

## Forschungen zum Klimawandel –

Beispiele aus dem Institut für Geographie der Universität Augsburg

VON PROF. DR. JUCUNDUS JACOBET

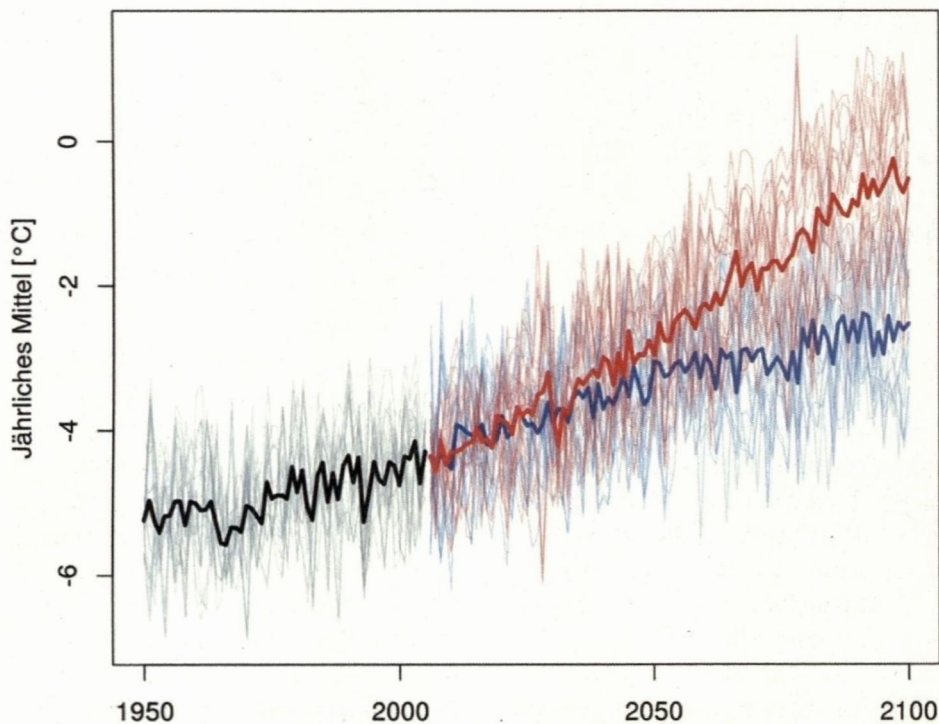


Abb. 1: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur an der Station Zugspitze, abgeleitet aus großskaligen Prädiktoren mittels künstlicher neuronaler Netze (Kaspar et al. 2017). Die dicken Linien entsprechen dem Ensemble-Mittel aus 105 verschiedenen Einzelmodellen. Die zukünftige Entwicklung wird für zwei unterschiedliche Szenarien des menschlich verursachten zusätzlichen Strahlungsantriebs (bedingt durch die Freisetzung klimawirksamer Spurengase) gezeigt: ein mittleres (blau) und ein starkes Szenario (rot) mit 4,5 bzw. 8,5 W/m<sup>2</sup> zusätzlichem Strahlungsantrieb bis Ende des 21. Jahrhunderts.

Klimawandel und Klimaschutz – Motto der aktuellen DAV-Wanderausstellung – sind schon seit geraumer Zeit beherrschende Themen in der Umweltdiskussion. Gebirgsregionen wie der Alpenraum sind vom Klimawandel in besonderer Weise betroffen, wie rund doppelt so hohe Erwärmungsraten als im globalen Durchschnitt seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts eindrucksvoll belegen.

Auch die Geographie an der Universität Augsburg befasst sich an mehreren Lehrstühlen schon lange mit verschiedenartigen Fragen des Klimawandels. Im Folgenden wird auf Arbeiten zum Klimawandel am Lehrstuhl für Physische Geographie und Quantitative Methoden eingegangen, an dem dieses Thema sowohl in grundsätzlicher Art (z.B. Jacobeit 2007) als auch in regiona-

ler Perspektive behandelt wird (z.B. Beck et al. 2015). Speziell den Alpenraum berührend sollen zwei Forschungsprojekte angesprochen werden, die sich in jüngerer Zeit mit Aspekten der mutmaßlichen künftigen Klimaentwicklung beschäftigt haben.

Ein erstes Projekt – Teil des vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz geförderten Verbundvorhabens „Virtuelles Alpenobservatorium“ – konzentriert sich auf die Abschätzung von Temperatur- und Niederschlagsänderungen speziell an den besonders klimasensitiven Hochgebirgssta-

tionen der Zugspitze und des Hohen Sonnblicks in Österreich (Kaspar et al. 2015). Wie Abb. 1 zeigt – statistisch modelliert mithilfe künstlicher neuronaler Netze auf der Basis zweier geläufiger Zukunftsszenarien (moderater sowie starker Anstieg des menschlich verursachten zusätzlichen Strahlungsantriebs bis Ende des 21. Jahrhunderts) – wer-

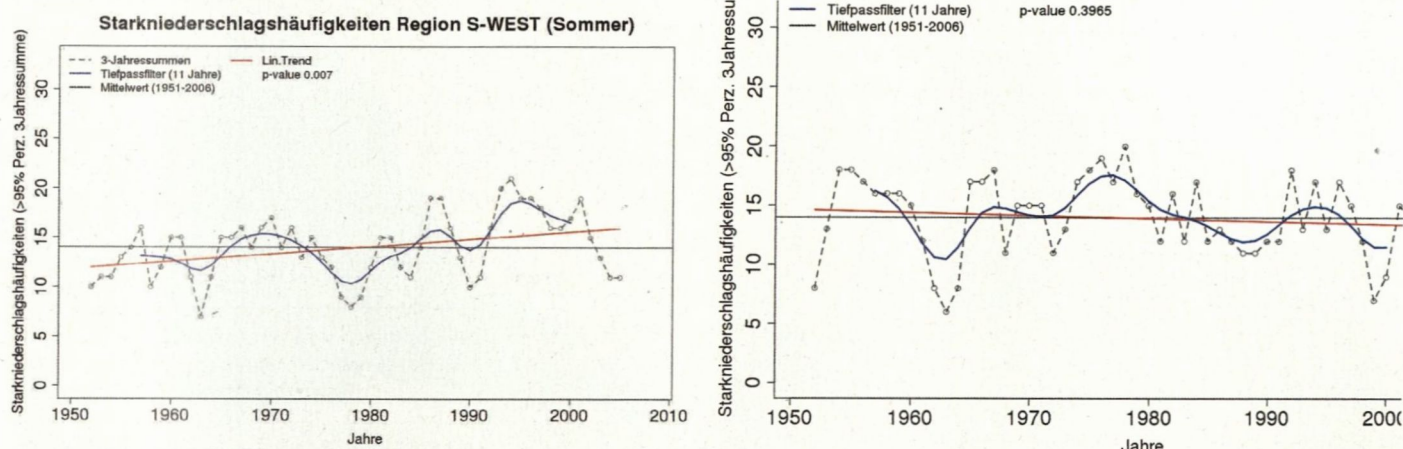


Abb. 2: Häufigkeit von sommerlichen Starkniederschlägen (> 95 % Perzentil) 1951–2006 in zwei Regionen mit Alpenanteil (Südwest, Nord-Stau). Geglättete (tiefpassgefilterte) Kurve in blau, linearer Trend in rot (nach Hofstätter et al. 2015).

den die Jahresmitteltemperaturen an der Zugspitze um mehrere Grad Celsius zunehmen, besonders im starken Szenario, bei dem der Anstieg bis zum Jahr 2100 schon nahe an die Nullgrad-Grenze heranreichen dürfte (Kaspar et al. 2017).

Ein weiteres Forschungsprojekt – gemeinsam durchgeführt mit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, gefördert durch das österreichische Lebensministerium sowie das Bayerische Landesamt für Umwelt und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (s. Hofstätter et al. 2015) – hat sich mit großflächigen Starkniederschlägen im südlichen Mitteleuropa beschäftigt. Einige der untersuchten Regionen schließen Teile des Alpenraums ein: etwa die Regionen „Südwest“ und „Nord-Stau“, für die in Abb. 2 die zeitliche Häufigkeitsentwicklung der großflächigen sommerlichen Starkniederschläge im Zeitraum 1951 bis 2006 gezeigt wird.

Man erkennt erhebliche dekadische Schwankungen, die allerdings nur teilweise von einem signifikanten Anstiegstrend überlagert sind: in Abb. 2 zu sehen für die Region Südwest, nicht aber für die Region Nord-Stau. Nicht erfasst sind dabei allerdings kleinräumige konvektive Starkniederschlagsereignisse, wie sie durch einzelne Gewitterzellen

ausgelöst werden können. Großflächige Starkniederschläge werden dagegen durch spezielle Großwetterlagen verursacht, von denen Abb. 3 ein markantes Beispiel zeigt: ein sogenanntes Cut-off low (abgeschnürtes Tiefdruckgebiet), das aufgrund seiner Position v.a. entlang des Alpennordrands zu extremen Gebietsniederschlägen führt.

Im Kontext des fortschreitenden Klimawandels ist es äußerst wichtig, Informa-

tionen über die mutmaßliche künftige Entwicklung gerade von Extremereignissen zu erhalten. Abb. 4 zeigt als Beispiel, wie sich die Starkniederschlagshäufigkeit in den zwei genannten Regionen bis Mitte bzw. Ende des 21. Jahrhunderts verändern könnte, jeweils in Abhängigkeit von den bereits oben (Abb. 1) erwähnten Zukunftsszenarien sowie auf der Basis statistischer Regressionsmodelle (vgl. Jacobeit et al. 2017).

### Literatur:

Beck, C., A. Philipp & J. Jacobeit (2015): Interannual drought index variations in Central Europe related to the large-scale atmospheric circulation – application and evaluation of statistical downscaling approaches based on circulation type classifications. *Theoretical and Applied Climatology* 121, 713–732.

Hofstätter M., J. Jacobeit, M. Homann, A. Lexer, B. Chimani, A. Philipp, C. Beck & M. Ganekind (2015): WETRAX – WEather Patterns, Cyclone TRACKs and related precipitation EXTremes – Großflächige Starkniederschläge im Klimawandel in Mitteleuropa. *Geographica Augustana*, Manuskripte Band 19, 239 S.

Jacobeit, J. (2007): Zusammenhänge und Wechselwirkungen im Klimasystem. – In: Endlicher, W. & F.-W. Gerstengarbe (Hrsg.): *Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke*, 1–16.

Jacobeit, J., M. Homann, A. Philipp & C. Beck (2017): Atmospheric circulation types and extreme areal precipitation in southern central Europe. *Advances in Science and Research* 14, 71–75.

Kaspar, S., A. Philipp & J. Jacobeit (2015): Entwicklung Statistischer Klimamodelle für die Messstation Zugspitze. – In: *Klimareport Bayern 2015*, 26–27.

Kaspar, S., A. Philipp & J. Jacobeit (2017): Statistisches Downscaling meteorologischer Variablen mit hydrologischer Relevanz an der Station Zugspitze und der Station Hoher Sonnblick. *Umweltforschungsstation Schneesfernerhaus, Wissenschaftliche Resultate 2015/2016* (im Druck).

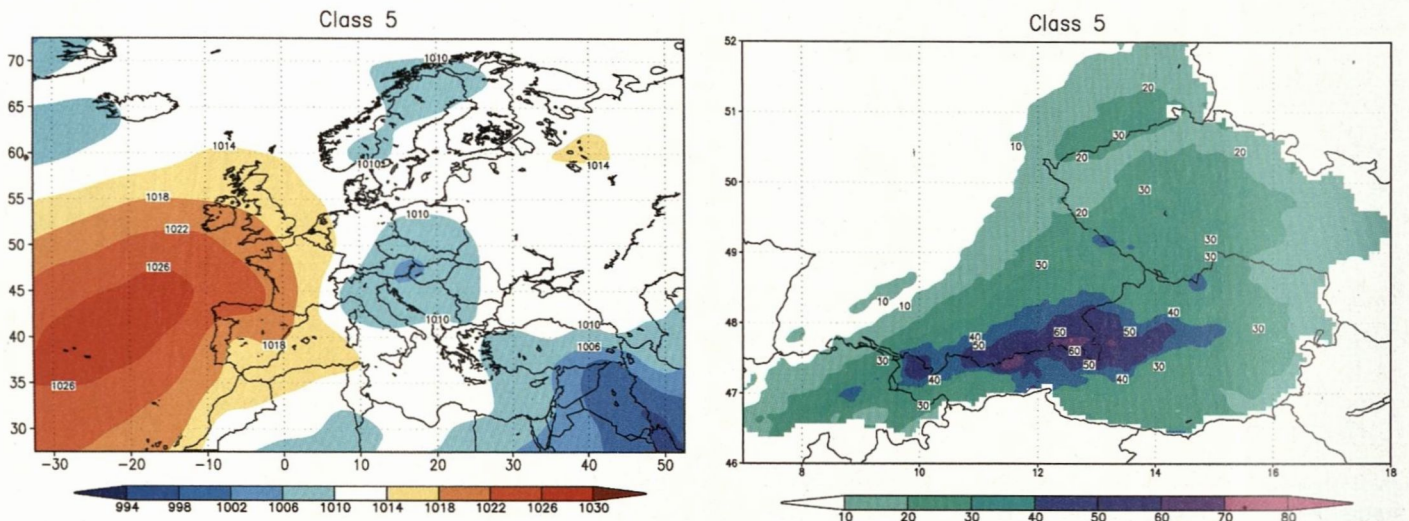


Abb. 3: Abgeschnürtes Tiefdruckgebiet (Cut-off low) im Bodenluftdruckfeld (linke Seite, Angaben in hPa) als Beispiel für eine starkniederschlagsrelevante Großwetterlage, die im Sommer entlang des Alpennordrands zu extremen Niederschlägen führt (rechte Seite, Angaben in mm Niederschlag pro Tag). Beide Karten geben die mittleren Verhältnisse dieser Großwetterlage wieder (aus Jacobeit et al. 2017).

Man erkennt zum einen, dass signifikante Änderungen meist erst beim starken Szenario auftreten, zum anderen die auffällige Gegenläufigkeit beim Vergleich der beiden Zukunftszeiträume: Werden für 2021 bis 2050 Häufigkeitszunahmen der regionalen Starkniederschläge bis zu 10 % projiziert, ergeben sich für 2071 bis 2100 Häufigkeitsabnahmen teils noch größeren Ausmaßes.

Der Grund für diese Gegenläufigkeit kann darin gesehen werden, dass zunächst der starkniederschlagsfördernde Effekt erhöhten Wasserdampfgehalts der Luft als Folge steigender Temperaturen dominiert; bei weiter fortschreitendem Klimawandel bringt im Sommer die mutmaßliche Verstärkung des mediterranen Hochdruckregimes aber eine Reduzierung starknieder-

schlagsrelevanter Wetterlagen mit sich. Damit einhergehend können sich jedoch andere Negativfolgen einstellen wie etwa eine Zunahme sommerlicher Trockenperioden.

Bei allen Modellierungen und insbesondere bei Zukunftsprojektionen müssen zwar vielfältige Unsicherheiten in Rechnung gestellt werden. Dennoch geben die Abschätzungen wertvolle Hinweise auf prinzipielle Entwicklungsrichtungen und etwaige Handlungsspielräume. So indiziert Abb. 4, dass Klimaschutzmaßnahmen, die zumindest zur Vermeidung des starken Szenarios führen und eher in eine verträglichere Weiterentwicklung münden, bei großflächigen Starkniederschlägen drastische Veränderungen aufzuhalten vermögen.

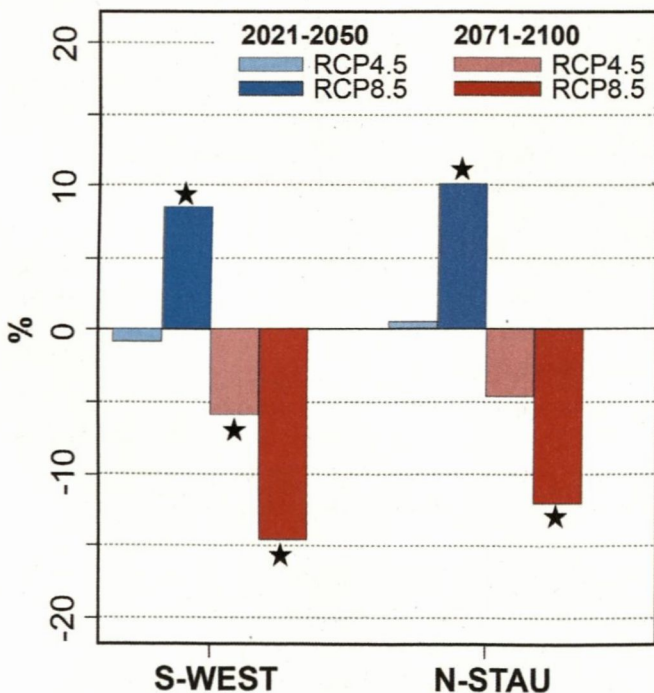


Abb. 4: Prozentuale Änderungen der sommerlichen Starkniederschlagshäufigkeit in den zwei Regionen aus Abb. 2 für die beiden Szenarien aus Abb. 1 (blasse Farben für das mittlere, kräftige Farben für das starke Klimawandel-Szenario) sowie für zwei Zukunftszeiträume (2021–2050 in blau, 2071–2100 in rot, jeweils im Vergleich zu 1971–2000). Signifikante Änderungen (95 % Niveau) sind durch einen schwarzen Stern gekennzeichnet (verändert nach Jacobeit et al. 2017).