Sachverhalt

Aktuelle Klimaprognosen sehen grundsätzlich neben einer Erwärmung und einer veränderten Niederschlagsverteilung (trockenere Sommer und feuchtere Winter) eine Zunahme von Extremwetterereignissen vor. Die zentrale Fragestellung der vorliegenden klimatologischen Auswertung für das Stadtgebiet Nürnberg war, ob sich diese klimatischen Veränderungen in den historischen Messwerten bereits widerspiegeln und ob sich langjährige Trends erkennen lassen. Die Trendanalyse beschränkte sich auf die Auswertung von Temperatur- und Niederschlagswerten, die von mehreren Messstationen im Stadtgebiet erfasst werden.

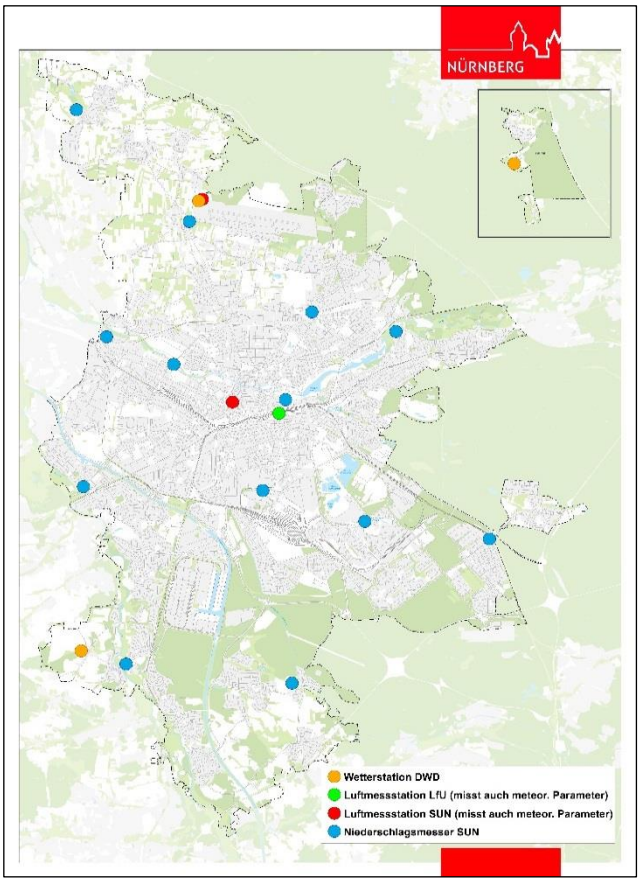
Messstationen im Stadtgebiet

In Nürnberg gibt es 19 Stationen zur Messung meteorologischer Parameter, die über das gesamte Stadtgebiet verteilt sind.

- Der Deutsche Wetterdienst (DWD) betreibt insgesamt drei Messstationen in Nürnberg. Die Flugwetterwarte „Nürnberg-Flughafen“ und die Messstation „Nürnberg-Netzstall“, die beide eine Vielzahl an meteorologischen Daten (Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchte, Globalstrahlung, Windrichtung und –geschwindigkeit, etc.) erheben, sowie einen Niederschlagsmesser in Nürnberg-Krottenbach.

- SUN betreibt, über das Stadtgebiet verteilt, 13 Niederschlagsmesser. Zudem erheben die Luftmessstationen am Flugfeld und am Jakobsplatz neben den Luftschadstoffwerten auch Temperatur- und Niederschlagswerte.

- Am Bahnhof (Köhnstraße) steht zudem eine Luftmessstation des Landesamts für Umwelt (LfU), die neben den Luftschadstoffwerten ebenso Temperatur- und Niederschlagswerte erhebt.



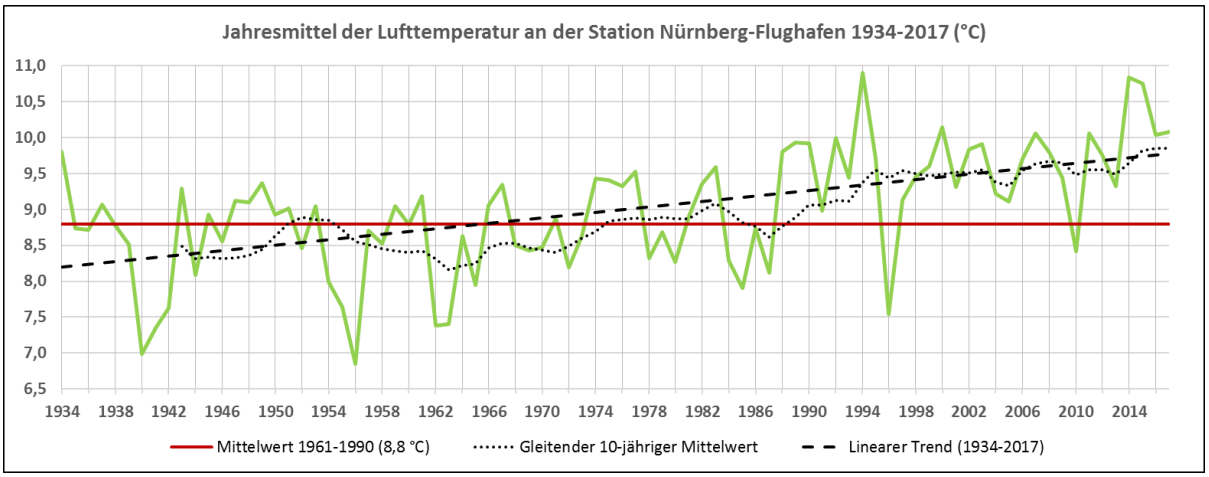
METEOROLOGISCHE MESSSTATIONEN IN NÜRNBERG

Hinsichtlich der Dauer der Messreihen an diesen Stationen ergeben sich allerdings große Unterschiede. Für klimatologische Auswertungen eignen sich die drei DWD-Stationen, die alle über mindestens 30-jährige Messreihen verfügen. Die Stationen von SUN und vom LfU weisen kürzere Messreihen auf (Messbeginn meist erst nach 2000/2010) und werden daher als Vergleichsstationen herangezogen. Somit bezieht sich die klimatologische Auswertung v.a. auf die DWD Station Nürnberg-Flughafen, die über sehr lange Messreihen (monatliche Temperaturdaten seit 1933/34, tägliche Temperatur- und Niederschlagsdaten seit 1955/56 und stündliche Niederschlagsdaten seit 1995) verfügt und auch hinsichtlich der Datenqualität die beste Station in Nürnberg darstellt.

Temperaturentwicklung

Jahres- und Monatsmitteltemperaturen

Der allgemeine Trend zur Erwärmung in Nürnberg ist deutlich erkennbar. Insbesondere seit den 1960er und nochmal verstärkt seit den 1990er Jahre ist die Jahresmittel-Lufttemperatur im langjährigen Mittel signifikant gestiegen. 7 der 10 wärmsten Jahre seit 1934 sind seit der Jahrtausendwende gemessen worden. In den letzten 30 Jahren waren nur zwei Jahre nicht wärmer als der langjährige Mittelwert der Klimareferenzperiode 1961-1990. Der lineare Trend zeigt im Zeitraum 1934-2017 derzeit eine Temperaturzunahme von 1,5°C.



ENTWICKLUNG DER JAHRESMITTEL-LUFTTEMPERATUR AN DER STATION NÜRNBERG-FLUGHAFEN 1934-2017 (DATENGRUNDLAGE: DWD CLIMATE DATA CENTER)

Die Erwärmung vollzieht sich in allen Monaten, wobei die Messwerte der Station Flughafen belegen, dass die höchsten Zuwächse derzeit im meteorologischen Winter (Dez-Feb), insbesondere in den Monaten Dezember und Januar, zu verzeichnen sind. Der meteorologische Herbst (Sept-Nov), insbesondere die Monate September und Oktober verzeichnen dagegen die geringsten Zuwächse.

Betrachtet man den Zeitraum Januar-August, so war das Jahr 2018 bislang das wärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnung am Flughafen im Jahr 1934. Während der Januar 2018 der zweitwärmste seit Messbeginn ist, stellen der April und Mai 2018 neue Wärmerekorde auf. Zudem war der August 2018 bislang der drittwärmste seit 1934. Insgesamt ist der meteorologische Frühling (Mrz-Mai) 2018 der wärmste und der meteorologische Sommer (Jun-Aug) 2018 der zweitwärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnung an der Station Flughafen. Diese Tatsache lässt sich deutschlandweit auch seit Beginn der flächendeckenden Wetteraufzeichnung in 1881 feststellen.

Heiße Tage und Hitzewellen

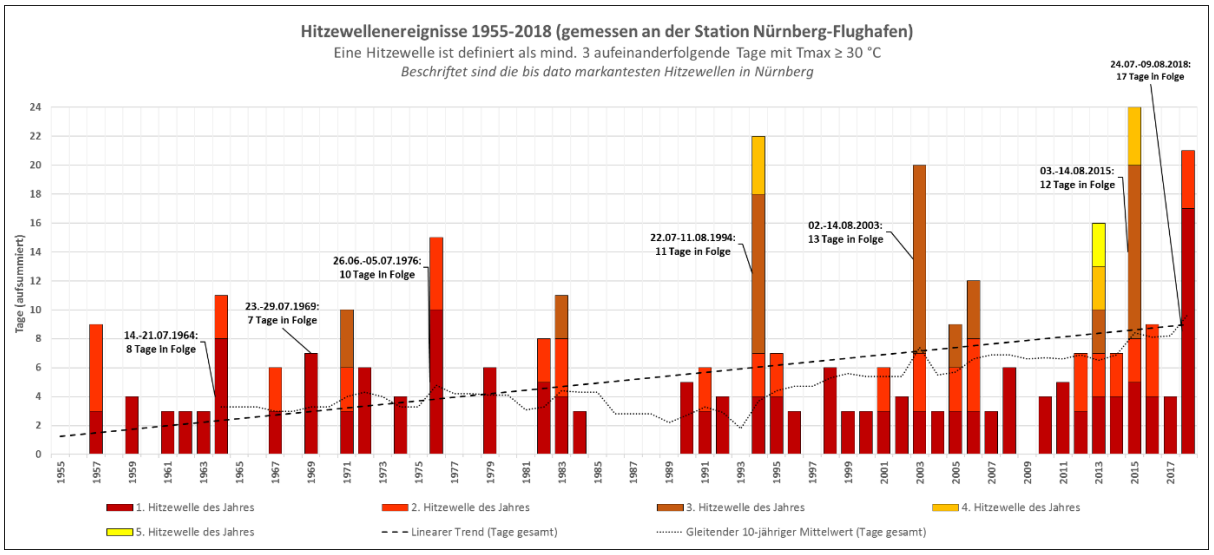
Neben den Jahres- und Monatsmitteltemperaturen ist an den Messstationen im Stadtgebiet von Nürnberg auch ein deutlicher Anstieg der heißen Tage (Tagesmaximum der Lufttemperatur ≥ 30°C) zu verzeichnen. Diese Klimakenngröße stellt neben den Tropennächten (Minimum der Lufttemperatur zwischen 20-08 Uhr ≥ 20°C) einen wichtigen Indikator für die Hitzebelastung der Bevölkerung dar.

Bis Ende August war 2018 mit 28 gemessenen heißen Tagen an der Station Nürnberg-Flughafen das Jahr mit den drittmeisten heißen Tagen seit 1956. An der Station Nürnberg-Netzstall wurde mit 33 heißen Tagen bis zum 31.08.2018 bereits sogar ein neuer Rekordwert erreicht.

Messstation	Mittelwert 1961-1990	Mittelwert 1981-2010	1994	2003	2015	2018 (bis 31.8.)
Nürnberg-Flughafen	7,8	10,0	27	30	33	28
Nürnberg-Netzstall	-	9,0	24	30	32	33

ANZAHL DER HEIßEN TAGE (TMAX ≥ 30°C) FÜR DIE STATIONEN NÜRNBERG-FLUGHAFEN UND NÜRNBERG-NETZSTALL (DATENGRUNDLAGE: DWD CLIMATE DATA CENTER)

Die größte Belastung für die Bevölkerung stellen Hitzewellen dar. Im sogenannten „Jahrhundertsommer“ 2003 wurden europaweit tausende Hitzetode gemeldet. Als gängige Definition einer Hitzewelle wird ein Zeitraum von mindestens 3 aufeinanderfolgenden heißen Tagen (Tagesmaximumwerte ≥ 30°C) verwendet. Auf Grundlage dieser Definition wurden die vergangenen Hitzewellenereignisse in Nürnberg seit 1955 für die Station Nürnberg-Flughafen ausgewertet.



GEMESSENE HITZEWELLENEREIGNISSE IN NÜRNBERG SEIT 1955 (DATENGRUNDLAGE CLIMATE DATA CENTER DWD)

Als Jahre mit besonders markanten Hitzewellen in Nürnberg gelten die Jahre 1964, 1969, 1976, 1994, 2003, 2015 und eben nun auch 2018. Die Hitzewelle vom 24. Juli bis 09. August 2018 stellt hinsichtlich der Dauer einen neuen Rekordwert dar: Es blieb insgesamt 17 Tage in Folge über 30°C. Dies übertrifft die bisherigen Rekorde von 2003 (13 heiße Tage in Folge), 2015 (12 heiße Tage in Folge) und 1994 (11 heiße Tage in Folge).

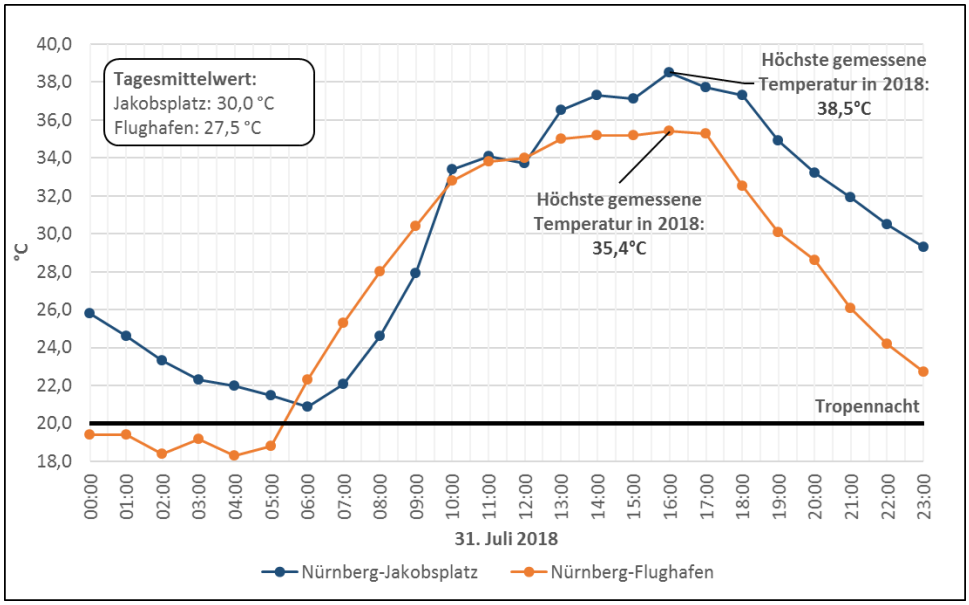
Betrachtet man die Intensität der Hitzewelle, so liegt die Hitzewelle von 2018 mit einer mittleren Tagesmaximaltemperatur von 32,9°C allerdings hinter der Hitzewelle aus dem Jahr 2003 (34,6°C) und der Hitzewelle aus dem Jahr 2015 (33,9°C). Auch die absoluten Tagesmaximumwerte lagen im Jahr 2018 etwas niedriger.

Insgesamt zeigt sich ein deutlicher Trend zu einer Zunahme dieser Hitzewellenereignisse. Seit den 1990er Jahren kam es fast jedes Jahr mindestens zu einer Hitzewelle – oft waren mehrere Hitzewellenereignisse pro Sommer zu verzeichnen. Auch die Dauer der Hitzewellen nimmt zu. Der lineare Trend stellt im Zeitraum 1955-2018 einen Zuwachs von 8 „Hitzewellentagen“ dar.

Die aktuellen Klimaprojektionen sehen in Zukunft eine Zunahme an Hitzewellen, sowohl in der Dauer als auch in der Intensität, voraus, insbesondere da solche Hochdruckwetterlagen wie sie Ende Juli bis Mitte August 2018 herrschten, verstärkt auftreten sollen.

Wärmeinseleffekt und Tropennächte

Die DWD-Messstationen am Flughafen und in Netzstall liegen beide am Stadtrand von Nürnberg und eignen sich daher nur bedingt dazu Aussagen zur Wärme-/Hitzebelastung in der Innenstadt zu treffen. Ein Vergleich der Temperaturdaten zwischen den DWD-Stationen und den Luftmessstationen von SUN (Jakobsplatz) und vom LfU (Köhnstraße) zeigt, dass die Bewohner dicht bebauter Innenstadtbereiche mit einer ungleich höheren Hitzebelastung leben müssen, als Bewohner der Stadtrandlagen (eine detaillierte Modellierung des innerstädtischen Klimas bietet das Stadtklimagutachten von 2014[1]). Hier wird der sog. Wärmeinseleffekt erkennbar. So liegen im Sommer die Temperaturen an den Innenstadt-Stationen Jakobsplatz und Köhnstraße im Mittel 2°C über den Stadtrand-Stationen Flughafen und Netzstall. Der Mittelwert spiegelt allerdings nicht die z.T. sehr großen Temperaturunterschiede im Tagesverlauf wider, die bis zu 7°C betragen können.



TEMPERATURVERGLEICH DER STATIONEN NÜRNBERG-FLUGHAFEN UND NÜRNBERG-JAKOBSPLATZ AM 31. JULI 2018 (DATENGRUNDLAGE: SUN & CLIMATE DATA CENTER DWD)

Der 31. Juli war bislang der heißeste Tag im Jahr 2018. Während sich die Tagesmittelwerte der Stationen Nürnberg-Flughafen und Nürnberg-Jakobsplatz um 2,5°C und die Tagesmaximumwerte um 3,1°C unterscheiden, liegen die Stundenmittelwerte zwischen -3,4°C (12:00 Uhr) und +6,6°C (23:00 Uhr) auseinander. Im Tagesverlauf eines Sommertags sind diese Temperaturunterschiede zwischen dicht bebauter Innenstadt und Stadtrand typisch: Ab der Mittagszeit erwärmt sich die Luft in der Stadt schneller als im Umland und erreicht am Nachmittag üblicherweise die Spitzenwerte. Durch die dichte Bebauung kühlt die Luft anschließend nur langsam ab, sodass die Nachtemperaturen auf relativ hohem Niveau bleiben. Zum frühen Morgen bis mittags gleichen sich die Temperaturen zwischen Innenstadt und Stadtumland wieder an, bzw. fallen in der Differenz oft ins Negative, bis nachmittags wieder die verstärkte Erwärmung in der Innenstadt einsetzt.

Am Beispiel des 31. Juli 2018 ist zu erkennen, dass an der Messstation am Jakobsplatz eine Tropennacht (die Nachttemperaturen fielen nicht unter 20°C) gemessen wurde, am Flughafen allerdings nicht. Dieser Effekt zeigte sich auch während der 17-tägigen Hitzewelle vom 24. Juli bis 09. August 2018: Am Jakobsplatz wurden in diesem Zeitraum insgesamt 13 Tropennächte gemessen, am Flughafen dagegen nur eine Tropennacht. Diese Tropennächte werden für die

[1] https://www.nuernberg.de/imperia/md/umweltamt/dokumente/klima_energie/klimaanalyse-nuernberg_gutachten_rev01_komp_ohnekarten.pdf

Stadtbevölkerung als sehr belastend empfunden, da die körperliche Regeneration über Nacht erschwert wird.

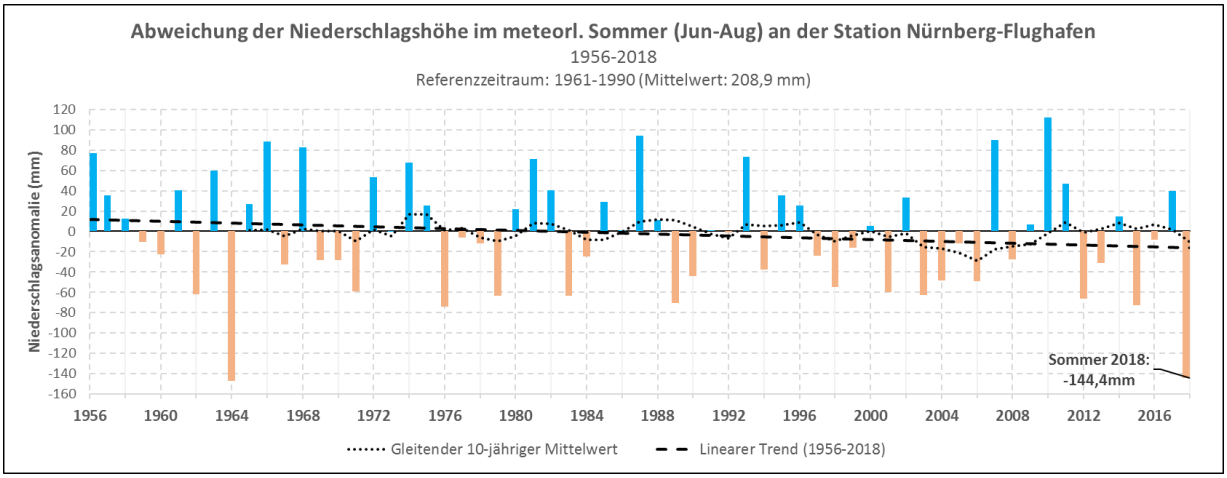
Niederschlagsentwicklung

Jahres- und Monatssummen

Anders als bei der Temperatur lässt sich beim Niederschlag bislang kein klarer Trend einer Klimaveränderung erkennen. Die Trendanalyse der Messstationen DWD Flughafen, Netzstall und Krottenbach ergab keine einheitliche und signifikante Veränderung der Jahresniederschlagssumme (Flughafen leichter Rückgang, Netzstall und Krottenbach leichter Zuwachs). Auch hinsichtlich der einzelnen Monate und Jahreszeiten lassen sich keine eindeutigen Trends feststellen. Die von den Klimamodellen – allerdings mit gewissen Unsicherheiten – prognostizierten trockneren Sommer und feuchteren Winter sind in den Messdaten bislang nur ansatzweise zu erkennen (leichte Zunahme im Januar, leichte Abnahme im Juni und Juli).

Trockenheit

Neben der markanten Hitzewelle war der Sommer 2018 v.a. durch die außergewöhnliche Trockenheit bestimmt, die grundsätzlich schon seit Februar vorherrschte. Bis auf den Mai 2018 lag der gemessene Niederschlag aller Monate seit Februar z.T. weit unter den langjährigen Mittelwerten (an allen Niederschlagsmessern im Stadtgebiet). Insbesondere der Februar (6,8mm), April (16,0mm), Juni (17,8mm) und August (2,5mm) waren von außergewöhnlicher Trockenheit bestimmt. Der meteorologische Sommer 2018 gilt nach dem Sommer 1964 als 2. trockenster Sommer seit Beginn der entsprechenden Aufzeichnungen (1925) in Nürnberg. Am Flughafen wurde im Sommer 2018 ein Niederschlagsdefizit von 144mm im Vergleich zur Klimareferenzperiode 1961-1990 gemessen.



NIEDERSCHLAGSANOMALIE IM METEOROLOGISCHEN SOMMER AN DER STATION NÜRNBERG-FLUGHAFEN 1956-2018 (DATENGRUNDLAGE CLIMATE DATA CENTER DWD)

Die Auswirkungen dieser anhaltenden Trockenheit sind im Stadtbild von Nürnberg deutlich erkennbar; sehr trockene Böden und Wassermangel zeigten sich u.a. in Form von verdorrten Grünflächen und sich früh verfärbenden Laubbäumen, wie die nachfolgenden Aufnahmen vom Luidpoldhain belegen.



LUITPOLDHAIN, AUFGENOMMEN AM 17. APRIL, 29. JUNI UND 16. AUGUST 2018

Starkregenereignisse

Aktuelle Klimamodelle prognostizieren generell eine Zunahme von Starkregenereignissen. Allerdings sind die Prognosen noch mit starken Unsicherheiten behaftet. Starkregenereignisse werden gemäß den Unwetterwarnkriterien vom DWD in drei Kategorien eingeteilt: >15 mm/Stunde (Warnung vor markantem Wetter - Stufe 2), >25 mm/Stunde (Unwetterwarnungen – Stufe 3) und >40 mm/Stunde (Warnung vor extremen Unwetter – Stufe 4). Für die Analyse der Starkregenereignisse sind somit stündliche Niederschlagswerte notwendig, die für die Messstationen im Stadtgebiet allerdings frühestens seit 1995 (Nürnberg-Flughafen) vorliegen. Die meisten Stationen haben jedoch erst seit 2005 stündliche Niederschlagswerte. Somit sind keine 30-jährigen Zeitreihe vorhanden, die Aussagen zu klimatischen Veränderungen zulassen. Hinzu kommt das Starkregenereignisse lokal sehr begrenzt auftreten, was bezüglich der Auswertung einzelner Messstationen immer beachtet werden muss.

Die Analyse bisheriger Messdaten seit 1995/2005 ergab, dass es im Schnitt zu weniger als einem Starkregenereignis pro Jahr kommt; auch wenn dies subjektiv durch immer wiederkehrende Ereignisse (z.B. eingestaute Unterführungen) in den letzten Jahren durchaus anders wahrgenommen wird. Ein signifikanter Trend zu einer Zunahme der Ereignisse ist, gerade auch im Vergleich der Messstationen untereinander, bisher nicht zu erkennen.

Schlussfolgerungen für die Klimaanpassung in Nürnberg

Vor dem Hintergrund der gemessenen Klimaveränderungen wird deutlich, dass der Klimawandel kein Phänomen der Zukunft ist, sondern bereits in Nürnberg angekommen ist. Das Jahr 2018 hat bislang bezüglich der Monatsmitteltemperaturen, Hitzebelastung und Trockenheit außergewöhnliche Werte erreicht. Insbesondere die 17 Tage andauende Hitzewelle im Juli/August 2018 mit Temperaturen von über 30°C und 13 Tropennächten im dicht besiedelten Innenstadtbereich zeigt, dass weitergehende Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel erforderlich sind. Wenngleich sich dieser Sommer– gerade in der Kombination aus Hitze und Trockenheit – sich sicherlich so nicht jedes Jahr wiederholen wird, zeigen die Trendanalysen der historischen Messdaten und die aktuellen Klimaprognosen, dass in Zukunft verstärkt mit derartigen Extremereignissen auch in Nürnberg gerechnet werden muss.

Gerade der Trend der jährlichen Erwärmung und der Zunahme von Hitzeereignissen ist deutlich. Dieser Trend deckt sich auch mit den bayern- und deutschlandweiten Beobachtungen des Deutschen Wetterdienstes und des Landesamtes für Umwelt (KLIWA Projekt). Dagegen müssen die Veränderung der jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung, sowie zunehmende Trockenheitsperioden und Starkregenereignisse vorsichtiger interpretiert werden, da eindeutige Trends – obgleich des Sommers 2018 – derzeit noch nicht festzustellen sind. Auch sind die Klimaprognosen bezüglich des Niederschlags stets mit höheren Unsicherheiten behaftet, als bezüglich der Temperatur. Dennoch müssen auch Trockenperioden und Starkregenereignisse im Blickfeld bleiben, die hohe Schäden verursachen und Gefahren für die Bevölkerung in Nürnberg nach sich ziehen können.

Das Umweltamt hat sich im Bereich der Klimaanpassung bereits frühzeitig auf das Thema Hitze konzentriert und mehrere Projekte und Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung

im Stadtgebiet durchgeführt (z.B. ExWoSt Projekt „Sommer in der Stadt“, Ratgeber Hitze und Gesundheit in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt, Handbuch Klimaanpassung, Stadtklimagutachten, Klimafahrplan 2010-2050, Förderung von Hinterhof- und Dachbegrünung in Zusammenarbeit mit dem Stadtplanungsamt, etc). Auch in der Bauleitplanung werden Aspekte der Klimaanpassung stets eingebracht, wie z.B. das Offenhalten der Kaltluftschneisen im Stadtgebiet oder der Erhalt, bzw. die Neuanlage von Grünflächen, die für das Lokalklima und die Reduzierung des Wärmeinseleffekts von großer Bedeutung sind.

Vor dem Hintergrund der bereits stattfindenden Klimaveränderungen müssen diese Maßnahmen fortgeführt und intensiviert werden. Die Hitzebelastung ist aktuell und wohl auch künftig die relevanteste Klimafolge für Nürnberg und deren Vermeidung und Reduzierung muss daher integraler Bestandteil der Nürnberger Stadtentwicklungsplanung sein.

Um zukünftig sowohl das Monitoring der Klimaveränderungen und Klimafolgen in Nürnberg kontinuierlich fortzuführen, als auch Klimaanpassungsmaßnahmen in weiteren Handlungsfeldern (z.B. Hochwasser- und Überflutungsschutz, Verkehr/Mobilität) zusammen mit den betreffenden Dienststellen (SÖR, Gh, SUN, Stpl, WWA etc.) anzustoßen bzw. zu intensivieren, bedarf es allerdings weiterer personeller Kapazitäten.