

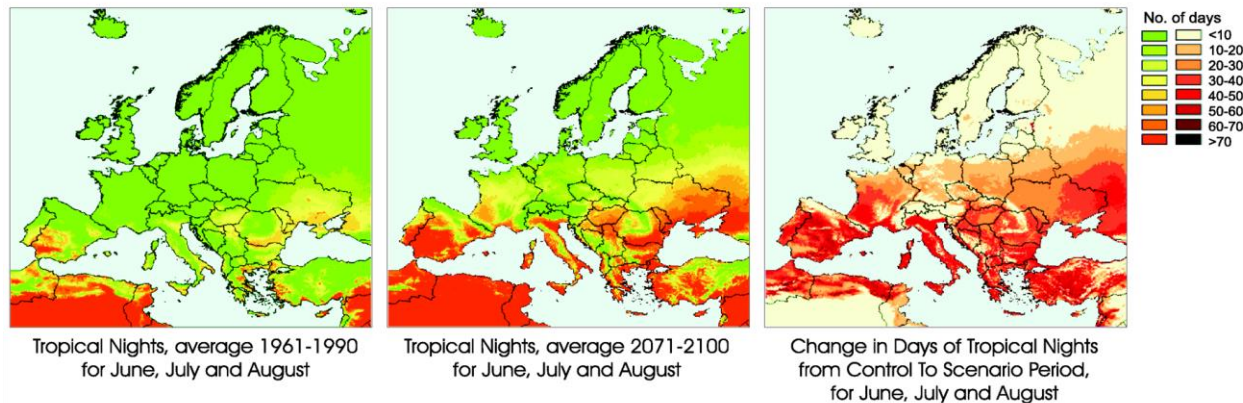


Meteorologische Extremereignisse

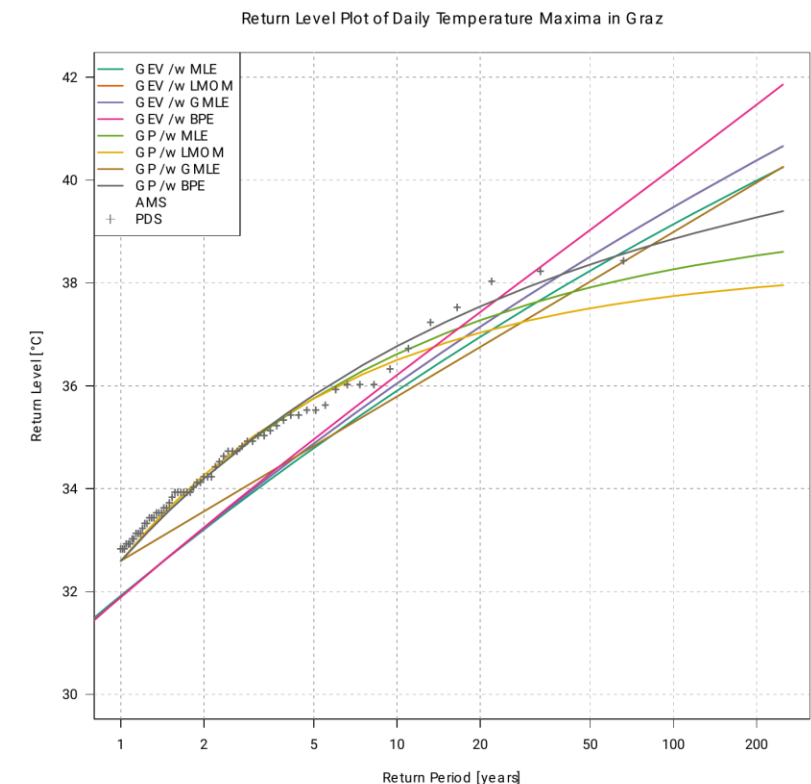
K. Andre, B. Chimani, F. Feser, A. Lexer, C. Matulla, K. Haslinger,
M. Hofstätter, H. Kaufmann, M. Kuhn, G. Pistotnik, M. Schlögl,
W. Schöner, H. Starke, J. Tordai, M. Winkler

Meteorologische Extremereignisse

- Statistisch: besonders hohe oder niedrige **Intensitäten** (return level)
- Impact: **extreme Wirkung** auf Mensch / Natur (Gewitter, Sturmtief, Überflutung)



Dankers & Hiederer (2008). Bildquelle: EEA.



Schlögl & Laaha, 2017 ([doi:10.5194/nhess-17-515-2017](https://doi.org/10.5194/nhess-17-515-2017))

Meteorologische Extremereignisse

- **Extremtemperaturen und Trockenheit**

Schöner & Haslinger

- **Schneelast und Eislast**

Winkler, Kaufmann, Schöner & Kuhn

- **Starkniederschläge und Hagel**

Pistotnik, Hofstätter & Lexer

- **(Extratropische) Stürme**

Matulla, Feser, Tordai, Schlögl, Starke, Schöner, Chimani, Hofstätter & Andre

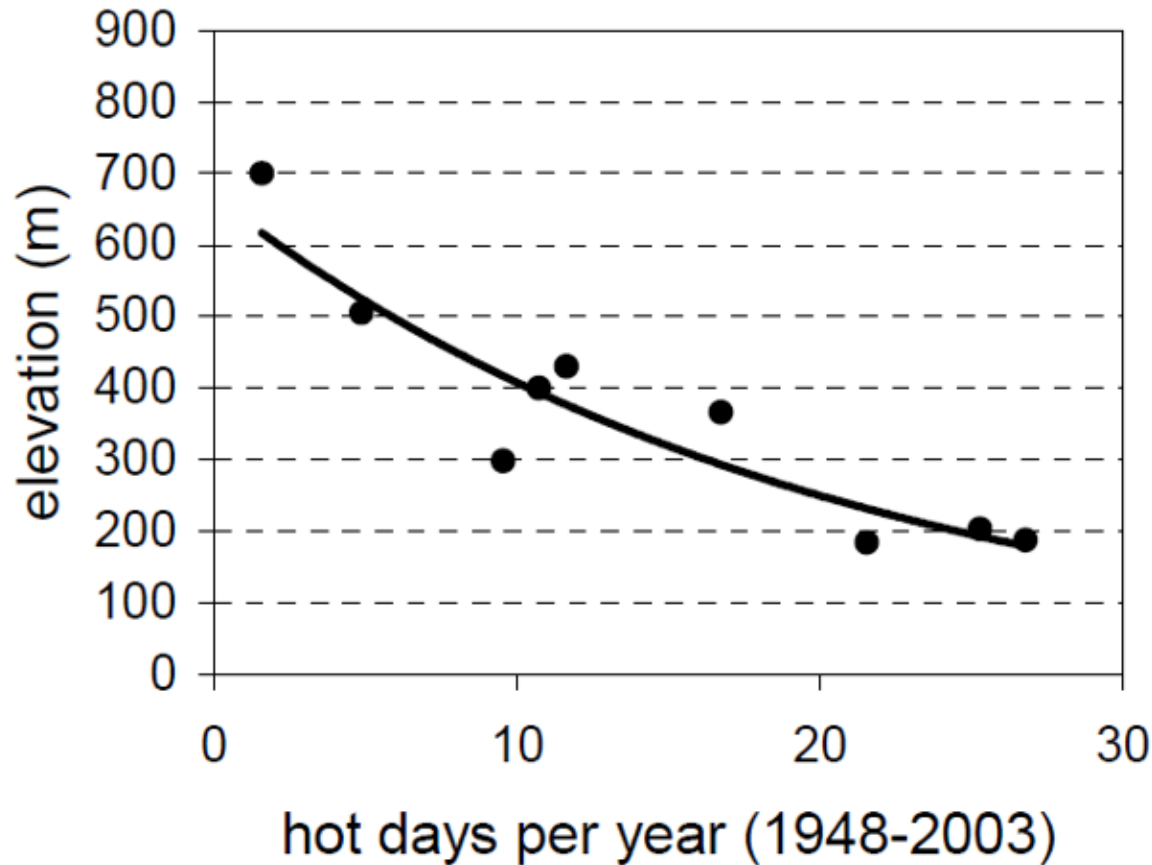
Extremtemperaturen und Trockenheit

Wolfgang Schöner & Klaus Haslinger

Zunahme der **Hitzetage*** in Österreich (links)

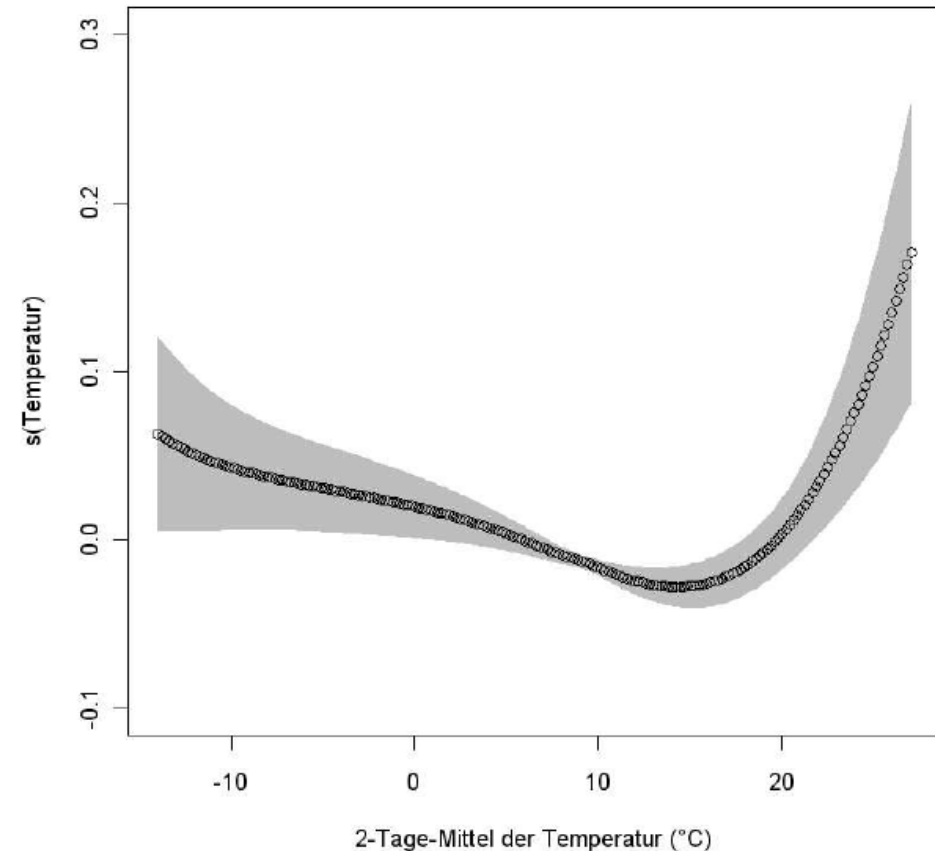
Zusammenhang Temperatur – Mortalität (rechts)

für den städtischen Bereich in Deutschland, Regressionspline mit 95% Konfidenzintervall



*Hitzetage nach Kysely

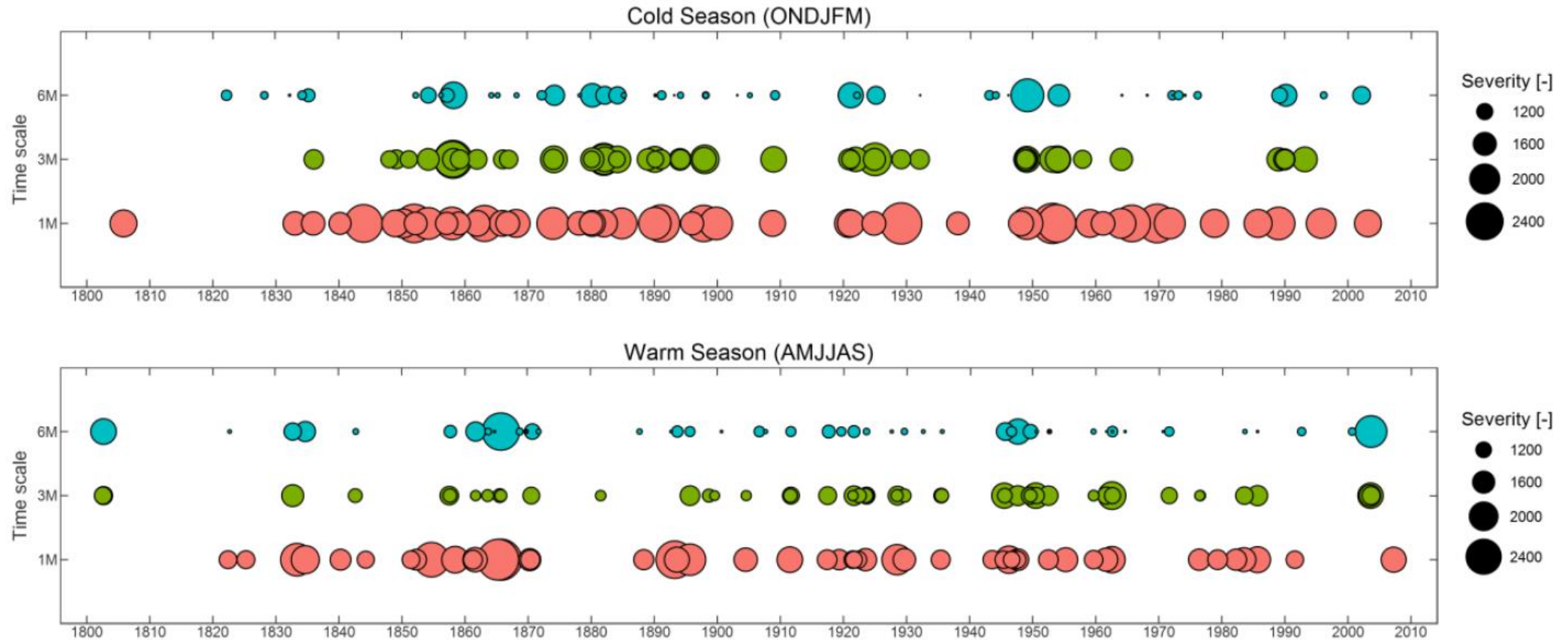
Auer et al., 2004 (<https://doi.org/10.1002/joc.1377>)



Schneider et al., 2009

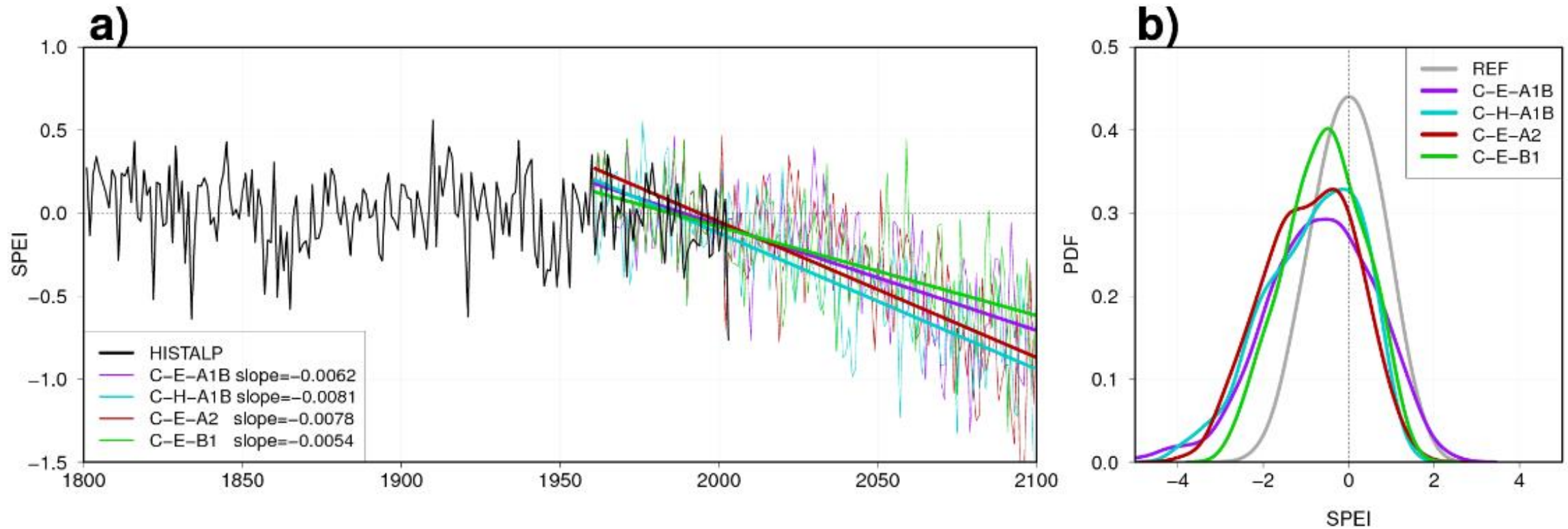
Trockenheit im Alpenraum

Ereignisse und deren Schwere (Größe der Kreise), sowie deren zeitliche Aggregation (y-Achse, 1 bis 6 Monate) Winter (oben) und Sommer (unten)



Zeitreihe und Häufigkeitsverteilung des SPEI im Alpenraum

Vergangenheit: HISTALP – Zukunft: reclip:century

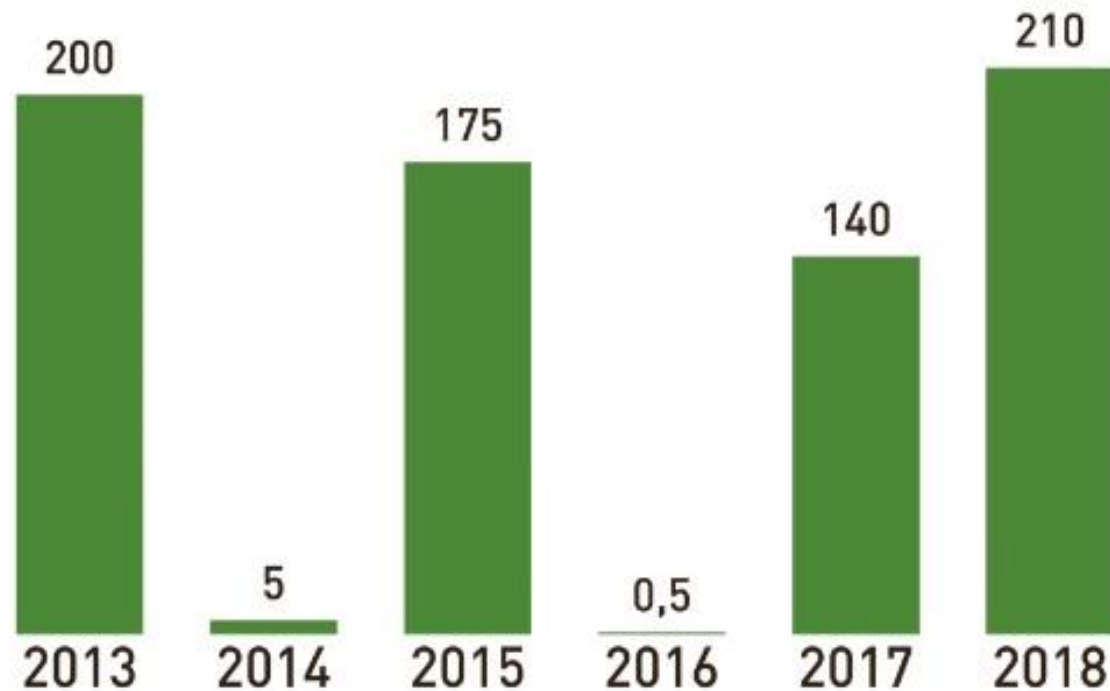


Dürreschäden in Österreich

(in Mio EUR) 2013-2018 (Österr. Hagelversicherung)

2018: Rekordschäden durch Hitze und Dürre

Dürreschäden in der Landwirtschaft in Mio. Euro 2013-2018

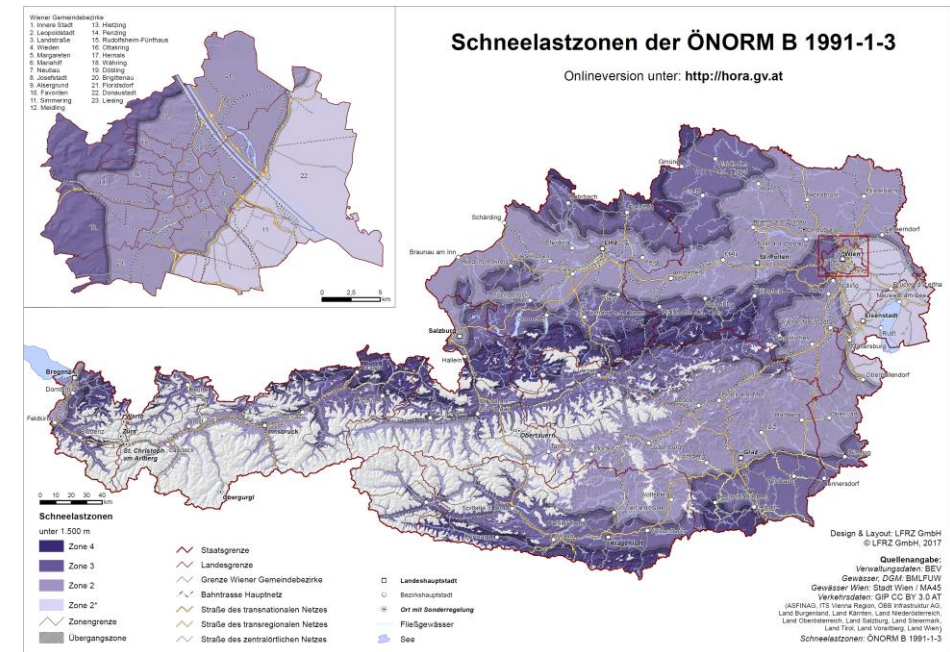


Schneelast und Eislast

Michael Winkler, Hildegard Kaufmann, Wolfgang Schöner & Michael Kuhn

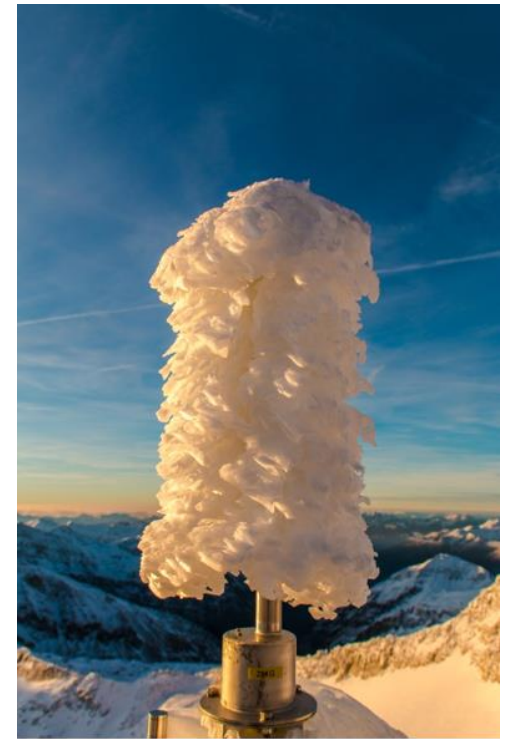
Schneelast

- Schneelastnorm basiert auf **Zonenkarte** und Berechnungsvorschrift
- Im internationalen Vergleich ist sie hochwertig, dennoch ist **derzeit ein Update in Ausarbeitung**.
- **Schneelast unter wärmerem Klima:**
 - Prognosen schwierig. Kaum Studien vorhanden.
 - Grundsätzlich keine Abnahme der Ereignisse zu erwarten!
 - Wechselspiel vieler kleinräumiger Faktoren.



Eislast

- **mehrere Vereisungsformen**
Raureif, Klareis, Raueis, Nassschnee
- Umgang mit Eislast ist Gegenstand einer **ganzen Reihe von Normen.**
- Es gibt wenige Studien und keine Langzeitstudien. Extremereignisse daher schwer definierbar.
- **Eislast unter wärmerem Klima:**
 - Prognosen schwierig. Grundsätzlich aber auch hier keine Abnahme der Ereignisse zu erwarten!



Starkniederschläge und Hagel

Georg Pistotnik, Michael Hofstätter & Annemarie Lexer

Definitionen

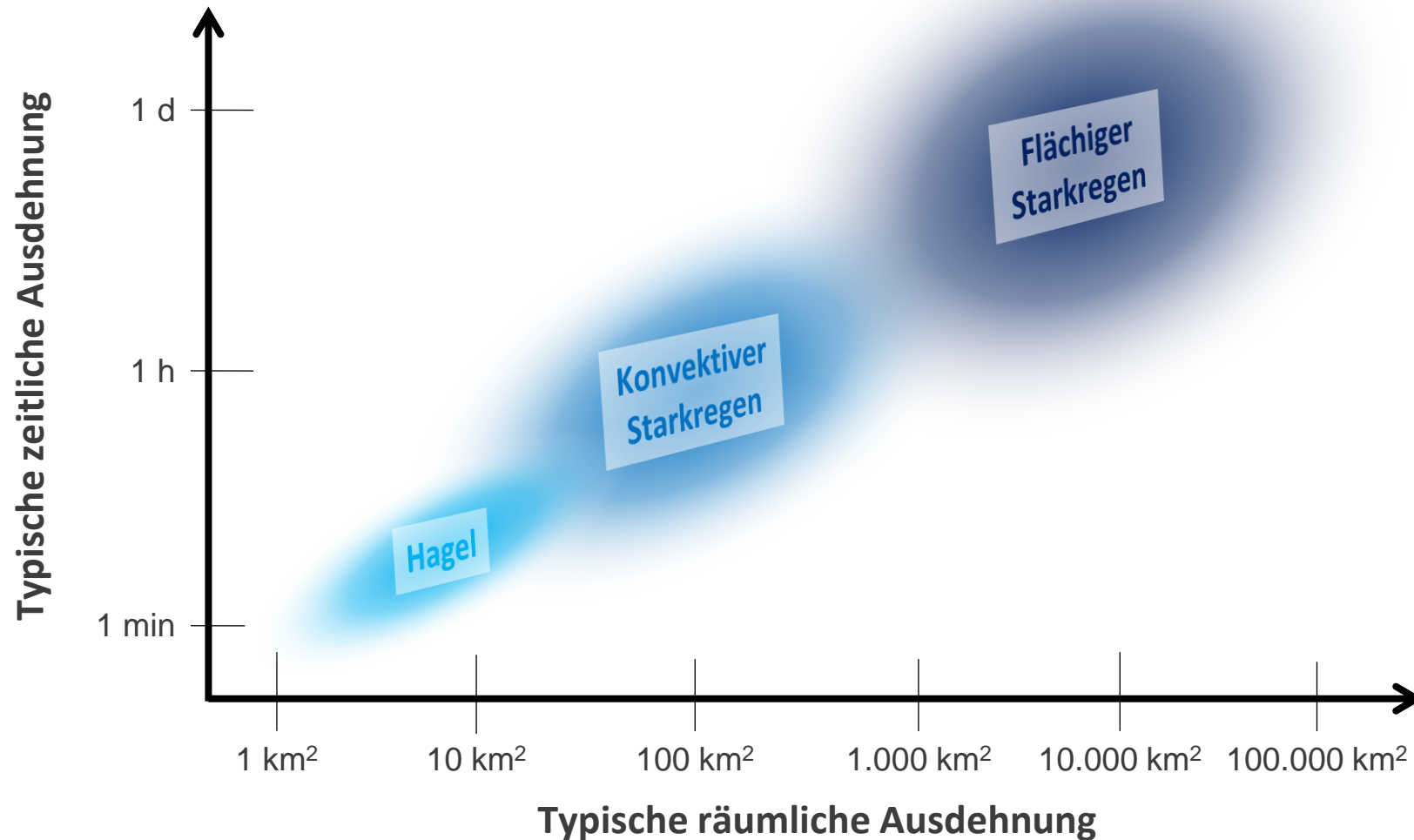
Starkregen (mehrere Möglichkeiten):

1. Niederschlagsmengen über fixen **Schwellwerten** je Zeitdauer („peak over threshold“)
2. Extremwerte von statistischen **Verteilungen** der Niederschlagsmengen (z.B. 95. oder 99. Perzentil)
3. Indirekt über aufgetretene Schäden / **Auswirkungen**

Hagel (eindeutig):

Niederschlag aus konvektiven Wolken in Form von Eiskörnern mit mindestens 5 mm Durchmesser

Starkregen und Hagel: räumliche und zeitliche Ausdehnung



Starkregen und Hagel: Eigenschaften

	Flächiger Starkregen¹⁾	Konvektiver Starkregen¹⁾ & Hagel²⁾
Luftschichtung:	stabil	instabil
Ursache der Hebung:	dynamisch (Tiefdruckgebiete, Staueffekte an Gebirgen)	thermisch (Auftrieb)
Charakter der Hebung:	schwach, großräumig, laminar	stark, kleinräumig, turbulent
Typische Niederschlagsraten:	1-10 mm/h	10-100 mm/h
Charakter des Niederschlages:	gleichmäßig	räumlich und zeitlich schwankend
Geeignetes Messverfahren:	Stationsmessungen in Intervallen von 6-24h	Fernerkundung (Radar) in Intervallen von 5-60 min

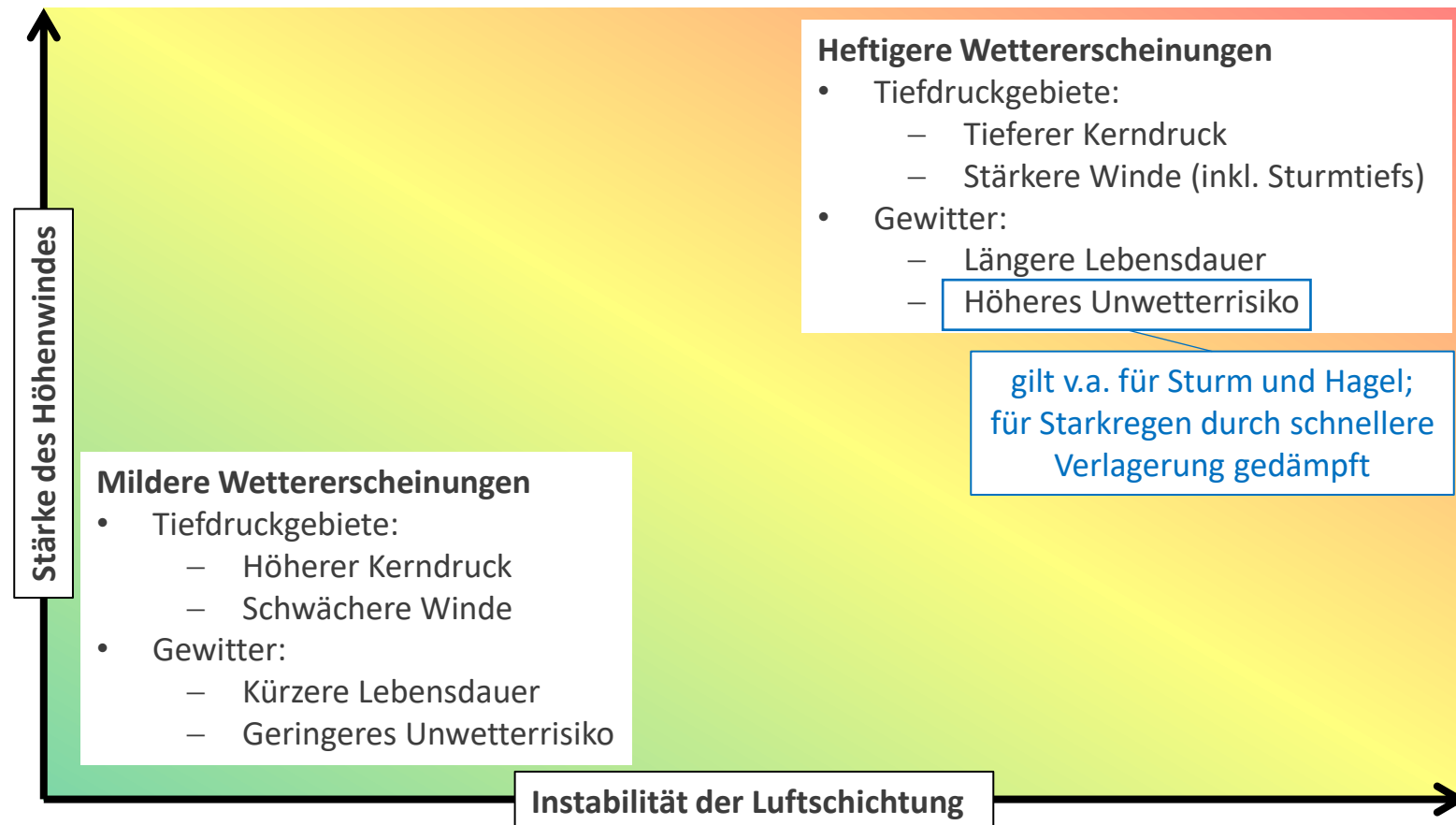
1) Die Unterscheidung ist unscharf, auch Mischformen kommen vor (flächiger Niederschlag mit eingebetteter Konvektion).

2) Hagel ist immer konvektiver Natur und stellt die extremste Ausprägung konvektiver Niederschläge dar.

Starkregen und Hagel: Bedingungen

Steuerungsmechanismen:

- Luftschichtung und Stärke des Höhenwindes bestimmen Unwetterpotenzial
- Wo und wann lösen Hebungsprozesse dieses Potenzial aus?



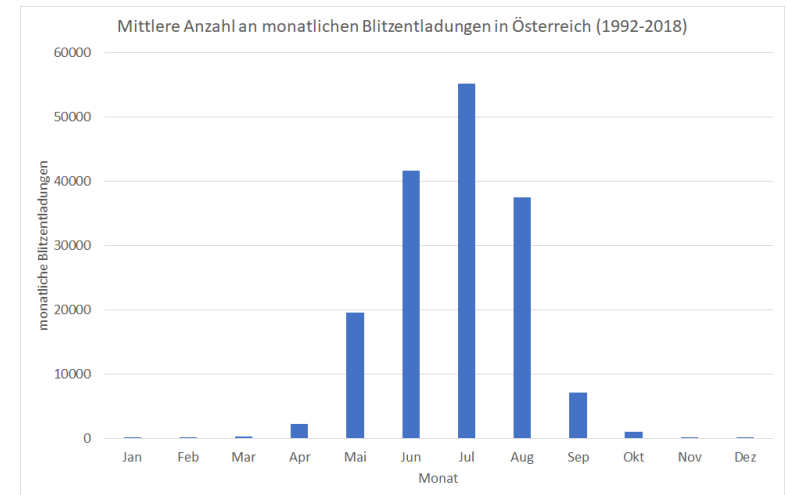
Starkregen und Hagel: Zeitliche und räumliche Verteilung

Zeitliche Verteilung:

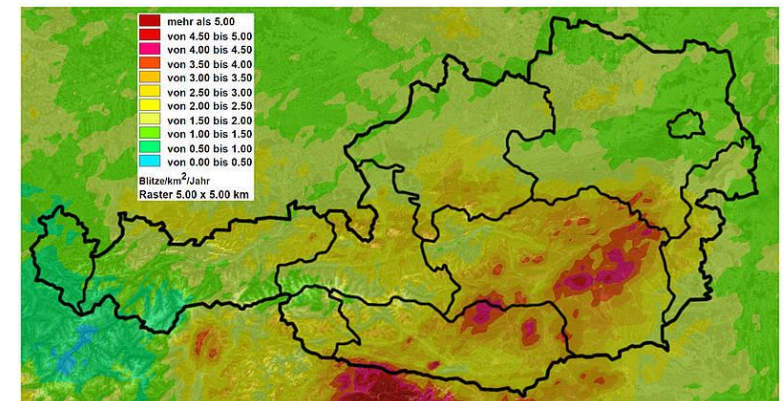
- Jahresgang mit **Sommermaximum** (schwach für flächige, stark für konvektive Niederschläge)
 - Instabilere Luftschichtung im Sommer überkompensiert stärkeren Höhenwind im Winter

Räumliche Verteilung:

- Maximum entlang von **Alpenrändern**
 - Flächige Niederschläge: Staueffekte
 - Konvektive Niederschläge: Beste Überlappung der „Zutaten“ für instabile Luftschichtung (starke Tageserwärmung im Gebirge, hohes Feuchte-Angebot im Flachland)



zeitliche und räumliche Verteilung von Blitzentladungen
als Proxy für konvektive Starkregen
(© ALDIS)



Starkregen und Hagel: Synthese

Klimawandel bedeutet (im Mittel):

- Instabilere Luftschichtung (wärmere, feuchtere Luft)
- Weniger Höhenwind (starke Erwärmung der Polargebiete, geringe der Tropen)
- Hebungsprozesse: Zugbahnen der Tiefdruckgebiete verschieben sich polwärts
- Abnahme saisonaler Niederschlagssumme und saisonaler Anzahl Niederschlagstage
- Zunahme extremer Niederschläge (.99 Perzentil) und mittlerer tägliche Niederschlagsrate

Erwartete Folgen:

- Risiko von Hagel nimmt wahrscheinlich zu
- Risiko von (flächigen wie konvektiven) Starkregen nimmt so gut wie sicher zu
- Gewittersaison verlängert sich, dafür im Hochsommer öfter Trockenperioden
- Höhere Niederschlagsintensitäten, geringere Niederschlagsdauer
- Mehr Regenwasser fließt oberflächlich ab, weniger wird im Boden gespeichert

Klimatrend wird durch Zyklen und starke jährliche Schwankungen überlagert

Stürme

Matulla, Feser, Tordai, Schlögl, Starke, Schöner, Chimani, Hofstätter & Andre

Terminologie: Sturm

Wind mit Windgeschwindigkeit > 75 km/h bzw. 9 Beaufort (WMO, 1970)

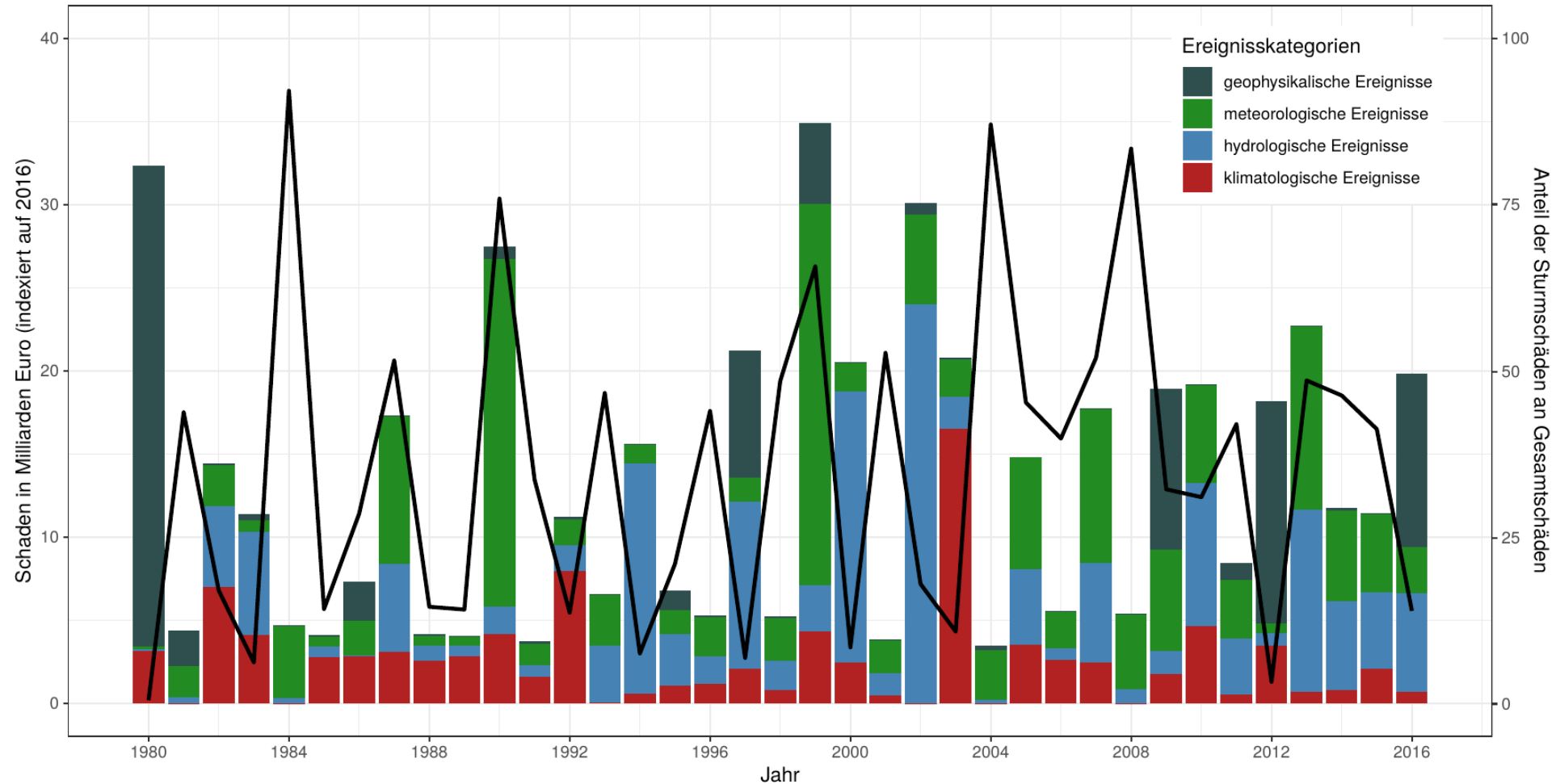
Sturmtypen:

- tropische Wirbelstürme:
 - Tiefdruckgebiete ohne Frontsysteme in den (Sub)Tropen
- außertropische Stürme:
 - Stürme in mittleren und hohen Breiten, z. B. Sturmtiefs
 - intensive Tiefdruckentwicklungen → großer horizontaler Druckgradienten
 - Ausdehnung: ~ 1.000 km
 - Lebensdauer: 3 bis 10 Tage
 - Windspitzen im Flachland > 100 km/h
- kleinräumige Stürme:
 - lokales Auftreten, z.B. Föhn

Sturm als Extremereignis

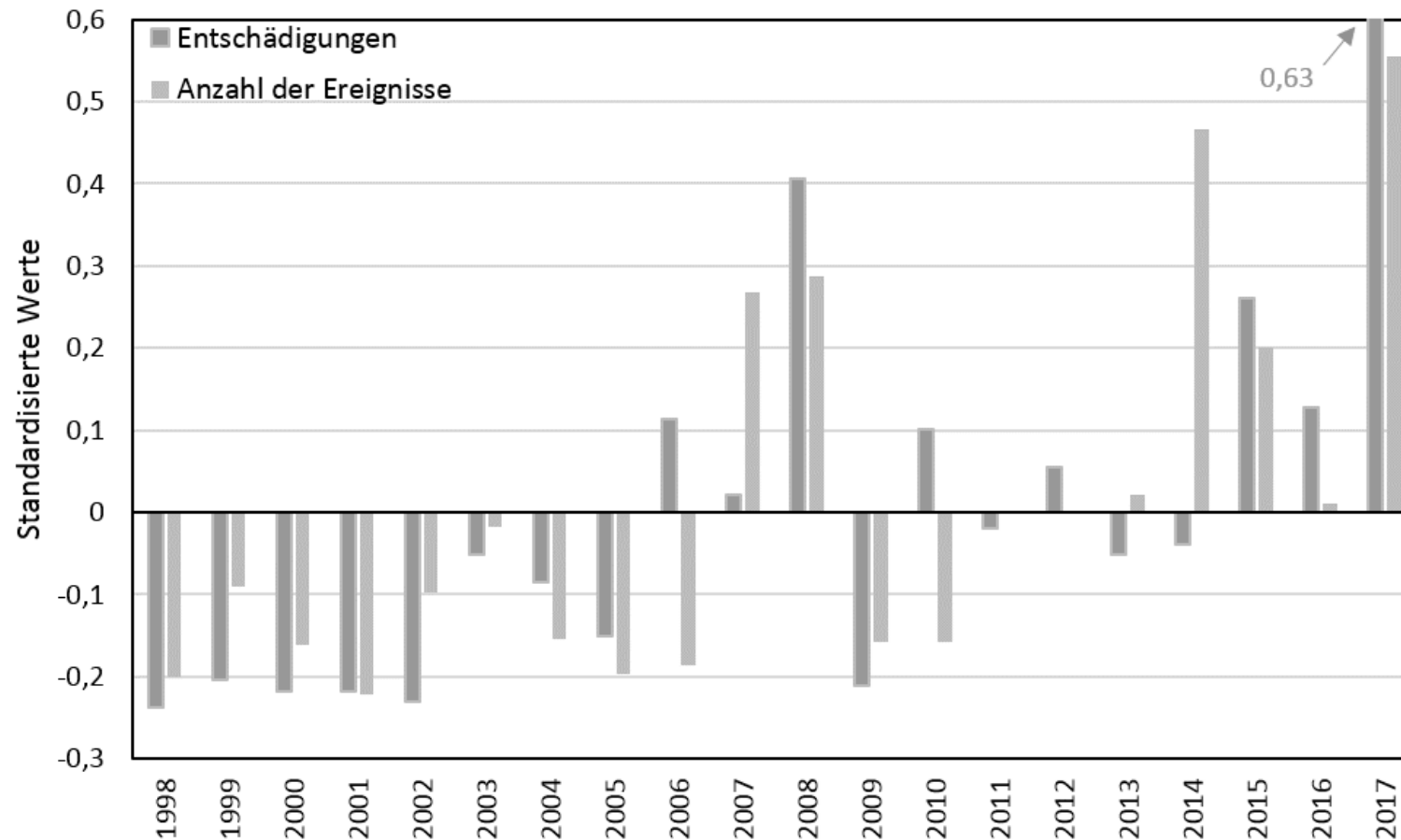
- Nicht jeder Sturm ist ein Extremereignis
- Besonders schwere Sturmunwetter:
 - Hohe Windgeschwindigkeiten in Kombination mit
 - Hagel, Blitzschlag oder Starkniederschlag, führen potentiell zu
 - Überflutungen oder Murgängen.
- Downbursts (Gewitterfallböen) – massive Gewitterzellen
- Vivian (1990), Wiebke (1990), Lothar (1999)
Kyrill (2007), Paula (2008), Emma (2008), Herwart (2017)

Schäden durch Extremereignisse



Sturmschäden in Österreich

Entschädigungszahlungen der österreichischen Hagelversicherung (OEHV) und Anzahl der Stürme, die Schäden verursacht haben (VIOLA)



Handlungsempfehlungen

Aktuelle Herausforderungen

- Weiterführung und Ausbau von Messsystemen
 - Stationsnetz, Radardaten, Hagelplatten, ...
- Sammlung von Informationen über Auswirkungen von Unwettern
 - „Crowdsourcing“, geschulte Beobachter, Feuerwehreinsätze, Versicherungen, ...
- Rekonstruktion historischer Unwetter und Vergleich mit heutigen Ereignissen
 - Digitalisierung historischer Medienberichte und anderer Zeitzeugen-Dokumente
- Fortschritte in numerischer Modellierung
 - Explizite Auflösung von Konvektion (<4 km) in Klimamodellen
- Fortschritte im Prozessverständnis
 - Wechselwirkungen über Skalen, Feedback-Prozesse, Wetterlagen, ...

Handlungsempfehlungen

Für Meteorologen:

- Verbesserte Risikoabschätzungen
- Optimierung von Unwetterwarnungen
- Robuste Feedback-Schleifen mit Einsatzkräften

Für Raumplaner und politische Entscheidungsträger:

- Bewusstseinsbildung und Prävention
- Kosten-Nutzen-Rechnungen auf Basis der verbesserten Risikoabschätzungen
- Abwägen von baulichen Schutzmaßnahmen gegenüber Schaffung größerer Freiräume für Fließgewässer
- Lenkungseffekte und Anreize für Aufgabe besonders gefährdeter Bereiche

Für alle: noch intensivere interdisziplinäre Zusammenarbeit!

Referenzen

- Auer, I. , Böhm, R. , Jurkovic, A. , Lipa, W. , Orlik, A. , Potzmann, R. , Schöner, W. , Ungersböck, M. , Matulla, C. , Briffa, K. , Jones, P. , Efthymiadis, D. , Brunetti, M. , Nanni, T. , Maugeri, M. , Mercalli, L. , Mestre, O. , Moisselin, J. , Begert, M. , Müller-Westermeier, G. , Kveton, V. , Bochnicek, O. , Stastny, P. , Lapin, M. , Szalai, S. , Szentimrey, T. , Cegnar, T. , Dolinar, M. , Gajic-Capka, M. , Zaninovic, K. , Majstorovic, Z. & Nieplova, E. (2007): HISTALP—historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *Int. J. Climatol.*, 27: 17-46. doi:10.1002/joc.1377.
- Dankers, R. & Hiederer, R. (2008): Extreme temperatures and precipitation in Europe: analysis of a high-resolution climate change scenario. JRC Scientific and Technical Reports No. EUR 23291 EN / No. 52.
- Haslinger, K. & Bartsch, A. (2016): Creating long-term gridded fields of reference evapotranspiration in Alpine terrain based on a recalibrated Hargreaves method. *Hydrol Earth Syst Sci*, 20, 1211–1223, doi:10.5194/hess-20-1211-2016.
- Haslinger, K., Holawe, F. & Blöschl, G. (2019): Spatial characteristics of precipitation shortfalls in the Greater Alpine Region—a data-based analysis from observations. *Theor Appl Climatol*, 136, 717–731. doi:10.1007/s00704-018-2506-5.
- Schneider, A., Breitner, S., Wolf, K., Hampel, R., Peters, A. & Wichman, H.E. (2009): Ursachenspezifische Mortalität, Herzinfarkt und das Auftreten von Beschwerden bei Herzinfarktüberlebenden in Abhängigkeit von der Lufttemperatur in Bayern. Schlussbericht MOHIT. https://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/EPI_II/PDF/Schlussbericht_Endfassung_MOHIT_Dec2009.pdf
- Schlögl, M. & Laaha, G. (2017): Extreme weather exposure identification for road networks – a comparative assessment of statistical methods. *Nat Hazards Earth Syst Sci*, 17, 515–531. doi:10.5194/nhess-17-515-2017.