

Aktuelle Klimaerwärmung in Basel. Was zeigt uns die mehr als 250-jährige Klimareihe?

Hans Rudolf Moser

Zusammenfassung

Die Klimamessreihe Basel beginnt 1755 und zeigt die klimatischen Veränderungen, welche in diesem langen Zeitraum aufgetreten sind. Nach 1900 haben die Temperaturen stetig zugenommen und liegen heute durchschnittlich rund 4 Grad Celsius höher als im 19. Jahrhundert. Dabei haben vor allem die Wintertemperaturen zugenommen. Etwa ab 1990 zeigen auch die weiteren Klimagrössen eine Änderung. Die Niederschläge nehmen leicht zu, wie auch die Zahl der Sonnenstunden. Die Sichtweite hat sich ebenfalls verbessert, was auf die geringere Feinstaubbelastung in der Luft zurückzuführen ist.

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren ist die globale Klimaveränderung vermehrt in das Bewusstsein der Öffentlichkeit getreten. Deren Folgen treffen auch die Schweiz und machen sich nicht nur durch heisse Sommer, sondern auch durch häufigere Extremwetterlagen und das Schmelzen des Permafrostes in den Alpen bemerk- und erlebbar. Offensichtlich ist auch der Rückgang der Gletscher in den Alpen. Eine Übersicht zu der Entwicklung und den Massnahmen in der Schweiz gibt die Publikation “Langfristige Klimastrategie der Schweiz” (Bundesrat 2021). Aber auch durch lokale Veränderungen, wie Siedlungsbau, Verkehrsflächen, Versiegelung und Abholzung verändert der Mensch das Klima vor Ort direkt. Diese stadtklimatischen Auswirkungen können durch lokale Massnahmen beeinflusst werden. Solche Auswirkungen und Massnahmen sind Gegenstand der folgenden Artikel in diesem Heft.

Die weltweite Klimaerwärmung wird u. a. durch langfristige Klimamessreihen dokumentiert, wie die Messreihe Basel, welche 1755 beginnt. Sie ist damit eine der am weitesten zurückreichenden Messreihen weltweit. Weitere vergleichbare Messreihen sind Wien, Hohe Warte (Österreich), Potsdam (Deutschland) und De Bilt (Holland). Von 1755 bis 1804 notierte Professor d’Annone regelmässig an seinem Wohnort am Heuberg 16 in Basel Temperatur und Luftdruck. Diese Messrei-

Adresse des Autors: Hans Rudolf Moser, Meteorologischer Verein der Region Basel, Venusstrasse 7, CH-4102 Binningen; E-Mail: hansruedi.moser@sunrise.ch

he wurde ab 1826 bis 1874 durch Ratsherr Peter Merian weitergeführt. Standort war dabei vor allem sein Wohnsitz im Domhof am Münsterplatz. Ab 1874 bis 1928 stand die Meteorologische Station beim Bernoullianum, dies als Teil des Physikalischen Institutes der Universität Basel und als Klimastation des Schweizerischen Messnetzes (ab 1864). Mit der Verlegung des Astronomischen Institutes der Universität an den Stadtrand auf das Bruderholz bei St. Margarethen wurde auch die Meteorologische Station dorthin verlegt: Dort ist die Station auch heute noch in Betrieb, benannt als Basel-Binningen (MeteoSchweiz). Die Beobachtungen erfolgen heute durch den Meteorologischen Verein Basel, der auch die Parallelmessungen an den analogen Messgeräten weiterführt, in Ergänzung zu den heutigen elektronischen Messverfahren (Abb. 1). Diese Daten des Meteorologischen Vereins der Region Basel sind die Grundlagen für diesen Artikel (www.klimabasel.ch). Die analogen Messmethoden werden auf der Internetseite des Vereins im Detail erklärt (☺). Eine ausführliche Darstellung der in der Schweiz verwendeten analogen Messinstrumente hat die MeteoSchweiz im Jahr 2000 veröffentlicht (MeteoSchweiz 2000).



Abb. 1 Die beiden Wetterhütten der Station Basel-Binningen. In der hinteren Wetterhütte erfolgt die Registrierung der Temperatur mit einem Thermographen im Tagesumlauf. In der vorderen Wetterhütte sind die Messgeräte für Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Extremtemperaturen erkennbar.

Die Messungen erfolgten also zeitlich an unterschiedlichen Standorten, mit unterschiedlichen Instrumenten und Masseinheiten. Es bestanden damit Unterschiede bezüglich der Höhenlage, des Stadteinflusses, der Messmethoden und der verwendeten Masseinheiten. Um die Messreihe vergleichbar zu machen, musste sie deshalb auf den aktuellen Standort (Basel-Binningen) hochgerechnet werden. Dieser Vorgang wird in der Klimatologie als Homogenisierung bezeichnet. Diese Homogenisierung der Messreihe Basel wurde für die Monats-, Quartals- und Jahreswerte durchgeführt. Die Überlegungen, Berechnungen und die Publikation erfolgte 1959 durch Max Bider, Max Schüepp und Hans von Rudloff (*Bider et. al. 1959*).

2 Entwicklung der Temperaturen

Am eindrücklichsten zeigt sich die Klimaveränderung an der Temperaturzunahme. In Abb. 2 werden die Differenzen der Mitteltemperaturen der Einzeljahre zum langfristigen Mittelwert der Temperatur der Periode von 1755 bis 1900 dargestellt. Dieser 150-jährige Mittelwert beträgt 8.7°C und gibt damit in etwa die gemittelte Temperatur der vorindustriellen Phase für Basel wieder. Blaue Balken zeigen tiefere, rote Balken höhere Temperaturen als der vorindustrielle Mittelwert.

Die Temperaturerwärmung im Zeitraum von Mitte des 18. Jahrhunderts bis heute ist markant. Bis etwa 1900 streuen die Jahresmittelwerte gleichmässig zwischen 1.5°C über und unter dem langjährigen Mittelwert von 8.7°C . Danach zeigt sich eine Zunahme der Jahrestemperaturen, welche sich immer mehr beschleunigt. Zunächst fällt auf, dass immer weniger Jahre kälter als das vorindustrielle Mittel sind. 1962/1963 treten letztmals negative Temperaturdifferenzen auf. Danach kommen nicht nur ausschliesslich positive Temperaturabweichungen vor, sondern sie werden auch stetig grösser. Im Jahr 2023 wurde ein Jahresmittelwert von 12.71°C gemessen. Seit 2015 lag die Temperatur in fünf Jahren höher als 12°C , also in der Hälfte dieses 10-jährigen Zeitraums. Vorher traten nie Jahrestemperaturen von 12°C oder mehr auf. Die Temperaturzunahme hat sich also in den letzten Jahrzehnten bis heute stark beschleunigt.

Abbildung 2: Entwicklung Temperaturzunahme (Basel - Binningen)

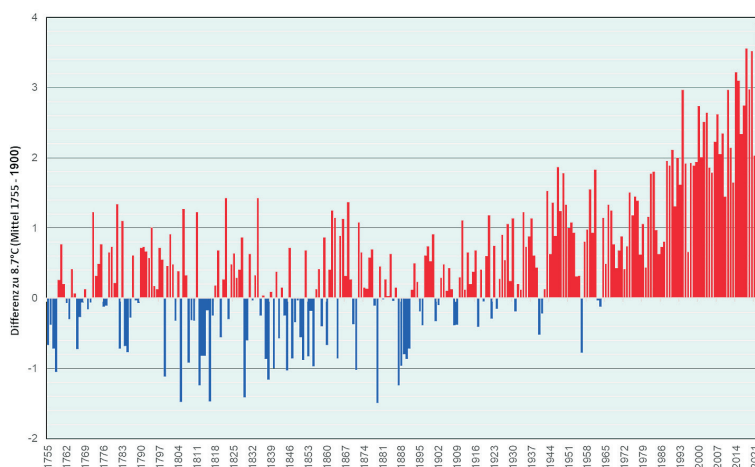


Abb. 2 Die Abbildung zeigt die Differenzen der Jahresmitteltemperaturen im Vergleich zum langjährigen Mittel 1755 bis 1900. Positive Abweichungen sind rot, negative blau dargestellt. Man erkennt ab 1900 deutlich den Effekt der Klimaerwärmung.

Das Pariser Klimaabkommen von 2015 hat zum Ziel, die globale Erwärmung auf “deutlich unter zwei Grad Celsius” – idealerweise auf maximal 1.5 °C – gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen. Der Trend der Basler Klimareihe liegt bereits deutlich über diesem globalen Durchschnittsziel.

Die Veränderung der Jahresmitteltemperaturen in der Zeitreihe ist ein Indikator der Klimaänderung. Interessant ist aber vor allem, ob es zeitliche Unterschiede in den Extremtemperaturen gibt. In Abb. 3 sind die 30-jährigen Mittelwerte der Eis-/Frosttage (Winter) und Hitze-/Sommertage (Sommer) dargestellt. Diese zeigen die jahreszeitlichen Auswirkungen der Erwärmung. Auffällig ist, dass vor allem die Zahl der Eistage (Maximaltemperatur < °C) und Frosttage (Minimaltemperatur < °C) von 1900 bis heute markant abgenommen hat. 1901 bis 1930 wurden im Schnitt pro Jahr 20 Eistage, resp. 89 Frosttage gezählt, im Zeitraum 1990 bis 2020 nur noch 9 Eistage und 58 Frosttage. Die Winter sind somit wärmer geworden. Die Zunahme der Hitzetage (Maximaltemperatur ≥ 30 °C) und Sommertage (Maximaltemperatur ≥ 25 °C) in diesem Zeitraum hingegen fällt geringer aus. Die mittlere Zahl der Hitzetage steigt von 15 auf 18 Tage und bei den Sommertagen von 57 auf 65 Tage an. Je nach Sommer können sich diese Maximaltemperaturen aber stark unterscheiden. So wurden im Sommer 2022 37 Hitzetage gezählt, im “Hitzesommer 2003” sogar 43. Die meisten Sommertage wurden bislang 2024 mit 106 Tagen gezählt. Diese Angaben gelten für die Messstation auf dem Bruderholz, in der Stadt Basel ist aber mit noch weit höheren Temperaturen zu rechnen (Moser 1986). Grund dafür ist die Versiegelung und die fehlende Vegetation. Belastend für die Gesundheit sind dabei nicht nur die hohen Maxima tagsüber, sondern vor allem auch die nächtlichen hohen Temperaturen, die “Tropennächte”.

Für die generell festgestellt deutliche und kontinuierliche Zunahme der Temperaturen der Messreihe Basel-Binningen sind weniger die sommerlichen Höchsttemperaturen verantwortlich. Vielmehr sind die wärmeren Temperaturen im Winter ausschlaggebend. Höhere Temperaturen im Winter haben in der Stadt den positiven Effekt, dass weniger stark geheizt werden muss und die Häufigkeit von Eis- und Schneeglätte abnimmt und damit auch die Unfallgefahr.

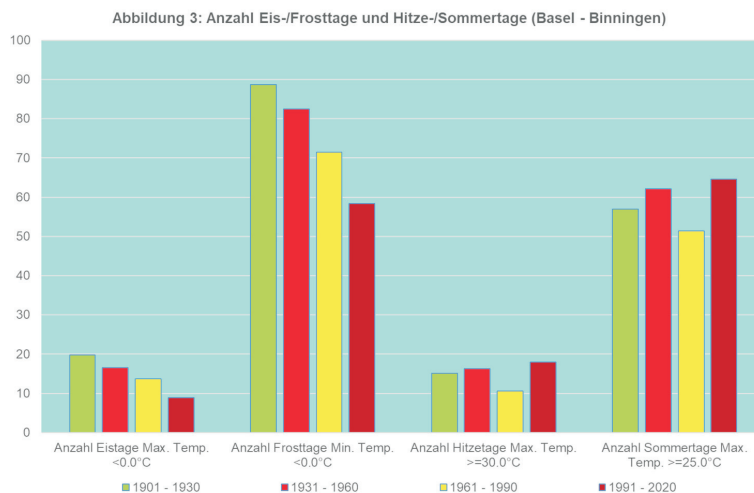


Abb. 3 Dargestellt sind die Zahl der Eis- und Frosttage im Winter und die Zahl der Hitze- und Sommertage im Sommer. Vor allem die Tage der Extremtemperaturen im Winter haben deutlich zugenommen, erkennbar an der Abnahme der Zahl der Eis- und Frosttage. Die Zunahme der Zahl der Hitze- und Sommertage ist für die Station auf dem Margarethenhügel geringer.

3 Entwicklung der Niederschlagsverhältnisse

Beim Niederschlag an der Station Basel-Binningen, dessen Messreihe ab 1864 beginnt, ist die Veränderung nicht so auffällig wie bei der Temperatur (Tab. 1). Zwar hat die mittlere Menge des jährlichen Niederschlags von 810 Millimeter Ende des 19. Jahrhunderts auf heute 878 Millimeter zugenommen. Allerdings schwanken die einzelnen Jahreswerte sehr stark zwischen Minimalwerten von nur 500 Millimeter bis zu Maximalwerten von mehr als 1'200 Millimetern. Tendenziell sind die Niederschlagsmengen dann im 20. Jahrhundert etwas niedriger als in den Perioden vorher und nachher. Erst etwa ab 1990 beginnen die Niederschlagsmengen leicht zu steigen. Im Vergleich zur Periode 1871 bis 1900 macht diese Zunahme etwa 8 Prozent aus.

Tab. 1 30-jährige Mittelwerte von Niederschlag und Schneedecke.

30-jährige Mittelwerte	Niederschlagsmenge in Millimeter	Tage mit Niederschlag > 1.0 mm	Tage mit Niederschlag > 10mm	Anzahl Tage mit Schneedecke > 1cm
1871 - 1900	810	114	22	25
1901 - 1930	792	126	22	25
1931 - 1960	785	117	22	29
1961 - 1990	788	121	22	31
1991 - 2020	877	120	26	19
2001 - 2024	878	120	27	18

Betrachtet man die Niederschlagshäufigkeit, ausgedrückt als Zahl der Tage mit mindestens 1.0 Millimeter Niederschlag pro Tag, so zeigt sich ein etwas abweichendes Bild. 1871 bis 1900 sind es weniger als 120 Tage pro Jahr, in der folgenden 30-jährigen Mittelungsperiode steigt die Zahl auf 126 Tage, um danach wieder auf 117 Tage zu sinken. Ab 1960 bewegt sich die Zahl der Niederschlagstage um 120 Tage. Dabei streuen die Extremwerte einzelner Jahre zwischen 80 und 160 Tagen.

Die Anzahl der Tage mit starkem Niederschlag, von mehr als 10 Millimetern, zeigt ein anderes Bild. Von 1871 bis rund 1990 liegt sie im 30-jährigen Mittel bei 22 Tagen. Der Bereich der Einzeljahre schwankt in dieser Periode zwischen 10 und 40 Tagen. Danach steigt die Häufigkeit starker Niederschläge an auf im Mittel 27 Tage. In den Jahren 1999 und 2016 wurden Höchstwerte von 46 und 41 Tage gezählt.

Im Winter fällt der Niederschlag auch als Schnee. Ab 1871 bis 1990 wurden im Mittel 25 bis 31 Tage mit einer Schneedecke von mindestens 1 Zentimeter beobachtet. Dabei schwankten die Einzeljahre sehr stark, zwischen mehr als 70 Tage bis weniger als 10 Tagen. Die längste Dauer erreichte im Jahr 1963 74 Tage, 1974 war es dagegen nur 1 Tag. Ab 1990 ging die Anzahl der Tage mit Schneedecke generell zurück. Im Mittel sind es heute noch 18 Tage. Trotz des generellen Rückgangs gibt es aber Ausreisser. So wurden 2010 59 Tage mit Schneedecke gezählt, 2020 gab es hingegen keinen einzigen Tag mit Schneedecke. Dieser Rückgang der Schneedecke stimmt gut überein mit dem beobachteten Rückgang der Frost- und Eistage im Winter.

Zum Schluss ein Blick auf die Entwicklung der jahreszeitlichen Niederschlagsverhältnisse in Basel (Abb. 4). Grundsätzlich fällt im Sommer mit mehr als 250 Millimetern am meisten Niederschlag. Im Winter ist es hingegen mit 100 bis 150 Millimetern nur etwa die Hälfte. Die Niederschlagsmengen im Frühling und Herbst betragen rund 200 Millimeter und liegen im vergleichba-

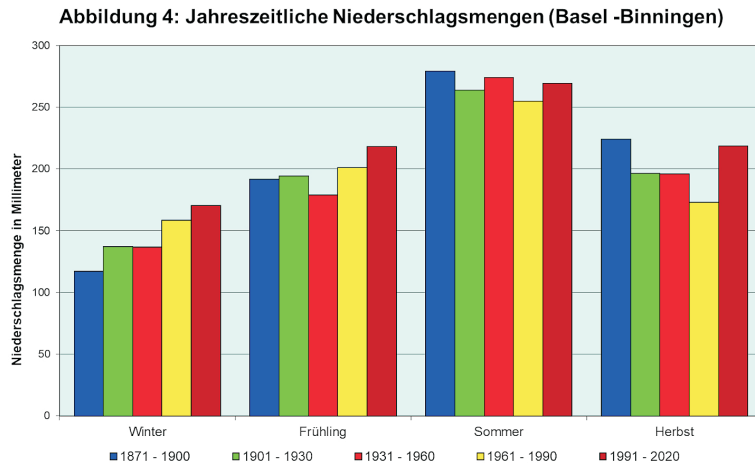


Abb. 4 Jahreszeitliche Unterschiede der Niederschläge. Im Sommer ist die Niederschlagsmenge doppelt so hoch wie im Winter. Dabei hat die Niederschlagsmenge im Winter stetig zugenommen. Im Sommer hingegen ist ein leichter Rückgang zu beobachten.

ren Bereich. Seit 1871 bis heute hat die winterliche Niederschlagsmenge deutlich zugenommen und auch im Frühling zeigt sich eine leichte Zunahme. Im Sommer hingegen ist eine leichte Abnahme der Niederschlagsmenge zu beobachten. Die Winter werden also feuchter, die Sommer aber trockener. Diese jahreszeitlichen Verschiebungen beim Niederschlag, zusammen mit den thermischen Änderungen, wirken sich entsprechend bei Flora und Fauna aus: Der Beginn der Vegetationszeiten ist heute früher.

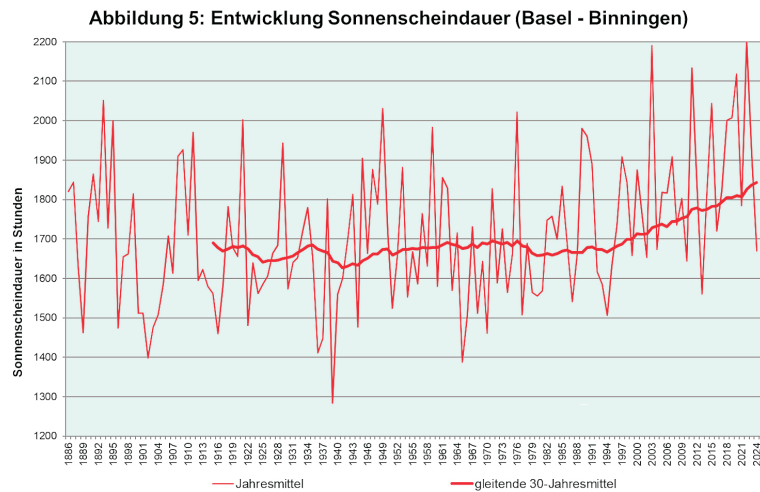
4 Entwicklung der Sonnenscheindauer

Die Messung der Sonnenscheindauer begann in Basel 1886. Dabei dient eine exakt geschliffene Glaskugel als Brennglas, mit deren Hilfe bei Sonnenschein auf einem Kartonstreifen eine Brenns spur erzeugt wird. Deren Länge und Verteilung wird täglich ausgemessen. Sie repräsentiert die Länge der Sonnenscheindauer.

Im langjährigen Mittel schwankt die mittlere Sonnenscheindauer zunächst nur gering, sie liegt im Jahr zwischen 1'600 und 1'700 Stunden (Abb. 5). Die Einzeljahre unterscheiden sich allerdings stark. In sonnenreichen Jahren werden bis 2'000 Stunden gemessen, in sonnenarmen Jahren können es weniger als 1'400 Stunden sein. Im Jahr 1939 wurden als absolutes Minimum der Messreihe nur 1'284 Stunden gezählt.

Ab 1990 setzt eine stetige Zunahme der Sonnenscheindauer ein, auf heute im 30-Jahresmittel über 1'800 Stunden. Im Jahr 2022 wurden erstmals 2'000 Stunden gemessen, 2024 hingegen nur 1'670 Stunden.

Abb. 5 Die Sonnenscheindauer wird ab 1886 gemessen und zeigt große Unterschiede von Jahr zu Jahr. Erst nach 1990 steigt die Zahl der Sonnenstunden an.



5 Entwicklung der Sichtweiten

Die Sichtweite wird in Basel-Binningen seit 1971 beobachtet. Dabei wird zu den drei Terminabmessungen (06:45, 12:45 und 18:45 MEZ) jeweils von Auge die Sichtweite bestimmt anhand markanter Punkte im näheren und weiteren Umfeld der Station. Als Merkpunkte für kurze Sichtweiten dienen Bäume oder Gebäude vor allem im südlichen Sektor. Eine markante Sichtschwelle in mittlerer Distanz ist zum Beispiel der Blauenkamm im Süden, in einer Entfernung von 10 Kilometer. Die maximale Sichtmarke Richtung Westen sind die Vogesen in mehr als 50 Kilometer Entfernung.

Die Resultate dieser mehr als 50-jährigen Messreihe sind in Abb. 6 zusammengestellt, wobei nur die Beobachtungen zum Mittagstermin verwendet wurden. Jede Säule in der Grafik zeigt die Häufigkeit der verschiedenen Sichtweiten im entsprechenden Jahr. Zuunterst ist die Häufigkeit der geringsten Sichtweiten von weniger als 10 Kilometer dargestellt. Die Häufigkeit der besseren Sichtweiten sind darüber gestapelt. Zuoberst ist die Häufigkeit der weitesten Sicht von mehr als 50 Kilometer, der Sicht bis zu den Vogesen, dargestellt.

Bei der Veränderung der Sichtweite fallen zwei Entwicklungen auf. Geringe Sichtweiten von weniger als 10 Kilometer nehmen mit den Jahren ab, von ursprünglich 30 % auf heute noch knapp 10 %. Die Fernsicht von mehr als 50 Kilometern wird in diesem Zeitraum seit 1971 immer häufiger. In den 70er-Jahren waren es noch weniger als 10 Prozent pro Jahr. Ab 2010 liegen die Tage mit Vogesensicht um 30 Prozent. Die Häufigkeit guter Sichtweite hat sich im Laufe der Jahre markant verbessert.

Bestätigt wird diese Entwicklung der Beobachtung der Sichtweiten durch weitere Erhebungen. In der Periode von 1930 bis 1960 wurden jährlich im Schnitt rund 40 Nebeltage (Sichtweite weniger als 1 Kilometer) gezählt, danach nehmen die Nebeltage ab. In der Normperiode 1990 bis 2020 sind es im langjährigen Mittel mit 20 Tagen pro Jahr nur noch die Hälfte. Dabei bestehen von Jahr zu Jahr natürlich grosse Unterschiede. So wurden im Jahr 2023 nur 7 Nebeltage gezählt, 2021 waren es 32 Tage.

Seit den 1980er-Jahren führt auf dem Areal der meteorologischen Station Basel-Binningen die EMPA Dübendorf auch lufthygienische Messungen durch (Station des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe). Diese Messungen belegen von 1980 bis heute einen Rückgang der

Luftbelastung durch Feinstaub (PM10) von 40 auf weniger als 10 Mikrogramm pro Kubikmeter. Die Verbesserung der Sichtweite ist damit vor allem auf den Erfolg der lufthygienischen Massnahmen zurückzuführen.

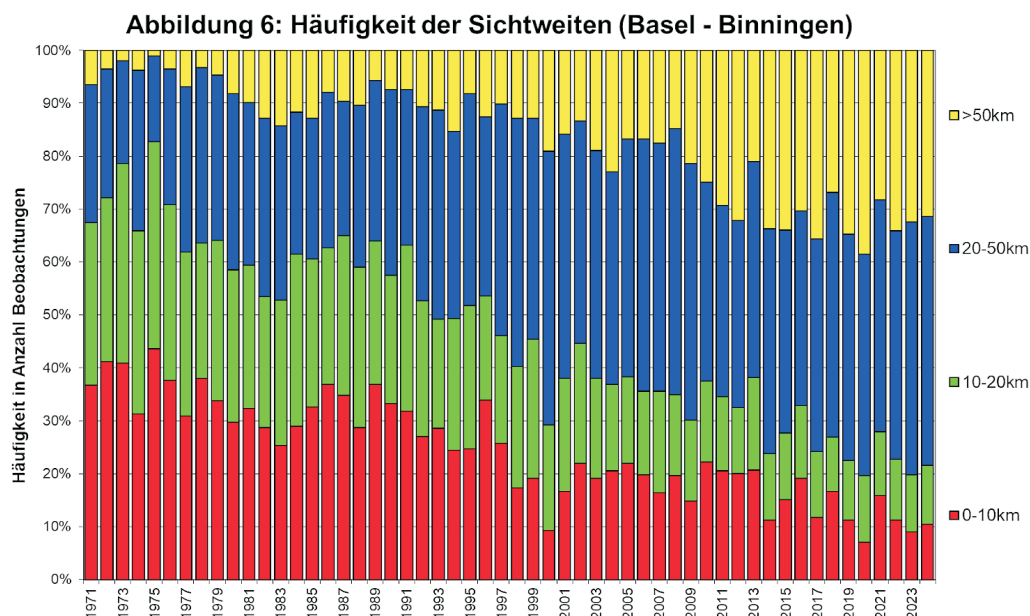


Abb. 6 Die Entwicklung der Häufigkeit der Sichtweiten belegt eine deutliche Verschiebung in den vergangenen 50 Jahren. Geringe Sichtweiten von weniger als 10 Kilometer haben abgenommen, Fernsichtweiten bis zu den Vogesen (über 50 Kilometer) haben zugenommen. Grund dieser positiven Entwicklung ist die Reduktion der Staubbelastung in der Luft dank lufthygienischer Massnahmen.

6 Fazit

Die langjährige Klimamessreihe Basel bestätigt eindrücklich, dass die globale Klimaveränderung sich auch in lokalen Daten in Basel bestätigt. Die Temperaturänderung setzt ab 1900 früher ein als die Änderung bei den Niederschlägen und der Sonnenscheindauer. Bei diesen Klimaelementen sind erst ab den 1990er-Jahren Verschiebungen zu beobachten. Solche Klimaänderungen sind weltweit zu beobachten und sie sind hauptsächlich eine Folge der durch den Menschen verursachten Zunahme der Treibhausgase in der Atmosphäre.

Diese Klimaveränderungen zeigen deutlich, dass eine konsequente Reduktion der Klimagase, beziehungsweise die Verminderung der Emissionen von fossilen Brennstoffen dringend notwendig ist. Die Regierung des Kantons Basel-Stadt hat dazu zunächst die Folgen der Klimaänderung und den Handlungsbedarf dargelegt (*Regierungsrat Basel-Stadt 2011*) und anschliessend in einer weiteren Dokumentation die zugehörige Strategie entwickelt (*Regierungsrat Basel-Stadt 2023*). Daneben kann aber auch durch bau- und stadtplanerische Massnahmen wie zum Beispiel Begrünungen und Entsiegelungen lokal in Städten viel erreicht werden. Diese Massnahmen können die thermische Belastung vor Ort mindern. Ein Beispiel erfolgreicher lokaler Massnahmen sind die lufthygienischen Verbesserungen, welche ab den 1980er Jahren durch konsequente Emissionsreduktionen erreicht worden sind.

Literatur

- Moser H.R. 1986. Stadtklimatische Aspekte der Agglomeration Basel. *Regio Basiliensis* 27(3): 199–209.
- Bider M., Schüepp M. & von Rudloff, H. 1959. Die Reduktion der 200jährigen Basler Temperaturreihe: *Archiv.Met.Geoph.Bioklim.*, Serie B, Band 9: 360–412.
- MeteoSchweiz 2000. *Alte meteorologische Instrumente*. Zürich, 1–90.
- Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt (Hrsg.) 2011. *Bericht über die Folgen des Klimawandels im Kanton Basel-Stadt Handlungsmöglichkeiten und Handlungsbedarf aufgrund der Klimaänderung in Basel-Stadt*. Basel. 1–117.
- Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt (Hrsg.) 2023. *Klimaschutzstrategie Kanton Basel-Stadt Teil 1 – Netto-Null 2037*. Basel, 1–55.
- Schweizerische Eidgenossenschaft Bundesrat (Hrsg.) 2021. *Langfristige Klimastrategie der Schweiz*. Bern, 1–64.

Internetlinks

 www.klimabasel.ch