



Berlin im Klimawandel

# Klimafolgenmonitoring des Landes Berlin

## Sachstandsbericht 2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Auswahl der Indikatoren .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Statistische Auswertung .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Indikatoren .....</b>	<b>5</b>
4.1	State-Indikatoren.....	5
4.1.1	Lufttemperatur.....	6
4.1.1.1	<i>Jahresmitteltemperaturen der letzten 30-Jahres-Zeiträume.....</i>	<i>7</i>
4.1.2	Temperaturkenttage warm .....	7
4.1.2.1	<i>Sommertage.....</i>	<i>7</i>
4.1.2.2	<i>HeiÙe Tage .....</i>	<i>8</i>
4.1.2.3	<i>Tropennächte .....</i>	<i>8</i>
4.1.3	Temperaturkenttage kalt.....	9
4.1.3.1	<i>Frosttage .....</i>	<i>9</i>
4.1.3.2	<i>Eistage .....</i>	<i>10</i>
4.1.4	Niederschlag.....	10
4.1.5	Thermische Vegetationsperiode .....	11
4.2	Impact-Indikatoren.....	12
4.2.1	Naturschutz und Biodiversität.....	12
4.2.1.1	<i>Phänologische Vegetationszeit .....</i>	<i>13</i>
4.2.1.2	<i>Ankunfts- und Abflugzeiten von Zugvögeln .....</i>	<i>14</i>
4.2.1.3	<i>Häufige Brutvogelarten.....</i>	<i>15</i>
4.2.2	Boden .....	16
4.2.2.1	<i>Verhältnis unversiegelte/versiegelte Fläche .....</i>	<i>16</i>
4.2.3	Luft.....	17
4.2.3.1	<i>Ozon .....</i>	<i>18</i>
4.2.3.2	<i>NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>.....</i>	<i>18</i>
4.2.3.3	<i>Feinstaub (PM<sub>10</sub>) .....</i>	<i>19</i>
4.2.4	Gesundheit .....	19
4.2.4.1	<i>Pollenflug Ambrosia .....</i>	<i>20</i>
4.2.4.2	<i>Pollenflug Birke .....</i>	<i>20</i>
4.2.4.3	<i>Qualität Badegewässer .....</i>	<i>22</i>
4.2.5	Forstwirtschaft .....	23
4.2.5.1	<i>Baumartenzusammensetzung .....</i>	<i>24</i>

4.2.5.2	<i>Holzvorrat</i> .....	25
4.2.6	Stadt- und Landschaftsplanung.....	25
4.2.6.1	<i>Bestand Straßenbäume</i> .....	26
4.2.6.2	<i>Zustand Straßenbäume</i> .....	27
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Ausblick</b> .....	<b>30</b>
6.1.1	Abbildungsverzeichnis.....	31
6.1.2	Tabellenverzeichnis .....	31



## 1 Einführung

Neben zahlreichen natürlichen Faktoren ist der anthropogene Einfluss auf den Klimawandel unbestreitbar. Durch die intensive Nutzung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl und Erdgas) sowie Landnutzungsänderungen, wie großflächiger Entwaldung und Trockenlegung von Moorflächen, wurde und wird die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre massiv erhöht. Dadurch wird die globale Erwärmung immer weiter beschleunigt.

Die Auswirkungen der daraus resultierenden Klimaveränderungen sind vielfältig und oftmals kausal miteinander verknüpft. Das tatsächliche Ausmaß der Folgen ist jedoch zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht im Einzelnen absehbar.

Mit einem Indikatoren gestützten Monitoringsystem sollen diese Wissenslücken geschlossen werden.

Ziel dieses Monitorings ist es, möglichst frühzeitig negative Trends zu erkennen und so geeignete Klimaschutz- bzw. Anpassungsmaßnahmen ergreifen zu können.

Mit dem hier vorliegenden ersten Monitoringbericht soll die Grundlage zur Beobachtung des sich vollziehenden Klimawandels und der damit einhergehenden Folgen für das Land Berlin geschaffen werden. Mit dem Bericht wird dem §13 des Berliner Energiewendegesetzes (EWG Bln) Rechnung getragen. Er dient der Informationsbereitstellung für die Öffentlichkeit und Entscheidungsträger in allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens. Für eine kontinuierliche Beobachtung der klimatischen Veränderungen soll der Monitoringbericht zukünftig alle drei Jahre fortgeschrieben werden.

## 2 Auswahl der Indikatoren

Um sowohl die klimatischen Veränderungen an sich als auch die Auswirkungen des sich verändernden Klimas auf alle betroffenen Bereiche möglichst umfangreich darstellen zu können, wurde ein Indikatorensystem erstellt. Die Auswahl der Indikatoren (Tab. 1) erfolgte in Anlehnung an die Indikatorensets der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) und denen anderer Bundesländer, damit sowohl auf regionaler und nationaler als auch auf internationaler Ebene eine bessere Vergleichbarkeit möglich ist. Für die Bezeichnung der Indikatoren sind aus ebendiesem Grund die allgemein gebräuchlichen Anglizismen verwendet worden. State – Indikatoren (Zustands-Indikatoren) sollen den aktuellen Zustand des Klimas widerspiegeln. Anhand von Impact-Indikatoren (Wirkungs-Indikatoren) sollen die Auswirkungen von Klimaänderungen auf Umwelt und Gesellschaft dargestellt werden. Die Auswahl der Indikatoren ist größtenteils auf die Datenverfügbarkeit zurückzuführen und in keiner Weise gewichtet. Für viele der Indikatoren liegen zum jetzigen Zeitpunkt nur wenige Daten, bzw. kurze Datenreihen vor. Für einen Teil der Indikatoren wird sich erst im Zeitverlauf zeigen, ob sich daraus Trends ableiten lassen. Dieser Bericht ist somit eine erste Bestandsaufnahme des bisher beobachteten Klimas und des Ist-Zustandes der gegenwärtigen Klimawirkungen. Generell ist das Monitoring als dynamisches Kontrollsystem zu betrachten, da es jederzeit durch neue geeignete Indikatoren, beispielsweise aufgrund einer verbesserten Datenlage, ergänzt werden kann.

In diesem Bericht werden die Ergebnisse für 22 Indikatoren dargestellt, die für Berlin als relevant eingestuft wurden.

State-Indikatoren			
Kategorie	Kennziffer	Indikator	Realisierbarkeit
Klima und Atmosphäre	S-K-01	Lufttemperatur	1
		Jahresdurchschnittstemperatur	
	S-K-02	Temperaturkenttage warm	1
		Sommertage	
	S-K-03	Heiße Tage	1
	S-K-04	Tropennächte	1
	S-K-05	Temperaturkenttage kalt	1
		Frosttage	
S-K-06	Eistage	1	
S-K-07	Niederschlag	1	
	Trend im Gebietsmittel		
S-K-08	Extremniederschläge	3	
	Thermische Vegetationsperiode	1	
Impact-Indikatoren			
Kategorie	Kennziffer	Indikator	Realisierbarkeit
Luft	I-L-01	Ozon	1
	I-L-02	NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub>	1
	I-L-03	Feinstaub (PM <sub>10</sub> )	1
Wasser	I-W-01	Temperatur Grundwasser	3
		Temperatur Oberflächengewässer	2
		Ökologischer Zustand der Oberflächengewässer	2
I-W-02	Biomasse Phytoplankton; Maxima Algenblüte		
I-W-03	Verbreitung ausgewählte Cyanobakterien	2	
Boden	I-B-01	Verhältnis unversiegelte/versiegelte Fläche	1
	I-B-02	Moormonitoring	2
Naturschutz/ Biodiversität	I-N-01	phänologische Vegetationszeit	1
	I-N-02	Ankunfts- und Abflugzeiten Zugvögel	1
	I-N-03	Häufige Brutvogelarten	1
	I-N-04	überwinternde Fledermäuse	2
	I-N-05	Neozoen	2
Forstwirtschaft	I-F-01	Baumartenzusammensetzung	1
	I-F-02	Holzvorrat	1
	I-F-03	div. Parameter der Level II-Fläche/n <sup>1</sup>	2
Gesundheit	I-G-01	Todesfälle in Folge von Herz-/Kreislaufkrankungen	2
	I-G-02	Todesfälle in Folge von Atemwegserkrankungen	2
	I-G-03	Pollenflug Ambrosia	1
	I-G-04	Pollenflug Birke	1
	I-G-05	Qualität Badegewässer	1
Stadt- und Landschaftsplanung (Stadtklima)	I-S-01	Bestand Straßenbäume	2
	I-S-02	Zustand Straßenbäume	1

Tabelle 1: State- und Impact-Indikatoren (Realisierbarkeit der Indikatoren: 1 – Daten sind verfügbar und auswertbar; 2 – an einer methodischen Aufbereitung der Daten wird gearbeitet; 3 – Aufbereitung und Bewertung derzeit nicht möglich)

<sup>1</sup> Auf forstlichen Dauerbeobachtungsflächen werden Komponenten des Energie- und Stoffhaushaltes und biologische Systemreaktionen der Ökosystemausschnitte anhand von Schlüsselparametern kontinuierlich beobachtet.

### 3 Statistische Auswertung

Für die Indikatoren, für die über längere Zeiträume ausreichend Daten vorlagen, wurden mittels Mann-Kendall-Tendenztest mögliche Trends identifiziert. Darüber hinaus wurden die Datenreihen auf lineare Entwicklungen überprüft. Die daraus abgeleiteten Trends wurden hinsichtlich ihrer Signifikanz bewertet, wobei ein Signifikanzniveau von 5% verwendet worden ist. Liegt die Überschreitungswahrscheinlichkeit bei  $\leq 5\%$ , wurde das Ergebnis als signifikant bewertet; ist sie  $\leq 0,1\%$ , wurde es als hochsignifikant eingestuft.

## 4 Indikatoren

### 4.1 State-Indikatoren

Die so genannten State-Indikatoren umfassen acht Parameter aus dem Bereich Klima und Atmosphäre (Tab. 1). Sie dienen der Zustandsbeschreibung des gegenwärtigen Klimas, der Darstellung klimatischer Entwicklungstrends in zurückliegenden Zeiträumen und sind Bezugsgröße für alle übrigen Indikatoren.

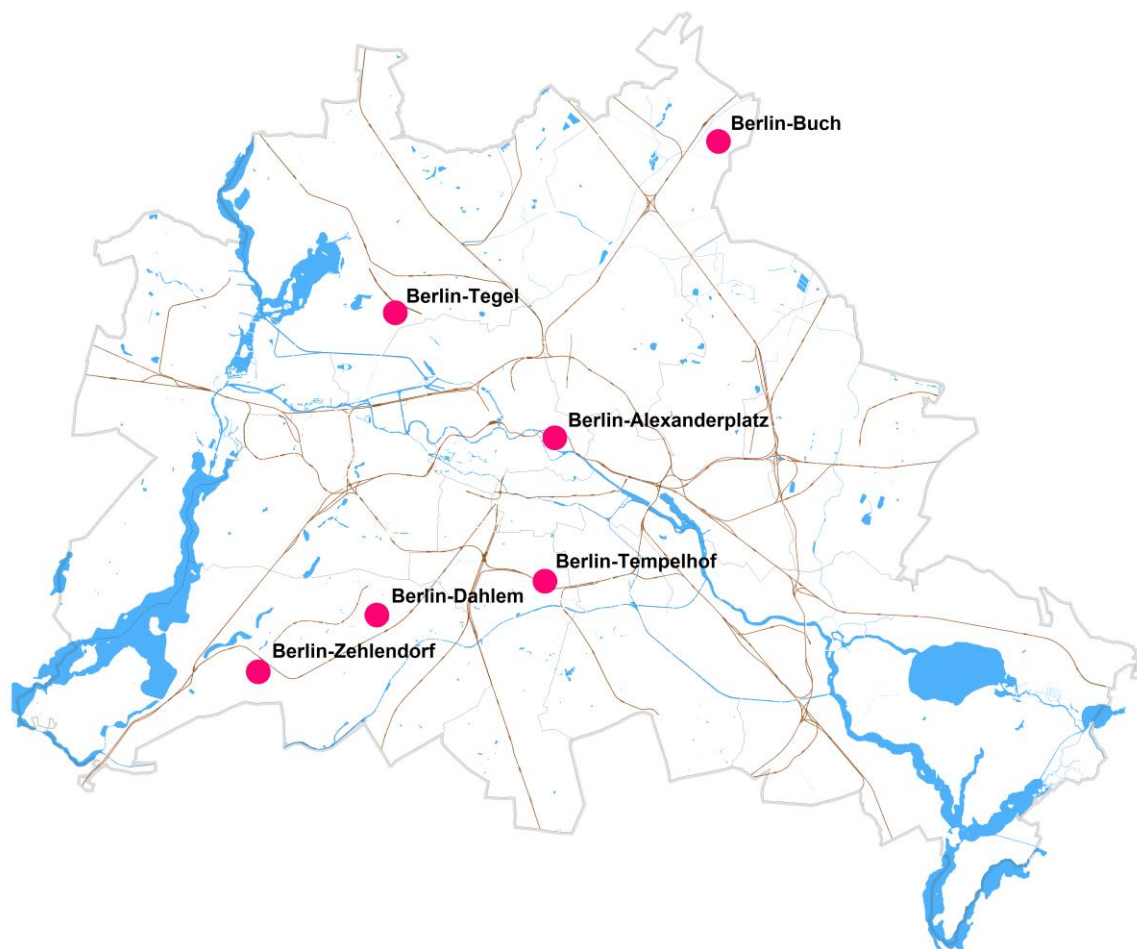


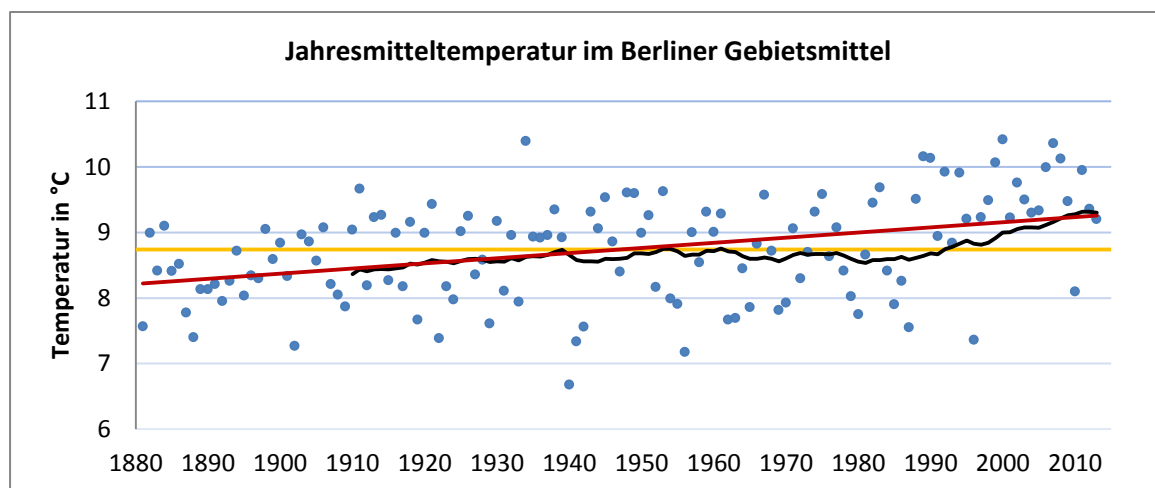
Abbildung 1: DWD-Messstellen im Berliner Stadtgebiet (Darstellung SenStadtUm)

Für die Ermittlung der State-Indikatoren wurden die vom DWD kostenfrei zur Verfügung gestellten Daten der Berliner Messstellen bzw. für das Berliner Gebietsmittel herangezogen.

Bei der Bewertung der State-Indikatoren muss berücksichtigt werden, dass klimatische Parameter natürlichen Schwankungen unterliegen, was die Trendbestimmung, insbesondere für kurze Zeitreihen, erschwert. Um dennoch Aussagen treffen zu können, wurden insbesondere für die Lufttemperatur, die Temperaturkenntage und die thermische Vegetationsperiode jeweils drei gestaffelte 30-Jahres-Zeiträume miteinander verglichen. Bei den Zeiträumen handelt es sich um 1961 bis 1990, 1971 bis 2000 und 1981 bis 2010. Um einen vereinheitlichten Vergleich zu gewährleisten, wurden die Berliner Messstationen gewählt, für die über alle Zeiträume hinweg lückenlose Datenreihen vorliegen. Dies sind die DWD-Messstellen in Buch (Stations-ID 400), Dahlem (Stations-ID 403), Tegel (Stations-ID 430), Tempelhof (Stations-ID 433) und Zehlendorf (Stations-ID 435) (Abb. 1). Für die Darstellung der Tropennächte wurden zusätzlich die Daten der DWD-Messstation Alexanderplatz (Stations-ID 399) ausgewertet.

#### 4.1.1 Lufttemperatur

Seit Beginn der Industrialisierung ist die Lufttemperatur, bedingt durch eine anthropogen verursachte Zunahme der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre, nachweislich angestiegen. Deshalb stellt die Beobachtung der Lufttemperatur in Berlin das Kernstück des Klimafolgenmonitorings dar.



**Abbildung 2: Jahresmitteltemperatur im Berliner Gebietsmittel 1881 – 2013 (gelb: Mittelwert, rot: linearer Trend; schwarz: 30-jähriges gleitendes Mittel (Datengrundlage: DWD, eigene Darstellung)**

Die aufgezeichneten Mitteltemperaturen für den Berliner Raum reichen bis ins Jahr 1881 zurück. Für das Monitoring wurden Zeitreihen der monatlichen Mitteltemperaturen des Gebietsmittels im Zeitraum von 1881 bis 2013 (durch den DWD erstellt am 02.10.2014) ausgewertet (Abb. 2). Gemäß Mann-Kendall-Tendenztest weist diese Datenreihe einen deutlichen Trend auf, aus dem sich ein Temperaturanstieg ableiten lässt. Ein linearer Anstieg lässt sich über diesen Zeitraum jedoch nicht nachweisen, was vermutlich auf die starken jährlichen Schwankungen innerhalb der Zeitreihe zurückzuführen ist. Der Mittelwert der Jahrestemperaturen zwischen 1881 und 2013 liegt bei 8,74°C. Dieser Wert wird in der Zeit nach 1945 deutlich häufiger überschritten als zuvor. Anhand des 30-jährigen gleitenden Mittelwertes lässt sich eine deutliche Erwärmung insbesondere seit 1980 erkennen.

Der monatliche Vergleich der Temperaturdaten des Zeitraumes von 1881 bis 2013 ergab, dass im März und April sowie im August, Oktober und November ein signifikanter linearer Temperaturanstieg erfolgte. Im Juli zeigt sich dieser Trend tendenziell.

Bezogen auf die Jahreszeiten hat somit im Frühling, Sommer und Herbst ein linearer Erwärmungstrend eingesetzt. Im Winter sind über diesen Zeitraum bisher keine signifikanten Temperaturänderungen erkennbar.

#### 4.1.1.1 Jahresmitteltemperaturen der letzten 30-Jahres-Zeiträume

Der 30-Jahres-Vergleich verdeutlicht die Temperaturentwicklung der jüngsten Vergangenheit (Abb. 3). Im Zeitraum 1961 bis 1990 betrug die durchschnittliche jährliche Mitteltemperatur im Berliner Raum 9,1°C. Im Zeitraum 1971 bis 2000 betrug sie 9,4°C, in 1981 bis 2010 bereits 9,7°C. Das bedeutet, dass seit 1961 ein hoch signifikanter linearer Anstieg der durchschnittlichen Mitteltemperaturen stattgefunden hat. Die stärkste Erwärmung zeigt sich in allen betrachteten Zeiträumen in den Monaten Januar bis Mai sowie im Juli und im August. Für die übrigen Monate besteht keine Trendsicherheit.

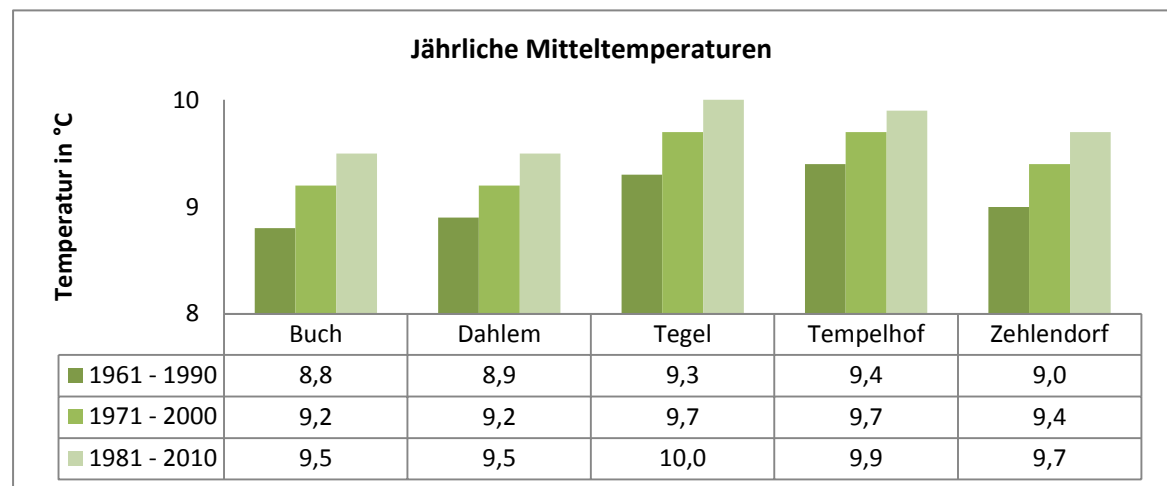


Abbildung 3: Entwicklung der durchschnittlichen jährlichen Mitteltemperaturen in drei gestaffelten 30-Jahres-Zeiträumen, gemessen an 5 Berliner Messstationen (Datengrundlage: DWD, eigene Darstellung)

Der Erwärmungstrend lässt sich auch anhand eines Vergleichs der Temperaturkenntage in diesen Zeiträumen verdeutlichen.

#### 4.1.2 Temperaturkenntage warm

##### 4.1.2.1 Sommertage

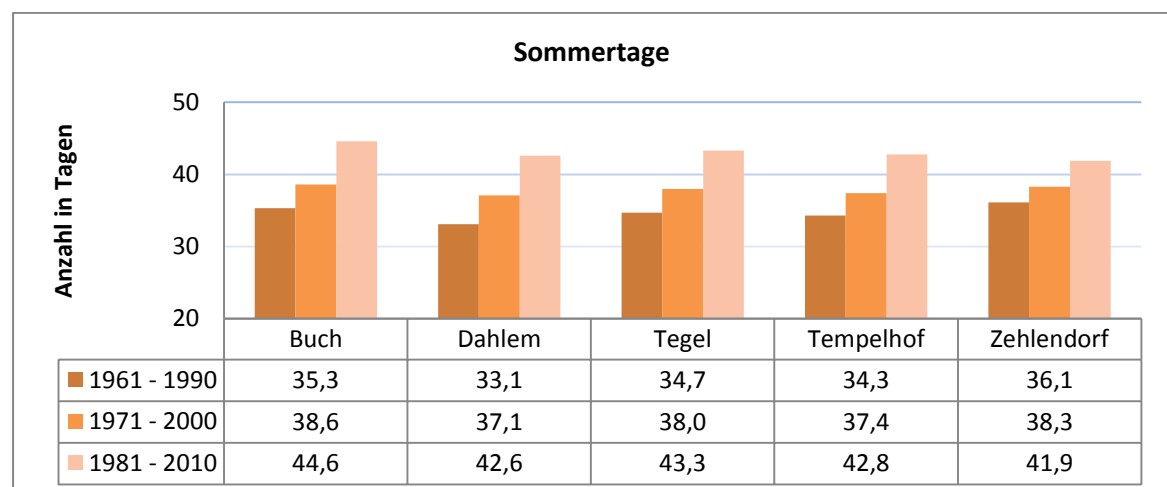


Abbildung 4: Sommertage in drei gestaffelten 30-Jahres-Zeiträumen, gemessen an 5 Berliner Messstationen (Datengrundlage: DWD, eigene Darstellung)



Als Sommertage (Abb. 4) werden per Definition Tage mit einem Tagesmaximum der Lufttemperatur von 25°C und höher bezeichnet. In Berlin nahmen die Sommertage im Zeitraum 1961 bis 1990 von durchschnittlich 35 Tagen pro Jahr, in 1971 bis 2000 auf 38 Tage und zwischen 1981 bis 2010 auf 43 Tage pro Jahr linear hoch signifikant zu. Das bedeutet, dass pro 30-Jahres-Zeitraum durchschnittlich 4 Sommertage hinzugekommen sind. Sollte sich dieser Trend fortsetzen, ist davon auszugehen, dass im Zeitraum 1991 bis 2020 durchschnittlich 47 Sommertage pro Jahr zu verzeichnen sein werden.

#### 4.1.2.2 Heiße Tage

Als heiße Tage (Abb. 5) werden die Tage bezeichnet, deren Tagesmaximum der Lufttemperatur 30°C und höher ist. Im Zeitraum 1961 bis 1990 gab es in Berlin im Durchschnitt 6 heiße Tage pro Jahr, von 1971 bis 2000 waren es bereits 8 Tage. 1981 bis 2010 wurden durchschnittlich 9 Tage pro Jahr ermittelt. Diese Zunahme folgt einem linearen Trend. Sollte sich dieser fortsetzen, sind für den Zeitraum 1991 bis 2020 durchschnittlich 10 bis 11 heiße Tage pro Jahr zu erwarten.

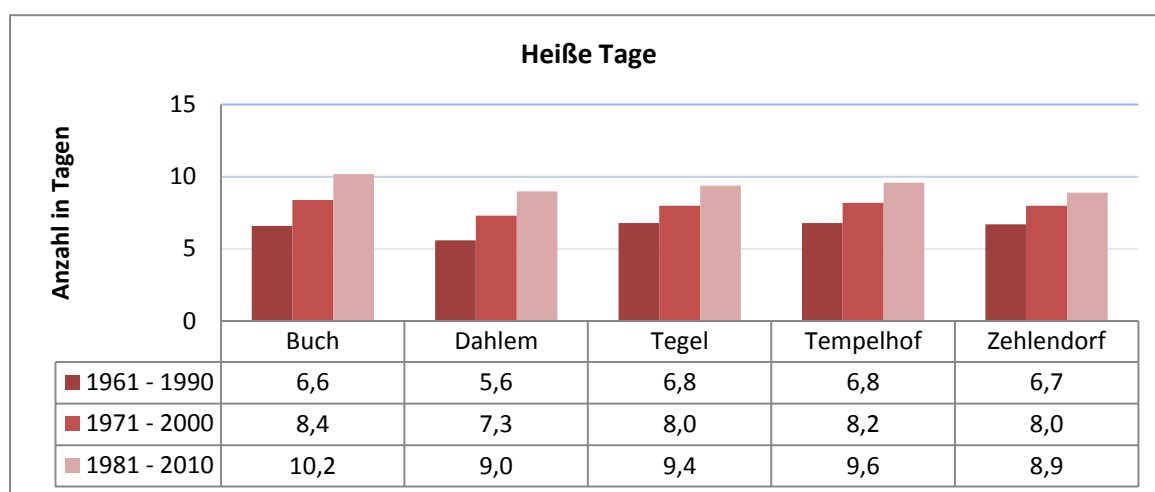


Abbildung 5: Heiße Tage in drei gestaffelten 30-Jahres-Zeiträumen, gemessen an 5 Berliner Messstationen (Datengrundlage: DWD, eigene Darstellung)

#### 4.1.2.3 Tropennächte

In Phasen mit hohen Tagestemperaturen können die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit von Menschen durch die thermische Belastung bereits stark beeinträchtigt sein. Sofern auch eine nächtliche Abkühlung ausbleibt, wird die Regeneration zusätzlich erschwert. Man spricht in diesem Zusammenhang von Tropennächten, das heißt von Nächten, in denen das Tagesminimum der Lufttemperatur von 20°C nicht unterschritten wird.

Da es innerhalb Berlins keine homogene Temperaturverteilung gibt, sind auch Tropennächte nicht einheitlich nachweisbar. Sie variieren lokal hinsichtlich ihrer Häufigkeit, Intensität und Dauer. Anhand eines Vergleiches der Messreihen der Stationen Berlin-Dahlem, einem Gebiet mit Villenbebauung und parkartigen Gärten, und dem zentral im Innenstadtbereich gelegenen Alexanderplatz (Abb. 6) soll das verdeutlicht werden.

Die Temperaturreihe der Messstation in Dahlem reicht lückenlos bis in das Jahr 1950 zurück. Zwischen 1950 und 1965 gab es keine Tropennächte. Ab dem erstmaligen Nachweis in 1966 treten sie jedoch zunehmend häufiger auf. Dabei ist zu beachten, dass im betrachteten Zeitraum nicht in jedem Jahr Tropennächte zu verzeichnen sind und das Maximum bei drei Tropennächten im Jahr 1994 liegt.

Die am Alexanderplatz gemessene Temperaturreihe umfasst den Zeitraum von 1981 bis 2010. Zwischen 1992 und 1998 gab es vermehrte Messausfälle, sodass davon ausgegangen werden

kann, dass nicht alle Tropennächte erfasst worden sind. Dennoch wurden im gesamten betrachteten Zeitraum durchschnittlich sechs Tropennächte pro Jahr nachgewiesen. Die längste Phase von Tropennächten wurde im Juli 2006 aufgezeichnet. Sie dauerte elf Tage an. Im Juli 2010 gab es eine siebentägige, im August 1982 eine fünftägige Phase. Die wärmste Tropennacht wurde am 11.07.2010 mit 24,5°C gemessen.

Im Vergleich der beiden Messreihen wird der Wärmeinseleffekt deutlich, der sich, begünstigt durch umfangreiche Flächenversiegelung, dichte Baustruktur und fehlende Verschattung, im Innenstadtbereich auswirkt. Eine Trendermittlung erübrigt sich, da die Datenreihe aus dem Zentrum Berlins unvollständig ist. Aus der tendenziellen Zunahme der Tropennächte in Dahlem lässt sich jedoch ableiten, dass im Zuge des allgemeinen Erwärmungstrends Tropennächte auch in bislang wenig betroffenen Gebieten zukünftig häufiger auftreten und an Intensität zunehmen werden.

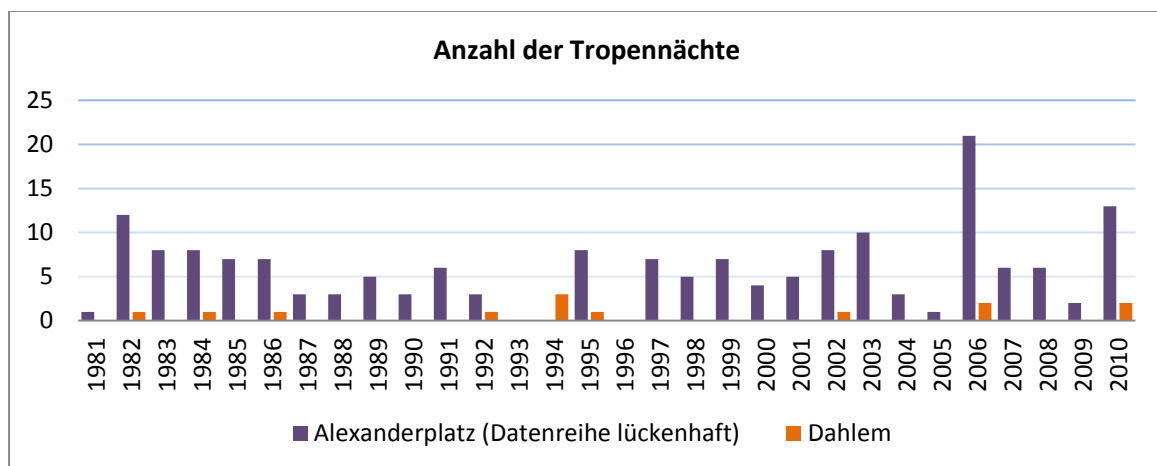


Abbildung 6: Anzahl der Tropennächte am Alexanderplatz und in Dahlem zwischen 1981 und 2010 (Datengrundlage: DWD, eigene Darstellung)

### 4.1.3 Temperaturkentage kalt

#### 4.1.3.1 Frosttage

Frosttage (Abb. 7) sind Tage mit einem Tagesminimum der Lufttemperatur unter 0°C. Die im Zeitraum 1961 bis 1990 für den Berliner Raum durchschnittlich ermittelten 80 Frosttage pro Jahr gingen zwischen 1971 und 2000 auf 74 zurück. Im Zeitraum 1981 bis 2010 waren es durchschnittlich 75 Tage pro Jahr. Der Rückgang der Frosttage folgt über die betrachteten Zeiträume hinweg einem linear signifikanten Trend. Im Wesentlichen sind von diesem Rückgang die Monate Januar bis März betroffen. Anhand der Abbildung 7 ist zu erkennen, dass die an den Messstationen Buch, Dahlem, Tegel und Tempelhof erfassten Frosttage im Zeitraum 1981 bis 2010 um durchschnittlich ein bis zwei Tage höher sind als zwischen 1971 und 2000. Das ist darauf zurückzuführen, dass sich die winterlichen Durchschnittstemperaturen im Berliner Gebietsmittel mit 0,8°C zwischen 1981 und 2000 sowie 1,1°C zwischen 1991 und 2010 nur minimal unterscheiden. Dem Trend zufolge ist aber davon auszugehen, dass Frosttage zukünftig generell seltener sein werden. In Folge der jährlichen Temperaturschwankungen wird es jedoch immer wieder vereinzelte kalte Winter geben.

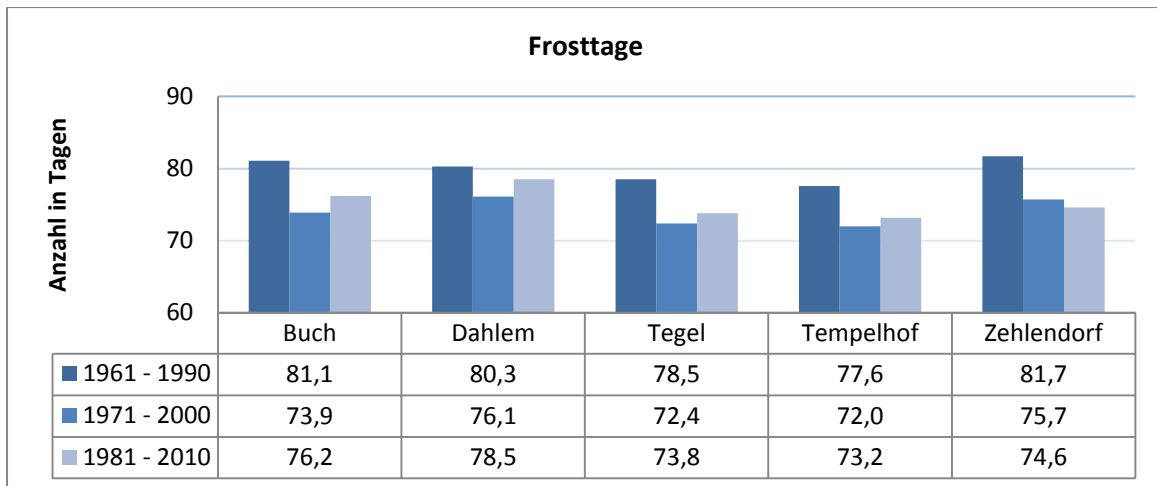


Abbildung 7: Frosttage in drei gestaffelten 30-Jahres-Zeiträumen, gemessen an 5 Berliner Messstationen (Datengrundlage: DWD, eigene Darstellung)

#### 4.1.3.2 Eistage

Als Eistage (Abb. 8) werden Tage bezeichnet, deren Tagesmaximum der Lufttemperatur unter 0°C liegt. Zwischen 1961 und 1990 waren in Berlin durchschnittlich 25 Eistage pro Jahr zu verzeichnen. In den Zeiträumen 1971 bis 2000 und 1981 bis 2010 waren es nur noch rund 20 Tage. Die Abnahme der Eistage folgt einem linear signifikanten Trend, der auf einen deutlichen Temperaturanstieg während der Monate Januar bis März der betrachteten Zeiträume zurückzuführen ist. Setzt sich dieser Trend fort, werden Eistage zukünftig immer seltener werden.

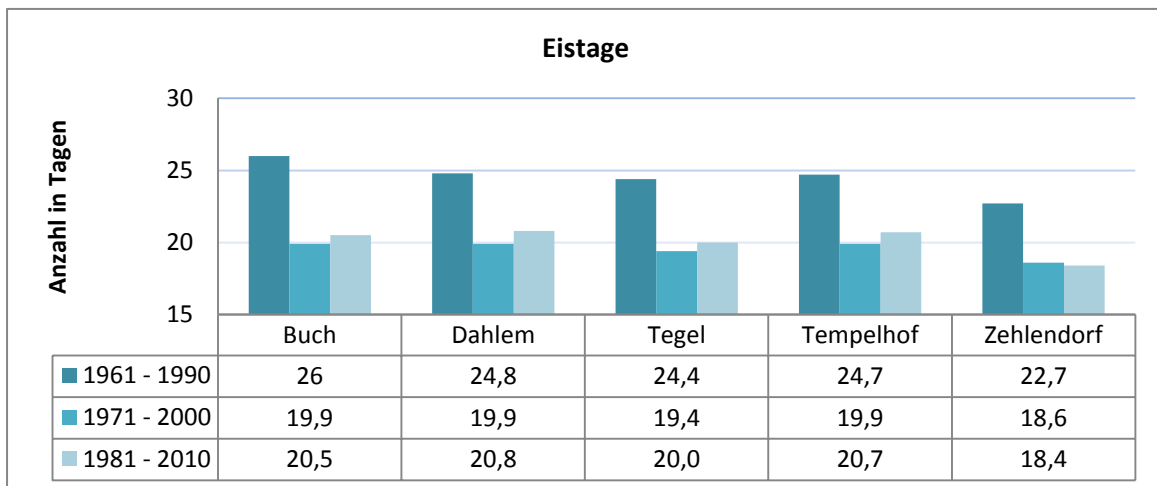


Abbildung 8: Eistage in drei gestaffelten 30-Jahres-Zeiträumen, gemessen an 5 Berliner Messstationen (Datengrundlage: DWD, eigene Darstellung)

#### 4.1.4 Niederschlag

In Folge der Klimaerwärmung können sich Niederschläge hinsichtlich der Menge, Intensität, und Häufigkeit stark verändern. Der Nachweis solcher Änderungen ist jedoch schwierig und wird zusätzlich dadurch erschwert, dass Niederschläge oftmals regional kleinräumig variieren.

Die monatlich gemittelten Niederschlagswerte für Berlin liegen ab dem Jahr 1881 vor. Anhand der ausgewerteten Daten des Gebietsmittels für den Zeitraum von 1881 bis 2014 konnten weder für den gesamten Jahresverlauf noch für einzelne Monate einheitliche Trends ermittelt werden. Das bedeutet, dass die jährlichen bzw. monatlichen Niederschlagssummen bisher konstant geblieben sind.

Beobachtungen der jüngeren Vergangenheit zeigen jedoch, dass sich das Niederschlagsgeschehen an sich verändert hat. Insbesondere in den Sommermonaten bleiben regelmäßige Niederschläge aus, stattdessen gibt es nach längeren Trockenphasen häufig Starkregenereignissen.

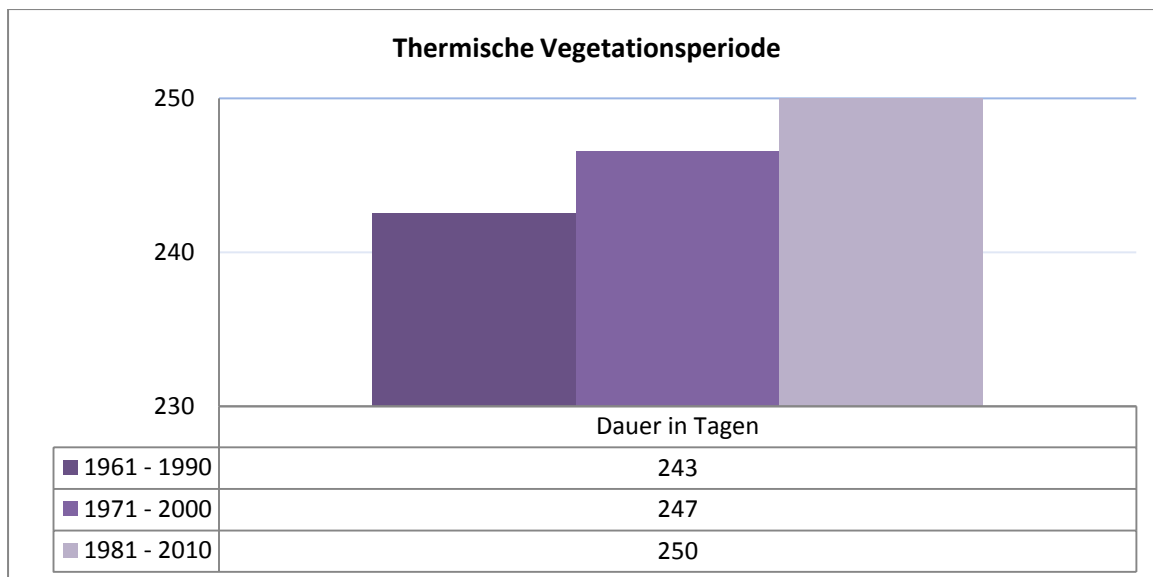


Foto: Astrid Endler

#### 4.1.5 Thermische Vegetationsperiode

Als Vegetationsperiode bezeichnet man den Zeitraum des Jahres, in dem aufgrund klimatischer Gegebenheiten ein Pflanzenwachstum möglich ist. Für die Ermittlung der thermischen Vegetationsperiode gibt es verschiedene Methoden. Für das Berliner Klimafolgenmonitoring wird sie gemäß der Definition des DWD bestimmt. Demnach wird der Beginn der thermischen Vegetationsperiode durch sieben aufeinanderfolgende Tage mit Temperaturen höher als 4,5°C, gemessen ab dem 15. Februar, angezeigt. Sie endet, wenn im Herbst/Winter erstmalig negative Mitteltemperaturen erreicht werden.

Die Ermittlung von Beginn, Ende und Dauer der thermischen Vegetationsperiode erfolgte anhand der Daten der Messstelle Berlin-Dahlem für den Zeitraum von 1961 bis 2014. Für eine zeitliche Verschiebung von Beginn und Ende der Vegetationsperiode besteht keine Trendsicherheit, was jedoch auf den sehr kurzen Zeitraum zurückzuführen ist. Die Dauer verlängert sich tendenziell, wobei dieser Trend nicht robust ist. Er lässt sich jedoch durch den Vergleich der einzelnen 30-Jahres-Zeiträume 1961 bis 1990, 1971 bis 2000 und 1981 bis 2010 (Abb. 9) verdeutlichen. So ist erkennbar, dass sich die thermische Vegetationsperiode in jedem fortlaufend betrachteten Zeitraum um vier, bzw. drei Tage verlängert hat. Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Trend im Zuge der generellen Erwärmung fortsetzen wird.



**Abbildung 9: Thermische Vegetationsperiode für drei gestaffelte 30-Jahres-Zeiträume (Datengrundlage: DWD, eigene Darstellung)**

## 4.2 Impact-Indikatoren

Durch Klimaveränderungen sind alle Bereiche, sowohl die Allgemeingüter Boden, Wasser, Luft sowie die belebte Umwelt als auch materielle Infrastrukturen betroffen. Die Auswirkungen sind vielfältig und können direkt oder indirekt auftreten, bzw. wahrgenommen werden.

Mit Hilfe der Impact-Indikatoren (Tab. 1) sollen diese Klimawirkungen verdeutlicht und quantifiziert werden.

Da zum jetzigen Zeitpunkt nicht für alle betroffenen Handlungsfelder geeignete Indikatoren vorliegen, beschränkt sich die Auswahl vorläufig auf die Bereiche Naturschutz und Biodiversität, Boden, Luft, Gesundheit, Forstwirtschaft sowie Stadt- und Landschaftsplanung. Sobald eine bessere Datenverfügbarkeit gewährleistet ist, sollen Indikatoren für die Handlungsfelder Wasser, Energie- und Finanzwirtschaft, Verkehr, Industrie und Gewerbe sowie Tourismus ergänzt werden. Der Bereich Landwirtschaft wurde außer Acht gelassen, da die erzielten Erträge der landwirtschaftlich genutzten Flächen Berlins größtenteils unterhalb der meldepflichtigen Höhe liegen und Berichte daher nur sehr unregelmäßig erstellt werden.

### 4.2.1 Naturschutz und Biodiversität

Tier- und Pflanzenarten reagieren je nach Sensitivität unterschiedlich auf klimatische Veränderungen. Langfristige Temperaturverschiebungen und ein verändertes Niederschlagsgeschehen können insbesondere dann einen deutlichen Einfluss auf die Konkurrenzfähigkeit und den Fortpflanzungserfolg haben, wenn eine Abwanderung von Arten aufgrund separierter Biotope nicht möglich ist. Gerade in urbanen Räumen sind vernetzte Biotope jedoch eher selten. Bestehende Lebensräume werden oftmals zusätzlich durch Maßnahmen wie beispielsweise Gewässermanagement, Bebauung oder Sanierung eingeschränkt oder zerstört. Natur und Landschaft sind jedoch Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen und gemäß § 1 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) in Verantwortung für die künftigen Generationen zu schützen. Um geeignete Schutzmaßnahmen ergreifen zu können, bedarf es einer genauen Kenntnis darüber, wie sich einzelne



Naturphänomene im Zeitverlauf ändern. Bestenfalls lässt sich daraus ableiten, in welchem Maß einzelne Einflussfaktoren Veränderungen im Naturhaushalt bewirken. Für das Klimafolgenmonitoring wurden gezielt Indikatoren ausgewählt, mit denen sich Phänomene beobachten lassen, die einem festen Jahresrhythmus folgen. So soll sichergestellt werden, dass die daraus abgeleiteten Abweichungen weitestgehend auf klimatische Änderungen zurückzuführen sind.

#### 4.2.1.1 Phänologische Vegetationszeit

Die Phänologie befasst sich mit im Jahresverlauf periodisch wiederkehrenden Entwicklungs- und Erscheinungsformen in der Natur. Anhand entsprechender Phänomene, wie beispielsweise dem Blühbeginn, der Fruchtreife, der Blattfärbung und dem Blattabwurf, lassen sich phänologische Jahreszeiten ableiten, die über längere Zeiträume hinweg insbesondere für die Erforschung des Klimawandels aufschlussreich sind.

Für das Berliner Klimafolgenmonitoring wurden die phänologischen Vegetationszeiten auf Grundlage der vom DWD bereitgestellten Daten für die entsprechenden phänologischen Zeigerpflanzen ermittelt (Abb. 10).

Die Salweide (*Salix caprea*), deren Blütezeit im Februar und Anfang März liegt, zeigt mit Ihrem Blühbeginn das Einsetzen des Vorfrühlings und damit den Beginn der Vegetationsperiode an. Anhand der Daten aus dem Berliner Raum, die bis in das Jahr 1951 zurückreichen, ist ein linearer Trend für einen früheren Blühbeginn abzuleiten. Das heißt, der Beginn der Vegetationsperiode hat im Zeitraum 1951 bis 2013 tendenziell eher eingesetzt.

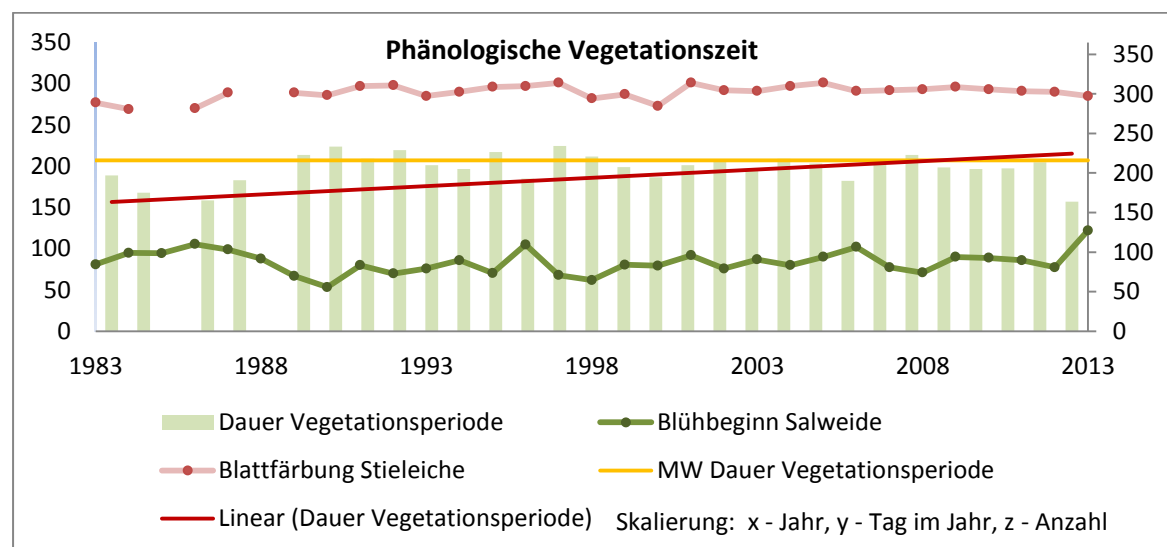


Abbildung 10: Phänologische Vegetationszeit 1983 – 2013 (Datengrundlage: DWD, eigene Darstellung)

Der Beginn des Spätherbstes und somit das Ende der Vegetationsperiode wird durch die Blattfärbung der Stieleiche (*Quercus robur*) im Oktober eingeleitet. In Ermangelung von Berliner Daten für den betreffenden Zeitraum wurden die in Potsdam erhobenen Daten ausgewertet, die jedoch erstmals ab 1983 vorliegen. Das zunehmend spätere Einsetzen der Blattfärbung über diesen Zeitraum ist signifikant.

Die für den Zeitraum 1983 bis 2013 anhand dieser Parameter ermittelte Vegetationsperiode dauerte durchschnittlich 207 Tage an. Dem linearen Trend zufolge hat sich diese Zeitspanne zunehmend ausgedehnt. Diese Ergebnisse stützen die Trends, die sich bei der Ermittlung der thermischen Vegetationsperiode ergeben haben. Sofern sich diese Entwicklungstendenzen fortsetzen, wird sich die Vegetationsperiode zukünftig weiterhin verlängern.

#### 4.2.1.2 Ankunfts- und Abflugzeiten von Zugvögeln

Für das Klimafolgenmonitoring wurden im Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität bewusst Parameter gewählt, die im Zusammenhang mit Vögeln stehen, da diese einen hohen ökologischen Zeigerwert für Klima- und Lebensraumveränderungen besitzen. Beobachtungen des Vogelzugverhaltens sind naheliegend, denn auch der Vogelzug stellt eine phänologische Phase dar, da er einem festen jährlichen Zyklus folgt.

Als Datengrundlage dienten die den Berliner ornithologischen Berichten (BOB) entnommenen Vogelzugzeiten zwischen 1981 und 2012. Die Auswertung der Ankunftszeiten der Zugvögel ergab, dass zwei Arten tendenziell und drei Arten signifikant früher aus den Überwinterungsgebieten in ihre Brutquartiere zurückkehren. Bei den ersten beiden Arten handelt es sich um Schwarzhalstaucher (*Podiceps nigricollis*) und Klappergrasmücke (*Sylvia curruca*), bei den letzteren drei Arten um Waldlaubsänger (*Phylloscopus sibilatrix*), Schilfrohrsänger (*Acrocephalus schoenobaenus*) und das Schwarzkehlchen (*Saxicola torquata*), welches überhaupt erst seit 1993 im Berliner Raum anzutreffen ist (Abb. 11). Diese Entwicklungstrends folgen einem linearen Verlauf. Für weitere sieben Arten wurde ein tendenziell früheres Eintreffen ermittelt, welches jedoch keinem linearen Verlauf folgt. Der Schwarzmilan (*Milvus migrans*) erreicht sein Brutgebiet tendenziell später und stellt damit eine Ausnahme dar.

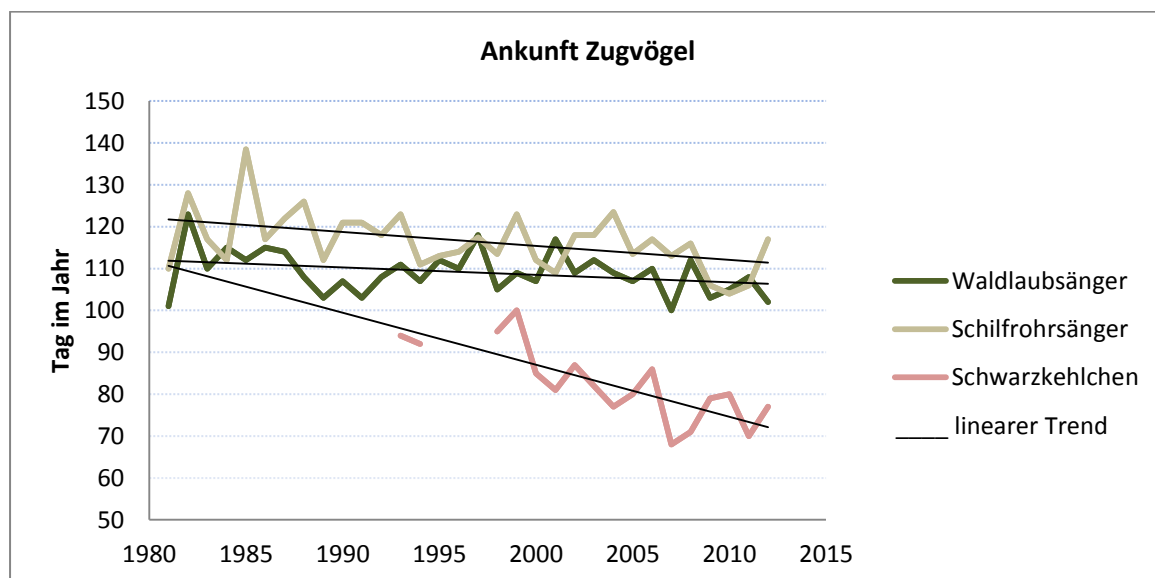


Abbildung 11: Beispielhafte Darstellung des zunehmend früheren Eintreffens von Zugvögeln (Datengrundlage: BOB, eigene Darstellung)

Eine Verhaltensänderung hinsichtlich verlagerter Frühjahrszugzeiten wird vermutlich durch veränderte klimatische Bedingungen in den Überwinterungsgebieten und entlang der Flugrouten ausgelöst. Darüber hinaus nutzen Zugvögel zunehmend neue Routen, um von den Überwinterungsgebieten in ihre Brutgebiete zu gelangen, was die Dauer der Zugzeiten maßgeblich beeinflusst. Das Überleben der früher eintreffenden Arten ist jedoch nur dann möglich, wenn in den Brutgebieten bereits präferierte Temperaturen vorherrschen und ein ausreichendes Nahrungsangebot zur Verfügung steht. Diese Voraussetzungen liegen in Folge der eher einsetzenden Vegetationsperiode bereits frühzeitig vor.

Für den Herbstzug konnten keine veränderten Abflugzeiten ermittelt werden. Das ist im Wesentlichen auf die Schwierigkeit der exakten Erfassung des Abfluges zurückzuführen, da sich die adulten Tiere nach Aufgabe der Nester oftmals noch längere Zeit in Nestnähe aufhalten, bevor sie den Rückzug in die Überwinterungsgebiete antreten. Eine verbesserte Dokumentation

könnte Aufschluss darüber geben, ob sich der Verbleib der Vögel generell verlängert oder lediglich verschiebt. Theoretisch stände den Tieren in Folge der Ausdehnung der Vegetationsperiode länger ein gutes Nahrungsangebot zur Verfügung.

Das frühere Eintreffen und ein längerer Verbleib der Vögel im Brutgebiet könnten einen höheren Reproduktionserfolg zur Folge haben. Dieser Aspekt ist für die Arterhaltung und der damit einhergehenden Erhaltung der Biodiversität von wesentlicher Bedeutung.



Goldammer, © Naturschutzamt Treptow Köpenick – Fotolia.com

#### 4.2.1.3 Häufige Brutvogelarten

Bestandsabnahmen						Bestandszunahmen					
Art	Trend in % p.a.	Signifikanz	Rote Liste Bln 2003	Rote Liste Bln 2013	Rote Liste DE 2007	Art	Trend in % p.a.	Signifikanz	Rote Liste Bln 2003	Rote Liste Bln 2013	Rote Liste DE 2007
Bachstelze	- 4,6	**	V	V	V	Bluthänfling	7,7	*	-	3	V
Blässhuhn	- 4,5	**	-	-	-	Goldammer	9,5	**	-	-	-
Blaumeise	- 1,8	**	-	-	-	Gartenbaumläufer	7,8	*	-	-	-
Baumpieper	- 15,2	**	V	3	V	Gartenrotschwanz	3,7	**	-	-	-
Elster	- 2,2	**	-	-	-	Mönchsgrasmücke	3,6	**	-	-	-
Felsentaube	- 14,3	**	-	-	-	Nachtigall	2,8	**	-	-	-
Fitis	- 3,2	**	-	-	-	Singdrossel	2,1	*	-	-	-
Feldsperling	- 3,3	**	V	-	V	Teichrohrsänger	6,1	**	-	-	-
Feldlerche	- 5,0	**	V	3	3	Zaunkönig	5,1	**	-	-	-
Grünfink	- 1,8	**	-	-	-						
Gartengrasmücke	- 4,0	**	V	-	-						
Girlitz	- 6,6	**	V	-	-						
Kleinspecht	- 7,4	**	V	V	V						
Mehlschwalbe	- 5,2	**	-	-	V						
Nebelkrähe	- 2,2	**	-	-	-						
Pirol	- 5,8	**	3	3	V						
Rauchschwalbe	- 6,1	**	V	3	V						
Rohrhammer	- 5,6	**	-	-	-						
Star	- 2,9	**	-	-	-						
Stieglitz	- 2,7	*	-	-	-						
Stockente	- 5,7	**	-	-	-						
Sumpfrohrsänger	- 4,5	**	V	3	-						
Trauerschnäpper	- 2,8	*	-	-	-						
Türkentaube	- 15,0	**	3	V	-						

Tabelle 2: Bestandsentwicklung Berliner Brutvogelarten 1990-2012 (n = 80 Arten); Gefährdungskategorie: 3 - Bestand gefährdet, V - Vorwarnliste (Bestand zurückgehend; verschiedene Faktoren könnten eine Gefährdung in den nächsten zehn Jahren herbeiführen); \*: signifikant, \*\*: hoch signifikant. Die Gefährdungsstufen wurde der Roten Liste der Brutvögel Berlins entnommen. (Datengrundlage: SenStadtUm, eigene Darstellung)

Eine weitere phänologische Phase stellt der Brutbeginn von Vögeln dar. Die Verbreitung von Vogelarten im Berliner Raum ist vergleichsweise gut dokumentiert. Da im Rahmen der saisonalen Erfassungen der Brutbeginn einzelner Arten jedoch nicht exakt nachgewiesen werden kann, sollen im Rahmen des Monitorings die Bestände für 80 häufige Brutvogelarten, bzw. deren Bestandsentwicklungen über den Zeitverlauf betrachtet werden. Die Erfassung der Daten

erfolgte in Form von Punkt-Stopp-Zählungen<sup>2</sup> auf verschiedenen Berliner Flächen (Datengrundlage: Monitoring, SenStadtUm). Für den Zeitraum 1990 bis 2012 ergaben sich dabei folgende Bestandstrends (Tab. 2). Bei zwei Arten ist ein signifikanter Rückgang, bei 22 Arten ein hoch signifikanter Rückgang zu verzeichnen. Für ein Drittel dieser Arten wird auf der Roten Liste der Brutvögel Berlins 2013 ein Gefährdungsgrad angezeigt, wobei für drei Arten eine Vorwarnung besteht und fünf Arten bereits in ihrem Bestand gefährdet sind. Dazu gehören Baumpieper (*Anthus trivialis*), Feldlerche (*Alauda arvensis*), Pirol (*Oriolus oriolus*), Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*) und Sumpfrohrsänger (*Acrocephalus palustris*). Es gibt jedoch auch positive Bestandsentwicklungen. Bei drei Arten nahmen die Bestände signifikant, bei sechs weiteren hochsignifikant zu. Da eine der Arten, der Bluthänfling (*Carduelis cannabina*), auf der Berliner Roten Liste 2013 als im Bestand gefährdet eingestuft wird, muss hier jedoch von einer Trendumkehr ausgegangen werden. Bei den übrigen 47 Arten konnten keine Bestandsveränderungen nachgewiesen werden. Da der betrachtete Zeitraum jedoch sehr kurz ist, bleibt abzuwarten, wie sich die Populationen über längere Zeiträume hinweg entwickeln. Natürlich dürfen bei der Bewertung der Bestandsentwicklungen negative Einflussfaktoren wie Habitatverlust, Strukturarmut und Pestizideinsatz nicht außer Acht gelassen werden, dennoch ist davon auszugehen, dass Klimaänderungen einen wesentlichen Einfluss auf die Verbreitung von Vogelarten und die Zusammensetzung von Vogelgemeinschaften haben. Diese können sowohl negativ als auch positiv wirken, wie die Bestandszunahmen zeigen.

#### 4.2.2 Boden

Nach den Ozeanen sind Böden der zweitgrößten Kohlenstoffspeicher der Erde. Im Klimasystem nehmen sie eine zentrale Stellung ein. Zwischen Boden und Atmosphäre bestehen zahlreiche Wechselbeziehungen, wie Stoffkreisläufe und Wasserkreislauf, und es finden Austauschprozesse, beispielsweise in Form von Strahlungsenergie, statt. Böden sind Lebensgrundlage für terrestrische Pflanzen und bilden somit den Lebensraum für Menschen und Tiere. Sie besitzen eine Puffer-, bzw. Filterfunktion und tragen damit unter anderem zum Grundwasserschutz bei. Veränderungen innerhalb dieses Systems wirken vielfältig und können Rückkopplungseffekte erzielen. So beeinflussen Klimaänderungen Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen; Bodennutzungsänderungen können hingegen den Klimawandel vorantreiben, was wiederum Einfluss auf den Boden hat.

Ein vorsorgender Bodenschutz kann folglich einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Voraussetzung dafür ist eine genaue Kenntnis der Bodeneigenschaft und der Nutzungsform bzw. des daraus resultierenden Bodenzustands. Aus Ermangelung eines Berliner Bodenmonitorings wurden vereinfachend zur Darstellung der Nutzungsform die unversiegelten Bodenflächen denen der versiegelten Flächen gegenüber gestellt.

##### 4.2.2.1 Verhältnis unversiegelte/versiegelte Fläche

Gemäß § 2(2) Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) erfüllt der Boden neben seinen natürlichen und naturhistorischen Funktionen zahlreiche anthropogene Nutzungsfunktionen beispielsweise als Siedlungsfläche, für die wirtschaftliche und öffentliche Nutzung und den Verkehr. Damit gehen Flächenversiegelungen einher, die die natürlichen Bodenfunktionen beeinträchtigen. Dieser Nutzungskonflikt soll in Form eines wertungsfreien Indikators dargestellt werden.

Zu diesem Zweck wurde das Verhältnis unversiegelter und unbebauter Flächen zu versiegelten Flächen Berlins ermittelt. Unter Versiegelung wird per Definition eine Bedeckung des Bodens mit festen Materialien unterschiedlicher Belagsklassen verstanden. Grundsätzlich wird dabei zwischen bebaut versiegelt und unbebaut versiegelt unterschieden. Im Berliner Umweltatlas

---

<sup>2</sup> [www.dda-web.de/downloads/texts/publications/falke/50/flade\\_et\\_al\\_falke50.pdf](http://www.dda-web.de/downloads/texts/publications/falke/50/flade_et_al_falke50.pdf)

wird diese Thematik umfassend behandelt. Unter [01.02](#) sind Informationen zur Methodik der Datenerhebung sowie die Ergebnisse für die jeweiligen Erhebungszeiträumen 1990, 2001, 2005 und 2011 ausgeführt worden.

Aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden sind die ermittelten Versiegelungsdaten nicht über den gesamten Zeitraum hinweg miteinander vergleichbar. Seit 2005 werden die Daten jedoch nach vereinheitlichten Methoden erhoben. Im Zeitraum von 2005 bis 2011 hat die Flächenversiegelung um ca. 1 % zugenommen und beträgt jetzt 32,8 % der Landesfläche, bzw. 29.190 ha.



© Jan the Manson – Fotolia.com

#### 4.2.3 Luft

Die Luft setzt sich aus einem Gasgemisch, festen und flüssigen Partikeln zusammen. Diese Partikel können hinsichtlich Ihrer Größe und Fraktionen schwanken, natürlich und anthropogen verursacht sein. Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschläge, Wind und Strahlung haben Einfluss auf deren Konzentration und Verbreitung. In akkumulierter Form können Gase und Partikel wiederum klimawirksame Rückkopplungseffekte hervorrufen.

Gemäß der Verpflichtung nach § 44(1) Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) und der 39. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) wird mit dem Berliner Luftgütemessnetz (BLUME) unter anderem der Ozongehalt, der Gehalt von Stickoxiden und der Feinstaubgehalt der Luft an verschiedenen Messpunkten im Berliner Stadtgebiet ermittelt. Durch EU-Richtlinien sind vorgegebene Grenzwerte, Zielwerte und Einhaltungsrufen geregelt, um schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu vermeiden oder zu verringern. Auf der Internetseite der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt werden die aufbereiteten [Daten zur Beurteilung der Luftqualität](#) der Bevölkerung zu Informationszwecken zur Verfügung gestellt.





Feinstaubquellen, © Sergiy Serdyuk – Fotolia.com, © davis – Fotolia.com, © misu – Fotolia.com

#### 4.2.3.1 Ozon

Ozon gehört zu den stärksten Oxidationsmitteln und ist die Hauptkomponente photochemischen Smogs. Insbesondere in Bodennähe kommt es in Folge der durch den Menschen verursachten erhöhten Emissionen von Vorläufersubstanzen wie Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen sowie Methan und Kohlenstoffmonoxid (bzw. entsprechend dem Verhältnis der einzelnen Komponenten zueinander) zu hohen Ozonkonzentrationen. Sonneneinstrahlung liefert die Energie für die Ozonbildung, erhöhte Temperaturen begünstigen diesen Prozess. Deshalb können gerade in den Sommermonaten Ozonkonzentrationen erreicht werden, die die menschliche Gesundheit beeinträchtigen und zu Schäden an der Vegetation führen. Im Zuge des Klimawandels ist davon auszugehen, dass die bodennahen Ozonwerte zukünftig häufig erhöht sein werden.

Die [Entwicklung der Ozonkonzentration](#) in Berlin wird seit 1989 überwacht. Zur Auswertung werden die Mittelwerte der täglichen maximalen Acht-Stunden-Werte an Tagen mit einer Maximaltemperatur vom 25°C und höher (Sommertage) herangezogen.

Generell ist im Zeitraum zwischen 1990 und 2014 an diesen Tagen eine Abnahme der Ozonkonzentration erkennbar. Dieser Rückgang entspricht jedoch nicht dem Rückgang der emittierten Vorläuferstoffe, welche seit 1990 um die Hälfte vermindert wurden. Das wird darauf zurückgeführt, dass zwischen Stickstoffemission und Ozonbildung kein linearer Zusammenhang besteht und dass Ozon mit dem Wind über weite Strecken hinweg in andere Regionen transportiert werden kann.

#### 4.2.3.2 $NO_2/NO_x$

Stickstoffdioxid ist ein giftiges Gas, das in hohen Konzentrationen die menschliche Gesundheit gefährden kann. Bei der Reaktion mit Wassermolekülen werden salpetrige Säure und Salpetersäure gebildet, was zu einer Versauerung der Niederschläge führt.

Stickoxide entstehen überwiegend bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Stickstoffmonoxid spielt beim Ozonabbau eine wichtige Rolle, da es beim Zerfall des Ozonmoleküls ein Sauerstoffatom aufnimmt, wodurch Stickstoffdioxid gebildet wird. Deshalb sind die gemessenen Ozonkonzentrationen an stark befahrenen Straßen häufig relativ gering und geringer als in verkehrsfernen Gebieten, mit niedrigen Stickstoffmonoxid-Konzentrationen.

Anhand langjährig erhobener Daten lässt sich die [Entwicklung der Stickstoffdioxid-Konzentration](#) bis ins Jahr 1974 zurückverfolgen. Ausgewertet wurde die Jahresmittelwerte, gemessen an Stationen in unmittelbarer Straßennähe, im Innenstadtbereich und am Stadtrand für den Zeitraum 1987 bis 2014.

Alle gemessenen Werte sind im Zeitraum 1987 bis zum Beginn der 90er Jahre rückläufig, was vorrangig auf die Einführung geregelter Katalysatoren für Fahrzeuge mit Ottomotoren und die Ausrüstung der Berliner Kraftwerke mit Entstickungsanlagen zurückzuführen ist. Danach stagnieren die Werte, wobei in städtischen Wohngebieten und am Stadtrand die  $NO_2$ -Grenzwerte eingehalten werden. An verkehrsreichen Straßen hingegen werden die Grenzwerte

deutlich überschritten. Als Ursache dafür wurde die zunehmende Verwendung von Oxidationskatalysatoren in Diesel-PKW identifiziert.

#### 4.2.3.3 Feinstaub (PM<sub>10</sub>)

Der Begriff Feinstaub umfasst primär emittierte, direkt an der Quelle (beispielsweise durch Verbrennungsprozesse oder Aufwirbelungen) freigesetzte und sekundär durch gasförmige Vorläufersubstanzen gebildete Partikel. Er kann sowohl anthropogen als auch natürlich verursacht sein. Die Bezeichnung PM<sub>10</sub> beschreibt die Partikelgröße (particulate matter), welche in diesem Fall maximal 10 µm beträgt. Eine Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit ergibt sich daraus, dass Partikel dieser Größe über die Atemwege in die Lunge gelangen und dort schädigend wirken können. Bei austauscharmen Wetterlagen bildet Feinstaub in Kombination mit Stickstoffoxiden, Kohlenstoffmonoxid und Schwefeldioxid die sogenannte Dunstglocke über urbanen Ballungszentren. Die Erfassung des Staubgehaltes der Luft in Berlin reicht bis in das Jahr 1987 zurück. In der Zeit bis 1997 erfolgte eine Erfassung des Gesamtstaubgehaltes. Seit 1998 wird unter anderem der Gehalt des [Feinstaubes](#) (PM<sub>10</sub>) erfasst. Ausgewertet wurden die Jahresmittelwerte des Gesamtstaubes von 1987 bis 1997, bzw. die Jahresmittelwerte des Feinstaubes (PM<sub>10</sub>) in der Zeit von 1998 bis 2014. Für den Zeitraum 2005 bis 2014 wurde zusätzlich die Anzahl der überschrittenen Grenzwerte für Tagesmittelwerte, welche nur an 35 Tagen im Jahr überschritten werden dürfen, dargestellt. Die Messungen, die diesen Werten zugrunde liegen, wurden an Hauptverkehrsstraßen, in Wohngebieten und am Stadtrand durchgeführt.

Über den gesamten Zeitraum 1987 bis 2014 hinweg ist ein deutlicher Rückgang der Gesamtstaub- bzw. Feinstaubbelastung erkennbar. Seit 2004 liegt dieser unter dem EU-Jahresgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup>. Die deutlich niedrigeren Werte der Jahre 2007, 2008, 2012, und 2013 führt man auf günstige meteorologische Bedingungen und eine Emissionsminderung in Folge der Einrichtung einer Umweltzone in Berlin zurück.

Der Grenzwert für den Tagesmittelwert in Höhe von 50 µg/m<sup>3</sup> wurde in einzelnen Jahren überwiegend in Straßennähe überschritten, was dem Verkehrsaufkommen zugeschrieben wird.

#### 4.2.4 Gesundheit



© Felix Abraham – Fotolia.com, © spotmatikphoto – Fotolia.com, © Kzenon – Fotolia.com

Im Bereich der menschlichen Gesundheit können sich die Folgen des Klimawandels vielfältig direkt und indirekt auswirken. Eine direkte Beeinträchtigung der Gesundheit geht von den an Häufigkeit und Intensität zunehmenden thermischen Belastungen aus. Heiße Tage und Tropennächte vermindern die Leistungsfähigkeit und das Regenerationsvermögen. Darüber hinaus können sie die Symptome von Herz-, Kreislauf- und Atemwegserkrankungen verstärken. Ist der Hitzestress besonders hoch, steigt das Mortalitätsrisiko. Eine erhöhte UV-Strahlung fördert die Zunahme von Hautkrebserkrankungen und wird als Risikofaktor für die Entstehung des Grauen Stars (Augenerkrankung) gesehen. Dazu kommen die indirekten Belastungen, die sich auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirken. Begünstigt durch eine Verlängerung der Vegetationszeit, kann sich die Blühdauer einzelner Pflanzen verlängern, sodass eine verstärkte

Pollenbelastung für Allergiker entsteht. In Folge von Starkregenereignissen können oberflächliche Einträge und Überläufe aus der Mischwasserkanalisation zu einer Verunreinigung von Badegewässern führen. Feuchtigkeitsschäden in Wohnräumen können Schimmelbildung auslösen und dadurch Erkrankungen des Atemsystems bewirken.

#### 4.2.4.1 Pollenflug Ambrosia

Die Ambrosia-Pflanze produziert Pollen mit stärksten Inhalationsallergenen. Bereits wenige Pollen pro m<sup>3</sup> Luft genügen, um eine noch nicht allergische Person zu sensibilisieren oder bei Allergikern starke Reaktionen auszulösen. Bei direktem Hautkontakt mit der Pflanze kann eine Kontaktdermatitis ausgelöst werden. In Berlin ist neben dem einjährigen Beifußblättrigen Taubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*) auch die mehrjährige Stauden-Ambrosie (*Ambrosia psilostachya*) verbreitet.<sup>3</sup> Die Entwicklung der Blüten setzt im Juli ein, sodass der Pollenflug üblicherweise Ende Juli beginnt und bis in den Oktober andauert.



*Ambrosia artemisiifolia*, © Elenathewise – Fotolia.com

Ausgewertet wurde die Daten der Pollenfälle des Meteorologischen Instituts der FU Berlin in Berlin Steglitz, die seit 1984 betrieben wird (Abb. 12). 1998 wurden erstmals Ambrosia-Pollen nachgewiesen. Der früheste Pollenflug seit dem erstmaligen Nachweis wurde für den 12.07.2011 dokumentiert, der späteste für den 10.11.2007. In den Jahren 2003 und 2006 gab es mit 37 bzw. 60 Pollen pro m<sup>3</sup> Luft vergleichsweise hohe Pollenkonzentrationen. Das ist vermutlich auf die sommerlichen Hitzeereignisse und die relativ geringen Niederschläge (gemessen an der DWD-Messstelle 403-FU Berlin) in den Monaten Juli bis November zurückzuführen. In 2014 gab es die mit Abstand höchsten Pollenkonzentrationen mit einem Maximum von 158 Pollen pro m<sup>3</sup> Luft. In 2007, dem Jahr mit der längsten Pollenflugdauer (112 Tage), waren die Pollenkonzentrationen gering. Das Maximum lag bei acht Pollen pro m<sup>3</sup> Luft. 2010 war das Jahr mit der geringsten Ambrosia-Pollenbelastung. Der Pollenflug dauerte acht Tage an und hatte ein Maximum von einem Pollen pro m<sup>3</sup> Luft. Die mittlere Jahrestemperatur war in diesem Jahr deutlich geringer als in allen anderen Jahren. Sowohl in 2007 als auch in 2010 gab es in den Monaten Juli bis November häufige Niederschläge. Bereits in diesem verhältnismäßig kurzen Zeitraum 1998 bis 2014 hat sich das Ende des Pollenfluges signifikant nach hinten verschoben, was wiederum für eine Verlängerung der Vegetationsperiode spricht. Auf die Länge des Pollenfluges an sich hatte das bisher keine Auswirkungen.

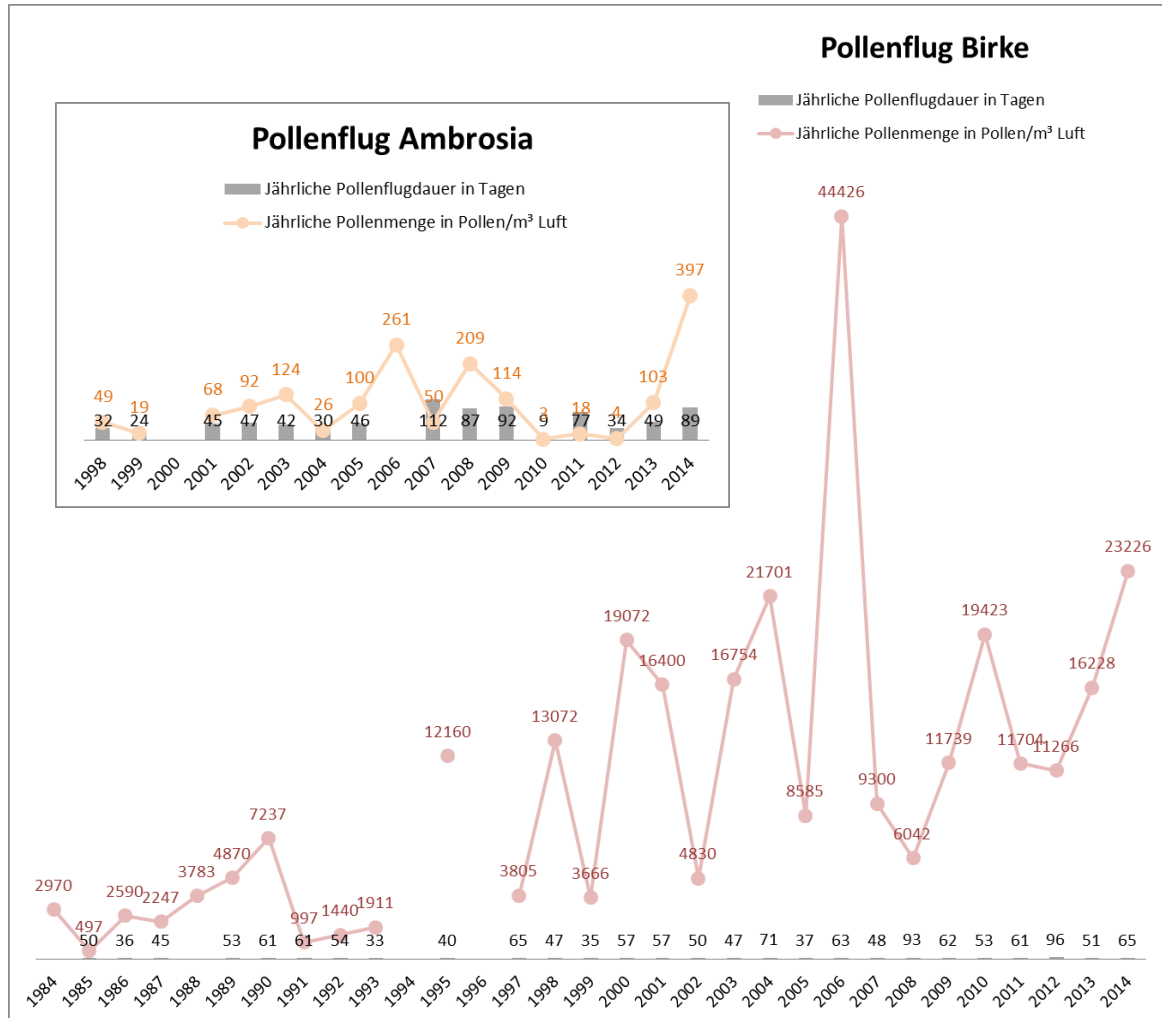
#### 4.2.4.2 Pollenflug Birke

Birken sind strauch- bis baumförmige, sommergrüne Laubbäume. Die in unseren Breiten häufigste Art ist die Hängebirke (*Betula pendula*). Diese eurosibirische Pflanze kommt überall in Europa vor mit Ausnahme des nördlichen Skandinaviens, dem Süden der Iberischen Halbinsel und Teilen Italiens und Griechenlands. Das östliche Verbreitungsgebiet reicht bis nach Sibirien, ins Altaigebirge und in den Nordiran.<sup>4</sup> Die Vermehrung dieser Pflanzen erfolgt durch

<sup>3</sup> FU Berlin, Berliner Aktionsprogramm gegen Ambrosia, 2012

<sup>4</sup> Erlbeck, R.; Haseder, I.E.; Stingelwagner, G.K.F.; Das Kosmos Wald- und Forstlexikon; Franckh- Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart, 2. Auflage 2002

Windbestäubung, weswegen zur Blütezeit von März bis Mai (je nach Standort) zahlreiche Pollenkörner mit dem Wind verdriftet werden.



**Abbildung 12: Jährliche Dauer des Pollenfluges und Pollenmenge jeweils dargestellt für Ambrosia von 1998 bis 2014 und Birke von 1984 bis 2014. (Datengrundlage: Messreihen der Pollenfalle Steglitz, FU Berlin, eigene Darstellung)**

Für die Bewertung des Pollenfluges im Berliner Raum wurden die Daten der Pollenfalle des Meteorologischen Instituts der FU Berlin zugrunde gelegt (Abb. 12). Die Erfassung der Birkenpollen reicht bis in das Jahr 1984 zurück. Der früheste Beginn des Pollenfluges wurde am 08.03.2012 registriert, der späteste am 21.04.1986. Das früheste Ende des Pollenfluges war am 06.05.1999, das späteste am 24.06.2008. Die Pollenflugdauer war mit 33 Tagen am geringsten im Jahr 1993. Der nachweislich längste Pollenflug betrug 96 Tage im Jahr 2012. In der Blühsaison des Jahres 1985 gab es die geringste Pollenbelastung von insgesamt 497 Pollen/m<sup>3</sup> Luft. Das geringste Maximum wurde ebenfalls in diesem Jahr ermittelt mit 126 Pollen/m<sup>3</sup>. Im Jahr 2006, einem Jahr mit durchschnittlicher Pollenflugdauer, gab es eine überdurchschnittlich hohe Pollenbelastung von insgesamt 44.426 Pollen/m<sup>3</sup>. Das Tagesmaximum wurde am 22.04.2006 registriert mit 8.085 Pollen/m<sup>3</sup>. Innerhalb des betrachteten Zeitraumes 1984 bis 2014 ist ein signifikant früher einsetzender Beginn des Pollenfluges zu verzeichnen, was für ein tendenziell früheres Einsetzen der Vegetationsperiode spricht. Das Ende des Pollenfluges blieb bisher zeitlich unverändert. Die Pollenflugdauer an sich hat sich jedoch tendenziell verlängert. Ebenso ist über die Zeit eine signifikante Zunahme der Gesamtpollenmenge je Pollenflugsaison zu verzeichnen. Die jeweils für einen Tag im Jahr ermittelten Maximalwerte der registrierten Pollen haben ebenfalls tendenziell zugenommen. Der Trend zunehmender Pollenbelastung wurde auch

im Rahmen einer europaweiten Studie der TU München nachgewiesen. Im Zusammenhang mit den Auswertungen wurde darauf verwiesen, dass Städte mehr als urbane Gebiete davon betroffen sind und dass sich dieser Trend angesichts des Klimawandels noch verstärken werde<sup>5</sup>.



Strandbad Wannsee, © Andreas Gerlach – Fotolia.com

#### 4.2.4.3 Qualität Badegewässer

In Berlin gibt es 38 ausgewiesene Badestellen, von denen ca. ein Drittel Freibäder sind. Während der offiziellen Badesaison vom 15. Mai bis zum 15. September (in Einzelfällen auch darüber hinaus) überprüfen die Gesundheitsbehörden des Landes und der Bezirke nach einem strengen und dichten Kontrollregime die gesundheitliche Unbedenklichkeit der Badegewässer.

Qualitative Einstufung	ausgezeichnet	gut	ausreichend	mangelhaft
2011	35	1	1	1
2012	35	1		2
2013	35		1	2
2014	35	1		2
2015	37	1		

Tabelle 3: Qualitative Einstufung der Badegewässerqualität für die Jahre 2011 – 2015 (LaGeSo Berlin)

Die Konformitätseinstufungen der Gewässer werden anhand des Vorkommens und der Dichte bestimmter Mikroorganismen (*E. coli* und Intestinaler Enterokokken), für die in der Badegewässerverordnung in Umsetzung der EG-Badegewässerrichtlinie Grenzwerte festgelegt sind, vorgenommen. Darüber hinaus wird der Parameter coliforme Bakterien zur Beurteilung der aktuellen Badegewässerqualität während der Badesaison herangezogen. Als Datengrundlage dienen die im Rahmen des Monitorings gemäß der Berliner Badegewässerverordnung §§ 5 und 6 erhobenen Daten des Landesamtes für Gesundheit und Soziales (LaGeSo) Berlin.

Im Zeitraum 2011 bis 2014 wurden bei 36 der 38 Badestellen unverändert ausgezeichnete und gute Gewässerqualitäten nachgewiesen (Tab. 3). Für zwei bzw. in 2013 drei Badestellen wurde die Qualität als ausreichend oder mangelhaft eingestuft. Die möglichen Gründe für eine mangelhafte Gewässerqualität können vielfältig sein, wie z.B.:

- Einleitungen aus kommunalen und gewerblichen Kläranlagen

<sup>5</sup> [www.tum.de/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/kurz/article/31233](http://www.tum.de/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/kurz/article/31233) vom 27.11.2015



- Fehleinleitungen aus dem Siedlungsbereich
- direkte und diffuse Einträge aus der Landwirtschaft
- Futterreste aus dem Anfüttern von Wassertieren
- Verunreinigungen durch Wasservögel.

Im Regenwetterfall führen sowohl Überläufe aus der Regen- und Mischwasserkanalisation als auch Notauslässe, je nach Intensität und Dauer der Niederschläge, zu einer erheblichen Verschlechterung der Gewässerqualität. Außerdem können starke Regenfälle oberflächliche Auswaschungen verursachen und dadurch Einträge von Sediment und organischem Material aus dem Uferbereich zur Folge haben.

Für die Badesaison 2015 konnten alle Badegewässer mit einer Ausnahme als ausgezeichnet bewertet werden. Die bisher als mangelhaft eingestuften Badegewässer entsprachen erstmalig wieder den Qualitätsanforderungen. Im Gegensatz zu den Vorjahren wirkten sich Starkregenereignisse während der Badesaison nicht so gravierend auf die Gewässerqualität aus. Diesbezüglich besteht jedoch Forschungsbedarf, da im Zuge des sich vollziehenden Klimawandels zukünftig häufiger mit Starkregenereignissen zu rechnen sein wird.



© BA Reinickendorf - depositfotos.com

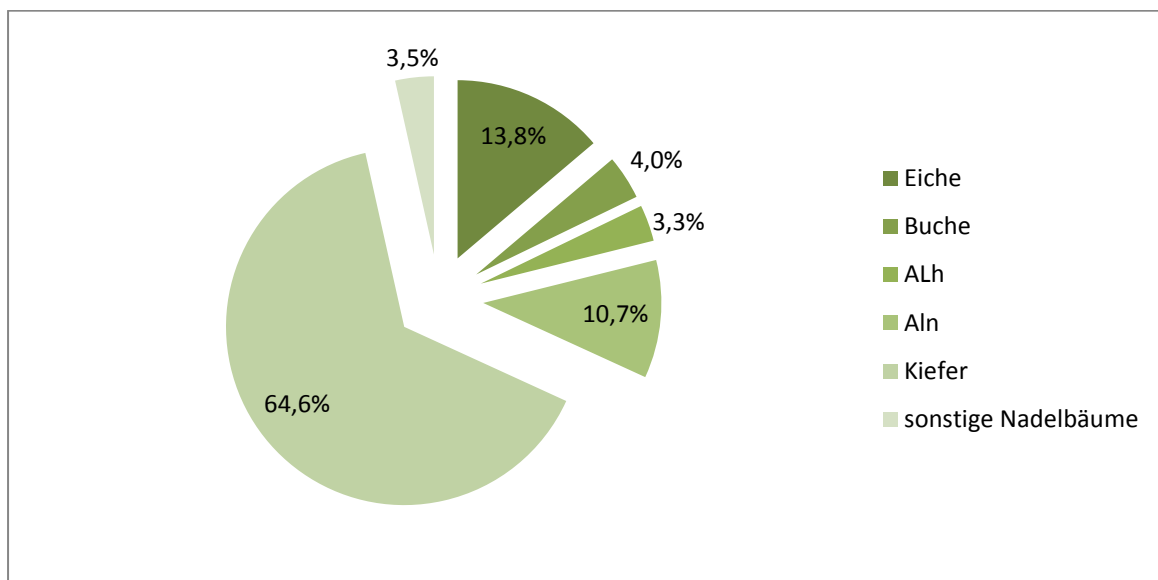
#### 4.2.5 Forstwirtschaft

Wälder erbringen vielfältige Ökosystemdienstleistungen. Sie tragen zum Schutz von Klima, Wasser und Boden bei, sind Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten und bieten Raum für Erholung und Naturerleben. Darüber hinaus produzieren sie den wichtigsten nachwachsenden Rohstoff Holz.

Die Berliner Wälder sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt von Kiefernreinbeständen dominiert. Monokulturen sind jedoch nicht nur anfälliger gegenüber Schadinsekten und Pilzen sondern auch potenziell gefährdet durch Sturm und Trockenheit. In Folge des Klimawandels werden sich die durchschnittlichen Jahrestemperaturen jedoch weiterhin erhöhen und das Niederschlagsgeschehen wird sich dahingehend verändern, dass im Sommer vermehrt Trockenperioden auftreten. Aus diesem Grund ist man bei den Berliner Forsten bestrebt, die gefährdeten Bestände gezielt in struktur- und artenreiche Wälder umzubauen und als solche zu erhalten. Anhand der ausgewählten Indikatoren soll beobachtet werden, inwiefern sich die Baumartenzusammensetzung fortan ändern wird und in welcher Form sich das im Holzvorrat widerspiegelt.

#### 4.2.5.1 Baumartenzusammensetzung

Zum 01.10.2012 erfolgte - gekoppelt an die 3. Bundeswaldinventur (BWI) - die erste landesweite Waldinventur für Berlin und Brandenburg. Die BWI hat die Bäume im deutschen Wald zu 51 Baumarten oder Baumartengruppen zusammengefasst erhoben.<sup>6</sup>



**Abbildung 13:** Prozentuale Verteilung der Baumartengruppen auf den Flächen der Berliner Forsten in Berlin und Brandenburg gemäß Berliner Waldinventur zum 01.10.2012 (ALh – andere Laubbäume mit hoher Lebenserwartung, ALn – andere Laubbäume mit niedriger Lebenserwartung), (Datengrundlage: Berliner Forsten, eigene Darstellung)

Für die Auswertung der Baumbestände auf den Flächen der Berliner Forsten in Berlin und Brandenburg wurde die Bäume zu sechs Baumartengruppen zusammengefasst:

Nadelbäume: Kiefer und sonstige Nadelbäume (Fichte, Tanne, Douglasie, Lärche)

Laubbäume: Eiche, Buche, andere Laubbäume mit hoher Lebenserwartung – ALh (Ahorn, Esche, Kastanie, Linde, Mehlbeere, Speierling, Robinie, Ulme) und andere Laubbäume mit niedriger Lebenserwartung – ALn (Birke, Elsbeere, Erle, Pappel, Traubenkirsche, Vogelbeere, Vogelkirsche, Weide, Wildobst).

Auf einer Gesamtfläche von 25.161,8 ha wurde die Verteilung der Baumartengruppen wie folgt ermittelt (Abb. 13). Die dominante Baumart ist die Kiefer mit 64,6 %. Eichen machen einen Anteil von 13,8 % aus, gefolgt von den ALn mit 10,7 %. Mengenmäßig gering sind die sonstige Nadelbäume mit 3,5 %, der Buchenbestand mit 4,0 % und die ALh mit 3,3 %. Hierbei ist jedoch

<sup>6</sup> BMEL, Der Wald in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der dritten Waldinventur, Oktober 2014



zu beachten, dass aus den Zahlen keine Rückschlüsse auf die Bestandsform gezogen werden können.



Foto: Astrid Endler

#### 4.2.5.2 Holzvorrat

Der Holzboden, das heißt, die zur Holzerzeugung bestimmte Fläche der Berliner Forsten in Berlin und Brandenburg betrug in 2003 24.871 ha, in 2014 25.271 ha. Der Ist-Vorrat je Hektar ist in diesem Zeitraum (2003 bis 2014) von 209 Vfm o.R. (Vorratsfestmeter ohne Rinde) auf 235 Vfm o.R. angestiegen. Weitere Vergleiche sind zum derzeitigen Zeitpunkt nicht möglich, da keine belastbaren Daten für frühere Zeiträume vorliegen.

Im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass Klimaerwärmung, längere Vegetationszeiten, erhöhte Stickstoffeinträge und Kohlenstoffdioxid-Konzentrationen das Wachstum der Bäume seit den 1960er Jahren deutlich beschleunigt haben. Das hat zur Folge, dass Zieldurchmesser und bestmöglicher Zeitpunkt der Bestandsernte zukünftig eher erreicht werden.<sup>7</sup> In welcher Form sich dieser positive Effekt des Klimawandels auf den Berliner Wald auswirkt, werden zukünftige Erhebungen zeigen.

#### 4.2.6 Stadt- und Landschaftsplanung

In Metropolen wie Berlin sind hinsichtlich des Klimawandels Grünflächen und Straßenbepflanzungen von großer Bedeutung. Bäume sind natürliche Schattenspende und sorgen für ein ausgeglichenes Mikroklima. Stadtgrün nimmt Luftschadstoffe auf und trägt zum Lärmschutz bei. Auf unversiegelten Flächen kann Niederschlagswasser versickern. Sie dienen so dem Überschwemmungsschutz und der Grundwasserneubildung. Grüne Räume sind Orte der Entspannung und tragen zum Wohlbefinden der Bevölkerung bei. Darüber hinaus bieten sie Tieren und Pflanzen einen Lebensraum und begünstigen so die Biodiversität.

Insbesondere die Stadtbäume werden aufgrund ihrer Langlebigkeit über den Zeitverlauf mit unterschiedlichen Wachstumsbedingungen konfrontiert. Die durch den Klimawandel

<sup>7</sup> Pretzsch, H. *et al.*, Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870, *Nature Communications* 5:4967, 2014





Foto: Astrid Endler

zunehmend wärmeren Winter und lange Trockenperioden im Sommer können die Konkurrenzfähigkeit heimischer Arten beeinträchtigen. Mit Hilfe der folgenden Indikatoren soll beobachtet werden, ob und wie der Berliner Straßenbaumbestand vom Klimawandel betroffen ist.

Verglichen mit anderen Metropolen ist Berlin eine sehr grüne Stadt. Neben zahlreichen und vielfältigen Bäumen in Parkanlagen, auf Spielplätzen, Schul-, Hausinnen- und Friedhöfen gibt es in Berlin traditionell einen sehr hohen Bestand an Straßenbäumen. Dieser ist mit etwa 439.000 Bäumen zum 31.12.2014 höher als jemals zuvor.

#### 4.2.6.1 Bestand Straßenbäume



Fotos: Astrid Endler

Entlang einer Straßenlänge von insgesamt 5.361 km verteilen sich die sieben Hauptgattungen wie folgt (Abb. 14): Der mit Abstand häufigste Straßenbaum ist die Linde mit einem Anteil von ca. 35,4 %, gefolgt vom Ahorn mit rund 19,9 %. Die Eiche ist mit etwa 8,8 % vertreten. Mengenmäßig ähnlich verteilt sind Platane und Kastanie mit ca. 5,8 %, bzw. 4,9 %. Geringer sind die Vorkommen von Birke und Robinie mit rund 3 %. Alle übrigen Bäume, wie beispielsweise Pappel, Esche, Mehlbeere, Baumhasel und Rotdorn, machen einen Anteil von 19 % aus.

Weitere [Fakten und Zahlen zu den Berliner Straßenbäumen](#) sind auf der Internetseite der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt zu finden.

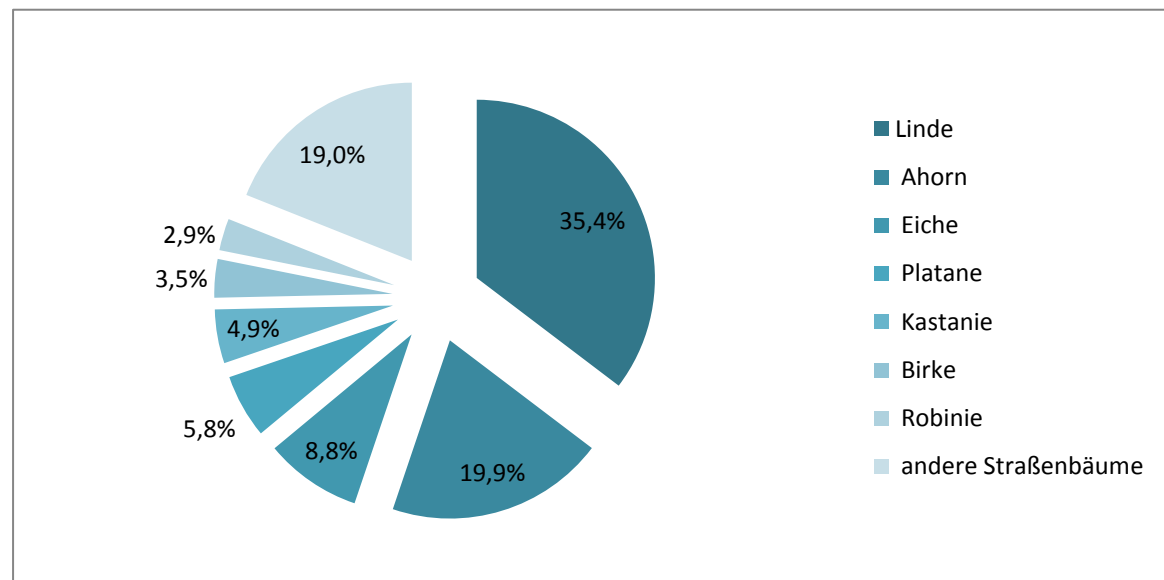


Abbildung 14: Prozentuale Verteilung der Hauptgattungen der Straßenbäume Berlins zum 31.12.2014 (Datengrundlage: SenStadtUm, eigene Darstellung)

#### 4.2.6.2 Zustand Straßenbäume

Um den Gesundheitszustand der Berliner Straßenbäume zu bewerten, erfolgt alle fünf Jahre eine Befliegung der Berliner Innenstadt (innerer S-Bahn-Ring) und der geschlossen bebauten Randbezirke Wedding, Pankow, Weißensee und Steglitz.

In Stichprobengebieten werden Colorinfrarot-(CIR-) Luftbilder aufgenommen, auf denen sich durch Reflexionsunterschiede der Baukronen verursachte Schadenssymptome wie Blattverluste und Blattfärbungen nachweisen lassen. Diese werden als Bewertungskriterium herangezogen, um die Kronenvitalitätsstufe zu bestimmen (Tab. 4).

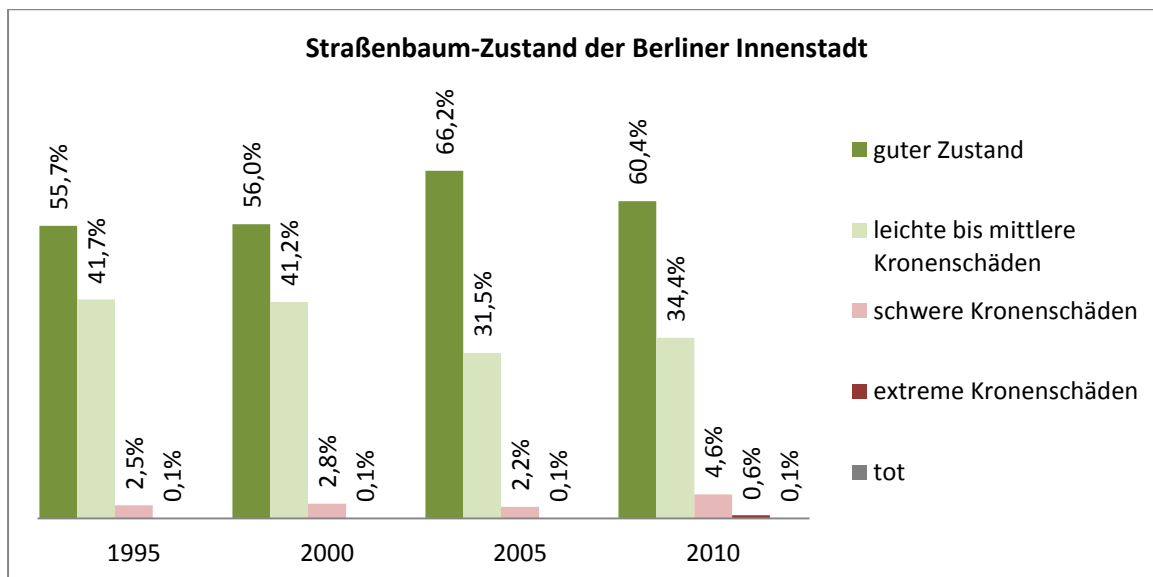
Eine [Auswertung der Daten](#) erfolgt im Rahmen des Straßenbaumzustandsberichtes, der alle fünf Jahre erscheint.

Vitalitätsstufe	Zustandsbeschreibung	Bewertung
1	keine oder nicht nennenswerte Kronenschäden	<b>guter Zustand</b>
2	leichte Blattverluste und/oder Blattverfärbungen bzw. Kronenstruktur-Anomalien	<b>leichte bis mittlere Kronenschäden</b>
3	deutliche Blattverluste, Blattverfärbungen, Kronenstruktur-Anomalien	<b>schwere Kronenschäden</b>
4	geschädigte Blätter, mäßig belaubte Krone	<b>extreme Kronenschäden</b>
5	ohne Laub	<b>tot</b>

Tabelle 4: Einstufung der Straßenbaum-Kronenvitalität (Straßenbaumzustandsbericht)



Im Mehrjahresvergleich ergibt sich hinsichtlich des Zustandes der Berliner Straßenbäume Folgendes (Abb. 15). Der als gut bewertete Anteil des Baumbestandes nahm über den betrachteten Zeitraum hinweg zu und betrug im Erfassungszeitraum 2010 rund 60 %. Der Anteil von Bäumen mit leichten und mittleren Schäden nahm hingegen ab auf 34,4% in 2010. Die Anzahl der Bäume mit schweren Kronenschäden hat sich innerhalb des 15-jährigen Zeitraumes fast verdoppelt und betrug in 2010 4,6%. Ebenso stieg der Anteil von Bäumen mit extremen Kronenschäden auf 0,6% in 2010. Zusätzlich mussten in 2010 0,1 % der Bäume als bereits tot bewertet werden. Die in der betrachteten Zeitspanne aus Verkehrssicherungsgründen gefällten Stichprobenbäume sind in dieser Aufstellung nicht berücksichtigt worden, sodass real von einer höheren Schadensrate ausgegangen werden kann. Neben Wärmeinseleffekt und Trockenstress sind innerstädtische Straßenbäume zahlreichen weiteren Stressfaktoren ausgesetzt. Insbesondere Schädlingsbefall, Bauarbeiten, Bodenverdichtung, Bodenversiegelung, Tausalz, Luftschadstoffe und Schäden durch Verkehrsunfälle haben einen wesentlichen Einfluss auf die Vitalität. Viele dieser Faktoren werden im Zuge des Klimawandels zusätzlich negative Synergieeffekte erzeugen, welche im Rahmen wissenschaftlicher Arbeiten vertiefend untersucht werden müssen.



**Abbildung 15: Mehrjahresvergleich zur prozentualen Verteilung der Straßenbaum-Kronenvitalität (Datengrundlage: SenStadtUm, eigene Darstellung)**

## 5 Zusammenfassung

In Berlin zeichnet sich innerhalb der letzten Jahrzehnte ein deutlicher Erwärmungstrend ab, der sich insbesondere in einer Zunahme der Temperaturkenntage warm bzw. einer Abnahme der Temperaturkenntage kalt widerspiegelt. Die zunehmend häufiger auftretenden Sommertage oder heißen Tage stellen ein erhebliches gesundheitliches Risiko dar. Dadurch, dass diese Tage oftmals in Folge auftreten und vermehrt mit Tropennächten einhergehen, wird die Regenerationsfähigkeit der Menschen zusätzlich beeinträchtigt. In wissenschaftlichen Arbeiten wurden bereits die negativen Effekte hoher Temperaturen auf gesundheitlich vorbelastete Menschen mit Herz-Kreislauf- oder Atemwegserkrankungen und der damit einhergehenden Morbiditäts- und Mortalitätsrate untersucht. Im Rahmen des Monitorings erfolgte eine solche Auswertung nicht, da die Unsicherheiten bei der methodischen Aufbereitung und Bewertung der vorliegenden Daten erst durch weitere Forschungen auf diesem Gebiet auszuräumen sein werden.

Die monatlichen und jährlichen Niederschlagssummen sind, ungeachtet der üblichen jährlichen Schwankungen, innerhalb der zurückliegenden 135 Jahre konstant geblieben. Dennoch geht der Trend zu längeren Trockenphasen und anschließenden Starkregenereignissen.

Ausbleibende Niederschläge und eine hohe Sonnenscheindauer können wiederum das Hautkrebsrisiko und das Risiko für strahlungsbedingte Augenerkrankungen erhöhen. Neben diesen direkten Auswirkungen des sich ändernden Klimas gibt es aber auch indirekte Effekte, die die menschliche Gesundheit beeinträchtigen können. So hat sich beispielsweise innerhalb der letzten Jahrzehnte in Folge des allgemeinen Erwärmungstrends die Vegetationsperiode ausgedehnt. Das hat zur Folge, dass aufgrund des früher einsetzenden Blühbeginns einiger Pflanzen die Pollensaison für Allergiker eher beginnt. Eine verlängerte Vegetationszeit zum Ende des Jahres führt zu einer länger anhaltenden Pollenbelastung. Zusätzlich zur Ausdehnung der Pollensaison konnte beispielhaft anhand des Birkenpollens eine tendenzielle Erhöhung der Pollenmenge nachgewiesen werden. Wissenschaftler führen das auf die Temperaturerhöhung und die erhöhte atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration zurück. Treten Pollen in Verbindung mit Ozon oder Feinstaub (PM<sub>10</sub>) auf, nimmt die Allergenität des Pollens zu. Seit 1990 ist die Höhe der gemittelten Ozonkonzentration an Sommertagen in Berlin rückläufig. Dennoch wird auch zukünftig, aufgrund der im städtischen Bereich ausreichend vorhandenen Vorläufersubstanzen und begünstigt durch hohe Sommertemperaturen und Strahlung, mit erhöhten Ozonkonzentrationen zu rechnen sein. Die Feinstaubbelastung ist seit 1987 deutlich zurückgegangen. Einzelne Grenzwertüberschreitungen werden dem Verkehrsaufkommen zugeschrieben, da diese in Straßennähe erfasst wurden. Im Hinblick auf die Gesundheitsrisiken, die mit erhöhten Feinstaubbelastungen einhergehen, müssen jedoch auch diese Überschreitungen minimiert werden.

Die Qualität der Badegewässer Berlins ist größtenteils ausgezeichnet und vom Klimawandel bisher nicht nachweislich betroffen. Eine Bewertung des ökologischen Zustandes der Oberflächengewässer erfolgte bislang nicht, da die Entwicklung von Phytoplankton und Blaualgen auf komplexe Zusammenhänge zurückzuführen ist und diesbezüglich noch Forschungsbedarf besteht. An einer Methodik zur Auswertung der vorliegenden Daten wird dennoch gearbeitet.

In Folge der globalen Klimaerwärmung treffen einige Zugvögel zeitiger in den Brutgebieten ein. Für das Überleben dieser Tiere sind präferierte Temperaturbereiche und ein ausreichendes Nahrungsangebot notwendig. Durch den allgemeinen Erwärmungstrend und die dadurch eher einsetzende Vegetationsperiode liegen diese Voraussetzungen frühzeitiger vor. Das jahreszeitliche Auftreten von Insekten folgt jedoch nicht immer dem veränderten Temperaturgeschehen und so kommt es, gemäß einer wissenschaftlichen Studie der Universität

Toronto<sup>8</sup>, dazu, dass beispielsweise die Flugzeiten von Hummeln immer weniger mit den Blütezeiten bestimmter Pflanzen übereinstimmen, was unter anderem auf den Klimawandel zurückgeführt wird. Eine fehlende Synchronität zwischen Pflanzen und Bestäuberorganismen würde, sofern diese nicht anderweitig kompensiert wird, den Fortpflanzungserfolg von Pflanzen und damit die biologische Vielfalt sowie den Ertrag zahlreicher Nutzpflanzen und so deren Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen. Die höheren Temperaturen, erhöhte Stickstoffeinträge und CO<sub>2</sub>-Konzentrationen haben jedoch auch dazu beigetragen, dass sich das Baumwachstum seit den 1960er Jahren nachweislich beschleunigt hat. Im Bereich der Forstwirtschaft bedeutet das, dass Zieldurchmesser und Erntezeitpunkte eher erreicht werden. Dennoch können zunehmend mildere Winter dazu führen, dass die Konkurrenzfähigkeit einheimischer Baumarten gegenüber Sträuchern und nicht heimischen Baumarten abnimmt. Typische Waldbäume der gemäßigten Breiten halten in Folge der Anpassung an den Wechsel der Jahreszeiten im Winter eine Kälteruhe, die sie vor dem Erfrieren schützt. Gemäß einer Studie der TU München<sup>9</sup> sind es insbesondere kalte Winter, die bei den Bäumen eine zeitige Wachstumsphase induzieren. Milde Winter haben hingegen einen späteren Austrieb zur Folge. Bäume, die keine solche Kälteruhe halten, beginnen zeitiger mit dem Blattaustrieb und haben damit einen Konkurrenzvorteil gegenüber den angestammten Arten. Der städtische Baumbestand Berlins ist vielfältig, was grundsätzlich eine große Risikostreuung bedeutet. Der Vitalitätszustand der Straßenbäume hat sich seit 1995 verbessert. Dennoch sind nur 60 % der Bäume ohne Schäden. Bei den geschädigten Bäumen hat sich insbesondere der Anteil von Bäumen mit schweren und extremen Kronenschäden erhöht. Eine große Belastung stellen die zunehmenden Trockenperioden dar. Kommt es nach längerer Trockenheit zu Starkregenereignissen, fließt das Wasser größtenteils oberflächlich ab und nur wenig versickert und ist pflanzenverfügbar. Zusätzlich wird die Vitalität der Bäume durch Insektenbefall und Pilzerkrankungen beeinträchtigt. Einigen eingewanderten Schadorganismen kommt der Klimawandel zugute. Die weißblühende Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*) wurde beispielsweise Ende der 1990er Jahre erstmals und seither mit deutlich zunehmendem Trend durch die wärmeliebende Kastanienminiermotte (*Cameraria ohridella*) befallen. Warme Frühjahrs- und Sommertemperaturen sowie Trockenheit begünstigen den Fortpflanzungserfolg der Tiere, was sich deutlich in den geschädigten Blättern der Bäume widerspiegelt.

## 6 Ausblick

Die bislang beobachteten Folgen des Klimawandels sind vielfältig und kausal miteinander verknüpft. In vielen Bereichen besteht nach wie vor Forschungsbedarf. Zusätzlich aufgelegte Monitorings und Studien werden dazu beitragen, die bislang gewonnenen Kenntnisse zu ergänzen, um Klimawandelfolgen zukünftig noch deutlicher abbilden zu können.

Die in diesem Monitoringbericht ausgeführten Indikatoren, die der Beschreibung des Klimazustandes und der Klimawirkungen auf Umwelt und Gesellschaft dienen, werden zukünftig um die im Rahmen des Teilkonzeptes zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin (AFOK) entwickelten Response-Indikatoren ergänzt. Mit Hilfe der Response-Indikatoren soll die Wirksamkeit der praktizierten Anpassungsmaßnahmen überprüft werden, damit diese zielführend umgesetzt werden können.

So soll sichergestellt werden, dass die Lebensqualität in Berlin trotz sich ändernder klimatischer Bedingungen auch für zukünftige Generationen erhalten bleibt.

---

<sup>8</sup> [http://labs.eeb.utoronto.ca/thomson/publications\\_15\\_183164397.pdf](http://labs.eeb.utoronto.ca/thomson/publications_15_183164397.pdf)

<sup>9</sup> <https://www.tum.de/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/kurz/article/31150/>

### 6.1.1 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: DWD-MESSSTELLEN IM BERLINER STADTGEBIET (DARSTELLUNG SENSTADTUM) .....	5
ABBILDUNG 2: JAHRESMITTELTEMPERATUR IM BERLINER GEBIETSMITTEL 1881 – 2013 (GELB: MITTELWERT, ROT: LINEARER TREND; SCHWARZ: 30-JÄHRIGES GLEITENDES MITTEL (DATENGRUNDLAGE: DWD, EIGENE DARSTELLUNG) .....	6
ABBILDUNG 3: ENTWICKLUNG DER DURCHSCHNITTlichen JÄHRLICHEN MITTELTEMPERATUREN IN DREI GESTAFFELTEN 30-JAHRES-ZEITRÄUMEN, GEMESSEN AN 5 BERLINER MESSSTATIONEN (DATENGRUNDLAGE: DWD, EIGENE DARSTELLUNG) .....	7
ABBILDUNG 4: SOMMERTAGE IN DREI GESTAFFELTEN 30-JAHRES-ZEITRÄUMEN, GEMESSEN AN 5 BERLINER MESSSTATIONEN (DATENGRUNDLAGE: DWD, EIGENE DARSTELLUNG) .....	7
ABBILDUNG 5: HEIßE TAGE IN DREI GESTAFFELTEN 30-JAHRES-ZEITRÄUMEN, GEMESSEN AN 5 BERLINER MESSSTATIONEN (DATENGRUNDLAGE: DWD, EIGENE DARSTELLUNG) .....	8
ABBILDUNG 6: ANZAHL DER TROPENNÄCHTE AM ALEXANDERPLATZ UND IN DAHLEM ZWISCHEN 1981 UND 2010 (DATENGRUNDLAGE: DWD, EIGENE DARSTELLUNG) .....	9
ABBILDUNG 7: FROSTTAGE IN DREI GESTAFFELTEN 30-JAHRES-ZEITRÄUMEN, GEMESSEN AN 5 BERLINER MESSSTATIONEN (DATENGRUNDLAGE: DWD, EIGENE DARSTELLUNG) .....	10
ABBILDUNG 8: EISTAGE IN DREI GESTAFFELTEN 30-JAHRES-ZEITRÄUMEN, GEMESSEN AN 5 BERLINER MESSSTATIONEN (DATENGRUNDLAGE: DWD, EIGENE DARSTELLUNG) .....	10
ABBILDUNG 9: THERMISCHE VEGETATIONSPERIODE FÜR DREI GESTAFFELTE 30-JAHRES-ZEITRÄUME (DATENGRUNDLAGE: DWD, EIGENE DARSTELLUNG) .....	12
ABBILDUNG 10: PHÄNOLOGISCHE VEGETATIONSZEIT 1983 – 2013 (DATENGRUNDLAGE: DWD, EIGENE DARSTELLUNG) .....	13
ABBILDUNG 11: BEISPIELHAFT DARSTELLUNG DES ZUNEHMEND FRÜHEREN EINTREFFENS VON ZUGVÖGELN (DATENGRUNDLAGE: BOB, EIGENE DARSTELLUNG) .....	14
ABBILDUNG 12: JÄHRLICHE DAUER DES POLLENFLUGES UND POLLENMENGE JEWEILS DARGESTELLT FÜR AMBROSIA VON 1998 BIS 2014 UND BIRKE VON 1984 BIS 2014. (DATENGRUNDLAGE: MESSREIHEN DER POLLENFALLE STEGLITZ, FU BERLIN, EIGENE DARSTELLUNG) .....	21
ABBILDUNG 13: PROZENTUALE VERTEILUNG DER BAUMARTENGRUPPEN AUF DEN FLÄCHEN DER BERLINER FORSTEN IN BERLIN UND BRANDENBURG GEMÄß BERLINER WALDINVENTUR ZUM 01.10.2012 (ALH – ANDERE LAUBBÄUME MIT HOHER LEBENSERWARTUNG, ALN – ANDERE LAUBBÄUME MIT NIEDRIGER LEBENSERWARTUNG), (DATENGRUNDLAGE: BERLINER FORSTEN, EIGENE DARSTELLUNG) .....	24
ABBILDUNG 14: PROZENTUALE VERTEILUNG DER HAUPTGATTUNGEN DER STRAßENBÄUME BERLINS ZUM 31.12.2014 (DATENGRUNDLAGE: SENSTADTUM, EIGENE DARSTELLUNG) .....	27
ABBILDUNG 15: MEHRJAHRESVERGLEICH ZUR PROZENTUALEN VERTEILUNG DER STRAßENBAUM-KRONENVITALITÄT (DATENGRUNDLAGE: SENSTADTUM, EIGENE DARSTELLUNG) .....	28

### 6.1.2 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: STATE- UND IMPACT-INDIKATOREN (REALISIERBARKEIT DER INDIKATOREN: 1 – DATEN SIND VERFÜGBAR UND AUSWERTBAR; 2 – AN EINER METHODISCHEN AUFBEREITUNG DER DATEN WIRD GEARBEITET; 3 – AUFBEREITUNG UND BEWERTUNG DERZEITIG NICHT MÖGLICH) .....	4
TABELLE 2: BESTANDSENTWICKLUNG BERLINER BRUTVOGELARTEN 1990-2012 (N = 80 ARTEN); GEFÄHRDUNGSKATEGORIE: 3 - BESTAND GEFÄHRDET, V - VORWARNLISTE (BESTAND ZURÜCKGEHEND; VERSCHIEDENE FAKTOREN KÖNNTEN EINE GEFÄHRDUNG IN DEN NÄCHSTEN ZEHN JAHREN HERBEIFÜHREN); *: SIGNIFIKANT, **: HOCH SIGNIFIKANT. DIE GEFÄHRDUNGSSTUFEN WURDE DER ROTEN LISTE DER BRUTVÖGEL BERLINS ENTNOMMEN. (DATENGRUNDLAGE: SENSTADTUM, EIGENE DARSTELLUNG) .....	15
TABELLE 3: QUALITATIVE EINSTUFUNG DER BADEGEWÄSSERQUALITÄT FÜR DIE JAHRE 2011 – 2015 (LAGeSo BERLIN) .....	22
TABELLE 4: EINSTUFUNG DER STRAßENBAUM-KRONENVITALITÄT (STRAßENBAUMZUSTANDSBERICHT) .....	27

Senatsverwaltung  
für Stadtentwicklung  
und Umwelt



**Kommunikation**

Am Köllnischen Park 3  
10707 Berlin



**Herausgeber**

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt  
Württembergische Straße 6  
10707 Berlin

**Fachabteilung**

Sonderreferat Klimaschutz und Energie (SR KE)

**Autorin**

Astrid Endler

**Gestaltung**

Astrid Endler

**Titelbild**

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Fotograf: Philipp Meuser

**Stand 15.06.2016**