

LARSIM Anwendertreffen 2013

Auswirkungen des Klimawandels auf Quellschüttungen und Bodenwasserhaushalt im Allgäu

Greta Moretti und Kai Gerlinger

HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

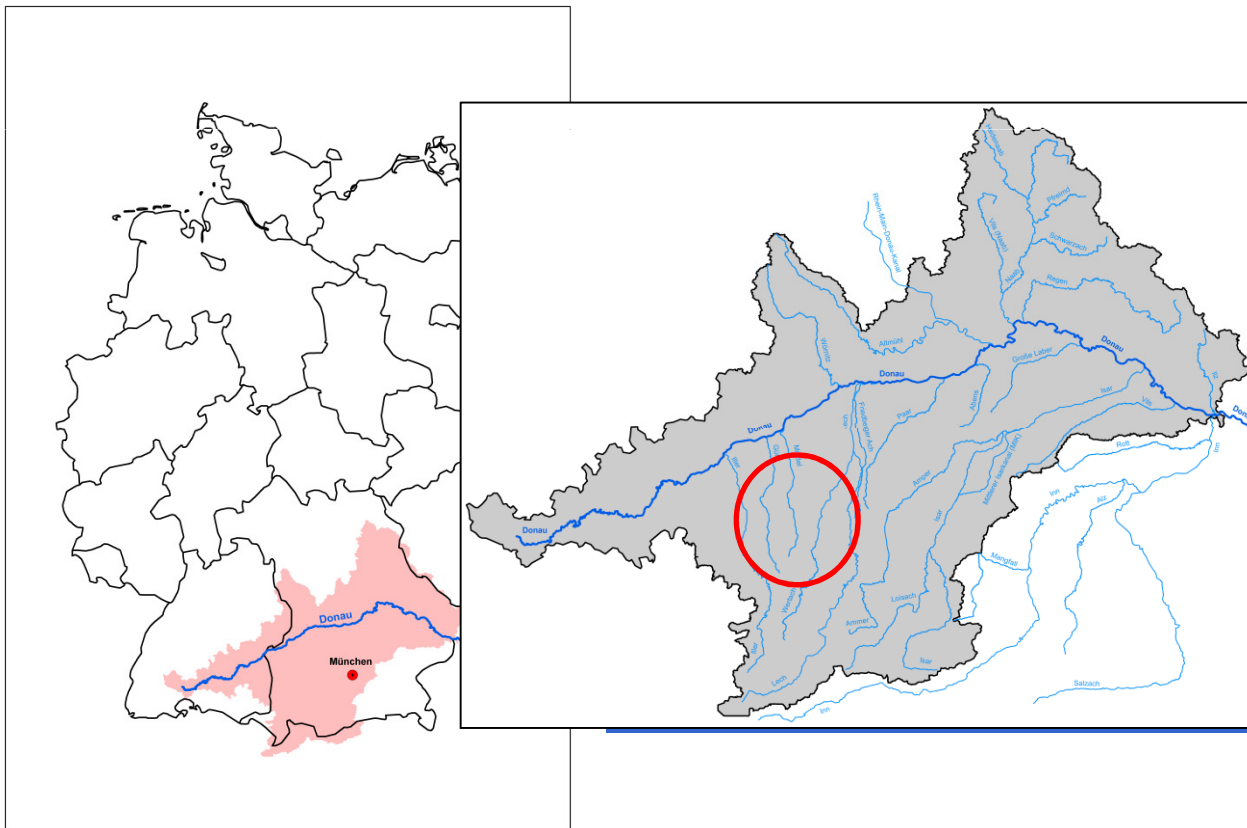
Sybille Wendel

Bayerisches Landesamt für Umwelt

1. Ziele und Aufgaben

Ziele:

- Auswirkung des Klimawandels auf die Quellschüttungen bzw. Niedrigwasserabflüsse im Allgäu
- Schwerpunkt der Kalibrierung: Niedrigwasserabflussgeschehen und flächenhafter Gebietswasserhaushalt

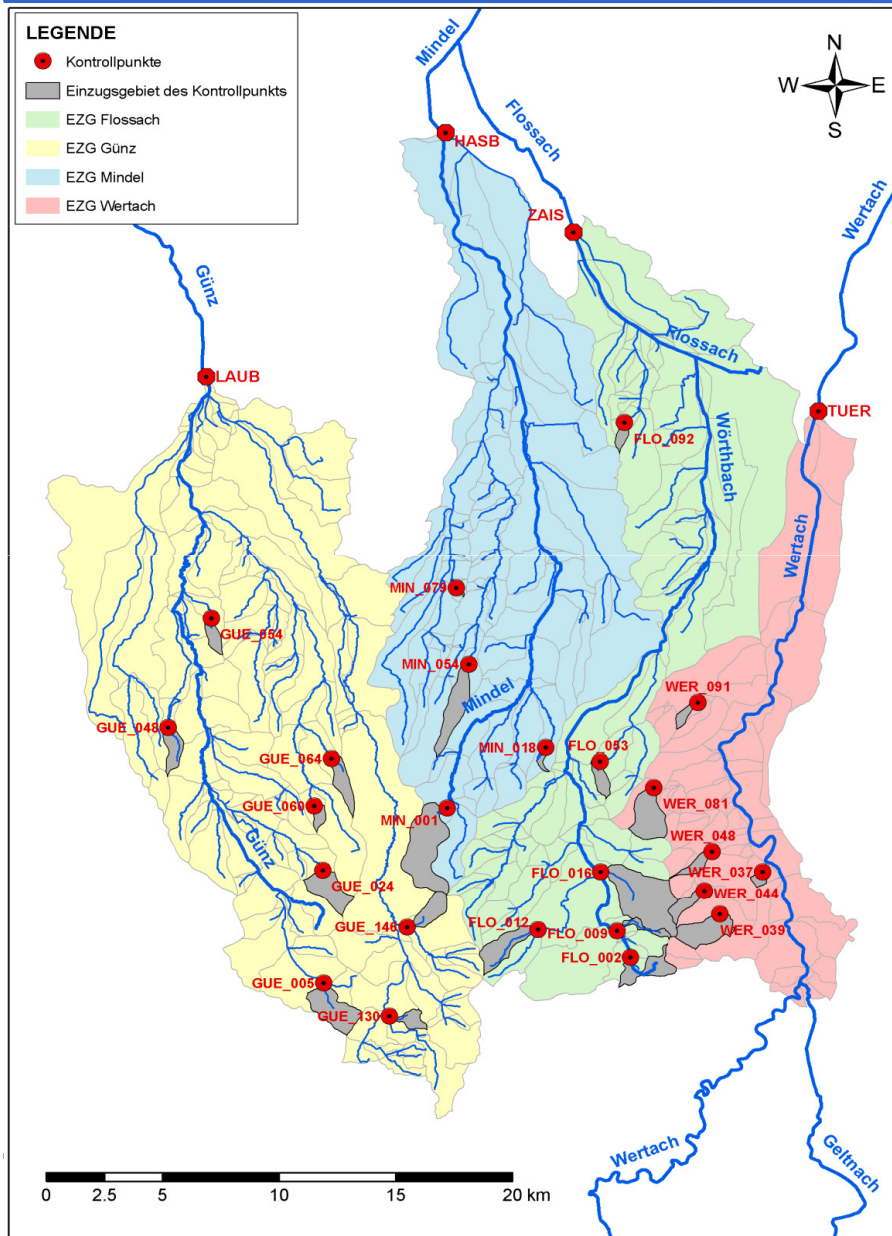


1. Ziele und Aufgaben

Aufgaben:

- Aufstellung eines mesoskaligen Wasserhaushaltsmodells mit LARSIM
- Kalibrierung von 4 Pegel
- Durchführung von Simulationen:
 - mit den Klimaprojektionen WETTREG2006 und WETTREG2010
 - für drei Zeiträume (Ist-Zustand: 1971-2000; nahe Zukunft: 2021-2050; ferne Zukunft: 2071-2100)
- Auswertung der Niedrigwasserabflüsse und der Komponenten des Wasserhaushalts

2. Modellerstellung



✓ 4 Teilgebietsmodelle (insg. 840 km²):

- Günz
 - Mindel
 - Flossach
 - Zwischengebiet der Wertach
- ✓ 24 Kontrollpunkte (Einzugsgebietsfläche zwischen 0,04 bis 5,7 km²)

✓ Aufbau der Gebietsdateien:

- Unterteilung in Teilgebiete
- Hydrogeologische Einheiten zur Bestimmung des vertikalen Durchlässigkeitsbeiwerts

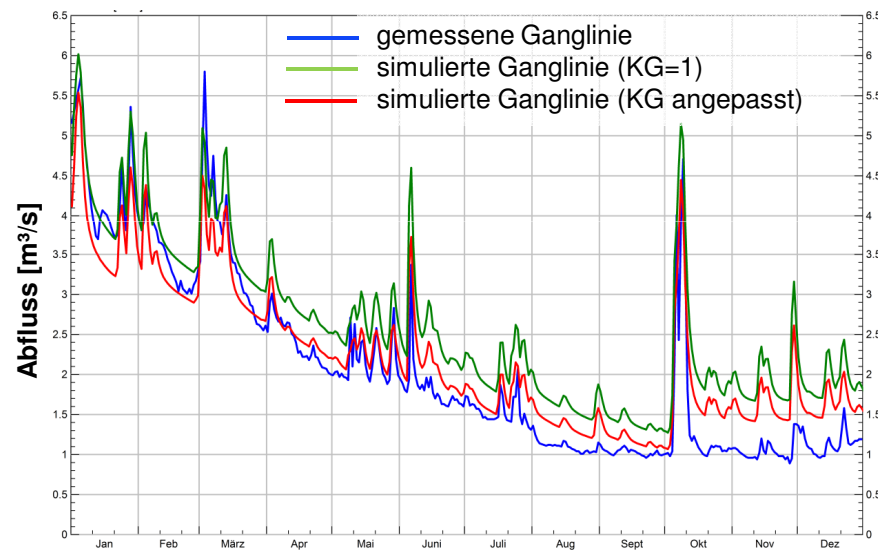
✓ Plausibilisierung der hydrometeorologischen Eingangsdaten

3. Modellkalibrierung

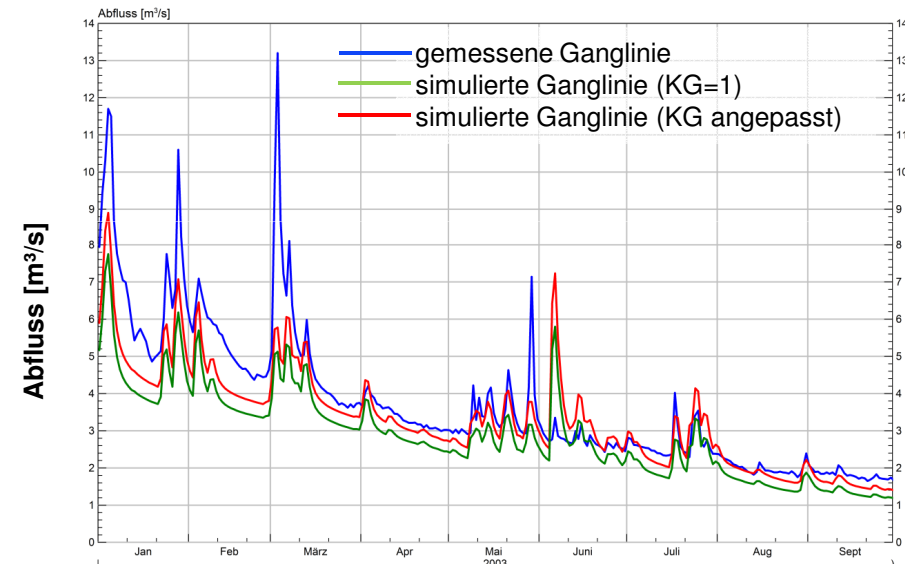
Ziel: Prozessnahe Abbildung der Abflussdynamik im Niedrigwasserbereich an den vier Gebietsauslässen und plausible Simulation des flächenhaften Gebietswasserhaushalts

- Zeitraum: 01.01.1990 - 31.12.2003 (Tageswerte)
- Keine Korrektur des systematischen Niederschlagsmessfehlers

Pegel Zaisertshofen/Flossach (Jahr 2003)



Pegel Hasberg/Mindel (Jahr 2003)



Ohne Korrekturfaktor Gebietsniederschlag (KG=1):

- Abweichungen von den gemessenen Ganglinien
- Die Wahl der Modellparameter kann nicht sinnvoll erfolgen

Mit Korrekturfaktor Gebietsniederschlag angepasst:

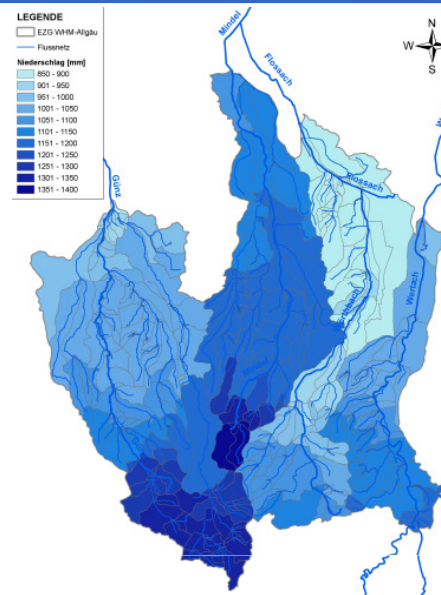
- Mögliche Anpassung der Modellparameter → Plausible Abbildung der gemessenen Abflüsse
- Verwendung von KG angepasst für Klimaprojektionen nicht möglich
- Problem: Niederschlagsverteilung

3. Modellkalibrierung

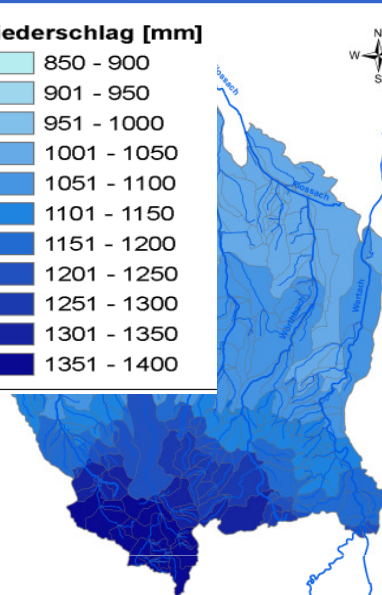
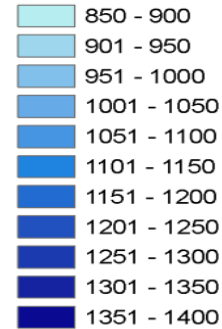
Simulierte mittlere
Niederschlagsmenge
im Zeitraum 1991-2003

KG
angepasst

- Räumliche Verteilung der Niederschläge unplausibel



Niederschlag [mm]



KG=1

- Ausgeglichene räumliche Verteilung der Niederschläge
- Unkorrekte Simulation der Abflüsse an den Pegel kein Niederschlagsproblem
- Ursache ungenaue Pegel-Abflussdaten oder fehlerhafte Abbildung der Fließsysteme im WHM

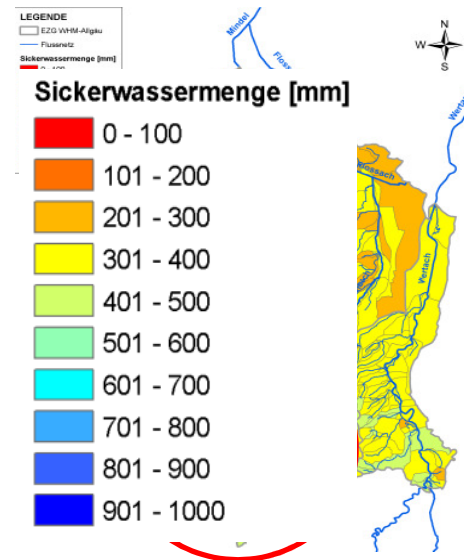
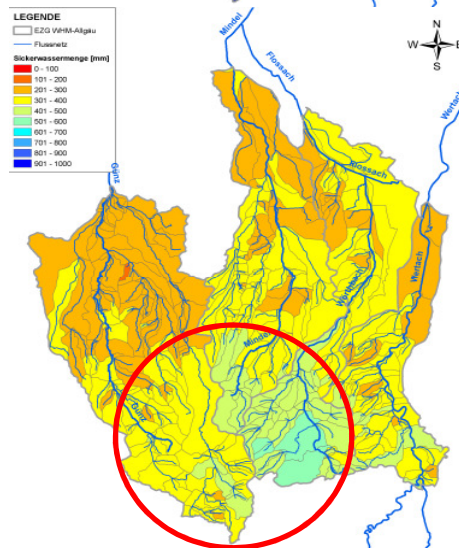
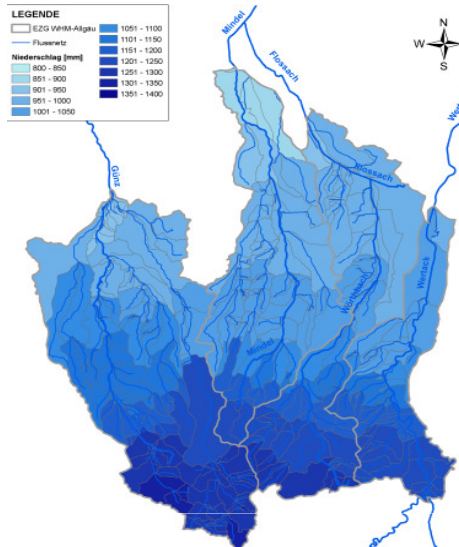
Konsequenzen für die Kalibrierung:

- Zunächst Kalibrierung der Modellparameter mit KG angepasst (Minimierung der Abweichung zwischen der simulierten und der gemessenen Wasserbilanz) (Zeitraum 1990-2003)
- Dann räumliche Darstellung der mit KG=1 simulierten Sickerwassermenge für den Zeitraum 1970-2000
- Dann Anpassung des Parameters Beta (Drainageindex des tiefen Bodenspeichers)

3. Modellkalibrierung

Vergleich Niederschlag und Sickerwassermenge (1970-2000)

- Sprung der simulierten Sickerwassermenge an der südlichen Grenze zwischen Günz und Flossach, wobei der Niederschlag uniform verteilt ist
- Unterschiedliche Werte des Drainageindex des tiefen Bodenspeichers Beta (Günz 0,012; Mindel 0,020)
- Anpassung von Beta



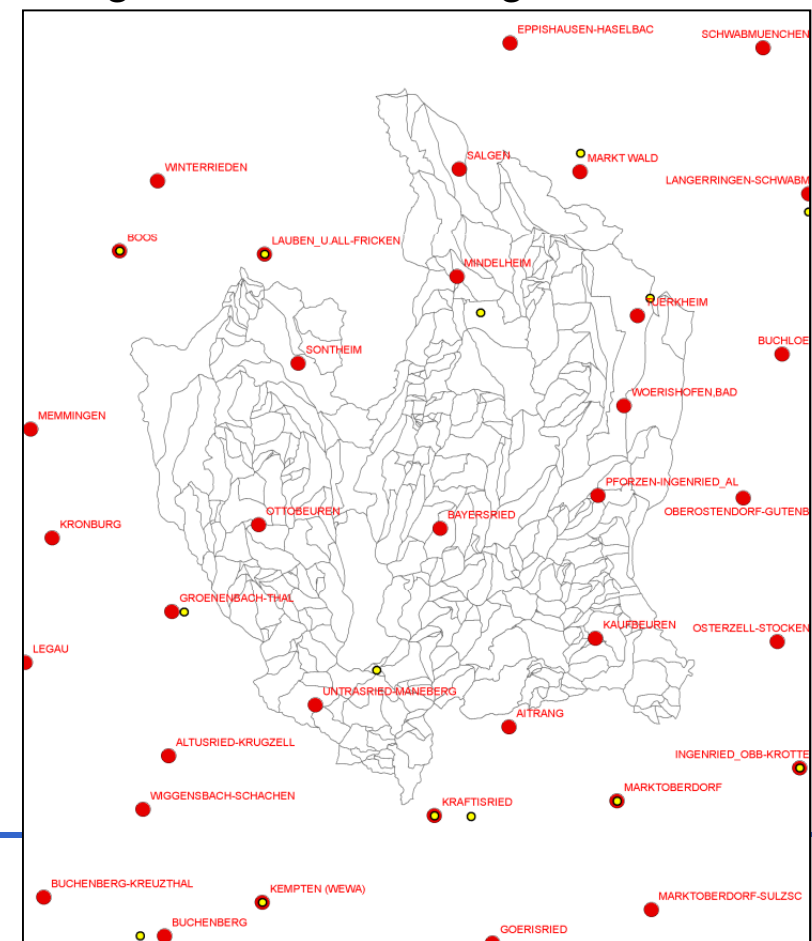
Ergebnis:

- Die an den Pegel simulierten Ganglinien weichen deutlicher von den gemessenen Ganglinien ab
- Plausibilität der Kalibrierung ist durch die gute Simulation der Gesamtabflüsse gewährleistet (die Interaktion zwischen Flossach und Günz wird im Modell nicht erfasst)
- Räumliche Verteilung der Sickerwassermenge ist plausibel

4. Analyse der WETTREG-Daten

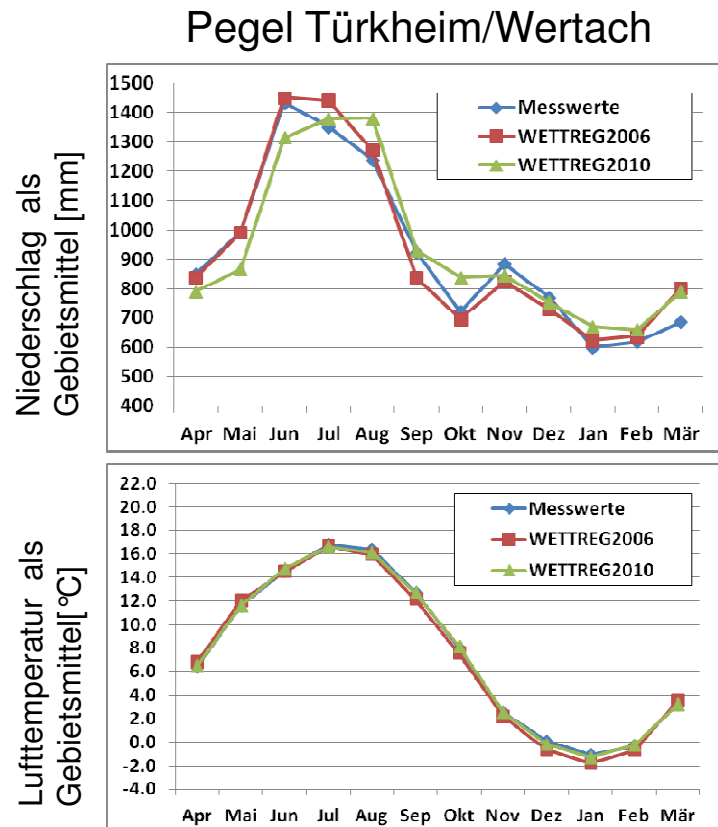
Klimaprojektionen WETTREG2006 und WETTREG2010

- Statistisches Regionalisierungsverfahren
- Verwendet Ergebnisse des Globalmodells ECHAM5 (mit Emissionsszenario A1B)
- Version WETTREG2010 enthält auch bisher nicht aufgetretene Wetterlagen
- Unterschiedliche Anzahl von Stationsdaten für das WHM Allgäu:
 - 83 WETTREG2006-Stationen
 - 201 WETTREG2010-Stationen
- Auswertung aller WETTREG-Realisationen



4. Analyse der WETTREG-Daten

4.1 Vergleich Ist-Zustand zu Messwerte



Niederschlag: vom WETTREG2006 gut wiedergegeben; mit WETTREG2010 zwischen April und Juni kleiner als die Messdaten-Simulation, danach größer

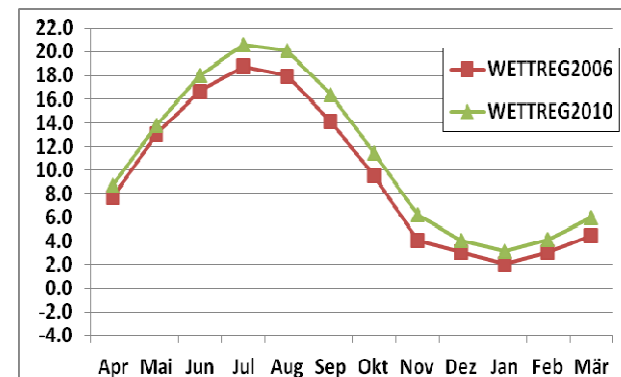
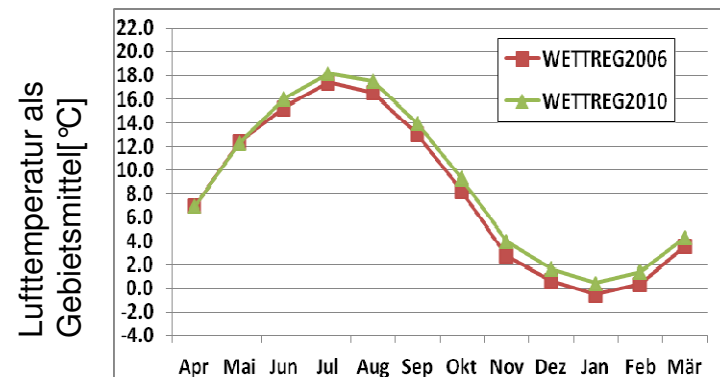
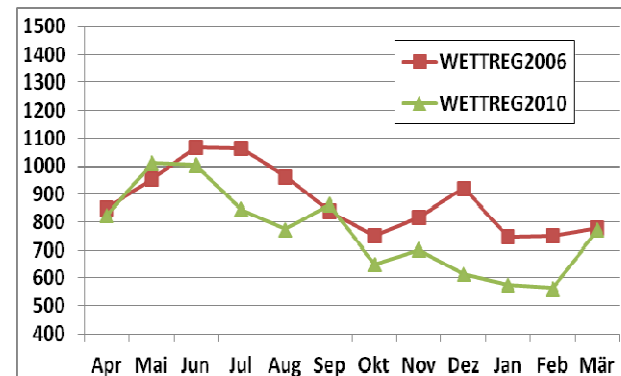
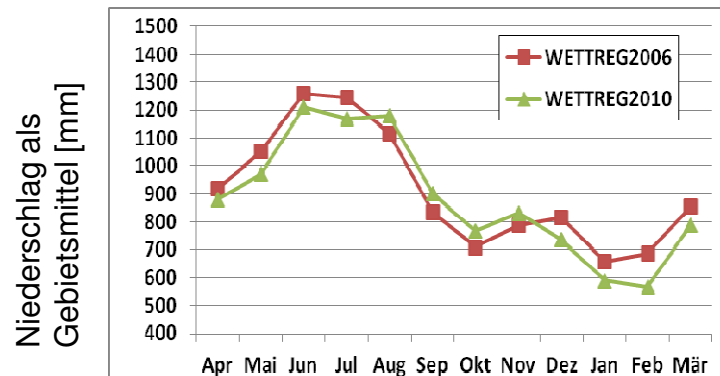
Temperatur: von beiden Klimaprojektionen wird der Ist-Zustand der Messdaten-Simulation gut simuliert

4. Analyse der WETTREG-Daten

4.2 Vergleich nahe Zukunft und ferne Zukunft

Pegel Lauben/Günz: nahe Zukunft

ferne Zukunft



Niederschlag: mit beiden Klimaprojektionen wird in der Zukunft weniger Niederschlag im Vergleich zum Ist-Zustand simuliert (z.B. WETTREG2010 im Juni-Juli: Ist-Zustand ca. 1400mm, nahe Zukunft: 1200mm, ferne Zukunft: 900-1000mm)

Temperatur: mit WETTREG2010 wird eine größere Zunahme der Temperatur in der Zukunft im Vergleich zu WETTREG2006 simuliert (3 bis 4°C mehr in den Sommermonaten im Vergleich zum Ist-Zustand)

5. Auswertung der Niedrigwasserabflüsse

5.1 Auswertung der MoMnQ-Werte (Abflusspende)

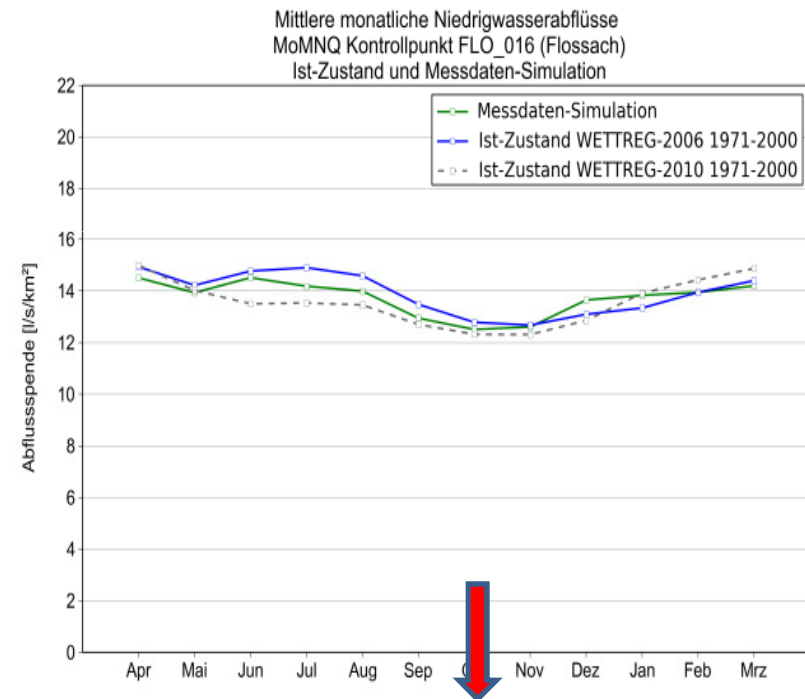
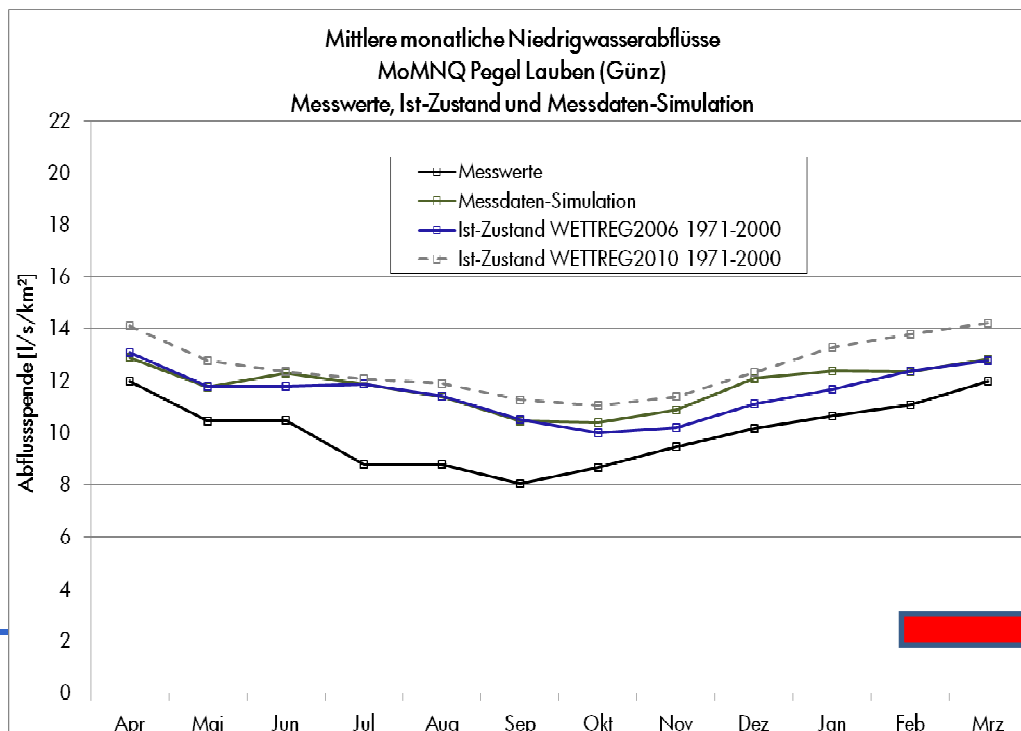
Vergleich Messdaten-Simulation zur Simulation des Ist-Zustands

An den Pegeln:

- Übereinstimmung der Regimekurven aus der Messdaten-Simulation des Ist-Zustands mit WETTREG2006-Daten
- Überschätzung der Regimekurven mit WETTREG2010
- Simulation von mehr Niederschlagsinput von August bis Februar mit WETTREG2010

An den Kontrollpunkten:

- Zumeist kein großer Unterschied zwischen den Regimekurven des Ist-Zustands von der Messdaten-Simulation und den Klimaprojektionen

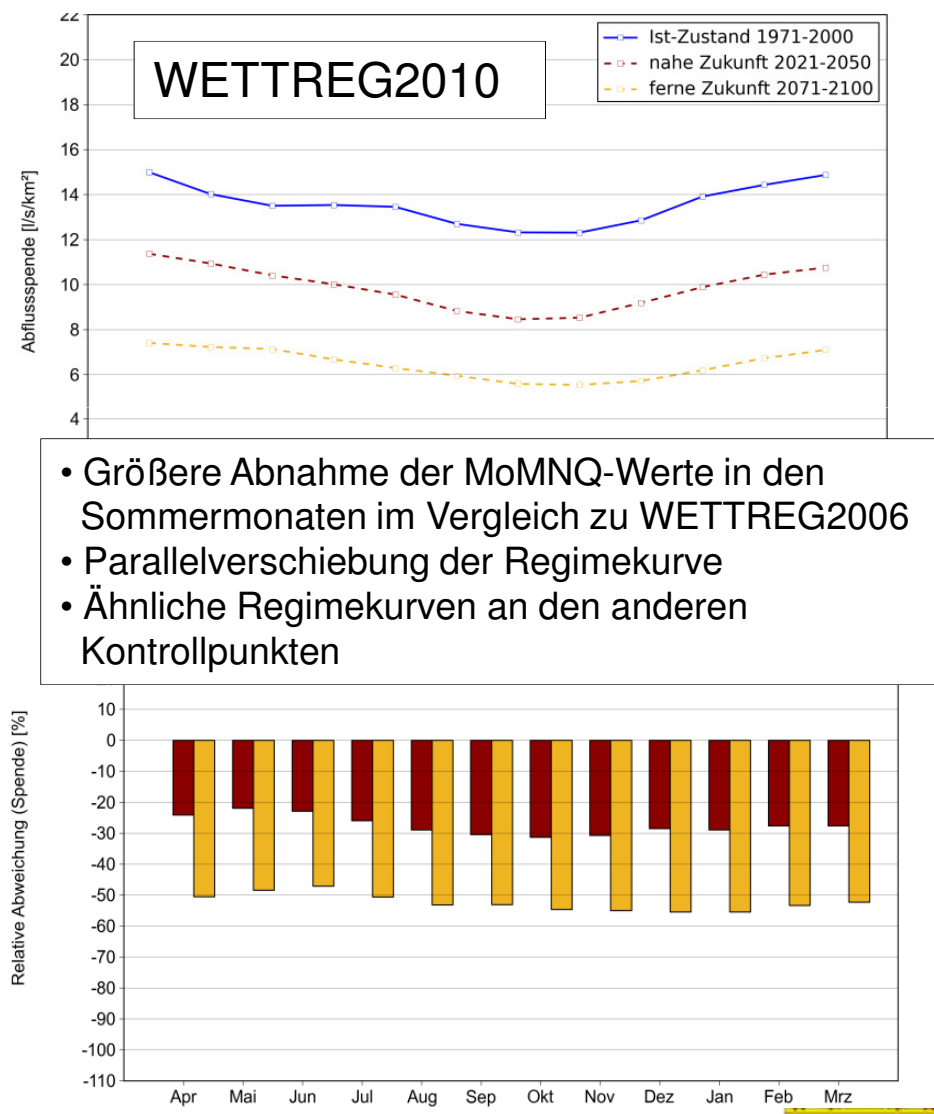
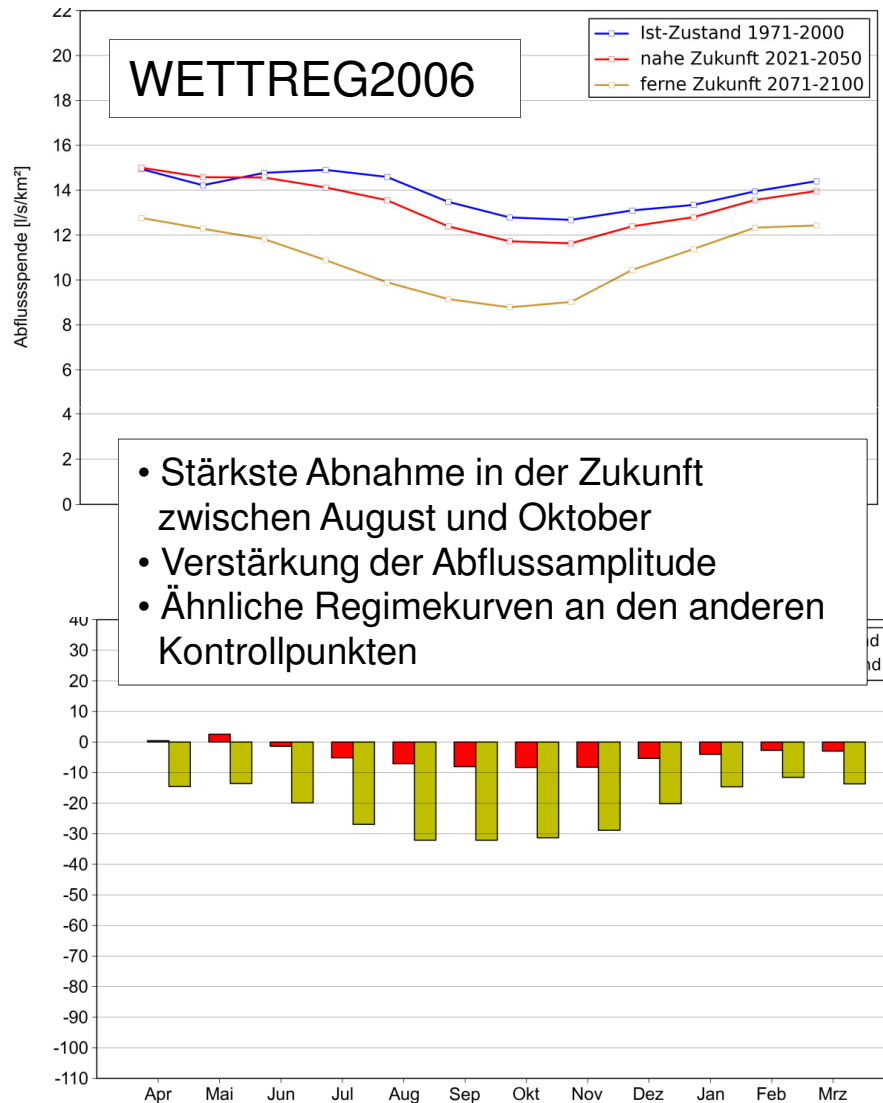


Gute Anpassung des Jahresgangs der MoMnQ-Werte aus der Messdaten-Simulation (Ist-Zustand) mit beiden WETTREG-Datensätzen

5. Auswertung der Niedrigwasserabflüsse

5.1 Auswertung der MoMNQ-Werte (Abflusspende)

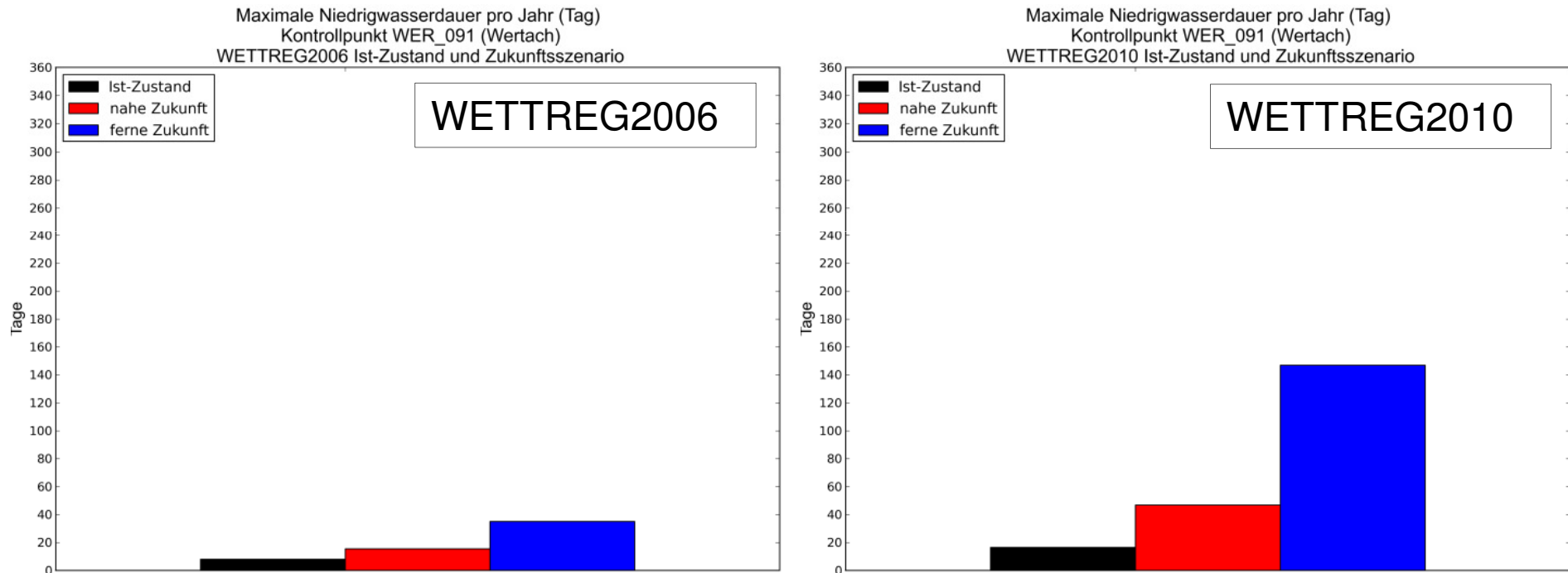
Vergleich des Ist-Zustands mit den Zukunftsszenarien, Kontrollpunkt FLO_016/Flossach



5. Auswertung der Niedrigwasserabflüsse

5.2 Ermittlung der Dauer von Niedrigwasserperioden an den Kontrollpunkten

a) Maximale Niedrigwasserdauer pro Jahr (unter Schwellenwert MNQ)

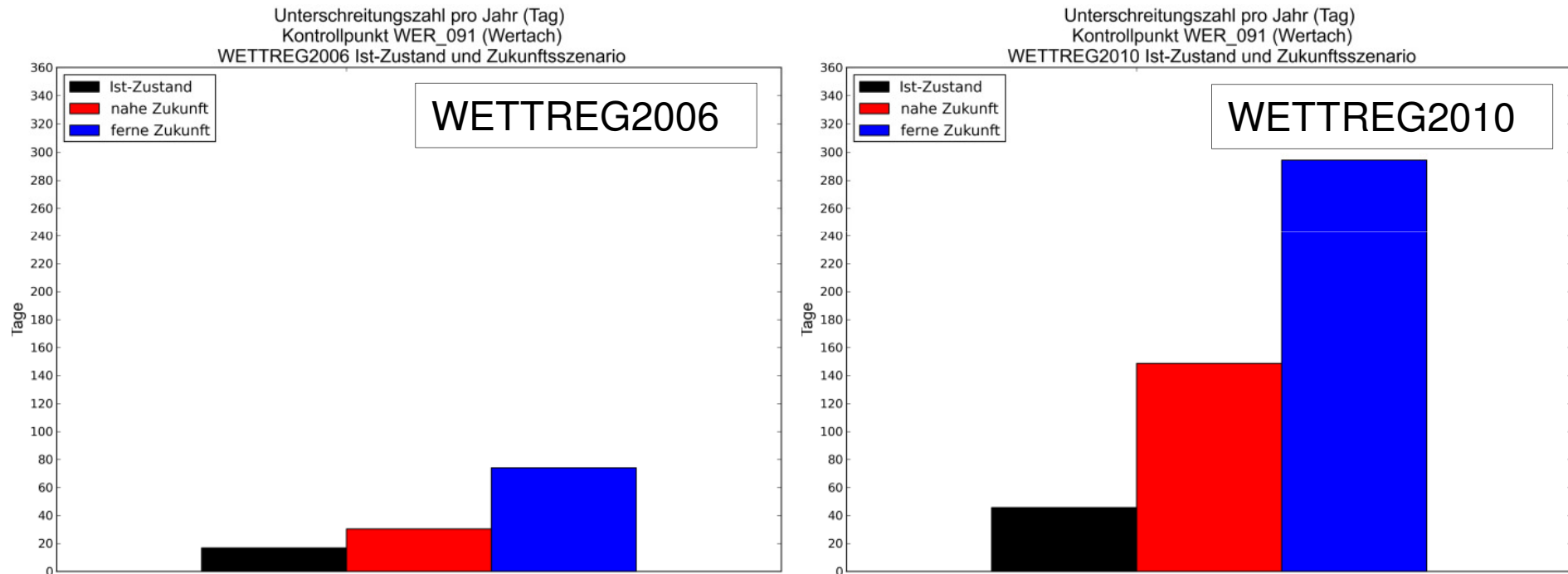


- Die maximale Dauer von den Niedrigwasserperioden nimmt in der Zukunft deutlich zu
- Bei WETTREG2010 treten die größten Unterschiede zwischen nahen Zukunft und Ist-Zustand bzw. fernen Zukunft und Ist-Zustand auf

5. Auswertung der Niedrigwasserabflüsse

5.2 Ermittlung der Dauer von Niedrigwasserperioden an den Kontrollpunkten

b) Unterschreitungsanzahl pro Jahr (unter Schwellenwert MNQ)

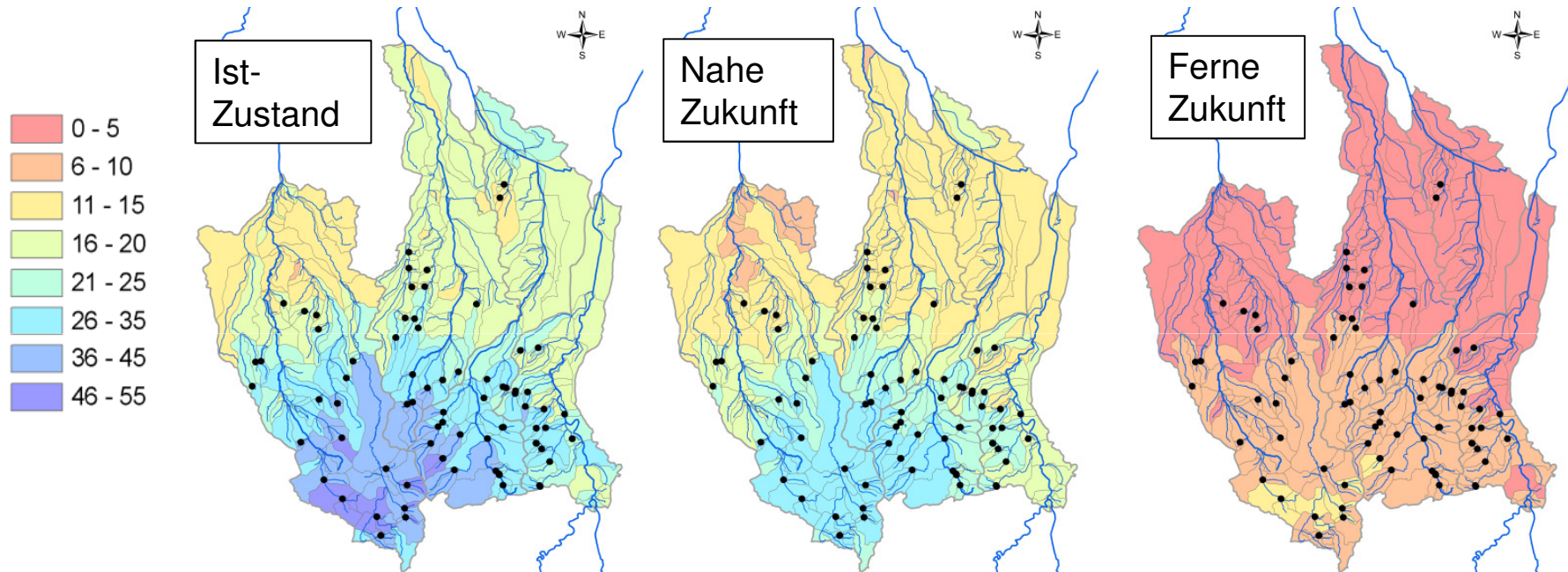


- Die Anzahl der Tage im Jahr, an denen der Schwellenwert MNQ unterschritten wird, nehmen in der Zukunft deutlich zu
- Bei WETTREG2010 treten die größten Unterschiede zwischen nahen Zukunft und Ist-Zustand bzw. fernen Zukunft und Ist-Zustand auf

6. Auswertung der Komponenten des Wasserhaushalts

6.1 Auswertung des Inhalts des Schneespeichers

Räumliche Darstellung des Inhalts des Schneespeichers [mm] als Summe von Januar bis März, WETTREG2006

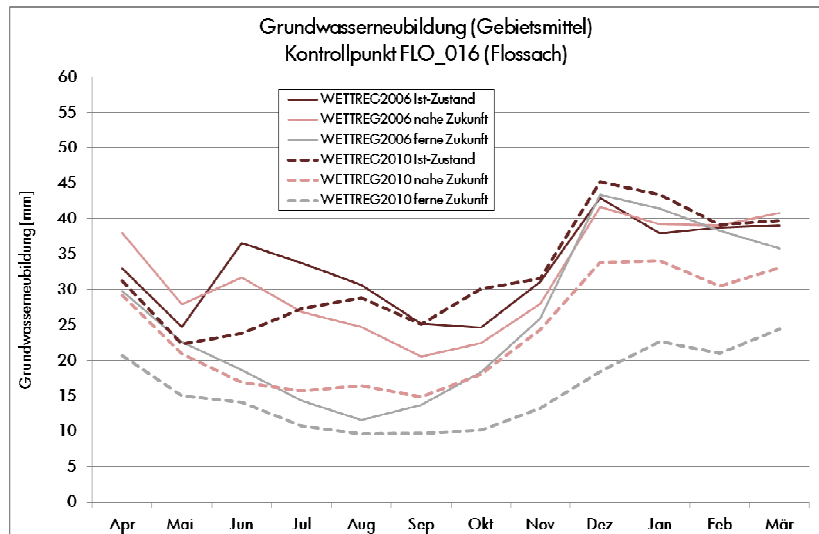


- ✓ In der fernen Zukunft wird entsprechend WETTREG2006 kaum Schnee aufgebaut.
- ✓ Bei den WETTREG2010-Daten der fernen Zukunft mit deutlicher Erhöhung der Temperatur im Vergleich zu WETTREG2006 ergibt sich praktisch kein Schneeaufbau.
- ✓ Der Schnee spielt in der Zukunft eine untergeordnete Rolle in der Bildung des Abflussregimes. Der Jahresgang der MoMNQ-Werte wird vor allem durch den Verlauf des Regen-Niederschlags bestimmt

6. Auswertung der Komponenten des Wasserhaushalts

6.2 Auswertung der Grundwasserneubildung

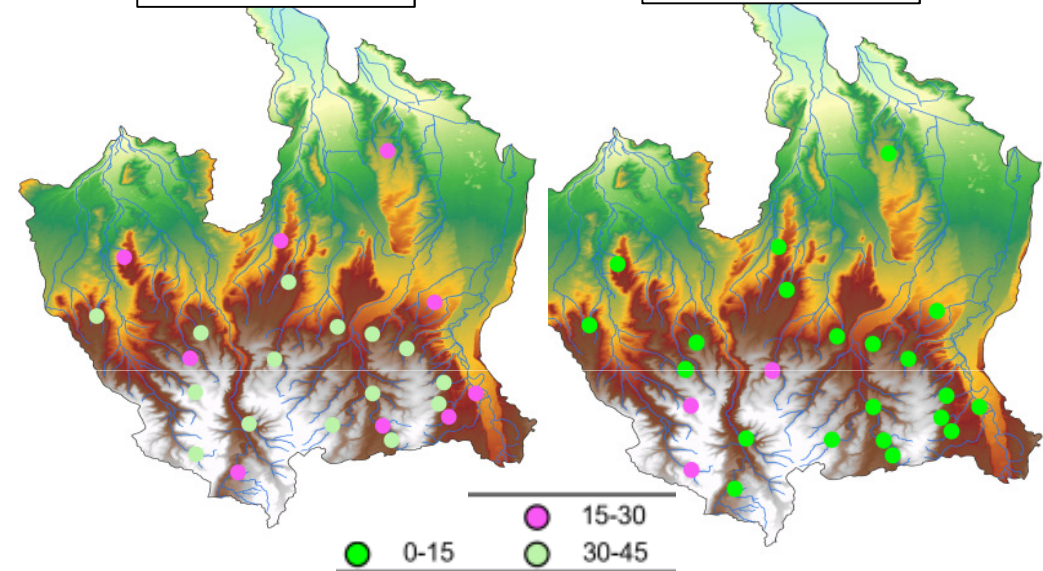
Jahresgang der Grundwasserneubildung [mm], Kontrollpunkt FLO_016/Flossach



Grundwasserneubildung [mm], WETTREG2006 August

Ist- Zustand

Ferne Zukunft



- ✓ Abnahme der Grundwasserneubildung in den Sommermonaten von der fernen Zukunft im Vergleich zum Ist-Zustand (Abnahme im August bis zu 60% mit WETTREG2006, bis zu 80% mit WETTREG2010)
- ✓ Die Entwicklung der Grundwasserneubildung mit dem Klimawandel an den Kontrollpunkten ist analog zu der Entwicklung der MoMnQ-Werte: Verstärkung der Amplitude des Jahresgangs in der Zukunft bei WETTREG2006, Parallelverschiebung bei WETTREG2010
- ✓ Bei den anderen nicht dargestellten Kontrollpunkten ist der Jahresverlauf der monatlichen Grundwasserneubildungen für beide Modelle und für die drei Referenzzeiträume ähnlich

Zusammenfassung

1. Erstellung eines Wasserhaushaltsmodells für vier Einzugsgebiete im Allgäu (840 km²) zur Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf das Niedrigwasserregime von 24 Quellpunkten
2. Kalibrierung des Modells hinsichtlich der Abbildung der Niedrigwasserhältnisse und der plausiblen Simulation des flächenhaften Gebietswasserhaushalts
3. Simulation der Auswirkungen des Klimawandels mit den Klimaprojektionen WETTREG2006 und WETTREG2010 (ECHAM5/A1B) für Ist-Zustand, nahe Zukunft und ferne Zukunft
4. Gute Übereinstimmung der WETTREG-Daten der Lufttemperatur und des Niederschlags für den Ist-Zustand mit den Messwerten (insbesondere WETTREG2006)
5. Beide Klimaprojektionen simulieren für die Zukunft eine Abnahme des Niederschlags und eine Zunahme der Lufttemperatur in den Sommermonaten im Vergleich zum Ist-Zustand

Zusammenfassung

6. In den Sommermonaten bis Oktober wird generell in der Zukunft eine Abnahme der MoMNQ-Werte simuliert (relative Abnahme zwischen ferner Zukunft und Ist-Zustand bis zu 70% mit WETTREG2010)
7. Die Regimekurven zeigen in der Zukunft
 - eine stärkere Abnahme der MoMNQ-Werte zwischen August und Oktober mit WETTREG2006
 - eine gleichförmige, höhere Abnahme der MoMNQ-Werte mit WETTREG2010
8. Der Schnee spielt in der Zukunft eine untergeordnete Rolle im Untersuchungsgebiet; das Regime der Niedrigwasserabflüsse an den Kontrollpunkten wird zumeist durch den Regen-Niederschlag bestimmt
9. Der jährlichen Verlauf der Grundwasserneubildung entwickelt sich entsprechend den WETTREG-Daten wie die Regimekurven.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!