

# Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt

H.P. Nachtnebel  
IWHW-BOKU



# Zielsetzung

- Überblick über mögliche Klimafolgen für den Wasserhaushalt
- Was bisher geschah ! (Beobachtungen)
- Was ist bis 2050 zu erwarten ? (Modelle, Simulationen)

# Hydrosphäre

- Schnee
- Gletscher
- Permafrost: Hydrologische Wirkung
- Fließgewässer
- Limnische Systeme
- Boden- und Grundwasser
- Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft

# Autoren

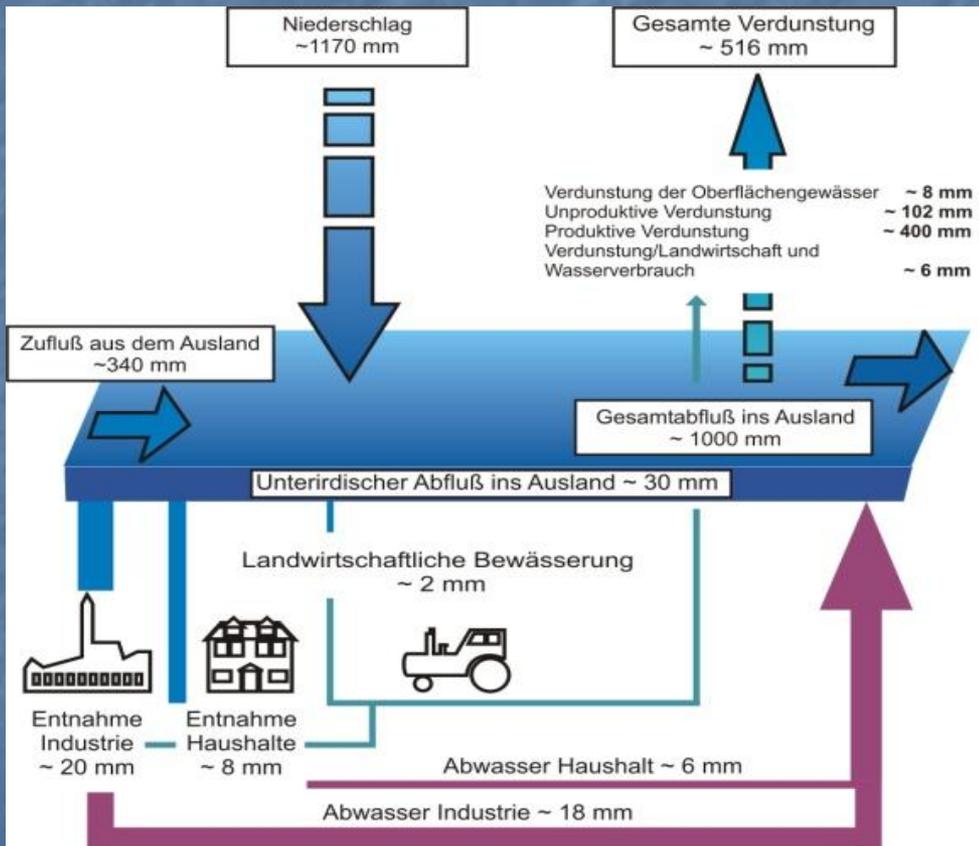
- **Coordinating Lead Autor**

Hans Peter Nachtnebel

- **Beitragende Autoren:**

Günter Blöschl, Martin Dokulil, Matthew Herrnegger, Gerhard Kammerer, Andreas Kellerer-Pirklbauer, Karl Krainer, Michael Kuhn, Willibald Loiskandl, Aditya Lukas, Ralf Merz, Hans Peter Nachtnebel, Juraj Parajka, Rudolf Sailer, José Luis Salinas, Wolfgang Schöner, Tobias Senoner, Ulrich Strasser, Alberto Viglione.

# Wasserbilanz Österreichs



Nmittel            1170 mm/a  
 EVAPmittel        516 mm/a

Industrie:            20 mm/a  
 Haushalte:            8mm/a  
 Lw. Beregnung        2mm/a

Zeitraum: 1961-2000  
 HZB (2005)

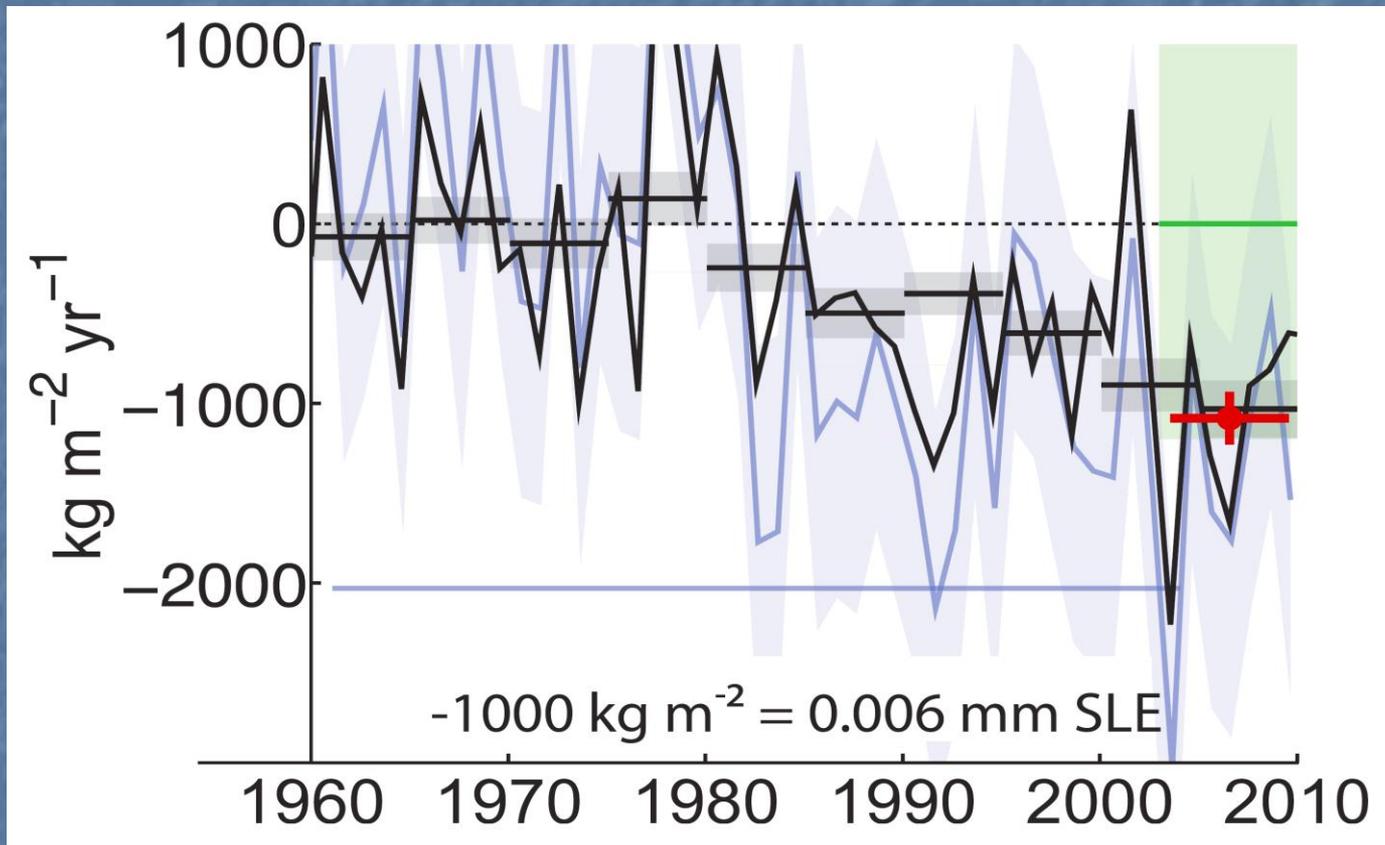
# Schnee: Was wurde beobachtet ?

- Die Schneefallgrenze ist in Österreich seit 1980 gestiegen, deutlich (signifikant) gestiegen im Sommer, unwesentlich gestiegen (nicht signifikant) im Winter.

# Schnee: Was ist zu erwarten?

- Am stärksten wird sich die Verkürzung der winterlichen Schneedeckendauer in Höhenlagen zwischen 1000-2000 m auswirken, d.h. späterer Beginn und früheres Abschmelzen des Schnees.
- Abnahme der Tage mit Scheedecke:
  - in mittleren Höhenstufen (1000–2000 m) ca. 30 Tage
  - in den Tallagen (< 1000 m) und Hochregionen (> 2000 m) ca. 15 Tage
  - im Süden und Südosten im Mittel ca. 70 Tage.

# Gletscher: Was wurde beobachtet ?

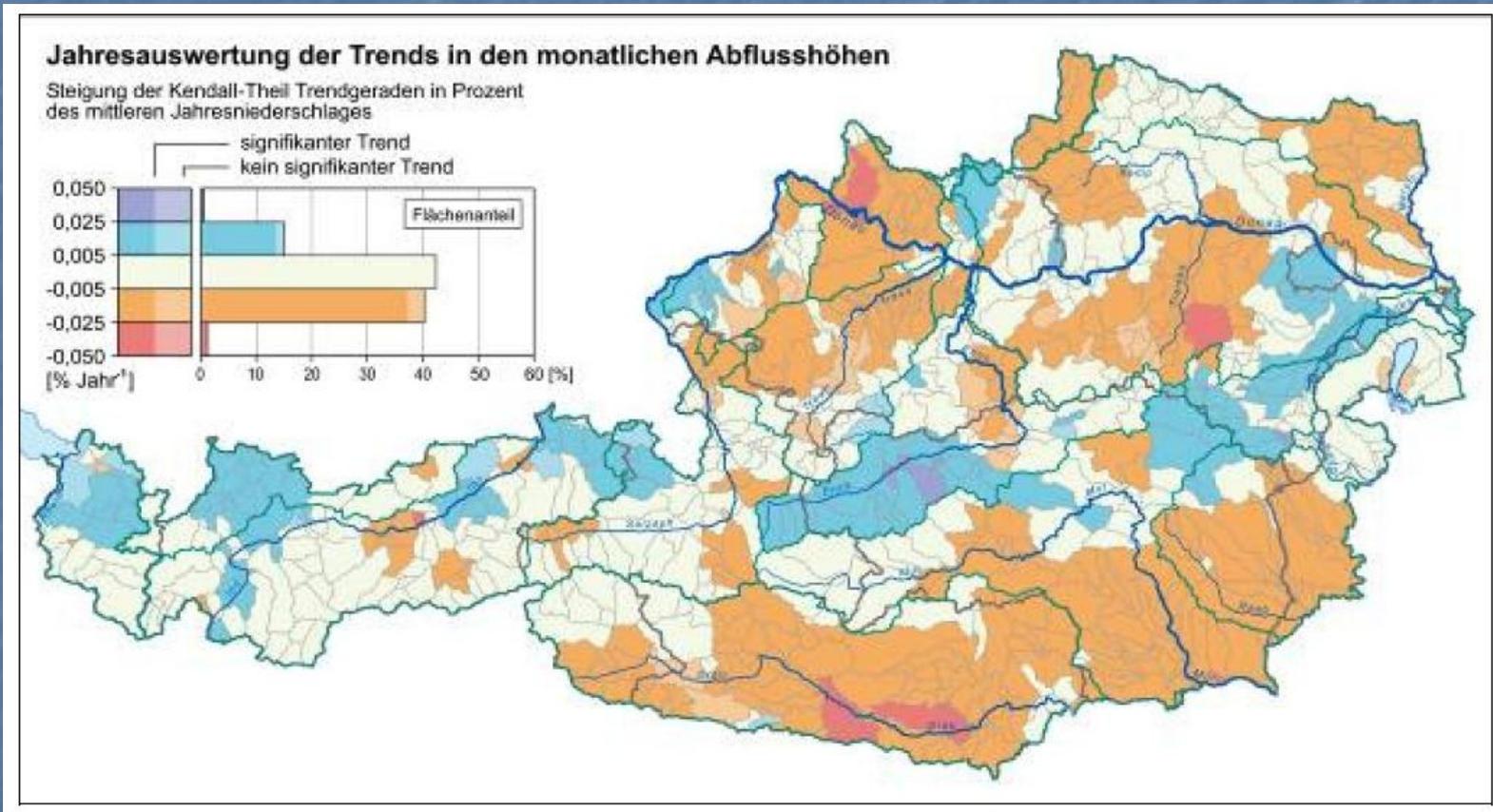


(Pfeffer et al. 2014)

# Gletscher: Was ist zu erwarten ?

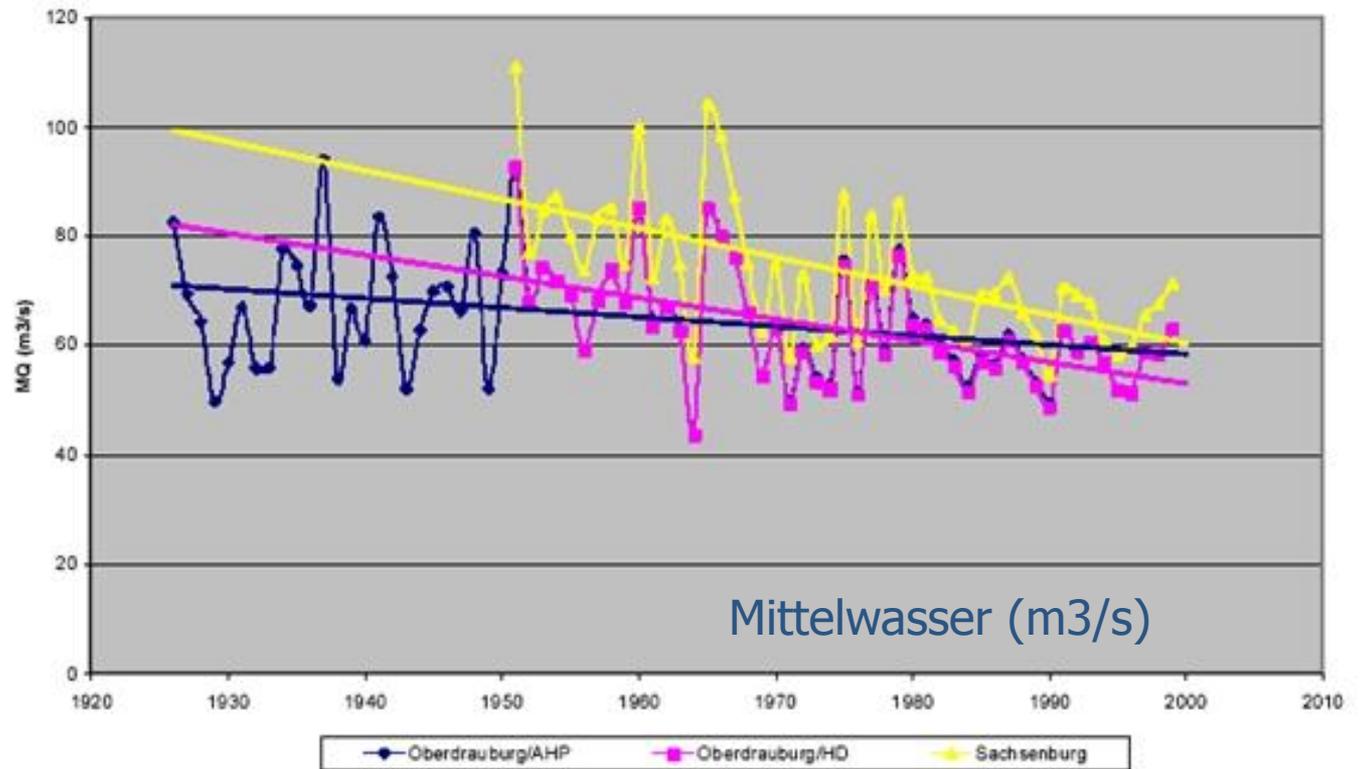
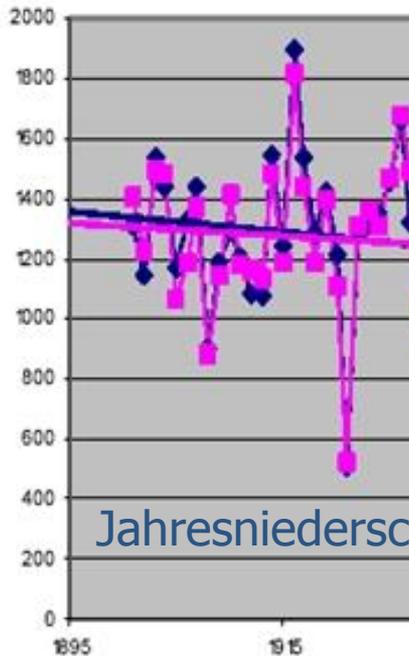
- Im optimistischen Fall verbleiben gegen Ende des 21. Jahrhunderts etwa 20% des Eisvolumens
- Im pessimistischen Fall praktisch gänzlich Abschmelzen der Gletscher
- Hinsichtlich des Gletscherabflusses dürfte der maximale jährliche Abfluss schon erreicht, wenn nicht gar überschritten sein (Marzeion, 2013)

# Fliessgewässer: Was wurde beobachtet ?



Trend in Jahresabflussreihen (1951-2000. Fürst et al., 2008)

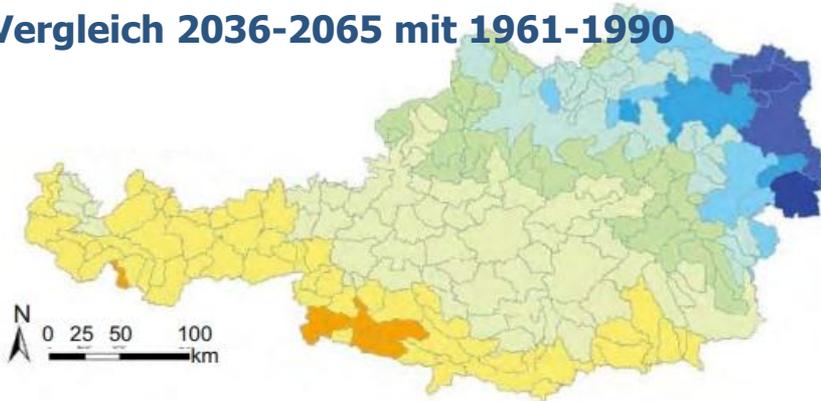
# Beobachtete Trends in Kärnten



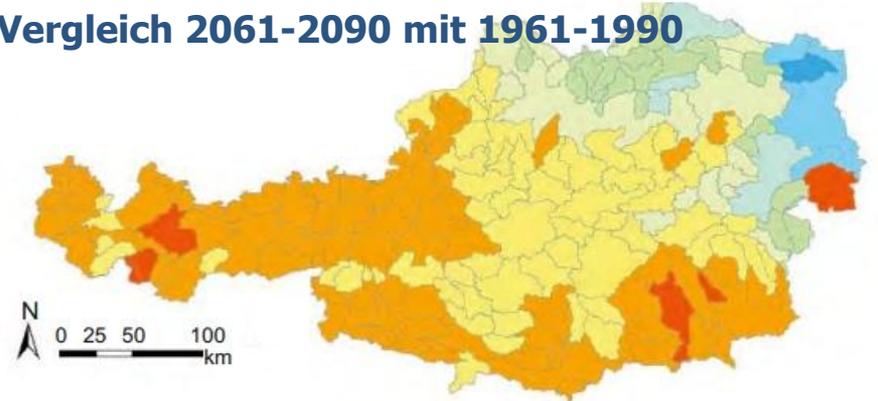
(Moser et al., 2003)

# Fliessgewässer: Was ist zu erwarten ?

Vergleich 2036-2065 mit 1961-1990



Vergleich 2061-2090 mit 1961-1990



**Abbildung 2.15** Prozentuelle Änderungen des mittleren Jahresabflusses (REMO-UBA, A1B Szenario). Links: Zeitraum 2036–2065 – Zeitraum 1961–1990; rechts: Zeitraum 2061–2090 – Zeitraum 1961–1990. Quelle: aus Nachtnebel et al. (2010a)

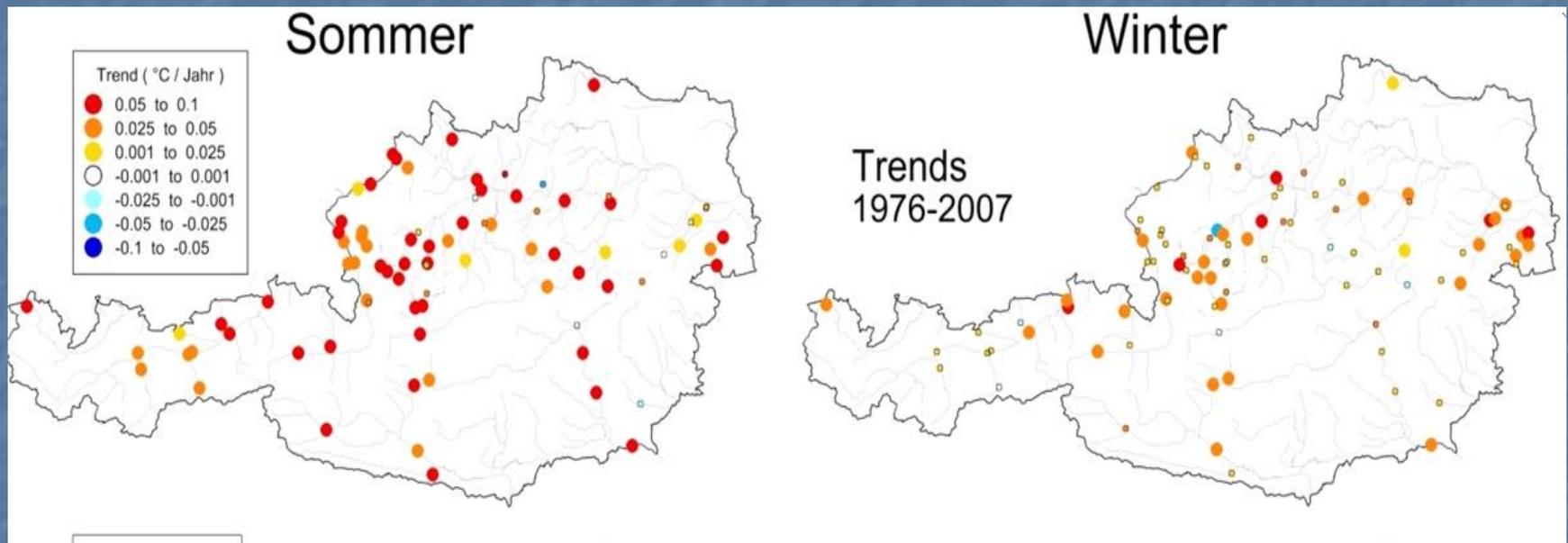
# Hochwässer und Niederwässer

- Aussagen sehr unsicher.
- In den letzten 30 Jahren haben in etwa 20 % der Einzugsgebiete in Österreich die Hochwässer zugenommen, besonders in kleinen Gebieten nördlich des Alpenhauptkammes (Blöschl et al., 2013).
- Keine Aussage für die Zukunft möglich
- Winterniederwässer werden im Alpenraum höhere Abflüsse aufweisen
- In Flachlandgebieten und im Süd-Osten ist eine Verschärfung der Niederwassersituation zu erwarten

# Trends bei Hochwässern

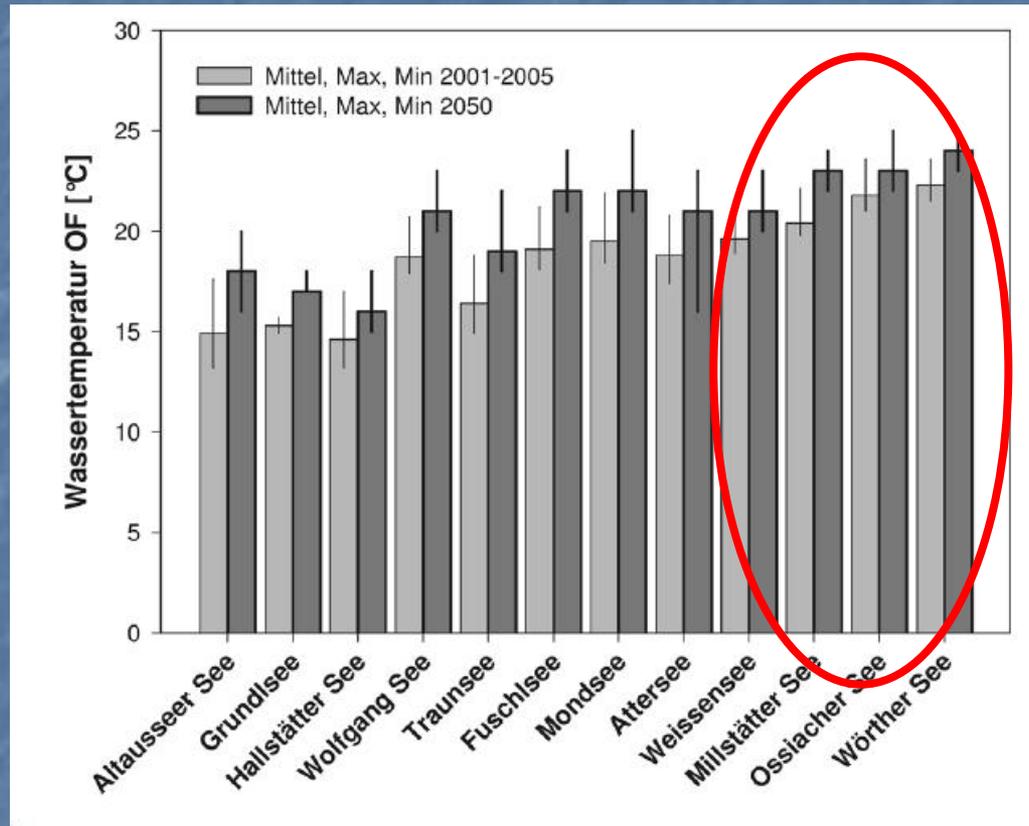
- Für Zentraleuropa konnten Mudelsee et al. (2003) keinen langfristig ansteigenden Trend für Hochwasserereignisse feststellen.
- Österreich (APCC, 2014): Im Hinblick auf eine Zunahme von Hochwässern keine klaren Aussagen möglich sind.
- Im Drau, Mur und Raabgebiet dominieren eher die fallenden Trends (Blöschl et al., 2011).
- Zukünftig könnten im Norden Österreichs (Mühl- und Waldviertel) verstärkt Winterhochwässer auftreten (APCC, 2014).

# Limnologie: Was wurde beobachtet ?



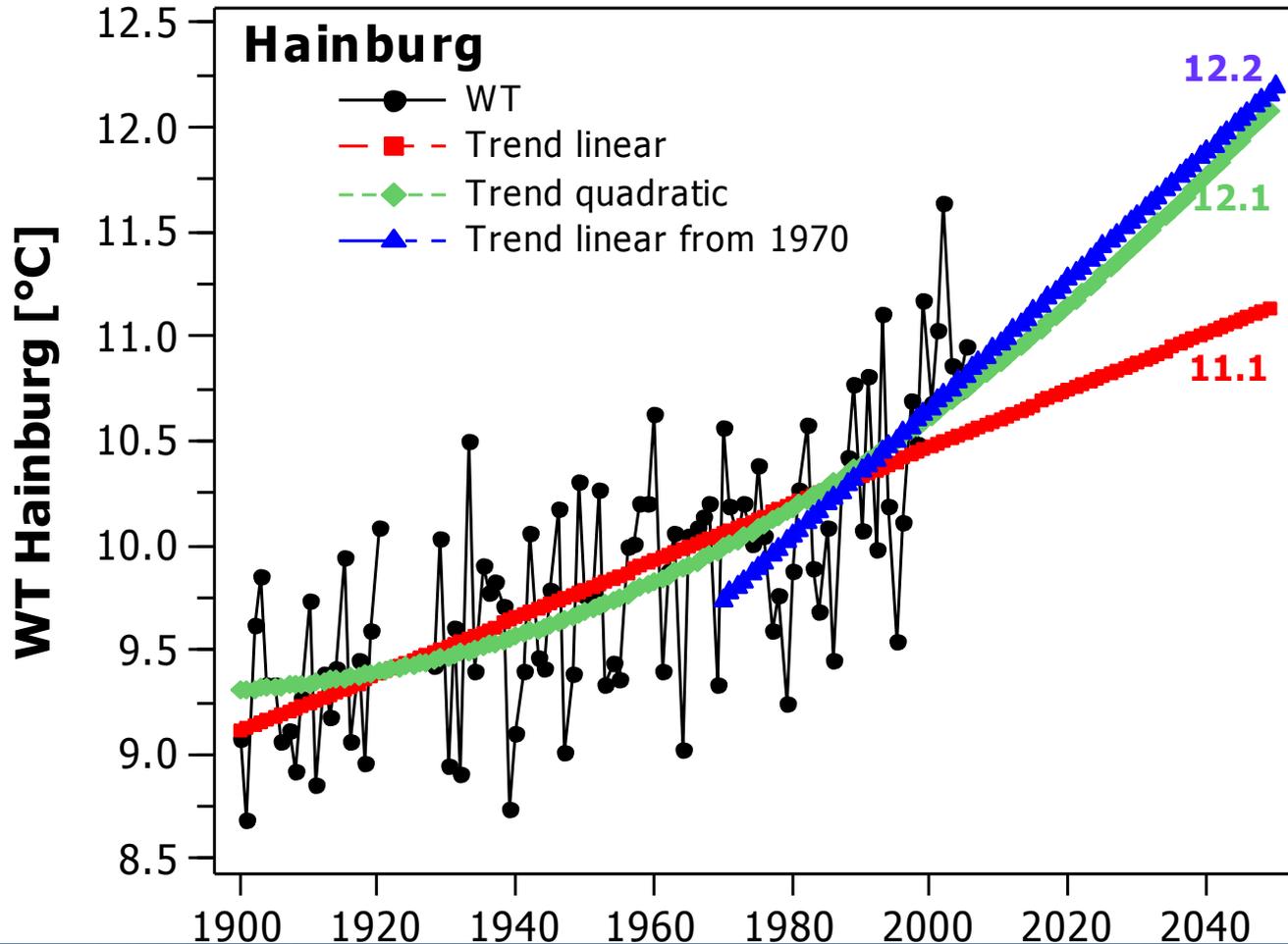
Trends der mittleren Gewässertemperaturen (J, J, A und D, J, F) für die Periode 1976 bis 2007. (Blöschl et al., 2011 b)

# Temperaturänderung der Seen



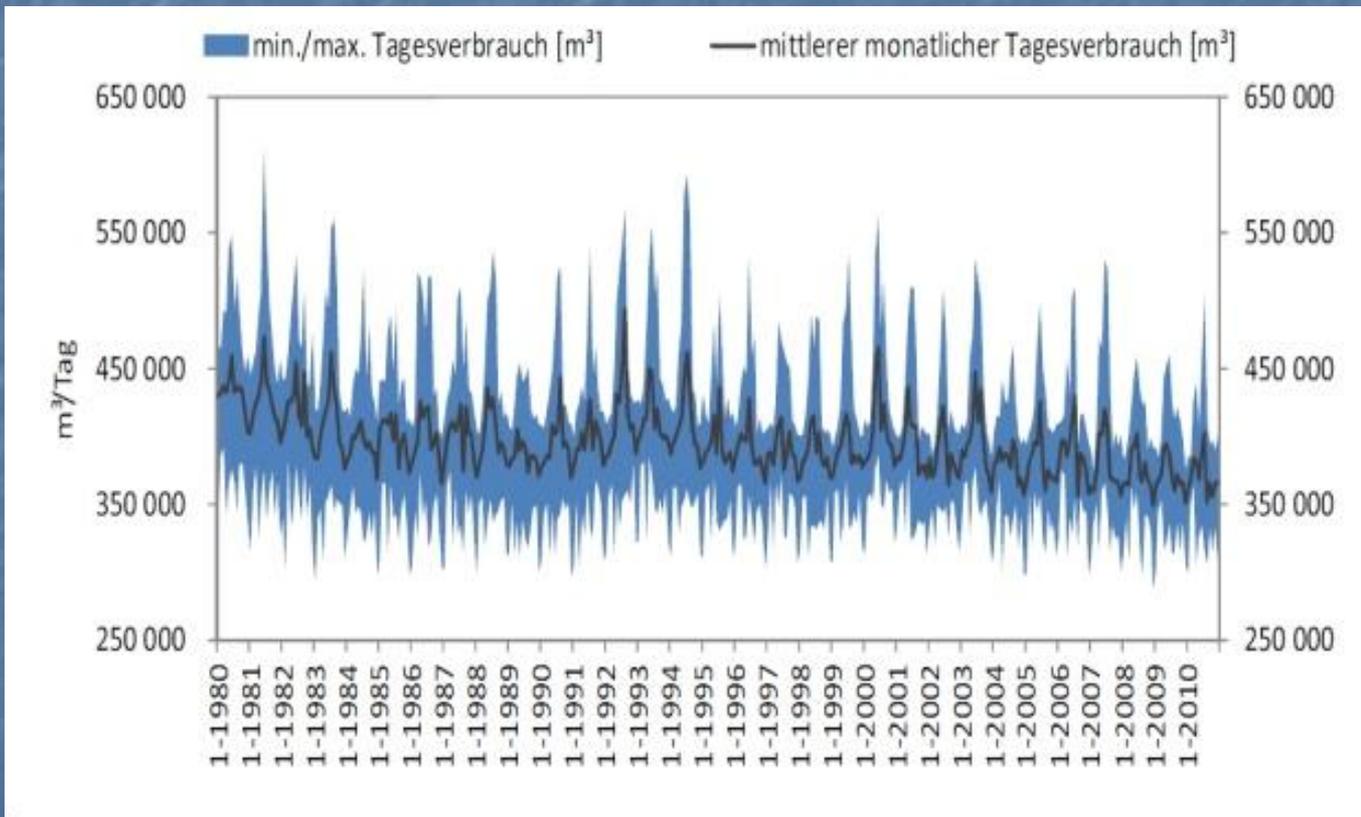
Erwartete Veränderungen der Seentemperaturen in Österreich (J,J,A,S)  
(Dokulil, 2009)

# Limnologie: Was ist zu erwarten ?



(Dokulil, unpubl.)

# Wasserversorgung: Was wurde beobachtet ?

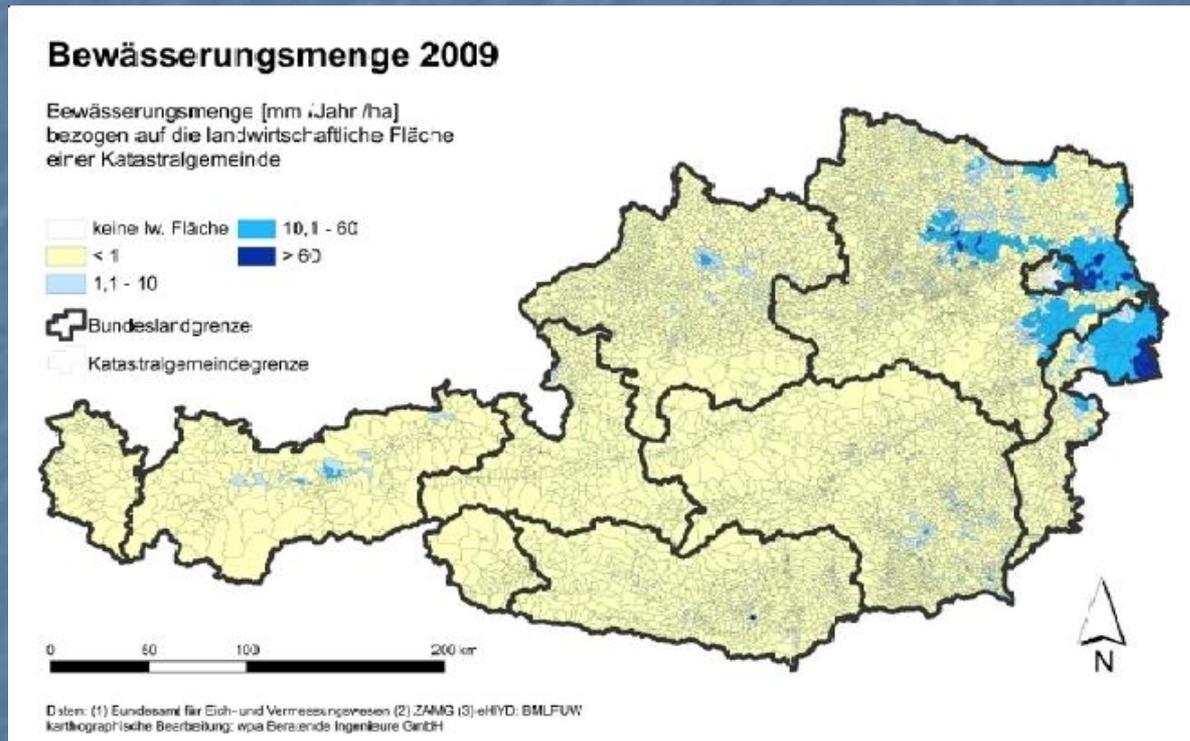


Zeitreihe des Wasserverbrauches, MA 31.

# Wasserversorgung: Was ist zu erwarten ?

- In oberflächennahen Grundwasserkörpern ist mit einer Temperaturerhöhung von 0,5 °C bis maximal 1 °C zu rechnen, Schöner et al. (2011)
- Qualitätsveränderungen sind in einigen Gebieten zu erwarten.
- Die GW-Neubildungsrate wird in einigen Regionen abnehmen (Süden, Südosten)

# Bewässerung: Was wurde beobachtet ?

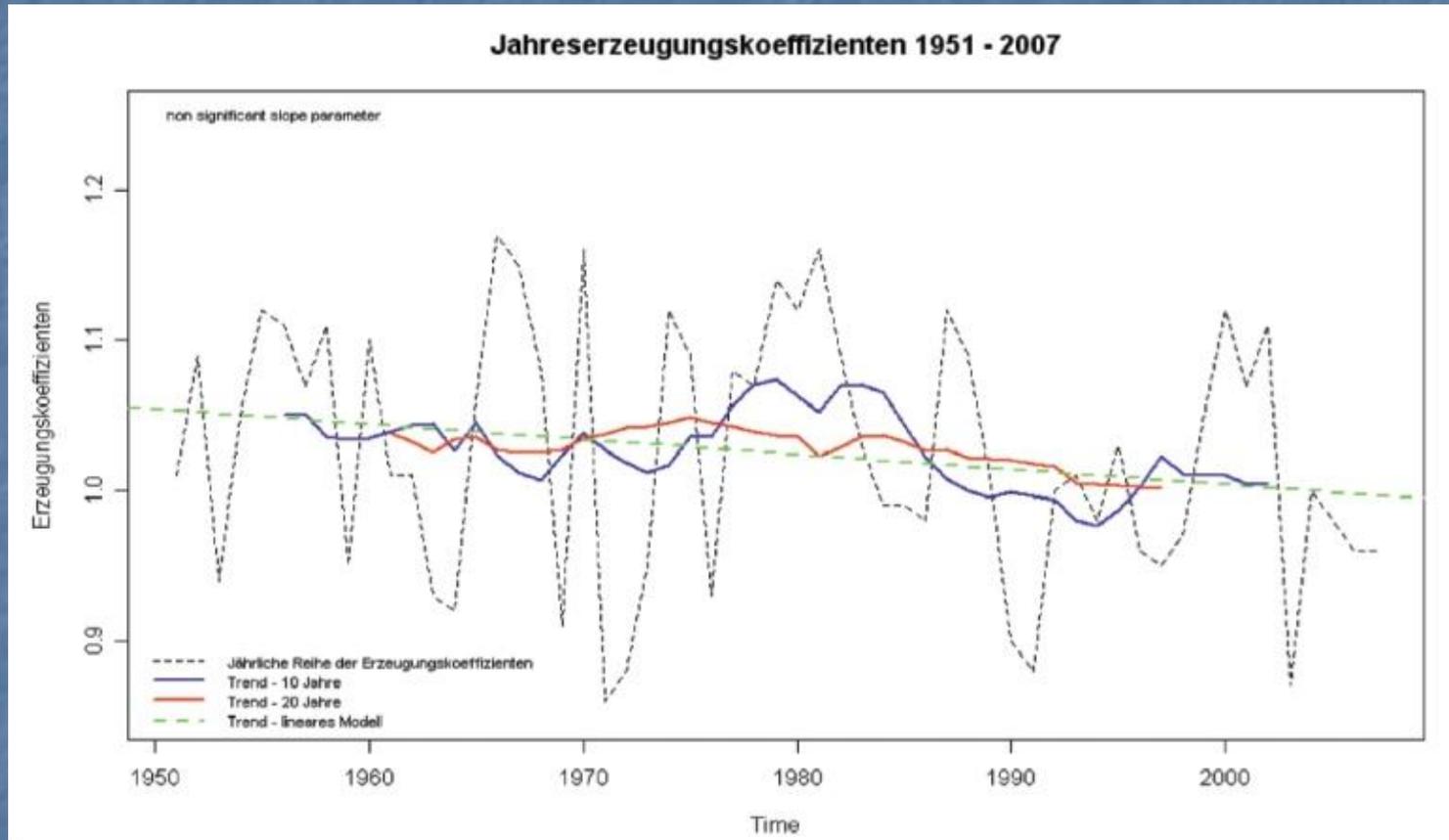


Bewässerungsmenge 2009 im mm/Jahr/ha bezogen auf die landwirtschaftliche Fläche (WPA Beratende Ingenieure, 2011)

# Bewässerung: Was ist zu erwarten ?

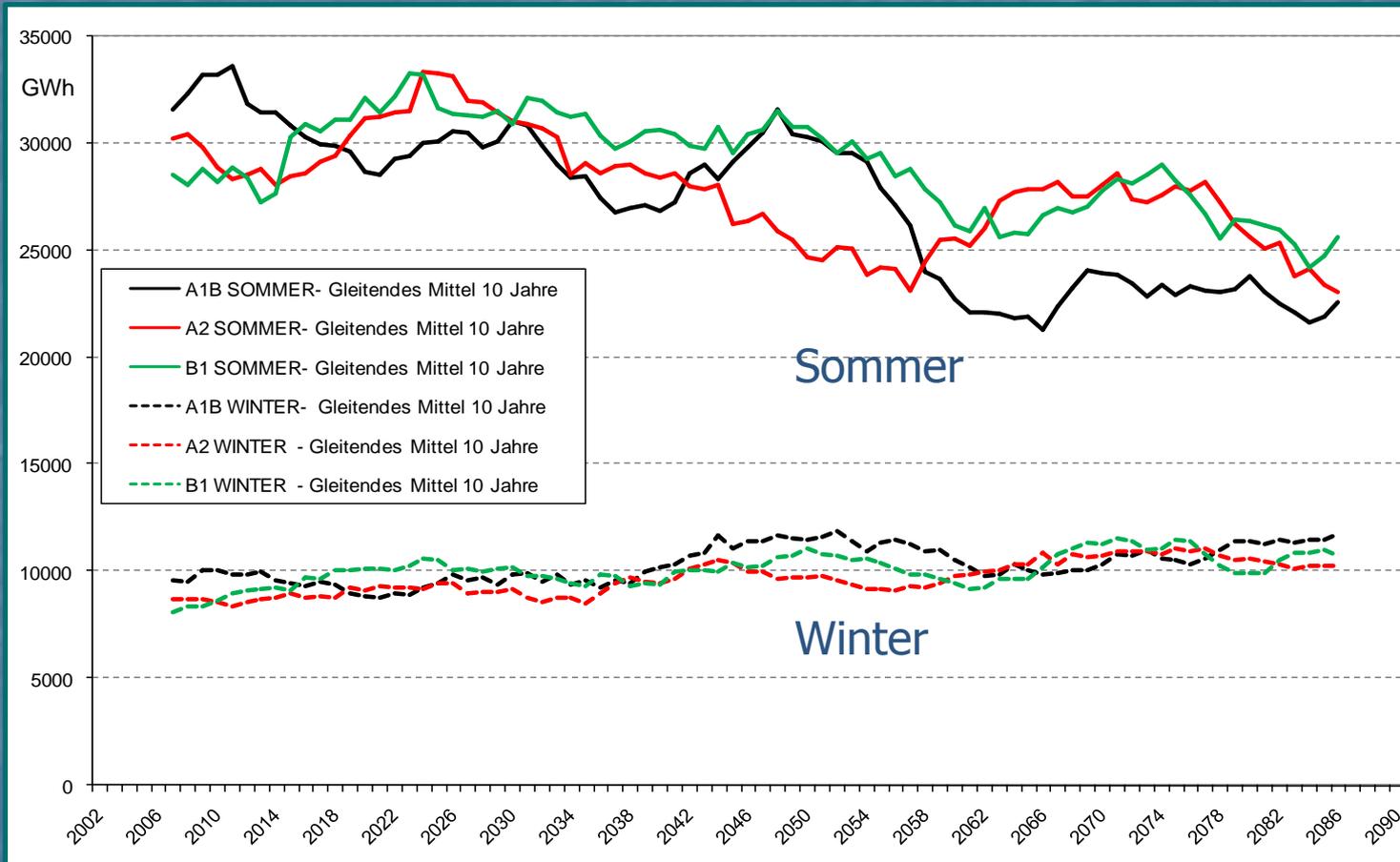
- Landwirtschaftlicher Bewässerungsbedarf liegt bei etwa 2 mm/Jahr und hat daher nur untergeordnete Bedeutung.
- Bewässerungsmengen werden überwiegend durch Entnahmen aus regionalen Grundwassersystemen abgedeckt
- Auswirkungen auf die regionale Wasserbilanz kann bedeutend sein.

# Wasserkraft: Was beobachtet wurde ?



Jahreserzeugungskoeffizienten der Wasserkraft in Österreich für den Zeitraum 1950-2007. Pirker, 2007

# Wasserkraft: Was ist zu erwarten ?



Mittel der hydroelektrischen Energieerzeugung für Österreich im Zeitraum 2002-2090.

(Stanzel und Nachtnebel, 2010b)

# Wasserkraft: Was ist zu erwarten ?

- Unsichere Ergebnisse: von +/-5% bis 2021-2050 (ZAMG-TU Wien; 2013) bis Abnahme von 6 % bis 15 % bis 2025 und 2075 (ÖWAV, 2008)
- Im Winter jedenfalls eine Zunahme der Erzeugung

# Zusammenfassung

- Bis Mitte des 21. Jahrhunderts geringe quantitative Veränderungen im Wasserhaushalt
  - Langfristige Tendenz für Abflussreduktion im Süden
  - Tendenzielle Abnahme der Wasserkrafterzeugung
  - Wenig Aussagen dzt. zu Änderungen von Hochwässern
  - Gewässer werden wärmer
- 
- Bedeutung der direkten Eingriffe in den Wasserhaushalt sollte den Klimaeffekten gegenüber gestellt werden

Danke für die Aufmerksamkeit