

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

Band: 50 (2009)

Heft: 1

Artikel: Die Änderung der winterlichen Niederschläge von Basel : Untersuchungen der Basler Klimareihe 1901-2007

Autor: Hernández Rodríguez, Daniel / Parlow, Eberhard

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088315>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Änderung der winterlichen Niederschläge von Basel

Untersuchungen der Basler Klimareihe 1901–2007

Daniel Hernández Rodríguez und Eberhard Parlow

Zusammenfassung

Die über hundertjährige Klimareihe der Niederschläge von Basel (1901–2007) zeigt eine mit den globalen und europäischen Trends und Prognosen übereinstimmende Änderung der Niederschlagsmenge in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar. Neben den Monatsniederschlagssummen hat sich auch die Häufigkeit von Starkniederschlägen ($\geq 10 \text{ mm/Tag}$) signifikant erhöht. Diese Zunahmen lassen sich nur durch den deutlichen Anstieg der Lufttemperaturen als Folge des globalen Klimawandels erklären. Hierdurch ist die Atmosphäre in der Lage, mehr Wasserdampf aufzunehmen und letztlich mehr Niederschlag zu generieren.

1 Einleitung

Verheerende Stürme, Starkniederschläge, Hochwasser, Hitzewellen und Trockenperioden treten in den letzten Jahren gehäuft auf. Handelt es sich hierbei nur um extreme Ausreisser im Rahmen normaler Klimaschwankungen, oder sind dies die Anzeichen einer beginnenden Klimaänderung? Dieser Frage gehen Klimawissenschaftler weltweit mit der Analyse langer Beobachtungsreihen, zahlreichen nationalen und internationalen Messkampagnen und globalen Klimamodellen nach. Die neusten Erkenntnisse werden regelmässig in den Wissensstandsberichten des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) veröffentlicht. Der Vierte Sachstandsbericht (Fourth Assessment Report, AR4) ist der jüngste in dieser Reihe (IPCC 2007). Er zeichnet düstere Zukunftsszenarien für das Weltklima.

Adresse der Autoren: Daniel Hernández Rodríguez und Prof. Dr. Eberhard Parlow, Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, Institut für Meteorologie, Klimatologie und Fernerkundung, Klingenbergrasse 27, CH-4056 Basel; E-Mail: Eberhard.Parlow@unibas.ch

Die globale Durchschnittstemperatur ist im letzten Jahrhundert um $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ angestiegen, besonders deutlich seit 1988. In der Schweiz beträgt die Temperaturzunahme im gleichen Zeitraum je nach Region $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*OcCC* 2007).

Es herrscht heute allgemeiner Konsens darüber, dass dieser Temperaturanstieg weitgehend auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen ist. Für die Periode 1990–2100 prognostizieren die Klimamodelle eine beschleunigte Erhöhung der mittleren globalen bodennahen Temperatur um weitere $1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $5.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*IPCC* 2001) in Abhängigkeit vom globalen Verbrauch an fossilen Energiequellen.

Eine Temperaturzunahme dieses Ausmaßes hat auch spürbare Auswirkungen auf den Wasserkreislauf. Steigende Temperaturen führen über eine verstärkte Verdunstung zu einer Intensivierung des hydrologischen Kreislaufes. Zudem mehren sich die Anzeichen, dass sie auch Einfluss auf die grossräumigen atmosphärischen und ozeanischen Zirkulationsmuster haben könnten. In Mitteleuropa ist als Folge davon gemäss den Prognosen der Klimamodelle zunehmend mit extremen Niederschlagsereignissen und Veränderungen des saisonalen Niederschlagsregimes zu rechnen. Statistische Untersuchungen zeigen bereits seit Beginn des 20. Jahrhunderts einen Trend zur Häufung von Starkniederschlägen, insbesondere in den Wintermonaten (Dezember, Januar und Februar [DJF]). Zahlreiche neuere Untersuchungen belegen überdies bei den winterlichen Niederschlagsmengen in Nord- und Mitteleuropa eine deutliche Zunahme um 10–30 % während der letzten hundert Jahre (*OcCC* 1998; *OcCC* 2007).

Dieser Artikel möchte versuchen, die Aussagen der Klimamodelle im Zuge der sich abzeichnenden Klimaänderung am Beispiel der Basler Klimareihe im Zeitraum 1901–2007 zu untersuchen. Ein besonderes Augenmerk gilt hierbei den winterlichen Starkniederschlägen.

2 Datengrundlage und Methoden

Die Basler Niederschlagsreihe reicht bis ins Jahr 1864 zurück. Anfangs wurden Niederschlagsmesser mit Auffangflächen von 460 bis 500 cm^2 verwendet. Ab 1899 wurde auf den Hellmann-Regenmesser mit einer Auffangfläche von 200 cm^2 umgestellt. Dieser Gerätetyp ist noch heute an der Meteorologischen Station Basel-Binningen im Einsatz. Die Datengrundlage für den Niederschlag bildet die über 100-jährige Niederschlagsmessreihe (1899–2007) mit Hellmann-Regenmessern an den Standorten Basel-Bernoullianum und Basel-Binningen. Für den Standort Basel-Bernoullianum liegt eine Messreihe von 1899–1956 vor. Die Niederschlagsmessungen an der Station Basel-Binningen setzen 1929 ein. Die Aufstellung des Hellmann-Regenmessers ist dabei seit Beginn der Messungen bis heute unverändert geblieben. Dieser Umstand und die konsequente Verwendung des gleichen Gerätetyps sprechen für eine hohe Homogenität der beinahe 80 Jahre alten Binnerger Messreihe.

Für den Zeitraum 1929–1956 ist man im Besitz von Niederschlagsmessungen beider Stationen. Diese Parallelmessungen ermöglichten es, eventuelle Auswirkungen der Stationsverlegung auf die Homogenität der Niederschlagsmessreihe zu ermitteln. *Bider* (1948) untersuchte für den Zeitraum von 1929–1948 die mittleren Jahresdifferenzen der Niederschläge zwischen den zwei Stationen und stellte eine Differenz von 6 mm fest, bei einer mittleren Jahressumme von 791 mm am Bernoullianum und 785 mm an der Station Basel-Binningen. *Uttinger* (1964) ermittelte beim Vergleich der beiden Niederschlagsreihen eine mittlere Jahresdifferenz von 4 mm. Beide Autoren halten diese geringen Unterschiede für unbedeutend. Für detailliertere Betrachtungen zur Homogenität der Basler Messreihe sei auf *Urfer & Vogt* (1999) verwiesen.

Die Basler Niederschlagsreihe weist zwei weitere Vorzüge auf. Auf der einen Seite liegen die Basler Niederschlagsdaten als über 100-jährige Reihe und in ausreichend hoher zeitlicher Auflösung vor, was für Untersuchungen zur Niederschlagsstruktur unabdingbar ist. Auf der anderen Seite ist die Basler Niederschlagsreihe für einen grösseren Raum repräsentativ. Sie korreliert in allen Jahreszeiten signifikant mit der Gesamtreihe "Mittelland" (Pfister 1998). Somit kommt den in der Basler Reihe beobachteten allgemeinen Niederschlagstrends auch eine überregionale Bedeutung zu.

Das Datenmaterial für diese Arbeit wurde den Verfassern vom Leiter der Meteorologischen Station Basel-Binningen zur Verfügung gestellt (Baumann 2006 & 2007, pers. Mitteilungen).

Zur Analyse der vorliegenden Messdaten wurden einfache statistische Verfahren der klimatologischen Zeitreihenanalyse angewandt. Mit der Bildung übergreifender Mittelwerte (Tiefpassfilterung nach Gauss) wurden die Einzeljahreswerte, insbesondere extreme Ausreisser, geglättet. Zudem liefern gleitende Mittel erste Anhaltspunkte auf mögliche Trends. Zur Trendanalyse wurden zusätzlich auch lineare und quadratische Regressionen nach der Methode der kleinsten Quadrate durchgeführt. Ermittelte Trends wurden mittels dem Student'schen t-Test einer Signifikanzprüfung unterzogen.

3 Diskussion der Resultate

3.1 Auswirkungen der Klimaänderung auf den globalen Wasserkreislauf

Den Antrieb für den globalen Wasserkreislauf bildet der globale Strahlungshaushalt, der aus kurzwelligen und langwelligen Strahlungsflüssen besteht. Nach der Bilanzierung der Gewinn- und Verlustterme steht dem System eine bestimmte Strahlungsenergie zur Verfügung, die in den globalen Wärmehaushalt investiert wird. Unter den heutigen klimatischen Bedingungen gehen davon im globalen Mittel 20 % in den fühlbaren Wärmestrom (Erwärmung der Atmosphäre) und 80 % in den latenten Wärmestrom (Verdunstung von Wasser). Der latente Wärmestrom ist somit für den Energieaustausch an der Erdoberfläche um ein Vielfaches wichtiger als der fühlbare Wärmestrom.

Die zunehmenden Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre führen zu einer Erhöhung der an der Erdoberfläche verfügbaren Strahlungsenergie. Da ein Mehrangebot an Energie vor allem für die Verdunstung aufgewendet wird, ist nebst einer globalen Temperaturzunahme auch ein Anstieg des Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre zu erwarten. Die Folge davon ist eine Intensivierung des globalen Wasserkreislaufes (Flohn et al. 1990). Mit einer Intensivierung des hydrologischen Kreislaufes wird jedoch tropischen wie aussertropischen Zyklonen mehr Feuchte und Energie zugeführt. Dies wiederum dürfte einen Anstieg von extremen Wetterereignissen wie Orkane und Starkniederschläge zur Folge haben (IPCC 2001; IPCC 2007).

3.2 Allgemeine Entwicklung der Winterniederschläge (DJF) im 20. Jahrhundert in Mitteleuropa und in der Schweiz

Im Laufe des 20. Jahrhunderts haben die Winterniederschläge (DJF) in Mittel- und Nordeuropa um 10–30 % zugenommen (OcCC 1998). Diese Niederschlagszunahme ist auf den markanten Anstieg der Wintertemperaturen zurückzuführen. Luft von 1° C kann bereits etwa 10 % Prozent mehr Wasserdampf aufnehmen als bei 0° C. Wie bereits erörtert, führt ein höheres Wasserdampfangebot in der Atmosphäre zu erhöhter Niederschlagsbereitschaft.

Im nördlichen und westlichen Alpenraum zeigen Beobachtungen einen Anstieg der mittleren Winterniederschläge im 20. Jahrhundert um 20–30 % (*Schmidli et al. 2002*). In der gleichen Größenordnung liegen die Werte der Niederschlagstrends in den Arbeiten von *Rapp & Schönwiese (1995 & 1996)*, welche für den Südwesten Deutschlands im Zeitraum 1955–1994 eine Niederschlagszunahme im Winter von bis zu 20 % zum Mittelwert der Referenzperiode 1895–1994 ergeben. Für die Nordwestschweiz wurde von *Widmann & Schär (1997)* für die Periode 1901–1990 ein Anstieg der Winterniederschläge um 20–30 % festgestellt.

3.3 Allgemeine Entwicklung der Winterniederschläge (DJF) 1901–2007 in Basel-Binningen

Die Entwicklung der winterlichen Niederschlagssummen von 1901–2007 in Basel-Binningen lässt bereits bei der Betrachtung der Einzeljahre einen positiven Trend erkennen (Abb. 1). Richtet man nun das Augenmerk auf die Dekadenmittelwerte, zeigt sich, dass die ersten acht Jahrzehnte der 106-jährigen Reihe recht konstante winterliche Niederschlagsverhältnisse aufweisen (Abb. 2). Die Dekadenmittel von 1901–1980 pendeln in einem relativ engen Bereich zwischen 130 mm und 153 mm. Danach erfährt das winterliche Niederschlagsregime parallel zum Anstieg der Wintertemperaturen ab den frühen 1980er Jahren einen grundlegenden Wandel. Die winterlichen Niederschlagsmittel der letzten zwei Dekaden des 20. Jahrhunderts erreichen ein bis dahin nie beobachtetes Niveau von 178 mm (1981–1990) und 171 mm (1991–2000) oder einen Durchschnitt von 175 mm über die zwei Jahrzehnte. Dieser Mittelwert von 175 mm über den Zeitraum 1981–2000 liegt 25 % über dem Mittel der Periode 1901–1980 (140 mm) und 19 % über dem Durchschnitt der gesamten Vergleichsperiode 1901–2007 (146 mm) und ist statistisch signifikant ($p<0.05$).

Erweitert man den Betrachtungszeitraum 1981–2000 bis zum Winter 2007, resultiert über die längere Zeitperiode 1981–2007 eine signifikante Zunahme um 18 % im Vergleich zu 1901–1980 ($p<0.05$) und ein nicht signifikanter Anstieg um 13 % bezüglich der Gesamtperiode 1901–2007 ($p=0.09$). Die Zunahme über den Gesamtzeitraum 1901–2007 erfüllt zwar die Signifikanzkriterien der Statistik nicht, stellt aber dennoch einen deutlichen positiven Trend dar.

Der Anstieg der Winterniederschläge in der an Mildwintern reichen Zeitspanne 1981–2007 bewegt sich somit in der Größenordnung der von den Klimamodellen für die Schweiz bis ins Jahr 2050 prognostizierten Zunahme der Winterniederschläge von rund 10 % (*OcCC 2007*).

3.4 Entwicklung der winterlichen Niederschlagsstruktur und der Starkniederschläge im 20. Jahrhundert

Die Mehrheit der Klimamodellrechnungen weist für die zukünftigen Winter in Mittel- und Nord-europa auf eine Zunahme der mittleren Niederschlagsintensität und der Häufigkeit von intensiven Tagesniederschlägen hin. Eine Intensivierung des hydrologischen Kreislaufes könnte im Alpenraum vor allem zu einer Zunahme der Starkniederschläge von langer Dauer führen (*Frei et al. 1998*).

Die Anzahl intensiver Tagesniederschläge mit einer Wiederkehrperiode von 30 Tagen ist in der Schweiz im Winter an den meisten Langzeitstationen des Mittellandes und des Alpennordhangs angestiegen. Die Zunahmen betragen 20–80 % pro 100 Jahre und weisen für rund 30 % der Stationen einen signifikanten Trend auf. Für intensive Niederschlagsereignisse von zwei bis fünf Tagen Dauer haben sich ähnliche Trends ergeben (*Frei & Schär 2001; Schmidli & Frei 2005; Frei et al. 2006*).

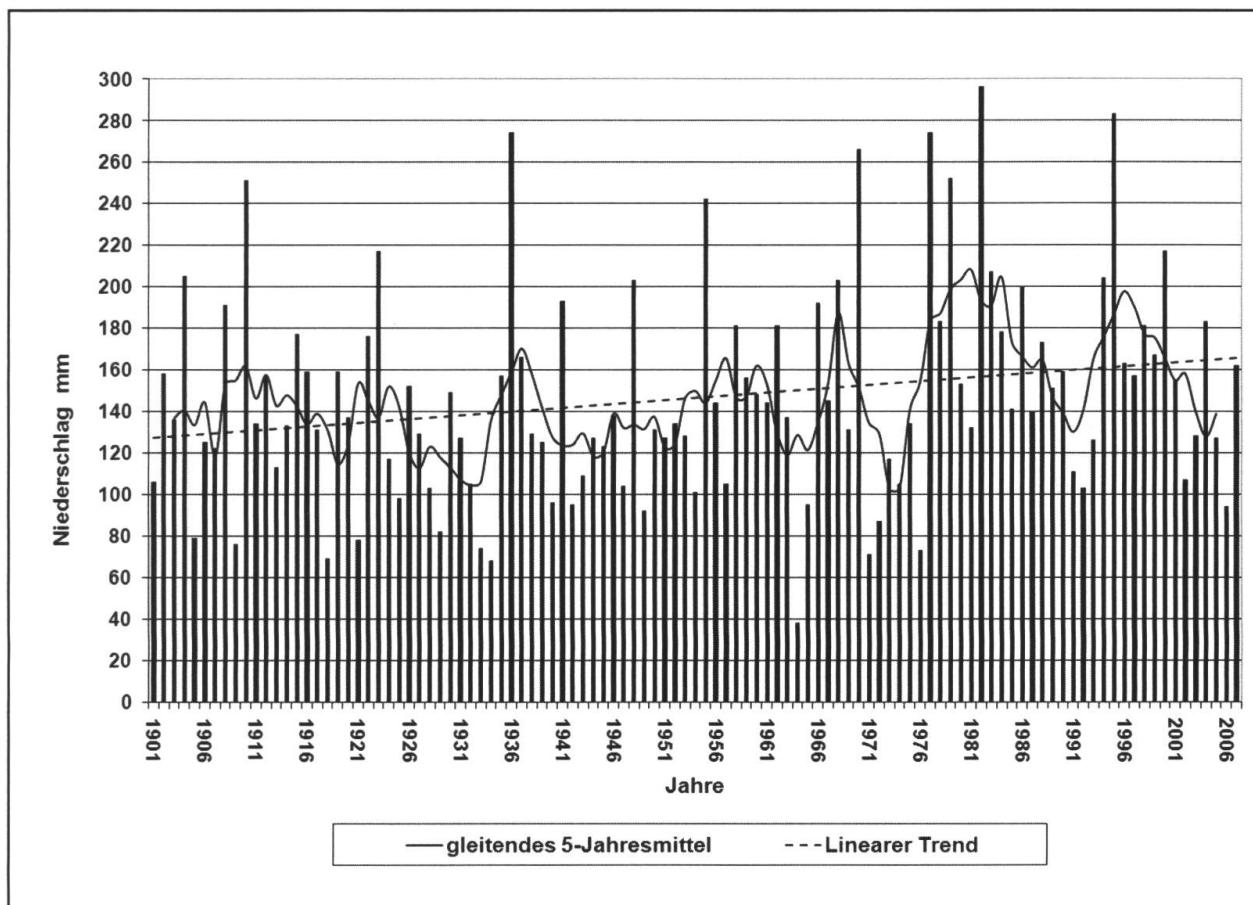


Abb. 1 Verlauf der winterlichen Niederschlagssummen 1901–2007 in Basel-Binningen.

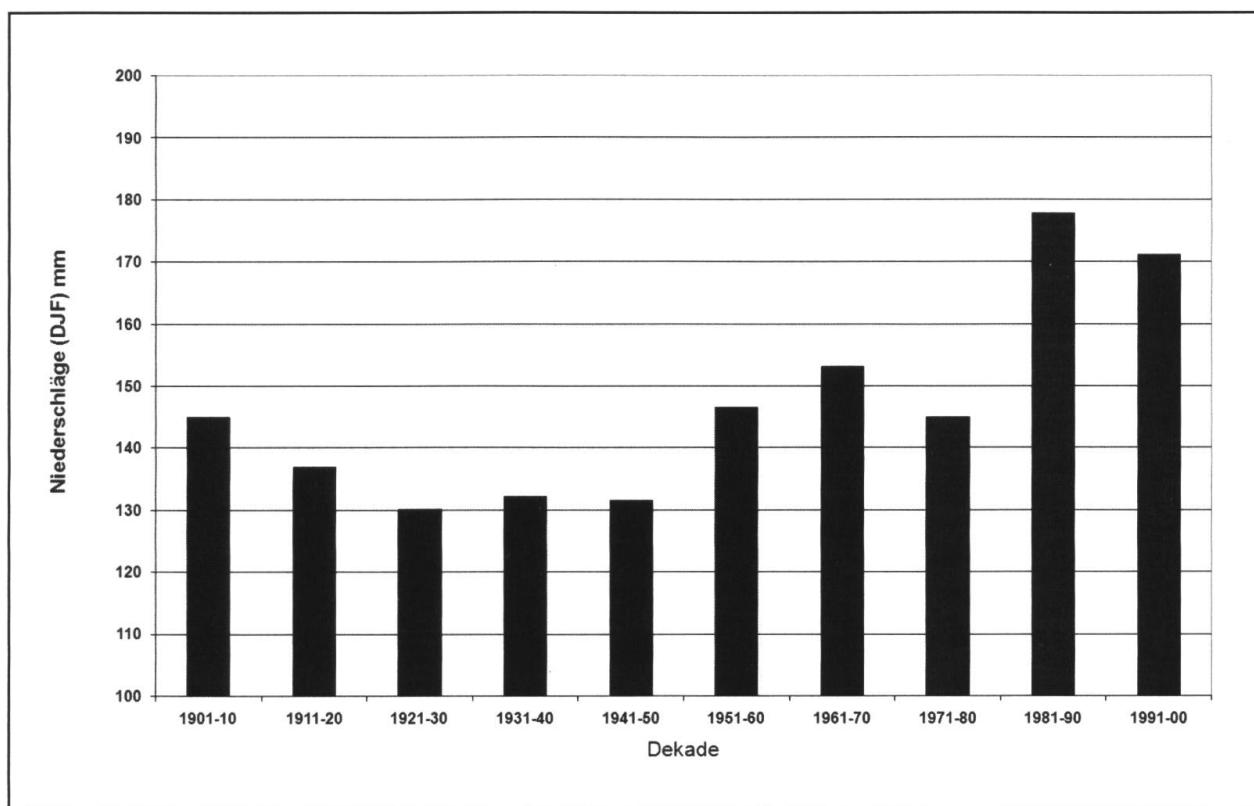


Abb. 2 Dekadenmittel der Winterniederschläge (DJF) 1901–2007 in Basel-Binningen.

Eine umfangreiche Analyse von 19 globalen Klimamodellen hat ergeben, dass extrem niederschlagsreiche Winter mit einer heutigen Wiederkehrperiode von 40 Jahren um einen Faktor 3–5 häufiger werden könnten (*Palmer & Räisänen 2002*).

Die folgenden Analysen stützen sich auf Daten über die Anzahl Niederschlagstage der Kategorien $\geq 0.1 \text{ mm}$ und $\geq 10.0 \text{ mm}$ der Meteorologischen Station Basel-Binningen.

Als Niederschlagstag gilt in der Klimatologie ein Tag, an welchem mindestens 0.1 mm Niederschlag registriert wurde. In der Periode 1901–2007 weist die Anzahl der winterlichen Niederschlagstage keinen wesentlichen Trend auf trotz einer deutlichen Zunahme der Winterniederschläge in dieser Periode (Abb. 3). Da die Zahl der Niederschlagstage von 1901–2007 konstant geblieben ist, muss sich folglich die winterliche Niederschlagsstruktur verändert haben, d. h. der Anteil der höheren Niederschlagsintensitäten muss zugenommen haben.

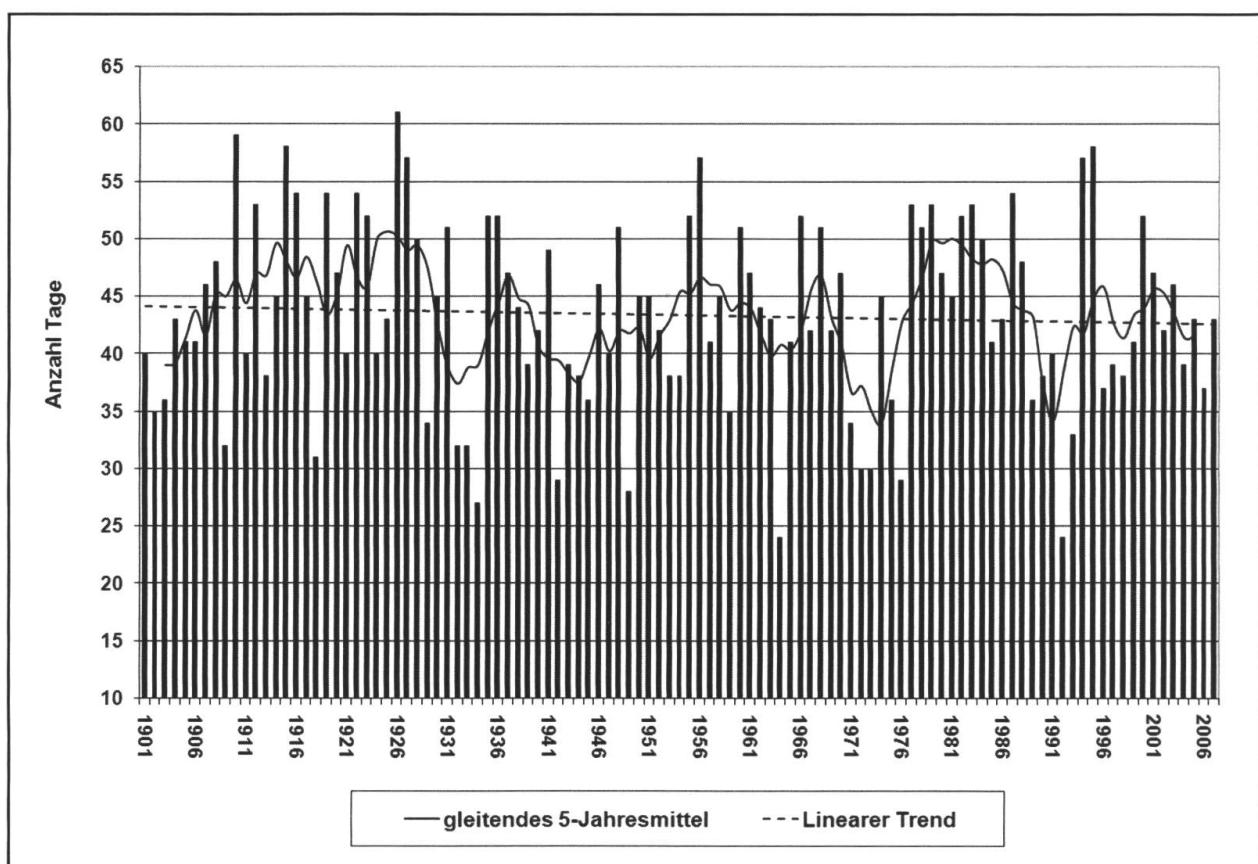


Abb. 3 Anzahl der Niederschlagstage ($\geq 0.1 \text{ mm}$) in den Wintern 1901–2007 in Basel-Binningen.

Im klimatologischen Mittel von 1901–2007 ist in Basel-Binningen in einem durchschnittlichen Winter an 43 Tagen oder an rund jedem zweiten Tag Niederschlag zu erwarten. Dabei handelt es sich in Basel häufig um Niederschlagstage mit weniger als $1.0 \text{ mm}/\text{Tag}$.

Die statistische Analyse der Niederschlagsstruktur der Winter 1901–2007 zeigt, dass die Tagessummen von 0.1 mm bis 9.9 mm mit 40 Tagen 93 % der Niederschlagstage auf sich vereinen. Starkniederschlagsereignisse mit Tagesmengen von 10 mm und mehr sind im Winter relativ selten und zeichnen sich in der Regel durch lange Dauer und mäßige Intensität aus.

Starkniederschläge von sehr hoher Intensität und kurzer Dauer ($> 5.0 \text{ mm}/10 \text{ min.}$) kommen nicht vor, da die dazu nötigen energetischen und thermischen Bedingungen im Winter nicht gegeben sind. Konvektive Niederschläge mit höherer Intensität treten im Winter nur nach Kaltfrontpassagen ("Rückseitenwetter") oder im Zusammenhang mit Kaltlufttropfen in den höheren Atmo-

sphärenschichten (“Höhentiefs”) als kurze Regen- oder Schneeschauer auf. Ergiebige Niederschläge mit Tagesmengen von ≥ 10.0 mm treten im langjährigen Mittel lediglich an 2.7 Tagen und solche von ≥ 20.0 mm an 0.5 Tagen auf.

3.5 Entwicklung der winterlichen Niederschlagstage $\geq 10.0\text{mm}$

Die Situation bei den Niederschlagstagen mit Tagessummen ≥ 10.0 mm zeigt sich grundlegend anders. Parallel zu den stark angestiegenen Wintertemperaturen hat auch die Anzahl von winterlichen Starkniederschlägen mit einer Tagessumme von mindestens 10 mm im vergangenen Jahrhundert kontinuierlich zugenommen. Am Verlauf des gleitenden Fünfjahresmittels und des polynomischen Trends lässt sich diese Entwicklung besonders gut verfolgen. Diese steigen ab der zweiten Hälfte der 1970er Jahre steil an (Abb. 4).

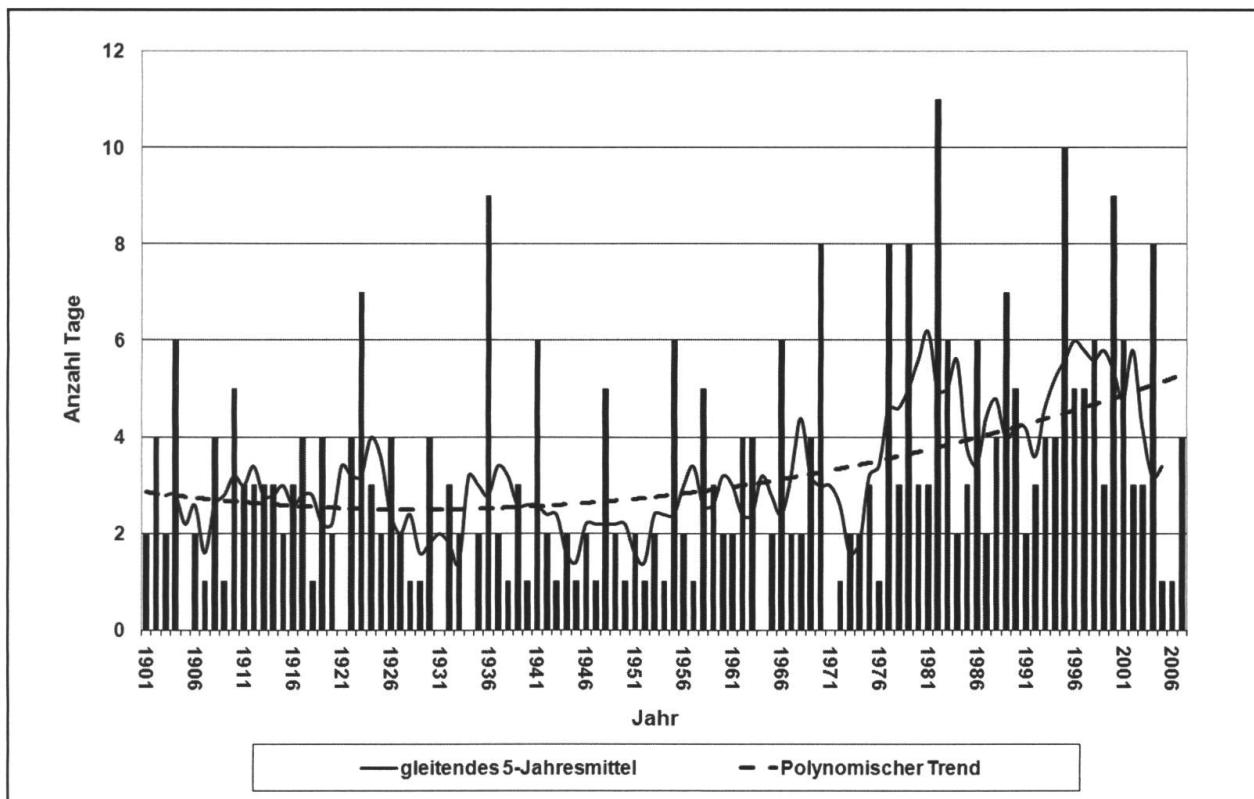


Abb. 4 Niederschlagstage ≥ 10 mm in den Wintern 1901–2007 in Basel-Binningen.

Die genauere Betrachtung der Entwicklung der Niederschlagstage ≥ 10 mm zeigt, dass sich die Häufigkeit solcher Niederschlagsereignisse während der ersten zwei Normalperioden 1901–1930 und 1931–1960 mit durchschnittlich 2.8 respektive 2.4 Tagen pro Winter relativ stabil verhält.

In den Wintern der folgenden drei Dekaden von 1961–1990 setzt eine Trendwende zu häufigeren Starkniederschlägen ein, die vor allem auf den sprunghaften Anstieg ab dem Winter 1977 beruht. Gesamthaft betrachtet, erhöht sich das Mittel der Niederschlagstage mit dem Schwellenwert ≥ 10 mm von 1961–1990 gegenüber der Referenzperiode 1931–1960 um beträchtliche 58 % auf 3.8 Tage. Die Winter der letzten drei Dekaden von 1978–2007 verzeichnen gar einen Mittelwert von 4.7 Tagen, was einem massiven Zuwachs um 81 % im Vergleich zum Mittel des Zeitraums 1901–1960 (2.6 Tage) entspricht.

Selbst beim Vergleich des Mittelwerts 1978–2007 mit demjenigen des ganzen Untersuchungszeitraums von 1901–2007 (3.2 Tage) resultiert immer noch ein deutlicher Anstieg der Starkregentage um 47 %. Dies stellt nun bei einer 106 Jahre langen Messreihe einen ausserordentlichen Anstieg dar und ist statistisch hochsignifikant ($p<0.01$). Dieser ausgeprägte positive Trend stimmt mit den kombinierten Berechnungen globaler und regionaler Klimamodelle für die Schweiz überein (Christensen et al. 2002).

4 Fazit und Ausblick

Der Klimawandel ist in vollem Gange. In den letzten Jahren sich weltweit häufende Wetterextreme aller Art, rasant schwindende Gletscher und schmelzendes Nordpolareis sind untrügliche Indizien dafür. Die in der Basler Klimareihe ermittelten Temperatur- und Niederschlagstrends wider spiegeln im regionalen Massstab die globalen Veränderungen. Aus den Untersuchungen der Basler Reihe von 1901 bis 2007 ergeben sich für die letzten drei Jahrzehnte folgende Trends: Anstieg der Wintertemperaturen um 1.5°C , allgemeiner Zuwachs der Winterniederschläge um 10 % und Anstieg der Starkniederschläge um 57 %.

Diese Trends bestätigen die Szenarien der globalen Klimamodelle, welche für die zukünftigen Winter weiter steigende Temperaturen, eine Intensivierung des Wasserkreislaufs und eine Zunahme der Niederschlagsmenge und -intensität in Mittel- und Nordeuropa prognostizieren.

Nimmt man die letzten Jahre zum Massstab, schreitet der Klimawandel schneller voran als bisher angenommen. Der Sommer 2003 und die Jahre 2006 und 2007 haben uns in der Schweiz bereits ein Temperaturniveau erleben lassen, wie ihn die regionalen Klimaszenarien erst für 2050 und später vorhersagen. Ob es sich hierbei um eine zufällige Häufung extremer Einzeljahre handelt oder um eine beschleunigte Klimaänderung, wird sich weisen.

Literatur

- Bider M. 1948. Vom Basler Klima. *Wirtschaft und Verwaltung* 4.
- Bider M., Schüepp M. & von Rudloff H. 1959. Die Reduktion der 200jährigen Basler Temperaturreihe. *Archiv. Met. Geoph. Biokl. Serie B* 9: 360–412.
- Christensen J.H., Carter T. & Giorgi F. 2002. PRUDENCE employs new methods to assess European climate change. *EOS* 82: S. 147.
- Flohn H., Kapala A., Knoche H.R. & Mächel H. 1990. Recent changes of the tropical water and energy budget and of midlatitude circulations. *Climate Dyn.* 4: 237–252.
- Frei C., Schär C., Lüthi D. & Davies H.C. 1998. Heavy precipitation processes in a warmer climate. *Geophys. Res. Letters* 25: 1431–1434.
- Frei C. & Schär C. 2001. Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine region. *J. Climate* 14: 1568–1584.
- Frei C., Schöll R., Schmidli J., Fukutome D., & Vidale P.L. 2006: Future change of precipitation extremes in Europe: An intercomparison of scenarios from regional climate models. *J. Geophys. Res.* 111: D6, DOI 10.1029/2005JD005965.
- IPCC 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, 1–944.
- IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, 1–996.
- OcCC 1998. *Klimaänderung Schweiz. Auswirkungen von extremen Niederschlagsereignissen*. Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung, Bern, 1–88.
- OcCC 2007. *Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft*. Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung, Bern, 1–168.

- Palmer T.N. & Räisänen J. 2002. Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate. *Nature* 415: 512–514.
- Pfister C. 1998. *Raum-zeitliche Rekonstruktion von Witterungsanomalien und Naturkatastrophen 1496–1995*. Schlussbericht NFP 31, Zürich, 1–142.
- Rapp J. & Schönwiese C.-D. 1995. Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891–1990. *Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten Serie B* 5: 1–253.
- Rapp J. & Schönwiese C.-D. 1996. Niederschlags- und Temperaturtrends in Baden-Württemberg 1955–1994 und 1895–1994. In: Lehn H. et al. (Hrsg.): *Wasser – Die elementare Ressource. Materialienband*. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Arbeitsbericht Nr. 52, Stuttgart, 113–170.
- Schmidli J., Schmutz C., Frei C., Wanner H. & Schär C. 2002. Mesoscale precipitation variability in the region of the European Alps during the 20th century. *Int. J. Climatol.* 22: 1049–1074.
- Schmidli J. & Frei C. 2005. Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20th century. *Int. J. Climatol.* 25: 753–771.
- Urfer C. & Vogt R. 1999. *Die Niederschlagsverhältnisse in Basel 1864–1998*. Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologische Anstalt Nr. 195, Zürich, 1–43.
- Uttiger H. 1964. *Niederschlag – im Rahmen der Klimatologie der Schweiz*. Beihefte zu den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt.
- Widmann M. & Schär C. 1997. A principal component and long-term trend analysis of daily precipitation in Switzerland. *Int. J. Climatol.* 17: 1333–1356.

