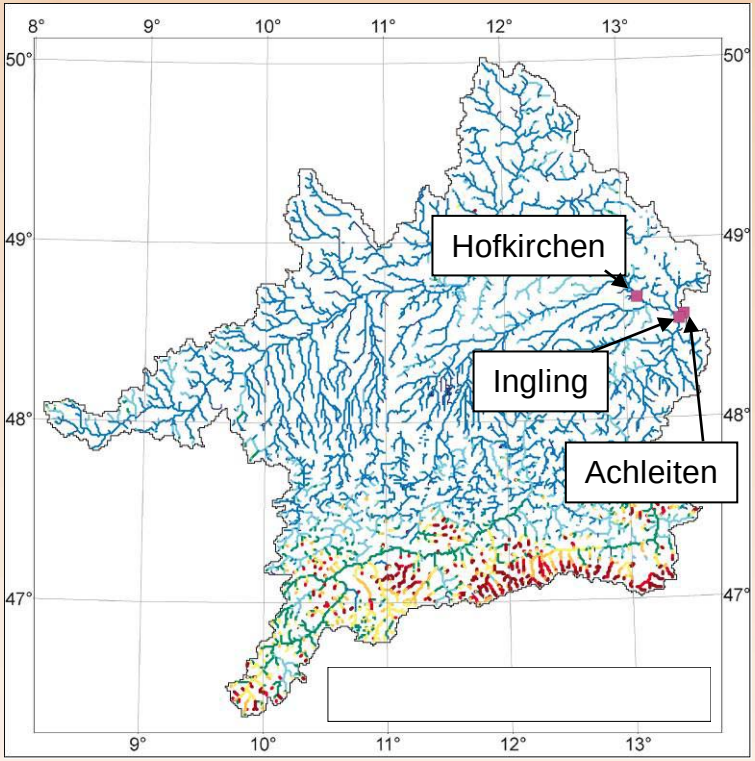


⇨ Reduzierung des Niedrigwasserabflusses um 25 bis 53%

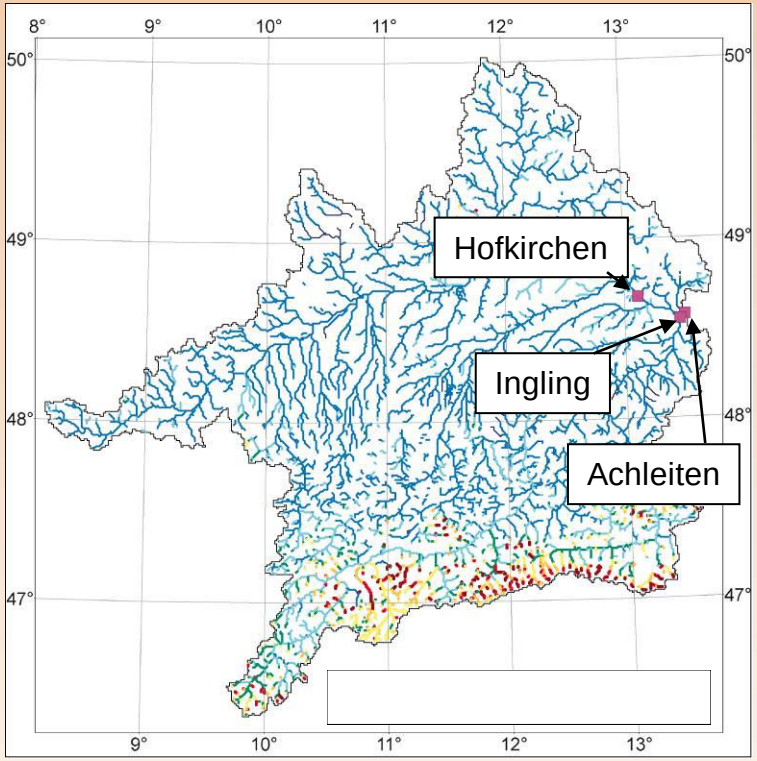
Auswirkungen auf das Hochwasser

HQ_{100} Obere Donau, Mittelwert aller 16 statistischen Klimavarianten

(2011-2035)/(1971-2000)



(2036-2060)/(1971-2000)



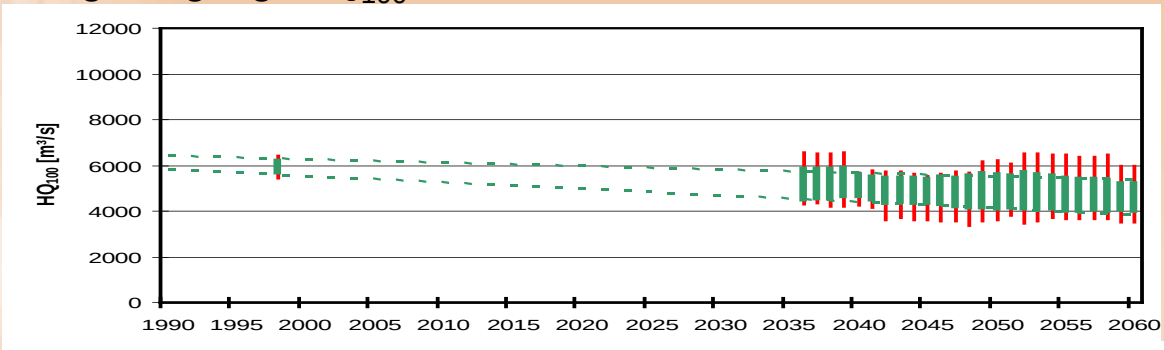
nur Gerinne mit $r^2 > 0.8$ ausgewählt

⇨ Erhöhung der Spitzenabflüsse in alpinen Kopfeinzugsgebieten

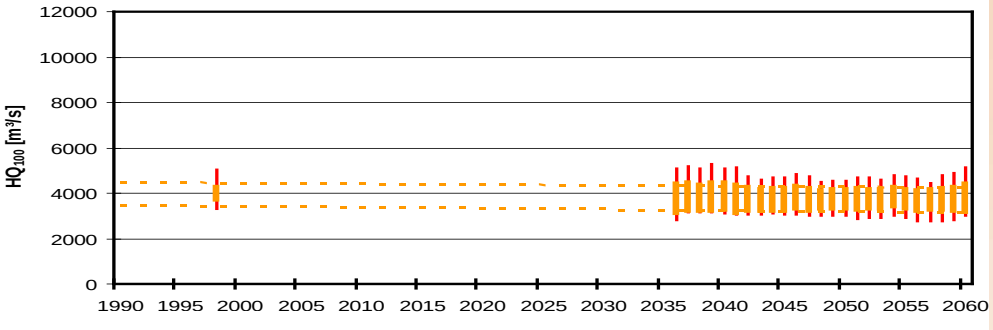
⇨ Kaum Veränderungen im Vorland

Auswirkungen auf das Hochwasser

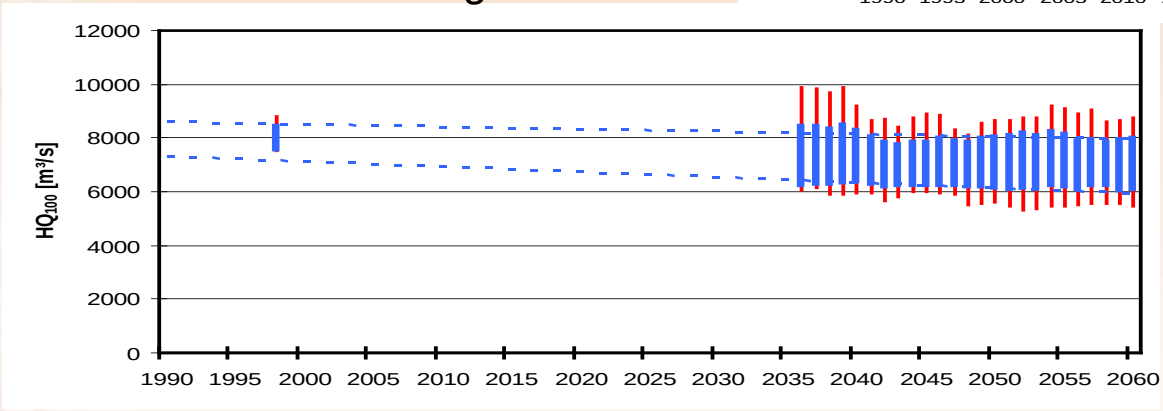
Pegel Ingling, HQ_{100} *Inn*



Pegel Hofkirchen, HQ_{100}
Donau vor Innmündung



Pegel Achleiten, HQ_{100}
Donau nach Innmündung

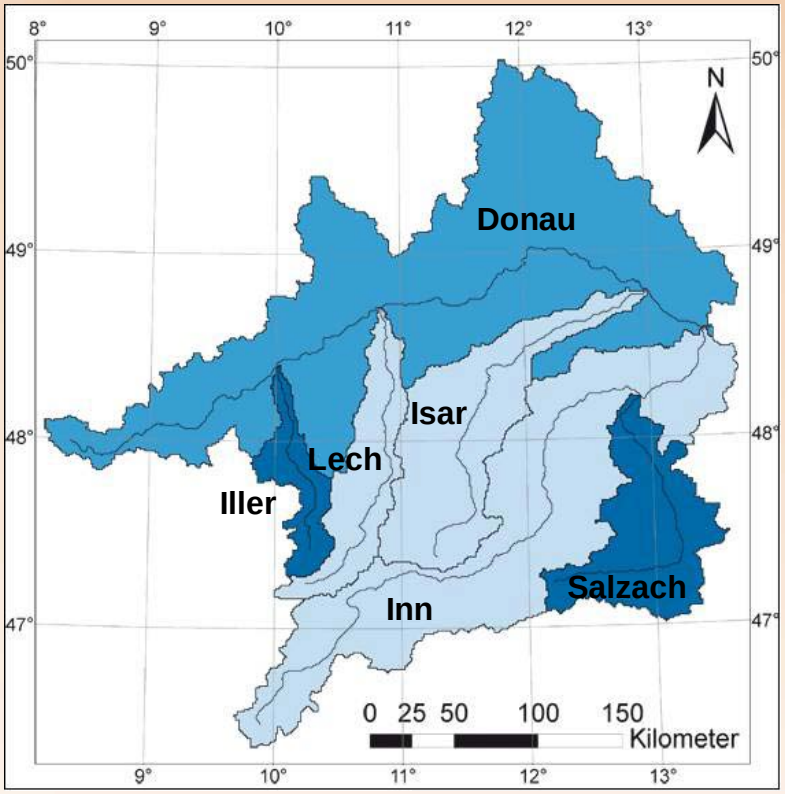


⇨ Die Reduzierung der Spitzenwasserabflüsse in Achleiten geht auf den Inn-zufluss zurück, während an der Donau keine Veränderung zu erkennen ist.

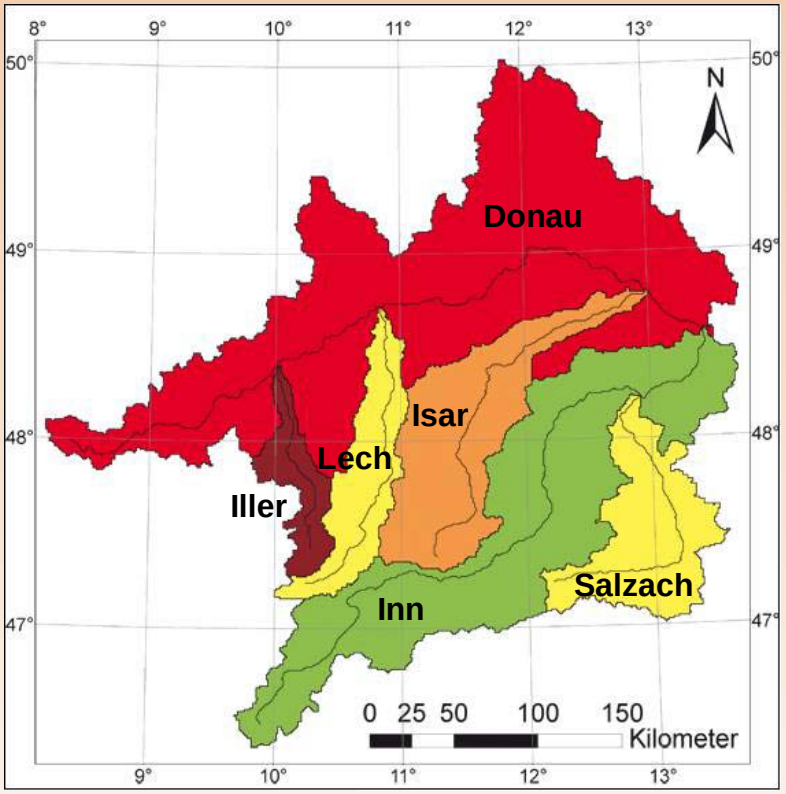
Folgen für die Energiewirtschaft

Änderung der mittleren Jahresarbeit [%], *Szenario REMO regional - Baseline*

2011-2035 zu 1971-2000



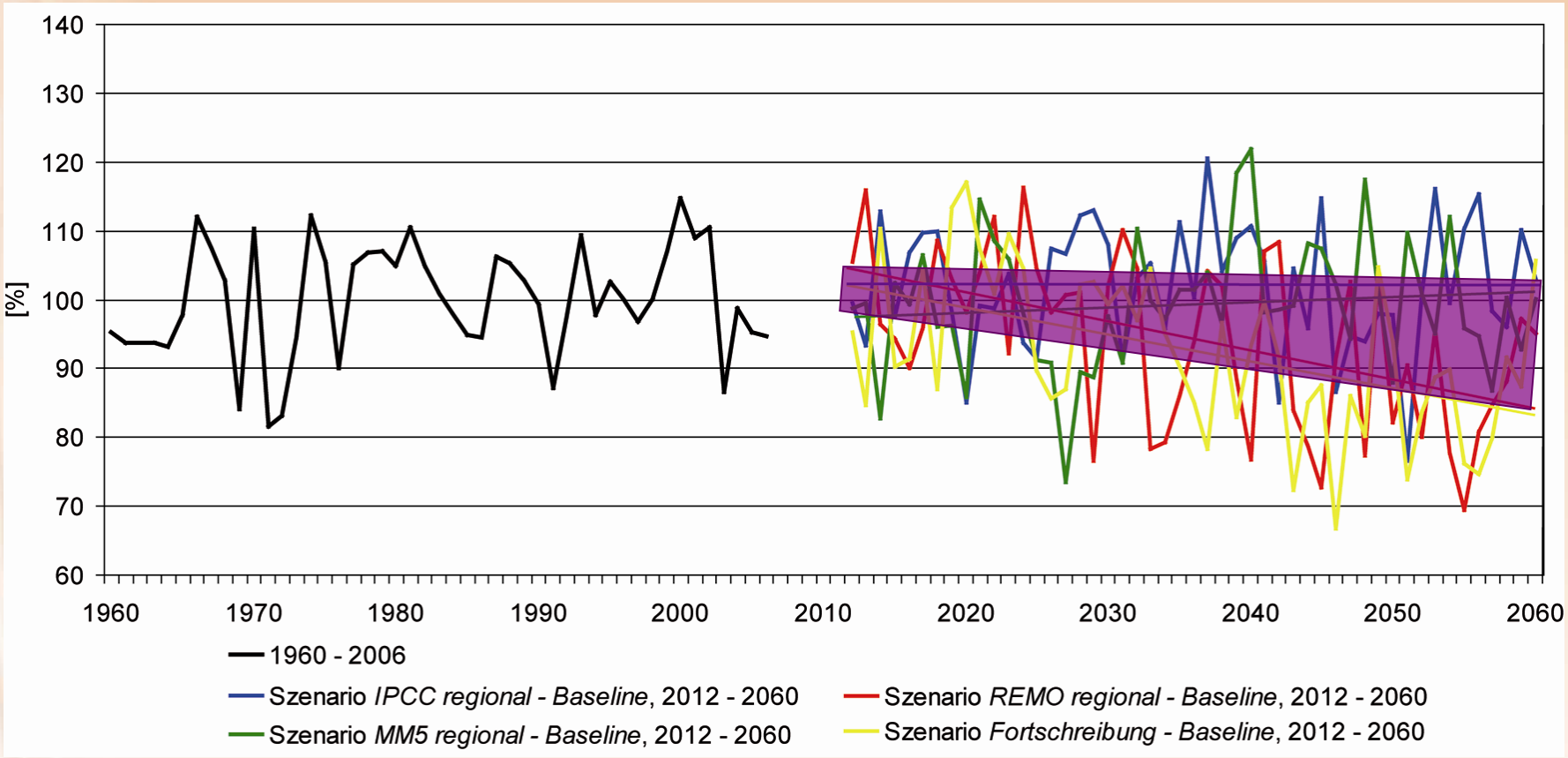
2036-2060 zu 1971-2000



⇨ Zum Teil erhebliche Abnahme der Energieerzeugung aus der Wasserkraft

Folgen für die Energiewirtschaft

Simulierte Hydraulizität 1960-2060



- ⇨ Reduzierung der Wasserkraftproduktion um bis zu 16%
- ⇨ Kompensation der Verluste durch bis zu 3% Produktionssteigerung pro Jahrzehnt

Fazit

Kernaussagen

- Verringerung des Abflusses um 5 bis 35%
- Wasser an der Oberen Donau wird knapper, aber nicht knapp
- Starke Erhöhung der Verdunstung bei gleichzeitiger Reduzierung des Schnee- und Eisspeichers
- Verringerung der Grundwasserneubildung um 5 bis 21%
- Veränderung des Abflussregimes mit einer Vorverlagerung der Abflussspitzen vom Sommer in den Frühling
- Starke bis sehr starke Verringerung der Niedrigwasserabflüsse, in Achleiten um 25 bis 53%, im Alpenraum dagegen Erhöhung
- Kein einheitliches Bild für die Spitzenabflüsse, weitgehend geringe Veränderungen

Folgen

- Reduzierung der Wasserkraftproduktion um bis zu 16%
- Reduzierung des Kühlwasserangebotes
- Einschränkung der Schifffahrt
- Mäßig bis signifikante Reduzierung der Wasserabgabe um 5 bis 35% am Pegel Achleiten an die Unterliegerstaaten

⇨ **Neue Bewertung des „Wasserschlosses“ der Oberen Donau?**

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Blick von der Walhalla bei Regensburg auf die Donau (Ch. Michelbach)