



**HOCHSCHULE OSNABRÜCK**  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thema:

**Baumentwicklungskonzept für die Landeshauptstadt  
Hannover unter  
Berücksichtigung des Ansatzes der "Assisted Migration"  
von submediterran  
und mediterran verbreiteten Arten**

**Masterarbeit**

im Studiengang Landschaftsarchitektur  
an der Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur

vorgelegt von: Emilie Kaspar

Ausgabedatum: 14.08.2023  
Abgabedatum: 15.01.2024

Erstprüfer: Herr Prof. Dr. Jürgen M. Bouillon

Zweitprüferin: Frau Dipl.-Ing. Tina Kruse

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Abbildungs-, Tabellen- und Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Kurzfassung</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Einführung und Ziele</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>13</b>
4.1	Stadtbäume	13
4.1.1	Funktionen	13
4.1.2	Standortbedingungen	16
4.2	Untersuchungsgebiet Stadt Hannover	23
4.2.1	Geografie und Bedeutung der Stadt Hannover	23
4.2.2	Ziele der Stadtentwicklung	24
4.2.3	Derzeitiger Baumbestand der Stadt Hannover	25
4.3	Klima	30
4.3.1	Klimawandel	30
4.3.2	Stadtklima	35
4.3.3	Bisherige Entwicklung des Klimas im Raum Hannover	39
4.3.4	Zukünftiges Klima der Stadt Hannover im Zeitraum 2080-2100	43
<b>5</b>	<b>Analyse der Baumstandorte und Baumarten in der Stadt Hannover</b>	<b>50</b>
5.1	Betrachtung im Kontext des Klimawandels in Hannover zu erwartender Temperaturen im Zeitraum 2080-2100	50
5.2	Analyse der Wasserverfügbarkeit	51
5.2.1	Betrachtung des Bodenwassers	51
5.2.2	Untersuchung der Niederschlagsverfügbarkeit an städtischen Baumstandorten	55
5.3	Typologisierung verschiedener Standorte nach Temperatur und Wasserverfügbarkeit	62
5.4	Bewertung der Eignung aktuell in Hannover vorhandener Baumarten	66
5.5	Genetische und phänotypische Anpassung von Bäumen an Hitze- und Trockenstress	72

<b>6</b>	<b>Bestimmung von Analoggebieten</b>	<b>75</b>
6.1	Ansatz der Assisted Migration	75
6.2	Materialien und Methode zur Anwendung an der Stadt Hannover	78
6.3	Analoggebiete bis zum Klima Hannovers 2100 im Szenario SSP5-8.5	80
6.4	Beschreibung der klimatischen Eigenschaften der Analoggebiete	82
6.5	Baumvorkommen in den Analoggebieten	84
<b>7</b>	<b>Erarbeitung eines Modells für zukünftige Baumpflanzungen in Hannover</b>	<b>85</b>
7.1	Eigenschaften an Hannovers Standorte angepasster Bäume	85
7.2	Ansatzpunkte für einen schrittweises Artenkonzept	87
7.3	Zusammenstellung von geeigneten Baumarten für die aufgestellten Standorttypologien	89
<b>8</b>	<b>Handlungshinweise für zukünftige Baumpflanzungen</b>	<b>100</b>
8.1	Standortverbesserung	100
8.2	Baumschutz	105
<b>9</b>	<b>Diskussion: Kritik und Einschränkungen der eigenen Arbeit</b>	<b>107</b>
<b>10</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>110</b>
<b>11</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>112</b>
<b>12</b>	<b>Danksagung</b>	<b>124</b>
<b>13</b>	<b>Erklärung</b>	<b>125</b>
<b>14</b>	<b>Anhang</b>	<b>126</b>
	Anhang A: Vollständige Liste der Stadtbaumarten Hannovers	126
	Anhang B: Anteil der Altersklassen am Baumbestand Hannovers	136
	Anhang C: Ergebnisse der Klimadatenmodellierung mit 10 interpolierten globalen Projektionsdurchläufen	137
	Anhang D: Erwartete klimatische Veränderungen bis 2081-2100 in den Szenarien SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3.7-0 und SSP5-8.5	139
	Anhang E: Auszug der Ergebnisse der Stadtklimamessreihe in Hannover	140
	Anhang F: Interview mit Clemens Heidger vom 15.11.2023 über die Wasserverfügbarkeit für Stadtbäume im Stadtraum	141
	Anhang G: Liste an Gehölzarten, die an das in Hannover unter SSP5-8.5 zum Ende des Jahrhunderts erwartete Klima angepasst sind	149

# 1 Abbildungs-, Tabellen- und Abkürzungsverzeichnis

## Abbildungen

Abbildung 1: Ökosystemleistungen von Stadtbäumen nach (Menke et al. 2014, verändert)	13
Abbildung 2: Pflanzgrubenbauweise 2 – überbaute Pflanzgrube bei für die Baumpflanzung ungeeigneten Bodenverhältnissen (FLL 2010)	17
Abbildung 3: Die zehn häufigsten Baumgattungen und -arten Hannovers; links: die Stadtbäume Hannovers zusammengefasst zu Gattungen; rechts: zusammengefasst zu Arten (nach Kreuzer 2023)	26
Abbildung 4: Die zehn häufigsten neu gepflanzten Straßenbaumarten Hannovers (nach Kreuzer 2023)	27
Abbildung 5: Änderung der globalen Oberflächentemperatur (relativ zum Zeitabschnitt 1850-1900), simuliert mit anthropogenen und natürlichen Faktoren (braun) und nur natürlichen Faktoren (blau) (IPCC 2021a)	30
Abbildung 6: Zukünftige jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionen bis 2100 in den CMIP6-Szenarien (IPCC 2021b)	32
Abbildung 7: Globale Durchschnittstemperaturzeitreihe (basierend auf 20-Jahres-Durchschnitten) mit Änderungen gegenüber der vorindustriellen Zeit (1850-1900); sehr wahrscheinliche Bereiche werden für SSP1-2.6 und SSP3-7.0 angezeigt (IPCC 2021c)	34
Abbildung 8: Das Stadtklima und seine Einflussfaktoren (DWD o.J. a)	35
Abbildung 9: Klimaanalysekarte - Nächtliche Überwärmung in der Region Hannover (GEO-NET 2023, S. 42)	37
Abbildung 10: Klimadiagramm Hannover Langenhagen, Referenzzeit 1970-2000 (Datengrundlage: DWD 2023)	39
Abbildung 11: Anomalie der Jahresmittelwerte in Hannover 1856-2022, Bezugszeitraum 1970-2000 (eigene Berechnung nach DWD 2023)	41
Abbildung 12: Winterhärtezonen für Gehölze in Mitteleuropa (Heinze & Schreiber 1984)	42
Abbildung 13: Niederschlagsentwicklung in Hannover 1903 bis 2021 (eigene Berechnung nach DWD 2023)	43
Abbildung 14: Klimadiagramm nach unter Szenario SSP5-8.5 projektiertem Klima für den Zeitraum 2080-2100 (Fick & Hijmans 2017; DWD 2018 & 2023; Krugmann & Bauditz 2022; GEO-NET 2023)	49

Abbildung 15: Grundwasserstufe: vorherrschende Höhe des Grundwasserstandes in Hannover, in dm u. Geländeoberfläche (GOF), Angaben zum mittleren hohen Grundwasserstand (MHGW), mittleren Grundwasserstand (MGW) und mittleren niedrigen Grundwasserstand (MNGW); mit zugewiesenen Grundwasserstufen (GWS) (NIBIS 2018a)	52
Abbildung 16: Wurzelwerk im Längsschnitt: Theoretische Wurzel Ausbildung an einem idealen Baumstandort (Weichselsdorfer 2012)	55
Abbildung 17: Darstellung einer in die anschließende Verkehrsfläche wachsende Baumwurzel (Reichwein 2002)	56
Abbildung 18: Standort einer Platane ( <i>Platanus x acerifolia</i> ) nahe des Opernplatzes in Hannover. Der Baum hat einen Kronentraufbereich von etwa 13 m, die Baumscheibe ist 2,30 x 2,30 m groß (eigene Aufnahme)	58
Abbildung 19: Standort einer Platane ( <i>Platanus x acerifolia</i> ) an der Waterloostraße in Hannover. Der Baum hat einen Kronentraufbereich von etwa 15 m, die Baumscheibe ist 2,20 x 2,20 m groß und grenzt einseitig an eine Rasenfläche (eigene Aufnahme)	60
Abbildung 20: Standort eines Silber-Ahorns ( <i>Acer saccharinum</i> ) im Maschpark Hannover (eigene Aufnahme)	61
Abbildung 21: Konstruierte Klimadiagramme auf Grundlage der exemplarischen Berechnung der Niederschlagsverfügbarkeit (Kapitel 5.2.2); links: entspricht einem Niederschlag von 100 %; Mitte: entspricht einem Niederschlag von 60 %; rechts: entspricht einem Niederschlag von 30 % (eigene Berechnung basierend auf dem projizierten Klima für 2080-2100 nach SSP5-8.5 und unter Einbezug des Stadtklimaeffekts; siehe Kapitel 4.3.4 und 5.1)	63
Abbildung 22: Lokalisierung der vier Standorttypologien im Stadtraum Hannover durch die räumliche Zuordnung tendenziell überhitzender Bereiche und die Angabe von Beispielen (Kartengrundlage: LHH 2023)	65
Abbildung 23: Vereinfachte Darstellung der Vegetationszonen Mitteleuropas (Fährtenleser 2012)	67
Abbildung 24: Autoökologische Diagramme basierend auf Feldbeobachtungen aus Waldparzellen zu <i>Quercus robur</i> (Stiel-Eiche), <i>Carpinus betulus</i> (Hainbuche), <i>Acer campestre</i> (Feld-Ahorn) und <i>Fraxinus excelsior</i> (Gemeine Esche) (San Miguel Ayanz et al. 2016, verändert)	68
Abbildung 25: Klimatische Analoggebiete für die Standorte Hannovers - angezeigt werden Gebiete, die im Zeitraum 1970-2000 über die klimatischen Eigenschaften verfügten, die in Hannover unter Szenario SSP5-8.5 für die Standorttypen Aw, At, Sw und St erwartet werden	80

Abbildung 26: Klimatische Analoggebiete für die Standorte Hannovers unter Szenario SSP5-8.5, differenzierte Darstellungen nach den Standorttypen Aw, At, Sw und St	81
Abbildung 27: Klimadiagramme für Madrid, Retiro (Spanien) und Krajowa (Rumänien); Referenzzeitraum 1970-2000 (DWD o.J. b & c)	83
Abbildung 28: Analoge für die Klimavariablen „Mindesttemperatur des kältesten Monats“ für den Standorttyp A unter Szenario SSP2-4.5 (Bezugszeitraum: 1970-2000)	88
Abbildung 29: <i>Acer tataricum</i> ssp. <i>tataricum</i> (Tatarischer Steppen-Ahorn) (Giannakis 2019)	94
Abbildung 30: <i>Malus trilobata</i> (Dreilappiger Apfel) (Ayton 2023)	96
Abbildung 31: <i>Platanus orientalis</i> 'Minaret' (Morgenländische Platane 'Minaret') (Europeana o.J.)	97
Abbildung 32: Skelettbauweise nach Vorbild Stockholmer Baumstandorte (Stoisser 2019)	101
Abbildung 33: Kombination von Regenwasserrückhalt und Baumstandort (3:0 Landschaftsarchitektur 2020, verändert)	103
Abbildung 34: Erweiterte Perspektive auf weltweite klimatische Analoggebiete für die Standorte Hannovers unter Szenario SSP5-8.5	108
Abbildung 35: Darstellung der Zirkulation oberflächlicher Strömungen (durchgezogene Linien) und tiefer Strömungen (gestrichelte Linien) im nordischen Meer und den subpolaren Becken (Curry 2010)	109

## Tabellen

Tabelle 1: Auszug aus dem Baumkataster der Landeshauptstadt Hannover: Neu gepflanzte Straßenbäume seit 2015, Stand August 2023 (Kreuzer 2023)	28
Tabelle 2: Kurzbeschreibungen der SSP-Szenarien (aus Kreienkamp et al. 2022, S. 5, verändert nach DKRZ o.J., DWD 2018 & GEO-NET et al. 2018)	33
Tabelle 3: Klima des Referenzzeitraums (1970-2000): Mittlere Lufttemperatur (°C) und mittlere Niederschlagshöhe (mm) der Wetterstation Langenhagen, ID 2014 (Datengrundlage: DWD 2023)	40
Tabelle 4: Erwartete jahreszeitliche und jährliche Temperatur-Mittelwerte (°C) und die Veränderungen zum Referenzzeitraum 1970-2000 im Raum Hannover, vollständige Tabelle in Anhang D (Fick & Hijmans 2017, ergänzt nach DWD 2018, S. 17; DWD 2023; GEO-NET 2023, S. 19)	45
Tabelle 5: Überwärmung in °C, angezeigt wird die Differenz zwischen Umlandstandort (hier: Langenhagen Flughafen) und Innenstadtstandorten (hier abgeleitet von Messungen an Weidendamm & Marianne Baecker-Allee) (aus Krugmann & Bauditz 2022, S. 53, verändert)	47
Tabelle 6: Niederschlagsveränderungen (in mm) für den Planungshorizont 2081-2100 (eigene Berechnung nach DWD 2018, S. 21; DWD 2023; GEO-NET 2023, S. 22)	48
Tabelle 7: Erwartete jahreszeitliche und jährliche Temperatur-Mittelwerte für den Innenstadtbereich Hannovers, ergeben sich aus der Addition des durchschnittlichen Stadtklimaeffekts, je nach Standort +/- 0,1 °C	51
Tabelle 8: Theoretische Niederschlagsverfügbarkeit an einem stark versiegelten Baumstandort am Beispiel einer Platane ( <i>Platanus x acerifolia</i> ) am Opernplatz in Hannover	59
Tabelle 9: Theoretische Niederschlagsverfügbarkeit an einem partiell versiegelten Baumstandort am Beispiel einer Platane ( <i>Platanus x acerifolia</i> ) an der Waterloostraße in Hannover	61
Tabelle 10: Theoretische Niederschlagsverfügbarkeit an einem unversiegelten Baumstandort am Beispiel eines Silber-Ahorns ( <i>Acer saccharinum</i> ) im Maschpark in Hannover	62
Tabelle 11: Standorttypen nach verschiedener Temperatur und Wasserverfügbarkeit für die Anwendung an der Stadt Hannover	64
Tabelle 12: Krankheiten und Schädlinge klassischer Stadtbaumarten; die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, (Kehr 2008; Schmidt 2009; San-Miguel-Ayanz et al. 2016, S. 53ff., 60, 72ff., 99, 162f., 184f.; Schönfeld 2019 & 2022)	70

Tabelle 13: Strategien der Anpassung an Hitze und Trockenheit (Böll et al. 2021)	74
Tabelle 14: Klimatische Variablen, die zur Bestimmung von europäischen Analoggebieten mit einbezogen werden	79
Tabelle 15: Kriterien zur Auswahl der für Hannovers Standorte geeigneten Baumarten	86
Tabelle 16: Gehölzarten mitteleuropäischer Herkunft, die ebenfalls in zu Hitze und Trockenheit neigenden Gebieten vorkommen	90
Tabelle 17: Gehölze mediterraner und submediterraner Herkunft, die an das in Hannover unter SSP5-8.5 zum Ende des Jahrhunderts erwartete Klima angepasst sind; Empfehlungen differenziert in Standorttypen Aw, At, Sw und St	92
Tabelle 18: Gehölzarten mediterraner (und submediterraner) Herkunft, die an das in Hannover unter SSP5-8.5 zum Ende des Jahrhunderts erwartete Klima angepasst sind, durch fehlende Winterhärte aber erst im weiteren Fortschreiten des Klimawandels gepflanzt werden können; Empfehlungen differenziert in Standorttypen Aw, At, Sw und St	98

## **Abkürzungen**

AMOC	Atlantic Meridional Overturning Circulation
CMIP	Coupled Model Intercomparison Project
DKRZ	Deutsches Klimarechenzentrum
DWD	Deutscher Wetterdienst
EEA	European Environment Agency
ESGF	Earth System Grid Federation
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
GALK	Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz e.V.
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GOF	Geländeoberfläche
GWS	Grundwasserstufe
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KLAM	Klima-Arten-Matrix
LHH	Landeshauptstadt Hannover
MGW	Mittlerer Grundwasserstand
MHGW	Mittlerer hoher Grundwasserstand
MNGW	Mittlerer niedriger Grundwasserstand
NHN	Normalhöhennull
NIBIS	Niedersächsischer Bildungsserver
NLWKN	Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
RCP	Representative Concentration Pathways
SSP	Shared Socioeconomic Pathways
UBA	Umweltbundesamt
WHZ	Winterhärtezone
WMO	World Meteorological Organization

## 2 Kurzfassung

Die Umstände des globalen Klimawandels erfordern zukünftig auch in Hannover eine Neuauswahl der Stadtbaumarten zugunsten hitze- und trockenheitstoleranter Arten. In Zusammenarbeit mit der Stadt Hannover wurde ein Baumentwicklungskonzept für zukünftige Baumpflanzungen in der Landeshauptstadt erarbeitet. Im Konflikt zwischen Schutz der heimischen Flora und Fauna und Maßnahmen der Klimaanpassung wurde die „Assisted Migration“ als Ansatz und Kompromiss zwischen beiden Bereichen gewählt. Hierbei werden Arten durch gezielte Eingriffe parallel zum Verlauf der theoretischer Arealverschiebung der Klimaerwärmung bewegt. Um mögliche Herkunftsgebiete für diese Arten zu finden, wurden auf europäischer Ebene klimatische Analoggebiete für Hannovers zukünftiges Klima gesucht. Das Klima verschiedener Standorttypen Hannovers wurde mithilfe von aktuellen klimatischen Szenarios für den Zeitraum 2080-2100 projiziert und anschließend europaweit mit dem lokalen Klima der Periode 1970-2000 verglichen. Gebiete Süd- und Südosteuropas verfügen über klimatischen Eigenschaften, welche dem in Hannover zukünftig erwarteten Klima entsprechen. Sie wurden auf ihr Gehölzvorkommen untersucht. Unter Einbezug der natürlichen Standortbedingungen und bereits gemachter Erfahrungen wurde eine umfangreiche Artenliste erarbeitet. Diese schlägt Baumarten vor, die zukünftig an die Klimabedingungen angepasst sind und jetzt und im Verlauf der nächsten Jahrzehnte an verschiedenen Standorten Hannovers gepflanzt werden können.

***Abstract: Tree development concept for the state capital of Hanover, taking account of the “assisted migration” approach of submediterranean and mediterranean species***

*The circumstances of global climate change will require a new selection of urban tree species in Hanover to the benefit of species that are tolerant of heat and drought. In collaboration with the borough of Hanover, a tree development concept was made for future tree plantings in Hanover. In the conflict between protecting local flora and fauna and climate change adaptation, “Assisted Migration” was chosen as an approach and compromise between both areas: species are moved through interventions parallel to the course of the theoretical range shift in climate change. To find possible areas of origin for these species, climatic analogue areas for Hanover's future climate were sought at the European level. The climate of various location types in Hanover was projected for the period 2080-2100 using current climatic scenarios. They were compared with the local climate of the period 1970-2000 across Europe. Areas of southern and southeastern Europe have climatic characteristics that correspond to the climate expected in Hanover in the future. They were examined for their presence of trees. A list of species was drawn up, considering the natural site conditions and further experiences. The list suggests woody species that will be adapted to the climatic conditions in the future and can be planted in various locations in Hanover now and over the next few decades.*

### 3 Einführung und Ziele

Stadtbäume erfüllen viele Funktionen und sind aus dem Stadtraum der „grünen“ Landeshauptstadt Hannover nicht mehr wegzudenken. Die ökologischen, regulierenden und kulturellen Leistungen von Stadtbäumen wirken sich unter anderem durch Kühlung, Transpiration, Abflussreduktion und Beschattung positiv auf das städtische Kleinklima und die Lebensqualität aus (Snowden 2006).

Gleichzeitig sind die Standortbedingungen in der Stadt besonders schwierig. Beengte räumliche Verhältnisse, nachteilige Bodeneigenschaften und stoffliche Belastungen tragen dazu bei, dass Stadtbäume im Vergleich zu Gehölzen im Umland wesentlich mehr Stress ausgesetzt sind. Eine besondere Herausforderung stellt der globale Klimawandel dar. Zwischen 2012 und 2021 war die Temperatur in Europa rund 1,9 °C wärmer als in der vorindustriellen Referenzzeit 1850-1900 (EEA 2022). Trotz politischer Programme, die eine Reduktion der in die Atmosphäre gelangenden Treibhausgase zum Ziel haben, werden aktuellen Einschätzungen zufolge die globale Erwärmung und dazugehörige klimatische Änderungstrends weitergehen (WMO 2022). Städte gelten als besondere Hotspots der Auswirkungen des Klimawandels. Wegen der Wärmespeicherfähigkeit, der dichten Bebauung und der verringerten Wasserverdunstung sind Hitze und Trockenheit hier stärker ausgeprägt.

Die zunehmende Hitze und Trockenheit sind aktuell Grund für Gefährdung und Sterben vieler europäischer Baumarten (Schuldt et al. 2020). Auswirkungen des Klimawandels machen sich stark in der Vitalität der Stadtbäume bemerkbar (LHH 2021, S. 7).

Laut Böll (2021) machen in den meisten deutschen Städten nur etwa fünf bis acht Arten den Großteil der Straßenbäume aus. Die oft gepflanzten heimischen Stadtbaumarten wie Berg-Ahorn, Sommer- und Winter-Linde sind an städtische Bedingungen schon jetzt nicht ausreichend angepasst, werden anfälliger für Schädlinge, fallen aus und erfüllen unter zunehmendem Trockenstress ihre Funktionen nicht mehr (Peltzer 2014, S. 121; Böll et al. 2019, S. 576). Diese Thematik betrifft auch die niedersächsische Landeshauptstadt Hannover, in der 60% der Straßenbäume meist heimischen Arten der Gattungen Linde, Eiche und Ahorn angehören (Fachbereich Umwelt und Stadtgrün Hannover 2021).

Die vermehrte Hitze und Trockenheit in den letzten Jahren sind vielerorts Anlass, vor allem im innerstädtischen Bereich auf an das Stadtklima besser angepasste gebietsfremde Baumarten auszuweichen (Böll et al. 2019). Dem gegenüber stehen Ziele, die heimische Diversität zu stärken und vor diesem Hintergrund auch im vermehrt städtischen Bereich gebietseigene Arten zu pflanzen (Mathey et al. 2011, S. 95). Die Stadt Hannover verfolgt im Rahmen einiger Programme ebenfalls diesen Gedanken und legt den Fokus auf gebietseigene Arten (Bonk et

al. 2015). Es besteht ein Konflikt zwischen Klimaanpassung, welche die Pflanzung neuer, stresstoleranter Arten propagiert und Schutz der heimischen Biodiversität durch das Vorziehen heimischer Flora und Fauna.

In der vorliegenden Arbeit sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden: Können vor dem Hintergrund des Klimawandels weiterhin die in Hannover heimischen Arten gepflanzt werden? Mit welcher klimatischen Entwicklung ist in Hannover zu rechnen? Welche Baumarten wären für die verschiedenen städtischen Standorte langfristig besser geeignet?

In der Arbeit werden zunächst die Wichtigkeit der städtischen Begrünung und die gleichzeitig damit verbundenen Standortbedingungen dargestellt. Anschließend werden die Landeshauptstadt Hannover und ihr derzeitiger Baumbestand betrachtet. Zur Beantwortung der oben genannten Forschungsfragen werden dann die bisherigen und die konkret möglichen Auswirkungen der klimatischen Entwicklung in Bezug auf den Raum Hannover analysiert. Auch stadtklimatische Aspekte finden dabei Berücksichtigung. Bevor die aktuell in Hannover vorhandenen Baumarten in ihrer Eignung bewertet werden, wird die Wasserverfügbarkeit verschiedener Standorte analysiert. Anhand dieser und in Verbindung mit Temperaturentwicklungen in Innenstadt und Umland werden Standorttypen für die Anwendung an der Stadt Hannover gebildet. Sowohl für die Bewertung des derzeitigen Baumbestands als auch für die spätere Auswahl der möglicherweise besser angepassten Arten wird die natürliche Verbreitung der Gehölze einbezogen.

Grundlage für die Suche nach alternativen Stadtbaumarten ist der Ansatz der Assisted Migration. Dieses Konzept der Klimafolgenanpassung ist als Kompromiss zwischen dem Schutz heimischer Diversität und der Suche nach hitze- und trockenheitsverträglicheren Arten zu sehen. Assisted Migration thematisiert die Arealverschiebung im Verlauf des Klimawandels und die Bewegung von Arten parallel zu dieser (Mette & Falk 2020, S. 30). Es werden dementsprechend europaweit klimatische Analoggebiete zu dem bis 2100 in Hannover erwarteten Klima gesucht. Die in den Analoggebieten zurzeit vorkommenden Baumarten werden durch weiterführende Recherchen in ihren Ansprüchen eingeschätzt. Anhand von aufgestellten Kriterien wird ihre Eignung für die Verwendung im Stadtraum Hannovers überprüft. Es wird ein standortbezogenes Baumentwicklungskonzept für die Landeshauptstadt Hannover entwickelt. Die hierbei angewendete Differenzierung in verschiedene Standorttypen macht eine umfangreichere Artenauswahl für die zukünftige Verwendung möglich. Bei Gehölzen nicht ausreichender Winterhärte wird ein Ablaufplan für später mögliche Pflanzungen entwickelt. Das Ziel ist, die Stadt Hannover dabei zu unterstützen zukünftig standortgerechte und nachhaltige Baumpflanzungen und einen langfristig vitalen Baumbestand zu erhalten.

## 4 Grundlagen

### 4.1 Stadtbäume

#### 4.1.1 Funktionen

Seit einigen Jahrzehnten ist die Integration und Gestaltung von Grün- und Freiflächen Teil der nachhaltigen und stadtklimatisch orientierten Stadtentwicklung (Mathey et al. 2011, S. 15). Die positiven Effekte von Stadtgrün und Stadtbäumen sind dabei vielfältig und umfassen ökologische, ökonomische, klimatische und psychologische Funktionen. Der Begriff „Ökosystemleistungen“ fasst jene physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse zusammen, die sich auf direkte Weise vorteilhaft auf das menschliche Wohlbefinden auswirken (Haase et al. 2014, S. 414). Haase et al. (2014, S. 413) nennen in diesem Zusammenhang vier Kategorien: Bereitstellungsfunktionen, Regulierungsfunktionen, Lebensraumfunktionen und kulturelle Funktionen. Ansätze, die die Kosten und Nutzen des städtischen Baumbestands in geldlichen Wert zu fassen versuchen (Borowski 2022b), verdeutlichen die Bedeutung der Ökosystemleistungen für die Stadt. Abbildung 1 zeigt einen breiten Überblick der Leistungen, die Bäume für das städtische Umfeld vollbringen.

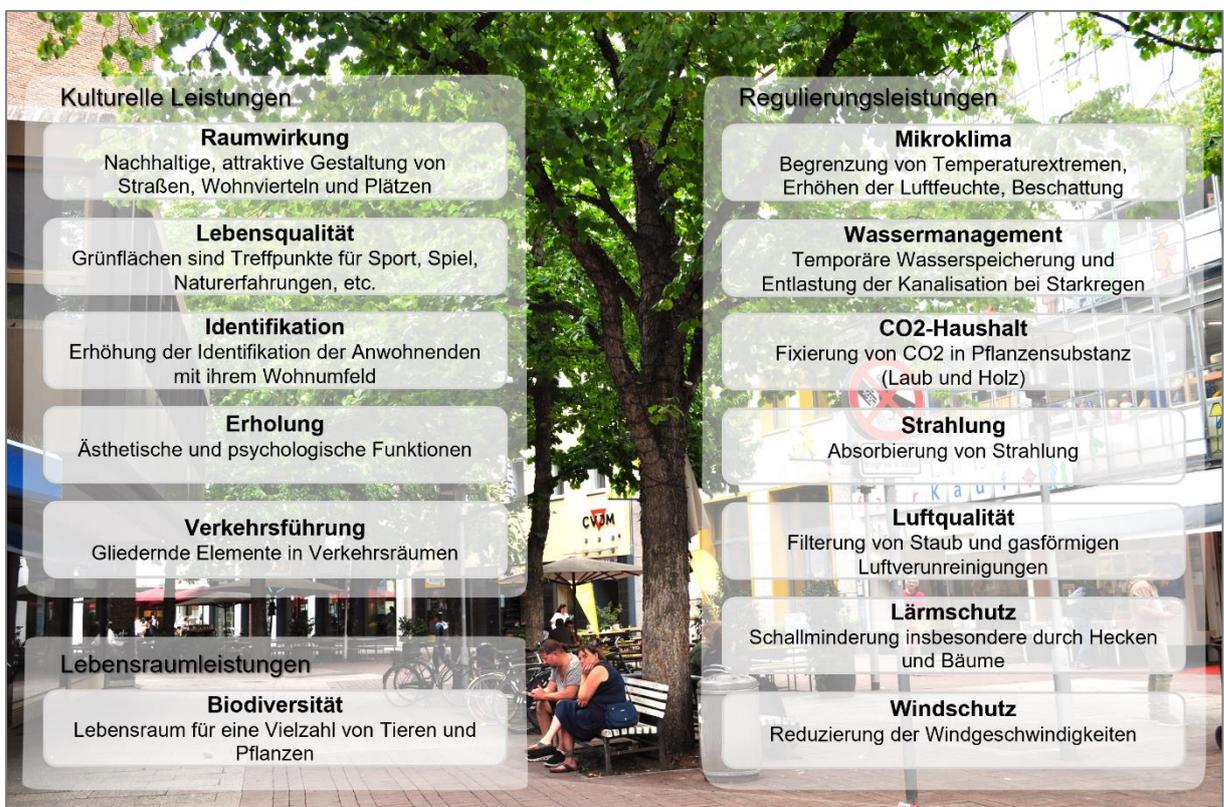


Abbildung 1: Ökosystemleistungen von Stadtbäumen nach (Menke et al. 2014, verändert)

Für den städtischen Bereich sind an erster Stelle Regulierungsleistungen maßgebend. Grün- und Freiflächen mildern im Sommer hohe Lufttemperaturen ab (Snowdon 2006; Mathey et al. 2011, S. 15). Verglichen mit anderen Formen der Begrünung, etwa Dach- oder Fassadenbegrünung, eignen sich besonders Stadtbäume zur Hitzereduktion im bebauten Bereich (Duthweiler et al. 2017, S. 149; Kirschbaum et al. 2019, S. 231; Zölch 2021, S. 88; Münter 2022). Pflanzliches Material verfügt verglichen mit anderen Baumaterialien über eine geringere Wärmespeicherkapazität (Snowdon 2006). Außerdem hängt die Kühlungsleistung einerseits mit der Verschattung des Bodens, andererseits mit Abkühlung durch Evapotranspiration zusammen. Allein die Evaporation von Regenwasser aus Baumscheiben und Grünflächen bewirkt eine Abkühlung von 0,5 bis 1,3 °C. (Kirschbaum et al. 2019, S. 231). Hinzu kommt vor allem stomatäre Transpiration, die Pflanzen zum Beispiel für den internen Wassertransport oder Schutz der eigenen Blätter durch Verdunstungskälte betreiben. Diese verstärkt die Verdunstungskühlung von Grünflächen noch. In Grünanlagen können die Temperaturunterschiede zwischen den durch Bäume beschatteten Böden und unbeschattete Flächen 20 °C betragen und noch 10 cm unter der Oberfläche um einige Grad Celsius messbar sein (Duthweiler et al. 2017, S. 142). Neben kleinräumigen Effekten durch einzelne Bäume können größere innerstädtische Grünflächen sich auch zu stadtklimatisch relevanten Kaltluft produzierenden Flächen entwickeln (Snowdon 2006).

Als weitere Regulierungsleistung speichern Stadtbäume Wasser und halten dieses im Sinne des populär werdenden dezentralen Regenwassermanagements im naturnahen Kreislauf. Statt das anfallende Wasser in die Kanalisation ableiten zu müssen, verbleibt es in der Biomasse, an der Oberfläche der Blätter oder versickert im Boden (Mathey et al. 2011, S. 34; Moser et al. 2017, S. 101). In Kombination mit weiteren bautechnischen Maßnahmen wie Zisternen, Retentionsanlagen oder Rigolen kann das Potenzial der Entlastung der Infrastruktur im Fall von Starkregenereignissen noch besser ausgeschöpft werden (Kirschbaum et al. 2019).

Stadtbäumen wird oft eine luftreinigende Leistung zugeschrieben. Laut Snowdon (2006) bindet die Blattoberfläche je nach Rauheit und Größe Schadstoffe aus der Luft. Außerdem führen Luftverwirbelungen im Kronenbereich und die Transpiration kühlerer Luft dazu, dass Feinstaub sich an den Blattoberflächen ablagert. Das Abwaschen durch Niederschlag oder der herbstliche Laubfall befördert dann Feinstaub und Schadstoffe aus dem System.

Zusätzlich binden Bäume Kohlenstoff und speichern es in der Biomasse des Baumes. Zahlenwerte variieren abhängig von Größe und Kronenfläche und je nach Berechnungshergangeungsweise (Gardi et al. 2016, S. 95). Unterschiede im Habitus von Waldbäumen verglichen mit Solitärbäumen führen dazu, dass Modelle zur Ermittlung der

Kohlenstoffspeicherung in der Forstwirtschaft nicht auf Stadtbäume übertragbar sind (Pommnitz & Burkhardt 2022). Durch den freien Stand ist die Biomasse und somit die Kohlenstoffspeicherung auf den ha bezogen bei Stadtbäumen in der Regel höher als bei Waldbäumen (Gardi et al. 2016, S. 91; Moser et al. 2017, S. 98). Die Erprobung einer neuen Berechnungsmethode (Pommnitz & Burkhardt 2022) kam zu dem Ergebnis, dass der einzelne Baum durchschnittlich 1,84 Tonnen Kohlenstoff bindet. Die höchste Menge oberirdisch gespeicherten Kohlenstoff wurde bei einer Ahornblättrigen Platane (*Platanus x acerifolia*) berechnet und lag bei etwa 12 Tonnen.

Untersuchungen eines Forschungszusammenschlusses der TU München zeigen, dass die Leistungen in Kohlenstoffspeicherung, Verdunstung, Energieentzug aus der Atmosphäre und Beschattung von verschiedenen Baumarten sehr unterschiedlich ausfällt (Duthweiler et al. 2017). Rötzer (2021, S. 147) nennt außerdem die Quantität, das Alter, die Diversität und Struktur sowie das Kleinklima und weitere Umwelteinflüsse als ausschlaggebend für die Ökosystemleistungen von Stadtbäumen. Beispielsweise soll sich die Kühlleistung verschiedener Baumarten um das Zwei- bis Dreifache, je nach Standort bis zu um das Fünffache unterscheiden (Duthweiler et al. 2017, S. 142). Böll et al. (2019) betonen außerdem, dass vor allem die Gesundheit der Bäume Basis für das Leisten von Regulierungsbeiträgen ist.

Durch den hohen Grad der Verstädterung kommt dem Stadtgrün eine hohe Bedeutung in Funktionen der Biodiversität zu. Die erstmals 1998 auf EU-Ebene beschlossene Biodiversitätskonvention wird oft als Begründung angeführt, auch im urbanen Bereich die natürliche Vielfalt zu fördern und weiter zu priorisieren (Abendroth 2007). Stadtbäume und Grünflächen jeder Art werden zu Teil- und Ersatzlebensräumen für verschiedene Arten der Flora und Fauna. Untersuchungen von Böll et al. (2019) zum Vorkommen von Zikaden und Insekten auf Stadtbäumen zeigten, dass sowohl auf heimischen als auch auf nicht heimischen Bäumen hohe Artenzahlen festgestellt werden können. Dabei spielt auch die Ausgestaltung der Grünflächen eine Rolle, die als Lebensraum fungieren. Einige Insekten überwintern im Boden oder in der Grasfläche, die oft Bestandteil städtischer Bepflanzung ist (Zehm 2021), wodurch die Lebensraumfunktion der Stadtbäume verdeutlicht wird.

Kulturelle Funktionen schließen neben rein ästhetischen und stadtverschönernden Aspekten auch weitere soziale, psychologische und gesundheitliche Vorteile einer Begrünung durch Stadtbäume ein.

Vegetation verbessert das ästhetische Bild einer Umgebung und erhöht die beim Anblick empfundene Lebensqualität im Vergleich zu urbanen Räumen ohne Stadtbäume (Kaplan et al. 1972; Smardon 1988; Sheets & Manzer 1991). Orte mit Bepflanzung werden als sicherer

und sauberer wahrgenommen als Plätze ohne Begrünung (Sheets & Manzer 1991). In der Folge wird auch die Entwicklung einer Ortsbindung begünstigt (Bonaiuto 1999).

Des Weiteren fördern Stadtbäume und Stadtgrün auf verschiedene Weise die Erholung. Sogar der einfache Anblick von Naturelementen wie Bäumen wirkt sich bereits förderlich auf die Gesundheit aus (Flade 2009, S. 49). Durch die Möglichkeit, in Grünflächen unwillkürlich die Aufmerksamkeit schweifen zu lassen, kann laut Flade (2009, S. 50) eine mentale Erholung stattfinden. Eine andere Begründung kann die Abwechslung zur Arbeitswelt oder zum Alltag sein, durch die Stress und Ängste gemindert werden (Smardon 1988; Flade 2009, S. 50). Hierbei spielt auch die Pflanzung exotischer Gehölze wie Koniferen oder Palmen eine Rolle, wie sie schon im Englischen Landschaftsgarten praktiziert wurde. Diese können ein Gefühl von räumlicher Entfernung und Urlaub vermitteln (Peltzer 2014, S. 122).

Die emotionale Bedeutung der Begrünung zeigt sich vor allem in urbanen Bereichen mit dichter Bebauung, wo besonders oft das Bedürfnis nach Grünflächen geäußert wird (Bonk et al. 2015, S. 3). Auch da drei Viertel der Bevölkerung Deutschlands heute in Städten wohnen (Turulski 2023), wird die Relevanz deutlich, ein großflächiges Netz an Bäumen und weiterem Stadtgrün zu entwickeln und zu erhalten.

#### **4.1.2 Standortbedingungen**

Die Standortbedingungen im städtischen Raum unterscheiden sich grundlegend von denen im Wald oder in der freien Landschaft (Florineth 2014, S. 23; Liesebach 2018, S. 63). Stadtbäume sind wesentlich mehr Stressfaktoren ausgesetzt, durch die sie anfälliger für Krankheiten werden und durch verringerte Stand- und Bruchfestigkeit ein Sicherheitsrisiko darstellen können (Kucera 1993). Die Standortbedingungen werden im Folgenden erläutert.

##### **Begrenzter Platz**

Oft fallen durch beschränkte Platzverhältnisse im urbanen Raum Baumgruben und Baumscheiben relativ klein aus (Dickhaut et al. 2018, S. 3f.). Das Wurzelsystem eines Baums umfasst für Zwecke der Verankerung, der Aufnahme von Wasser und Nährstoffen sowie der Speicherung von Reservestoffen dicke, mitteldicke Wurzeln und Feinwurzeln (Reichwein 2002, S. 14). Das Wuchssystem wird zum einen von genetischen Faktoren beeinflusst, zum anderen ist es eine Antwort auf die physikalischen Standortbedingungen (Reichwein 2002, S. 16). Die Hauptmasse des Wurzelsystems konzentriert sich oft in den oberen Dezimetern



Folge hat (Fleckenstein et al. 2022). Außerdem verlassen die Wurzeln in Abhängigkeit zu den angrenzenden Bodenschichten die Baumgrube und erschließen Schichten, die vorteilhafte Bedingungen der Nährstoff-, Sauerstoff- oder Wasserverfügbarkeit erfüllen, sodass durch sekundäres Dickenwachstum Bauwerke wie Pflasterbeläge oder Leitungstrassen beschädigt werden (Heidger 2006; Reichwein 2002, S. 22f.). Eine 1999 bis 2000 im Stadtgebiet Hannovers durchgeführte Untersuchung zeigte, dass hier rund die Hälfte der Stadtbäume Schadensproblematiken dieser Art aufweisen (Reichwein 2002, S. 249).

## **Verdichtung**

Verdichtung ist ein weiterer im Stadtbereich üblicher Aspekt, der die Funktionalität der Böden verringert und die Standortqualität für Stadtbäume mindert. Die Baumwurzeln benötigen für die Durchwurzelbarkeit, die Sauerstoffversorgung und die Wasseraufnahme Poren verschiedener Größen sowie ein ausreichendes Porenvolumen (Liebhard 1994, S. 127).

Weite Grobporen verzeichnen einen Äquivalentdurchmesser von mindestens 50 µm und machen die Luftkapazität des Bodens aus, auf welche die Baumwurzeln für die Sauerstoffversorgung angewiesen sind (Lebert et al. 2004, S. 12). Die sogenannte „nutzbare Feldkapazität“ fasst enge Grobporen und Mittelporen im Größenbereich 0,2 bis 50 µm zusammen, da diese das Potenzial haben, pflanzenverfügbares Wasser zur Verfügung zu stellen (Lebert et al. 2004, S. 21). Während Mittelporen von 0,2 bis 10 µm Durchmesser dieses kapillar halten (Reichwein 2002, S. 17), gewährleisten Grobporen im Bodengefüge bis zu einer Größe von 10 bis 50 µm Äquivalentdurchmesser die Versickerung von Wasser über den Oberboden (Liebhard 1994, S. 127). Auf diese Weise spielen unversiegelte Freiflächen eine relevante Rolle für die Infiltration von städtisch anfallendem Niederschlags- und Oberflächenwasser (Wolff 1996).

Im Rahmen baulicher Tätigkeiten im Hoch- und Tiefbau sind mechanische Eingriffe wie Bodenabtrag, -auftrag und Verdichtung zum Erreichen spezifischer Bodeneigenschaften notwendig (Cordsen 1996). Im Wurzelbereich kann es im Rahmen von Baumaßnahmen, beispielsweise aufgrund von Befahren des Wurzelbereichs, zu unerwünschten Verdichtungen kommen (Tomiczek o.J.). Durch Verdichtung nimmt vor allem das Volumen der engen und weiten Grobporen, aber auch das der Mittelporen ab (Bill & Wilhelmi 1992, S. 210; Reichwein 2002, S. 28). Indikatoren einer schadhafte Bodenverdichtung sind unter anderem ein Luftgehalt von unter 5 Vol.-% oder eine bestimmte Wasserleitfähigkeit sein (Lebert et al. 2004, S. 32).

Folgen einer Bodenschadverdichtung für den Baum sind Wuchsdepressionen und Absterben aufgrund von Sauerstoffmangel und eingeschränktem Gasaustausch sowie eine geringere Wasserverfügbarkeit durch die Reduktion von Infiltrationsleitung und Wasserspeicherung (Reichwein 2002, S. 17; Lebert et al. 2004, S. 34). Die höhere Bodenfestigkeit schränkt außerdem die Durchwurzelbarkeit ein (Lebert et al. 2004, S. 35).

Auch das für Filter- und Ausgleichsfunktionen wichtige Bodenleben und die biologische Aktivität werden durch Verdichtung gestört. Die Verschiebung der Porengrößen zu feineren Poren verringert die Dränleistung und Wasseraufnahmekapazität des Bodens, sodass es zu Vernässungen, Staunässe und erhöhtem Oberflächenabfluss kommen kann. (Cordsen 1996; Lebert et al. 2004, S. 35)

### **Wasserknappheit und Hitzebelastung durch Versiegelung**

Versiegelung ist neben der Verdichtung eine weitere Bodenbelastung. Mit dem Begriff „Bodenversiegelung“ in Verbindung gebracht wird die Überbauung der Fläche durch Gebäude, andere Bauwerke, Verkehrsflächen und befestigte Freiflächen. Auch stark verdichtete Böden werden als versiegelte Fläche gewertet (Umweltbundesamt, UBA 2023). Die großflächige Überbauung des Bodens im urbanen Raum hat verschiedene Effekte auf die Standorteigenschaften.

Das vollständige Versickern von Niederschlag ist auf versiegelten Flächen nicht möglich. Im urbanen Raum wird der Großteil anfallenden Regenwassers stattdessen als Oberflächenabfluss der Kanalisation zugeführt (Wessolek 2014). Auf diese Weise wird es dem natürlichen Wasserkreislauf entzogen, wodurch der Niederschlag den Stadtbäumen nicht mehr als Bewässerung zur Verfügung steht und der Grundwasserspiegel sinkt (Bill & Wilhelmi 1992, S. 211; Kasielke & Buch 2011, S. 68). Lediglich im Bereich von Vegetationsflächen und der Baumscheiben kann Wasser versickern und Gasaustausch stattfinden. Nach „DIN 18916 – Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Pflanze und Pflanzarbeiten“ sollte die Baumscheibe eine Größe von mindestens 6 m<sup>2</sup> haben. Andere Regelwerke nennen auch Größen von 4 oder 10 m<sup>2</sup> (Reichwein 2002, S. 27). Laut Heidger (2006) sind städtische Baumscheiben oft nur 4 bis 6 m<sup>2</sup> groß, sodass anzunehmen ist, dass Wurzeln auch die angrenzenden versiegelten Verkehrsflächen unterirdisch erschließen (Bill & Wilhelmi 1992, S. 215). Hinzu kann partielle Verdichtung der Baumscheiben oder deren Überdeckung mit Platten oder ähnlichem kommen (Bill & Wilhelmi 1992, S. 207f.). Hierdurch wird auch die Versickerung in der Baumscheibe selbst verringert. Vor allem junge Bäume haben noch kein ausgeprägtes Wurzelwerk, mit dem sie Wasserreserven in tieferen Bodenschichten erreichen könnten (Dickhaut et al. 2018, S. 4).

Der Wassermangel schränkt das Baumwachstum ein und führt zu Trockenstress oder zum Absterben des Baums (Bill & Wilhelmi 1992, S. 210f.; Teichmann 2006).

Außerdem kann sich der im Niederschlagswasser in erhöhter Konzentration enthaltene Streusalz- und Schadstoffbestandteil negativ auf Bodenleben und Gesundheit des Baums auswirken (Wessolek 2014). Eine besondere Berücksichtigung dieser Belastung ist erforderlich, wenn das auf städtischen Verkehrsflächen anfallende Regenwasser in Baumgruben und Vegetationswasser geleitet werden soll.

Ein weiterer Aspekt der Versiegelung ist die starke sommerliche Erwärmung bebauter Flächen. Begründet ist diese zum einen in der hohen Wärmespeicherfähigkeit der verwendeten Materialien (Berchtold 2021, S. 55). Zum anderen ist die Evapotranspiration im Vergleich zu Verdunstung und Transpiration im natürlichen Wasserkreislauf stark verringert, sodass der Effekt der Verdunstungskühlung nicht mehr zum Tragen kommt (Wessolek 2014). Hitzebelastungen sind im urbanen Raum stärker ausgeprägt als im Umland und stellen neben der Trockenheit einen weiteren Stressfaktor für Stadtbäume dar. Untersuchungen eines Projekts der Technischen Universität München kommen zu dem Erkenntnis, dass durch diese Einflüsse Bäume im innerstädtischen Bereich schneller wachsen und eher altern als unter Bedingungen des Umlandes (Rötzer 2021, S. 148). Dies impliziert einen klaren Einfluss der erhöhten Temperaturen auf das Baumwachstum und -vitalität. Wassermangel führt zudem durch herabgesetzte Elastizität im Holz zu einer erhöhten Bruchgefahr der Äste (Kucera 1993).

### **Salz- und Schadstoffbelastung**

Standorte in der Stadt sind häufig durch Streusalz, Emissionen und Schwermetalle belastet. Im Stadtbereich ist eine klassische Weise des Schadstoffeintrags der Weg über die Atmosphäre. Industrie, motorisierter Verkehr, Kleinf Feuerungen und im Kleingewerbe entstehende Emissionen sind mögliche Schadstoffquellen (Hiller 1996). Hiller (1996) nennt Staub, wie er im dichten Straßenverkehr entsteht, als aktuelle Haupteintragsquelle für daran angelagerte Schwermetalle. Die Staubpartikel sinken entweder direkt zu Boden, binden sich an Oberflächen wie Blätter oder werden über Niederschlagswasser in den Seitenraum gespült (Hiller 1996; Kasielke & Buch 2011, S. 88).

Außerdem gelangen Schwermetalle durch Verschleiß, Tropfverlust und Verbrennungsemissionen im Verkehr in die an Straßen angrenzenden Böden (Kasielke & Buch 2011, S. 88; Burkhardt et al. 2022, S. 20). Insbesondere die oberste Bodenschicht und die darin vorhandenen Wurzeln werden geschädigt (Bill & Wilhelmi 1992, S. 205; Hiller 1996). Mit Schwefeldioxid, Stickoxiden, Ozon und anderen Schadstoffen belastete Luft mindert

außerdem die Vitalität der Bäume, da Photosyntheseleistung und Stoffwechselprozesse gestört und Organe des Energiestoffwechsels beschädigt werden (Bill & Wilhelmi 1992, S. 210).

Auch in tieferen Bodenschichten können Schadstoffe im Substrat enthalten sein. Korrodierte Leitungen oder Bauschuttbestandteile sind mögliche Quellen dafür (Kasielke & Buch 2011, S. 83). Beschädigte Gasleitungen können beispielsweise durch den Austritt von Erdgas die Zusammensetzung der Bodenluft nachteilig verändern (Bill & Wilhelmi 1992, S. 210). Stadtböden sind außerdem teilweise durch historische Industrie mit Schwermetallen belastet. Beispiele hierfür sind Verarbeitungszweige für verschiedene Metalle, Gießereien, Beizmittel, Farbzusätze und Glasereien, die schadhafte Mengen an Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel oder Zink in den städtischen Böden angereichert haben (Kasielke & Buch 2011, S. 92).

Vor allem im Winter gelangen vermehrt Na- und Cl-Ionen durch den Streusalzgebrauch im Straßen- und Gehwegbereich in den Boden. Noch in 5 bis 10 m Entfernung von der gestreuten Straße werden Baumstandorte durch den Salzeintrag und im Spritzwasser enthaltene Schadstoffe beeinflusst (Kasielke & Buch 2011, S. 89; Burkhardt et al. 2022, S. 22). Unter Umständen gewährleisten die Bodenstruktur oder die Niederschlagsmenge nicht, dass die angereicherten Ionen aus dem Boden herausgespült werden können (Bill & Wilhelmi 1992, S. 209). Die Folgen für Stadtbäume können verspäteter Blattaustrieb, Blattnekrosen, verfrühter Laubfall, aber auch langfristige Schäden und das Absterben des Baums sein (Kasielke & Buch 2011, S. 89). Auch Hundeurin kann in diesem Kontext zu einer verkürzten Lebensdauer beitragen (Zeiser et al. 2021).

### **Hoher pH-Wert und Nährstoffknappheit**

Meist sind im urbanen Bereich bei der Planung von Baumpflanzungen alkalische Bodenreaktionen zu berücksichtigen. Stadtböden lassen sich nicht wie die im Naturraum typischen Böden in Bodenarten mit entsprechenden Horizonten differenzieren. Oft wurden vor Ort vorhandene Böden anthropogen abgetragen oder durchmischte und im Rahmen von Baumaßnahmen durch aufgeschüttete Substrate ersetzt (Bill & Wilhelmi 1992, S. 203; Burkhardt 1996). Beigemischt sind hier meist kalkhaltige Zement- und Mörtelreste, Bauschutt aus Haus- und Straßenbau sowie weitere technogene Substrate wie Schlacken, industrielle Schlämme, Aschen und Bahnschotter (Burkhardt 1996; Kasielke & Buch 2011, S. 69). Die Folge sind hohe pH-Werte des städtischen Bodens.

Bei der Errichtung einer städtischen Baumgrube selbst wird der Boden ausgetauscht und durch ein nach FLL oder anderen Regelwerken hergestelltes Pflanzsubstrat ersetzt (Reichwein 2002, S. 25; Goss & Schönfeld 2014; Dickhaut et al. 2018, S. 3). Da diese einschichtigen Baumsubstrate mineralisch sein sollen und daher Lava, Bims oder ebenfalls technogene Substrate, wie aus der Metallverhüttung, verwendet werden (Peltzer 2014, S. 125), ist auch hier die Bodenreaktion meist im alkalischen Bereich mit pH-Werten über 7 und teilweise über 8 (Goss & Schönfeld 2014).

Auch wenn basische Bodenreaktionen eine hohe Pufferkapazität und langfristig hohe Nährstoffgehalte bedeuten (Bill & Wilhelmi 1992, S. 205), entsprechen diese nicht den pH-Ansprüchen aller Baumarten (Goss & Schönfeld 2014). Außerdem sind nicht alle für das Baumwachstum nötigen Nährelemente für die Pflanze verfügbar, sondern können durch den hohen pH-Wert im Substrat schwer löslich fixiert sein (Bill & Wilhelmi 1992, S. 205). Erschwerend kommt die Störung des natürlichen Nährstoffkreislaufs hinzu. Laub wird in der Regel durch Reinigungsmaßnahmen entfernt, sodass keine Humuszersetzung durch Bodenlebewesen stattfinden kann und nicht alle auf diese Weise potenziell entstehenden Nährstoffe dem Baum zur Verfügung stehen (Bill & Wilhelmi 1992, S. 207f.).

### **Mechanische Beschädigung**

Die Verdichtung der Nutzungen im urbanen Raum und die ausgeprägte menschliche Aktivität sind Gründe für die unbeabsichtigte äußere Beschädigung der Stadtbäume. Verletzungen im Wurzel-, Stamm- und Kronenbereich entstehen unter anderem durch Straßenbau, andere Bauarbeiten in der Nähe der Bäume, Verkehrsunfälle, Unachtsamkeiten und unsachgemäßen Gehölzschnitt (Kucera 1993, S. 192). Auch Feuer, Brüche durch Wind, Niederschlag oder Verletzungen durch Tiere verursachen Wunden an Gehölzen (Shigo & Marx 1977; Kucera 1993, S. 193). In der Folge können Schädlinge wie Fäulepilze in den Baum eindringen, die wiederum die Stand- und Bruchsicherheit des Gehölzes herabsetzen und zum Absterben des Baums führen können (Shigo & Marx 1977). Die Kombination mit anderen in der Stadt vorhandenen Stressfaktoren macht Stadtbäume anfälliger für Krankheiten dieser Art und setzt ihre Reaktionsfähigkeit zur Bekämpfung dieser herab (Tomiczek o.J.). Dies führt zu einer Gefährdung der Verkehrssicherheit (Tomiczek o.J.).

## **4.2 Untersuchungsgebiet Stadt Hannover**

### **4.2.1 Geografie und Bedeutung der Stadt Hannover**

Die Landeshauptstadt Hannover (LHH) ein geografisches, kulturelles und demografisches Zentrum Niedersachsens und Norddeutschlands (Drangmeister 2016, S. 12).

Hannover liegt im Übergangsgebiet zwischen dem Norddeutschen Tiefland und dem Mittelgebirge des Weser- und Leineberglands, das mit seinen Ausläufern und Lössböden im Südwesten an die Region Hannover heranreicht (Drangmeister 2016, S. 12). Es ist damit Teil des Mitteleuropäischen Tieflands (Bohn et al. 2004, S. 513). Die Stadt befindet sich auf einer Höhe von etwa 55 m über NHN (Normalhöhennull) und ist relativ flach. Der 89,0 m über NHN gelegene Lindener Berg und der 118,2 m über NHN hohe Kronsberg sind die höchsten Erhebungen (Brandau 2019). Die Leine und der dazugehörige Nebenfluss Ihme durchfließen von Süden nach Norden das Stadtgebiet. Das bekannteste stillstehende Gewässer ist der Maschsee, der sich auf 78 Hektar südlich des Stadtzentrums erstreckt (Brandau 2019).

Die Kernstadt Hannovers umfasst 204 km<sup>2</sup> (Landesamt für Statistik Niedersachsen, LSN 2023) mit 13 Stadtbezirken, die sich wiederum in 51 Stadtteile gliedern (Brandau 2019). Mit einer Bevölkerungszahl von 580.000 ist Hannover eine Großstadt (LHH 2022, S. 10). Das Einzugsgebiet der Region Hannover, das neben der Stadt auch die umliegenden Kommunen einschließt, beläuft sich auf eine Fläche von knapp 2300 km<sup>2</sup> (LSN 2023) und beherbergt etwa 1,8 Mio. Menschen (LHH 2022, S. 44). Als Mittelpunkt dieses Verdichtungsraums hat die Stadt eine hohe Bedeutung für ihr Umland, die auch über die Region selbst hinaus geht. Die hohe Einzelhandelszentralität und die Passantenfrequenzen belegen die Anziehungskraft der Innenstadt. Sie zeigen im Vergleich mit anderen Großstädten, dass Hannover deutschlandweit zu den wichtigsten Einzelhandelszentren gehört (LHH 2009a, S. 24; LHH 2022, S. 42).

Auch im europäischen Kontext ist Hannover zentral gelegen. Wissenschaftliche Leistung und ökonomische Stärke tragen zu der internationalen Wirkung bei. Unterstützt wird dieser Standort durch eine gute Anbindung an die Bundesautobahnen A2 und A7, die Lage am Mittellandkanal, die Nähe zum Flughafen Langenhagen und die Bedeutung als Knotenpunkt im Fernbahnverkehr. (Drangmeister 2016, S. 12)

Hannover ist charakterisiert durch einen hohen Grünanteil an der Stadtfläche. Mit 11,2 % Grünanlagen (Stand: 2020), zu denen Grünflächen, Parks, Botanische Gärten, Kleingärten und Wochenendplätze, Gärten sowie Spiel- und Bolzplätze gehören, ist Hannover in Bezug auf die Grünfläche pro einwohnender Person verglichen mit anderen Großstädten die „grünste Stadt Deutschlands“ (Weil 2008; LHH 2016a, S. 25; LHH 2022, S. 14). Hinzu kommt die

Auszeichnung als „Bundeshauptstadt der Biodiversität“, die die Stadt 2011 erhielt (LHH 2011). Die 640 Hektar große Eilenriede ist der größte Stadtwald Europas (Brandau 2019). Sie macht knapp die Hälfte der gesamten Stadtwaldfläche Hannovers aus, welche sich über verschiedene Standorte über das Stadtgebiet verteilt (Bonk et al. 2015, S. 14). Dass die Bewohnenden Hannovers diese Qualität wertschätzen, bestätigt unter anderem eine repräsentative Umfrage, laut der 92 % der befragten ortsansässigen Person angaben, mit Angebot und Qualität der Parks und Grünflächen zufrieden oder sehr zufrieden zu sein (LHH 2016b, S. 31).

Andererseits verzeichnet Hannover laut Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie den höchsten Versiegelungsgrad Niedersachsens (Völlmar 2017). Der mit 69,9 % überdurchschnittlich hohe Flächenverbrauch für Siedlung und Verkehr (Stand 2020; LHH 2022, S. 14) trägt zu 33,6 % versiegelter Bodenfläche bei (Völlmar 2017).

#### **4.2.2 Ziele der Stadtentwicklung**

Der Begriff „Stadtentwicklung“ fasst strukturelle und räumliche Veränderungen der Stadt zusammen (Friedrichs 2018, S. 2422). Der Zweck der Stadtentwicklungsplanung ist die Verknüpfung einzelner Fachdisziplinen zu gemeinsamen, flächendeckenden Konzepten der zukünftigen Entwicklung (Sinning 2007, S. 303).

Zu den allgemeinen Interessen der Landeshauptstadt gehört es, als wachsende und international aufgeschlossene Stadt die vorhandenen Stärken, wie der hohe Anteil an Grünflächen, das soziale Gleichgewicht, der ausgebaute Nahverkehr und die Daseinsvorsorge, zu stärken (LHH 2016a, S. 4).

Im aktuellen Stadtentwicklungskonzept „Mein Hannover 2030“ (LHH 2016a) lautet eines der Oberziele, die hohe Lebens- und Freiraumqualität zu erhalten. Dieser Aspekt gilt als historisch gewachsenes Alleinstellungsmerkmal der Stadt (Ludwig & Wolschke-Bulmahn 2008). In der nahen Zukunft sollte Hannover deshalb den Status als eine der grünsten Städte Deutschlands wahren und das gartenkulturelle Erbe mit seinem hohen Pflegestandard erhalten. Außerdem ist ein ausgeglichenes und gesundes Stadtklima beabsichtigt. Hierbei wird auch Klimaneutralität und Resilienz der Stadt angestrebt. Ziel ist zudem, biologische Vielfalt, Artenschutz und Natur in der Stadt zu erhalten und mithilfe von Programmen zu steigern. (LHH 2016a, S. 25f.) Das Insektenbündnis der Stadt Hannover verfolgt ebenfalls diesen Gedanken und legt den Fokus auf gebietseigene Arten (Bonk et al. 2015). Diese Ziele lassen einen Bezug zu der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt erkennen, welche nach dem

Übereinkommen der Convention on Biological Diversity der United Nations beschlossen wurde und zur Unterstützung wildlebender Arten sowie heimischer Diversität in Flora und Fauna neben Wildnis- und Kulturlandschaften auch den urbanen Raum explizit als Umsetzungsebene darstellt (Mathey et al. 2011, S. 95).

Das Programm „Mehr Natur in der Stadt – Verbesserung der biologischen Vielfalt in Hannover“ plädiert in diesem Kontext für naturnähere Grünflächenpflege. Bezüglich der Bäume bedeutet dies unter anderem das Nachpflanzen gebietsheimischer Arten auch im Siedlungsbereich. Grund hierfür ist die mögliche genetische Verarmung durch Hybridisierung bei Ausbringung nicht gebietseigener Herkünfte. Stattdessen wird Wert auf einen höheren Anteil gebietseigener Bäume und Sträucher gelegt, die seit 1996 in städtischen Baumschulen herangezogen werden. Unter Abwägung mit der Verkehrssicherheit soll außerdem das Belassen von Totholz, Zulassen tiefhängender Äste und Mehrstämmigkeit und Kombination von Gehölz mit Gras- und Hochstaudensäumen umgesetzt werden. (Bonk et al. 2015, S. 10 & 16)

Weiterhin ist die von der Stadt erarbeitete Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels relevant. Durch diese soll Hannover resilienter bei Hitzebelastung, Starkregenereignissen und sommerlichen Trockenperioden werden und so zum EU-weiten Ziel der Klimafolgenanpassung beitragen. Das dazu formulierte Aktionsfeld, „Klimaangepasste Vegetation“, schlägt deshalb die Pflanzung von nach Klima-Arten-Matrix (KLAM) oder GALK-Liste (Liste der Deutschen Gartenamtsleiterkonferenz e.V.) empfohlenen Baumarten für den stärker vom Klimawandel beeinflussten Stadtbereich vor, auch wenn diese Arten nicht heimisch sind. (LHH 2017)

### **4.2.3 Derzeitiger Baumbestand der Stadt Hannover**

Im Baumkataster der Stadt Hannover sind über 113.500 Stadtbäume registriert (Kreuzer 2023). Dazu zählen Straßenbäume, Bäume auf Friedhöfen, Betriebsflächen, Grünflächen, Sportflächen, in Parkanlagen oder an Gewässern. Straßenbäume werden dabei oft von den anderen Stadtbäumen gesondert betrachtet (LHH 2021). Die auf den Straßenparzellen des Fachbereichs „Tiefbau“ befindlichen Gehölze (Kreuzer 2023) werden besonders von den aufgeführten negativen Einflüssen des urbanen Standorts beeinflusst (Kucera 1993). Die regelmäßige Veröffentlichung eines Straßenbauberichts macht Zustand und Situation der Straßenbäume auch für die Öffentlichkeit transparent.

Hinsichtlich der Baumartenverteilung sind seit Jahrzehnten Linden (*Tilia*) und Eichen (*Quercus*) die am häufigsten vorkommenden Gattungen der Stadtbaumarten Hannovers

(Kreuzer 2023). Beide machen mit je etwa 20.000 erfassten Exemplaren einen Anteil zwischen 15 und 20 % am Gesamtbestand aus. Die beiden hauptsächlich gepflanzten Arten sind die Stiel-Eiche (*Quercus robur*) und die Holländische Linde (*Tilia x intermedia*) in Art und Sorten (siehe Abbildung 3). Ahorn (*Acer*) ist mit einem Anteil von 14,2 % die dritthäufigste Gattung. Die hauptsächlichsten Vertreter sind hierbei mit Anteilen von 6,4 % und 5,0 % am Stadtbaumbestand der Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*) und der Feld-Ahorn (*Acer campestre*). Die Hainbuche (*Carpinus betulus*) ist mit über 10.000 Einzelbäumen und damit 9,4 % des Baumbestands die vierte der hauptsächlich vorhandenen Gattungen. Alle weiteren der insgesamt 82 registrierten Gattungen im Stadtgebiet sind mit unter 5.000 gepflanzten Exemplaren vergleichsweise gering vertreten. Eine vollständige Liste der Stadtbaumarten befindet sich in Anhang A.

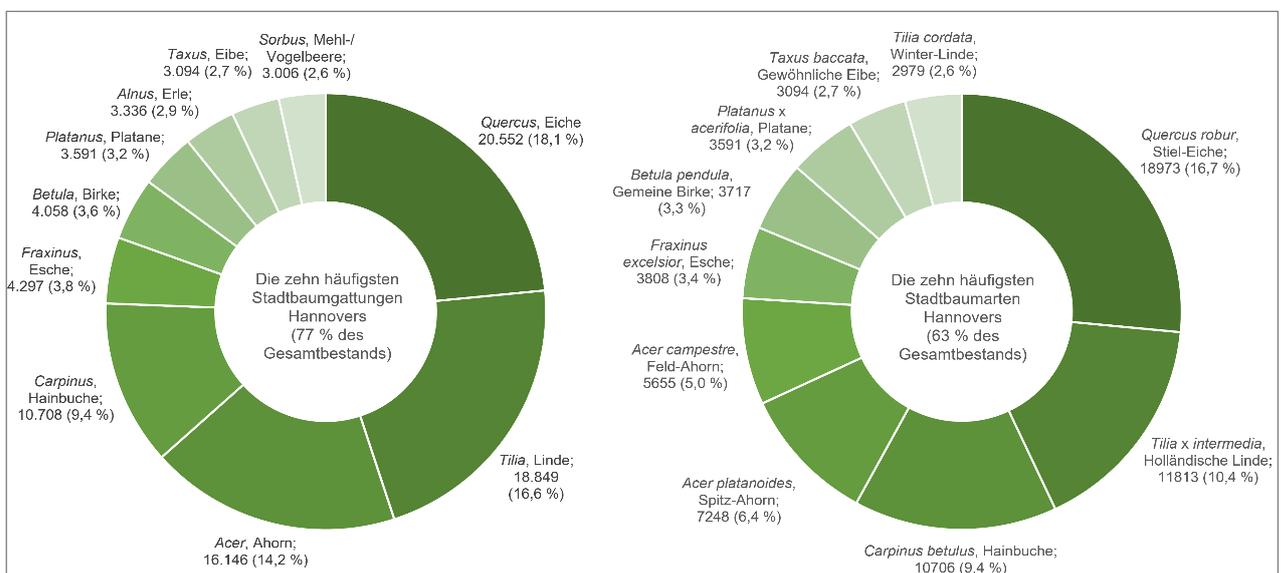


Abbildung 3: Die zehn häufigsten Baumgattungen und -arten Hannovers; links: die Stadtbäume Hannovers zusammengefasst zu Gattungen; rechts: zusammengefasst zu Arten (nach Kreuzer 2023)

Demnach sind mit 47,9 %, also knapp die Hälfte der Stadtbäume Hannovers, den fünf Arten Stiel-Eiche (*Quercus robur*), Holländische Linde (*Tilia x intermedia*), Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*), Feld-Ahorn (*Acer campestre*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) zuzuordnen. Unter den Straßenbäumen fällt diese einseitige Verteilung noch stärker aus. Dort sind sogar 53,9 % der Gehölze den genannten Arten zugehörig, wobei auch hier die Stiel-Eiche (*Quercus robur*) und die Holländische Linde (*Tilia x intermedia*) die häufigsten Vertreter sind und je etwa ein Fünftel des Straßenbaumbestands ausmachen. Böll (2021) und Schönfeld (2019 & 2022) kritisieren das Muster, dass der Großteil der Stadtbäume heute nur fünf bis acht Arten zugeordnet werden kann.

Die hauptsächlich gepflanzten Arten sind fast alle in Mitteleuropa heimisch. Die Verbreitungsgebiete der für das gemäßigte Klima typischen Arten erstrecken sich von Südkandinavien über nördliche Balkangebiete bis Italien, den Norden der Iberischen Halbinsel und Großbritannien. Die Stiel-Eiche (*Quercus robur*), die Sommer- und Winterlinde (*Tilia platyphyllos* und *T. cordata*), die Hainbuche (*Carpinus betulus*), der Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*), der Feld-Ahorn (*Acer campestre*), die Esche (*Fraxinus excelsior*) und die Birke (*Betula pendula*) kommen natürlicherweise unter anderem in Laub-Misch-Wäldern auf frischen bis feuchten Standorten miteinander vor. (Bohn et al. 2004, S. 257 & 267; San-Miguel-Ayanz et al. 2016, S. 53ff., 74f., 98f., 160ff., 184f.).

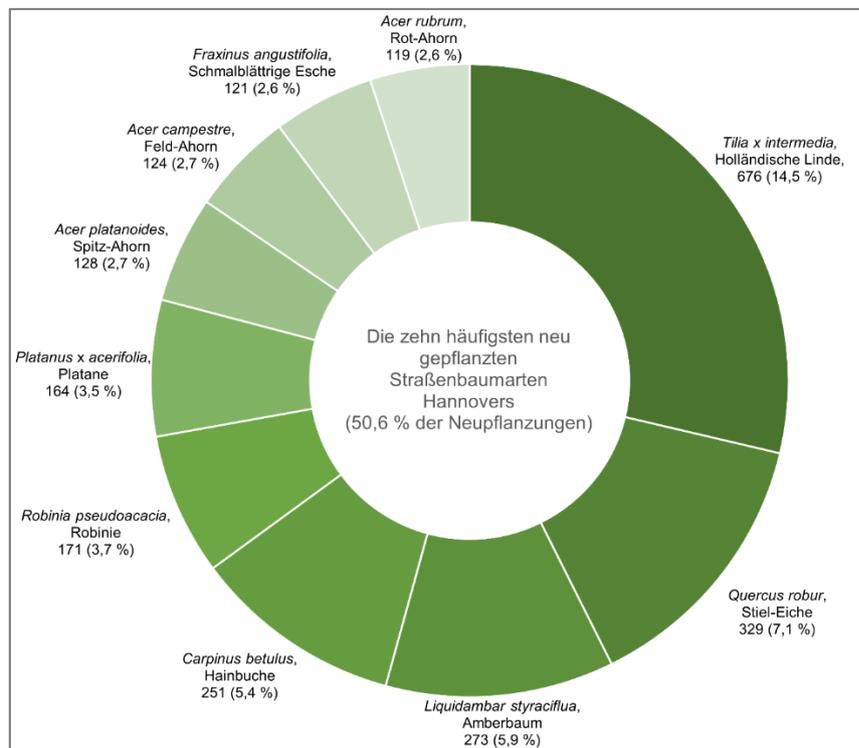


Abbildung 4: Die zehn häufigsten neu gepflanzten Straßenbaumarten Hannovers (nach Kreuzer 2023)

In Bezug auf die Straßenbäume liegt eine gesonderte Liste mit Neupflanzungen seit 2015 vor (siehe Abbildung 4 und Tabelle 1). Neupflanzungen spiegeln nur bedingt die in Hannover bereits vorhandene Verteilung der Gattungen wider. Zwar waren auch zwischen 2015 und 2023 die Stiel-Eiche (*Quercus robur*) und die Holländische Linde (*Tilia x intermedia*) die am häufigsten gepflanzten Arten, sie machen zusammen jedoch nur gut ein Fünftel aller Neupflanzungen aus und werden somit nicht im gleichen Maß nachgepflanzt, wie sie bereits im Bestand vorhanden sind. Die klassischen Baumarten der Gattungen Linde (*Tilia*), Eiche (*Quercus*), Ahorn (*Acer*) und Kastanie (*Aesculus*) wurden im Anteil seltener neu gepflanzt.

Tabelle 1: Auszug aus dem Baumkataster der Landeshauptstadt Hannover: Neu gepflanzte Straßenbäume seit 2015, Stand August 2023 (Kreuzer 2023)

Exemplare (n: 4656)	Arten und Sorten	
349	<i>Tilia x intermedia</i>	Holländische Linde
327	<i>Tilia x intermedia</i> 'Pallida'	Kaiser-Linde
290	<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche
154	<i>Liquidambar styraciflua</i> 'Moraine'	Amberbaum 'Moraine'
124	<i>Platanus x acerifolia</i>	Platane
121	<i>Fraxinus angustifolia</i> 'Raywood'	Schmalblättrige Esche 'Raywood'
98	<i>Aesculus x carnea</i> 'Briotii'	Scharlachkastanie 'Briotii'
88	<i>Quercus cerris</i>	Zerr-Eiche
87	<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn
80	<i>Quercus frainetto</i>	Ungarische Eiche
78	<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche
73	<i>Prunus avium</i> 'Plena'	Gefülltblühende Vogelkirsche
73	<i>Koelreuteria paniculata</i>	Blasenbaum
73	<i>Carpinus betulus</i> 'Frans Fontaine'	Hainbuche 'Frans Fontaine'
69	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	Feld-Ahorn 'Elsrijk'
67	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinie
66	<i>Quercus palustris</i>	Sumpf-Eiche
65	<i>Carpinus betulus</i> 'Fastigiata'	Säulen-Hainbuche
63	<i>Sorbus intermedia</i>	Schwedische Mehlbeere
58	<i>Alnus x spaethii</i>	Purpur-Erle
55	<i>Acer campestre</i>	Feld-Ahorn
53	<i>Fraxinus americana</i> 'Autumn Purple'	Weiß-Esche 'Autumn Purple'
52	<i>Zelkova serrata</i>	Japanische Zelkowe
50	<i>Sorbus latifolia</i>	Breitblättrige Mehlbeere
48	<i>Robinia pseudoacacia</i> 'Bessonnia'	Kegelakazie
47	<i>Sophora japonica</i>	Japanischer Schnurbaum
46	<i>Liquidambar styraciflua</i> 'Paarl'	Amberbaum 'Paarl'
45	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Amberbaum
43	<i>Sorbus intermedia</i> 'Brouwers'	Schwedische Mehlbeere 'Brouwers'
43	<i>Fraxinus excelsior</i>	Esche
43	<i>Acer rubrum</i>	Rot-Ahorn
42	<i>Ostrya carpinifolia</i>	Gewöhnliche Hopfenbuche
42	<i>Liriodendron tulipifera</i>	Tulpenbaum
41	<i>Fraxinus ornus</i> 'Obelisk'	Blumen-Esche 'Obelisk'
40	<i>Tilia cordata</i> 'Greenspire'	Stadt-Linde
40	<i>Platanus x acerifolia</i> 'Tremonia'	Platane 'Tremonia'
1520	Verteilt auf 157 weitere Arten und Sorten	

Häufiger gepflanzt wurden hingegen unter anderem die nicht in Deutschland heimischen Arten Zerr-Eiche (*Quercus cerris*), Ungarische Eiche (*Quercus frainetto*), Rot-Ahorn (*Acer rubrum*), Amberbaum (*Liquidambar styraciflua*), Blasen-Esche (*Koelreuteria paniculata*) und Purpur-Erle (*Alnus x spaethii*). Diese werden durch Hitze- und Trockenheitsverträglichkeit als Klimabäume empfohlen (Schönfeld 2019). Die über 4.500 Neupflanzungen lassen demnach eine Tendenz zum Pflanzen trockenheitsverträglicher Arten erkennen. Vermehrt wurden Sorten gepflanzt, die bekannterweise hinsichtlich Widerstandsfähigkeit, Wuchsform oder Ästhetik über bessere Eigenschaften verfügen als die Art an sich.

Die Notwendigkeit der Pflanzung von an Hitze und Trockenheit angepassten Arten zeigt sich auch in der Betrachtung der Vitalität der Straßenbäume im Bestand. Nach dem Extremsommer 2018 ist bis 2020 der Anteil vitaler und befriedigend vitaler Bäume zugunsten den als „eingeschränkt vital“ oder „degenerierend bis absterbend“ bewerteten Bäumen zurückgegangen (LHH 2021, S. 7). Außerdem sind in diesen Jahren verstärkt Altbäume abgestorben (LHH 2021, S. 10). 2019 waren zudem 3.160 Straßenbäume von Pilzbefall oder Fäule an Wurzeln, Stamm oder Krone betroffen (LHH 2021, S. 9), was eine Folge vorheriger Schwächung sein kann.

Auffällig ist, dass der Großteil des Baumbestands relativ jung ist. Da nicht bei allen Baumarten das Pflanzjahr bekannt ist, kann der Stammumfang zur Bestimmung des Alters herangezogen werden. Etwa 34.200 der erfassten Bäume verzeichnet einen Stammumfang von unter 70 cm (siehe Anhang B; Kreuzer 2023). Nach einer von Mitchell vorgestellten Berechnungsmethode (Mitchell 1979 in Rendenbach 2015) läge das Baumalter bei 70 cm Stammumfang bei etwa 28 Jahren, woraus geschlossen werden kann, dass rund ein Drittel der Stadtbäume Hannovers jünger als 30 Jahre ist. In Bezug auf die Straßenbäume liegt dieser Anteil sogar bei 40 %. Ähnlich viele Bäume werden mit einem Stammumfang von 70 bis 130 cm einem Alter von 30 bis 50 Jahren zugeordnet. Ein weiteres knappes Drittel des Stadtbaumbestands verteilt sich nahezu gleichmäßig auf Stammumfänge von 130 cm bis über 200 cm und damit Alter von 50 bis über 100 Jahre. Dass vor allem zu den Straßenbäumen viele junge Bäume gehören, findet unter anderem darin Begründung, dass die Anzahl der Straßenbäume durch Neupflanzungen bei Straßenum- und -neubau seit 1990 um 45 % gestiegen ist (LHH 2021, S. 3). Laut Bericht der Landeshauptstadt führen die im Stadtbereich für das Baumwachstum ungünstigen Faktoren (vgl. Kapitel 4.1.2) außerdem dazu, dass Bäume hier nur ein Alter zwischen 40 und 60 Jahren erreichen und dann ersetzt werden müssen (LHH 2021, S. 19). Es gibt deshalb Maßnahmen für die Verbesserung des Standorts bei Bestandsgehölzen der Stadt Hannover. Hierzu gehören neben Kronenpflege und Schnitt der Bodenaustausch im Wurzelbereich sowie die Auflockerung des Bodens mit Druckluft („Treelife-Behandlung“) (LHH 2021, S. 13f.).

## 4.3 Klima

### 4.3.1 Klimawandel

Die bereits in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts aufgestellte Theorie der globalen Erwärmung wurde in den 1970er Jahren im Rahmen der ersten Weltklimakonferenz international anerkannt (Wąs 2021, S. 95).

Seit 1970 ist laut IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023, S. 6) die Temperatur auf globaler Ebene so rasant angestiegen wie in keinem anderen bekannten 50-jährigen Zeitraum. Zwischen 2012 und 2021 war die durchschnittliche Jahrestemperatur weltweit  $1,1^{\circ}\text{C}$ , in Europa sogar rund  $1,9^{\circ}\text{C}$  höher als in der vorindustriellen Referenzzeit 1850-1900 (European Environment Agency, EEA 2022). Die klimatische Erwärmung gilt als menschengemacht (siehe Abbildung 5) und steht in Verbindung mit dem Ausstoß von Treibhausgasen, die beispielsweise durch Energie- und Landnutzung oder Verbrauchs- und Produktionsweisen entstehen und höher sind als jemals in den letzten 100.000 Jahren (IPCC 2023, S. 6). Klassische Treibhausgase sind Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ), Ozon ( $\text{O}_3$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Distickstoffmonoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Wąs 2021, S. 105; IPCC 2023, S. 6).

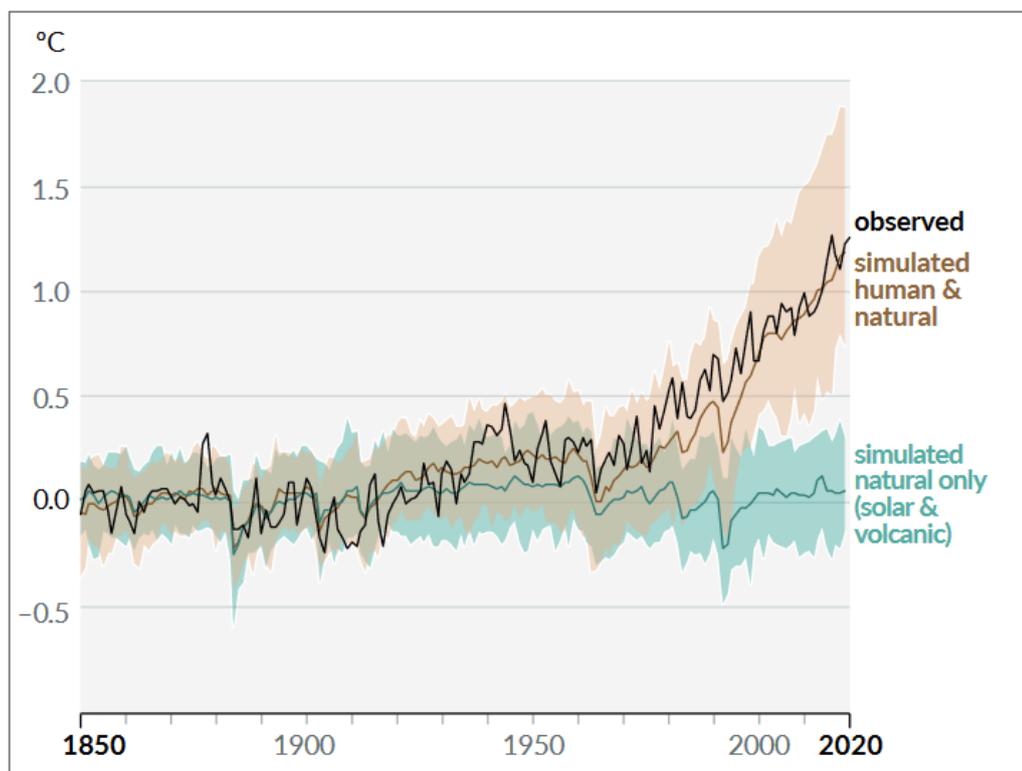


Abbildung 5: Änderung der globalen Oberflächentemperatur (relativ zum Zeitabschnitt 1850-1900), simuliert mit anthropogenen und natürlichen Faktoren (braun) und nur natürlichen Faktoren (blau) (IPCC 2021a)

Trotz politischer Programme, die eine Reduktion der in die Atmosphäre gelangenden Treibhausgase zum Ziel haben, wird laut WMO (World Meteorological Organization, 2022) die globale Erwärmung als Folge von steigenden Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre weitergehen.

Die möglichen zukünftigen Entwicklungen der anthropogenen Emission von Treibhausgasen werden in Szenarien dargestellt. Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert basieren auf fünf sozioökonomischen Szenarien (Shared Socioeconomic Pathways, SSP1 bis SSP5). Diese beschreiben mit der Begründung verschiedener ökonomischer und gesellschaftlicher Entwicklung mögliche Emissionsverläufe und nehmen so auf die Unsicherheit der zukünftigen Entwicklung Rücksicht (Tebaldi et al. 2021; EEA 2022). Unterschiedliche Konzentrationsstufen atmosphärischer Treibhausgase am Ende des 21. Jahrhunderts sind dabei Grundlage für Temperatur- und Niederschlagsprojektionen und die Analyse weiterer möglicher Folgen der Klimaveränderungen (Wilcke et al. 2015; IPCC 2023, S. 29). Diese weiterentwickelten Szenarien schließen zum Teil an die zuvor verwendeten Pfade (RCP-Szenarios, Representative Concentration Pathways) an, aktualisieren und ergänzen diese (Tebaldi et al. 2021). Oft kombinieren Projektionsmodelle die sozioökonomischen Szenarien (SSPs) mit den daraus resultierenden repräsentativen Konzentrationspfaden (RCPs). Letztere geben Rückschluss auf den zusätzlichen Treibhausgasantrieb bis zum Jahr 2100 (siehe Abbildung 6). Die Entwicklungspfade werden dann SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 und SSP5-8.5 genannt (Kreienkamp et al. 2022, S. 4).

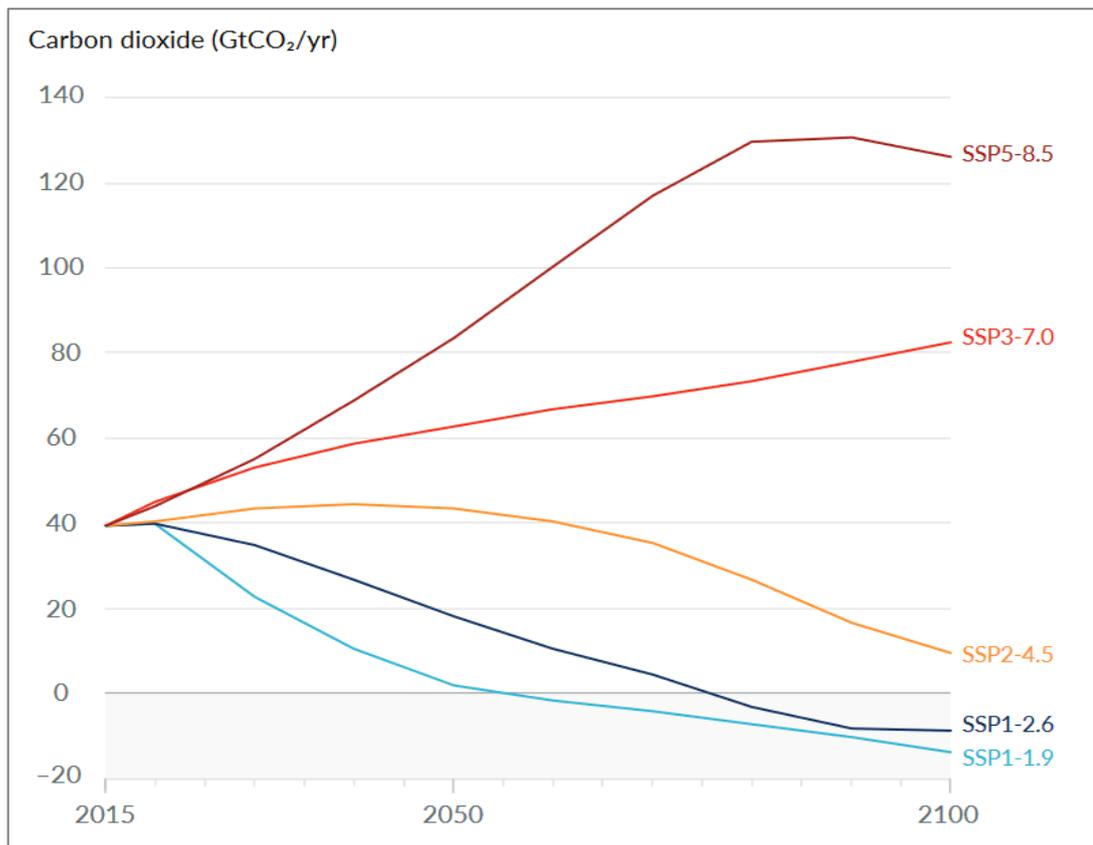


Abbildung 6: Zukünftige jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2100 in den CMIP6-Szenarien (IPCC 2021b)

Je nach Datensatz wird bis zum Ende des Jahrhunderts im höchsten Emissionsszenario (SSP5-8.5) ein weiterer Temperaturanstieg der Landtemperaturen in Europa um 4,1 bis 8,5°C (bis 2071-2100 im Vergleich zu 1981-2010) projiziert (siehe Abbildung 7; EEA 2022).

Die niedrigen Szenarios, SSP1-1.9 und SSP1-2.6, folgen derweil den theoretischen Bemühungen des Einhaltens einer Erwärmung von 1,5 °C oder 2 °C und kommen daher bei der Betrachtung mehrerer Datenmodelle auf einen Temperaturanstieg von 1,2-3,4 °C in Europa (EEA 2022). Eine Zusammenfassung der einzelnen Szenarien ist in Tabelle 2 einzusehen.

Tabelle 2: Kurzbeschreibungen der SSP-Szenarien (aus Kreienkamp et al. 2022, S. 5, verändert nach DKRZ o.J., DWD 2018 & GEO-NET et al. 2018)

<b>SSP1-1.9</b>	<b>Der 1,5 Grad Weg / Der nachhaltige Weg</b>
<p>Eine international koordinierte Entwicklung, dem Pariser Abkommen folgend, ermöglicht durch ambitionierten Klimaschutz eine Beschränkung der globalen Erwärmung auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Zeitraum. Der geringe Konsum von Material und Energie zeigt sich in einem zusätzlichen Strahlungsantrieb von nur 1,9 Watt/m<sup>2</sup> bis zum Jahr 2100.</p>	
<b>SSP1-2.6</b>	<b>Der 2 Grad Weg / Der nachhaltige Weg</b>
<p>Eine international koordinierte Entwicklung, dem Pariser Abkommen folgend, ermöglicht durch aktiven Klimaschutz eine Beschränkung der globalen Erwärmung auf 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Zeitraum. Hierzu ist eine schnelle Reduktion der derzeitigen Treibhausgasemissionen notwendig. Bis 2080 werden Netto-Null-Emissionen erreicht.</p>	
<b>SSP2-4.5</b>	<b>Der mittlere Weg</b>
<p>Klimaschutz und wirtschaftliche Entwicklung, welche wie bisher auch auf dem Einsatz fossiler Rohstoffe beruht, halten sich die Waage. Mit 4,5 Watt/m<sup>2</sup> im Jahr 2100 wird hier die Mitte der möglichen Entwicklungen repräsentiert. In vulnerablen Regionen entsteht ein steigender Anpassungsbedarf.</p>	
<b>SSP3-7.0</b>	<b>Der konfliktreiche Weg / Regionale Rivalitäten</b>
<p>Nationale Interessen und regionale Konflikte führen zu einem hohen Rohstoff- und Energiebedarf, der größtenteils mit einfach verfügbaren, fossilen Energieträgern wie Kohle gedeckt wird. Dadurch ergeben sich weltweit zunehmend große Herausforderungen in der Klimawandelanpassung, die weitgehend von den Staaten eigenverantwortlich geschultert werden müssen.</p>	
<b>SSP5-8.5</b>	<b>Der fossile Weg</b>
<p>Die soziale und ökonomische Entwicklung einer sich schnell entwickelnden Welt auf der Basis aktiver und verstärkter Nutzung von fossilen Rohstoffressourcen geht mit einem energieintensiven Lebensstil weltweit einher. Maßnahmen zur Vermeidung des Klimawandels sind auf ein Minimum reduziert und der Treibhausgasausstoß steigt bis 2100 stetig an. Mit einem zusätzlichen Strahlungsantrieb von 8,5 Watt/m<sup>2</sup> im Jahr 2100 wird hier das Maximum in der Bandbreite der Szenarien gezeigt. Es wird auch als „Weiter wie bisher Szenario“ bezeichnet.</p>	

Statt die klimatischen Veränderungen als eine bloße Erhöhung der Durchschnittstemperatur zu betrachten, lassen sich die Folgen des Klimawandels differenzieren. Die Europäische Umweltagentur (EEA 2021) fasst 32 Anzeichen zusammen, in denen im Kontext des Klimawandels erfassbare Veränderungen zu beobachten sind. Diese sind in sechs Gefährdungskategorien gegliedert, welche Temperatur, Niederschlag, Wind, Schnee und Eis, Küste und den offenen Ozean thematisieren. Die aufgeführten Gefahren wirken sich somit im unterschiedlichen Maße auf konkrete Regionen aus. Der Wandel einzelner Klimavariablen verläuft nicht graduell, sondern Wetterereignisse können unvermittelt auf Regionen oder Zeiträume beschränkt in extremem Maße auftreten (Mette & Falk 2020, S. 33). Aktuelle Beispiele dafür sind der Hitzesommer 2018 und das extreme Hochwasser im Ahrtal 2021.

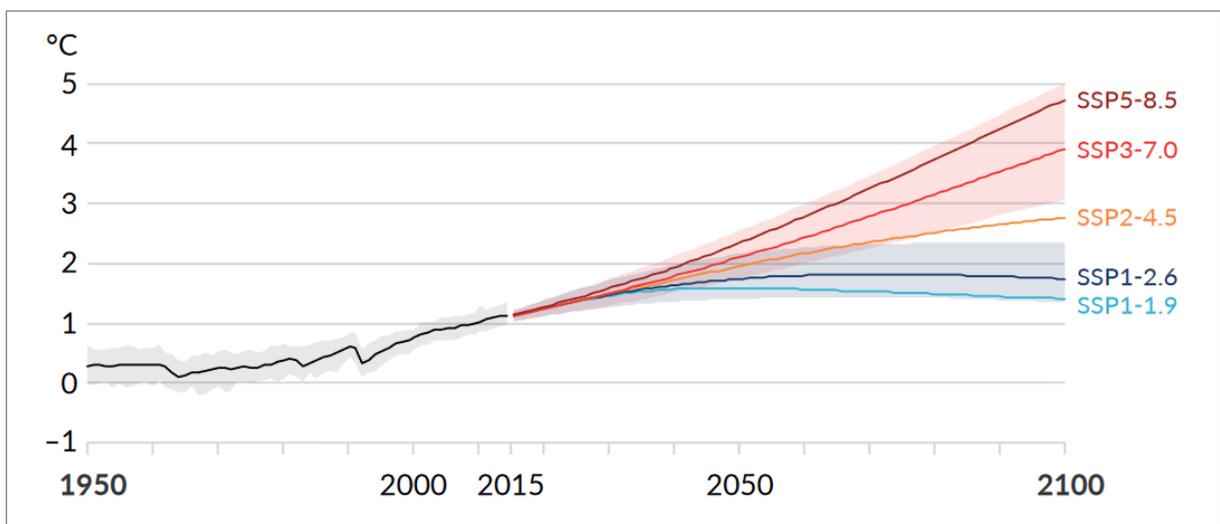


Abbildung 7: Globale Durchschnittstemperaturzeitreihe (basierend auf 20-Jahres-Durchschnitten) mit Änderungen gegenüber der vorindustriellen Zeit (1850-1900); sehr wahrscheinliche Bereiche werden für SSP1-2.6 und SSP3-7.0 angezeigt (IPCC 2021c)

Durch den Anstieg der Temperaturen werden steigende Anzahlen der als „Sommertage“ (Maximum der Lufttemperatur  $\geq 25$  °C), „heiße Tage“ (Maximum der Lufttemperatur  $\geq 30$  °C) und „Tropennächte“ (Minimum der Lufttemperatur  $\geq 20$  °C) kategorisierten Tage registriert. Heiße extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen und Dürren nehmen in Häufigkeit und Stärke zu (IPCC 2023, S. 12). Die kalten klimatischen Einflussfaktoren werden hingegen verringert, sodass Extreme dieser Art tendenziell seltener und schwächer auftreten werden (De Vries et al. 2012; IPCC 2023, S. 12 & 34).

Bezüglich des Niederschlags wird in Mitteleuropa von einer Verschiebung des Hauptvolumens in die Wintermonate ausgegangen (GEO-NET et al. 2018, S. 19). Die sommerlichen Trockenphasen setzen schon eher ein, als es in früheren Referenzzeiträumen der Fall war.

Infolge von erhöhter Verdunstung durch steigende Temperaturen trocknen Böden verstärkt aus und der Grund- und Oberflächenwasserstand sinken. (Lechner 2022)

Trotzdem kommt es auch im Sommer zunehmend zu Starkregenereignissen. Lokale Starkregenfälle, Stürme und Überschwemmungen werden ebenfalls in vermehrter Anzahl dem menschengemachten Klimawandel zugeordnet (IPCC 2023, S. 12). Dabei sind aufgrund starker Bodenversiegelung und verletzlicher Infrastruktur besonders Städte gefährdet (GEO-NET et al. 2018, S. 19; Link 2021, S. 19).

### 4.3.2 Stadtklima

Verglichen mit dem Umland sind Städte durch deutliche klimatische Unterschiede gekennzeichnet. Städte gelten als besondere Hotspots der Auswirkungen des Klimawandels (Erhardt 2011, S. 119). Hitzebelastung und Trockenheit sind hier durch Einflüsse der Bebauung stärker ausgeprägt (siehe Abbildung 8).

Der sogenannte „Städtische Wärmeinseleffekt“ (Snowdon 2006) oder „urbane Hitzeinseleffekt“ (Berchtold 2021, S. 54) ist das Resultat aus Wärmespeicherung in Materialien und Oberflächen der dichten Bebauung und verringerte Verdunstungskühlung durch Versiegelung. Auch städtische Emissionen und dort entstehende Abwärme beeinflussen das Klima (Mathey et al. 2011, S. 25; Berchtold 2021, S. 54). Da über Nacht noch gespeicherte Wärme abgegeben wird und die Luftfeuchtigkeit vergleichsweise gering bleibt (Mathey et al. 2011, S. 25), kühlt die Luft auch dann nur geringfügig ab (Snowdon 2006).

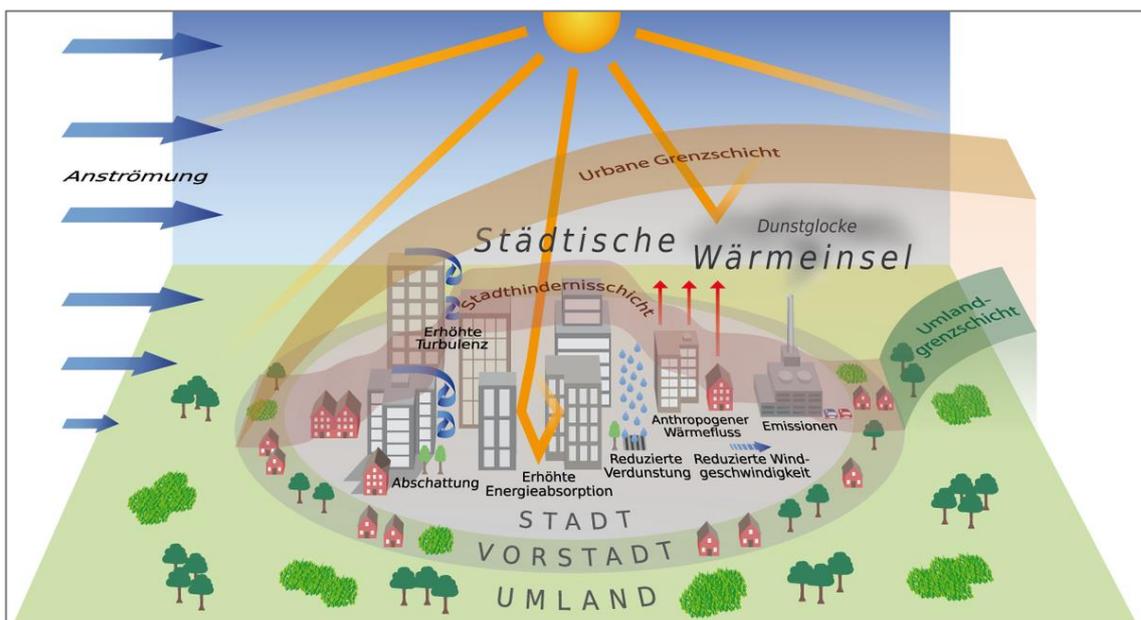


Abbildung 8: Das Stadtklima und seine Einflussfaktoren (DWD o.J. a)

Mathey et al. (2011, S. 13 & 25) stellen die Aspekte des urbanen Hitzeinseleffekts wie folgt zusammen: Im Vergleich zum ländlich geprägten Raum sind Jahresdurchschnittstemperaturen, Nachttemperaturen und winterliche Minimumtemperaturen höher. Die Frostperiode wird auf 30 % kürzer geschätzt, wohingegen die Vegetationsperiode im Schnitt 10 Tage länger ist. Insbesondere nimmt laut Mathey et al. (2011) die Anzahl und Länge sommerlicher Hitzeperioden zu.

In der Regel wird der Wärmeinseleffekt als Temperaturgradient dargestellt, der im Stadtkern, korrelierend mit einer hohen baulichen Dichte, die höchsten Temperaturen zeigt (Erhardt 2011, S. 121; Krugmann & Bauditz 2022, S. 74). Je nach Lage und Struktur variiert der Hitzeinseleffekt von Stadt zu Stadt. Vorstadtbereiche und locker bebaute Räume sind weniger von diesem Effekt betroffen (Krugmann & Bauditz 2022, S. 74).

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) hat sich in verschiedenen Städten, darunter auch Hannover, der Thematik angenähert und im Rahmen einer dreieinhalbjährigen Messung den Wärmeinseleffekt untersucht. Hierfür wurden in Hannover fünf temporäre Wetterstationen in Stadtbereichen mit unterschiedlichen baulichen Charakteristiken errichtet. Auch Daten zweier vorhandener Wetterstationen, darunter die der in Langenhagen auf dem Flughafengelände und damit im freien Umland befindlichen (ID 2014), wurden in die Analyse mit einbezogen. Die Wetterstationen in dicht bebauten oder stark versiegelten Stadtbereichen zeigten im Jahresdurchschnitt eine um 1,5 bis 2 °C höhere Temperatur an als die Station außerhalb der Stadt. Es gibt deshalb im bebauten Gebiet wesentlich mehr Sommer- und Hitzetage, Hitzeperioden dauern länger an als im ländlicher geprägten Gebiet. Im Stadtklimaprojekt des DWD wurden in der Innenstadt Hannovers beispielsweise 15 bis 45 % mehr Hitzetage gemessen als im Umland (Krugmann & Bauditz 2022, S. 54). Hier sind außerdem wesentlich mehr Tropennächte zu verzeichnen. Die Messreihe des DWD ergab rund viermal so viele Tropennächte im dicht bebauten Innenstadtbereich im Vergleich zum freien Umland oder zu von Grünflächen geprägten Stadtteilen (Krugmann & Bauditz 2022, S. 53). Nachts liegt ganzjährig die stärkste Überwärmung der Innenstadtbereiche vor, wobei hier besonders der Sommer hervorzuheben ist. Im Klimareport nennt der DWD (2018, S. 42) eine mögliche sommerliche nächtliche Temperaturdifferenz von bis zu 6 bis 8 °C in Großstädten wie Hannover verglichen mit dem Umland. Eine Modellierung nächtlicher Temperaturverhältnisse durch GEO-NET Umweltconsulting (2023, S. 42; siehe Abbildung 9) kommt zu einem ähnlichen Ergebnis. Die Auswirkung eines flächenmäßig hohen Grünflächenanteils ist in Bezug auf die nächtliche Abkühlung im Sommer signifikant. Eine in Herrenhausen platzierte Wetterstation bestätigt diesen Effekt. Hier wurde trotz hohen, den innerstädtischen Messstationen entsprechenden Tagestemperaturen eine dem Umland ähnliche starke nächtliche Abkühlung beobachtet. (Krugmann & Bauditz 2022)

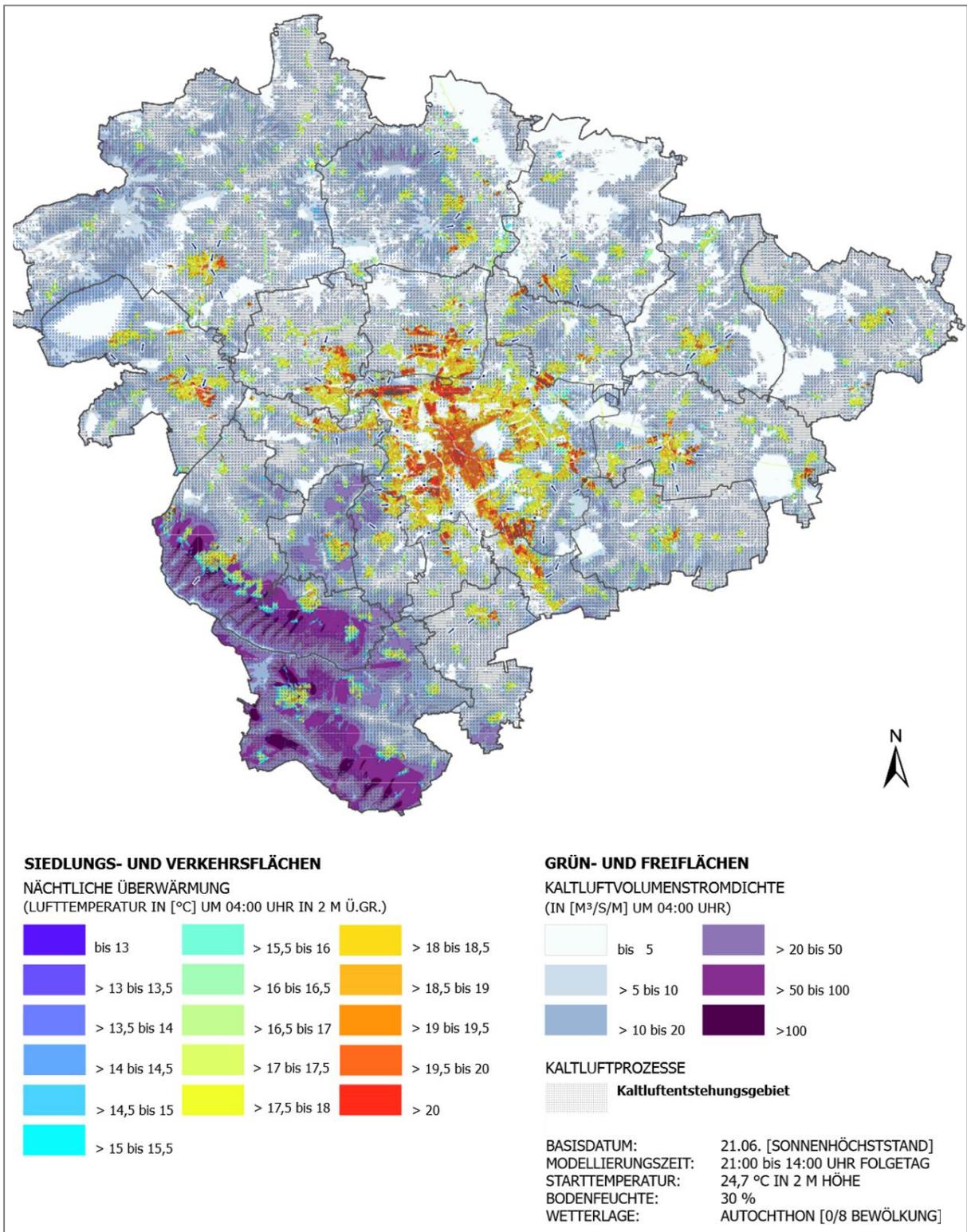


Abbildung 9: Klimaanalysekarte - Nächtliche Überwärmung in der Region Hannover (GEO-NET 2023, S. 42)

Gestützt wurde das Ergebnis des an Stationen gemessenen Wärmeinseleffektes durch eine modellphysikalische Simulation eines Sommertags mit dem Stadtklimamodell MUKLIMO\_3, welche ebenfalls durch den DWD durchgeführt wurde. Auch hier werden Tagesmaximaltemperaturen im dicht bebauten innerstädtischen Bereich am höchsten angezeigt (Südstadt, Calenberger Neustadt, Mitte, Nordstadt, List, Stöcken). Diese Gebiete sind auch bei nächtlichen Abfragen die wärmsten, während bei Freiflächen (Ricklinger Wiesen, südliche Eilenriede, Grünflächen südlich Anderten, Altwarmbüchener Moor) eine stärkere Abkühlung angezeigt wird. (Krugmann & Bauditz 2022)

Es ergeben sich verschiedene Folgen der städtischen Hitze. Verringerter Wohlbefinden und negative Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit und den gesundheitlichen Zustand sind Beispiele hierfür (Mathey et al. 2011, S. 13; GEO-NET 2023, S. 5). Berchtold (2021, S. 55) nennt als Beispiel eine deutlich erhöhte Sterblichkeit der Stadtbevölkerung an Hitzetagen. In Bezug auf Flora und Fauna kommt es unter anderem zu einer verlängerten Vegetationsperiode durch weniger Frosttage und einem früheren Vegetationsbeginn, wodurch Wachstum und Fortpflanzung begünstigt werden (Erhardt 2011, S. 129; Schmidt & Poppendiek 2019, S. 161), aber auch Spätfröste ein Risiko darstellen (Mathey et al. 2011, S. 32). Möglich ist auch die Verschiebung phänologischer Phasen und Veränderungen in der Artenzusammensetzung (Mathey et al. 2011, S. 13; Schmidt & Poppendiek 2019, S. 160). Laut Erhardt (2011, S. 119) setzt beispielsweise der Vorfrühling im innerstädtischen Bereich einige Tage früher ein als im ländlich geprägten Raum, sodass zeitliche Entkopplung zu Arten des Umlandes entstehen kann und der genetische Austausch beschränkt wird (Mathey et al. 2011, S. 32).

Der Wärmeinseleffekt trägt neben Faktoren wie nachteiligen Bodeneigenschaften, Versiegelung oder Schäden durch Menschen und Tiere dazu bei, dass Stadtbäume im Vergleich zu Gehölzen im Umland wesentlich mehr Stress ausgesetzt sind (Florineth 2014, S. 23). Gleichzeitig ist hier das Vorhandensein von Grünflächen zur Verringerung der lokalen Auswirkungen des Klimawandels durch Ökosystemleistungen wie Kühlung durch Transpiration, Abflussreduktion und Beschattung besonders bedeutend (Snowdon 2006; Rötzer 2021, S. 147). Letztendlich sind Stadtbäume sowohl Bestandteil von Klimaschutz als auch von Klimafolgenanpassung (Mathey et al. 2011, S. 14; Berchtold 2021, S. 56).

### 4.3.3 Bisherige Entwicklung des Klimas im Raum Hannover

Um das Klima Hannovers und dessen Veränderungen zu beschreiben, werden zunächst die Daten der vorindustriellen Zeit, welche in der Regel auf 1850 bis 1900 datiert wird, und die der für 1970 bis 2000 festgelegten Referenzzeit betrachtet. In Relation zu den Klimadaten des Referenzzeitraums werden mögliche Entwicklungen des Klimas bis 2100 für den Raum Hannover dargestellt.

Seit 1856 werden an der Station „ID2014“ auf dem Flughafengelände in Langenhagen Wetterdaten gemessen und durch den DWD öffentlich zugänglich gemacht. Der Standort außerhalb des Stadtgebiets und in freier Umgebung eignet sich zur Darstellung des Klimas der Region Hannover, welches nicht durch den städtischen Wärmeinseleffekt beeinflusst ist (siehe Abbildung 10 und Tabelle 3; Krugmann & Bauditz 2022).

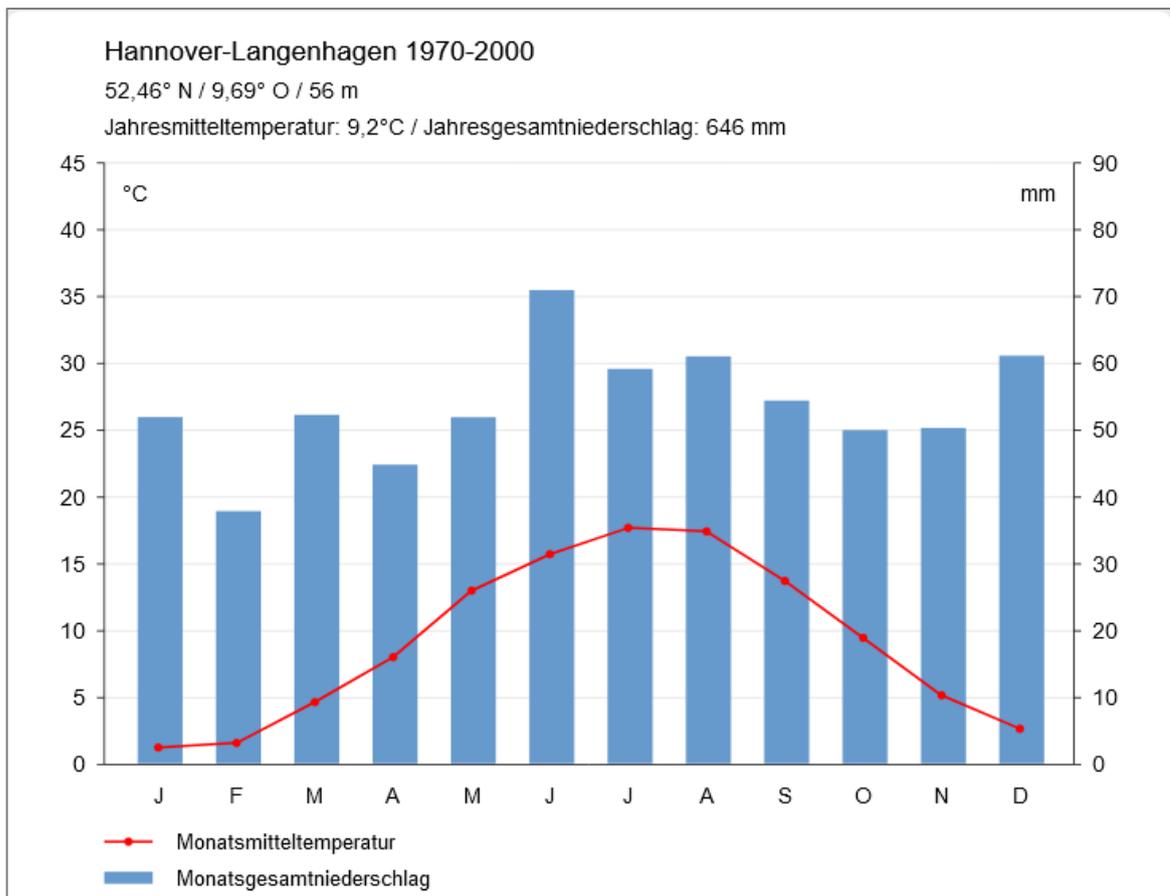


Abbildung 10: Klimadiagramm Hannover Langenhagen, Referenzzeit 1970-2000 (Datengrundlage: DWD 2023)

Nach Köppen und Geiger gehört Hannover zu der feucht-gemäßigten Klimazone mit warmen Sommern (Chen & Chen 2013). Durch Nähe zur Nordsee ist das Klima Hannovers etwas maritim geprägt. Dies zeigt sich in im Vergleich zum Durchschnitt Deutschlands kühleren Sommern und milderem Wintern (GEO-NET 2023, S. 12).

Tabelle 3: Klima des Referenzzeitraums (1970-2000): Mittlere Lufttemperatur (°C) und mittlere Niederschlagshöhe (mm) der Wetterstation Langenhagen, ID 2014 (Datengrundlage: DWD 2023)

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
<b>Temp (°C)</b>	1,28	1,62	4,68	8,04	13,01	15,73	17,70	17,44	13,73	9,48	5,18	2,68	<b>9,21</b>
	1,86		8,58		16,96		9,46						
<b>Prec (mm)</b>	51,99	37,91	52,30	44,85	51,97	70,97	59,18	61,05	54,45	50,04	50,34	61,16	<b>645,75</b>
	151,06		149,12		190,72		154,85						

## Temperatur

Bezogen auf die Jahre 1970-2000 liegt die langjährige Mitteltemperatur in der Region Hannover bei 9,2 °C. Die Betrachtung der historischen Temperaturdaten zeigt, dass bereits im Vergleich des Klimas der vorindustriellen Zeit (1850-1900) mit dem Klima der als Referenzzeitraum definierten Zeitraums (1970-2000) der Klimawandel in Hannover bereits erkennbar wird. Zu nennen sind ein Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur um 0,3 °C, vor allem durch steigende Mitteltemperaturen der Wintermonate (DWD 2023). Dieser Trend verstärkte sich in den letzten Jahrzehnten. Im Zeitraum 2000-2022 lag die Jahresmitteltemperatur bei 10,2 °C und damit 1,0 °C höher als im Referenzzeitraum 1970-2000 (DWD 2023). Signifikant ist, dass sich die bisher wärmsten Jahre alle im letzten Jahrzehnt ereigneten (siehe Abbildung 11). Mit rund 11,3 °C war 2020 das wärmste Jahr. Das mit 7,3 °C kälteste gemessene Jahr ereignete sich 1956 (DWD 2023).

Im Jahresverlauf sind die Monate Juni, Juli und August die wärmsten und verzeichnen im langjährigen Mittel Durchschnittstemperaturen von etwa 16 bis 18 °C (DWD 2023). Das höchste gemessene Tagesmaximum lag bei 37,9 °C, registriert am 25.07.2019. Zwischen 1970 und 2000 wurden jährlich rund 30 Sommertage und fünf Hitzetage dokumentiert. Im Zeitraum 1990-2020 gab es sieben Sommertage und 2,5 Hitzetage mehr als im Referenzzeitraum 1970-2000. Außerdem gab es in den letzten 30 Jahren je rund eine Tropennacht, während dieses Ereignis in den vorangegangenen Perioden so gut wie nicht vorkam. (Krugmann & Bauditz 2022, S. 14 & 17)

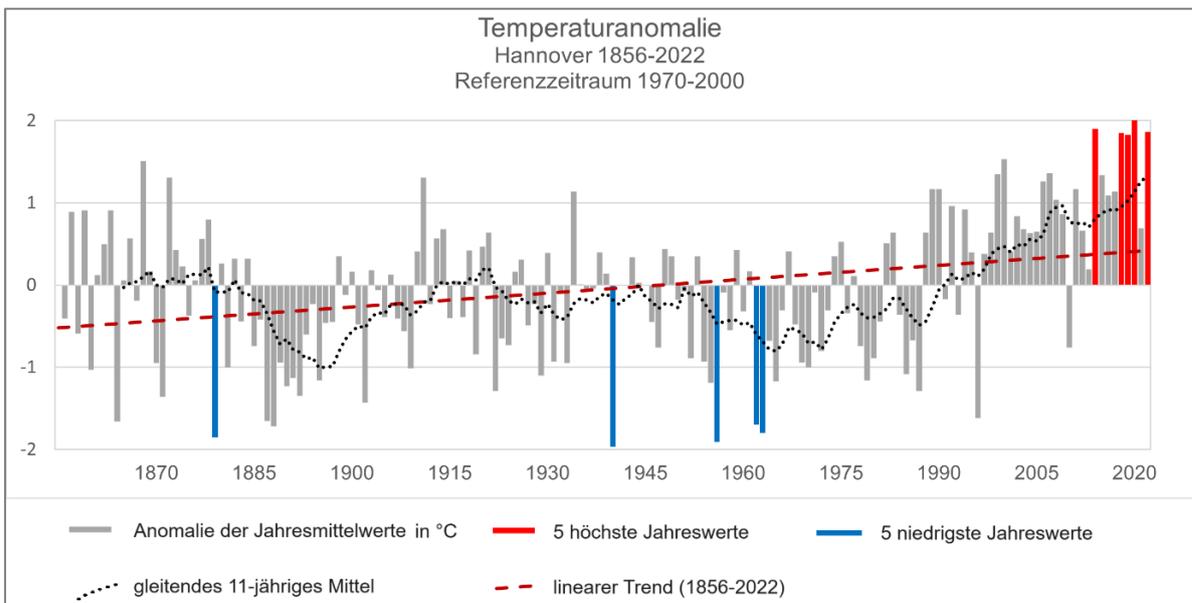


Abbildung 11: Anomalie der Jahresmittelwerte in Hannover 1856-2022, Bezugszeitraum 1970-2000 (eigene Berechnung nach DWD 2023)

Die mit Monatsmitteltemperaturen von 1 bis 3 °C kältesten Monate sind Januar, Februar und Dezember. Im Winterhalbjahr sind auch Temperaturen im zweistelligen Minusbereich üblich. Im Referenzzeitraum gab es durchschnittlich 72 Frosttage (Tagesminimum < 0 °C) und 17 Eistage (Tagesmaximum < 0 °C) (Krugmann & Bauditz 2022, S. 17). Parallel zur Zunahme der sommerlichen Kenntage nimmt die Anzahl winterlicher Temperaturkenntage ab. 1990-2020 kamen rund acht Frosttage und zwei Eistage weniger vor. Hannover wird der Winterhärtezone (WHZ) 7b zugeordnet, die einem Bereich von möglichen -14,9 °C bis -12,3 °C in Bezug auf die Tagesminimumwerte entspricht (siehe Abbildung 12; Heinze & Schreiber 1984). Trotzdem gibt es regelmäßig Jahre, in denen diese genannten Temperaturwerte durch noch kältere Tage übertreten wird. Das niedrigste gemessene Tagesminimum der Lufttemperatur war -24,3 °C, gemessen am 16.02.1956 (Krugmann & Bauditz 2022, S. 14). Zuletzt wurden 2021 deutschlandweit Werte unter -20 °C gemessen, der in Hannover minimale gemessene Tagestemperaturwert lag bei -17,8 °C (WetterKontor GmbH o.J.). Bemerkenswert ist, dass die Monatsmittelwerte die niedrigen Temperaturen nicht erkennen lassen und aufgrund der Durchschnittswerte der Winter als „zu warm“ eingeordnet wurde (DWD 2021).

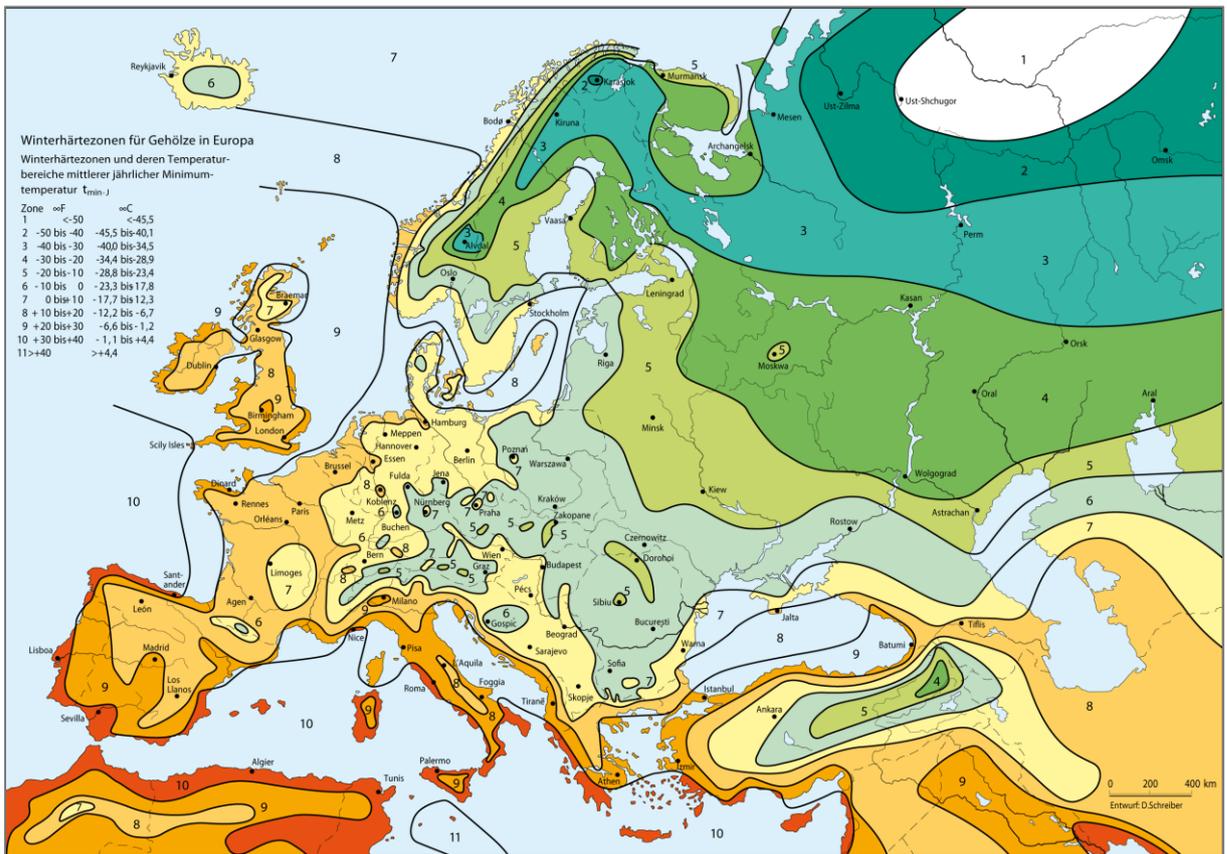


Abbildung 12: Winterhärtezonen für Gehölze in Mitteleuropa (Heinze & Schreiber 1984)

## Niederschlag

Die mittlere jährliche Niederschlagssumme lag 1970-2000 bei 646 mm. Verglichen mit dem gesamtdeutschen Durchschnitt von 789 mm ist der Jahresniederschlag über 100 mm geringer (DWD 2022). Natürlicherweise können die Niederschlagsmengen stark variieren. Abweichungen der Jahressumme vom langjährigen Durchschnittswert von +/- 200 mm sind nicht unüblich (siehe Abbildung 13). Das im Messzeitraum niederschlagsärmste Jahr war 1959 mit 337 mm, wohingegen die Niederschlagsmenge im niederschlagsreichsten Jahr 1981 mit 935 mm fast dreimal so hoch war. (DWD 2023)

Entgegen dem gesamtdeutschen und -deutschen Trend ist eher eine leichte Abnahme der Jahresniederschlagssummen seit Anfang letzten Jahrhunderts erkennbar (siehe Abbildung 13; DWD 2018, S. 19; DWD 2023).

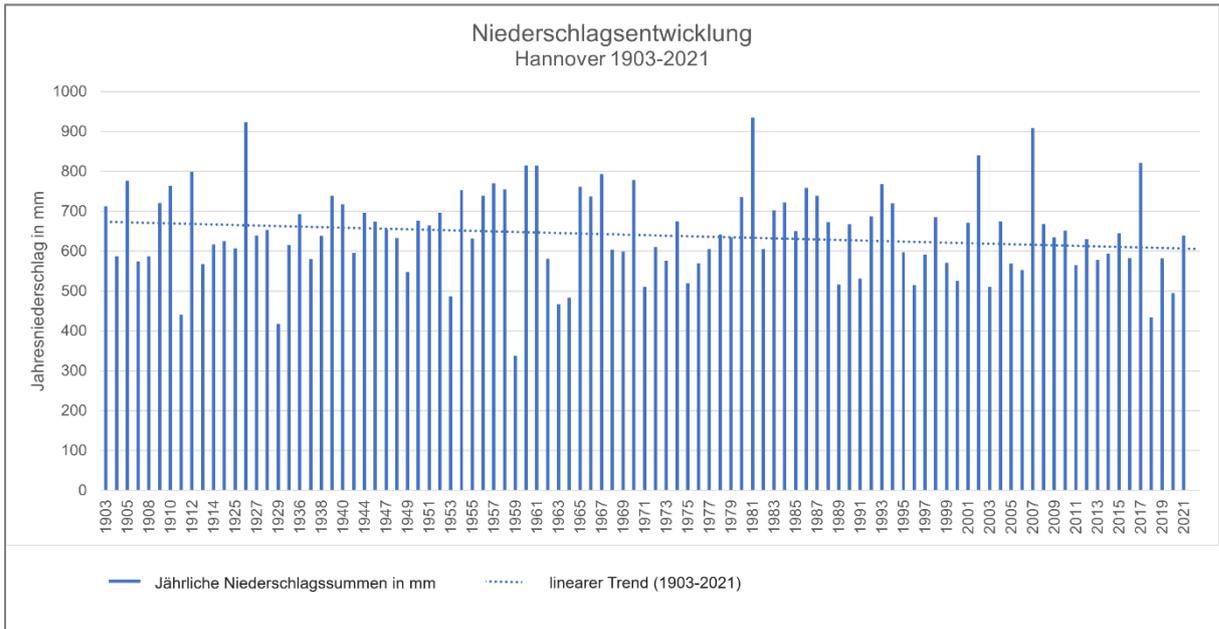


Abbildung 13: Niederschlagsentwicklung in Hannover 1903 bis 2021 (eigene Berechnung nach DWD 2023)

Kennzeichnend ist ganzjährig humides Klima, wobei die Sommermonate die höchsten Niederschlagssummen verzeichnen (siehe Abbildung 10). Während im Frühling, Herbst und Winter jeweils rund 23 Prozent des Niederschlags fallen, konzentrieren sich durchschnittlich 30 Prozent des Niederschlags auf die Sommermonate. Charakteristisch sind außerdem Unterschiede in der Stärke des Sommer- und Winterniederschlags. Im Sommerhalbjahr liegen die maximalen Tagessummen des Niederschlags höher als im Winterhalbjahr. Auch die beiden Regentage mit den bisher höchsten Tagessummen ereigneten sich im Sommer, am 06.08.2010 (78,8 mm) und am 17.07.2002 (76,1 mm). (DWD 2023)

#### 4.3.4 Zukünftiges Klima der Stadt Hannover im Zeitraum 2080-2100

Im Zusammenhang mit dem 2021 veröffentlichten sechsten Klimasachstandsbericht des Weltklimarats IPCC liegen Daten der unter „CMIP6“ (Coupled Model Intercomparison Project 6) neu durchgeführten Durchläufe globaler Klimaprojektionen vor (Hausfather 2019; IPCC 2023, S. 36). Basis dafür sind die neuen sozioökonomischen Entwicklungsszenarien, welche als Ausgangspunkt und Begründung für zukünftige Treibhausgasanteile in der Atmosphäre fungieren. 130 Modelle leisten einen Beitrag zu den im Rahmen des CMIP6 entstehenden globalen Klimamodellen (CMIP IPO o.J.).

Zum Ermitteln des speziell in Hannover zu erwartenden Klimas wurden Mittelwerte aus zehn Modelldurchläufen dieser existierenden Modelle gebildet (siehe Anhang C). Auch wenn anzunehmen ist, dass die Modelle sich in ihrer Zuverlässigkeit unterscheiden, wurde von der Bildung von Perzentilen abgesehen und die Modelle wurden in Bezug auf die Temperatur gleichberechtigt betrachtet. Angegeben werden die projizierten Ergebnisse als Mittelwerte für 20-Jahres-Zeiträume (siehe Tabelle 4). Bei den Projektionen handelt es sich um eine nach Fick und Hijmans (2017) implementierte Herunterskalierung globaler Klimamodelle. Durch den Einbezug von Basisklimadaten wird hierbei mit 1 x 1 km eine vergleichsweise hohe Auflösung erreicht (Jacob et al. 2014). Die räumliche Auflösung der Datenmodelle hat einen entscheidenden Effekt auf die Genauigkeit der Daten, da sich klimatische Gegebenheiten durch maritimen bzw. kontinentalen Einfluss und naturräumliche Strukturen lokal stark unterscheiden können (De Vries et al. 2012; Jacob et al. 2014, S. 564; DWD 2018, S. 12; Mette & Falk 2020, S. 30). Für den Innenstadtbereich Hannovers liegen keine historischen Wetterdaten vor (Bank 2023). Die Herangehensweise nach Fick und Hijmans (2017) zur Herunterskalierung von globalen Klimadaten ermöglicht neben dem Einbezug topografischer Gegebenheiten auch die Berücksichtigung von städtischen Temperatureinflüssen. Die interpolierten Daten liefern einen Anhaltspunkt für die in der Innenstadt vorherrschenden klimatischen Gegebenheiten.

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchung von zehn CMIP6-Modellen sind aktueller und verglichen mit den bisherigen Veröffentlichungen (GEO-NET et al. 2018, DWD 2018; GEO-NET 2023) durch höhere Temperaturprojektionen gekennzeichnet. Dies ist für die Modellszenarien des CMIP6 im Vergleich zum bisherigen CMIP5, dem auch die bisherigen Analysen zuzuordnen sind, üblich (Hausfather 2019). Die neuen SSP-Szenarien des CMIP6 weisen außerdem Ergebnisse eines größeren Wertebereichs auf. Die hohe Varianz von z. B. über 3 °C innerhalb des Modellensembles führt zu Einbußen in der Repräsentativität der zehn ausgewählten Modelle. Aufgrund dieser Unsicherheiten werden die stadtklimatischen Untersuchungen, die auf den bisher verwendeten RCP-Szenarien der CMIP5-Modelle beruhen, ergänzend einbezogen. Hierzu zählt unter anderem eine 2018 im Klimaanpassungskonzept der Region Hannover (GEO-NET et al. 2018) veröffentlichte Analyse der zu erwartenden Klimaveränderungen bis 2100.

Die Analyse der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Friedlingstein et al. (2022) im Global Carbon Project ergab, dass der aktuelle Treibhausgasausstoß eine Tendenz zu den höheren Szenarios, etwa SSP5-8.5, zeigt. Hinzu kommt, dass die seit Beginn der Veröffentlichung von CMIP-Klimaprojektionen beobachteten Temperaturerhöhungen höher sind als die entsprechenden projizierten Veränderungen (Carvalho et al. 2022). Ein Erreichen des „nachhaltigen Weges“, mit einer Erwärmung von höchstens 2 °C (SSP1-1.9 und SSP1-2.6),

wird aufgrund der bisher emittierten Treibhausgasmenge und der Erheblichkeit der zum Erreichen dieser Ziele notwendigen Maßnahmen als unwahrscheinlich dargestellt (Friedlingstein et al. 2022). Auch im aktuellen Klimasachstandsbericht des IPCC (2023, S. 23) wird erläutert, dass das bisherige Fehlen weitreichender nationaler Maßnahmen das Erreichen des 2°-Ziels unwahrscheinlich macht. Aus diesem Grund und da die Szenarien niedriger Emissionen keine wesentliche klimatische Veränderung anstreben, wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit vorrangig auf die Szenarien SSP3-7.0 und SSP5-8.5 eingegangen.

## Temperatur

Abhängig von der angenommenen zusätzlichen Treibhausgasmenge in der Atmosphäre verstärken sich die schon beobachteten Trends der Temperaturentwicklung in den kommenden Jahrzehnten. In der Projektion des Szenarios SSP3-7.0 des CMIP6-Modellensembles steigt die jährliche Durchschnittstemperatur bis zum Projektionszeitraum 2081-2100 auf über 13 °C in der Region Hannover und im Innenstadtbereich auf 14,1 °C. Im treibhausgasintensivsten Szenario SSP5-8.5 wird von einer Erwärmung auf rund 14,5 °C im Umland Hannovers ausgegangen, während für den Innenstadtbereich eine Jahresmitteltemperatur von 15 °C modelliert wird. Die niedrigeren Szenarios um SSP1 zeigen bis zum Ende des Jahrhunderts keine starke Veränderung der Temperatur und erreichen vermutlich auch im Innenstadtbereich keine Erhöhung der Durchschnittstemperatur auf über 12 °C. (Fick & Hijmans 2017)

Tabelle 4: Erwartete jahreszeitliche und jährliche Temperatur- Mittelwerte (°C) und die Veränderungen zum Referenzzeitraum 1970-2000 im Raum Hannover, vollständige Tabelle in Anhang D (Fick & Hijmans 2017, ergänzt nach DWD 2018, S. 17; DWD 2023; GEO-NET 2023, S. 19)

		Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
1856-1900		8,14	17,04	9,29	1,33	8,95 (-0,3)
<b>1970-2000</b>		<b>8,58</b>	<b>16,96</b>	<b>9,46</b>	<b>1,86</b>	<b>9,21</b>
<b>2000-2022</b>		<b>9,46</b>	<b>18,09</b>	<b>10,68</b>	<b>2,83</b>	<b>10,27 (+1,1)</b>
2021-2040	SSP2-4.5	9,9 (+1,3)	18,8 (+1,8)	11,3 (+1,8)	3,4 (+1,5)	<b>10,9 (+1,7)</b>
	SSP5-8.5	10,0 (+1,4)	18,8 (+1,8)	11,5 (+2,0)	3,5 (+1,6)	<b>10,9 (+1,7)</b>
2041-2060	SSP2-4.5	10,0 (+1,4)	19,5 (+2,5)	11,4 (+1,9)	4,3 (+2,4)	<b>11,3 (+2,1)</b>
	SSP5-8.5	10,7 (+2,1)	20,1 (+3,1)	12,2 (+2,7)	4,2 (+2,4)	<b>11,8 (+2,6)</b>
2061-2080	SSP2-4.5	10,9 (+2,3)	20,2 (+3,2)	12,4 (+2,9)	4,4 (+2,5)	<b>12,0 (+2,8)</b>
	SSP5-8.5	11,8 (+3,2)	21,5 (+4,5)	13,2 (+3,7)	5,5 (+3,6)	<b>13,0 (+3,8)</b>
2081-2100	SSP2-4.5	11,3 (+2,7)	20,8 (+3,8)	12,7 (+3,2)	4,8 (+2,9)	<b>12,4 (+3,2)</b>
	SSP5-8.5	13,0 (+4,4)	23,1 (+6,1)	14,6 (+6,0)	6,8 (+4,9)	<b>14,4 (+5,2)</b>

Im gesamten Jahresverlauf wird mit einem Temperaturanstieg gerechnet (siehe Tabelle 4 und Anhang D). Die deutlichste Erhöhung der Durchschnittstemperaturen wird in den Herbstmonaten erwartet, die geringste im Frühjahr (Fick & Hijmans 2017; DWD 2018, S. 17). Neben einem Anstieg der Durchschnitts- und Maximaltemperaturen ist vor allem mit einem Anstieg der Minimumtemperaturen zu rechnen (GEO-NET et al. 2018, S. 24). So werden Frost- und Eistage seltener und längere Frostperioden treten unwahrscheinlicher auf (DWD 2018, S. 17). Die durchschnittlich jährlich 72 Frosttage und 17 Eistage des Referenzzeitraums (Krugmann & Bauditz 2022, S. 17) verringern sich auf 20 Frosttage und davon ein bis drei Eistage pro Jahr Ende des Jahrhunderts im höchsten Emissionsszenario (GEO-NET et al. 2018, S. 26). Da die Winterhärtezone aus den Mittelwerten der Minimumwerte der Lufttemperatur errechnet werden, verschieben sich zukünftig vermutlich die Winterhärtezonen Europas. Mitte des Jahrhunderts ist mit der Zuordnung Hannovers zur Zone 8 (-12,2 °C bis -6,7 °C) statt 7b (-14,9 °C bis -12,3 °C) auszugehen (siehe Abbildung 12; Heß et al. 2022, S. 7). Kenntage, die auf eine weitere Erwärmung der Sommermonate hindeuten, nehmen zu. Es ist von einem Anstieg der als „Heiße Tage“ kategorisierten Tage von etwa fünf im Referenzzeitraum (Krugmann & Bauditz 2022, S. 17) auf etwa 20 in der Periode 2081-2100 auszugehen (GEO-NET 2023, S. 21). Die Anzahl der Sommertage könnte sich unter diesen Voraussetzungen im Vergleich zu 1970-2000 etwa verdoppeln. Zudem ist von durchschnittlich acht Tropennächten pro Jahr auszugehen. Hitzeperioden kommen dann ebenfalls häufiger vor und dauern tendenziell länger an (GEO-NET et al. 2018, S. 21).

Die Innenstadtbereiche Hannovers werden klimatisch zusätzlich zu den allgemeinen Temperaturerhöhungen durch den Hitzeinseleffekt beeinflusst. Die Stadtklimauntersuchung des DWD in Hannover von 2017 bis 2020 (Krugmann & Bauditz 2022) ist zuverlässiger als die Modellierung durch Fick und Hijmans (2017). Sie dient als Grundlage, um die Intensität der Temperaturunterschiede zwischen Kernstadt und Umlandbereichen zu ermitteln (siehe Tabelle 5 und Anhang E). Ganzjährig sind in den dicht bebauten Stadtteilen tendenziell höhere Temperaturen zu erwarten als im Umland. Meist liegt die positive Temperaturdifferenz zwischen der Innenstadt und dem Umland bei 0 bis 2 °C. Vor allem in den Sommermonaten sind die Innenstadtbereiche Hannovers verglichen mit den ländlich geprägten Bereichen je nach Standort durch etwa 1 °C höhere Durchschnittstemperaturen gekennzeichnet. Besonders die verringerte nächtliche Abkühlung trägt zu diesem hohen Wert bei. Bezogen auf die durchschnittlichen Tagesminimumwerte lag die Temperaturdifferenz in den Sommermonaten bei 2 bis 3 °C und in den Wintermonaten bei etwa 1 °C. Nachts kann es je nach kleinräumiger Struktur im bebauten Bereich mehr als 10 °C wärmer sein als im freien Umland (Krugmann & Bauditz 2022, S. 77).

Tabelle 5: Überwärmung in °C, angezeigt wird die Differenz zwischen Umlandstandort (hier: Langenhagen Flughafen) und Innenstadtstandorten (hier abgeleitet von Messungen an Weidendamm & Marianne-Baecker-Allee) (aus Krugmann & Bauditz 2022, S. 53, verändert)

Stadtklimaeffekt			
	Durchschnitts-temperaturen	Mittleres Tagesmaximum	Mittleres Tagesminimum
Frühling	+0,9 bis +1,1	+0,5 bis +0,7	+1,8 bis +2,3
Sommer	+1 bis +1,1	+0,4 bis +0,8	+1,7 bis +2,3
Herbst	+0,3 bis +0,6	+0,2 bis +0,5	+1 bis +1,7
Winter	+0,3 bis +0,6	+0,3	+0,7 bis +1,2
Jahr	+0,8 bis +1,0	+0,4 bis + 0,6	+1,5 bis +2,0

## Niederschlag

Die Niederschlagsänderung hängt von der Stärke des Temperaturanstiegs ab. Allgemein sind die Annahmen in Bezug auf diesen Klimaparameter mit Unsicherheiten behaftet. Angetrieben wird der Wasserkreislauf vor allem durch eine Temperaturerhöhung, weshalb die Veränderungen des Niederschlags besonders bei den Projektionen der treibhausgasintensiveren Szenarien SSP3-7.0 und SSP5-8.5 signifikant sind (DKRZ 2021).

Die interpolierten Daten der CMIP6-Modelle zeigen nur geringfügige Änderungen und eher eine leichte Abnahme der Jahresniederschlagssummen (Fick & Hijmans 2017). Dies ist möglicherweise als Fortführung der bisherigen, ebenfalls leicht abnehmenden Niederschlagsentwicklung zu interpretieren.

In der Literatur ist von einer Zunahme des Jahresniederschlags in Deutschland und Niedersachsen vor allem in den CO<sub>2</sub>-intensiveren Szenarien die Rede. Konkret werden Zahlen der Zunahme von acht bis etwa 13 % bis zum Ende des Jahrhunderts im Szenario SSP5-8.5 genannt (DWD 2018, S. 20; GEO-NET et al. 2018, S. 28). Die Klimamodellanalyse zum Raum Hannover durch GEO-NET et al. (2018, S. 28) geht von einem Anstieg der Jahressumme um etwa 67 mm bis zum Ende des Jahrhunderts im höchsten Emissionsszenario aus. Laut DWD (2018, S. 20) beläuft sich die Bandbreite des zu erwartenden Jahresniederschlags also auf etwa 670 bis 730 mm im Zeitraum 2081-2100. Bei den Szenarien SSP1-2.6 und SSP2-4.5 würde sich der durchschnittliche Jahresniederschlag hingegen nur um 10 bis 20 mm/Jahr erhöhen (GEO-NET et al. 2018, S. 28). Anzumerken ist, dass die Niederschlagsprojektionen mit großen Unsicherheiten behaftet sind, was sich in einer hohen Bandbreite der Modellergebnisse spiegelt. Auch nach dem Szenario SSP5-8.5 ist eine Abnahme der Jahresniederschlagssumme um 5 % nicht auszuschließen (DWD 2018, S. 20).

Tabelle 6: Niederschlagsveränderungen (in mm) für den Planungshorizont 2081-2100 (eigene Berechnung nach DWD 2018, S. 21; DWD 2023; GEO-NET 2023, S. 22)

		Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
	1970-2000	149	191	155	151	646
2081-2100	SSP1-2.6	155 (+4 %)	183 (-4 %)	155 (+/-0)	159 (+5 %)	<b>652</b> (+1 %)
	SSP2-4.5	159 (+7 %)	182 (-5 %)	160 (+3 %)	169 (+12%)	<b>670</b> (+4 %)
	SSP3-7.0	166 (+11%)	174 (-9 %)	166 (+7 %)	182 (+20%)	<b>688</b> (+7 %)
	SSP5-8.5	171 (+14%)	169 (-12%)	168 (+8 %)	189 (+25%)	<b>697</b> (+8 %)

Einflussreicher als die Jahresniederschlagssumme verändert sich die Verteilung des Niederschlags im Jahresverlauf. Laut Bülow et al. (2018) kann in Zentraleuropa nach dem höchsten Emissionsszenario, das auch die höchste Niederschlagsveränderung zeigt, die Niederschlagsmenge des Winterquartals um 25 Prozent ansteigen. Der Klimareport des DWD (2018, S. 21) beschreibt eine ähnliche Umverteilung der Niederschläge in Niedersachsen. Bis zum Ende des Jahrhunderts werden im Szenario SSP5-8.5 neben einem signifikanten Anstieg des Niederschlags in den Wintermonaten um 11 bis 25 % auch im Frühling und Herbst die Niederschlagsmengen um rund 12-14, bzw. 7 % Prozent steigen (GEO-NET 2023, S. 28). Die Sommermonate sind hingegen durch eine Abnahme des Gesamtniederschlags um bis zu 12 % gekennzeichnet. (siehe Tabelle 6 und Abbildung 14; DWD 2018, S. 21)

Die Verlagerung des Niederschlags hat Einfluss auf die klimatische Wasserbilanz und somit auf die Häufigkeit und Stärke von sommerlichen Trockenperioden (GEO-NET 2023, S. 23). Da durch den Temperaturanstieg bis zum Ende des Jahrhunderts auch die Verdunstung ansteigt, ist davon auszugehen, dass das bestehende leichte Wasserdefizit des Sommerhalbjahrs von rund -70 mm sich bis dahin mindestens verdoppelt (DWD 2018, S. 28f.). Auf das ganze Jahr bezogen bleibt die Wasserbilanz jedoch wahrscheinlich im positiven Bereich.

Zukünftig könnte der höchste tägliche Niederschlag, der oft an einem Sommertag anfällt, noch zunehmen. Im Klimaanpassungskonzept der Region Hannover wird eine mögliche Niederschlagsmenge über 90 mm/d im höchsten Emissionsszenario genannt. Hierbei ist auch die Lage Hannovers im Einzugsgebiet der Leine und der Ihme relevant, da steigende Abflusswerte Hochwasser zur Folge haben kann. Bereits 2002 und 2013 waren Bereiche Hannovers überflutet. (GEO-NET et al. 2018, S. 9, 11f. & 32)

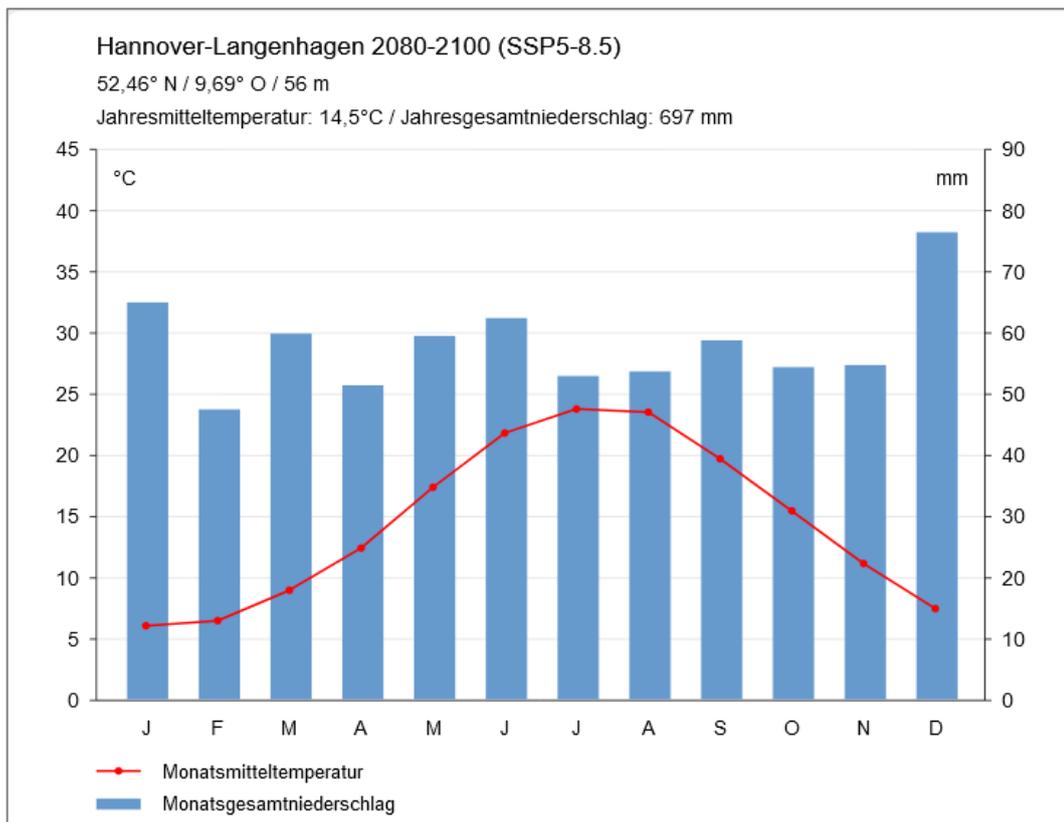


Abbildung 14: Klimadiagramm nach unter Szenario SSP5-8.5 projektiertem Klima für den Zeitraum 2080-2100 (Fick & Hijmans 2017; DWD 2018 & 2023; Krugmann & Bauditz 2022; GEO-NET 2023)

## Extremwetterereignisse

Ebenso unsicher wie die Niederschlagsprojektionen sind Aussagen, die Stürme und Starkregenereignisse betreffen. Diese sind durch ihr seltenes Auftreten statistisch kaum analysierbar. Die Untersuchung durch GEO-NET et al. (2018, S. 35) ergab wider Erwarten, dass die Klimaprojektionen für den Raum Hannover bis zum Ende des Jahrhunderts eher auf eine Abnahme von Sturmereignissen hindeuten. Dennoch wird von offizieller Seite vor einer möglichen Zunahme von Sturm-, Starkregen- und Hochwasserereignissen gewarnt (IPCC 2023, S. 12). Ob die wahrgenommene Zunahme solcher Ereignisse auf subjektiven Eindrücken, besserer Dokumentation und ausführlicherer Schadenserfassung beruht, kann nicht geprüft werden.

In einigen Jahren weichen die Wetterereignisse stark vom durchschnittlichen Klima ab. Ein Beispiel dafür ist das deutschlandweit extreme Jahr 2018, dessen Sommer durch mehrere Hitzewellen mit flächendeckenden Tagesmaximaltemperaturen über 35 °C, Stürme und Starkniederschlagsereignisse geprägt war (Imbery et al. 2018). In Hannover betrug die maximale Temperatur des Jahres 2018 36,5 °C und wurde im August gemessen (WetterKontor GmbH o.J.). Der meteorologische Sommer Hannovers wich in diesem Jahr

2,6 °C von dem Mittelwert der Jahre 1970-2000 ab, in Bezug auf die Jahrestemperatur war das Jahr 2018 1,9 °C wärmer (DWD 2023). Diese Temperaturen entsprechen, je nach Szenario, erst den projizierten Mittelwerten der zweiten Hälfte des Jahrhunderts. Hinzu kam ein auf den Jahresdurchschnitt bezogener um ein Drittel niedrigerer Niederschlagswert (DWD 2023).

Dies zeigt, dass sich Auswirkungen des Klimawandels nicht gleichmäßig ändern und die natürliche Variabilität diese stark überlagern kann. Die Lage Hannovers im Übergangsbereich zwischen subkontinentalem Klima und subatlantisch beeinflussten Klimata schwächt die Stärke solcher Wetterereignisse in geringem Maße ab (Drangmeister 2016, S. 15).

## **5 Analyse der Baumstandorte und Baumarten in der Stadt Hannover**

### **5.1 Betrachtung im Kontext des Klimawandels in Hannover zu erwartender Temperaturen im Zeitraum 2080-2100**

Hannover ist aufgrund seiner Größe und der Dichte der Bebauung stärker vom Wärmeinseleffekt betroffen als kleine Städte (GEO-NET 2023, S. 41). Besonders von der Überwärmung betroffen sind Gewerbegebiete und Stadtzentren. Tabelle 5 zeigt durchschnittliche Werte der innerstädtischen Überwärmung, die sich in der stadtklimatischen Analyse (Krugmann & Bauditz 2022) gezeigt haben. Bei der Addition der Überwärmung mit den nach den Klimaprojektionen zu erwartenden Temperaturen im Raum Hannover (Tabelle 4) ergeben sich die zukünftig im Innenstadtbereich möglichen Temperaturen. In Tabelle 7 sind die Temperaturmittelwerte nach den Szenarios SSP2-4.5 und SSP5-8.5 dargestellt. In Bezug auf den Niederschlag entspricht die projizierte Entwicklung der Region Hannover derer im Innenstadtbereich.

Tabelle 7: Erwartete jahreszeitliche und jährliche Temperatur-Mittelwerte für den Innenstadtbereich Hannovers, ergeben sich aus der Addition des durchschnittlichen Stadtklimaeffekts, je nach Standort +/- 0,1 °C

		Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
2021-2040	SSP2-4.5	10,9	19,9	11,8	3,9	<b>11,8</b>
	SSP5-8.5	11,0	19,9	12,0	4,0	<b>11,8</b>
2041-2060	SSP2-4.5	11,0	20,6	11,9	4,8	<b>12,2</b>
	SSP5-8.5	11,7	21,2	12,7	4,7	<b>12,7</b>
2061-2080	SSP2-4.5	11,9	21,3	12,9	4,9	<b>12,9</b>
	SSP5-8.5	12,8	22,6	13,7	6,0	<b>13,9</b>
2081-2100	SSP2-4.5	12,3	21,9	13,2	5,3	<b>13,3</b>
	SSP5-8.5	14,0	24,2	15,1	7,3	<b>15,3</b>

## 5.2 Analyse der Wasserverfügbarkeit

### 5.2.1 Betrachtung des Bodenwassers

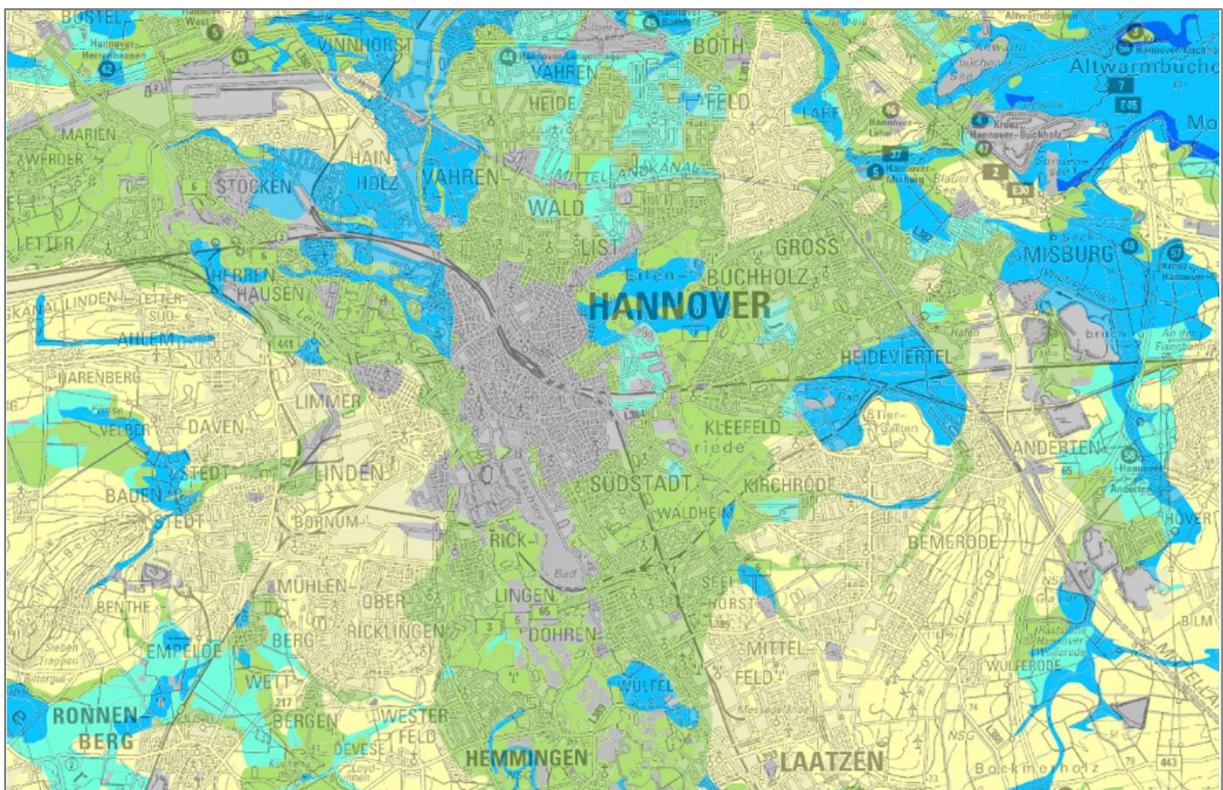
#### Grundwasser

Durch kapillaren Wasseraufstieg können Bäume durch indirekten Kontakt zum Grundwasser einen Teil ihres Wasserbedarfs decken. Konkret ist damit der wassergespeiste Bereich etwa 0,5 bis 1 m oberhalb der Grundwassergrenze gemeint (Birmele & Winski 2020, S. 8). Bei dessen Erschließung sind Pflanzen weniger auf anfallenden Niederschlag angewiesen (NLWKN 2020, S. 28). Bei einem Grundwasserabstand ab vier Metern zur Geländeoberkante ist in der Literatur von einem „grundwasserfernen Standort“ die Rede (Balder 1998 in Birmele & Winski 2020, S. 8). Stadtbäume erreichen in der Regel nicht die volle Wurzeltiefe, sodass diese bei Flurabständen ab drei Metern bereits den Wasserbedarf ausschließlich über das Oberflächenwasser beziehen (Birmele & Winski 2020, S. 8). Hinzu kommt, dass stark anthropogen veränderte Böden in der Stadt in ihrer Kapillarität nachlassen (Heidger, persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F).

Je nach Baumart, Standort und Alter bilden Gehölze verschiedene Wurzelsysteme aus (Coners 2001, S. 98; Stimm et al. 2013, S. 9f.). Beispielsweise sind die Buche (*Fagus sylvatica*) und die Fichte (*Picea abies*) fast ausschließlich auf Wasser in der Oberbodenschicht angewiesen, während die Eiche (*Quercus robur*) über die Hälfte des benötigten Wassers aus tieferen Bodenschichten (>1 m) bezieht (Coners 2001, S. 98). Bisherige Untersuchungen an Wurzelsystemen verschiedener Baumarten an Wald-, Heide und Mittelgebirgsstandorten

zeigen dennoch, dass der Großteil der Wurzelmasse, vor allem in Bezug auf die Feinwurzeln, sich auf den Oberboden (0 bis 40 cm) konzentriert (siehe Abbildung 16; Coners 2001, S. 7; Reichwein 2002, S. 22). Dies zeigt die große Bedeutung der oberen Bodenschicht für die Wasserversorgung der Bäume.

Der Grundwasserstand ist an den verschiedenen Standorten Hannovers unterschiedlich hoch (siehe Abbildung 15). Generell entwickeln sich die Grundwasserstände einer jahreszeitlichen Dynamik folgend, bei der die Grundwasserstände im Winter ansteigen und im Sommer wieder abfallen. Zwischen dem mittleren Jahreshochstand und dem mittleren Jahrestiefstand liegt in Hannover etwa 1 m, stellenweise und den Wettereinflüssen entsprechend auch über 1,5 m (LHH 2009b, S. 2; NLWKN 2023).



MHW	MGW	MNGW	Bezeichnung	Kurzzeichen	Farbe
über GOF	= 2	= 4	sehr flach	GWS 1	
< 2, oft über GOF	> 2 – 4	> 4 – 8	flach	GWS 2	
< 4, gelegentlich über GOF	> 4 – 8	> 8 – 13	mittel	GWS 3	
> 4 - 8	> 8 - 13	> 13 - 16	tief	GWS 4	
> 8 - 16	> 13 - 20	> 16 - 20	sehr tief	GWS 5	
> 16 - 20	> 20	> 20	äußerst tief	GWS 6	
> 20	> 20	> 20	-	GWS 7	

Abbildung 15: Grundwasserstufe: vorherrschende Höhe des Grundwasserstandes in Hannover, in dm u. Geländeoberfläche (GOF), Angaben zum mittleren hohen Grundwasserstand (MHW), mittleren Grundwasserstand (MGW) und mittleren niedrigen Grundwasserstand (MNGW); mit zugewiesenen Grundwasserstufen (GWS) (NIBIS 2018a)

Vor allem im Norden, Nordosten, Osten und Südosten Hannovers sind vom Grundwasser beeinflusste Bodentypen wie Gley, Gley-Podsol und Gley-Braunerde zu finden (NIBIS 2017). Vergleichsweise hoch ist der Grundwasserstand beispielsweise in Burg, Teilen Herrenhausens und in nördlichen Abschnitten des Stadtwaldes Eilenriede. Der mittlere Grundwasserhochstand liegt in diesen Bereichen bei 15 bis 40 cm unter der Geländeoberfläche, der mittlere Grundwassertiefstand ist 80 bis 130 cm (LHH 2009b, S. 2; NIBIS 2018a). Die meisten Standorte um das Stadtgebiet Hannovers weisen einen etwas tieferen Grundwasserstand auf, mit Hochständen von 80 bis 160 cm und Tiefständen von bis zu 200 cm (NIBIS 2018a). Der Südwesten Hannovers mit den Stadtteilen Davenstedt, Bornum und Mühlenberg und Wettbergen wird im Niedersächsischen Bildungsserver (NIBIS) als „grundwasserfern“ eingestuft, da hier die Flurabstände ganzjährig über zwei Meter betragen (NIBIS 2018a).

Im zentralen Bereich Hannovers liegen die mittleren Grundwasserflurabstände bei rund zwei Metern unter der Geländeoberfläche (LHH 2009b; IWW 2019; NLWKN 2023). Für den direkten Innenstadtkern rund um Hannover Mitte liegen laut NIBIS (2018a) keine Grundwasserdaten vor. Dies könnte an Änderungen des natürlichen Grundwassers in Zusammenhang mit menschlichen Eingriffen liegen. Im dicht bebauten Bereich der Stadt ist davon auszugehen, dass durch grundwassersenkende Maßnahmen das Grundwasser nicht durch Baumwurzeln erreicht werden kann. Da im Sommerhalbjahr der Wasserstand sinkt, kann das Wurzelsystem der Stadt- und Straßenbäume insbesondere in der verdunstungs- und wachstumsintensiveren Phase nicht mehr vom Grundwasser profitieren (Heidger, persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F).

Langzeitig wird in Niedersachsen zudem ein leichtes Absinken der Grundwasserstände beobachtet, welches durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN, 2020, S. 27) als „klimatisches Charakteristikum“ in der derzeitigen Entwicklung eingestuft wird. Wie die trockeneren Jahre 2018 und 2019 zeigen, können sich die Grundwasserstände bereits jetzt im Winter teilweise nicht vollständig regenerieren (NLWKN 2020, S. 23). Heidger (persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass derzeit zunehmend Bestandsbäume unter dem sinkenden Grundwasser leiden. Es sei auch nicht auszuschließen, dass die Bäume Hannovers in absehbarer Zukunft generell nicht mehr auf das Grundwasser zugreifen können. Neben dem Klimawandel sieht Heidger den Grund hinter diesem Problem beim durch den Menschen im Stadtraum stark gestörten Wasserkreislauf.

## **Schichtenwasser**

In Zusammenhang mit dem Grundwasser ist oft auch von Schichtenwasser die Rede. Darunter ist Wasser zu verstehen, welches sich als Sickerwasser auf schlecht wasserdurchlässigen Bodenschichten aufstaut und sich dort gegebenenfalls in der Horizontale bewegt (Bonk 2010, S. 18; Limberg et al. 2010, S. 23). Begünstigt wird diese Entwicklung durch die Folge einer wasserdurchlässigen Schicht auf eine dichtere Bodenschicht. Auf diese Weise kann oberhalb der tatsächlichen Grundwasserebene Wasser für die Baumwurzeln verfügbar sein. Durch den starken anthropogenen Einfluss auf die Bodenschichten im urbanen Bereich ist auch die Entwicklung und Fließrichtung von Schichtenwasser fortlaufend beeinflusst und schwierig zu ermitteln. Außerdem unterliegt das Schichtenwasser ähnlich dem Grundwasser jahreszeitlichen Schwankungen. Dennoch ist auch im Stadtbereich vom Vorhandensein von Schichtenwasser auszugehen (Herrmann 2009; Limberg et al. 2010, S. 23; Heidger, persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F). Teilweise entsteht dieses erst durch die Errichtung eines Bauwerkes (Bonk 2010, S. 19).

## **Andere Wasserreserven**

Besonders unter städtischen Bedingungen bildet sich das Wurzelsystem eines Baums in der Regel als Reaktion auf physikalische Gegebenheiten aus (Reichwein 2002, S. 16). Dies eröffnet die Möglichkeit, alle vorhandenen Wasserreserven in Reichweite des Baums zu erschließen und das Wurzelsystem entsprechend der Wasserverfügbarkeit zu orientieren. Die Weitläufigkeit der Wurzeln macht es schwierig, die spezifischen Wasserreserven zu identifizieren (Heidger, persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F).

Untersuchungen zufolge erschließen Baumwurzeln neben den bereits genannten natürlichen Wasserreserven vorzugsweise anthropogene Ver- und Entsorgungsinfrastruktur (Streckenbach et al. 2007). Heidger (persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F) geht davon aus, dass ein wesentlicher Anteil des Wasserbedarfs durch das Einwurzeln in wasserführende Leitungen der Stadtentwässerung gedeckt wird. Besonders wenn das Grundwasser für das Wurzelsystem nicht erreichbar ist, kann es sich hierbei um eine Abhängigkeit von Wasser aus unterirdischer Infrastruktur handeln.

## 5.2.2 Untersuchung der Niederschlagsverfügbarkeit an städtischen Baumstandorten

Wie in Abschnitt 4.1.2 beschrieben, liegt einer der wesentlichen Punkte, in dem sich der Wasserhaushalt der Stadt von dem natürlichen Wasserkreislauf unterscheidet, in der starken Versiegelung der Oberflächen. Ein großer Teil des Niederschlagswassers wird in die Kanalisation geleitet, statt vor Ort zu versickern. Dieser Wasseranteil steht den Stadtbäumen dann nicht mehr zur Verfügung.

Städtische Baumstandorte sind in Bezug auf die Wasserverfügbarkeit sehr heterogen. Die Ermittlung des Niederschlagsanteils, der den Gehölzen im Stadtraum jeweils zur Verfügung steht, geht nicht über eine Annäherung hinaus. Grad und Art der Versiegelung, Neigung der Fläche und damit auch die Leitung des Niederschlagswassers, unterirdische Belüftungs- oder Versickerungssysteme, Bewuchs der Baumscheibe, Baumart und Trockenheit des Bodens sind ausschlaggebend für die Versickerung des anfallenden Niederschlags und bestimmen außerdem das Wurzelwachstum (Reichwein 2002, S. 21; Pinski 2023b). Eine Kombination der Baumbewässerung mit dem Regenwassermanagement gibt es bisher in Hannover nur in einzelnen Fällen. (Pinski 2023a)

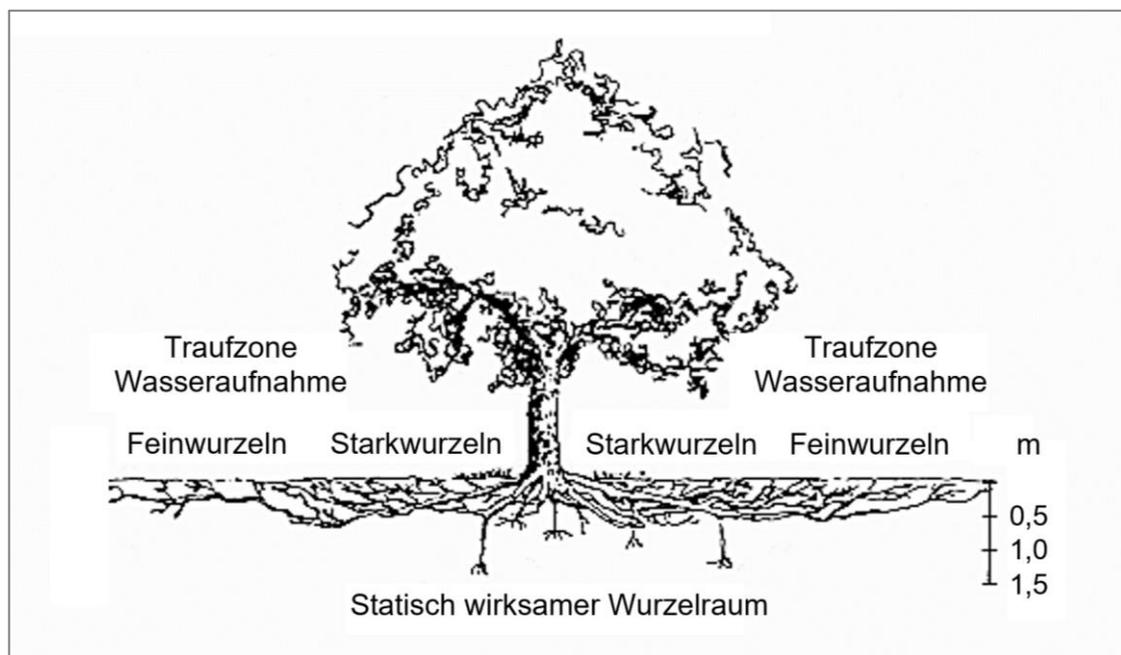


Abbildung 16: Wurzelwerk im Längsschnitt: Theoretische Wurzelbildung an einem idealen Baumstandort (Weichselsdorfer 2012)

Die Wasserversickerung in der Baumscheibe ist von verschiedenen Faktoren abhängig und im Allgemeinen schwierig zu quantifizieren. Relevant ist der Grad der Verdichtung und die Leitung des Niederschlagswassers durch Gefälle. Effektiver kann Wasser beispielsweise in Boden versickern, der bereits angefeuchtet (Pinski 2023b) oder von Pflanzen durchwurzelt ist (Brandes 2016, S. 77). Flächen mit Grasbewuchs nehmen in der Regel 100 % des anfallenden Niederschlags auf (Armson et al. 2013).

Die unversiegelten Baumscheiben sind in der Regel kleiner als die Fläche, die das Wurzelsystem der Bäume in der Horizontale beansprucht (siehe Abbildung 16). Als Faustregel gilt oft, dass die Ausdehnung des Wurzelsystems eines Baums etwa der der Baumkrone entspricht. Reichwein (2002, S. 22f.) weist darauf hin, dass je nach Baumart und Bodenverhältnissen die Wurzeln wesentlich mehr Fläche in Anspruch nehmen. So ist in der Literatur beispielsweise vom dreifachen Kronenradius die Rede (siehe Abbildung 16). Durch Lücken in der Randeinfassung, Fugen im Oberbau und lockere Schichten erschließt der Großteil der Stadtbäume auch die die Baumscheibe umgebende Verkehrsfläche intensiv (siehe Abbildung 17; Reichwein 2002).

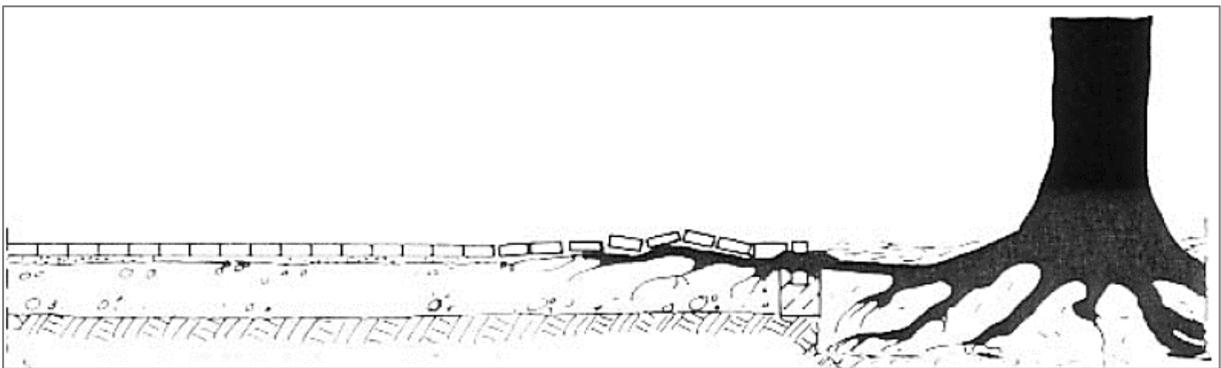


Abbildung 17: Darstellung einer in die anschließende Verkehrsfläche wachsende Baumwurzel (Reichwein 2002, S. 219)

Der an die Baumscheibe angrenzende Belag hat deshalb durch den variierenden Fugenanteil ebenfalls einen Einfluss auf die Niederschlagsversickerung vor Ort. Verbund- und Klinkerpflaster weist beispielsweise einen Fugenanteil von 3 bis 11 % auf, in den Wasser eindringen kann (Illgen 2000, S. 14; Brandes 2016, S. 74). In der DIN 1986-100 (2016) für Entwässerungsanlagen ist der mittlere Abflussbeiwert für Betonpflasterflächen bei 0,7 angesetzt. Dies entspricht einer Abflussmenge von 70 % und einer Versickerung von 30 %. Die Menge des versickernden Wassers auf teilversiegelten Flächen hängt wesentlich von Regendauer und -intensität ab. Bei stärkeren Niederschlagsereignissen versickert prozentual gesehen ein geringerer Niederschlagsanteil und die Abflussbeiwerte sind höher (Muth 1994 in Illgen 2000, S. 13). Der Abflussbeiwert von 0,7 wird als Mittelwert betrachtet, der sowohl

höhere Versickerungsraten geringer Niederschlagsintensitäten, als auch höhere Abflussraten stärkerer Regenfälle berücksichtigt.

Anders als auf Pflasterflächen kann auf Asphaltflächen in der Regel kein Wasser versickern. Wassermangel und fehlender Sauerstoff führen dazu, dass unter asphaltierten Bereichen oft kaum Durchwurzelung zu finden ist (Reichwein 2002, S. 71). Demzufolge sind insbesondere Standorte im Straßenraum anspruchsvoll, was durch Streusalz- und Schadstoffproblematiken noch verstärkt wird (siehe Abschnitt 4.1.2).

Neben dem natürlicherweise anfallenden Niederschlag werden die Stadtbäume bei Bedarf bewässert. Alle Jungbäume bedürfen für die ersten drei bis fünf Standjahre regelmäßiger Wässerung vor allem im Sommerhalbjahr (LHH 2021, S. 18; Pinski 2023a). Bestandsbäume mit erkennbarem Trockenstress, wie er beispielsweise nach Tiefbaumaßnahmen auftritt, werden ebenfalls zusätzlich zum anfallenden Niederschlag bewässert. 2020 wurden beispielsweise etwa 2.200 Straßenbäume gewässert, was hinsichtlich des gesamten Straßenbaumbestands weniger als 5 % der Straßenbäume entspricht (LHH 2021, S. 18). Abhängig ist der Umfang der Bewässerung vor allem von Baumstandort und -entwicklung. Genannt wird eine Menge von 100 bis 200 Litern alle ein bis zwei Wochen, die über Wassersäcke oder mithilfe aus Baumsubstrat errichteten Umrundungen an den Wurzelballen gelangen (Pinski 2023a). In Anbetracht der Menge der Stadtbäume stellt die Bewässerung der Stadtbäume in Hannover bisher eher eine Ausnahme dar.

Anhand von drei Beispielen wird im Folgenden die Niederschlagsmenge ermittelt, die den Stadtbäumen Hannovers in Abhängigkeit von der Ausgestaltung des Standorts ungefähr zur Verfügung stehen könnte.

## Beispiel 1 – starke Versiegelung

Nach FLL (2015) sollte eine Baumscheibe mindestens  $6 \text{ m}^2$  groß sein (siehe Abbildung 2). Diese Mindestanforderung wird im Innenstadtbereich Hannovers nicht immer erfüllt. Oft betragen die Kantenlängen der quadratischen Baumscheiben nur 2,0 bis 2,3 m, sodass eine versickerungsfähige Fläche von etwa 4 bis  $5,3 \text{ m}^2$  erreicht wird.



Abbildung 18: Standort einer Platane (*Platanus x acerifolia*) nahe des Opernplatzes in Hannover. Der Baum hat einen Kronentraufbereich von etwa 13 m, die Baumscheibe ist  $2,30 \times 2,30 \text{ m}$  groß (eigene Aufnahme)

Bei der modellhaften Berechnung wird der Standort einer Platane (*Platanus x acerifolia*) an der Georgstraße nahe des Opernplatzes als Beispiel betrachtet (siehe Abbildung 18 und Tabelle 8). Der Baum hat einen Kronendurchmesser von etwa 13 m. Angenommen wird, dass der Wassereinzugsbereich zu allen Seiten 1 m weiter reicht als der Kronentraufbereich. Dementsprechend hat der Wassereinzugsbereich einen Durchmesser von 15 m und eine Fläche von rund  $175 \text{ m}^2$ . Hiervon ist lediglich die  $5,30 \text{ m}^2$  große Baumscheibe unversiegelt. Es wird angenommen, dass dort das Wasser ungehindert versickern kann, auch wenn durch Verdichtung und Gefälle dies bei vielen Baumscheiben nicht der Fall ist. Auf der restlichen Fläche von  $169,7 \text{ m}^2$  kann durch die Fugen des Betonpflasters Wasser versickern. Dieser Oberflächenbelag ist in Hannover verbreitet. Ein geringer Anteil des betrachteten Wassereinzugsbereichs schneidet sich mit einer asphaltierten, wasserundurchlässigen Straße. Da anzunehmen ist, dass dieser Bereich nicht durchwurzelt ist, wird er außer Acht gelassen.

Tabelle 8: Theoretische Niederschlagsverfügbarkeit an einem stark versiegelten Baumstandort am Beispiel einer Platane (*Platanus x acerifolia*) am Opernplatz in Hannover

Beispiel: Platane ( <i>Platanus x acerifolia</i> ) am Opernplatz (Ø 13 m)			
Wassereinzugsbereich Ø 15 m = 175 m <sup>2</sup>			
	Größe	Anteil am Wassereinzugsbereich	Versickerungsleistung
Baumscheibe	2,30 m x 2,30 m = 5,30 m <sup>2</sup>	3 %	100 %
Wegebelag	169,7 m <sup>2</sup>	97 %	30 %
			<b>32,1 %</b>

Für den exemplarischen Standort ergibt sich für 5,30 m<sup>2</sup> eine Niederschlagsleistung von 100 %. Die restlichen mit Betonpflaster bedeckten 97 % der Wassereinzugsfläche versickern 30 % des anfallenden Niederschlags. In der Summe ergibt dies eine Versickerungsleistung von 32,1 % für den gesamten Wassereinzugsbereich. Bei Standorten mit ähnlichen Baumscheibengrößen in größtenteils versiegelten Wassereinzugsbereichen ergibt sich mithilfe des vorgestellten Berechnungswegs ebenfalls eine Versickerungsleistung von 30 bis 40 %. Umgerechnet auf den Jahresniederschlag, der in Hannover derzeit etwa 646 mm beträgt (DWD 2023), entsprechen diese Baumstandorte jährlich einem Niederschlag von 194 mm bis 258 mm.

#### Beispiel 2 – partielle Versiegelung

Im Folgenden wird die ungefähre Wasserverfügbarkeit für Bäume an Standorten mit an die Baumscheibe anschließenden Rasenflächen berechnet. Hierdurch wird ein mittelmäßig gut mit Niederschlag versorgter städtischer Baumstandort repräsentiert. Als Beispiel dient der Standort einer Platane (*Platanus x acerifolia*) an der Waterloostraße auf Höhe des Justizministeriums (siehe Abbildung 19 und Tabelle 9).



Abbildung 19: Standort einer Platane (*Platanus x acerifolia*) an der Waterloostraße in Hannover. Der Baum hat einen Kronentraufbereich von etwa 15 m, die Baumscheibe ist 2,20 x 2,20 m groß und grenzt einseitig an eine Rasenfläche (eigene Aufnahme)

An die in einem Betonpflaster befindliche 2,20 m x 2,20 m große Baumscheibe grenzt an einer Seite eine unversiegelte Fläche. Es handelt sich dabei um eine Rasenfläche mit einem für ein Exponat hergestellten Bruchsteinschotterbereich. Hier ist von einer Versickerung von 100 % des Niederschlagswassers auszugehen. Bei Einbezug der Versickerung durch Fugen des Betonpflasters ergibt sich insgesamt eine Versickerungsrate von 60,8 % im gesamten Wassereinzugsbereich des Beispielbaums. Die Berechnung der Versickerung an anderen Standorten, bei denen ein Baum an der Grenze zwischen Rasenfläche und Weg oder Kante zu einer Verkehrsfläche steht, kam ebenfalls auf Werte zwischen 60 und 70 % Versickerung. Diese Werte würden einen jährlichen Niederschlag von 388 mm bis 452 mm bedeuten. Ungewiss ist, inwiefern Gehölze an Standorten dieser Art vorzugsweise in die besser mit Wasser versorgte Rasenfläche wurzeln. Tendenziell durchwurzeln Bäume eher die für sie hinsichtlich Nährstoffverfügbarkeit, Wasser und Sauerstoff für sie günstigen Bereiche (Reichwein 2002, S. 21). Dies würde die Wasserversorgung des Baums verbessern und dazu führen, dass die Niederschlagsverfügbarkeit höher ist, als im Beispiel errechnet wurde.

Tabelle 9: Theoretische Niederschlagsverfügbarkeit an einem partiell versiegelten Baumstandort am Beispiel einer Platane (*Platanus x acerifolia*) an der Waterloostraße in Hannover

Beispiel: Platane ( <i>Platanus x acerifolia</i> ) an der Waterloostraße (Ø 15 m)			
Wassereinzugsbereich Ø 17 m = 227 m <sup>2</sup>			
	Größe	Anteil am Wassereinzugsbereich	Versickerungsleistung
Baumscheibe	2,20 m x 2,20 m = 4,84 m <sup>2</sup>	2,1 %	100 %
Rasen- & Schotterfläche	94,84 m <sup>2</sup>	41,8 %	100 %
Wegebelag	127,3 m <sup>2</sup>	56 %	30 %
			<b>60,8 %</b>

### Beispiel 3 – keine Versiegelung



Abbildung 20: Standort eines Silber-Ahorns (*Acer saccharinum*) im Maschpark Hannover (eigene Aufnahme)

In den Parkanlagen, auf Friedhöfen, Betriebsanlagen, Spiel- und Sportanlagen, Kleingärten und an Gewässern Hannovers finden sich oft völlig unversiegelte Baumstandorte (siehe Abbildung 20 und Tabelle 10). Im Beispiel der Parkanlagen sind Böden meist als Rasenflächen

ausgestaltet, was dafürspricht, dass 100 % des anfallenden Niederschlags vor Ort versickert (Armson et al. 2013). Wege durch Parkanlagen sind außerdem oft nicht in die Kanalisation angeschlossen, sondern entwässern Regenwasser über die anschließende Fläche, wo es versickert. Teilweise können die Parkbäume zusätzlich Wasser aus Gewässern im Park beziehen. Je nach Lage im Stadtgebiet ist davon auszugehen, dass auch der kapillare Grundwasseraufstieg für die Parkbäume eine Rolle spielt.

Tabelle 10: Theoretische Niederschlagsverfügbarkeit an einem unversiegelten Baumstandort am Beispiel eines Silber-Ahorns (*Acer saccharinum*) im Maschpark in Hannover

Beispiel: Silber-Ahorn ( <i>Acer saccharinum</i> ) im Maschpark (Ø 13 m)			
Wassereinzugsbereich Ø 15 m = 175 m <sup>2</sup>			
	Größe	Anteil am Wassereinzugsbereich	Versickerungsleistung
Rasenfläche	108,5 m <sup>2</sup>	62 %	100 %
Gewässer	31,3 m <sup>2</sup>	17,9 %	100 %
Wassergeb. Wegedecke (in Rasenfläche entwässert)	35,2 m <sup>2</sup>	20,1 %	100 %
			<b>100 %</b>

### 5.3 Typologisierung verschiedener Standorte nach Temperatur und Wasserverfügbarkeit

Die Analyse der Unterschiede in der Temperaturverteilung im Raum Hannover und der standortabhängigen Wasserverfügbarkeit ergibt eine Vielzahl möglicher Variablenkombinationen, die die Baumstandorte Hannovers beschreiben und charakterisieren können. Abbildung 21 zeigt, wie stark die Unterschiede der Niederschlagsversorgung bei städtischen Baumstandorten sein können. Anhand der Beispiele aus Kapitel 5.2.2 wurden Klimadiagramme konstruiert, die mögliche Zustände Ende des Jahrhunderts (SSP5-8.5) veranschaulichen. Während ein Standort, bei dem 100 % der anfallenden Wassermenge versickert ganzjährig humiden Klimaverhältnissen entspricht, gleichen Standorte mit einer

Wasserverfügbarkeit von 30 % (Abbildung 21, rechts) fast ganzjährig ariden Bedingungen. Bei einer Versickerungsrate von 60 % (Abbildung 21, Mitte) sind durch die hohen Temperaturen lediglich die Sommermonate sehr trocken.

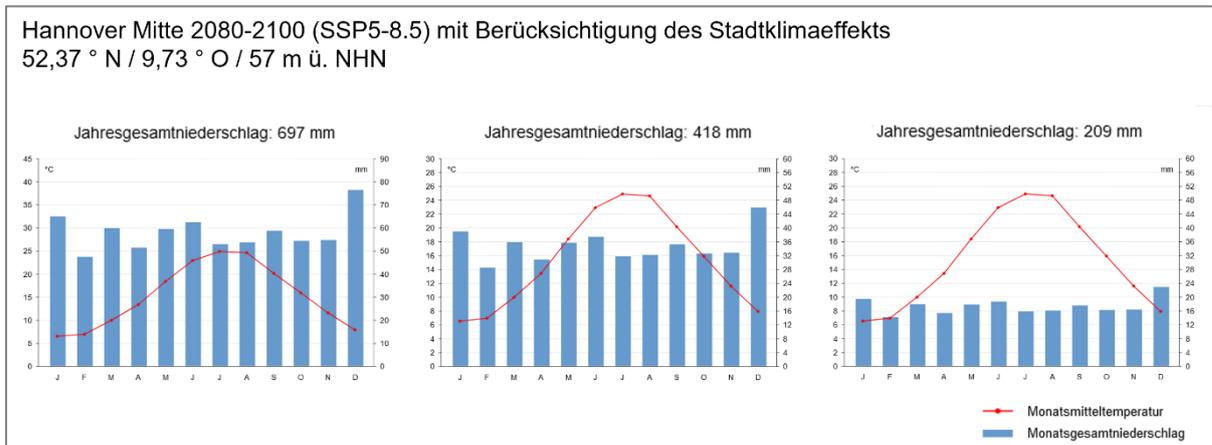


Abbildung 21: Konstruierte Klimadiagramme auf Grundlage der exemplarischen Berechnung der Niederschlagsverfügbarkeit (Kapitel 5.2.2); links: entspricht einem Niederschlag von 100 %; Mitte: entspricht einem Niederschlag von 60 %; rechts: entspricht einem Niederschlag von 30 % (eigene Berechnung basierend auf dem projizierten Klima für 2080-2100 nach SSP5-8.5 und unter Einbezug des Stadtklimaeffekts; siehe Kapitel 4.3.4 und 5.1)

Es ist anzunehmen, dass sich die Wasserverfügbarkeit an städtischen Standorten nicht auf die oben gezeigten Modellannahmen beschränkt. Insbesondere in Bezug auf die weniger wasserversorgten, stark versiegelten Standorte ist sollte davon ausgegangen werden, dass die Bäume weitere Wasserquellen erschließen. Auf diese Weise entsteht eine Vielzahl an Übergangsformen, die nicht nur die Wasserverfügbarkeit, sondern auch Temperaturgradienten betreffen. Um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten und die zur praktischen Anwendung nötige Einfachheit zu erhalten, werden vier Standorttypen gebildet. Ein weiterer Grund für die Beschreibung von nur vier Typen ist die große Unsicherheit in Bezug auf die zukünftige Entwicklung des Klimas, die eine weitere Aufteilung nach Variablen wie Stärke des Stadtklimaeffekts überflüssig macht.

Die vier gebildeten Standorttypen werden durch die Initialbuchstaben „Aw“, „At“, „Sw“ und „St“ gekennzeichnet. Sie beschreiben zwei unterschiedliche Temperaturstärken und zwei verschiedene Niederschlagsverfügbarkeiten in ihren Kombinationen (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Standorttypen nach verschiedener Temperatur und Wasserverfügbarkeit für die Anwendung an der Stadt Hannover

<p><b>Aw (Außerhalb &amp; wasserversorgt):</b>  <b>Kaum versiegelte Standorte außerhalb des Stadtkerns</b></p>	<p><b>At (Außerhalb &amp; trocken):</b>  <b>Stark versiegelte Standorte außerhalb des Stadtkerns</b></p>
<p>Die erwartete Temperatur <b>außerhalb</b> des Zentrums Ende des Jahrhunderts nach Szenario SSP5-8.5 ist 14,4 °C (+5,2).</p> <p>Standorte dieses Typs sind vergleichsweise gut <b>mit Wasser versorgt</b>: 60 - 100 % des anfallenden Niederschlags können versickern.</p>	<p>Die erwartete Temperatur <b>außerhalb</b> des Zentrums Ende des Jahrhunderts nach Szenario SSP5-8.5 ist 14,4 °C (+5,2).</p> <p>Kleine Baumscheiben und Versiegelung im Wurzelbereich führen zu <b>Wassermangel</b>, lediglich 30 - 60 % des anfallenden Niederschlags stehen dem Baum zur Verfügung.</p>
<p><b>Sw (Stadtkern &amp; wasserversorgt):</b>  <b>Kaum versiegelte Standorte im überwärmten Stadtkern</b></p>	<p><b>St (Stadtkern &amp; trocken):</b>  <b>Stark versiegelte Standorte im überwärmten Stadtkern</b></p>
<p>Berücksichtigung des <b>Stadtklimaeffekts</b>: Die Durchschnittstemperatur ist 0,8 bis 1,0 °C höher als im Umland. Die erwartete Temperatur Ende des Jahrhunderts nach Szenario SSP5-8.5 ist 15,3 °C (+6,1).</p> <p>Standorte dieses Typs sind vergleichsweise gut <b>mit Wasser versorgt</b>: 60 - 100 % des anfallenden Niederschlags können versickern.</p>	<p>Berücksichtigung des <b>Stadtklimaeffekts</b>: Die Durchschnittstemperatur ist 0,8 bis 1,0 °C höher als im Umland. Die erwartete Temperatur Ende des Jahrhunderts nach Szenario SSP5-8.5 ist 15,3 °C (+6,1).</p> <p>Kleine Baumscheiben und Versiegelung im Wurzelbereich führen zu <b>Wassermangel</b>, lediglich 30 - 60 % des anfallenden Niederschlags stehen dem Baum zur Verfügung.</p>

Die Zuordnung der durch städtebauliche Einflüsse überhitzenden Bereiche („S“) erfolgt nach der Stadtklimamodellierung durch GEO-NET (2023, S. 42) und dem Versiegelungsgrad (NIBIS 2018b). Demnach sind besonders dicht bebaute und versiegelte Stadtbereiche ohne große Grünflächen in der Regel am stärksten durch nächtliche Aufheizung überwärmt. Hier ist die Durchschnittstemperatur rund 1 °C höher als im locker bebauten Umland („A“). Die markierten Bereiche (Abbildung 22) sind als ungefähre Lokalisierung zu verstehen.

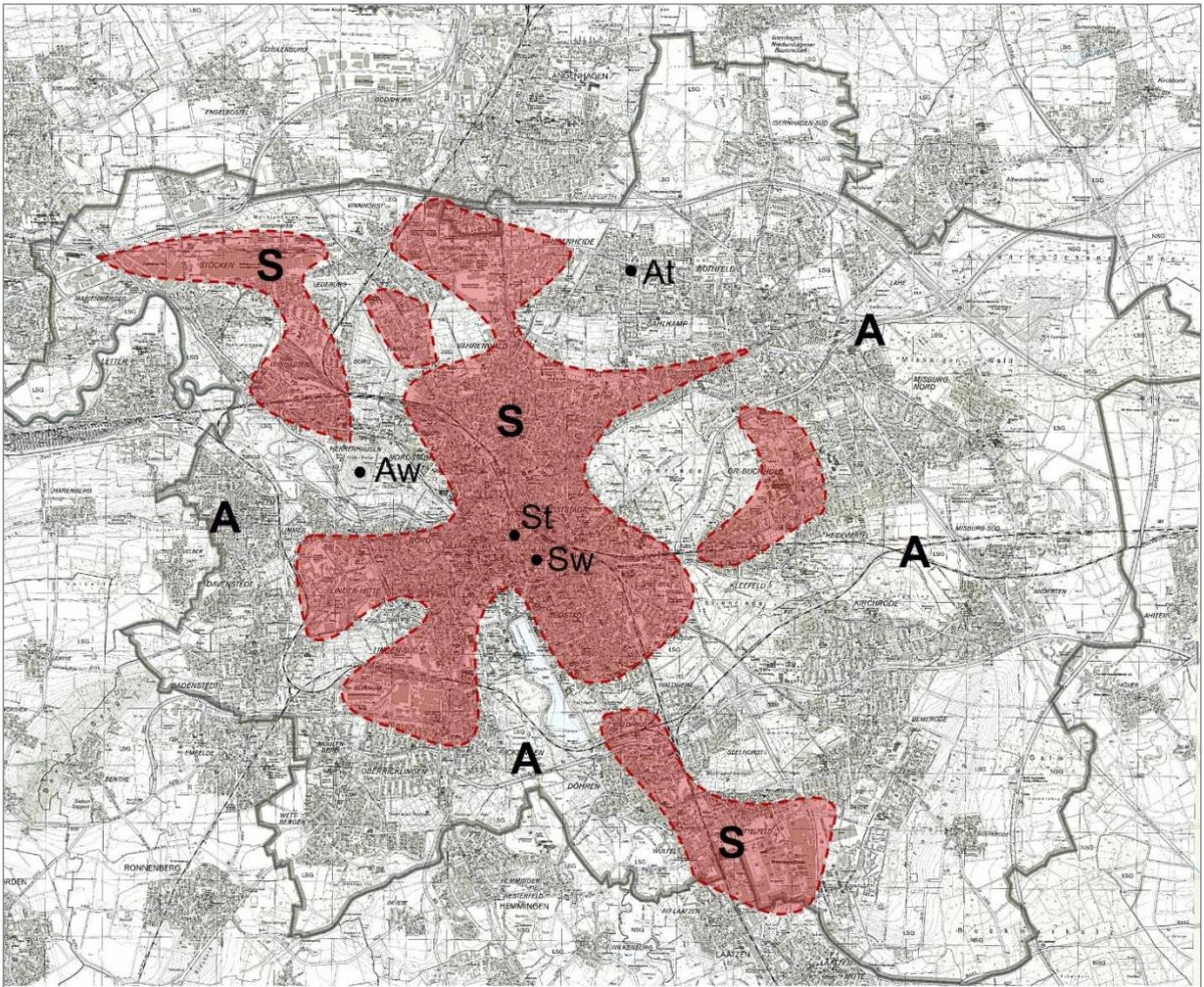


Abbildung 22: Lokalisierung der vier Standorttypologien im Stadtraum Hannover durch die räumliche Zuordnung tendenziell überhitzender Bereiche und die Angabe von Beispielen (Kartengrundlage: LHH 2023)

Die Wasserversorgung durch Niederschlagsverfügbarkeit ist einzelfallabhängig. Wie in Kapitel 5.2.2 dargestellt, sind einige Baumstandorte wegen hoher Versiegelungsgrade durch starke Trockenheit charakterisiert. Inwiefern die städtischen Gehölze unabhängig von direktem Niederschlag Wasserreserven erschließen, kann nicht mit Klarheit festgestellt werden. Durch die schnelle Ableitung des Niederschlags in die Abwassersysteme ist anzunehmen, dass Bäumen auf versiegelten Flächen ohnehin ein geringerer Wasseranteil zur Verfügung steht als Gehölzen auf entsiegelten Standorten. Weiterhin ist es unsicher, ob Wasserquellen, wie

das Grundwasser, in fernerer Zukunft weiterhin für Stadtbäume erreichbar sind (Heidger, persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F). Für die Standorttypologisierung wird daher angenommen, dass auf rund um den Baum versiegelten Flächen 30 - 60 % des anfallenden Niederschlags für den dort stehenden Baum verfügbar ist.

Standorte im Park oder auf ausgedehnten Grünstreifen verzeichnen höhere Versickerungsraten. Dies ist auch der Fall, wenn ein Teil des möglichen Wurzelraums versiegelt ist (siehe Abbildung 19). Es wird deshalb damit gerechnet, dass an teilweise oder vollständig entsiegelten Standorten 60 - 100 % des Niederschlags versickert und für das Gehölz verfügbar ist.

Die Kombination aus städtischer Überhitzung und einem versiegelten, trockenen Standort wird mit dem Typ „St“ beschrieben. Er fasst vor allem Standorte innerstädtischer Straßen und Plätze zusammen. Beispiele für den Standorttyp „Sw“ sind innerstädtische Parkanlagen und sonstige Grünflächen. Auch breite Grünstreifen können wasserversorgten innerstädtischen Baumstandorten zugeordnet werden. Verglichen mit dem Typ „St“ ist hier nicht nur die Wasserversorgung durch Niederschlag besser, sondern oft sind auch Bedingungen wie Bodenverdichtung, Salzbelastung und Beschädigungen weniger extrem.

Der Standorttyp „At“ entspricht ebenfalls möglichen Straßenstandorten. Im Gegensatz zu dem innerstädtischen Typ „St“ sind die Temperaturen hier durch den wegfallenden Hitzeinseleffekt niedriger. Gleiches gilt für den Typ „Aw“, der einem wasserversorgten Standort außerhalb des überhitzten Bereichs entspricht und einem Ort in freier Landschaft am meisten ähnelt.

## **5.4 Bewertung der Eignung aktuell in Hannover vorhandener Baumarten**

In Bezug auf die Vegetationszonen der Erde gibt es verschiedene Modelle, die sich teilweise in ihren Definitionen hinsichtlich Temperatur- und Niederschlagsspanne unterscheiden. Der Raum Hannover befindet sich an der Grenze zwischen dem subatlantischen und dem zentraleuropäischen Teil der temperaten Vegetationszone sommergrüner Laubwälder (siehe Abbildung 23; Bohn et al. 2004, S. 514). Letztere schneidet sich weitestgehend mit der feucht-gemäßigten Klimazone mit warmen Sommern nach Köppen und Geiger (Chen & Chen 2013). Die Stadt Hannover ist zum Großteil mit Gehölzen bepflanzt, die in eben dieser pflanzengeographischen Zone heimisch sind.

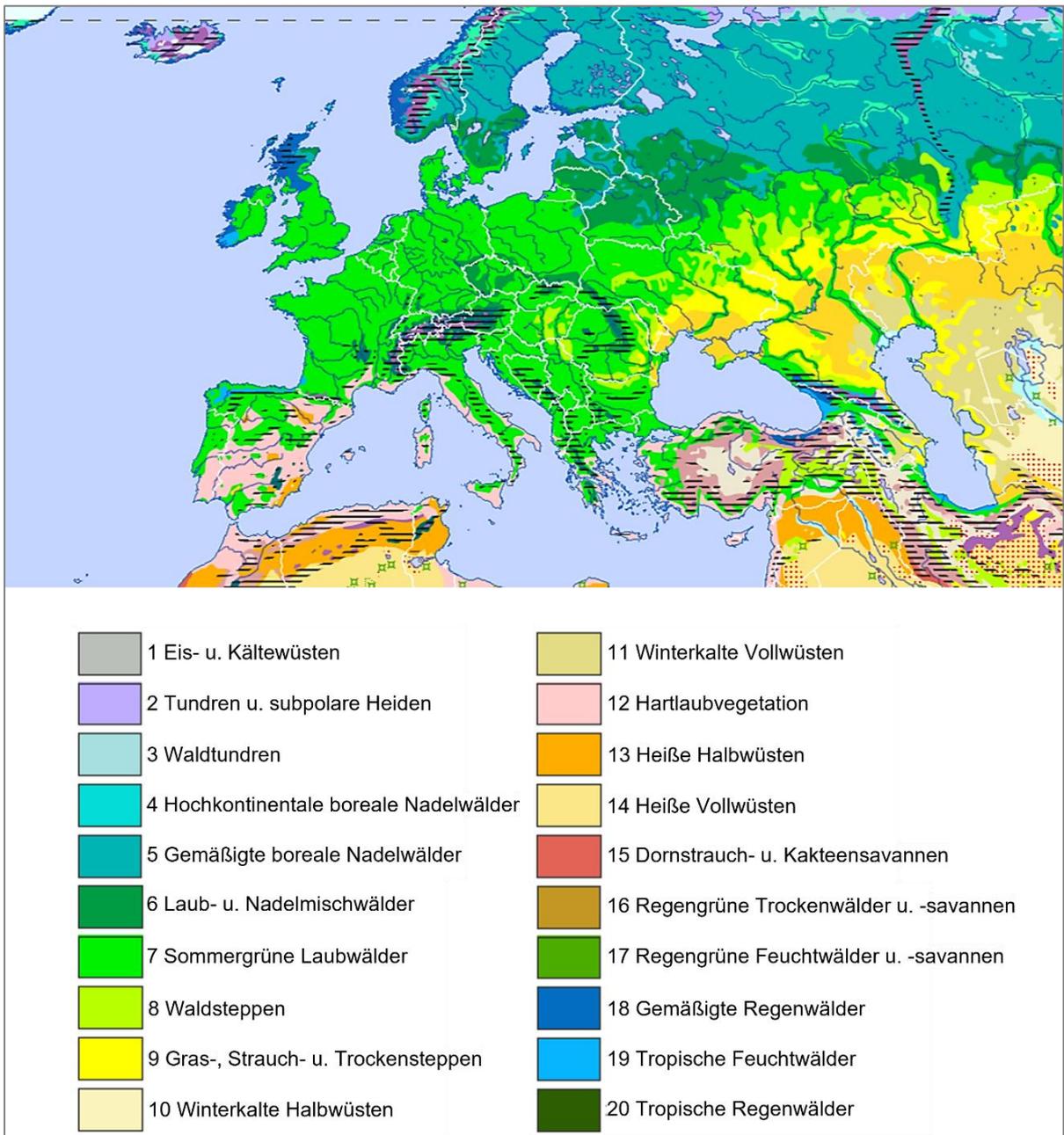


Abbildung 23: Vereinfachte Darstellung der Vegetationszonen Mitteleuropas (Fährtenleser 2012)

Die hauptsächlich gepflanzten Arten Stiel-Eiche (*Quercus robur*), Linde (*Tilia platyphyllos* und *T. cordata*), Hainbuche (*Carpinus betulus*), Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*), Feld-Ahorn (*Acer campestre*), Esche (*Fraxinus excelsior*) und Birke (*Betula pendula*) kommen natürlicherweise in Laub-Mischwäldern auf feuchten Standorten in Mitteleuropa vor. Autoökologische Diagramme zeigen, dass die genannten Arten meist in Regionen mit einer Jahresdurchschnittstemperatur zwischen 5 °C und 12 °C sowie jährlichen Niederschlägen zwischen 500 mm und 1400 mm vorkommen (siehe Abbildung 24; San Miguel Ayanz et al. 2016). Diese Temperatur- und Niederschlagsspanne deckt sich etwa mit dem für die

gemäßigte Zone sommergrüner Laubwälder definierten Bereich (Fährtenleser 2022). Auffällig ist, dass nur bei entsprechend höherer Niederschlagsmenge auch ein Vorkommen der Art bei wärmeren Temperaturen beobachtet wird. Je nach Baumart gibt es dann auch Präsenzen an Standorten mit einer Jahresmitteltemperatur von 13 °C. Die Stiel-Eiche (*Quercus robur*) kommt beispielsweise bei Jahresniederschlägen über 700 mm auch bei jährlichen Mitteltemperaturen von fast 15 °C vor. Bei den anderen genannten Baumarten wurde ein Vorkommen über 12 bzw. 13 °C (*Acer campestre*) nur noch vereinzelt verzeichnet. (San-Miguel-Ayanz et al. 2016, S. 53ff., 74f., 98f., 160ff., 184f.)

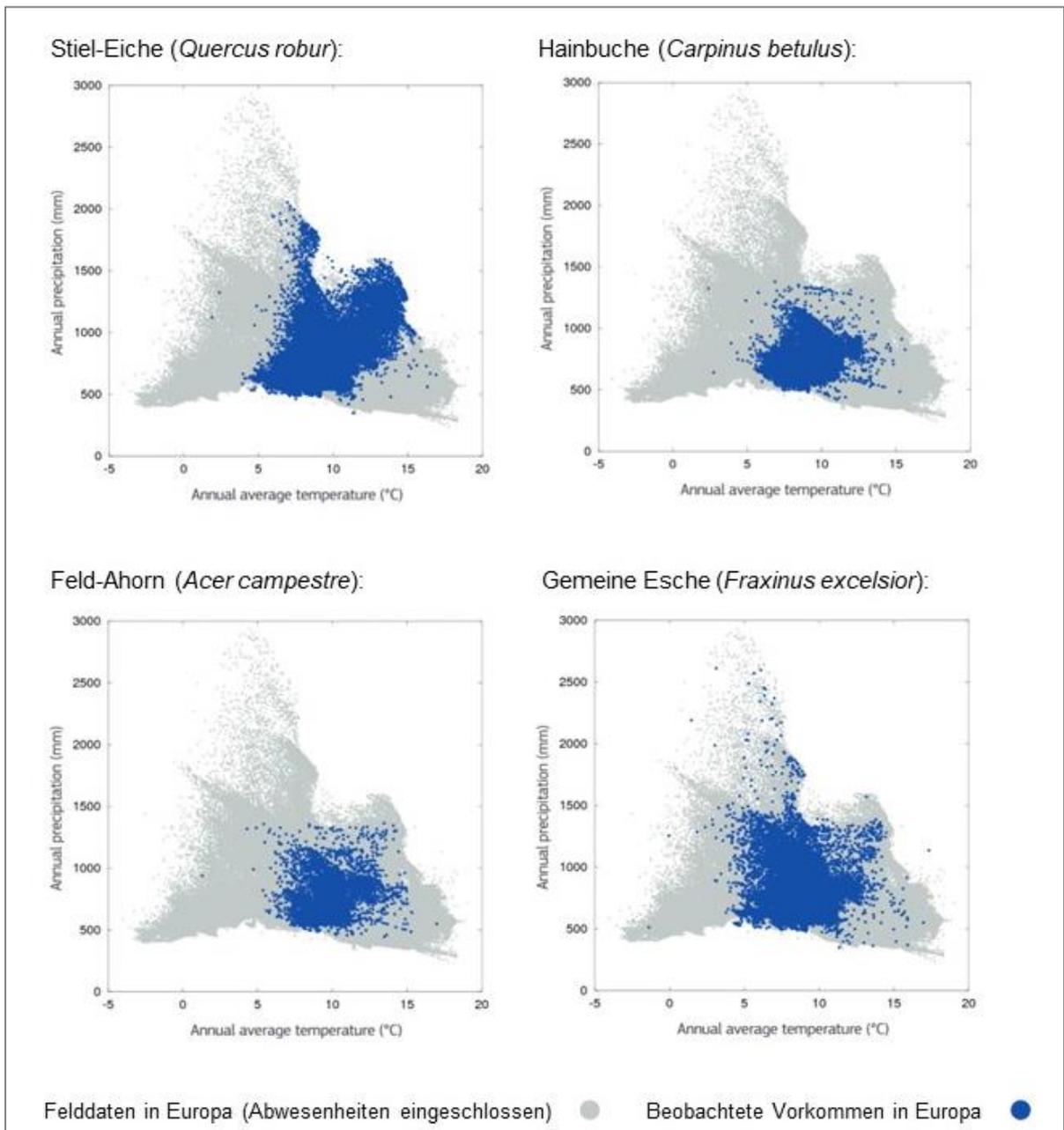


Abbildung 24: Autoökologische Diagramme basierend auf Feldbeobachtungen aus Waldparzellen zu *Quercus robur* (Stiel-Eiche), *Carpinus betulus* (Hainbuche), *Acer campestre* (Feld-Ahorn) und *Fraxinus excelsior* (Gemeine Esche); x-Achse: Jahresmitteltemperatur (°C); y-Achse: Jahresniederschlagssumme (mm) (San Miguel Ayanz et al. 2016, verändert)

Der Raum Hannover liegt mit den derzeitigen 10,2 °C des jährlichen Temperaturmittels (DWD 2023) etwa im durchschnittlichen Bereich der gemäßigten Florenzone sommergrüner Laubwälder (Fährtenleser 2022). Hinsichtlich des Jahresniederschlags gehört Hannover mit 646 mm zu den vergleichsweise trockenen Regionen und nähert sich dem unteren Rand der zur temperaten Vegetationszone zusammengefassten Gebiete.

Nach 2018 wurde in Zusammenhang mit großer Hitze und Trockenheit ein ungewöhnlich hohes Baumsterben in deutschen Wäldern und Städten dokumentiert. In den Folgejahren wurden deutschlandweit Rekordzahlen geschädigter Exemplare klassischer europäischer Waldbaumarten gemeldet. Dieses Beispiel zeigt, dass schon durch die bisherigen Klimaveränderungen die meisten Baumarten nicht mehr optimal an die lokalen klimatischen Gegebenheiten angepasst sind. (Böll et al. 2019, S. 576; Walthert et al. 2020; Kehr 2022, S. 27f.)

Erklärt wird der oft auf starken Trockenstress folgende Dürretod einerseits mit Kohlenstoffmangel durch Beeinträchtigung der Photosynthese, andererseits mit hydraulischem Versagen durch Kavitationen und Verlust der Wasserleitfähigkeit des Gewebes (Mette & Falk 2020, S. 33; Schuldt et al. 2020; Gloor et al. 2021, S. 14). Neben der Temperatur spielt die Wasserverfügbarkeit daher eine entscheidende Rolle für Wachstum und Vitalität mitteleuropäischer Baumarten und trägt eine Schlüsselrolle im Überstehen von Hitzeperioden. Mögliche physische Reaktionen sind Blattwurf, Blattverfärbungen, Blattrollen, Blattrandnekrosen, Vertrocknen von Kronenteilen und Kronensterben (Walthert et al. 2020; Böll 2021; Kehr 2022, S. 28f.).

Zusätzlich führt der Hitze- und Trockenstress zu sekundären Dürreeffekten, die noch einige Jahre nach singulären Dürreereignissen den Tod von betroffenen Gehölzen zur Folge haben können (Kehr 2022, S. 29). Bei nicht vollständiger physischer Erholung nach Dürreereignissen oder sonstiger Beeinträchtigung der Vitalität werden Gehölze anfällig für Insekten-, Bakterien- oder Pilzbefall (Schüler et al. 2013; Böll et al. 2019, S. 576; Schuldt et al. 2020). Dieser Aspekt ist auch in Anbetracht der schwierigen Bedingungen an städtischen Baumstandorten relevant. Einige Krankheiten an mitteleuropäischen Baumarten werden explizit den Entwicklungen des Klimawandels zugeordnet (siehe Tabelle 12; Kehr 2008). Zum einen wird eine erhöhte Gefährdung durch bereits bekannte Insekten und Pathogene beobachtet, zum anderen wandern fortlaufend neue Schadorganismen ein (Schönfeld 2021, S. 159). Hinzu kommt ein größeres Vermehrungspotenzial vorhandener Schädlinge, da höhere Temperaturen oft mit einem schnelleren Durchlaufen der Entwicklungsphasen in Zusammenhang stehen (Brosinger & Tretter 2007; Hoch 2013; Lechner 2022).

Tabelle 12: Krankheiten und Schädlinge klassischer Stadtbaumarten; die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, (Kehr 2008; Schmidt 2009; San-Miguel-Ayanz et al. 2016, S. 53ff., 60, 72ff., 99, 162f., 184f.; Schönfeld 2019 & 2022)

Baumart	Pilze, bakterielle Erkrankungen	Schädlinge
Feld-Ahorn ( <i>Acer campestre</i> )	<i>Verticillium</i> -Welke, selten Rußrindenkrankheit ( <i>Cryptostroma corticale</i> )	Asiatischer Laubholzkäfer ( <i>Anoplophora glabripennis</i> )
Spitz-Ahorn ( <i>Acer platanoides</i> )	<i>Verticillium</i> -Welke, selten Rußrindenkrankheit ( <i>Cryptostroma corticale</i> )	Asiatischer Laubholzkäfer ( <i>Anoplophora glabripennis</i> ), Kastanienminiermotte ( <i>Cameraria ohridella</i> )
Berg-Ahorn ( <i>Acer pseudolatanus</i> )	<i>Verticillium</i> -Welke, Rußrindenkrankheit ( <i>Cryptostroma corticale</i> ), Rot- Pustelpilz ( <i>Nectria cinnabarina</i> ), Stammkrebs durch <i>Eutypella parasitica</i>	Asiatischer Laubholzkäfer ( <i>Anoplophora glabripennis</i> )
Roskastanie ( <i>Aesculus hippocastanum</i> )	Kastanienrindenkrebs durch ( <i>Cryphonectria parasitica</i> ), Blattbräune ( <i>Guignardia aesculi</i> ), <i>Verticillium</i> -Welke, <i>Phytophthora</i> -Wurzelfäule, Pseudomonas-Rindenkrankheit ( <i>P. syringae</i> pv. <i>aesculi</i> )	Kastanienminiermotte ( <i>Cameraria ohridella</i> ), Asiatischer Laubholzkäfer ( <i>Anoplophora glabripennis</i> ), Wollige Napfschildlaus ( <i>Pulvinaria regalis</i> )
Gemeine Birke ( <i>Betula pendula</i> )	Birkenrost ( <i>Melampsorium betulinum</i> ), Blattnekrosen durch <i>Marssonina betulae</i> , Birkenporling ( <i>Piptoporus betulinus</i> ), weitere Pilze wie <i>Anisogramma virgultorum</i> , <i>Discula betulina</i>	Großer Birkensplintkäfer ( <i>Scolytus ratzeburgii</i> ), Bronzefarbener Birkenbohrer ( <i>Agrilus anxius</i> ), Fichtenrüsselkäfer ( <i>Hylobius abietis</i> ), Miniermotten ( <i>Phyllonorycter ulmifoliella</i> ), Asiatischer Laubholzkäfer ( <i>Anoplophora glabripennis</i> )
Hainbuche ( <i>Carpinus betulus</i> )	Blattfleckenkrankheit ( <i>Gnomoniella carpinea</i> ), Rotpustelpilz ( <i>Nectria cinnabarina</i> )	Schwammspinner ( <i>Lymantria dispar</i> ), Prozessionsspinner ( <i>Thaumetopoea processionea</i> ).

Gemeine Esche ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	Eschentriebsterben nach Übertragung von <i>Chalara fraxinea</i> , Krebs durch <i>Nectria galligena</i> , <i>Verticillium</i> -Welke, Krebs durch <i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>fraxini</i>	Asiatischer Eschenprachtkäfer ( <i>Agrilus planipennis</i> )
Gemeine Kiefer ( <i>Pinus sylvestris</i> )	Triebsterben durch <i>Sphaeropsis sapinea</i>	Blaue Kiefernprachtkäfer ( <i>Phaenops cyanea</i> & <i>Phaenops formaneki</i> )
Platane ( <i>Platanus x hispanica</i> )	Massaria, Blattbräune durch <i>Apiognomonina veneta</i> , Platanenkrebs ( <i>Ceratocystis platani</i> )	Platanennetzwanze ( <i>Corythucha ciliata</i> ), Platanenminiermotte ( <i>Phyllonorycter platani</i> )
Stiel-Eiche ( <i>Quercus robur</i> )	Akutes Eichensterben, <i>Phytophthora</i> -Wurzelfäule ( <i>P. cinnamomi</i> , <i>P. ramorum</i> , <i>P. quercina</i> ), Eichenmehltau ( <i>Erysiphe alphitoides</i> )	Eichen-Prozessionsspinner ( <i>Thaumetopoea processionea</i> ), Grüne Eichenwickler ( <i>Tortrix viridana</i> ), Eichensplintkäfer ( <i>Scolytus intricatus</i> ), Zweipunkt-Eichenprachtkäfer ( <i>Agrilus biguttatus</i> ), Schwammspinner ( <i>Lymantria dispar</i> )
Winter-Linde ( <i>Tilia cordata</i> ) & Holländische Linde ( <i>Tilia x intermedia</i> )	Triebsterben durch <i>Stigminta pulvinata</i> , Krebs durch <i>Phytophthora</i> ( <i>P. cactorum</i> , <i>P. citricola</i> & <i>P. plurivora</i> )	Zigeunerspinner ( <i>Lymantria dispar</i> ), Nonnenspinner ( <i>Lymantria monacha</i> ), Miniermotten <i>Stigmella tiliae</i> & <i>Phyllonorycter issikii</i> , Lindenschwärmer ( <i>Mimas tiliae</i> ), Wollige Napfschildlaus ( <i>Pulvinaria regalis</i> )

Nach Szenario 5-8.5 sind bis zum Ende des Jahrhunderts Temperaturerhöhungen um 5,2 °C verglichen mit dem Referenzzeitraum 1970-2000 zu erwarten, die im Innenstadtbereich durch die städtische Überhitzung sogar noch stärker ausfallen. Weitere im Abschnitt 4.1.2 vorgestellte Faktoren führen dazu, dass Standorte in der Stadt an die gepflanzten Baumarten hohe Anforderungen stellen. Vor allem in Hinblick auf die Niederschlagsverfügbarkeit (siehe Abschnitt 5.2.2) wachsen viele Straßenbäume unter Bedingungen, die die natürlichen

Verhältnisse eines unbeeinträchtigten Baumstandorts bei weitem unterbieten. Trotz geringer Versickerungsanteile wurde rund die Hälfte der Straßenbäume Hannovers der im Baumkataster höchstmöglichen Vitalitätsstufe zugewiesen (LHH 2021, S. 7). Begründung findet dies neben der ständigen quantitativen Erweiterung des Straßenbaumbestands (LHH 2021, S. 2) darin, dass stark beeinträchtigte Gehölze in der Regel gefällt und ersetzt werden. Das Stadtklima führt zu schnellerem Altern der Gehölze verglichen mit dem Umland (Rötzer 2021, S. 148). Laut Gloor et al. (2021, S. 14) erreichen Stadtbäume daher oft nur 50 % und Straßenbäume 25 % der eigentlich möglichen Altersspanne. Peltzer (2014, S. 123) ist der Meinung, dass schon jetzt keine heimische Baumart an die Bedingungen des städtischen Freiraums angepasst ist. Auch wenn langfristig mit einem Anstieg der Jahresniederschlagssummen gerechnet wird, ist nicht immer davon auszugehen, dass Stadtbäume von zusätzlichem Regen profitieren. Das bis zum Ende des Jahrhunderts in Hannover zu erwartende Klima ähnelt insbesondere in Überschneidung mit den stadtklimatischen Einflüssen eher dem Klima der meridonalen Klimazone der Hartlaubvegetation (Fährtenleser 2022).

## **5.5 Genetische und phänotypische Anpassung von Bäumen an Hitze- und Trockenstress**

Da viele der klassischen Stadtbaumarten auch in wärmeren Gebieten Europas vorkommen (siehe Abbildung 24) stellt sich die Frage, ob eine Anpassung an Wärme und Trockenheit möglich ist.

Es ist bekannt, dass die in der temperaten Florenzone heimischen Baumarten eine bestimmte Plastizität besitzen, mit denen auf bestimmte Lebensbedingungen wie Trockenheit reagiert werden kann. So sind beispielsweise Höhe, Stammumfang, Blattgestalt und Wurzelsystem bei vielen einheimischen Arten variabel und können sich innerhalb der Lebensspanne phänologisch an die Umgebung anpassen (Semerci et al. 2016; Gloor et al. 2021, S. 14). Bei dem derzeit häufig beobachtbaren Erreichen der Grenzen dieser physiologischen Anpassungsfähigkeit kommt es zu sichtbaren Schäden oder sogar zum Absterben (Mathey et al. 2011, S. 33; Böll et al. 2021).

Oft ist in der Literatur außerdem von der genotypischen Anpassung die Rede. Aufgrund dieser vorangepassten Erbanlagen und in Verbindung mit der phänologischen Plastizität können sich Populationen lokal an Umweltbedingungen anpassen, die nicht dem für die Art beschriebenen

optimalen Bereich entsprechen. Die Folge ist eine genetische Variation der Klimaeignung innerhalb einer Art (Aitken et al. 2008; Schüler et al. 2013). Ein Beispiel hierfür wäre die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), die am Rande ihres Verbreitungsgebiets unter anderem durch Effizienzverstärkung der Photosynthese auf Trockenstress reagiert (Semerci et al. 2016). Trotzdem ist davon auszugehen, dass Populationen im Zentrum des Verbreitungsgebiets besser an die lokalen Umweltbedingungen angepasst sind, als die außenliegenden Populationen (Aitken et al. 2008, S. 104). Neben Einflüssen des Genotyps kommt es manchmal auch zu epigenetischen Veränderungen. Sie können auf DNA-Methylierung und Genregulierung basieren und somit eine kurzfristigere Antwort der Genfunktion auf die Umwelt ermöglichen, als es bei der Fortpflanzung der DNA-Sequenz der Fall ist (Liesebach 2018, S. 66). Dennoch treten diese epigenetischen Prägungen nicht in einem verlässlichen Rahmen auf. Es werden meist nur allmähliche Abweichungen der Umweltbedingungen vom Optimum vertragen und die Anpassungsfähigkeit von Arten und Populationen variiert stark. Insbesondere bei einer hohen genetischen Variation, weiter Verbreitung und hoher Artenzahl, hoher Fruchtbarkeit und kurzer Generationslänge haben Populationen das Potenzial, sich nach einigen Generationen an veränderte Bedingungen anzupassen (Aitken et al. 2008, S. 98 ff.).

Die evolutionäre Anpassung eines Baumbestands an neue Umweltbedingungen dauert durch das Durchlaufen mehrerer Generationen laut Williams und Dumroese (2013, S. 287) Jahrhunderte bis Jahrtausende. Die hohe Geschwindigkeit des Klimawandels ist ein starkes Argument gegen die natürliche Anpassung von Baumarten an die sich ändernden physikalischen Eigenschaften des aktuellen Verbreitungsgebiets (Leech et al. 2011, S. 18).

Ein Vergleich zwischen Baumarten der gemäßigten Florenzone und der meridonalen und submeridonalen Vegetationszone lässt erkennen, warum Arten aus heißeren und trockeneren Herkunftsgebieten besser an Trockenstress angepasst sind.

Eine Untersuchung zu ökophysiologischen Reaktionen verschiedener Stadtbaumarten durch Duthweiler et al. (2017) kam zu dem Ergebnis, dass Bäume mitteleuropäischer Herkunft, wie der Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*), die Hainbuche (*Carpinus betulus*) und die Winter-Linde (*Tilia cordata*), nur sehr eingeschränkt auf Hitze und Trockenheit reagieren können. Dem gegenüber stehen trockenheitstolerante Arten wie die Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*) und die Silber-Linde (*Tilia tomentosa*). Diese können im Fall einer Trockenperiode durch eine Verringerung der Saftfluss-Werte und eine Einschränkung der Transpiration auf Wassermangel und Hitze reagieren (Duthweiler et al. 2017, S. 247). Außerdem erhöht sich die Blatttemperatur bei Baumarten südosteuropäischer Herkunft in Hitzeperioden weniger stark, sodass diese durch die Hitze nicht beschädigt werden (Böll et al. 2021, S. 12).

Böll et al. (2021) stellen drei Strategien zusammen, mit denen verschiedene Baumarten an Trockenheit und Hitze angepasst sind: herkunftsbedingte morphologische Anpassung, mittelfristige Adaption und kurzfristige Akklimation (siehe Tabelle 13). Sie fassen sowohl Methoden zusammen, die ein Baum im Laufe seiner Lebensdauer vollziehen kann, als auch solche, die evolutionäres Resultat eines langen Fortbestehens einer Art in einem bestimmten Habitat sind.

Tabelle 13: Strategien der Anpassung an Hitze und Trockenheit (Böll et al. 2021)

Anpassungsmethode	Beschreibung	Beispiele	Beispielarten
herkunftsbedingte morphologische Anpassung	Durch ihre oft kontinentale Herkunft mit trockenen und heißen Sommern sind einige Baumarten genetisch an Hitze und Trockenheit angepasst.	ledrige Blätter mit stärkerer Cuticula, Behaarung, Einsenkung der Stomata, Fähigkeit zur schnellen Reaktion auf Trockenheit durch Stomatenschluss und Senken des Blattwasserpotenzials	<i>Acer monspessulanum</i> , <i>Acer opalus</i> , <i>Alnus x spaethii</i> , <i>Gleditsia triacanthos</i> , <i>Malus tschonoskii</i> , <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Quercus cerris</i> , <i>Quercus x hispanica</i> , <i>Tilia tomentosa</i>
mittelfristige Adaption	Auf wiederkehrende Dürre reagieren vor allem Gehölze des Lebensbereichs 6 (Steppengehölze und Trockenwälder) nach Kiermeier (1995) in den folgenden Jahren mit physischer Anpassung.	Ausbildung von Kurztrieben, kleineren, ledrigeren Blättern mit höherer Stomatadichte und kleineren Stomataöffnungen; Erniedrigung des Blattwassergehalts; Zuwachs des Stammumfangs und des Wurzelsystems	<i>Acer buergerianum</i> , <i>Acer monspessulanum</i> , <i>Alnus x spaethii</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Quercus cerris</i> , <i>Quercus frainetto</i>

kurzfristige Akklimation	Fähigkeit zur schnellen Reaktion auf Trockenstress, sodass Dürrephasen unbeschadet überstanden werden	Stomataschluss, Absenken des Blattwasserpotenzials, Kühlung der Blätter, Nutzung von Stammwasser, Drehen der Blätter	<i>Acer opalus</i> , <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Tilia tomentosa</i>
--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

Die Fähigkeit trockenresistenter Arten aus Herkünften wie dem Balkan oder dem Mittelmeerraum Dürreperioden zu bewältigen und Hitze sowie Wassermangel unbeschadet zu überstehen verschafft ihnen einen eklatanten Vorteil gegenüber den derzeit in deutschen Städten primär gepflanzten Baumarten. Letztere können oft nur geringfügig mittelfristig auf suboptimale Umweltbedingungen reagieren und geraten schon seit ein paar Jahren an die Grenzen ihrer physiologischen Anpassungsfähigkeit. Bei Beibehalten des Fokus auf den heimischen Baumarten in der Grünplanung muss zukünftig mit vermehrten Ausfällen gerechnet werden.

## 6 Bestimmung von Analoggebieten

### 6.1 Ansatz der Assisted Migration

In den Kapiteln 4.1.2, 4.2.3 und 5.4 wurde die Relevanz herausgestellt, sich zukünftig vor allem im urbanen Bereich auf die Pflanzung von an Hitze und Trockenheit angepassten Bäumen zu fokussieren. An dieser Stelle besteht ein Konflikt zwischen Klimaanpassung und Schutz der heimischen Biodiversität durch das Stärken heimischer Flora und Fauna. Auch die Angst vor dem Einbringen invasiver Arten (Zehm 2021) kann zum Vorziehen heimischer Gehölze führen.

Assisted Migration ist ein Konzept, das an dieser Stelle ansetzt und die Arealverschiebung im Verlauf des Klimawandels (Mette & Falk 2020, S. 30) thematisiert. Das Konzept beschreibt die gezielte Bewegung von Arten im Sinne der Nachahmung einer natürlichen Populations- oder Verbreitungserweiterung parallel zur Veränderung des Klimas (Leech et al. 2011, S. 18). Assisted Migration ist als Kompromiss zwischen dem Unterstützen heimischer und dem Integrieren besser an das Klima angepasster Arten zu verstehen.

Der prognostizierte Klimawandel vollzieht sich schneller als bisherige Klimaänderungen. Populationen sind jedoch nicht nur durch Fragmentierung der Lebensräume, sondern vor allem durch ihre begrenzte Wanderungsgeschwindigkeit in ihrer potenziellen Wanderung behindert (Vitt et al. 2009, S. 18). Statt der in postglazialen Zeiten nötigen Bewegungsraten, die bis zu 100 oder 200 m pro Jahr betragen (Aitken et al. 2008, S. 96), müssten Populationen bei einer angenommenen verdoppelten Treibhausgasmenge bis zum Ende des Jahrhunderts jedes Jahr 1000 m zurücklegen, um weiterhin an einem Standort vorzukommen, an dem sie an das Klima angepasst sind (Leech et al. 2011, S. 21). Williams und Dumroese (2013) nennen sogar Distanzen von 3000 bis 5000 m, die Pflanzen nach aktuellen Klimaprojektionen jährlich zurücklegen sollen.

Deswegen wird hier als Anpassung an die Folgen des Klimawandels die Bewegung biologischer Einheiten mit dem menschlichen Eingreifen in verbunden (Ste-Marie et al. 2011, S. 726). Williams & Dumroese (2013, S. 292) fassen zusammen, dass die anzustrebende Distanz der Strecke entsprechen sollte, die eine Art zurücklegen muss, um die Anpassung an die klimatischen Bedingungen während der gesamten Lebensdauer des Baums sicherzustellen. In den meisten forstwissenschaftlichen Veröffentlichungen wird empfohlen, die optimalen Wuchsbedingungen nach einem Viertel oder einem Drittel der Nutzungsperiode, also schätzungsweise 25 Jahre nach der Aussaat, anzustreben (O'Neil et al. 2008, S. 3; Leech et al. 2011, S. 26).

Da es keine einheitliche Definition der „Assisted Migration“ gibt, schließen wissenschaftliche Interpretationen des Begriffes neben der Bewegung einzelner Arten auch das Bewegen oder Konstruieren ganzer Populationen ein, meinen damit gebietliche Ausbreitung oder die Umsiedlung an einen ehemals besiedelten oder für eine Art besser geeigneten Standort (Ste-Marie et al. 2011, S. 727; Leech et al. 2011, S. 22). Vor allem im Kontext klimatischer Veränderungen kommt zunehmend Assisted Migration als Vorschlag der Klimafolgenanpassung ins Gespräch (Ste-Marie et al. 2011, S. 725; Williams & Dumroese 2013, S. 288). Motiv ist meist der Schutz der biologischen Vielfalt durch Umsiedeln einer durch Auswirkungen des Klimawandels bedrohten Population oder Art (Hewitt et al. 2011, S. 2561). Weitere Gründe können das Erhalten von Ökosystemleistungen und das Minimieren wirtschaftlicher Verluste, beispielsweise bei Anwendung als Anpassungsstrategie in der Forstwirtschaft sein (Leech et al. 2011, S. 18; Williams & Dumroese 2013, S. 288). Für die Anwendung des Konzepts der Assisted Migration in Städten, in denen die Menschen einen starken Einfluss auf die Umweltbedingungen haben (Schmidt & Poppendiek 2019, S. 160), gibt es in der Literatur keine Hinweise.

Anders als bei der weltweiten Suche nach Analogregionen, wie sie in der Forstwirtschaft zum Ausfindigmachen alternativer Baumarten und Bewirtschaftungspraktiken an Popularität gewinnt (Mette, Brandl & Kölling 2021), wird im Ansatz der Assisted Migration oft davon ausgegangen, dass durch die geringere Migrationsentfernung auch Risiken wie das Einbringen invasiver Arten minimiert werden (Ste-Marie et al. 2011). Vitt et al. (2009, S. 19) gehen ohnehin davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit, dass eine eingeführte Pflanze invasiv wird, geringer als 1 % ist. Intrakontinentale Einbringungen von Pflanzen machen hiervon wiederum nur einen geringen Prozentsatz aus. Dennoch sollte die Möglichkeit, dass Arten sich als invasiv erweisen oder beispielsweise durch Hybridisierung die genetischen Verhältnisse am Einbringungsstandort beeinflussen (Ste-Marie et al. 2011, S. 728), nicht außen vor gelassen werden.

Die Unsicherheit, welche Auswirkungen das Einbringen einer Art in die komplexen ökologischen Zusammenhänge des Empfängerstandortes hat (Leech et al. 2011, S. 24; Ste-Marie et al. 2011, S. 728), gilt im Fall der Anpflanzung im Stadtgebiet wegen des hohen Grades menschlichen Einflusses nur bedingt als Argument gegen das Anpflanzen unbekannter Arten.

Eine Herausforderung der Assisted Migration ist das Bestimmen eines angemessenen Ursprungsortes für die anzupflanzenden Baumarten. Unterschiedliche Standortbedingungen zwischen Quell- und Auspflanzungsstandort zum Zeitpunkt des Anpflanzens und die Unsicherheit über die zukünftige klimatische Entwicklung führen zu dem Risiko, dass der gepflanzte Baum nicht ausreichend an die Standortbedingungen des neuen Gebiets angepasst sein könnte (Williams & Dumroese 2013, S. 288). Je nach Migrationsdistanz kann der Baum entweder in der Etablierungsphase nach der Anpflanzung oder gegen Ende seines Lebens mit mangelnder Vitalität oder Absterben reagieren (Leech et al. 2011, S. 26). Aus diesem Grund sollten die klimatischen Unterschiede zwischen Quellregion und neuem Gebiet nicht zu stark gewählt werden. Relevant sind auch Anzahl und Genauigkeit der bei der Suche nach Ursprungsregionen berücksichtigten klimatischen Variablen.

## 6.2 Materialien und Methode zur Anwendung an der Stadt Hannover

Zum Bestimmen klimatisch analoger Regionen werden die modellierten Daten zukünftigen Klimas unter Szenario SSP5-8.5 für den Raum Hannover (siehe Abschnitt 5.1) und aktuelle Klimadaten des Zeitraums 1970-2000 herangezogen. Letztere werden für den europäischen Raum in möglichst hoher räumlicher Auflösung benötigt und liegen interpoliert im 1 x 1 km Raster vor (Fick & Hijmans 2017). Dem ermittelten zukünftigen Klima werden für die Standorttypen Aw, At, Sw und St jeweils für die Zeiträume 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 und 2081-2100 europaweit Gebiete mit analogen Herkunftsklimavariablen der Periode 1970-2000 zugeordnet.

Analysen zahlreicher phänotypischer Merkmale und Herkunftsklimavariablen zeigen, dass die Hauptfaktoren für phänotypische Merkmale am stärksten mit verschiedenen Temperaturvariablen korrelieren und an zweiter Stelle mit den Feuchtigkeitsvariablen in Beziehung stehen (Aitken et al. 2008, S. 103).

Trotz der laut Aitken et al. (2008, S. 103) hohen Bedeutung der Jahresmitteltemperaturen werden diese nicht zur Identifikation der Analogregionen mit einbezogen. Grund dafür ist der Erhalt weiterer Analoggebiete im Südosten Europas, welche sich bereits als geeignetes Herkunftsgebiet für Baumarten gezeigt haben (Böll 2021). Zur Annäherung an mögliche Kontinentalitätsfaktoren werden anstelle dessen die Mitteltemperaturen des Sommer- und des Winterquartals herangezogen. Die Hitzeverträglichkeit der anschließend auszuwählenden Gehölze soll durch Einbezug der Maximaltemperatur des wärmsten Monats gewährleistet werden. Eine erste Annäherung an die spezifische Frostverträglichkeit der Gehölze erfolgt durch die Betrachtung der Minimumtemperatur des kältesten Monats. Für die Temperaturvariablen wird eine Varianz von +/- 1 °C gewählt. Minimumwerte für die Variablen des Winters und Maximalwerte für die Variablen des Sommers fallen weg.

Hinsichtlich des Niederschlags wurden in Abschnitt 5.3 Parameterbereiche festgelegt. Trockene Bereiche sind einer Niederschlagsverfügbarkeit von 30 - 60 % zugeordnet, wasserversorgte von 60 - 100 %. Zusätzlich werden Gebiete mit einer Niederschlagssumme von +/- 15 % in Bezug auf das Jahr und +/-30 % in Bezug auf das Sommerquartal ausgehend von der projizierten Niederschlagssumme einbezogen. Tabelle 14 zeigt die klimatischen Variablen und deren Definition.

Tabelle 14: Klimatische Variablen, die zur Bestimmung von europäischen Analoggebieten mit einbezogen werden

Klimatische Variable (jeweils resultierend aus einem langjährigen Mittel)	Einbezogene Abweichung in der Analyse
<b>Mitteltemperatur des Sommerquartals</b> (durchschnittlicher Tagesmittelwert der Lufttemperatur über die drei wärmsten Monate des Jahres)	$\geq x - 1,0 \text{ °C}$
<b>Mitteltemperatur des Winterquartals</b> (durchschnittlicher Tagesmittelwert der Lufttemperatur über die drei kältesten Monate des Jahres)	$\leq x + 1,0 \text{ °C}$
<b>Maximaltemperatur des wärmsten Monats</b> (durchschnittlicher höchster Maximaltageswert der Lufttemperatur im wärmsten Monat)	$\geq x - 1,0 \text{ °C}$
<b>Minimumtemperatur des kältesten Monats</b> (durchschnittlicher kältester Minimumtageswert der Lufttemperatur im kältesten Monat)	$\leq x + 1,0 \text{ °C}$
<b>Jahresniederschlagssumme</b> (Summe der gesamten Niederschläge eines Jahres)	30-60 %, bzw. 60-100 % +/- 15 %
<b>Niederschlagssumme des Sommerquartals</b> (Summe der Niederschläge, die innerhalb der drei wärmsten Monate des Jahres gefallen sind)	30-60 %, bzw. 60-100 % +/- 30 %

Grundlage für die Datenauswertung ist ein durch Strona et al. (2016) zur Verfügung gestellter Datensatz, der die räumliche Ausbreitung von Baumarten beschreibt, welche durch die zuständige nationale Waldinventur von 21 europäischen Ländern geteilt wurden. Die so dokumentierten Baumarten können mit hoher räumlicher Genauigkeit und zugehörig zu den ermittelten Analogregionen angezeigt werden. Nachvollzogen und ergänzt wird die Artenliste zum einen durch die im letzten Jahrhundert chorologisch dokumentierte naturräumliche Verbreitung (Meusel et al. 1965 & 1978; Meusel & Jäger 1992), zum anderen durch das aktuell gemeldete Vorkommen der Global Biodiversity Information Facility (GBIF.org 2023).

Durch zusätzliche Recherchen in nationalen und europäischen Veröffentlichungen und in Katalogen verschiedener Baumschulen werden artbezogene Anforderungen ergänzt, die auch die Eigenschaften und Einschränkungen spezifischer Arten als Stadtbäume beschreiben. Ein Aspekt der Bewertung der potenziell geeigneten Baumarten können je nach Verfügbarkeit an Daten Erläuterungen in Bezug auf ökologischen Wert, Ästhetik und weitere Leistungen der Art

sein (z. B. nach Böll et al. 2019 & 2021; Gloor et al. 2021). Auch der Lebensbereich (Kiermeier 1995) wird durch seine Aussage bezüglich Hitze-, Trockenheitsverträglichkeit und mögliche Eignung für eine Kombination mit dem Regenwassermanagement mit einbezogen.

### 6.3 Analoggebiete bis zum Klima Hannovers 2100 im Szenario SSP5-8.5

Bei Berücksichtigung der in Abschnitt 6.2 genannten Klimavariablen werden bis zum Ende des Jahrhunderts Analoggebiete in Süd- und Südosteuropa angezeigt. Sie erstrecken sich in weiter Ost-West-Ausdehnung über die Breitengrade 36,00°N bis 46,00°N und die Längengrade 4,00°W bis 28°O. Konkret stimmt das für Hannover projizierte Klima der Zeitspanne 2081-2100 mit dem Klima einiger Bereiche Zentral- und Ostspaniens (Bspw. Kastilien, Aragon), Südfrankreichs (nahe MontPELLiers), Italiens (Bspw. Emilia Romagna, Lazio), Mazedoniens und Griechenlands (Bspw. Thessalien, Makedonien) und Tiefebene Bulgariens (Bspw. Nordthrakien). Auch Teile Rumäniens südlich der Südkarpaten (Kleine und Große Walachei) sind zu den klimatischen Analoggen zu zählen. Die Gebiete schließen die pflanzengeografischen iberischen, katalonischen, padanischen, mazedonischen, balkanischen und danubischen Zonen ein (Bohn et al. 2004). Abbildung 25 zeigt die Gesamtheit der ermittelten europäischen Analoggebiete.

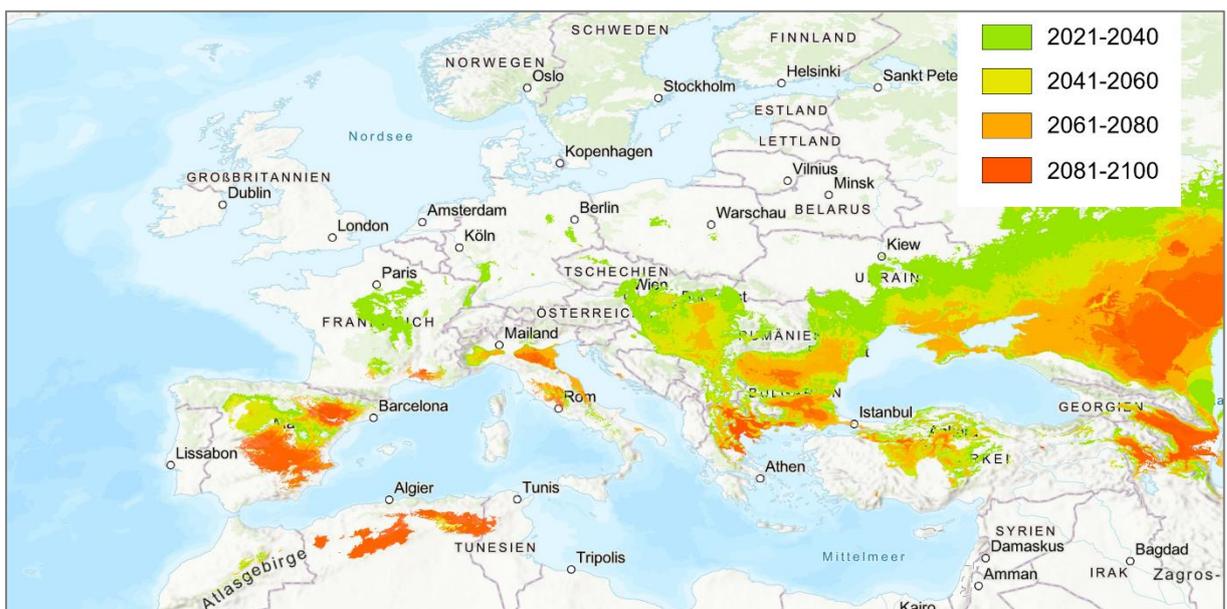


Abbildung 25: Klimatische Analoggebiete für die Standorte Hannovers - angezeigt werden Gebiete, die im Zeitraum 1970-2000 über die klimatischen Eigenschaften verfügten, die in Hannover unter Szenario SSP5-8.5 für die Standorttypen Aw, At, Sw und St erwartet werden

Eine Differenzierung der Analoggebiete für die einzelnen Standorttypen ist möglich (siehe Abbildung 26). Durch die in die Analyse einbezogene Abweichung (siehe Tabelle 14) überschneiden sich die Analoge der verschiedenen Typen. Dies kann auch dazu führen, dass die Analoggebiete der Typen „A“ und „S“ sich in einigen Bereichen überschneiden. Die Analoggebiete beschränken sich in den meisten Fällen auf planare und submontane Höhenstufen.

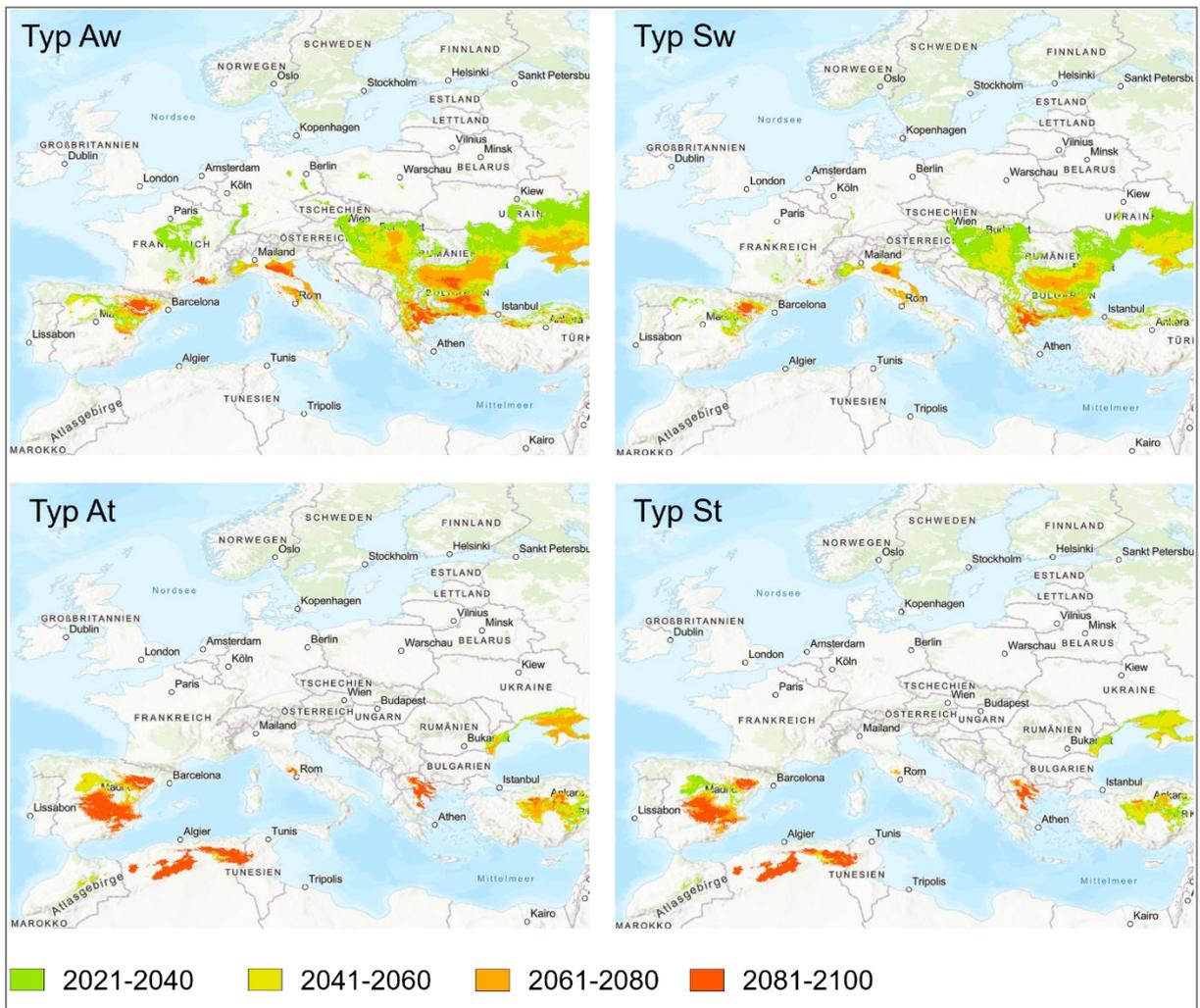


Abbildung 26: Klimatische Analoggebiete für die Standorte Hannovers unter Szenario SSP5-8.5, differenzierte Darstellungen nach den Standorttypen Aw, At, Sw und St

Große Ähnlichkeiten haben die Ergebnisse der Typen Aw und Sw. Letzterer zeigt vor allem Ende des Jahrhunderts nur wenig klimatisch übereinstimmende Gebiete, was an der Kombination der Temperaturvariablen mit den entsprechenden Niederschlagsvariablen liegt. Vor allem im Zeitraum 2081-2100 führen die hohen sommerlichen Höchst- und Mitteltemperaturen dazu, dass es weniger klimatische Analoge gibt. Durch die vergleichsweise

geringen Gesamtniederschläge in Hannover sind auch die Niederschlagsvariablen in weiten Teilen Europas limitierend zum Erhalt weiterer klimatischer Analoggebiete.

Die Typen At und St weisen ebenfalls eine große Ähnlichkeit in der Verteilung der Analoggebiete auf. Die Kombination hoher Durchschnitts- und Höchsttemperaturen mit vergleichsweise geringen Sommerniederschlägen ist typisch für einen großen Teil Spaniens. Der griechische Teil Makedoniens ist ebenfalls durch diese Charakteristiken gekennzeichnet.

## **6.4 Beschreibung der klimatischen Eigenschaften der Analoggebiete**

Die Analoggebiete erstrecken sich über verschiedene Bereiche Europas, die kleinteilig durch individuelles Klima gekennzeichnet sind. In den meisten Fällen wird das Klima als mild mit heißen Sommern klassifiziert. Nach Köppen und Geiger werden die im mittleren und westlichen Bereich des Mittelmeers gelegenen Gebiete teilweise als mild und sommertrocken, meistens jedoch als vollständig humid beschrieben. Die Gebiete der iberischen Halbinsel gelten hingegen teils als trocken mit trockenen Sommern. (Chen & Chen 2013)

Unterschiede zeigen sich vor allem zwischen um das Mittelmeer gelegene Gebiete und solchen, die kontinentaler liegen. Teilweise führt die Positionierung zu den großen Wassermassen zu regional und überregional höheren Jahresniederschlagssummen. Beispielsweise ist der Gesamtniederschlag in Modena (Italien) oder Thessaloniki (Griechenland) mit 700 bis 800 mm fast doppelt so hoch wie der in Madrid oder Saragossa (Spanien) (Fick & Hijmans 2017).

Ein Vergleich der Klimadaten der in Analoggebieten liegenden Orte Madrid, Saragossa, Rom, Modena, Larisa, Thessaloniki, Skopje und Krajowa zeigt außerdem, dass sich der Niederschlag in den Gebieten unterschiedlich über das Jahr verteilt. Das mediterrane Klima definiert sich unter anderem über die trockenen Sommermonate und die Konzentration der Niederschläge auf das Winterhalbjahr (Meusel & Jäger 1992, S. 5). Im Beispiel von Madrid (siehe Abbildung 27, links) fällt in Bezug auf den Referenzzeitraum 1970-2000 im Sommerquartal eine Niederschlagssumme von insgesamt 50 mm, rund 10 % der im Jahr fallenden 436 mm (DWD o.J. b). Krajowa (Rumänien) wird als Beispiel für Orte in Südosteuropa angeführt (siehe Abbildung 27, rechts). Hier sind die Niederschlagsmengen gleichmäßiger auf die Monate verteilt, es fallen auch im Sommer große Niederschlagsmengen

und oft werden keine ariden Monate verzeichnet. Im Beispiel von Krajowa liegt die Niederschlagssumme des Sommerquartals bei 175 mm, was etwa einem Drittel der Jahressumme entspricht (DWD o.J. c).

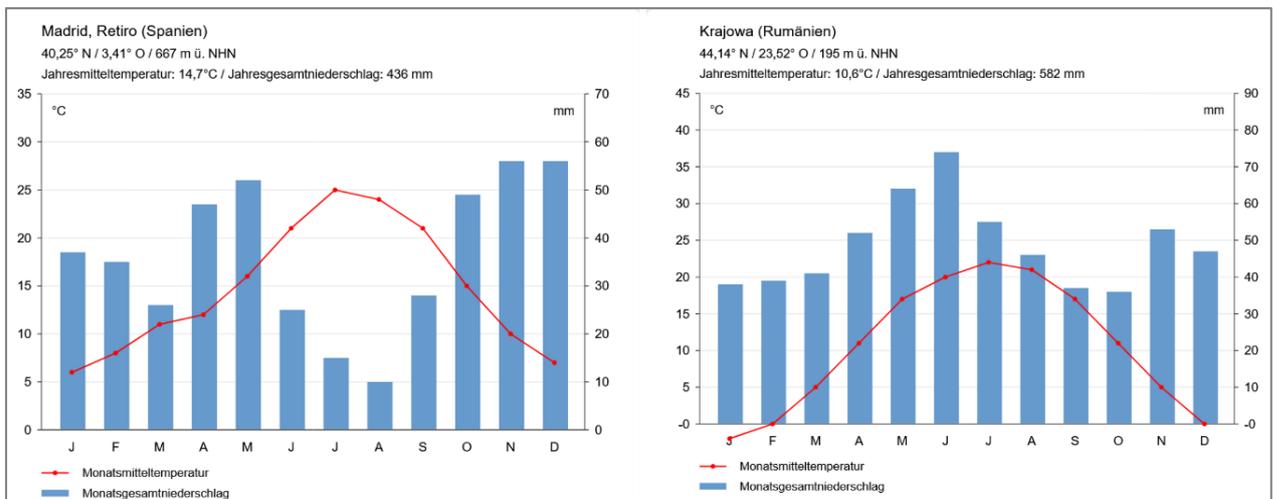


Abbildung 27: Klimadiagramme für Madrid, Retiro (Spanien) und Krajowa (Rumänien); Referenzzeitraum 1970-2000 (DWD o.J. b & c)

In Bezug auf die Temperaturen zeigen sich zunächst Unterschiede in Bezug auf die Wintertemperaturen. In Madrid, Saragossa, Modena und Thessaloniki betragen die Durchschnittstemperaturen des kältesten Monats rund 5 °C. Durch kontinentale Einflüsse kommt es in Südosteuropa zu niedrigeren winterlichen Minimum- und Durchschnittstemperaturen (siehe Abbildung 27). Diese führen letztlich auch zu etwas niedrigeren Jahresdurchschnittstemperaturen in Südosteuropa. Eine Gemeinsamkeit sind die warmen sommerlichen Temperaturen. Bei fast allen Analoggebieten liegt die Mitteltemperatur des wärmsten Monats um den Wert 25 °C.

Die klimatischen Bedingungen der Analoggebiete gleichen jeweils auf verschiedene Weise den gebildeten Standorttypologien für Hannovers zukünftiges Klima. Der vergleichsweise hohe sommerliche Niederschlag südosteuropäischer Analoggebiete ähnelt beispielsweise der derzeitigen Niederschlagsverteilung Norddeutschlands sehr, die sich zukünftig jedoch etwas umverteilen könnte. Die sommertrockenen und heißen Verhältnisse, wie sie auf der iberischen Halbinsel vorkommen erinnern stark an zukünftige Niederschlagsverfügbarkeit und Temperatur an versiegelten, innerstädtischen Standorten (siehe Abbildung 27).

Die zukünftig in Hannover erwartete sommerliche Hitze in Zusammenhang mit teilweise sehr trockenen Bedingungen ist der Hauptgrund für die Suche nach Analoggebieten und deren Baumarten. Im nächsten Schritt wird daher das Baumvorkommen in den Analoggebieten genauer betrachtet.

## 6.5 Baumvorkommen in den Analoggebieten

Der Großteil der durch Strona et al. (2016) georeferenzierten und für die Analoggebiete angezeigten Baumarten lässt sich dem Lebensbereich 6, Steppengehölze und Trockenwälder, zuordnen (Kiermeier 1995). Diese zeigen eine Anpassung an Hitze und oft auch an trockene Bedingungen.

In den Analoggebieten kommen überwiegend Arten mediterraner und submediterraner Verbreitungstypen vor. Die ökogeografische Differenzierung nach Meusel et al. (1965 & 1978) und Meusel und Jäger (1992) zeigt die Vielfalt der Verbreitungsformen von in Europa vorkommenden Arten. Zu differenzieren sind Arten der mediterranen Hartlaubvegetation und Arten der Breitlaubvegetation.

Die mediterrane Hartlaubvegetation ist gekennzeichnet durch eine Anpassung an trockene und heiße Sommermonate und kühlfeuchte Winter. Diese Bedingungen finden sich in Südeuropa um das Mittelmeer, beispielsweise in Spanien. Bekannte Vegetationsformen sind Macchien und Garriguen. Die spezifische Verbreitung der einzelnen Arten reicht verschieden weit in den mitteleuropäischen oder südosteuropäischen Raum hinein, einige sind aber auch auf die iberische, italienische und die Balkanhalbinsel begrenzt. Wesentlich ist die Anpassung an Hitze und die Fähigkeit, trockene Phasen zu überstehen. Der Hartlaubvegetation wird eine mögliche jährliche Niederschlagsmenge von etwa 300 - 900 mm bei gleichzeitig mit 13 - 20 °C wesentlich höherer Jahresmitteltemperatur verglichen mit mitteleuropäischen Verhältnissen zugeordnet (Fährtenleser 2022). Beispiele für die immergrüne Hartlaubvegetation sind *Erica arborea* (Baum-Heide), *Quercus ilex* (Stein-Eiche) und *Quercus suber* (Kork-Eiche).

Die submediterrane sommergrüne Breitlaubvegetation kommt im Gegensatz dazu bei einer gewissen Sommerfeuchtigkeit vor (siehe Abbildung 27, rechts). Oft ist das Verbreitungsgebiet deshalb an Meere, wie das Kaspische, Schwarze oder Adriatische Meer oder Höhenstufen gebunden und geht in Waldsteppenbereiche über. Verglichen mit der Vegetation der sommergrünen Laubwälder der temperaten Zone ist die Niederschlagssumme hier etwas niedriger und kann sich auf Werte zwischen jährlich etwa 350 und 700 mm belaufen (Fährtenleser 2022). Die submediterranen Typen sind in der Regel kontinentaler geprägt. Im südosteuropäischen Raum vorkommende Arten weisen daher eine Winterhärte auf, die mit der der zur mitteleuropäischen Zone gehörigen Gehölze vergleichbar ist. Gleichzeitig wird Hitze vertragen. Beispiele sommergrüner Breitlaubvegetation sind *Corylus colurna* (Baum-Hasel), *Carpinus orientalis* (Orientalische Hainbuche), *Fagus orientalis* (Orient-Buche) und *Mespilus germanica* (Mispel).

Auch Übergangsformen zwischen dem sommerfeuchten südosteuropäischen Gebiet und dem sommerariden Mittelmeerklima sind möglich. Beispielsweise erstreckt sich das Vorkommen von *Quercus cerris* (Zerr-Eiche), *Fraxinus ornus* (Blumen-Esche) oder *Ostrya carpinifolia* (Hopfen-Buche) von Südosteuropa bis an die adriatische Küste und nach Italien.

Ebenso gibt es einen Übergangstyp zwischen submediterraner und temperater Verbreitung. Die zum submediterranen Klima zählbaren Arten *Acer campestre* (Feld-Ahorn), *Carpinus betulus* (Gewöhnliche Hainbuche) und *Pyrus communis* (Gewöhnliche Birne) überlappen sich in ihrer Ausbreitung beispielsweise stark mit dem mitteleuropäischen Raum.

Die Beispiele der Gehölze zeigen, dass die Baumarten aufgrund ihrer Herkunft aus sommerheißen Gebieten unterschiedlich an Kälte, Hitze und Trockenheit angepasst sind. Insbesondere die verschiedene Wasserverfügbarkeit in den Herkunftsgebieten, die sich auch in der Phänologie der Arten äußert, kann einen Anhaltspunkt für die spätere Verwendung im mitteleuropäischen Stadtraum geben.

## **7 Erarbeitung eines Modells für zukünftige Baumpflanzungen in Hannover**

### **7.1 Eigenschaften an Hannovers Standorte angepasster Bäume**

Zur Beurteilung der Eignung der in den Analoggebieten vorkommenden Gehölze für eine Pflanzung in der Stadt Hannover werden Kriterien herangezogen. Wichtig ist zunächst die Übereinstimmung der klimatischen Ansprüche der Baumart mit dem zukünftigen Klima Hannovers. Daher werden nur Baumarten vorgeschlagen, die voraussichtlich mindestens bis zum Ende des Jahrhunderts überleben. Voraussetzung ist außerdem die europäische Herkunft der Gehölze. Im Europäischen Raum verwilderte oder etablierte Gehölze anderer Herkunft, wie beispielsweise *Morus*-Arten (Maulbeere) werden nicht berücksichtigt. Weitere Aspekte sind die Berücksichtigung der Winterhärte, Invasionsgefahr und massiver Gefährdungen durch Krankheitserreger. Auf bisher weniger relevante Schaderreger und ökologische Aspekte wird hingewiesen. Zur standortspezifischen Planung wird in Anhang G auf wesentliche Aspekte wie Platzbedarf, Standortansprüche, Frostverträglichkeit sowie Einschränkungen informiert.

Tabelle 15: Kriterien zur Auswahl der für Hannovers Standorte geeigneten Baumarten

<b>Aw (Außerhalb &amp; wasserversorgt)</b>	<b>At (Außerhalb &amp; trocken)</b>
Ästhetische Qualitäten Verträgt vorübergehend Hitze Verträgt vorübergehend Trockenheit Sonne bis Schatten	Trockenheitsverträglichkeit Kalkverträglichkeit verträgt Verdichtung und Versiegelung Industriefestigkeit Salzverträglichkeit Habitus & Größe mit Verkehr vereinbar Sonne (bis Halbschatten)
<b>Sw (Stadtkern &amp; wasserversorgt)</b>	<b>St (Stadtkern &amp; trocken):</b>
Hitzeverträglichkeit Industriefestigkeit Kalkverträglichkeit Verträgt vorübergehend Trockenheit Ästhetische Qualitäten Sonne bis Schatten	Hitzeverträglichkeit Trockenheitsverträglichkeit Kalkverträglichkeit verträgt Verdichtung und Versiegelung Industriefestigkeit Salzverträglichkeit Habitus & Größe mit Verkehr vereinbar Sonne (bis Halbschatten)
<b>Allgemeine Kriterien</b>	
Übereinstimmende klimatische Ansprüche (Vorkommen in den Analoggebieten bis 2100) Herkunft (Mittel-, Süd- und Südosteuropäisch) Winterhärte Gefährdungen (Krankheiten, Schädlinge, Giftigkeit, etc.) Ökologischer Wert Invasionsgefahr	

Die weiteren Auswahlkriterien unterscheiden sich je nach Standorttyp oder unterliegen einer differenzierten Gewichtung (siehe Tabelle 15).

Die innerstädtischen Standorte „Sw“ und „St“ sind durch ihre Überhitzung für hitzeverträgliche und stadtklimafeste Gehölze geeignet. Da in anthropogenen Bereichen typischerweise Materialien mit alkalischer Bodenreaktion verbaut sind, wird außerdem Kalkverträglichkeit als Kriterium aufgeführt. Inwiefern dieser Standortfaktor auch auf Park- und Grünanlagen zutrifft, sollte im Einzelfall erneut überprüft werden.

Die Standorttypen „At“ und „St“ repräsentieren typische Straßenstandorte. Oft sind die Baumscheiben klein und der Großteil der Fläche ist versiegelt und um das Gehölz herum verdichtet. Eigenschaften, die auf Gehölze zutreffen, welche sich gut als städtische Straßenbäume eignen, sind Toleranz gegenüber Trockenheit, Versiegelung, Verdichtung und Abgase sowie Salzverträglichkeit. Außerdem sollte die Wuchsform des Gehölzes durch geringe Breite oder Schnittmöglichkeit zum Erzielen des nötigen Lichtraumprofils geeignet sein.

Die Standorte „Aw“ und „Sw“ sind weniger anspruchsvoll und oft für typische Parkbäume geeignet. Neben vorübergehender Hitze- und Trockenheitsverträglichkeit geht es bei diesen Standorten um ästhetische Aspekte wie Habitus, Blüte, Herbstfärbung, Duft und Fruchtschmuck.

## **7.2 Ansatzpunkte für ein schrittweises Artenkonzept**

Trotz nach SSP5-8.5 nahezu konstant steigenden Mitteltemperaturen zeigt sich kein gleichmäßiges räumliches Verschieben der Analoggebiete in Richtung Südeuropas (siehe Abbildung 26). Begründet ist dies durch die topografische Individualität der europäischen Gebiete, ebenso wie durch den variierenden maritimen Einfluss. Außerdem ist der zeitliche Abschnitt zwischen 2000 und 2021 aufgrund des nur peripheren Interesses für die Analyse nicht in den Darstellungen enthalten, sodass eine visuelle Lücke entsteht. Hinzu kommt, dass insbesondere bei Betrachtung der trockenen Standorttypen (At und St) keine Analoggebiete in Mitteleuropa ermittelt wurden. Diese niederschlagsarmen Bedingungen, die schwierige städtische Baumstandorte charakterisieren, kommen natürlicherweise nur in südeuropäischen Ländern wie Spanien, Griechenland und Mazedonien vor und treten zusammen mit vergleichsweise hohen Temperaturen auf. In der Folge liegen hierbei die Analoggebiete der Zeitabschnitte 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 und 2081-2100 räumlich nah beieinander (siehe Abbildung 26, unten).



Abbildung 28: Analoge für die Klimavariablen „Mindesttemperatur des kältesten Monats“ für den Standorttyp A unter Szenario SSP2-4.5 (Bezugszeitraum: 1970-2000)

Zur Erstellung eines schrittweisen Konzepts wurde daher die Minimumtemperatur des kältesten Monats im Zeitraum 1970-2000 als Kriterium erneut gesondert herangezogen. Diese kann mitunter entscheidend für den möglichen Pflanzzeitpunkt sein, da vor allem Gehölze mediterraner Herkunft nur bedingt frostbeständig sind (Roloff & Bärtels 2018). Aufgrund der Unsicherheit der zukünftigen Entwicklung wurde hier das durch geringeren Temperaturanstieg und höhere mögliche Frostdauer und -stärke Szenario SSP2-4.5 betrachtet (siehe Abbildung 28). Da mit stärkerem maritimem Einfluss die Wahrscheinlichkeit des Eintretens kalter Temperaturextreme sinkt, sind Temperaturmittelwerte nur eingeschränkt aussagekräftig. In Hannover bleibt bei nur geringem atlantischem Einfluss die Möglichkeit unerwartet kalter Winter bestehen, auch ohne dass diese sich stark auf Durchschnittswerte auswirken (siehe Abschnitt 4.3.3).

Eine differenziertere Einordnung gelingt deswegen mithilfe der Winterhärtezonen (Heinze & Schreiber 1984). Nach Heß et al. (2022, S. 7) kann Hannover durch die Verschiebung der Zonen im Rahmen des Klimawandels ab Mitte des Jahrhunderts der WHZ 8 (-12,2 °C bis -6,7 °C) angehören. Bezüglich des Innenstadtbereichs werden Gehölze der WHZ 8a der Pflanzung ab der Periode 2041-2060 und die der WHZ 8b der Pflanzung ab 2081-2100 zugeordnet. Für Standorte außerhalb des überhitzten Stadtbereichs (Standorttypen Aw und At) wird wegen der hier etwas niedrigeren Temperaturen erst eine Pflanzung in der jeweils darauffolgenden Zeitspanne empfohlen. Das entspricht in Bezug auf Gehölze der WHZ 8a eine Pflanzung ab 2061-2080, bei Gehölzen der Zone 8b wird hingegen erst nach 2100 eine

Pflanzung geplant. Diese Zuordnung stimmt in vielen Fällen mit der Einordnung nach Minimumtemperaturen des Szenarios SSP2-4.5 überein oder verfeinert diese.

Trotzdem kann es trotz der Pflanzung im vorgeschlagenen Zeitraum zu frostbedingten Ausfällen kommen. Oft beschädigt Kälte nur einen Teil des Gehölzes, der beispielsweise zurückfriert. Auch alters- oder sortenbedingte bessere oder schlechtere Anpassung an Kälte ist möglich. Es empfiehlt sich daher, die Pflanzung eines frostempfindlichen Gehölzes im Einzelfall und in Bezug auf den spezifischen Standort differenziert zu prüfen. Es ist sinnvoll, empfindliche Gehölze an geschützten oder der Sonne ausgerichteten Plätzen einzuplanen. Keine Aussagen werden in diesem Kontext zur Gefährdung durch Spätfrost getroffen.

### **7.3 Zusammenstellung von geeigneten Baumarten für die aufgestellten Standorttypologien**

Nach dem Zusammenstellen der in den ermittelten Analoggebieten vorkommenden Baumarten (Strona et al. 2016) wurde die chorologische geografische Zugehörigkeit (Meusel et al. 1965 & 1978; Meusel & Jäger 1992) und die aktuelle Verbreitung (gbif.org 2023) geprüft. Dabei wurde eine Reihe mitteleuropäischer Baumarten der temperaten Zone herausgefunden, die auch in wärmerem Klima vorkommt. Es lässt sich schlussfolgern, dass je nach Baumart die genotypischen und phänologischen Grenzen der klimatischen Anpassung noch nicht erreicht sind (siehe Abschnitt 5.5). Diese Baumarten sind in Tabelle 16 zusammengefasst und einer Eignung für die jeweiligen Standorttypen At, Aw, St und Sw nach den in Abschnitt 7.1 genannten Kriterien zugeordnet. Stimmen die Eigenschaften der Arten nicht vollständig mit den standortspezifischen Anforderungen überein, werden sie als „eingeschränkt geeignet“ bezeichnet. Unklar ist, wie lange die Baumarten noch gepflanzt werden können, um im Rahmen der Klimaveränderungen eine angemessene Standzeit zu erreichen. Vor allem bei eingeschränkt hitzeverträglichen Arten ist es empfehlenswert, in näherer Zukunft auf Neupflanzungen zu verzichten. In Anhang G findet sich eine detaillierte Liste, die 2040 ein Ende für Neupflanzungen bei schwach hitzeverträglichen Arten und 2060 bei mittelmäßig hitzeverträglichen Arten vorschlägt.

Tabelle 16: Gehölzarten mitteleuropäischer Herkunft, die ebenfalls in zu Hitze und Trockenheit neigenden Gebieten vorkommen

Standorttyp St	
<i>Acer campestre</i> in Sorten	Feld-Ahorn
<i>Populus nigra</i> in Sorten (eingeschränkt)	Schwarz-Pappel
<i>Populus tremula</i> (eingeschränkt)	Schwarz-Erle
<i>Pyrus communis</i> in Sorten (eingeschränkt)	Gewöhnliche Birne
<i>Rhamnus cathartica</i> (eingeschränkt)	Echter Kreuzdorn
<i>Sorbus domestica</i> (eingeschränkt)	Speierling
<i>Sorbus torminalis</i> (eingeschränkt)	Elsbeere
<i>Ulmus</i> 'Columnella' (eingeschränkt)	Ulmen-Hybride 'Columnella'
Standorttyp At	
Zusätzlich zu den für St aufgeführten Arten:	
<i>Carpinus betulus</i> in Sorten (eingeschränkt)	Gewöhnliche Hainbuche
<i>Quercus petraea</i>	Trauben-Eiche
<i>Tilia cordata</i> (eingeschränkt)	Winter-Linde
<i>Tilia x europaea</i> (eingeschränkt)	Holländische Linde
<i>Ulmus x hollandica</i> in Sorten (eingeschränkt)	Holländische Ulme
Standorttyp Sw	
<i>Acer campestre</i>	Feld-Ahorn
<i>Carpinus betulus</i>	Gewöhnliche Hainbuche
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn
<i>Populus nigra</i>	Schwarz-Pappel
<i>Populus tremula</i>	Zitter-Pappel
<i>Prunus avium</i> (eingeschränkt)	Vogel-Kirsche
<i>Pyrus communis</i>	Gewöhnliche Birne
<i>Rhamnus cathartica</i>	Echter Kreuzdorn
<i>Salix purpurea</i>	Purpur-Weide
<i>Sambucus nigra</i> (eingeschränkt)	Schwarzer Holunder
<i>Sorbus domestica</i>	Speierling
<i>Sorbus torminalis</i>	Elsbeere
<i>Ulmus</i> 'Columnella'	Ulmen-Hybride 'Columnella'
Standorttyp Aw	
Zusätzlich zu den für Sw aufgeführten Arten:	
<i>Alnus glutinosa</i>	Schwarz-Erle
<i>Malus sylvestris</i>	Holz-Apfel
<i>Populus alba</i>	Silber-Pappel
<i>Populus x canescens</i>	Grau-Pappel
<i>Prunus domestica</i> (eingeschränkt)	Gewöhnliche Pflaume, Zwetschge
<i>Quercus petraea</i>	Trauben-Eiche
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche
<i>Salix alba</i>	Silber-Weide

<i>Salix fragilis</i>	Knack-Weide
<i>Taxus baccata</i>	Europäische Eibe
<i>Tilia cordata</i>	Winter-Linde
<i>Tilia x europaea</i>	Holländische Linde
<i>Viburnum opulus</i>	Gemeiner Schneeball
<i>Ulmus x hollandica</i>	Holländische Ulme

Gehölze, die aufgrund ihrer mediterranen und submediterranen Herkunft in der Regel besser als die meisten mitteleuropäischen Arten an die projizierten Klimabedingungen angepasst sind (siehe Tabelle 13), werden in Tabelle 17 aufgeführt. Eine weitere Erläuterung der Arten und die Begründung für die Zuordnung zu den jeweiligen Standorttypen oder Einschränkungen findet sich in Anhang G. Diese Beschreibung basiert auf der Recherche in Katalogen verschiedener Baumschulen und Datenbanken wie EUFORGEN (European Forest Genetic Resources Programme) oder citree (2015). Teilweise bieten Listen wie die KLAM (Roloff et al. 2008) und die Straßenbaumliste der GALK Anhaltspunkte für eine Eignung als Stadt- oder Straßenbaum. Außerdem sind Sorten empfohlen, da diese oft robuster oder durch Größe und Form besser für den Straßenraum geeignet sind. Standortverbessernde Maßnahmen und bautechnischer Einfluss (siehe Abschnitt 8.1) sollten in Betracht gezogen werden, um anspruchsvolle Standorte für eingeschränkt geeignete Gehölzarten vorzubereiten. Gehölze mediterraner und submediterraner Herkunft, die sich zukünftig gut für anspruchsvolle, innerstädtische Standorte eignen, sind *Celtis australis* (Südlicher Zürgelbaum), *Fraxinus angustifolia* (Schmalblättrige Esche), *Fraxinus ornus* (Blumen-Esche), *Platanus orientalis* 'Minaret' (Morgenländische Platane 'Minaret'), *Quercus cerris* (Zerr-Eiche), *Quercus frainetto* (Ungarische Eiche) und *Tilia tomentosa* in Sorten (Silber-Linde).

Einige der vorgeschlagenen Gehölze sind in Deutschland relativ unbekannt. Zum einen erschwert dies die Erfassung der spezifischen Standortansprüche und die Einschätzung, ob ein Gehölz unter von dem natürlichen Lebensraum abweichenden Bedingungen überleben und wachsen kann. Zum anderen sind Bäume, die bisher nicht nachgefragt werden, auf dem Markt nicht sofort verfügbar. Es muss bedacht werden, dass die Anzucht von Gehölzen nur langsam auf neue Nachfragen reagieren kann (Peltzer 2014, S. 124). Aus diesen Gründen ist eine Zusammenarbeit mit Baumschulen erstrebenswert. Bei dem Großteil der mediterranen Arten fehlt es an Erprobung, was die Pflanzung im mitteleuropäischen städtischen Raum angeht. Insbesondere vor der Pflanzung im Verkehrsraum (Standorte At und St) empfiehlt sich das Sammeln von weiteren Erfahrungswerten. Möglicherweise ist im Anschluss auch eine Neueinordnung der vorgeschlagenen Gehölze nötig.

Tabelle 17: Gehölze mediterraner und submediterraner Herkunft, die an das in Hannover unter SSP5-8.5 zum Ende des Jahrhunderts erwartete Klima angepasst sind; Empfehlungen differenziert in Standorttypen Aw, At, Sw und St; fettgedruckt: laut Literatur gut geeignete Arten

Gehölzempfehlungen für Standorttyp At	
<i>Abies cephalonica</i> (eingeschränkt)	Griechische Tanne
<i>Abies pinsapo</i> in Sorten (eingeschränkt)	Spanische Tanne
<i>Acer monspessulanum</i> (eingeschränkt)	Französischer Ahorn
<i>Acer opalus</i> (eingeschränkt)	Schneeballblättriger Ahorn
<i>Acer tataricum</i> ssp. <i>tataricum</i> (eingeschr.)	Tatarischer Steppen-Ahorn
<i>Alnus cordata</i>	Herzblättrige Erle
<i>Carpinus orientalis</i> (eingeschränkt)	Orientalische Hainbuche
<b><i>Celtis australis</i></b>	Südlicher Zürgelbaum
<i>Cercis siliquastrum</i> (eingeschränkt)	Gemeiner Judasbaum
<i>Cornus mas</i> (eingeschränkt)	Kornelkirsche
<i>Corylus colurna</i> (eingeschränkt)	Baum-Hasel
<i>Crataegus azarolus</i> (eingeschränkt)	Welsche Mispel
<i>Crataegus orientalis</i> (eingeschränkt)	Orientalischer Weißdorn
<b><i>Fraxinus angustifolia</i></b>	Schmalblättrige Esche
<b><i>Fraxinus ornus</i></b>	Blumen-Esche
<i>Fraxinus pallisiae</i> (eingeschränkt)	Behaarte Esche
<i>Juniperus thurifera</i> (eingeschränkt)	Spanischer Wacholder
<i>Malus trilobata</i> (eingeschränkt)	Dreilappiger Apfel
<i>Ostrya carpinifolia</i> (eingeschränkt)	Gemeine Hopfenbuche
<b><i>Platanus orientalis</i></b> in Sorten	Morgenländische Platane
<i>Prunus cerasifera</i> (eingeschränkt)	Kirschpflaume
<b><i>Quercus cerris</i></b>	Zerr-Eiche
<b><i>Quercus frainetto</i></b>	Ungarische Eiche
<i>Quercus x hispanica</i> (eingeschränkt)	Spanische Eiche
<i>Quercus pubescens</i> (eingeschränkt)	Flaum-Eiche
<b><i>Tilia tomentosa</i></b> in Sorten	Silber-Linde
Standorttyp Aw	
Zusätzlich zu den für At aufgeführten Arten:	
<i>Abies x borisii-regis</i> (eingeschränkt)	Bulgarische Tanne
<i>Acer hyrcanum</i>	Balkan-Ahorn
<i>Castanea sativa</i>	Essbare Kastanie
<i>Cedrus atlantica</i>	Atlas-Zeder
<i>Fagus orientalis</i>	Orient-Buche
<i>Mespilus germanica</i>	Mispel
<i>Pinus brutia</i>	Kalabrische Kiefer
<i>Pinus heldreichii</i>	Panzer-Kiefer
<i>Pinus nigra</i> ssp. <i>pallasiana</i> & <i>salzmannii</i>	Schwarz-Kiefer
<i>Prunus mahaleb</i>	Felsen-Kirsche
<i>Quercus ithaburensis</i>	Tabor-Eiche
<i>Quercus pyrenaica</i>	Pyrenäen-Eiche
<i>Quercus trojana</i>	Mazedonische Eiche

<i>Rhamnus alaternus</i>	Stechpalmen-Kreuzdorn
<i>Salix atrocinerea</i> (eingeschränkt)	Rostrote Weide
<i>Salix elaeagnos</i>	Lavendel-Weide
<i>Tamarix tetrandra</i>	Viermännige Tamariske
<b>Standorttyp St</b>	
<i>Abies cephalonica</i> (eingeschränkt)	Griechische Tanne
<i>Abies pinsapo</i> in Sorten (eingeschränkt)	Spanische Tanne
<i>Acer monspessulanum</i> (eingeschränkt)	Französischer Ahorn
<i>Acer opalus</i> (eingeschränkt)	Schneeballblättriger Ahorn
<i>Acer tataricum</i> ssp. <i>tataricum</i> (eingeschr.)	Steppen-Ahorn
<i>Alnus cordata</i>	Herzblättrige Erle
<i>Carpinus orientalis</i> (eingeschränkt)	Orientalische Hainbuche
<b><i>Celtis australis</i></b>	Südlicher Zürgelbaum
<i>Cercis siliquastrum</i> (eingeschränkt)	Gemeiner Judasbaum
<b><i>Fraxinus angustifolia</i></b>	Schmalblättrige Esche
<b><i>Fraxinus ornus</i></b>	Blumen-Esche
<i>Fraxinus pallisiae</i> (eingeschränkt)	Behaarte Esche
<i>Juniperus thurifera</i> (eingeschränkt)	Spanischer Wacholder
<i>Malus trilobata</i> (eingeschränkt)	Dreilappiger Apfel
<i>Ostrya carpinifolia</i> (eingeschränkt)	Gemeine Hopfenbuche
<b><i>Platanus orientalis</i></b> in Sorten	Morgenländische Platane
<i>Prunus cerasifera</i> (eingeschränkt)	Kirschpflaume
<b><i>Quercus cerris</i></b>	Zerr-Eiche
<b><i>Quercus frainetto</i></b>	Ungarische Eiche
<i>Quercus x hispanica</i> (eingeschränkt)	Spanische Eiche
<i>Quercus pubescens</i> (eingeschränkt)	Flaum-Eiche
<b><i>Tilia tomentosa</i></b> in Sorten	Silber-Linde
<b>Standorttyp Sw</b>	
Zusätzlich zu den für St aufgeführten Arten:	
<i>Acer tataricum</i> ssp. <i>tataricum</i>	Steppen-Ahorn
<i>Castanea sativa</i> (eingeschränkt)	Essbare Kastanie
<i>Cedrus atlantica</i>	Atlas-Zeder
<i>Juniperus thurifera</i>	Spanischer Wacholder
<i>Mespilus germanica</i> (eingeschränkt)	Mispel
<i>Pinus brutia</i>	Kalabrische Kiefer
<i>Pinus heldreichii</i>	Panzer-Kiefer
<i>Pinus nigra</i> ssp. <i>pallasiana</i> & <i>salzmannii</i>	Schwarz-Kiefer
<i>Prunus mahaleb</i>	Felsen-Kirsche
<i>Quercus ithaburensis</i>	Tabor-Eiche
<i>Quercus pyrenaica</i>	Pyrenäen-Eiche
<i>Quercus trojana</i>	Mazedonische Eiche
<i>Rhamnus alaternus</i>	Stechpalmen-Kreuzdorn
<i>Salix atrocinerea</i> (eingeschränkt)	Rostrote Weide
<i>Salix elaeagnos</i>	Lavendel-Weide
<i>Tamarix tetrandra</i>	Viermännige Tamariske

Drei Arten submediterraner Herkunft, die in Hannover noch nicht gepflanzt wurden und daher unbekannt zu sein scheinen, werden exemplarisch vorgestellt:

### ***Acer tataricum* ssp. *tataricum* (Tatarischer Steppen-Ahorn)**

*Acer tataricum* ssp. *tataricum* (Tatarischer Steppen-Ahorn) ist ein bis zu 10 m hoher Großstrauch südosteuropäischer bis westasiatischer Herkunft (Roloff & Bärtels 2018, S. 91). Wie der Name es bereits vermuten lässt, gehört die Art dem Lebensbereich der Steppengehölze und Trockenwälder an. Natürlicherweise kommt das Gehölz in Laubmisch- und Koniferenwäldern warmer Regionen vor (FloraVeg.EU 2024). Während das Gehölz in der aus Ostasien stammenden Subspezies *ginnala* (Feuer-Ahorn) des Öfteren in Parks und Gärten Verwendung finden, ist die Subspezies *tataricum* eher selten.

Die Art gilt als tolerant gegenüber Trockenheit, Hitze und Luftverschmutzung. Auch die Verträglichkeit alkalischer Böden und eventueller Salzeinträge spricht für eine Verwendung im Stadtraum. Spätfrost und kalte Winter werden gut vertragen (WHZ 4). (citree 2015; Boomkwekerij Ebben 2024)



Abbildung 29: *Acer tataricum* ssp. *tataricum* (Tatarischer Steppen-Ahorn) (Giannakis 2019)

*Acer tataricum* ssp. *tataricum* bevorzugt lockere, nährstoffreiche Böden und ist empfindlich gegenüber verdichteten Böden (citree 2015). Bei entsprechender Standortvorbereitung wäre dennoch eine Verwendung im Straßenraum (Standorttypen At und St) denkbar. Gestalterische

Vorteile sind die gelb-orangerote Herbstfärbung und die dezente, weiße und duftende Blüte (siehe Abbildung 29; Roloff & Bärtels 2018, S. 91). Die für *Acer* typischen geflügelten Früchte färben sich im Herbst rot (International Dendrology Society o. J.). In Bezug auf einen Mehrwert für die Fauna Hannovers gibt es keine genauen Angaben. Durch die Verwandtschaft zu in Mitteleuropa heimischen *Acer*-Arten könnten vor allem einige Wildbienenarten auf dieses Gehölz ausweichen (Gloor et al. 2021). Auch laut Roloff und Bärtels (2018, S. 91) ist *Acer tataricum* ssp. *tatricum* ein Bienennährgehölz.

### ***Malus trilobata* (Dreilappiger Apfel)**

*Malus trilobata* (Dreilappiger Apfel) ist ein Kleinbaum mit natürlicher Verbreitung im östlichen Mittelmeerraum (International Dendrology Society o. J.). Als Gehölz der Steppen und Trockenwälder kommt es in mediterranen und submediterranen Strauchflächen und Mischwäldern warmer Regionen vor (FloraVeg.EU 2024).

Die Art wird als trockenheits- und hitzeverträglich und tolerant gegenüber Luftverschmutzung beschrieben. Auch winterliche Kälte stellt keine Gefährdung dar (WHZ 5a). Obwohl neutrale bis alkalische, nährstoffreiche und durchlässige Böden bevorzugt werden, verträgt *Malus trilobata* ein gewisses Maß an Versiegelung und Verdichtung. Die Art ist mittelmäßig salzverträglich. (citree 2015; Van den Berk Baumschulen o. J.)

Mit bis zu 10 m Höhe und einem recht schmalen Wuchs eignet er sich gut für städtische Situationen (Roloff & Bärtels 2018, S. 442). *Malus trilobata* gilt verglichen mit anderen *Malus*-Arten als recht krankheitsresistent (citree 2015). In London in New York wird der Baum bereits als Straßen- und Parkplatzgehölz eingesetzt (International Dendrology Society o. J.). Auch in Hannover wäre eine solche Nutzung möglich (Standorttypen At & St). Die Art befindet sich derzeit auch im GALK-Straßenbaumtest (GALK 2024).

Anders als bei den meisten *Malus*-Arten erscheint die weiße Blüte erst nach dem Laubaustrieb und ist relativ groß (siehe Abbildung 30; International Dendrology Society o. J.). Die 1 bis 3 cm großen Apfelfrüchte verbleiben bis zum Winteranfang in der Krone, dann ist allerdings der Fruchtfall zu bedenken (Van den Berk Baumschulen o. J.). Von besonders zierendem Wert ist die gelbe bis rote Herbstfärbung. Durch die gestalterischen Aspekte eignet sich *Malus trilobata* für die Verwendung in Parks und Gärten (Standorttypen Aw & Sw). Hinzu kommt der Wert für verschiedene Tierartengruppen, wie Wildbienen, Vögel, Säugetierarten, Käfer sowie Schmetterlinge und Falter (citree 2015; Gloor et al. 2021; Bruns o. J.)

*Malus trilobata* wird in einigen Datenbanken auch unter dem Synonym *Eriolobus trilobata* oder der ehemaligen Bezeichnung *Crataegus trilobata* geführt.



Abbildung 30: *Malus trilobata* (Dreilappiger Apfel) (Ayton 2023)

### ***Platanus orientalis* 'Minaret' (Morgenländische Platane 'Minaret')**

*Platanus orientalis* ist laut Roloff und Bärtels (2018, S. 487) ein Gehölz der Steppen und Trockenwälder Süd- und Südosteuropas. Möglicherweise wäre auch eine Zuordnung zum Lebensbereich der Auen- und Ufergehölze sinnvoll, da die Art vorwiegend in mediterranen Auenwäldern vorkommt (FloraVeg.EU 2024; International Dendrology Society o. J.). Dennoch hat *Platanus orientalis* eine sehr große Standortamplitude. Trockenheit, Hitze und Luftverschmutzung werden ebenso gut vertragen wie Bodenverdichtung und -versiegelung. Die Baumart ist mittelmäßig salzverträglich und wächst auf neutralen bis alkalischen Böden. Sie gehört der WHZ 6b an, was sie ausreichend winterhart für den mitteleuropäischen Raum macht. (citree 2015)

Diese Ansprüche sind mit städtischen Standortbedingungen (Standorttypen Aw, Sw, At und St) gut vereinbar. Hinzu kommen ästhetische Aspekte wie dekorative, kugelige Fruchtstände, eine interessant abblätternde Borke und eine gelbbraune Herbstfärbung. In der Hybride *Platanus x acerifolia* (Ahornblättrige Platane) findet sich bereits eine sehr häufig in Hannover gepflanzte Platane. Es handelt sich dabei um eine schnellwüchsige Hybride aus *Platanus orientalis* (Morgenländische Platane) und *Platanus occidentalis* (Amerikanische Platane). Art und Hybride ähneln sich jedoch stark in Standortansprüchen und Phänologie (International Dendrology Society o. J.).



Abbildung 31: *Platanus orientalis* 'Minaret' (Morgenländische Platane 'Minaret') (Europeana o.J.)

Die Pflanzung von *Platanus* ist wegen der Massaria-Problematik umstritten. Dabei handelt es sich um die Auswirkungen des Schlauchpilzes *Splanchnonema platani*, der sich oberseitig auf Ästen der *Platanus*-Individuen befindet. Dort findet ein zügiger Weißfäuleprozess statt, der zu einer stark erhöhten Astbruchgefahr führt. Um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten, müssen in der Folge unter Einsatz von Hubsteigern oder Baumsteigern regelmäßige und kostenaufwendige Kontrollen durchgeführt werden. (Cech et al. 2007, S. 26f.)

Vor allem in Zusammenhang mit Hitze und Trockenheit kann der Pilz sich ausbreiten (Wrede et al. 2019, S. 9). Trotz der guten Eignung der *Platanus*-Arten für städtische Standortbedingungen ist deshalb in Frage gestellt, ob Arten der Gattung überhaupt noch gepflanzt werden sollten. Einen Kompromiss kann die Sorte 'Minaret' darstellen.

*Platanus orientalis* 'Minaret' erreicht eine Höhe von 8 – 12 m und bildet eine aufrechte Krone in dicht verästelter Säulenform aus (siehe Abbildung 31; Van den Berk Baumschulen o. J.). Durch die schlanke Form, den dichten Wuchs und vergleichsweise dünne Äste wird das Risiko herausbrechender Baumteile minimiert. Von einer Resistenz kann aber auch bei dieser Sorte nicht gesprochen werden. Beachten sollte man zusätzlich das Schadenspotenzial durch flache Seitenwurzeln (citree 2015).

Die Arten der Tabelle 17 sind sowohl zukünftig als auch aufgrund von bereits ausreichender Winterhärte ab sofort im Stadtraum pflanzbar. Ausgehend von der Annahme, dass die klimatischen Veränderungen entwickeln, wie sie derzeit projiziert und in dieser Arbeit dargestellt werden, ergibt sich ein Plan für mögliche zukünftige Pflanzungen bis zum Ende des Jahrhunderts (siehe Tabelle 18). Diese Gehölze sind aufgrund ihrer mediterranen Herkunft in Hannover zurzeit nicht winterhart. Anhand der zukünftigen Temperaturwerte und im Abgleich mit den hier beschriebenen Veränderungen lässt sich die Klimaentwicklung überprüfen. Andernfalls können Expertenratschläge in Bezug auf die Verschiebung der Winterhärtezone einbezogen werden.

Tabelle 18: Gehölzarten mediterraner (und submediterraner) Herkunft, die an das in Hannover unter SSP5-8.5 zum Ende des Jahrhunderts erwartete Klima angepasst sind, durch fehlende Winterhärte aber erst im weiteren Fortschreiten des Klimawandels gepflanzt werden können; Empfehlungen differenziert in Standorttypen Aw, At, Sw und St

Pflanzung ab 2041-2060 (Jahresmitteltemperatur in Langenhagen, ID 2014, ca. 11,8 °C; Mitteltemperatur des Sommerquartals ca. 20,1 °C; Mitteltemperatur des Winterquartals ca. 4,2 °C)	
<b>Standorttyp St</b>	
<i>Arbutus unedo</i> (eingeschränkt)	Westlicher Erdbeerbaum
<i>Cupressus sempervierens</i>	Mittelmeer-Zypresse
<i>Juniperus oxycedrus</i> (eingeschränkt)	Baum-Wacholder
<i>Quercus ilex</i> (eingeschränkt)	Stein-Eiche
<b>Standorttyp Sw</b>	
Zusätzlich zu den für St aufgeführten Arten:	
<i>Ficus carica</i>	Echte Feige
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Schmalblättrige Steinlinde
<i>Phillyrea latifolia</i>	Breitblättrige Steinlinde
<i>Pinus pinaster</i>	See-Kiefer
<i>Pistacia terebinthus</i>	Terebinthe
<i>Quercus coccifera</i>	Kermes-Eiche
<i>Quercus faginea</i>	Portugiesische Eiche
<i>Quercus suber</i> (eingeschränkt)	Kork-Eiche
<i>Viburnum tinus</i>	Lorbeerblättriger Schneeball
Pflanzung ab 2061-2080 (Jahresmitteltemperatur in Langenhagen, ID 2014, ca. 13 °C; Mitteltemperatur des Sommerquartals ca. 21,5 °C; Mitteltemperatur des Winterquartals ca. 5,5 °C)	
<b>Standorttyp At</b>	
<i>Arbutus unedo</i> (eingeschränkt)	Westlicher Erdbeerbaum
<i>Cupressus sempervierens</i>	Mittelmeer-Zypresse
<i>Juniperus oxycedrus</i> (eingeschränkt)	Baum-Wacholder
<i>Quercus ilex</i> (eingeschränkt)	Stein-Eiche

<b>Standorttyp Aw</b>	
Zusätzlich zu den für At aufgeführten Arten:	
<i>Ficus carica</i>	Echte Feige
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Schmalblättrige Steinlinde
<i>Phillyrea latifolia</i>	Breitblättrige Steinlinde
<i>Pinus pinaster</i>	See-Kiefer
<i>Pistacia terebinthus</i>	Terebinthe
<i>Quercus coccifera</i>	Kermes-Eiche
<i>Quercus faginea</i>	Portugiesische Eiche
<i>Quercus suber</i>	Kork-Eiche
<i>Viburnum tinus</i>	Lorbeerblättriger Schneeball
Pflanzung ab 2081-2100 (Jahresmitteltemperatur in Langenhagen, ID 2014, ca. 14,4 °C; Mitteltemperatur des Sommerquartals ca. 23,1 °C; Mitteltemperatur des Winterquartals ca. 6,8 °C)	
<b>Standorttyp St</b>	
<i>Laurus nobilis</i> (eingeschränkt)	Europäischer Lorbeerbaum
<i>Olea europaea</i> (eingeschränkt)	Ölbaum
<b>Standorttyp Sw</b>	
Zusätzlich zu den für St aufgeführten Arten:	
<i>Arbutus andrachne</i> (eingeschränkt)	Östlicher Erdbeerbaum
<i>Erica arborea</i> (eingeschränkt)	Baum-Heide
<i>Nerium oleander</i>	Oleander
<i>Pinus halepensis</i>	Aleppo-Kiefer
<i>Pinus pinea</i>	Mittelmeer-Kiefer
<i>Pistacia lentiscus</i>	Mastixstrauch
<i>Rhamnus lycioides</i>	Bocksdomartiger Kreuzdorn
<i>Rhus coriaria</i>	Gerber-Sumach
<i>Tamarix canariensis</i>	Kanarische Tamariske
Pflanzung nach 2100 (Jahresmitteltemperatur in Langenhagen, ID 2014, > 14,4 °C)	
<b>Standorttyp At</b>	
<i>Laurus nobilis</i> (eingeschränkt)	Europäischer Lorbeerbaum
<i>Olea europaea</i> (eingeschränkt)	Ölbaum
<b>Standorttyp Aw</b>	
Zusätzlich zu den für At aufgeführten Arten:	
<i>Arbutus andrachne</i>	Östlicher Erdbeerbaum
<i>Erica arborea</i>	Baum-Heide
<i>Nerium oleander</i>	Oleander
<i>Pinus halepensis</i>	Aleppo-Kiefer
<i>Pinus pinea</i>	Mittelmeer-Kiefer
<i>Pistacia lentiscus</i>	Mastixstrauch

*Rhamnus lycioides*  
*Rhus coriaria*  
*Tamarix canariensis*

Bocksdomartiger Kreuzdorn  
Gerber-Sumach  
Kanarische Tamariske

## **8 Handlungshinweise für Baumpflege und zukünftige Baumpflanzungen**

### **8.1 Standortverbesserung**

Lebenserwartung und Vitalität von Stadtbäumen können durch gezielte Maßnahmen in verschiedenen Bereichen der Planungs-, Bau- und Pflegephase optimiert werden. Die Gesundheit der Stadtbäume ist essenziell für die Erfüllung von Ökosystemleistungen. Daher ist es sinnvoll, die Baumstandorte so zu gestalten, dass die Empfehlungen der FLL berücksichtigt werden oder Dimensionierungen über die Anforderungen der FLL (2015) sogar hinausgehen (Heidger, persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F).

#### **Wurzelraumvergrößerung**

In Abschnitt 4.1.2 wurde gezeigt, dass sich die Raumverfügbarkeit für das Wurzelsystem im städtischen Umfeld stark von jener an natürlichen Standorten unterscheidet. Es wird immer wieder betont, dass das Vorhandensein von ausreichend Platz ober- und unterirdisch Voraussetzung für das langfristig gesunde Baumleben ist (EAC 2023, S. 14). Die Vergrößerung des Wurzelraums ermöglicht neben besserer Ausbildung von Grob- und Feinwurzeln und eines symmetrischen Wurzelwerkes auch eine größere Wasseraufnahme. Eine funktionierende Wurzellenkung reduziert zudem von Wurzeln verursachte Beschädigungen an Leitungen (Burkhardt et al. 2022, S. 41).

In der Fachliteratur gibt es mehrere Ansätze, um den Wurzelraum für Stadtbäume zu erweitern. Relevant ist der Gedanke vor allem bei der Neuanlegung von Baumstandorten. Nahelegend ist, das Volumen der eigentlichen Baumgruben zu vergrößern. Sinnvoll kann es auch sein, die Wurzelräume benachbarter Bäume beispielsweise durch Gräben mit durchwurzelbaren Substraten zu verbinden (Reichwein 2002, S. 31; Dickhaut et al. 2018, S. 3).

Durch die Differenzierung in nicht überbaubare und überbaubare Substrate (FLL) und an die entsprechenden Eigenschaften angelehnte Substrate ist es möglich, auch unter

Verkehrsflächen den für das Wurzelsystem vorgesehenen Raum zu erweitern. An Popularität gewinnt zurzeit das sogenannte „Stockholmer-Substrat“ (siehe Abbildung 32). Dieses besteht aus groben Steinen, die einen tragfähigen Skelettanteil bilden und eingeschlämmt, feinem Material, das pflanzenverfügbares Wasser aufnimmt und durchwurzelt wird (Burkhardt et al. 2022). Es eignet sich zur Erweiterung der eigentlichen Baumgrube. Zudem ist das Substrat temporärer Speicher für von der Verkehrsfläche in den Wurzelraum geleitetes Niederschlagswasser (Zimmerling 2019, S. 68). Auf ähnliche Weise wird auch erprobt, Leitungsgräben als Wurzelraum und Regenwasserspeicher zu nutzen (Borowski 2022a, S. 14). Anzumerken ist jedoch, dass das Stockholm-Substrat in niederschlagsreicheren Räumen entwickelt wurde und in Deutschland kaum erprobt ist (Zimmerling 2019, S. 68).



Abbildung 32: Skelettbauweise nach Vorbild Stockholmer Baumstandorte (Stoisser 2019)

### **Vergrößerung der Baumscheibe**

Ebenso hat es Vorteile, die Fläche der unversiegelten Baumscheibe zu vergrößern. Wichtig sind die offene Gestaltung und die Verhinderung von Verdichtung (Burkhardt et al. 2022, S. 35). Nicht nur kann dadurch Niederschlagswasser versickern, sondern das Wurzelsystem kann sich gleichmäßiger ausbilden, wird entlastet und vor Beschädigungen geschützt. Insbesondere durchgehende Pflanzstreifen sind außerdem ein Element ökologischer Vielfalt, das unter anderem bodennistenden Insekten, wie vielen Wildbienenarten Lebensraum bietet (Böll 2021). Ein weiterer Vorteil größerer Grünstreifen und -flächen ist die größere Kühlungsleistung offenen Bodens verglichen mit versiegeltem Untergrund (Kirschbaum et al. 2019, S. 231; siehe Kapitel 4.1.1).

## **Versickerung und Wasserversorgung**

Vor allem im Sommer kann an urbanen Standorten der Wasserbedarf der Bepflanzung oft nicht ausschließlich durch natürlich anfallenden Niederschlag gedeckt werden (Burkhardt et al. 2022, S. 39). Bei nicht ausreichender Wasserverfügbarkeit besteht die Gefahr, dass Stadtbäume absterben und kostenintensiv ersetzt werden müssen (Borowski 2022b). Die Bewässerung neu gepflanzter und durch Trockenstress belasteter Bäume wird in Hannover deshalb zurzeit mithilfe von Tankfahrzeugen durchgeführt. Außerdem wird an fest installierten Bewässerungssystemen und einer Kombination mit Überwachung der Bodenfeuchte durch Sensorik gearbeitet. Laut Heidger (persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F) ist die zusätzliche Bewässerung durch die hohen benötigten Wassermengen mit einem zu hohen Aufwand verbunden. Während europäische Städte wie Stockholm oder Antwerpen anfallenden Niederschlag gezielt zur Versorgung der Stadtbäume und Entlastung der Kanalisation auffangen (Schönfeld 2018; EAC 2023, S. 14), ist diese transdisziplinäre Kombination in Hannover noch nicht üblich. (Fenske 2023; Pinski 2023a)

Verschiedene Konzepte unterschiedlichen Aufwands könnten dabei als Inspiration dienen. Höhere Versickerungsraten können schon durch die teilweise Entsiegelung der Oberflächenbeläge, wie durch versickerungsfähiges Pflaster, und die Leitung des Niederschlagswasser über das Gefälle oder Leitungen in Richtung der Baumscheiben oder des Wurzelbereiches erreicht werden (EAC 2023, S. 14; Pinski 2023). Die Bepflanzung der Baumscheibe mit Gräsern und Stauden fördert außerdem die Infiltration in den Boden (Armson et al. 2013), stellt jedoch vor allem bei jungen Bäumen in den ersten vier bis sechs Standjahren auch Konkurrenz in Bezug auf Wasser- und Nährstoffaufnahme dar (Böll et al. 2021, S. 11f.). Bei ausreichend großen Baumgruben und einer Substratzusammensetzung, die Wasser aufnimmt und pflanzenverfügbar speichert, ergeben sich sowohl Vorteile für die Entwässerungsplanung als auch für die Wasserversorgung der Stadtbäume. Neben Vorteilen sind dabei Risiken wie Staunässe und Stoffbelastung zu berücksichtigen (Dickhaut et al. 2018, S. 9). Eine andere Möglichkeit ist, Niederschlagswasser aufzufangen, zwischenzuspeichern und zeitverzögert durch Pumpen in den Wurzelbereich zu leiten (Dickhaut et al. 2018, S. 5).

Immer öfter wird die Entwässerung von Straßen und Plätzen mit Baumstandorten verknüpft. Von den Verkehrsflächen aufgefangenes Wasser kann beispielsweise in Baumgruben oder für Wurzeln erreichbare Rückhaltebecken eingeleitet werden, sodass eine Kombination aus Wurzelraum und Rigole entsteht (siehe Abbildung 33; Zimmerling 2019, S. 68; EAC 2023, S. 14). Heidger (persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F) kann sich auch eine Verlagerung des Rigolenkörpers unter den Wurzelbereich vorstellen, sodass gesammeltes Regenwasser für die Wurzeln zugänglich wird und in den Untergrund versickern kann.

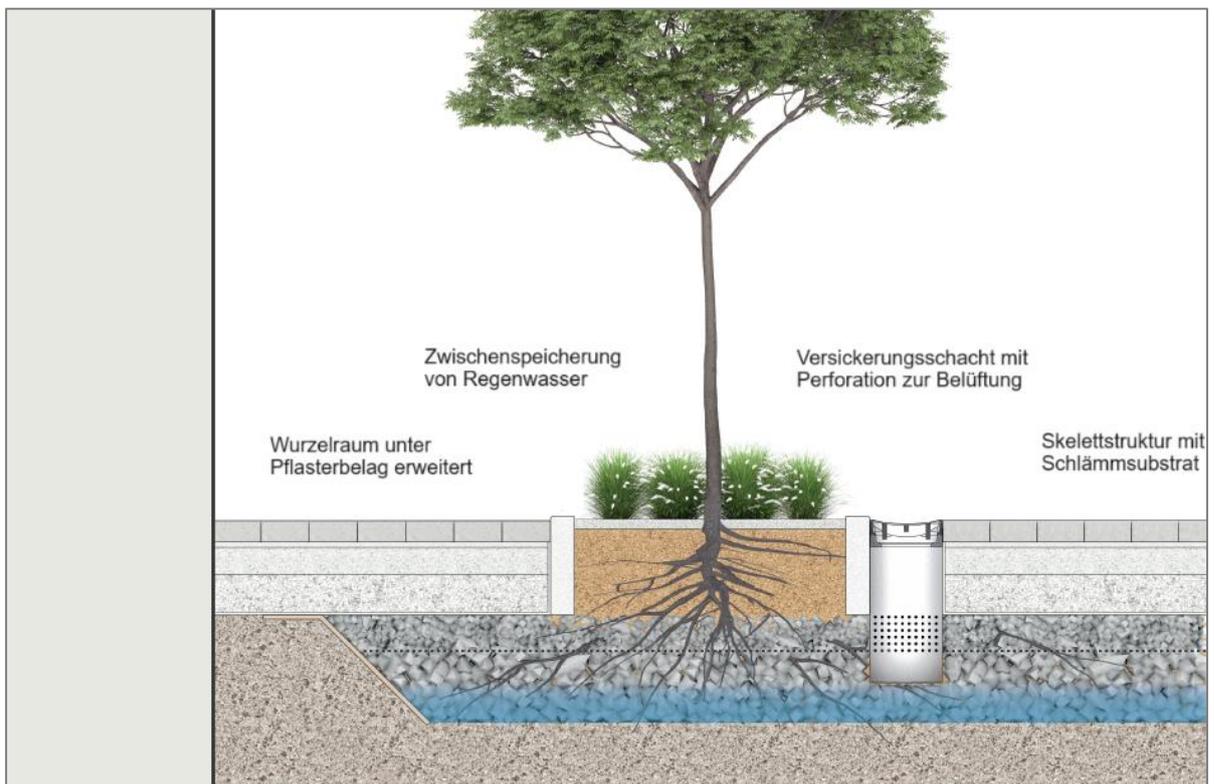


Abbildung 33: Kombination von Regenwasserrückhalt und Baumstandort (3:0 Landschaftsarchitektur 2020, verändert)

Mittlerweile wird auch die Bepflanzung von Versickerungsmulden mit Bäumen nicht mehr grundsätzlich abgelehnt (DWA-A 2020), auch wenn diese noch nicht ausreichend erforscht ist und bisher unter anderem wegen möglicher Kurzschlussströmungen entlang der Baumwurzeln keine Anwendung findet (Schönfeld 2018). In einzelnen Projekten wurde die Kombination jedoch bereits erfolgreich getestet. In Bezug auf die Bäume wurden vergleichsweise hohe Stammumfänge und Wuchshöhen festgestellt, während der Befall mit Schwächeparasiten auffallend gering ist (Schönfeld 2018).

Neben der Entlastung der Kanalisation ist eine verbesserte Kühlleistung durch erhöhte Transpiration zu erwarten (Schönfeld 2018). Außerdem werden bepflanzte Orte nicht nur durch neue gestalterische Möglichkeiten für Anwohnende und Besuchende attraktiv, sondern auch für Arten der Flora und Fauna, welche die Standorte als Lebensraum nutzen (Schönfeld 2018).

Die Möglichkeit des Einsatzes von Versickerung sollte standortspezifisch geprüft werden. Abhängig von Bodenart, -struktur und Verdichtung variiert die spezifische Sickerleistung. Zum anderen können über das Oberflächenwasser transportierte Schadstoffe, beispielsweise durch Oberflächenabrieb, Abrieb im Straßenverkehr oder Tropfverluste, das Bodengefüge, die Vegetation und eventuell das Grundwasser belasten (Burkhardt et al. 2022, S. 20). Je nach

Bauweise ist ein entsprechender Mindestabstand zum Grundwasser Voraussetzung für den Bau einer Versickerungsanlage. Die Installation einer vorgeschalteten Reinigungsanlage kann je nach Belastung des zu versickernden Wassers sinnvoll sein. Auch die Substratzusammensetzung sollte auf die zu erfüllenden Funktionen abgestimmt oder mit einem Adsorbersubstrat kombiniert werden (Burkhardt et al. 2022, S. 36). Die Filterleistung zum Rückhalt von Schadstoffen ist beispielsweise durch einen bestimmten Tongehalt bedingt.

### **Belüftungsmaßnahmen**

Übliche Belüftungsmaßnahmen sind horizontale Schottergräben, flächige Installationen oder Tiefenbelüftungen. Horizontale Wurzelgräben ermöglichen das gleichmäßige Wurzelwachstum in allen Richtungen, auch wenn der Wurzelraum überbaut oder verdichtet ist. Das Ziel ist das Erreichen einer höheren Standsicherheit. Vor allem für verdichtungsempfindliche Gehölze entstehen hier Chancen für die Pflanzung im städtischen Raum. Tiefenbelüftungen werden beispielsweise bei kleinen Baumscheiben (< 6 m<sup>2</sup>) und starker Verdichtung empfohlen (Burkhardt et al. 2022, S. 42). Belüftungsmaßnahmen haben das Ziel, den Boden durch bessere Wasser- und Sauerstoffverfügbarkeit und die Möglichkeit zum Gasaustausch durchwurzelbar zu machen (Reichwein 2002, S. 31). Vor allem in Anbetracht des sinkenden Grundwasserstands im städtischen Bereich ermöglicht Tiefenbelüftung ein Erreichen tieferer Bodenschichten (Heidger, persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F). Diese Art der Wurzelraumerweiterung kann deshalb regional als Möglichkeit betrachtet werden, die Wasserversorgung des Baums zu gewährleisten. Andernfalls ist die Nutzung als Unterflurbewässerung möglich (Burkhardt et al. 2022, S. 42).

### **Substratzusammensetzung**

Die Eigenschaften der Pflanzsubstrate lassen sich durch deren Zusammensetzung beeinflussen. In der Regel verwenden Städte Substrate, die in Anlehnung an die in der FLL (2015) empfohlen oder entwickelt wurden. Auf diese Weise kann negativen Bodeneigenschaften wie Verdichtung entgegengewirkt werden. Viele Baumarten der Steppen und Trockenwälder wachsen beispielsweise vorzugsweise auf durchlässigen Böden. Eine entsprechende Luftkapazität in Verbindung mit Wurzelgräben und Tiefenbelüftung sind eine Möglichkeit, die Eignung des Standorts für einige Arten zu verbessern.

Vor allem für die Baumentwicklung in der Jugendphase ist das gewählte Substrat entscheidend. Neben der Luftkapazität ist es hinsichtlich Trockenheit und Hitze ratsam, die Wasserspeicherfähigkeit des Substrats im Blick zu behalten. Gemeint sind Porengrößen von

0,2 bis 10 µm (siehe Abschnitt 4.1.2). Heidger (persönliches Interview, 15.11.2023, siehe Anhang F) empfiehlt, in Bezug auf die Wasserkapazität über die Anforderungen der FLL von 25 Vol.-% hinauszugehen. Es würde sich lohnen, in die Entwicklung eines Substrats mit einer um etwa 10 bis 20 Vol.-% höheren Wasserspeicherfähigkeit zu investieren.

In Bezug auf den Mulch werden helle Materialien empfohlen, da diese sich durch die höhere Rückstrahlung weniger stark erhitzen (Böll et al. 2021, S. 11f.).

## **8.2 Baumschutz**

### **Schutz von Bestandsbäumen**

Auch wenn diese Arbeit in erster Linie neue Baumarten vorschlägt, sollten Altbäume eine besondere Wertschätzung erfahren. Schmidt und Poppendiek (2019, S. 162) gehen davon aus, dass Neuanpflanzungen nicht mehr die Dimensionen bestehender Altbäume erreichen. Dessen Ökosystemleistungen wie Verdunstungskühlung und Kohlenstoffspeicherung übertreffen die eines jungen Baumes bei weitem (Hager 2022, S. 16). Relevant ist außerdem deren Bedeutung für die Biodiversität, da in der Strukturvielfalt alter Bäume diverse Lebensraummöglichkeiten entstehen. Oft ist dieser Aspekt sogar bedeutender als die konkrete Zugehörigkeit zu einer bestimmten Baumart (Gloor et al. 2021).

Bestandsbäume sollten im Fall von Baumaßnahmen geschützt werden. Alte Gehölze reagieren sensibel auf Grundwasserveränderungen, Verdichtungen, Aufschüttungen, pH-Veränderungen und Verletzungen im Wurzel- und Stammbereich. Daher ist es sinnvoll, Risiken bei baulichen Eingriffen in der Nähe eines Baumstandorts schon bei Planungsbeginn einzuordnen und Schutzmaßnahmen ordnungsgemäß auszuschreiben (Dujesiefken 2000). Regelungen bezüglich Wurzel- und Vegetationsschutz finden sich unter anderem in DIN 18920:2014 und RAS-LP 4 (1999).

Seit einigen Jahrzehnten werden im Rahmen von sogenannten „Treelife-Behandlungen“ durchschnittlich 700 bis 800 Standortsanierungen durchgeführt. Dabei wird der Boden im Wurzelbereich durch Druckluft gelockert mit dem Ziel, Gasaustausch, Bodenleben und Wasseraufnahme und schließlich die Vitalität zu verbessern. (LHH 2021, S. 17)

## **Standortgerechtigkeit**

Baumarten haben unterschiedliche Ansprüche an ihren Standort. Für die langfristige Planung und das Erreichen langer Standzeiten sollte das ausgewählte Gehölz gut an den Standort passen. Dies bezieht sich beispielsweise auf den pH-Wert des Bodens, die Wasserverfügbarkeit und die Bodenstruktur. Relevant sind auch die Platzverhältnisse, die über das gesamte Baumleben für Wurzel- und Kronengröße der gepflanzten Art entsprechend sein sollte (EAC 2023, S. 14).

Bei der Kombination mit Regenwasserversickerung oder -rückhalt sollte besondere Rücksicht auf das Wurzelsystem der zur Auswahl stehenden Arten genommen werden. Einerseits hat die Wurzelstruktur Einfluss auf die Funktionsfähigkeit der Versickerungsanlage. Abgeraten wird von Arten mit tiefen Wurzeln, bzw. Pfahlwurzeln, da an diesen möglicherweise das Wasser zu schnell und nicht ausreichend gefiltert ins Grundwasser fließt (Burkhardt et al. 2022, S. 40). Andererseits reagieren Baumarten unterschiedlich auf Staunässe und stoffliche Belastungen, bzw. höhere Salzgehalte durch Streusalz (Schönfeld 2019). Hier kann die Herkunft der Arten aus bestimmten Lebensbereichen, wie Lebensbereich 2, nach Kiermeier (1995) Anhaltspunkt für mögliche Verträglichkeit liefern. Ein weiterer Faktor ist die fachgerechte Pflanzung und Pflege der Gehölze, die schon mit der Anzucht beginnt (Nörr & Mössmer 2003).

In Bezug auf die Zusammensetzung ist eine größtmögliche Vielfalt in Baumarten und Genetik erstrebenswert (Brosinger & Tretter 2007). So kann die Gefahr von Fehlanpassungen einzelner Arten oder Ausfall vieler Exemplare durch Schädlingsbefall minimiert werden (Schönfeld 2019). Außerdem wirkt sich die Mischung mehrerer Arten positiv auf die biologische Vielfalt und die ästhetische Erscheinung aus (Peltzer 2014, S.126; Böll et al. 2019). Phänotypische Vielfalt reduziert außerdem die Lufttemperatur und wirkt sich so positiv auf das Mikroklima aus (Ludwig 2023, S. 33).

## 9 Diskussion: Einschränkungen der eigenen Arbeit

In Bezug auf diese Arbeit sind eine Reihe an Einschränkungen zu nennen. Die Baumartenempfehlungen entsprechen dem aktuellen Wissensstand. Einige der vorgeschlagenen Arten wurden im mitteleuropäischen Raum bisher kaum oder gar nicht verwendet. Für die Einschätzung und Bewertung dieser Arten konnten lediglich Hinweise des Naturstandorts herangezogen werden. Dieser deckt sich oft nicht mit den innerhalb der Standortamplitude möglichen Situationen. Bei weiterer Anwendung und Erprobung der Gehölze ist deshalb eine spätere Neubewertung in Bezug auf ihre Eignung möglich.

Kaum berücksichtigt wurden in dieser Arbeit die für den Stadtraum typischen hohen nächtlichen Temperaturen, die Resultat der Wärmespeicherung in den Oberflächenmaterialien sind. Diese wurden lediglich in die Durchschnittstemperaturen mit aufgenommen. Inwiefern sich die hohen Nachttemperaturen auf das Pflanzenwachstum heimischer Baumarten auswirken, geht aus der Literatur nicht eindeutig hervor. Aus dem Obstanbau sind nachteilige Auswirkungen der geringen Temperaturdifferenz zwischen Tag und Nacht auf die Fruchtbildung bekannt (Stainer 2011). Schmidt und Poppendiek (2019, S. 163) berichten außerdem von der Relevanz der Differenz zwischen Tag- und Nachttemperatur für die Ausbreitung von Schilfrohr (*Phragmites australis*). Diese Anhaltspunkte legen nahe, dass auch für Stadtbäume die nächtliche Temperatur eine zu berücksichtigende Variable darstellen könnte.

Ähnliches lässt sich zu der klimatischen Variable „Wachstumsgradtag“ (Growing degree-day) sagen. Dieser Faktor könnte im Rahmen einer umfangreicheren Analyse in Bezug auf Differenzen zwischen Innenstadt und Umland weitere Anhaltspunkte liefern. Auch eine genauere Bestimmung erster möglicher Pflanzzeiträume von in Mitteleuropa neuen Arten wäre denkbar.

Die vorgeschlagenen Baumarten wurden zum Teil nicht als Stadtbaum erprobt. Die Zuordnung zu einer anderen Klimazone ist außerdem Grund dafür, dass die aufgeführten Baumarten in Hannover weder gepflanzt wurden noch bei entsprechenden Baumschulen erhältlich sind. Da die Anzucht pflanzbereiter Gehölze rund zehn Jahre dauert, ist zu bedenken, dass auf die Anfrage nach unbekanntem Baumarten nicht kurzfristig geantwortet werden kann (Ludwig 2023, S. 32).

Bisherigen Untersuchungen zufolge wirkt sich eine Vielzahl von Faktoren auf die Biodiversität im Stadtraum aus (Bonk et al. 2015; Böll et al. 2019; Gloor et al. 2021). Die spezifische Baumart macht teilweise nur einen geringen Anteil des ökologischen Werts eines Gehölzes aus. Relevant sind stattdessen oft die Kronengröße des Baums und der dazugehörige Boden

als Habitat für Insekten. Immer wieder wird betont, dass Gesundheit und Vitalität für die Erfüllung ökologischer Funktionen und Ökosystemleistungen von besonderer Relevanz ist. Es kann daher diskutiert werden, ob die Begrenzung der verwendbaren Arten auf Bäume europäischer Herkunft sinnvoll ist. Eine Erweiterung des Blicks auf klimatische Analoggebiete anderer Teile der Welt (siehe Abbildung 34) führt möglicherweise zu weiteren robusten, trockenheits- und hitzeverträglichen Arten, die einen Teil resilienter und abwechslungsreicher Stadtbepflanzung bilden können.

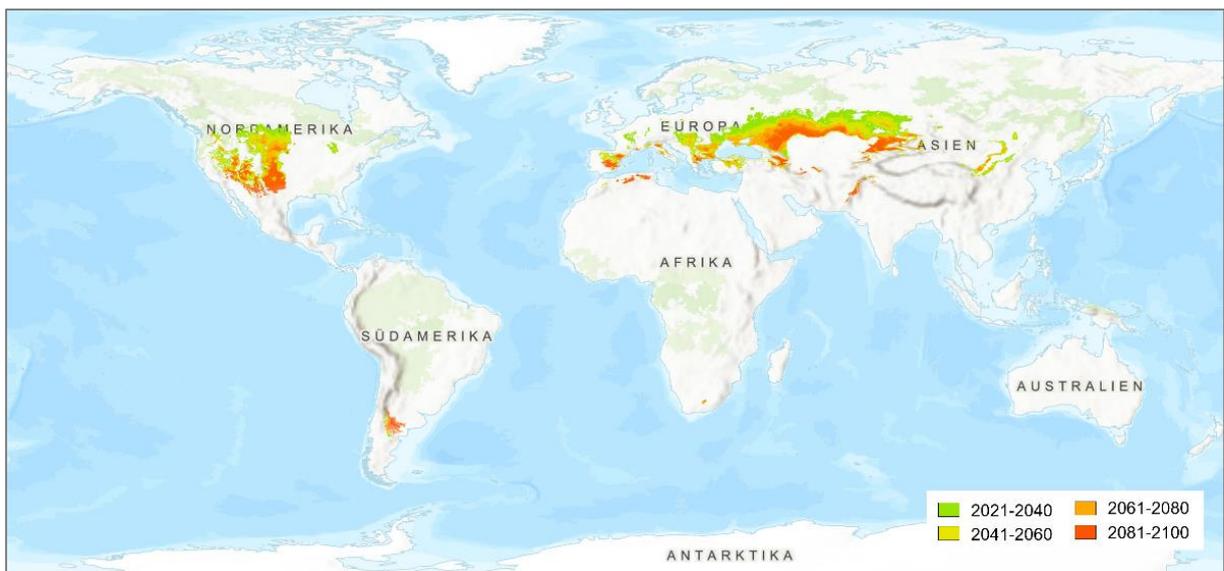


Abbildung 34: Erweiterte Perspektive auf weltweite klimatische Analoggebiete für die Standorte Hannovers unter Szenario SSP5-8.5

Die Projektionen der zukünftigen klimatischen Entwicklung, auf denen diese Arbeit basiert, ist mit vielen Unsicherheiten behaftet. Die Menge der Einflussfaktoren macht es schwierig, verlässliche Aussagen zu treffen.

Unter anderem hat die Auswahl der Klimamodelle einen Einfluss auf die Ergebnisse der Analyse möglicher zukünftiger Klimaverhältnisse, da die mögliche Entwicklung des Klimas lediglich innerhalb gewisser Bandbreiten berechnet werden kann. So ist beispielsweise die Niederschlagsprojektion des Modells BBC-CSM2-MR in allen Szenarien 30 - 40 Prozent höher als die der anderen neun betrachteten Modelle. Unterschiede in den Modelldurchläufen resultieren aus verschiedenen Annahmen und Unsicherheiten zu physikalischen Prozessen und Wittertendenzen (IPCC 2014). Angegebene Werte sind daher nur begrenzt zuverlässig.

Unsicherheiten beziehen sich nicht nur auf die genaue Höhe der Temperatur- und Niederschlagsänderungen, sondern auch auf andere, kaum vorhersehbare Ereignisse. Denkbar ist das Eintreten eines Kipppunktes im Klimasystem.

Zurzeit wird die Atlantische Umwälzströmung (Atlantic Meridional Overturning Circulation, AMOC) als eines dieser Kippelemente genauer beobachtet (siehe Abbildung 35). Als eine Verlängerung des Golfstroms transportiert der Nordatlantikstrom warmes Wasser in den Nordatlantik, was ausschlaggebend für das milde Klima Europas ist. Antrieb des Stroms sind Dichteunterschiede, die durch ein Abkühlen der Wassermassen im Norden und eine Erhöhung des Salzgehalts durch Verdunstung entstehen. Die kühleren und salzhaltigeren Wassermassen sinken durch ihre höhere Dichte in tiefere Meeresschichten und bewegen sich Richtung Süden, während an der Oberfläche warmes Wasser nachfließt. (UBA 2013)

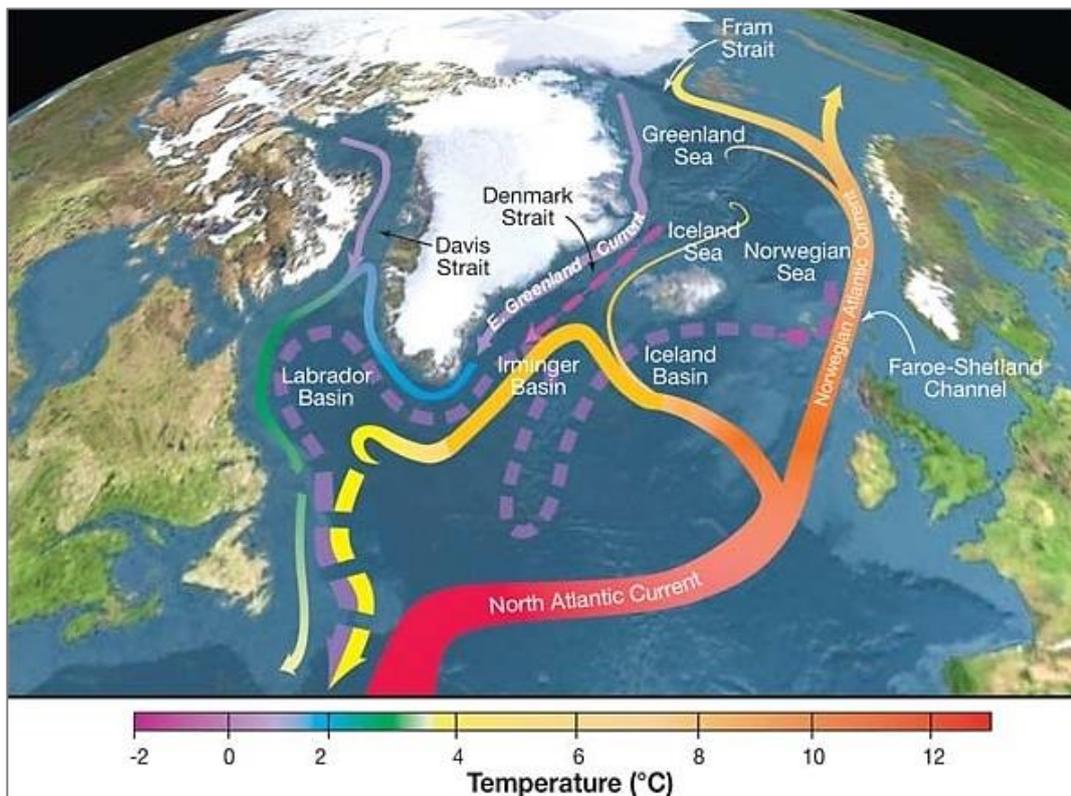


Abbildung 35: Darstellung der Zirkulation oberflächlicher Strömungen (durchgezogene Linien) und tiefer Strömungen (gestrichelte Linien) im nordischen Meer und den subpolaren Becken (Curry 2010)

Die Erwärmung des Klimas gilt als wesentlicher Risikofaktor für das Gleichgewicht der Wasserzirkulation. Die Begründung findet sich in dem steigenden Zufluss an Süßwasser durch höhere Niederschlagsmengen, Flusswasser und schmelzendes Meereis, der das Meerwasser verdünnt (Rahmstorf 2004, S. 72; PIK 2021). Außerdem kühlen die Wassermassen im Nordatlantik nicht mehr so stark ab (UBA 2013). In der Folge sinken die vom Golfstrom transportierten Wassermassen im Nordatlantik weniger gut ab und die Zirkulation verlangsamt sich oder bricht sogar ab. Eine Verlangsamung des Nordatlantikstroms wird bereits beobachtet und es wird angenommen, dass diese auf einen Zusammenbruch der Strömung hinläuft

(PIK 2018 & 2021; Ditlevsen & Ditlevsen 2023). Neben Computersimulationen weisen auch Daten aus Gletschereis und Meeresschlamm darauf hin, dass die Atlantische Umwälzströmung schwächere Strömungszustände einnehmen kann (Rahmstorf 2004, S. 71). Ob und wann damit zu rechnen ist, kann wissenschaftlich nicht beantwortet werden. Einschätzungen des IPCC gehen nicht von einem Zusammenbruch des Strömungskreislaufs im aktuellen Jahrhundert aus, während Ditlevsen und Ditlevsen (2023) errechnen, dass bei aktuellen klimatischen Entwicklungen zwischen 2025 und 2095 der Nordatlantikstrom abbricht.

Ein Zusammenbruch des Zirkulationssystems würde sich im Klima Nord- und Westeuropas deutlich bemerkbar machen und eine Abkühlung der Land- und Meeresregionen bewirken. Neben der Änderung der Meeresströmungen können weitere Kippelemente das Klima unerwartet ändern. Beispiele hierfür sind das Absterben großer Regenwaldflächen, eine Umstellung der indischen Monsunzirkulation oder das Abbrechen des westantarktischen Eisschildes, das einen starken Meeresspiegelanstieg zur Folge hätte (Rahmstorf 2004, S. 75). In diesen Fällen wäre eine neue Analyse der zukünftigen Bedingungen in Hannover und die erneute Konzeption pflanzbarer Baumarten unumgänglich.

## 10 Schlussfolgerungen

Die durchgeführte Analyse zeigt, inwiefern sich die bereits schwierigen Standortbedingungen städtischer Baumstandorte durch den Klimawandel aktuell weiter verschärfen. Sie verdeutlicht auch, dass ein wesentlicher Teil der zurzeit verwendeten, mitteleuropäischen Arten temperater Herkunftsgebiete an die zukünftig erwarteten Klimabedingungen nicht angepasst ist. Grund dafür ist in erster Linie die Zunahme sommerlicher Hitze und Trockenheit. Das bedeutet, dass viele der zurzeit im Stadtraum Hannovers gepflanzten Baumarten bis zum Ende des Jahrhunderts gegen trockenheits- und hitzeverträglichere Arten ersetzt werden müssen. Diese Aussage bezieht sich nicht nur auf anspruchsvolle Standorte im Straßenbereich, sondern auch auf tendenziell besser mit Wasser versorgte Grünanlagen. Die Auswahl resilienter und an die entsprechenden Standortbedingungen angepasster Arten ist elementar für deren Gesundheit und Funktion.

Mit der europaweiten Suche nach Analoggebieten im Sinne der Assisted Migration wird ein Ansatz vorgestellt, der gleichzeitig klimaangepasste Baumarten vorschlägt und den Wunsch der Stadt Hannovers nach einer Berücksichtigung der heimischen Diversität respektiert. Die Analoggebiete des zu den verschiedenen Standorttypologien Hannovers zum Ende des

Jahrhunderts projizierten Klimas befinden sich in Süd- und Südosteuropa. Arten dieser mediterranen und submediterranen Herkunft sind genetisch und phänotypisch an heiße Wetterextreme angepasst.

Die spezifischen Ansprüche der in den Analoggebieten vorkommenden Arten machen sie unterschiedlich gut für die verschiedenen städtischen Baumstandorte geeignet. In der Erstellung des Baumentwicklungskonzepts können die Bedürfnisse der Arten berücksichtigt werden. Gehölze mediterraner und submediterraner Herkunft, die sich zukünftig gut für anspruchsvolle, innerstädtische Standorte eignen, sind *Celtis australis* (Südlicher Zürgelbaum), *Fraxinus angustifolia* (Schmalblättrige Esche), *Fraxinus ornus* (Blumen-Esche), *Platanus orientalis* 'Minaret' (Morgenländische Platane 'Minaret'), *Quercus cerris* (Zerr-Eiche), *Quercus frainetto* (Ungarische Eiche) und *Tilia tomentosa* in Sorten (Silber-Linde). Insgesamt werden 67 Gehölzarten südlicher Herkunft vorgeschlagen, von denen 43 schon jetzt die Baumartenzusammensetzung der Stadt Hannover erweitern und resilienter machen können. 24 Arten sind herkunftsbedingt nicht gut an Winterkälte angepasst, sodass diese erst im Verlauf der nächsten Jahrzehnte gepflanzt werden sollten. Auch 27 der hier als heimisch geltenden Arten können laut Analyse im heißen und trockenen Klima überleben. Es empfiehlt sich, bei zukünftigen Pflanzungen insbesondere unbekannter Arten standorttechnisch auf deren spezifische Einschränkungen einzugehen und aktuellere Forschungs- und Testergebnisse einzubeziehen.

Neben der Baumartenauswahl sind Standortverbesserung und -vorbereitung, ein Fokus auf Vielfalt sowie der Schutz von Bestandsbäumen Maßnahmen, die auf einen langfristig vitalen Baumbestand Einfluss nehmen. Auch in Bezug auf Gesichtspunkte der Biodiversität Hannovers empfiehlt sich der Blick auf Aktionsfelder wie Entsiegelung und Arten- und Strukturvielfalt. Lohnend kann zudem die Investition in eine umfassende Kombination mit dem Regenwassermanagement sein.

# 11 Literatur- und Quellenverzeichnis

- 3:0 Landschaftsarchitektur (2020): [wirkung\\_strassenbaum\\_\\_c\\_3zu0-landschaftsarchitektur.png](https://www.klimawandelanpassung.at/newsletter/kwa-nl42/kwa-schwammstadtprinzip),  
<https://www.klimawandelanpassung.at/newsletter/kwa-nl42/kwa-schwammstadtprinzip>, letzter Zugriff 31.10.2023.
- Abendroth, Sascha (2007): Biodiversität der Siedlungen - Umsetzung der Biodiversitätskonvention im besiedelten Bereich, In: Bundesamt für Naturschutz [Hrsg.]: Treffpunkt Biologische Vielfalt VII - Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt, BfN-Skripten, S. 199-203.
- Aitken, Sally; Yeaman, Sam; Holliday, Jason; Wang, Tongli; Curtis-McLane, Sierra (2008): Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations, In: *Evolutionary Applications*, Blackwell Publishing Ltd 1, S. 95–111, <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2007.00013.x>.
- Armson, Dave; Stringer, Peter & Ennos, Roland (2013): The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK, *Urban For Urban Greening* 12, S. 282–286, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.04.001>.
- Ayton, Alan (2023): *Malus trilobata*, The deeply lobed leaves of *Malus trilobata* are fully developed at flowering time, contrasting with many other crabapples in which the flowers appear before the leaves (Tangambalanga, Victoria, Australia, October 2023), <https://www.treesandshrubsonline.org/articles/malus/malus-trilobata/>, letzter Zugriff 09.01.2024.
- Bank, Caroline (2023): Schriftliche Mitteilung per E-Mail vom 07.08.2023, Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün, Bereich Umweltplanung und Klimawandelanpassung/ 67.10.
- Baumschule für Klimawandelgehölze (o.J.): Klimawandelgehölze, <https://www.klimawandelgehoeelze.de/klimawandelgehölze/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- Baumschule Horstmann (2024): Lieblingspflanze suchen, <https://www.baumschule-horstmann.de/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- Berchtold, Martin (2021): Handlungsfeld Hitze – Methoden und Strategien am Beispiel der Klimaanpassungskonzepte Karlsruhe und Freiburg im Breisgau, In: Hutter, Claus-Peter & Blessing, Karin [Hrsg.]: Kommunen klimafit machen: Mikroklima, Hitzestau und Starkniederschläge – Anpassungsstrategien für die Praxis einer klimaangepassten Stadt- und Regionalentwicklung. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Band 57, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, S. 54-71.
- Bill, Albert & Wilhelmi, Volker (1992): Stadtböden – die Standortproblematik von Straßenbäumen, In: *Mitt. Pollichia* 79, S. 203-224, Bad Dürkheim.
- Birmele, Janine & Winski, Alfred (2020): Berechnungsverband „Mittlere Elz“, Konzeption zur Berechnung der Sonderkulturen, Wasserrechtsantrag, Stellungnahme zu Auswirkungen auf den Naturhaushalt, Umweltverträglichkeitsvorprüfung, 34 S.
- Bohn, Udo; Gollub, Gisela; Hettwer, Christoph; Neuhäuslová, Zdenka; Raus, Thomas; Schlüter, Heinz & Weber, Herbert (2004): Karte der natürlichen Vegetation Europas – Map of the Natural Vegetation of Europe, Maßstab 1 : 2 500 000, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- Böll, Susanne (2021): Interview mit Dr. Susanne Böll und Dr. Andreas Zehm Quo vadis Biodiversitätsschutz? Einheimische Stadtbäume im Klimawandel, In: *ANLIEGEN NATUR* 43(1), 2021.
- Böll, Susanne; Mahsberg, Dieter; Albrecht, Rosa; Peters, Marcell (2019): Urbane Artenvielfalt fördern, Arthropodenvielfalt auf heimischen und gebietsfremden Stadtbäumen, In: *NATURSCHUTZ und Landschaftsplanung* 51 (12), S. 576-583.
- Böll, Susanne; Roloff, Andreas; Bauer, Konrad; Paeth, Heiko & Melzer, Marvin (2021): Trockenstressreaktionen heimischer und nicht-heimischer Stadtbaumarten in Extremsommern, LWG, Institut für Stadtgrün und Landschaftsbau (ISL), 15 S.
- Bonaiuto, Marino; Aiello, Antonio; Perugini, Marco; Bonnes, Marilia & Ercolani, Anna Paola (1999): Multidimensional perception of residential environment quality and neighborhood attachment in the urban environment, *Journal of Environmental Psychology* (1999) 19, Academic press, S. 331-352.
- Bonk, Klaus; Brink, Antje; Dahms, Martina; Degenhardt, Karin; Ernst, Carl Ferdinand; Garnatz, Gerd; Nußbaum, Dieter; Ossenkopp, Petra; Pfeiffer, Anne & Schmiersow, Ulrich (2015): Mehr Natur in der Stadt – Programm zur

- Verbesserung der biologischen Vielfalt in Hannover 2014-2018, In: Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz – Heft 51, Landeshauptstadt Hannover, 2. überarb. Auflage, Februar 2015, 46 S.
- Bonk, Michael (2010): Lufsky Bauwerksabdichtung, 7. Auflage, Vieweg + Teubner Verlag, Heidelberg.
- Boomkwekerij Ebben B.V. (2024): TreeEbb, Die Baumsuchmaschine in Internet <https://www.ebben.nl/de/treeebb/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- Borowski, Martina (2022a): Leitungsgräben als Wurzelraum, In: Taspo Baumzeitung, 01/2022, S. 14-15.
- Borowski, Martina (2022b): Nutzen von Stadtgrün berechnen, In: Taspo Baumzeitung, 05/2022, S. 12.
- Brandau, Achim (2019): Stadtbezirke Hannover, <https://www.hannover-entdecken.de/stadtbezirke-hannover/>, letzter Zugriff 18.07.2023.
- Brandes, Dietmar (2016): Die spontane Flora der Straßen von Braunschweig – Hohe Artenzahl und unerwartete Florendynamik im lokalen Maßstab, in: Braunschweiger Naturkundliche Schriften, Band 14, S. 57–89.
- Brosinger, Franz & Tretter, Stefan (2007): Waldbau im Zeichen des Klimawandels, Anpassung durch Waldumbau und naturnahe Forstwirtschaft, In: LWF aktuell 60/2007 – Wälder im Klimawandel, S. 21-23.
- Bruns Pflanzen-Export GmbH & Co.KG (o. J.): Suche im Sortimentskatalog, <https://online.bruns.de/de-de/suche>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- Bülow, Katharina; Teichmann, Claas & Böttinger, Michael (2018): Regionale Klimaprojektionen für Europa, Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ), <https://www.dkrz.de/de/projekte-und-partner/HLRE-Projekte/focus/regionale-klimaprojektionen-fuer-europa>, letzter Zugriff 26.08.2023.
- Burghardt, Wolfgang (1996): Substrate der Bodenbildung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen, In: Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft [Hrsg.]: Urbaner Bodenschutz, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 25-44, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-79027-0>.
- Burkhardt, Michael; Kulli, Beatrice & Saluz, Andrea (2022): Neue Herausforderungen bei der Strassenentwässerung - Recherche zum Stand des Wissens, Technischer Bericht, 86 S.
- Carvalho, David; Rafael, Sandra; Monteiro, Alexandra; Rodrigues, Vera; Lopes, Myriam & Rocha, Alfredo (2022): How well have CMIP3, CMIP5 and CMIP6 future climate projections portrayed the recently observed warming, In: Scientific Reports 12 (2022):11983, [www.nature.com/scientificreports](http://www.nature.com/scientificreports), <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16264-6>.
- Cech, Thomas; Brandstetter, Martin & Tomiczek, Christian (2007): Massaria-Krankheit der Platane in Österreich; In: Forstschutz Aktuell, 40/2007, S. 26-27.
- Chen, Deliang & Chen, Hans (2013): Using the Köppen classification to quantify climate variation and change, An example for 1901-2010, Environmental Development, 6, 69-79, doi:10.1016/j.envdev.2013.03.007.
- citree (2015): Gehölze für urbane Räume – Planungsdatenbank, Technische Universität Dresden, <https://citree.de/index.php?language=de>, letzter Zugriff 07.01.2023.
- CMIP IPO (o.J.): CMIP Model a. Experiment Documentation, <https://wcrp-cmip.org/cmip-model-and-experiment-documentation/>, letzter Zugriff 25.08.2023.
- Coners, Heinz (2001): Wasseraufnahme und artspezifische hydraulische Eigenschaften der Feinwurzeln von Buche, Eiche und Fichte: In situ-Messungen an Altbäumen, Göttingen, <http://dx.doi.org/10.53846/goediss-103>.
- Cordsen, Eckhard (1996): Mechanische Eingriffe in Stadtböden, In: Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft [Hrsg.]: Urbaner Bodenschutz, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 59-67, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-79027-0>.
- Curry, R. (2010): File:OCP07 Fig-6.jpg, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OCP07\\_Fig-6.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OCP07_Fig-6.jpg), CC BY-SA 3.0, letzter Zugriff 27.10.2023.
- De Vries, Hylke; Haarsma, Reindert & Hazeleger, Wilco (2012): Western European cold spells in current and future climate, In: GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 39, L04706, doi:10.1029/2011GL050665, 6 S.
- Deutscher Wetterdienst (DWD) (2021): Deutschlandwetter im Winter 2020/21, Der Winter 2020/2021 war hierzulande der zehnte zu warme Winter in Folge,

[https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2021/20210226\\_deutschlandwetter\\_winter2020\\_2021\\_news.html](https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2021/20210226_deutschlandwetter_winter2020_2021_news.html), letzter Zugriff 05.09.2023.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2023): Climate Data historical, Station ID 02014, Hannover – Niedersachsen, 18560101-20221231, [https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/observations\\_germany/climate/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/), letzter Zugriff 26.08.2023.

Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ) (2021): Niederschlag, CMIP6 (IPCC AR6) Ergebnisse, <https://www.dkrz.de/de/kommunikation/klimasimulationen/cmip6-de/ergebnisse/niederschlag>, letzter Zugriff 26.08.2023.

Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ) (o.J.): Die SSP-Szenarien, <https://www.dkrz.de/de/kommunikation/klimasimulationen/cmip6-de/die-ssp-szenarien>, letzter Zugriff 29.08.2023.

Dickhaut, Wolfgang; Fellmer, Mareike; Lauer, Johannes & Winkelmann, Annika (2018): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung an Baumstandorten – Chancen und Risiken, Ausarbeitung im Projekt Stadtbäume im Klimawandel (SIK), HafenCity Universität Hamburg.

DIN 18916 (2002-08): Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Pflanzen und Pflanzarbeiten, Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 1986-100 (2016-12): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056, Beuth Verlag, Berlin.

DIN-Norm 18920 (2014-07): Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen.

Ditlevsen, Peter & Ditlevsen, Susanne (2023): Warning of a forthcoming collapse of the Atlantic meridional overturning circulation, In: nature communications, 14:4254, <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39810-w>.

Drangmeister, Dietmar (2016): An der Schwelle – Ein Naturführer für die Region Hannover, ibidem-Verlag, Stuttgart.

Dujesiefken, Dirk (2000): Baumschutz und Schadensbegrenzung bei Baumaßnahmen – die neue RAS-LP 4, In: Jahrbuch der Baumpflege 2000, S. 76-85.

Duthweiler, Swantje; Pauleit, Stephan; Rötzer, Thomas; Moser, Astrid; Rahman, Mohammad; Stratopoulos, Laura & Zölch, Teresa (2017): Untersuchungen zur Trockenheitsverträglichkeit von Stadtbäumen, In: Jahrbuch der Baumpflege 2017, 21. Jg., S. 137-154.

DWA-A 138 -1 (2020-11): Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - Teil 1: Planung, Bau, Betrieb, Entwurf.

DWD (Deutscher Wetterdienst) (2018): Klimareport Niedersachsen, Offenbach am Main, 52 Seiten, verfügbar über [https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimareport\\_ns/klimareport\\_ns\\_download\\_2018.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimareport_ns/klimareport_ns_download_2018.html), letzter Zugriff 21.09.2023.

DWD (Deutscher Wetterdienst) (2022): Zeitreihen und Trends, Niederschlagssumme, <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html#buehneTop>, letzter Zugriff 17.10.2023.

DWD (o.J. a): Das Stadtklima und seine Einflussfaktoren, <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv3=102558&lv2=102248>, letzter Zugriff 19.09.2023.

DWD (o.J. b): Klimadiagramm von Madrid, Retiro / Spanien, [https://www.dwd.de/DWD/klima/beratung/ak/ak\\_082220\\_di.pdf](https://www.dwd.de/DWD/klima/beratung/ak/ak_082220_di.pdf), letzter Zugriff 30.12.2023.

DWD (o.J. c): Klimadiagramm von Craiova (Krajowa), Walachei / Rumänien, [https://www.dwd.de/DWD/klima/beratung/ak/ak\\_154500\\_di.pdf](https://www.dwd.de/DWD/klima/beratung/ak/ak_154500_di.pdf), letzter Zugriff 30.12.2023.

Eggert Baumschulen (2022): Suche, <https://www.eggert-baumschulen.de/de/>, letzter Zugriff 07.01.2024.

Erhardt, Jessica (2011): Straßenbäume in Hamburg: Untersuchungen zur Reaktion auf unterschiedliche klimatische Bedingungen und abiotische Standortfaktoren entlang des urban-ruderalen Gradienten, In: 29. Osnabrücker Baumpflegetag, 6. & 7. September 2011, S. 117-130.

European Arboricultural Council (EAC) (2023): Antwerpen ist die Europäische Stadt der Bäume 2023, In: Baumzeitung 04/2023, S. 14-16.

European Environmental Agency (EEA) (2021): What will the future bring when it comes to climate hazards? - Overview, zuletzt aktualisiert 2023, online verfügbar: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1/what-will-the-future-bring>, letzter Zugriff 03.04.2023.

European Environmental Agency (EEA) (2022): Indicator Assessment. Global and European Temperatures, online verfügbar: <https://www.eea.europa.eu/ims/global-and-european-temperatures>, letzter Zugriff 03.04.2023.

European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN) (o. J.): Species, <https://www.euforgen.org/species/>, letzter Zugriff 07.01.2024.

Europeana (o.J.): *Platanus orientalis* 'Minaret', Meise Botanic Garden, CC BY-SA 4.0 Deed, [https://www.omnia.ie/index.php?navigation\\_function=2&navigation\\_item=%2F225%2F2004011209&repid=1](https://www.omnia.ie/index.php?navigation_function=2&navigation_item=%2F225%2F2004011209&repid=1), letzter Zugriff 09.01.2024.

Fährtenleser (2012): File:Vegetationszonen.png, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vegetationszonen.png>, CC BY-SA 3.0, letzter Zugriff 25.10.2023.

Fährtenleser (2022): File:Mittlere jährliche Temperatur- und Niederschlagswerte terrestrischer Pflanzenformationen (1961–1990).png, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mittlere\\_j%C3%A4hrliche\\_Temperatur-\\_und\\_Niederschlagswerte\\_terrestrischer\\_Pflanzenformationen\\_\(1961%E2%80%931990\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mittlere_j%C3%A4hrliche_Temperatur-_und_Niederschlagswerte_terrestrischer_Pflanzenformationen_(1961%E2%80%931990).png), CC BY-SA 3.0, letzter Zugriff 18.10.2023.

Fenske, Greta (2023): Start der neuen Versuchsphase in Hannover und Bad Zwischenahn, NuTree, Sensor- und KI-gestützte Wertschöpfungskette Baum, <https://www.nutree-eip.de/post6.html>, letzter Zugriff 05.09.2023.

Fick, Steve & Hijmans, Robert (2017): Future climate, 2.5 minutes spatial resolution, WorldClim v2.1, <https://www.worldclim.org/data/cmip6/cmip6climate.html>, letzter Zugriff 25.08.2023.

Flade, Antje (2009): Warum ist Grün in der Stadt wichtig? – Eine psychologische Betrachtung, In: Stadt + Grün 1/2019, S. 48-52.

Fleckenstein, Christoph; Dervishi, Vjosa; Rahman, Mohammad; Rötzer, Thomas; Pauleit, Stephan & Ludwig, Ferdinand (2022): KlimaKübelBäume, In: Transforming Cities, 3-2022, S. 66-71.

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (2015): Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege. FLL, 2. Ausgabe, Bonn.

FloraVeg.EU (2024): Database of European Vegetation, Habitats and Flora. <https://floraveg.eu/taxon/>, letzter Zugriff 07.01.2024.

Florineth, Florin (2014): Auswirkungen des Klimawandels auf Stadtbäume in Wien und Umgebung, In: 32. Osnabrücker Baumpflegetag – Tagung, Fachmesse, Workshops, 2. & 3. September 2014, S. 23-34.

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (2010): Pflanzgrubenbauweise 2 – überbaute Pflanzgrube bei für die Baumpflanzung ungeeigneten Bodenverhältnissen, In: Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 2: Standortvorbereitung für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate, Bonn, S. 29.

Friedlingstein, Pierre; O'Sullivan, Michael; Jones, Matthew W.; Andrew, Robbie M.; Gregor, Luke; Hauck, Judith; Le Quéré, Corinne; Luijkx, Ingrid T.; Olsen, Are; Peters, Glen P.; Peters, Wouter; Pongratz, Julia; Schwingshackl, Clemens; Sitch, Stephen; Canadell, Josep G.; Ciais, Philippe; Jackson, Robert B.; Alin, Simone R.; Alkama, Ramdane; Arneeth, Almut; Arora, Vivek K.; Bates, Nicholas R.; Becker, Meike; Bellouin, Nicolas; Bittig, Henry C.; Bopp, Laurent; Chevallier, Frédéric; Chini, Louise P.; Cronin, Margot; Evans, Wiley; Falk, Stefanie; Feely, Richard A.; Gasser, Thomas; Gehlen, Marion; Gkritzalis, Thanos; Gloege, Lucas; Grassi, Giacomo; Gruber, Nicolas; Gürses, Özgür; Harris, Ian; Hefner, Matthew; Houghton, Richard A.; Hurtt, George C.; Iida, Yosuke; Ilyina, Tatiana; Jain, Atul K.; Jersild, Annika; Kadono, Koji; Kato, Etsushi; Kennedy, Daniel; Klein Goldewijk, Kees; Knauer, Jürgen; Ivar Korsbakken, Jan; Landschützer, Peter; Lefèvre, Nathalie; Lindsay, Keith; Liu, Junjie; Liu, Zhu; Marland, Gregg; Mayot, Nicolas; McGrath, Matthew J.; Metz, Nicolas; Monacci, Natalie M.; Munro, David R.; Nakaoka, Shin-Ichiro; Niwa, Yosuke; O'Brien, Kevin; Ono, Tsuneo; Palmer, Paul I.; Pan, Naiqing; Pierrot, Denis; Poccock, Katie; Poulter, Benjamin; Resplandy, Laure; Robertson, Eddy; Rödenbeck, Christian; Rodriguez, Carmen; Rosan, Thais M.; Schwinger, Jörg; Séférian, Roland; Shutler, Jamie D.; Skjelvan, Ingunn; Steinhoff, Tobias; Sun, Qing; Sutton, Adrienne J.; Sweeney, Colm; Takao, Shintaro; Tanhua, Toste; Tans, Pieter P.; Tian, Xiangjun; Tian, Hanqin; Tilbrook, Bronte; Tsujino, Hiroyuki; Tubiello, Francesco; van der Werf, Guido R.; Walker, Anthony P.; Wanninkhof, Rik; Whitehead, Chris; Willstrand Wranne, Anna; Wright, Rebecca; Yuan, Wenping;

- Yue, Chao; Yue, Xu; Zaehle, Sönke; Zeng, Jiye & Zheng, Bo (2022): Global Carbon Budget 2022, Carbon budget and trends 2022, <https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022>.
- Friedrichs, Jürgen (2018): Stadtentwicklung, In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung [Hrsg.]: Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, Hannover, S. 2421-2433, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-55992292>, letzter Zugriff 21.07.2023.
- Gardi, Oliver; Schaller, Guillaume; Neuner, Matthias & Mack, Sophia (2016): Ermittlung der Kohlenstoffspeicherung von Bäumen im Siedlungsgebiet am Beispiel der Stadt Bern, Schweiz Z Forstwes 167 – 2, S. 90–97, <https://doi.org/10.3188/szf.2016.0090>.
- (Deutsche) Gartenamtsleiterkonferenz e.V. (GALK) (2024): GALK-Straßenbaumliste, Arbeitskreis Stadtbäume, <https://strassenbaumliste.galk.de/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- GBIF.org (2023): search, <https://www.gbif.org/search>, letzter Zugriff 19.12.2023.
- GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2023): Klimaanalyse Region Hannover, verfügbar über <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Umwelt-Nachhaltigkeit/Klimawandel-und-anpassung/Die-Region-Hannover-im-Klimawandel/Klimaanalyse-f%C3%BCr-die-Region-Hannover>, letzter Zugriff 07.09.2023.
- GEO-NET Umweltconsulting GmbH; MUST Städtebau & 4K | Kommunikation für Klimaschutz (2018): Klimaanpassungskonzept für die Region Hannover, Region Hannover im Klimawandel: Folgen und Anpassung, Region Hannover, Fachbereich Umwelt, Team Umweltmanagement und Naturpark Steinhuder Meer, Stand 2022, 129 S.
- Giannakis, Thomas (2019): *Acer tataricum* ssp. *tataricum*, GF\_2019\_12\_16/large/Acer\_tataricum\_subsp\_tataricum\_3, [https://fog.upatras.gr/files/GF\\_2019\\_12\\_16/large/Acer\\_tataricum\\_subsp\\_tataricum\\_3.jpg](https://fog.upatras.gr/files/GF_2019_12_16/large/Acer_tataricum_subsp_tataricum_3.jpg), letzter Zugriff 09.01.2024.
- Gloor, Sandra; Taucher, Anouk & Rauchenstein, Katja (2021): Biodiversitätsindex 2021 für Stadtbäume im Klimawandel, SWILD Zürich, Grün Stadt Zürich, interner Bericht, 58 S.
- Goss, Julia & Schönfeld, Philipp (2014): Straßenbaumarten und ihre Ansprüche an den pH-Wert, In: ProBaum 2/2014, S. 11-14.
- Haase, Dagmar; Larondelle, Neele; Andersson, Erik; Artmann, Martina; Borgström, Sara; Breuste, Jürgen; Gomez-Baggethun, Erik; Gren, Asa; Hamstead, Zoé; Hansen, Rieke; Kabisch, Nadja; Kremer, Pele; Langemeyer, Johannes; Rall, Emily Lorange; McPhearson, Timon; Pauleit, Stephan; Qureshi, Salman; Schwarz, Nina; Voigt, Annette; Wurster, Daniel & Elmqvist, Thomas (2014): A Quantitative Review of Urban Ecosystem Service Assessments: Concepts, Models, and Implementation, In: AMBIO, 43 (2014), S. 413–433, doi:10.1007/s13280-014-0504-0.
- Hager, Angelika (2022): Stadtbäume mehr wertschätzen, In: Taspo Baumzeitung, 06/2022, S. 16-19.
- Hausfather, Zeke (2019): CMIP6: the next generation of climate models explained, Carbonbrief, Climate Modeling, <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained/>, letzter Zugriff 23.09.2023.
- Heidger, Clemens (2006): Schutz vor Einwurzeln – Schutz für Bauwerk und Baum, In: 24. Osnabrücker Baumpflegetage, 5. & 6. September 2006.
- Heinze, Woldemar & Schreiber, Detlef (1984): Eine neue Kartierung der Winterhärtezonen für Gehölze in Mitteleuropa, Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 75, S. 11-56.
- Herrmann, Volker (2009): Wasserversorgung und Entwässerung auf dem Markt von Halle (Saale) und in seinem Umfeld, In: Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit, 21, S. 125-132.
- Heß, Leonard; Kell, Roxane; Porzenheim, Robert & Kühn, Norbert (2022): Mediterrane und Submediterrane Nadelgehölze als Straßenbäume in Berlin, In: ProBaum 2/2022, S. 6-11.
- Hewitt, Nina; Klenk, Nicole; Smith, Adrian; Bazely, Dawn; Yan, Norman; Wood, Stepan; MacLellan, Jo-Anne; Lipsig-Mumme, Carla & Henriques, Irene (2011): Taking stock of the assisted migration debate, Review, In: Biological Conservation 144, S. 2560-2572, doi:10.1016/j.biocon.2011.04.031.

- Hiller, Dieter (1996): Schadstoffeinträge in urbane Böden, In: Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft [Hrsg.]: *Urbaner Bodenschutz*, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 45-56, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-79027-0>.
- Hoch, Gernot (2013): Fichte – Brotbaum auch für Schädlinge?, In: *BFW.Praxisinformation*, Nr. 31 2013: Die Fichte – Brotbaum oder Problemkind?, Wien, S. 13-15.
- Illgen, Marc (2000): Überprüfung von Standard-Abflussbeiwerten durch Niederschlag-Abfluss-Simulation, Kaiserslautern.
- Imbery, Florian; Friedrich, Karsten; Haeseler, Susanne; Koppe, Christina; Janssen, Wolfgang & Bissoli, Peter (2018): Vorläufiger Rückblick auf den Sommer 2018 – eine Bilanz extremer Wetterereignisse, DWD.
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2014): Klimaänderung 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen, Häufig gestellte Fragen und Antworten – Teil des Beitrags der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [Stocker, Thomas; Qin, Dahe; Plattner, Gian-Kaspar; Tignor, Melinda; Allen, Simon; Boschung, Judith; Nauels, Alexander; Xia, Yu; Bex, Vincent & Midgley, Pauline (Hrsg.)]. Deutsche Übersetzung durch die deutsche IPCC-Koordinierungsstelle und Klimabüro für Polargebiete und Meeresspiegelanstieg, Bonn, 2017, <https://www.deutsches-klima-konsortium.de/de/klimafaq-1-1.html>, letzter Zugriff 25.08.2023.
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2021a): Climate change 2021 – The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Abb. SPM.1b
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2021b): Climate change 2021 – The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Abb. SPM.4a
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2021c): Climate change 2021 – The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Abb. SPM.8a
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2023): Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6), longer report, 85 S., verfügbar online: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>, letzter Zugriff 03.04.2023.
- International Dendrology Society (o. J.): Trees and Shrubs Online, A modern reference to temperate woody plants, Search, <https://www.treesandshrubsonline.org/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- IWW (2019): IWW untersucht Grundwasserqualität in der Landeshauptstadt Hannover, <https://iww-online.de/iww-untersucht-grundwasserqualitaet-in-der-landeshauptstadt-hannover/>, letzter Zugriff 04.10.2023.
- Jacob, Daniela; Petersen, Juliane; Eggert, Bastian; Alias, Antoinette; Christensen, Ole Bossing; Bouwer, Laurens; Braun, Alain; Colette, Augustin; Déqué, Michel; Georgievski, Goran; Georgopoulou, Elena; Gobiet, Andreas; Menut, Laurent; Nikulin, Grigory; Haensler, Andreas; Hempelmann, Nils; Jone, Colin; Keuler, Klaus; Kovats, Sari; Kröner, Nico; Kotlarski, Sven; Kriegsmann, Arne; Martin, Eric; van Meijgaard, Erik; Moseley, Christopher; Pfeifer, Susanne; Preuschmann, Swantje; Radermacher, Christiane; Radtke, Kai; Rechid, Diana; Rounsevell, Mark; Samuelsson, Patrick; Somot, Samuel; Soussana, Jean-Francois; Teichmann, Claas; Valentini, Riccardo; Vautard, Robert; Weber, Björn & You, Pascal (2014): EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research, In: *Reg Environ Change* (2014/14), S. 563–578, DOI 10.1007/s10113-013-0499-2.
- Kaplan, Stephen; Kaplan, Rachel & Wendt, John (1972): Rated preference and complexity for natural and urban visual material, *Perception & Psychophysics* Vol. 12 (4), Psychonomic Society, Austin, S. 354-356.
- Kasielke, Till & Buch, Corinne (2011): Urbane Böden im Ruhrgebiet, Online-Veröffentlichungen des Bochumer Botanischen Vereins 3 (7), S. 67-96.
- Kehr, Rolf (2008): Gehölzkrankheiten – Was gibt es neues bei Platane, Linde, Ahorn, Kastanie und Co.?, In: *Wir sind Bäume! Klima im Wandel: Konsequenzen für die Baumschulwirtschaft und die Gehölzverwendung*, 19. Veitshöchheimer Gartenbautage, Baumschultag 31. Januar 2008, S. 8-19.
- Kehr, Rolf (2022): Folgen der Dürresommer 2018-2020 am Beispiel von Buche und Ahorn, In: 38. Osnabrücker Baumpflegetag – Tagung, Fachmesse, Workshops, 6. & 7. September 2022, S. 27-48.
- Kiermeier, Peter (1995): Die Lebensbereiche der Gehölze: eingeteilt nach dem Kennziffersystem, 3. Ausgabe, Bund Deutscher Baumschulen, 108 S.

- Kirschbaum, Bernd; Sieker, Heiko; Steyer, Ruth; Büter, Björn; Lessmann, Dominika; von Tils, Robert; Becker, Carlo & Hübner, Sven (2019): Maßnahmen zur Hitzestress-Reduzierung anhand Verdunstungsabkühlung. In: Lozán, José; Breckle, Siegmund; Grassl, Hartmut; Kuttler, Wilhelm & Matzarakis, Andreas [Hrsg.]. Warnsignal Klima: Die Städte, S. 227-232, DOI:10.2312/warnsignal-klima.die-staedte.33.
- Kowarik, Ingo (1998): Auswirkungen der Urbanisierung auf Arten und Lebensgemeinschaften - Risiken, Chancen und Handlungsansätze, In: Schriften des BfN, Heft 29, Bann-Bad Godesberg, S. 173-190.
- Kreienkamp, Frank; Früh, Barbara; Kotlarski, Sven; Linke, Carsten; Olefs, Marc; Schauser, Inke; Schinko, Thomas; Schwierz, Cornelia; Walter, Andreas & Zimmer, Matthias (2022): Empfehlungen für die Charakterisierung ausgewählter Klimaszenarien, 9 S.
- Kreuzer, Angelika (2023): Schriftliche Mitteilung per E-Mail vom 14.08.2023, Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün, Bereich Öffentliche Grünflächen / 67.30 Zentrale Aufgaben.
- Krugmann, Gabriele & Bauditz, Stefanie (2022): Untersuchungen zum Stadtklima in der Landeshauptstadt Hannover, Berichte des DWD, in prep.
- Kucera, Ladislav (1993): Stadtbäume, In: Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 138/3, S. 191-202.
- Landeshauptstadt Hannover (LHH) (2009a): Lagebericht zur Stadtentwicklung 2008 –Großstädtevergleich & Schwerpunktthema, Schriften zur Stadtentwicklung 105, 72 S.
- Landeshauptstadt Hannover (LHH) (2009b): Erhaltung des Großen Teiches (Ententeich) in der vorderen Eilenriede, 67.7 Hannover, Informationsdrucksache Nr. 1137/2009, 4 S.
- Landeshauptstadt Hannover (LHH) (2011): Hannover ist Bundes-hauptstadt im Naturschutz - Auszeichnung für biologische Vielfalt, <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Umwelt-Nachhaltigkeit/Naturschutz/Mehr-Natur-in-der-Stadt/Hannover-ist-Bundes%C2%ADhauptstadt-im-Naturschutz>, Letzter Zugriff 20.07.2023.
- Landeshauptstadt Hannover (LHH) (2016a): Stadtentwicklungskonzept „Mein Hannover 2030“, 80 S.
- Landeshauptstadt Hannover (LHH) (2016b): Repräsentativerhebung 2015 – Sonderauswertung nach Soziodemografie und Stadtteilen, Schriften zur Stadtentwicklung 126, 242 S.
- Landeshauptstadt Hannover (LHH) (2017): Leben mit dem Klimawandel – Hannover passt sich an, Anpassungsstrategie und Maßnahmenprogramm 2012-2016, Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz – Heft 53, 2. Auflage, 48 S.
- Landeshauptstadt Hannover (LHH) (2021): Straßenbäume der Landeshauptstadt Hannover Jahresbericht 2019/2020, Anlage 1.
- Landeshauptstadt Hannover (LHH) (2022): Lagebericht zur Stadtentwicklung 2021 – Hannover im deutschen Großstädtevergleich, Schriften zur Stadtentwicklung 142, 90 S.
- Landeshauptstadt Hannover (LHH) (2023): SKH20\_Graustufen.jpg, <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Verwaltungen-Kommunen/Die-Verwaltung-der-Landeshauptstadt-Hannover/Dezernate-und-Fachbereiche-der-LHH/Stadtentwicklung-und-Bauen/Fachbereich-Planen-und-Stadtentwicklung/Geoinformation/Open-GeoData/Digitale-Stadtkarten/Stadtkarte-1-20-000-SKH20>, CC BY-SA 4.0 DE, letzter Zugriff 27.11.2023.
- Lebert, Matthias; Brunotte, Joachim & Sommer, Claus (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden / Regelungen zur Gefahrenabwehr, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL, Umweltbundesamt, Berlin, 131 S.
- Lechner, Andreas (2022): Zunehmend wärmere und trockenere Sommer in Mitteleuropa – Regionale Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt und die Vegetation, In: 38. Osnabrücker Baumpflegetage – Tagung, Fachmesse, Workshops, 6. & 7. September 2022, S. 65f.
- Leech, Susan March; Lara Almuedo, Pedro & O'Neill, Greg (2011): Assisted Migration: Adapting forest management to a changing climate, In: BC Journal of Ecosystems and Management 12(3), S. 18-34, <https://jem-online.org/forrex/index.php/jem/article/view/91/98>, letzter Zugriff 13.05.2023.
- Liebhart, Peter (1994): Einfluß der Primärbodenbearbeitung auf Lagerungsdichte, Porenvolumen und Porengrößenverteilung von Ackerböden im oberösterreichischen Zentralraum (Teil 3), Wien.

- Liesebach, Mirko (2018): Zur Bedeutung phänotypischer Variation von Bäumen im Klimawandel, In: 36. Osnabrücker Baumpflege – Tagung, Fachmesse, Workshops, 4. & 5. September 2018, S. 63-74.
- Limberg, Alexander; Hörmann, Ulrike & Verleger, Hartmut (2010): Modellentwicklung zur Berechnung des höchsten Grundwasserstandes im Land Berlin, In: Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, 17 (1/2), Cottbus, S. 23-37.
- Link, Fritz-Gerhard (2021): Mikroklima, Hitzestau und Starkniederschläge: Städte und Gemeinden klimafit machen, In: Hutter, Claus-Peter & Blessing, Karin [Hrsg.]: Kommunen klimafit machen: Mikroklima, Hitzestau und Starkniederschläge – Anpassungsstrategien für die Praxis einer klimaangepassten Stadt- und Regionalentwicklung. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Band 57, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, S. 15-23.
- Lorenz von Ehren Baumschule (2024): Nutzen Sie hier unsere schnelle Pflanzensuche, <https://www.lve-baumschule.de/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- Ludwig, Karl (2023): Ein Hoch auf Stadtbäume, In: Taspo Baumzeitung, 05/2023, S. 30-33.
- Ludwig, Lidia & Wolschke-Bulmahn, Joachim (2008): Julius Trip – Gärtner, Planer und Denker für Hannovers Grün (1890-1907), Fachbereich Umwelt und Stadtgrün in Zusammenarbeit mit der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, 42 S.
- Mathey, Juliane; Rößler, Stefanie; Lehmann, Iris; Bräuer, Anne; Goldberg, Valeri; Kurbjuhn, Cornelia & Westbeld, Anna (2011): Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel, Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 111, Bundesamt für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg, 220 S.
- Menke, Peter; Peters, Julia; Bauer, Joachim; Rohrbach, Jürgen; Kipar, Andreas & Ley, Karl-Friedrich (2014): Bäume in der Stadt, Wertvolle Gestalten im öffentlichen Grün, Stiftung DIE GRÜNE STADT, Bad Honnef, S. 8.
- Mette, Tobias & Falk, Wolfgang (2020): Extreme Trockenheit – wie sie auf Vitalität und Anbaurisiko von Waldbäumen wirkt, In: LWF aktuell 126 (3/2020), S. 30-34, online verfügbar: <https://www.lwf.bayern.de/bodenklima/baumartenwahl/253779/index.php>, letzter Zugriff 04.04.2023.
- Mette, Tobias; Brandl, Susanne & Kölling, Christian (2021): Climate Analogues for Temperate European Forests to Raise Silvicultural Evidence Using Twin Regions, In: Sustainability 2021, 13, 6522. <https://doi.org/10.3390/su13126522>, 21 S.
- Meusel, Hermann & Jäger, Eckehart (1992): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora, Band III, Gustav Fischer Verlag Jena.
- Meusel, Hermann; Jäger, Eckehart & Weinert, Erich (1965): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora, Band I, Gustav Fischer Verlag Jena.
- Meusel, Hermann; Jäger, Eckehart; Weinert, Erich & Rauschert, Stephan (1978): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora, Band II, Gustav Fischer Verlag Jena.
- Moser, Aster; Rötzer, Thomas; Pauleit, Stephan & Pretzsch, Hans (2017): Stadtbäume: Wachstum, Funktionen und Leistungen – Risiken und Forschungsperspektiven, In: Allgemeine Forst und Jagdzeitung 188. Jahrgang (Heft 5/6), S. 94-111, DOI: 10.23765/afz0002006.
- Münter, Christian (2022): Forscher: Stadtbäume kühlen mehr als Grünflächen, In: ProBaum, 2/2022, Patzer-Verlag, S. 25.
- Niedersächsischer Bildungsserver (NIBIS) (2017): BK50 – Bodenkunde – Allgemeine Bodenkarten – Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50 000, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1yXjw7gN>, letzter Zugriff 06.10.2023.
- Niedersächsischer Bildungsserver (NIBIS) (2018a): BK50 - Auswertung: Grundwasserstufe, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=2UUHyd2t>, letzter Zugriff 06.10.2023.
- Niedersächsischer Bildungsserver (NIBIS) (2018b): Bodenkunde: Bodenversiegelung und Landbedeckung, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1zgOBepD>, letzter Zugriff 27.11.2023.

Niedersächsisches Landesamt für Statistik (LSN) (2023): Meine Gemeinde, meine Stadt - ausgewählte Daten auf Verwaltungseinheitsebene (VE) - Gebietsstand: 01.11.2021, <https://www.nls.niedersachsen.de/gemeinden/G241001.html>, letzter Zugriff 18.07.2023.

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) (2020): Grundwasserbericht Niedersachsen, Sonderausgabe zur Grundwasserstandssituation in den Trockenjahren 2018 und 2019, Grundwasser, Band 41, verfügbar über <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/grundwasser/grundwasserbericht/grundwasserbericht-150294.html>, letzter Zugriff 04.10.2023.

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) (2023): Grundwasser Messwerte, <https://www.grundwasserstandonline.nlwkn.niedersachsen.de/Karte>, letzter Zugriff 05.10.2023.

Nörr, Robert & Mössmer, Reinhard (2003): Deformierte Wurzeln – eine unterschätzte Gefahr für die Stabilität, In: Wald und Holz 10/03, S. 39-42.

O'Neill, Gregory; Ukrainetz, Nicholas; Carlson, Michael; Cartwright, Charles; Jaquish, Barry; King, John; Krakowski, Jodie; Russell, John; Stoehr, Michael; Xie, Chang-Yi & Yanchuk, Alwin (2008): Assisted Migration to Address Climate Change in British Columbia, Recommendations for Interim Seed Transfer Standards, B.C. Ministry of Forest and Range, Technical Report 048, 28 S., [www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Tr/Tr048.htm](http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Tr/Tr048.htm).

Peltzer, Detlef (2014): Keine Angst vor Exoten. Erfahrungen mit „neuen Bäumen“ im städtischen Kontext, In: 32. Osnabrücker Baumpflegetage – Tagung, Fachmesse, Workshops, 2. & 3. September 2014, S. 121-131.

Pinski, Jan (2023a): Schriftliche Mitteilung per E-Mail vom 04.09.2023, Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün, Bereich Baum und Flächenschutz / 67.33.

Pinski, Jan (2023b): Schriftliche Mitteilung per E-Mail vom 04.10.2023, Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün, Bereich Baum und Flächenschutz / 67.33.

Plantamus – Vivero online (o. J.): Tu tienda de plantas, árboles y productos de jardinería online, Buscar, <https://plantamus.com/>, letzter Zugriff 07.01.2024.

Pommnitz, Mark & Burkhardt, Helena (2022): Kohlenstoffvorräte von Einzelbäumen, In: ProBaum, 2/2022, Patzer-Verlag, S. 19-21.

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) (2018): Stärkere Belege für Abschwächung des Golfstromsystems, <https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/staerkere-belege-fuer-abschwaechung-des-golfstromsystems>, letzter Zugriff 26.10.2023.

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) (2021): Meeresströmung im Atlantik nähert sich möglicherweise kritischer Schwelle, <https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/meeresstroemung-im-atlantik-naehert-sich-moeglicherweise-kritischer-schwelle>, letzter Zugriff 26.10.2023.

Rahmstorf, Stefan (2004): Abrupte Klimawechsel, In: Münchener Rück, Wetterkatastrophen und Klimawandel, S. 71-75.

RAS-LP 4 (1999): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Landschaftspflege, Abschnitt 4: Schutz von Bäumen, Vegetationsbeständen und Tieren bei Baumaßnahmen, FGSV-Nr.: 293/4.

Reichwein, Sabine (2002): Baumwurzeln unter Verkehrsflächen – Untersuchungen zu Schäden an Verkehrsflächen durch Baumwurzeln und Ansätze zur Schadensbehebung und Schadensvermeidung, Beiträge zur räumlichen Planung Heft 66, 306 S.

Rendenbach, Axel (2015): Bestimmung des Baumalters, Gegenüberstellung verschiedener Bestimmungsmethoden der Praxis, Deutsche Akademie für Sachverständige, Düsseldorf.

Roloff, Andreas & Bärtels, Andreas (2018): Flora der Gehölze, Bestimmung – Eigenschaften – Verwendung, 5. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart, 911 S.

Roloff, Andreas; Bonn, Stephan & Gillner, Sten (2008): Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt – Entscheidungsfindung mit der Klima-Arten-Matrix (KLAM), Frankfurt.

Rötzer, Thomas (2021): Stadtbäume im Klimawandel: Wuchsverhalten, Ökosystemleistungen und Perspektiven, In: Hutter, Claus-Peter & Blessing, Karin [Hrsg.]: Kommunen klimafit machen: Mikroklima, Hitzestau und Starkniederschläge – Anpassungsstrategien für die Praxis einer klimaangepassten Stadt- und

Regionalentwicklung. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Band 57, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, S. 146-158.

San-Miguel-Ayanz, Jesús; de Rigo, Daniele; Caudullo, Giovanni; Houston Durrant, Tracy; Mauri, Achille (2016): European Atlas of Forest Tree Species, Publication Office of the European Union, Luxembourg, <https://forest.jrc.ec.europa.eu/en/european-atlas/atlas-download-page/>, letzter Zugriff 08.10.2023.

Schmidt, Katharina & Poppendiek, Hans-Helmut (2019): Pflanzenreaktionen auf das Stadtklima. In: Lozán, José; Breckle, Siegmund; Grassl, Hartmut; Kuttler, Wilhelm & Matzarakis, Andreas [Hrsg.]: Warnsignal Klima: Die Städte, S. 159-165, DOI:10.2312/warnsignal-klima.die-staedte.23.

Schmidt, Olaf (2009): Miniermotten, Citrusbock und Webebär ante portas, Neozoen an Gehölzen: Globalisierung und Klimawandel zeigen neue »Reisewege«, In: LWF aktuell 73, S. 15-17.

Schönfeld, Philipp (2018): Befunde zur Verwendung von Bäumen in Muldensystemen im Rahmen der Regenwasserbewirtschaftung, In: Pro Baum 04/2018, <https://neuelandschaft.de/artikel/befunde-zur-verwendung-von-baeumen-in-muldensystemen-im-rahmen-der-regenwasserbewirtschaftung-5964>, letzter Zugriff 26.09.2023.

Schönfeld, Philipp (2019): „Klimabäume“ – welche Arten können in Zukunft gepflanzt werden?, LWG aktuell.

Schönfeld, Philipp (2021): Stadtbäume unter Stress: Sind Silberlinde, Hainbuche und Hopfenbuche Alternativen zu den vom Klimawandel bedrohten, heimischen Baumarten?, In: Hutter, Claus-Peter & Blessing, Karin [Hrsg.]: Kommunen klimafit machen: Mikroklima, Hitzestau und Starkniederschläge – Anpassungsstrategien für die Praxis einer klimaangepassten Stadt- und Regionalentwicklung. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Band 57, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, S. 159-172.

Schönfeld, Philipp (2022): Die Silberlinde und ihre Sorten als Stadtbaum, LWG, Institut für Stadtgrün und Landschaftsbau (ISL)

Schuldt, Bernhard; Buras, Allan; Arend, Matthias; Vitasse, Yann; Beierkuhnlein, Carl; Damm, Alexander; Gharun, Mana; Grams, Thorsten; Hauck, Markus; Hajek, Peter; Hartmann, Henrik; Hiltbrunner, Erika; Hoch, Günter; Holloway-Phillips, Meisha; Körner, Christian; Larysch, Elena; Lübke, Torben; Nelson, Daniel; Rammig, Anja; Rigling, Andreas; Rose, Laura; Ruehr, Nadine; Schumann, Katja; Weiser, Frank; Werner, Christiane; Wohlgemuth, Thomas; Zang, Christian & Kahmen, Ansgar (2020): A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests, In: Basic and Applied Ecology 45 (2020), S. 86-103, <https://doi.org/10.1016/j.baae.2020.04.003>.

Schüler, Silvio; Grabner, Michael; Karanitsch-Ackerl, Sandra; Fluch, Silvia; Jandl, Robert; Geburek, Thomas & Konrad, Heino (2013): Fichte – fit für den Klimawandel?, In: BFW.Praxisinformation, Nr. 31 2013: Die Fichte – Brotbaum oder Problemkind?, Wien, S. 10-12.

Semerci, Akkin; Semerci, Hacer; Caliskan, Belma; Cicek, Nuran; Ekmekci, Yasemin & Mencuccini, Maurizio (2016): Morphological and physiological responses to drought stress of European provenances of Scots pine, In: Eur J Forest Res (2017) 136, S. 91–104, DOI 10.1007/s10342-016-1011-6.

Sheets, Virgil & Manzer, Chris (1991): Affect, Cognition, and urban vegetation – Some Effects of adding trees along streets, In: ENVIRONMENT AND BEHAVIOR, Vol. 23 No. 3, May 1991, S. 285-304.

Shigo, Alex & Marx, Harold (1977): Compartmentalization of Decay in Trees, U.S. Department of Agriculture - Forest Service, Agriculture Information, Bulletin No. 405, 76 S.

Sinning, Heidi (2007): Stadtplanung – Stadtentwicklung – Stadtmanagement: Herausforderungen für eine Nationale Stadtentwicklungspolitik, In: vhw FW 6, Stadtentwicklung: Herausforderungen für eine Nationale Stadtentwicklungspolitik, Dezember 2007, S. 303-308.

Smardon, Richard (1988): Perception and Aesthetics of the Urban Environment: Review of the Role of Vegetation, In: Landscape and Urban Planning, 15 (1988) 85 106 Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, S. 85-106.

Snowdon, Astrid (2006): Grün und Stadtklima, In: 24. Osnabrücker Baumpflegetage, 5. & 6. September 2006.

Stainer, Reinhold (2011): Klimawandel und Auswirkungen auf den Südtiroler Obstbau, In: Obstbau Weinbau - Fachmagazin des Südtiroler Beratungsrings, 48(1), S. 13-16.

Ste-Marie, Catherine; Nelson, Elizabeth; Dabros, Anna & Bonneau, Marie-Eve (2011): Assisted migration: Introduction to a multifaceted concept, In: The Forestry Chronicle vol. 87, n°6, Nov./Dez. 2011, S. 724-730.

Stimm, Bernd; Blaschke, Helmut; Rothkegel, Wolfram & Ruppert, Ottmar (2013): Stabilität hat tiefe Wurzeln, Die ideale Forstpflanze: Aspekte einer funktionalen Beziehung zwischen Wurzel und Spross, In: LWF aktuell 93, S. 9-14.

Stoisser, Thomas (2019): bild-0419-seite-69-bild-0001\_gyzdombugqya-417x300.jpg, <https://www.freiraum-gestalten.info/magazin/archiv/wurzelraum-erweitern,QUIEPTYyNzAzNTEmTUIEPT3NjgwOQ.html>, letzter Zugriff 31.10.2023.

Streckenbach, Markus; Stützel, Thomas; Bennerscheidt, Christoph & Schröder, Klaus (2007): Wurzeln und unterirdische Infrastruktur – Forschung und Praxis in Osnabrück, In: AFZ-DerWald, 04/2007, S. 194-196.

Strona, Giovanni; Mauri, Achille & San-Miguel-Ayanz, Jesús (2016): Data Descriptor: EU-Forest, a high-resolution tree occurrence dataset for Europe, In: SCIENTIFIC DATA, 4:160123, 8 S., DOI: 10.1038/sdata.2016.123.

Tebaldi, Claudia; Debeire, Kevin; Eyring, Veronika; Fischer, Erich; Fyfe, John; Friedlingstein, Pierre; Knutti, Reto; Lowe, Jason; O'Neill, Brian; Sanderson, Benjamin; van Vuuren, Detlef; Riahi, Keywan; Meinshausen, Malte; Nicholls, Zebedee; Tokarska, Katarzyna; Hurtt, George; Kriegler, Elmar; Lamarque, Jean-Francois; Meehl, Gerald; Moss, Richard; Bauer, Susanne; Boucher, Olivier; Brovkin, Victor; Byun, Young-Hwa; Dix, Martin; Gualdi, Silvio; Guo, Huan; John, Jasmin; Kharin, Slava; Kim, YoungHo; Koshiro, Tsuyoshi; Ma, Libin; Olivé, Dirk; Panickal, Swapna; Qiao, Fangli; Rong, Xinyao; Rosenbloom, Nan; Schupfner, Martin; Séférian, Roland; Sellar, Alistair; Semmler, Tido; Shi, Xiaoying; Song, Zhenya; Steger, Christian; Stouffer, Ronald; Swart, Neil; Tachiiri, Kaoru; Tang, Qi; Tatebe, Hiroaki; Voldoire, Aurore; Volodin, Evgeny; Wyser, Klaus; Xin, Xiaoge; Yang, Shuting; Yu, Yongqiang; & Ziehn, Tilo (2021): Climate model projections from the Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) of CMIP6, Earth Syst. Dynam., 12, 253–293, <https://doi.org/10.5194/esd-12-253-2021>.

Teichmann, Thomas (2006): Stressresistenz von Bäumen – Beiträge von Physiologie und Molekularbiologie, In: 24. Osnabrücker Baumpflegetage, 5. & 6. September 2006.

Tomiczek, Christian (o.J.): Wurzelraum und mechanische Wurzelschäden, <https://www.stadtbaum.at/index.php/wurzelraum-schaeden>, letzter Zugriff 12.07.2023.

Turulski, Anna-Sofie (2023): Urbanisierungsgrad: Anteil der Stadtbewohner an der Gesamtbevölkerung in Deutschland in den Jahren von 2000 bis 2021, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/662560/umfrage/urbanisierung-in-deutschland/>, letzter Zugriff 28.06.2023.

Umweltbundesamt (UBA) (2013): Kippt der Golfstrom und kommt es daher in Europa zu einer Abkühlung?, <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/kippt-der-golfstrom-kommt-es-daer-in-europa-zu>, letzter Zugriff 26.10.2023.

Umweltbundesamt (UBA) (2023): Bodenversiegelung, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung#was-ist-bodenversiegelung>, letzter Zugriff 11.07.2023.

Van den Berk Baumschulen (o. J.): Suche, <https://www.vdberk.de/>, letzter Zugriff 07.01.2024.

Vitt, Pati; Havens, Kayri; Kramer; Sollenberger, David & Yates, Emily (2009): Assisted migration of plants: Changes in latitudes, changes in attitudes, In: Biological Conservation 143 (2010), S. 18–27, doi:10.1016/j.biocon.2009.08.015.

VIVERS CAREX (o. J.): Catálogo, <http://www.carex.cat/es/corporate-menu/productes-excel.aspx>, letzter Zugriff 07.01.2024.

Völlmar, Björn (2017): Wir müssen Boden gut machen - Versiegelte Fläche in Niedersachsen nimmt zu, LBEG, Geozentrum Hannover, <https://www.lbeg.niedersachsen.de/aktuelles/pressemitteilungen/wir-muessen-boden-gut-machen---versiegelte-flaeche-in-niedersachsen-nimmt-zu--159405.html>, letzter Zugriff 04.06.2023.

Walthert, Lorenz; Ganthaler, Andrea; Mayr, Stefan; Saurer, Matthias; Waldner, Peter; Walser, Marco; Zweifel, Roman & von Arx, Georg (2020): From the comfort zone to crown dieback: Sequence of physiological stress thresholds in mature European beech trees across progressive drought, In: Science of the Total Environment 753 (2021) 141792, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141792>.

Wąs, Sylwia (2021): CO2-neutrale Welt – auf der Agenda des 21. Jahrhunderts?, In: Hutter, Claus-Peter & Blessing, Karin [Hrsg.]: Kommunen klimafit machen: Mikroklima, Hitzestau und Starkniederschläge – Anpassungsstrategien für die Praxis einer klimaangepassten Stadt- und Regionalentwicklung. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Band 57, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, S. 92-106.

- Weichselsdorfer, Georg (2012): Wurzelwerk im Längsschnitt, Theoretische Wurzelausbreitung an einem idealen Baumstandort, <https://treeworxs.de/baumschutz.html>, letzter Zugriff 09.10.2023.
- Weil, Stephan (2008): Grußworte in: Ludwig, Lidia & Wolschke-Bulmahn, Joachim: Julius Trip – Gärtner, Planer und Denker für Hannovers Grün (1890-1907), Fachbereich Umwelt und Stadtgrün in Zusammenarbeit mit der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, S. 2.
- Wessolek, Gerd (2014): Bodenüberformung und -versiegelung, <https://doi.org/10.1002/9783527678495.hbbk2001002>.
- WetterKontor GmbH (o.J.): Wetterrückblick Hannover Flughafen, Datenquelle: DWD, <https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/rueckblick.asp?id=81>, Abfrage vom 19.09.2023.
- Wilcke, Renate; Bärring, Lars; Dobler, Andreas; Nikulin, Grigory; Vautard, Robert; Vrac, Mathieu; Braconnot, Pascale; Otto, Juliane & Haugen, Jan Eric (2015): CLIPC DELIVERABLE (D -N°: 6.1) - Climate model data for Europe, Community research.
- Williams, Mary & Dumroese, Kasten (2013): Preparing for Climate Change: Forestry and Assisted Migration, Review Article, In: Journal of Forestry 111 (4), S. 287-297, <http://dx.doi.org/10.5849/jof.13-016>.
- WMO (2022): 2021 one of the seven warmest years on record, WMO consolidated data shows, online verfügbar: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/2021-one-of-seven-warmest-years-record-wmo-consolidated-data-shows>, letzter Zugriff 03.04.2023.
- Wolff, Rüdiger (1996): Das Infiltrationspotenzial von Stadtböden am Beispiel Hamburgs, In: Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft [Hrsg.]: Urbaner Bodenschutz, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 69-81, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-79027-0>.
- Wrede, Andreas; Ufer, Thorsten; Averdiek, Hendrik (2019): EIP-Projekt "Klimawandel und Baumsortimente der Zukunft – Stadtgrün 2025", Abschlussbericht, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Gartenbau, 39 S.
- Zehm, Andreas (2021): Interview mit Dr. Susanne Böll und Dr. Andreas Zehm Quo vadis Biodiversitätsschutz? Einheimische Stadtbäume im Klimawandel, In: ANLIEGEN NATUR 43(1), 2021.
- Zeiser, Anna; Murer, Erwin; Schmidt, Stefan; Kumpan, Monika; Strauss, Peter & Weninger, Thomas (2021): Schwammstadt für Stadtbäume - Funktionsorientierte Substratentwicklung am Beispiel des multifunktionalen Wurzelraums, Aqua Urbanica 2021, Innsbruck.
- Zimmerling, David (2019): Wurzelraum erweitern – Baumpflanztechnik Strukturboden, In: FREIRAUMGESTALTER, Magazin für Planung, Bau und Ausstattung, 04/2019, S. 68-71.
- Zölch, Teresa (2021): Das Potential grüner Infrastruktur für klimaorientierte Kommunen am Beispiel des Projekts „Klimaschutz und Grüne Infrastruktur in der Stadt“, In: Hutter, Claus-Peter & Blessing, Karin [Hrsg.]: Kommunen klimafit machen: Mikroklima, Hitzestau und Starkniederschläge – Anpassungsstrategien für die Praxis einer klimaangepassten Stadt- und Regionalentwicklung. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Band 57, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, S. 86-91.

## **12 Danksagung**

Ich danke dem World Climate Research Programme, das über seine Working Group on Coupled Modelling Datenprodukte des sechsten Klimasachstandsbericht des Weltklimarats IPCC „CMIP6“ koordiniert und fördert. Ich danke insbesondere für die Erstellung und Bereitstellung der Modellergebnisse durch Earth System Grid Federation (ESGF), das Deutsche Klimarechenzentrum (DKRZ) und WorldClim.

## 13 Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Hambühren, 10.01.2024

A handwritten signature in black ink that reads "Emilie Kasper". The signature is written in a cursive style with a long horizontal stroke extending to the right.

# 14 Anhang

## Anhang A: Vollständige Liste der Stadtbaumarten Hannovers (Kreuzer 2023)

Gesamtanzahl	113.388		100,0%
<b>Quercus, Eiche</b>	<b>20.552</b>		<b>18,1%</b>
<i>Quercus robur</i> , Stiel-Eiche	18.973	92,3%	16,7%
<i>Quercus rubra</i> , Amerikanische Roteiche	699	3,4%	0,6%
<i>Quercus cerris</i> , Zerr-Eiche	240	1,2%	0,2%
<i>Quercus palustris</i> , Sumpf-Eiche	188	0,9%	0,2%
<i>Quercus petraea</i> , Trauben-Eiche	169	0,8%	0,1%
<i>Quercus frainetto</i> , Ungarische Eiche	108	0,5%	0,1%
<i>Quercus x turneri</i> , Wintergrüne Eiche	9	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus coccinea</i> , Scharlach-Eiche	8	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus macranthera</i> , Persische Eiche	7	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus alba</i> , Weiß-Eiche	2	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus bicolor</i> , Zweifarbig Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus dentata</i> , Kaiser-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus ilicifolia</i> , Busch-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus imbricaria</i> , Schindel-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus libani</i> , Libanon-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus montana</i> , Kastanien-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus nigra</i> , Wasser-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus nutallii</i> , Nutall-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus phellos</i> , Weiden-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus pontica</i> , Pontische Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus pubescens</i> , Flaum-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus velutina</i> , Färber-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus x bushii</i> , Mississippi-Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus x leana</i> , Leas Eiche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Quercus spec.</i> , Eiche (Art nicht bekannt)	135	0,7%	0,1%
<b>Tilia, Linde</b>	<b>18.849</b>		<b>16,6%</b>
<i>Tilia x intermedia</i> , Holländische Linde	11.813	62,7%	10,4%
<i>Tilia cordata</i> , Winter-Linde	2.979	15,8%	2,6%
<i>Tilia tomentosa</i> , Silber-Linde	826	4,4%	0,7%
<i>Tilia platyphyllos</i> , Sommer-Linde	383	2,0%	0,3%
<i>Tilia euchlora</i> , Krim-Linde	364	1,9%	0,3%
<i>Tilia moltkei</i> , Moltke-Linde	85	0,5%	0,1%
<i>Tilia americana</i> , Amerikanische Linde	48	0,3%	<0,1%
<i>Tilia x flaccida</i> , Flattrige Linde	48	0,3%	<0,1%
<i>Tilia flavescens</i> , Kegel-Linde	10	0,1%	<0,1%
<i>Tilia petiolaris</i> , Hängende Silber-Linde	4	<0,1%	<0,1%
<i>Tilia henryana</i> , Henrys Linde	3	<0,1%	<0,1%
<i>Tilia heterophylla</i> , Verschiedenblättrige Linde	3	<0,1%	<0,1%
<i>Tilia spec.</i> , Linde (Art nicht bekannt)	2.283	12,1%	2,0%

<b>Acer, Ahorn</b>	<b>16.146</b>		<b>14,2%</b>
<i>Acer platanoides</i> , Spitz-Ahorn	7.248	44,9%	6,4%
<i>Acer campestre</i> , Feld-Ahorn	5.655	35,0%	5,0%
<i>Acer pseudoplatanus</i> , Berg-Ahorn	2.438	15,1%	2,2%
<i>Acer saccharinum</i> , Silber-Ahorn	212	1,3%	0,2%
<i>Acer rubrum</i> , Rot-Ahorn	192	1,2%	0,2%
<i>Acer monspessulanum</i> , Felsen-Ahorn	65	0,4%	0,1%
<i>Acer negundo</i> , Eschenblättriger Ahorn	49	0,3%	<0,1%
<i>Acer ginnala</i> , Feuer-Ahorn	42	0,3%	<0,1%
<i>Acer neglectum</i> , Zoeschener Ahorn	28	0,2%	<0,1%
<i>Acer saccharum</i> , Zucker-Ahorn	11	0,1%	<0,1%
<i>Acer palmatum</i> , Fächer-Ahorn	8	<0,1%	<0,1%
<i>Acer buergerianum</i> , Dreispitz-Ahorn	7	<0,1%	<0,1%
<i>Acer x freemanii</i> , Freeman-Ahorn	6	<0,1%	<0,1%
<i>Acer opalus</i> , Schneeballblättriger Ahorn	5	<0,1%	<0,1%
<i>Acer cappadocicum</i> , Kolchischer Ahorn	4	<0,1%	<0,1%
<i>Acer carpinifolium</i> , Hainbuchen-Ahorn	3	<0,1%	<0,1%
<i>Acer maximowiczianum</i> , Nikko-Ahorn	3	<0,1%	<0,1%
<i>Acer griseum</i> , Zimtahorn	2	<0,1%	<0,1%
<i>Acer capillipes</i> , Schlangenhaut-Ahorn	1	<0,1%	<0,1%
<i>Acer cissifolium</i> , Cissusblättriger Ahorn	1	<0,1%	<0,1%
<i>Acer japonicum</i> , Japanischer Feuerahorn	1	<0,1%	<0,1%
<i>Acer spec.</i> , Ahorn (Art nicht bekannt)	171	1,1%	0,2%
<b>Carpinus, Hainbuche</b>	<b>10.708</b>		<b>9,4%</b>
<i>Carpinus betulus</i> , Hainbuche	10.706	100,0%	9,4%
<i>Carpinus caroliniana</i> , Amerikanische Hainbuche	2	<0,1%	<0,1%
<b>Fraxinus, Esche</b>	<b>4.297</b>		<b>3,8%</b>
<i>Fraxinus excelsior</i> , Gemeine Esche	3.810	88,7%	3,4%
<i>Fraxinus angustifolia</i> , Schmalblättrige Esche	180	4,2%	2,0%
<i>Fraxinus ornus</i> , Blumen-Esche	108	2,5%	0,1%
<i>Fraxinus americana</i> , Weiß-Esche	73	1,7%	0,1%
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> , Pennsylvanische Esche	52	1,2%	<0,1%
<i>Fraxinus paxiana</i> , Chinesische Blumen-Esche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Fraxinus spec.</i> , Esche (Art nicht bekannt)	73	1,7%	0,1%
<b>Betula, Birke</b>	<b>4.058</b>		<b>3,6%</b>
<i>Betula pendula</i> , Gemeine Birke	3.717	91,2%	3,3%
<i>Betula papyrifera</i> , Papier-Birke	148	3,6%	0,1%
<i>Betula utilis</i> , Himalaya-Birke	77	1,9%	0,1%
<i>Betula ermanii</i> , Ermanns Birke	20	0,5%	<0,1%
<i>Betula maximowicziana</i> , Lindenblättrige Birke	13	0,3%	<0,1%
<i>Betula platyphylla</i> , Japanische Weiß-Birke	12	0,3%	<0,1%
<i>Betula pubescens</i> , Moor-Birke	11	0,3%	<0,1%
<i>Betula nigra</i> , Schwarz-Birke	9	0,2%	<0,1%
<i>Betula medwediewii</i> , Transkaukasische Birke	3	0,1%	<0,1%
<i>Betula albosinensis</i> , Kupfer-Birke	1	<0,1%	<0,1%
<i>Betula lenta</i> , Zucker-Birke	1	<0,1%	<0,1%
<i>Betula spec.</i> , Birke (Art nicht bekannt)	46	1,1%	<0,1%

<b>Platanus, Platane</b>	<b>3.591</b>		<b>3,2%</b>
<i>Platanus x acerifolia</i> , Ahornblättrige Platane	3.591	100,0%	3,2%
<b>Alnus, Erle</b>	<b>3.336</b>		<b>2,9%</b>
<i>Alnus glutinosa</i> , Schwarz-Erle	2.632	78,9%	2,3%
<i>Alnus cordata</i> , Herzblättrige Erle	260	7,8%	0,2%
<i>Alnus x spaethii</i> , Purpur-Erle	196	5,9%	0,2%
<i>Alnus incana</i> , Grau-Erle	184	5,5%	0,2%
<i>Alnus spec.</i> , Erle (Art nicht bekannt)	64	1,9%	0,1%
<b>Taxus, Eibe</b>	<b>3.094</b>		<b>2,7%</b>
<i>Taxus baccata</i> , Gewöhnliche Eibe	3.094	100,0%	2,7%
<b>Sorbus, Mehl- oder Vogelbeere</b>	<b>3.006</b>		<b>2,6%</b>
<i>Sorbus intermedia</i> , Schwedische Mehlbeere	1.808	60,1%	1,6%
<i>Sorbus aria</i> , Mehlbeere	374	12,4%	0,3%
<i>Sorbus aucuparia</i> , Eberesche	318	10,6%	0,3%
<i>Sorbus latifolia</i> , Breitblättrige Mehlbeere	306	10,2%	0,3%
<i>Sorbus x thuringiaca</i> , Thüringische Mehlbeere	64	2,1%	0,1%
<i>Sorbus domestica</i> , Speierling	19	0,6%	<0,1%
<i>Sorbus torminalis</i> , Elsbeere	9	0,3%	<0,1%
<i>Sorbus decora</i> , Prunk-Eberesche	5	0,2%	<0,1%
<i>Sorbus alnifolia</i> , Erlenblättrige Mehlbeere	2	0,1%	<0,1%
<i>Sorbus commixta</i> , Japanische Eberesche	2	0,1%	<0,1%
<i>Sorbus bristoliensis</i> , Bristol Eberesche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Sorbus x decipiens</i> , Hybrid-Mehlbeere	1	<0,1%	<0,1%
<i>Sorbus spec.</i> , Mehl- oder Vogelbeere (Art nicht bekannt)	97	3,2%	0,1%
<b>Prunus, Kirsche</b>	<b>2.718</b>		<b>2,4%</b>
<i>Prunus avium</i> , Vogel-Kirsche	948	34,9%	0,8%
<i>Prunus padus</i> , Trauben-Kirsche	550	20,2%	0,5%
<i>Prunus domestica</i> , Zwetschge	176	6,5%	0,2%
<i>Prunus serrulata</i> , Japanische Blütenkirsche	139	5,1%	0,1%
<i>Prunus cerasifera</i> , Kirschpflaume	120	4,4%	0,1%
<i>Prunus serotina</i> , Spätblühende Trauben-Kirsche	119	4,4%	0,1%
<i>Prunus mahaleb</i> , Felsen-Kirsche	113	4,2%	0,1%
<i>Prunus subhirtella</i> , Schnee-Kirsche	36	1,3%	<0,1%
<i>Prunus spinosa</i> , Schlehe	35	1,3%	<0,1%
<i>Prunus 'Accolade'</i> , Japanische Blütenkirsche	34	1,3%	<0,1%
<i>Prunus fruticosa</i> , Steppen-Kirsche	16	0,6%	<0,1%
<i>Prunus x schmittii</i> , Spiegelrinden-Kirsche	14	0,5%	<0,1%
<i>Prunus sargentii</i> , Berg-Kirsche	8	0,3%	<0,1%
<i>Prunus x yedoensis</i> , Yoshino-Kirsche	4	0,1%	<0,1%
<i>Prunus hillieri</i> , Hillier-Kirsche	4	0,1%	<0,1%
<i>Prunus armeniaca</i> , Aprikose	1	<0,1%	<0,1%
<i>Prunus serrula</i> , Mahagoni-Kirsche	1	<0,1%	<0,1%
<i>Prunus spec.</i> , Kirsche oder Pflaume (Art nicht bekannt)	400	14,7%	0,4%

<b>Populus, Pappel</b>	<b>2.706</b>		<b>2,4%</b>
<i>Populus nigra</i> , Schwarz-Pappel	933	34,5%	0,8%
<i>Populus tremula</i> , Zitter-Pappel	580	21,4%	0,5%
<i>Populus alba</i> , Silber-Pappel	176	6,5%	0,2%
<i>Populus canadensis</i> , Kanadische Pappel	160	2,2%	0,1%
<i>Populus x canescens</i> , Grau-Pappel	87	3,2%	0,1%
<i>Populus simonii</i> , Birken-Pappel	80	3,0%	0,1%
<i>Populus x berolinensis</i> , Berliner Lorbeerpappel	32	1,2%	<0,1%
<i>Populus balsamifera</i> , Balsam-Pappel	7	0,3%	<0,1%
<i>Populus maximowiczii</i> , Maximowiczs Balsampappel	1	<0,1%	<0,1%
<i>Populus spec.</i> , Pappel (Art nicht bekannt)	650	24,0%	0,6%
<b>Pinus, Kiefer</b>	<b>2.683</b>		<b>2,4%</b>
<i>Pinus nigra</i> , Schwarz-Kiefer	1.648	61,4%	1,5%
<i>Pinus sylvestris</i> , Wald-Kiefer	949	35,4%	0,8%
<i>Pinus mugo</i> , Berg-Kiefer	4	0,1%	<0,1%
<i>Pinus strobus</i> , Weymouths-Kiefer	4	0,1%	<0,1%
<i>Pinus ponderosa</i> , Gelb-Kiefer	2	0,1%	<0,1%
<i>Pinus densiflora</i> , Rot-Kiefer	1	<0,1%	<0,1%
<i>Pinus jeffreyi</i> , Jeffrey's Kiefer	1	<0,1%	<0,1%
<i>Pinus parviflora</i> , Mädchen-Kiefer	1	<0,1%	<0,1%
<i>Pinus resinosa</i> , Amerikanische Rot-Kiefer	1	<0,1%	<0,1%
<i>Pinus rigida</i> , Pech-Kiefer	1	<0,1%	<0,1%
<i>Pinus spec.</i> , Kiefer (Art nicht bekannt)	71	2,6%	0,1%
<b>Robinia, Robinie</b>	<b>2.576</b>		<b>2,3%</b>
<i>Robinia pseudoacacia</i> , Robinie	2.556	99,2%	2,3%
<i>Robinia spec.</i> , Robinie (Art nicht bekannt)	20	0,8%	<0,1%
<b>Aesculus, Rosskastanie</b>	<b>2.529</b>		<b>2,2%</b>
<i>Aesculus hippocastanum</i> , Gewöhnliche Roßkastanie	1.840	72,8%	1,6%
<i>Aesculus x carnea</i> , Rotblühende Kastanie	652	25,8%	0,6%
<i>Aesculus flava</i> , Gelbe Pavie	33	1,3%	<0,1%
<i>Aesculus chinensis</i> , Chinesische Rosskastanie	1	<0,1%	<0,1%
<i>Aesculus parviflora</i> , Strauch-Rosskastanie	1	<0,1%	<0,1%
<i>Aesculus x hybrida</i> , Allegheny-Rosskastanie	1	<0,1%	<0,1%
<i>Aesculus x woerlitzensis</i> , Wörlitzer Rosskastanie	1	<0,1%	<0,1%
<b>Salix, Weide</b>	<b>2.018</b>		<b>1,8%</b>
<i>Salix alba</i> , Silber-Weide	1.239	61,4%	1,1%
<i>Salix caprea</i> , Sal-Weide	278	13,8%	0,2%
<i>Salix matsudana</i> , Korkenzieher-Weide	46	2,3%	<0,1%
<i>Salix spec.</i> , Weide (Art nicht bekannt)	455	22,5%	0,4%
<b>Crataegus, Rot-, Weiß- oder Apfeldorn</b>	<b>1.707</b>		<b>1,5%</b>
<i>Crataegus monogyna</i> , Eingrifflicher Weißdorn	808	47,3%	70,0%
<i>Crataegus laevigata</i> , Zweigrifflicher Weißdorn	158	9,3%	0,1%
<i>Crataegus lavalleyi</i> , Apfeldorn	149	8,7%	0,1%
<i>Crataegus x prunifolia</i> , Pflaumenblättriger Weißdorn	128	7,5%	0,1%
<i>Crataegus crus-galli</i> , Hahnensporn-Weißdorn	8	0,5%	<0,1%

<i>Crataegus coccinea</i> , Scharlach-Weißdorn	4	0,2%	<0,1%
<i>Crataegus intricata</i> , Verworrener Weißdorn	2	0,1%	<0,1%
<i>Crataegus spec.</i> , Rot-, Weiß- oder Apfeldorn (Art nicht bekannt)	450	26,4%	0,4%
<b>Fagus, Buche</b>	<b>1.401</b>		<b>1,2%</b>
<i>Fagus sylvatica</i> , Rotbuche	1.363	97,3%	1,2%
<i>Fagus crenata</i> , Gekerbte Buche	3	0,2%	<0,1%
<i>Fagus grandiflora</i> , Amerikanische Buche	1	0,1%	<0,1%
<i>Fagus orientalis</i> , Orient-Buche	1	0,1%	<0,1%
<i>Fagus spec.</i> , Buche (Art nicht bekannt)	33	2,4%	<0,1%
<b>Malus, Apfel</b>	<b>937</b>		<b>0,8%</b>
<i>Malus domestica</i> , Kultur-Apfel	510	54,4%	0,4%
<i>Malus x hybrida</i> , Zier-Apfel	158	16,9%	0,1%
<i>Malus tschonoskii</i> , Scharlach-Apfel	89	9,5%	0,1%
<i>Malus sylvestris</i> , Wild-Apfel	25	2,7%	<0,1%
<i>Malus floribunda</i> , Vielblütiger Apfel	6	0,6%	<0,1%
<i>Malus prunifolia</i> , Kirschblättriger Apfel	3	0,3%	<0,1%
<i>Malus baccata</i> , Kirsch-Apfel	2	0,2%	<0,1%
<i>Malus pumila</i> , Johannis-Apfel	2	0,2%	<0,1%
<i>Malus coronaria</i> , Kronen-Apfel	1	0,1%	<0,1%
<i>Malus x zumi</i> , Zier-Apfel	1	0,1%	<0,1%
<i>Malus spec.</i> , Apfel (Art nicht bekannt)	140	14,9%	0,1%
<b>Pseudotsuga, Douglasie</b>	<b>662</b>		<b>0,6%</b>
<i>Pseudotsuga menziesii</i> , Douglasie	662	100,0%	0,6%
<b>Corylus, Haselnuß</b>	<b>597</b>		<b>0,5%</b>
<i>Corylus colurna</i> , Baum-Hasel	481	80,6%	0,4%
<i>Corylus avellana</i> , Haselnuß	116	19,4%	0,1%
<b>Picea, Fichte</b>	<b>574</b>		<b>0,5%</b>
<i>Picea abies</i> , Gemeine Fichte	235	40,9%	0,2%
<i>Picea omorika</i> , Serbische Fichte	205	35,7%	0,2%
<i>Picea pungens</i> , Stech-Fichte	60	10,5%	0,1%
<i>Picea glauca</i> , Zuckerhut-Fichte	3	0,5%	<0,1%
<i>Picea orientalis</i> , Kaukasus-Fichte	3	0,5%	<0,1%
<i>Picea purpurea</i> , Purpur-Fichte	3	0,5%	<0,1%
<i>Picea breweriana</i> , Siskiyou-Fichte	1	0,2%	<0,1%
<i>Picea spec.</i> , Fichte (Art nicht bekannt)	61	10,6%	0,1%
<b>Liquidambar, Amberbaum</b>	<b>429</b>		<b>0,4%</b>
<i>Liquidambar styraciflua</i> , Amberbaum	427	99,5%	0,4%
<i>Liquidambar orientalis</i> , Orientalischer Amberbaum	2	0,5%	<0,1%
<b>Ulmus, Ulme</b>	<b>395</b>		<b>0,3%</b>
<i>Ulmus hollandica</i> , Holländische Ulme	108	27,3%	0,1%
<i>Ulmus glabra</i> , Berg-Ulme	93	23,5%	0,1%
<i>Ulmus carpiniifolia</i> (Syn. <i>U. minor</i> ), Feld-Ulme	35	8,8%	<0,1%

<i>Ulmus</i> 'New Horizon'; Ulme 'New Horizon'	30	7,6%	<0,1%
<i>Ulmus parvifolia</i> , Kleinblättrige Ulme	14	3,5%	<0,1%
<i>Ulmus</i> 'Clusius', Ulme 'Clusius'	10	2,5%	<0,1%
<i>Ulmus</i> 'Dodoens', Ulme 'Dodoens'	6	1,5%	<0,1%
<i>Ulmus flava</i> , Gelbe Ulme	1	0,3%	<0,1%
<i>Ulmus laevis</i> , Flatter-Ulme	1	0,3%	<0,1%
<i>Ulmus</i> spec., Ulme (Art nicht bekannt)	97	24,6%	0,1%
<b>Gleditsia, Gleditschie</b>	<b>323</b>		<b>0,3%</b>
<i>Gleditsia triacanthos</i> , Amerikanische Gleditschie	296	91,6%	0,3%
<i>Gleditsia japonica</i> , Japanische Gleditschie	25	7,7%	<0,1%
<i>Gleditsia caspica</i> , Kaspische Gleditschie	2	0,6%	<0,1%
<b>Ginkgo, Ginkgo</b>	<b>291</b>		<b>0,3%</b>
<i>Ginkgo biloba</i> , Ginkgo	291	100,0%	0,3%
<b>Tsuga, Hemlocktanne</b>	<b>253</b>		<b>0,2%</b>
<i>Tsuga canadensis</i> , Kanadische Hemlocktanne	250	98,8%	0,2%
<i>Tsuga heterophylla</i> , Westamerikanische Hemlocktanne	2	0,8%	<0,1%
<i>Tsuga mertensiana</i> , Berg-Hemlocktanne	1	0,4%	<0,1%
<b>Sophora, Schnurbaum</b>	<b>241</b>		<b>0,2%</b>
<i>Sophora japonica</i> , Japanischer Schnurbaum	241	100,0%	0,2%
<b>Pyrus, Birne</b>	<b>240</b>		<b>0,2%</b>
<i>Pyrus communis</i> , Gemeine Birne	171	71,3%	0,2%
<i>Pyrus calleryana</i> , Chinesische Wildbirne	49	20,4%	<0,1%
<i>Pyrus regelii</i> , Turkestan-Wildbirne	13	5,4%	<0,1%
<i>Pyrus caucasica</i> , Kaukasische Wildbirne	6	2,5%	<0,1%
<i>Pyrus salicifolia</i> , Weidenblättrige Birne	1	0,4%	<0,1%
<b>Juglans, Walnuss</b>	<b>223</b>		<b>0,2%</b>
<i>Juglans regia</i> , Walnuss	213	95,5%	0,2%
<i>Juglans cinerea</i> , Butternuss	7	3,1%	<0,1%
<i>Juglans sieboldiana</i> , Japanische Walnuss	2	0,9%	<0,1%
<i>Juglans cordiformis</i> , Herzfrüchtige Walnuss	1	0,4%	<0,1%
<b>Larix, Lärche</b>	<b>207</b>		<b>0,2%</b>
<i>Larix decidua</i> , Europäische Lärche	120	58,0%	0,1%
<i>Larix kaempferi</i> , Japanische Lärche	62	30,0%	0,1%
<i>Larix</i> spec., Lärche (Art nicht bekannt)	25	12,1%	<0,1%
<b>Chamaecyparis, Scheinzypresse</b>	<b>175</b>		<b>0,1%</b>
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> , Scheinzypresse	169	96,6%	0,1%
<i>Chamaecyparis obtusa</i> , Hinoki-Scheinzypresse	5	2,9%	<0,1%
<i>Chamaecyparis pisifera</i> , Faden-Zypresse	1	0,6%	<0,1%
<b>Koelreuteria, Blasenbaum</b>	<b>169</b>		<b>0,1%</b>
<i>Koelreuteria paniculata</i> , Blasenbaum	169	100,0%	0,1%

<b>Cornus, Hartriegel</b>	<b>157</b>		<b>0,1%</b>
<i>Cornus mas</i> , Kornelkirsche	111	70,7%	0,1%
<i>Cornus nuttallii</i> , Nuttalls Blüten-Hartriegel	9	5,7%	<0,1%
<i>Cornus florida</i> , Blumen-Hartriegel	2	1,3%	<0,1%
<i>Cornus kousa</i> , Asiatischer Blüten-Hartriegel	2	1,3%	<0,1%
<i>Cornus spec.</i> , Hartriegel (Art nicht bekannt)	33	21,0%	<0,1%
<b>Ostrya, Hopfenbuche</b>	<b>155</b>		<b>0,1%</b>
<i>Ostrya carpinifolia</i> , Gewöhnliche Hopfenbuche	155	100,0%	0,1%
<b>Liriodendron, Tulpenbaum</b>	<b>134</b>		<b>0,1%</b>
<i>Liriodendron tulipifera</i> , Tulpenbaum	134	100,0%	0,1%
<b>Ilex, Stechpalme</b>	<b>111</b>		<b>0,1%</b>
<i>Ilex aquifolium</i> , Stechpalme	95	85,6%	0,1%
<i>Ilex spec.</i> , Stechpalme (Art nicht bekannt)	16	14,4%	<0,1%
<b>Abies, Tanne</b>	<b>106</b>		<b>0,1%</b>
<i>Abies concolor</i> , Colorado-Tanne	10	9,4%	<0,1%
<i>Abies grandis</i> , Küsten-Tanne	9	8,5%	<0,1%
<i>Abies homolepis</i> , Nikko-Tanne	8	7,5%	<0,1%
<i>Abies koreana</i> , Korea-Tanne	4	3,8%	<0,1%
<i>Abies pinsapo</i> , Spanische Tanne	3	2,8%	<0,1%
<i>Abies spec.</i> , Tanne (Art nicht bekannt)	72	67,9%	0,1%
<b>Magnolia, Magnolie</b>	<b>105</b>		<b>0,1%</b>
<i>Magnolia kobus</i> , Kobushi-Magnolie	57	54,3%	0,1%
<i>Magnolia x soulangeana</i> , Tulpen-Magnolie	20	19,0%	<0,1%
<i>Magnolia x loebneri</i> , Baum-Sternmagnolie	3	2,9%	<0,1%
<i>Magnolia acuminata</i> , Gurken-Magnolie	2	1,9%	<0,1%
<i>Magnolia denudata</i> , Lilien-Magnolie	2	1,9%	<0,1%
<i>Magnolia tripetala</i> , Schirm-Magnolie	2	1,9%	<0,1%
<i>Magnolia biondii</i> , Chinesische Magnolie	1	0,9%	<0,1%
<i>Magnolia 'Galaxy'</i> , Magnolie 'Galaxy'	1	0,9%	<0,1%
<i>Magnolia grandiflora</i> , Immergrüne Magnolie	1	0,9%	<0,1%
<i>Magnolia salicifolia</i> , Weidenblättrige Magnolie	1	0,9%	<0,1%
<i>Magnolia stellata</i> , Stern-Magnolie	1	0,9%	<0,1%
<i>Magnolia spec.</i> , Magnolie (Art nicht bekannt)	14	13,3%	<0,1%
<b>Thuja, Lebensbaum</b>	<b>104</b>		<b>0,1%</b>
<i>Thuja occidentalis</i> , Abendländischer Lebensbaum	100	96,2%	0,1%
<i>Thuja plicata</i> , Riesen-Lebensbaum	4	3,8%	<0,1%
<b>Amelanchier, Felsenbirne</b>	<b>93</b>		<b>0,1%</b>
<i>Amelanchier arborea</i> , Baum-Felsenbirne	64	68,8%	0,1%
<i>Amelanchier lamarckii</i> , Felsenbirne	25	26,9%	<0,1%
<i>Amelanchier spec.</i> , Felsenbirne (Art nicht bekannt)	4	4,3%	<0,1%

<b>Ailanthus, Götterbaum</b>	<b>90</b>		<b>0,1%</b>
<i>Ailanthus altissima</i> , Götterbaum	90	100,0%	0,1%
<b>Zelkova, Zelkowe</b>	<b>79</b>		<b>0,1%</b>
<i>Zelkova serrata</i> , Japanische Zelkowe	79	100,0%	0,1%
<b>Celtis, Zürgelbaum</b>	<b>56</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Celtis australis</i> , Südlicher Zürgelbaum	36	64,3%	<0,1%
<i>Celtis occidentalis</i> , Westlicher Zürgelbaum	20	35,7%	<0,1%
<b>Catalpa, Trompetenbaum</b>	<b>50</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Catalpa bignonioides</i> , Gewöhnlicher Trompetenbaum	47	94,0%	<0,1%
<i>Catalpa ovata</i> , Kleinblütiger Trompetenbaum	3	6,0%	<0,1%
<b>Castanea, Ess-Kastanie</b>	<b>49</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Castanea sativa</i> , Ess-Kastanie	49	100,0%	<0,1%
<b>Parrotia, Eisenholzbaum</b>	<b>48</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Parrotia persica</i> , Persischer Eisenholzbaum	48	100,0%	<0,1%
<b>Laburnum, Goldregen</b>	<b>39</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Laburnum anagyroides</i> , Goldregen	36	92,3%	<0,1%
<i>Laburnum alpinum</i> , Alpen-Goldregen	3	7,7%	<0,1%
<b>Pterocarya, Flügelnuß</b>	<b>35</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Pterocarya fraxinifolia</i> , Kaukasische Flügelnuß	35	100,0%	<0,1%
<b>Elaeagnus, Ölweide</b>	<b>26</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Elaeagnus angustifolia</i> , Schmalblättrige Ölweide	22	84,6%	<0,1%
<i>Elaeagnus umbellata</i> var. <i>umbellata</i> , Doldige Ölweide	4	15,4%	<0,1%
<b>Sambucus, Holunder</b>	<b>24</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Sambucus nigra</i> , Schwarzer Holunder	24	100,0%	<0,1%
<b>Metasequoia, Urwelt-Mammutbaum</b>	<b>23</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> , Urwelt-Mammutbaum	23	100,0%	<0,1%
<b>Taxodium, Sumpfyypresse</b>	<b>22</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Taxodium distichum</i> , Sumpfyypresse	22	100,0%	<0,1%
<b>Tetradium, Bienenbaum</b>	<b>19</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Tetradium daniellii</i> var. <i>hupehensis</i> , Bienenbaum	19	100,0%	<0,1%
<b>Phellodendron, Korkbaum</b>	<b>18</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Phellodendron amurense</i> , Amur-Korkbaum	17	94,4%	<0,1%
<i>Phellodendron lavalleyi</i> , Rostiger Korkbaum	1	5,6%	<0,1%
<b>Cedrus, Zeder</b>	<b>17</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Cedrus atlantica</i> , Atlas-Zeder	12	70,6%	<0,1%

<i>Cedrus libani</i> , Libanon-Zeder	3	17,6%	<0,1%
<i>Cedrus deodara</i> , Himalaya-Zeder	2	11,8%	<0,1%
<b>Nyssa, Tupelobaum</b>	<b>17</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Nyssa sylvatica</i> , Tupelobaum	17	100,0%	<0,1%
<b>Cercidiphyllum, Kuchenbaum</b>	<b>13</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Cercidiphyllum japonicum</i> , Kuchenbaum	13	100,0%	<0,1%
<b>Syringa, Flieder</b>	<b>12</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Syringa vulgaris</i> , Gewöhnlicher Flieder	12	100,0%	<0,1%
<b>Euonymus, Pfaffenhütchen</b>	<b>11</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Euonymus europaea</i> , Pfaffenhütchen	11	100,0%	<0,1%
<b>Mespilus, Mispel</b>	<b>11</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Mespilus germanica</i> , Echte Mispel	11	100,0%	<0,1%
<b>Paulownia, Blauglockenbaum</b>	<b>11</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Paulownia tomentosa</i> , Blauglockenbaum	11	100,0%	<0,1%
<b>Morus, Maulbeere</b>	<b>10</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Morus nigra</i> , Schwarze Maulbeere	7	70,0%	<0,1%
<i>Morus alba</i> , Weiße Maulbeere	3	30,0%	<0,1%
<b>Juniperus, Wacholder</b>	<b>9</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Juniperus spec.</i> , Wacholder (Art nicht bekannt)	9	100,0%	<0,1%
<b>Hamamelis, Zaubernuss</b>	<b>5</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Hamamelis spec.</i> , Zaubernuss (Art nicht bekannt)	5	100,0%	<0,1%
<b>Sequoiadendron, Riesen-Mammutbaum</b>	<b>5</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Sequoiadendron giganteum</i> , Riesen-Mammutbaum	5	100,0%	<0,1%
<b>Cercis, Judasbaum</b>	<b>4</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Cercis siliquastrum</i> , Gewöhnlicher Judasbaum	4	100,0%	<0,1%
<b>Sequoia, Mammutbaum</b>	<b>4</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Sequoia sempervirens</i> , Küsten-Mammutbaum	4	100,0%	<0,1%
<b>Broussonetia, Papier-Maulbeere</b>	<b>3</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Broussonetia papyrifera</i> , Papier-Maulbeere	3	100,0%	<0,1%
<b>Frangula, Faulbaum</b>	<b>3</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Frangula alnus</i> , Gewöhnlicher Faulbaum	3	100,0%	<0,1%
<b>Hippophae, Sanddorn</b>	<b>3</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Hippophae rhamnoides</i> , Sanddorn	3	100,0%	<0,1%

<b>Carya, Hickorynuss</b>	<b>2</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Carya cordiformis</i> , Bittere Hickorynuss	1	50,0%	<0,1%
<i>Carya ovata</i> , Schuppenrinden-Hickorynuss	1	50,0%	<0,1%
<b>Cladrastis, Gelbholz</b>	<b>2</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Cladrastis lutea</i> , Kentucky-Gelbholz	2	100,0%	<0,1%
<b>Cydonia, Quitte</b>	<b>2</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Cydonia oblonga</i> , Echte Quitte	2	100,0%	<0,1%
<b>Davidia, Taschentuchbaum</b>	<b>2</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Davidia involucrata</i> var. <i>vilmoriniana</i> , Sichuan-Taschentuchbaum	2	100,0%	<0,1%
<b>Gymnocladus, Geweihbaum</b>	<b>2</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Gymnocladus dioicus</i> , Geweihbaum	2	100,0%	<0,1%
<b>Cotinus, Perückenstrauch</b>	<b>1</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Cotinus coggygria</i> , Grüner Perückenstrauch	1	100,0%	<0,1%
<b>Cunninghamia, Spießtanne</b>	<b>1</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Cunninghamia lanceolata</i> , Chinesische Spießtanne	1	100,0%	<0,1%
<b>Cupressus, Zypresse</b>	<b>1</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Cupressus arizonica</i> , Arizona-Zypresse	1	100,0%	<0,1%
<b>Ptelea, Kleeulme</b>	<b>1</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Ptelea trifoliata</i> , Kleeulme	1	100,0%	<0,1%
<b>Sciadopitys, Schirmtanne</b>	<b>1</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Sciadopitys verticillata</i> , Japanische Schirmtanne	1	100,0%	<0,1%
<b>Thujopsis, Hibalebensbaum</b>	<b>1</b>		<b>&lt;0,1%</b>
<i>Thujopsis dolabrata</i> , Südlicher Hibalebensbaum	1	100,0%	<0,1%

## Anhang B: Anteil der Altersklassen am Baumbestand Hannovers

Anteil der Altersklassen am Gesamtbestand (nach Kreuzer 2023)

<b>Stammumfang</b>	<b>Baumalter</b>	<b>Straßenbäume (Anzahl 2023): 46.209</b>	<b>Weitere  Stadtbäume (Anzahl 2023): 62.152</b>	<b>Gesamter Baumbestand (Anzahl 2023): 108.361</b>
Bis 69 cm	Bis 30 Jahre	18.806 (40,7%)	15.397 (24,8%)	<b>34.203 (31,6%)</b>
70-129 cm	30-50 Jahre	15.490 (33,5%)	24.498 (39,4%)	<b>39.988 (36,9%)</b>
130-169 cm	50-75 Jahre	6689 (14,5%)	9105 (14,6%)	<b>15.794 (14,6%)</b>
170-199 cm	75-100 Jahre	2250 (4,9%)	4942 (8,0%)	<b>7192 (6,6%)</b>
Ab 200 cm	Über 100 Jahre	2974 (6,4%)	8210 (13,2%)	<b>11.184 (10,3%)</b>

Baumalter zugewiesen durch LHH (2021, S. 4) & Mitchell (1979) in Rendenbach (2015)

## Anhang C: Ergebnisse der Klimadatenmodellierung mit 10 interpolierten globalen Projektionsdurchläufen

Temperatur- und Niederschlagswerte ergeben sich aus Mittelwerten der Modelle ACCESS-CM2, BCC-CSM2-MR, CMCC-ESM2, EC-Earth3-Veg, INM-CM5-0, IPSL-CM6A-LR, MIROC6, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0 und UKESM1-0-LL. Downscalingverfahren für das Erreichen einer räumlichen Genauigkeit von 4,5 x 4,5 km nach Fick & Hijmans (2017), Angaben für Hannover-Mitte (H-M) und Langenhagen Flughafen (LH), sowie deren Differenz ( $\Delta$ ). Die Werte sind als ein Durchschnitt der Perioden 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 und 2081-2100 zu verstehen.

### SSP 126

	2021-2040			2041-2060			2061-2080			2081-2100		
	LH	H-M	$\Delta$									
Annual Mean Temp. (°C)	10,8	11,3	0,6	11,1	11,7	0,6	11,4	11,9	0,6	11,3	11,9	0,6
Max Temp. of Warmest Month (°C)	25,4	26,1	0,7	26,5	26,7	0,2	26,1	26,9	0,8	26,1	26,8	0,8
Min Temp. of Coldest Month (°C)	0,0	0,3	0,4	0,4	0,8	0,4	0,6	1,1	0,4	0,5	0,9	0,4
Mean Temp. of Warmest Quarter (°C)	18,8	19,6	0,8	19,3	20,1	0,8	19,4	20,2	0,8	19,4	20,2	0,8
Mean Temp. of Coldest Quarter (°C)	3,3	3,7	0,4	4,4	4,1	-0,4	3,8	4,2	0,4	3,7	4,2	0,5
Annual Precipitation (mm)		668*			672*			697*			681*	
Prec. of Warmest Quarter (mm)		194*			193*			197*			200*	

### SSP 245

	2021-2040			2041-2060			2061-2080			2081-2100		
	LH	H-M	$\Delta$									
Annual Mean Temp. (°C)	10,9	11,4	0,5	11,3	12,0	0,6	12,0	12,5	0,6	12,4	12,9	0,9
Max Temp. of Warmest Month (°C)	25,5	26,2	0,7	26,6	27,0	0,4	27,2	27,9	0,8	27,9	28,7	0,8
Min Temp. of Coldest Month (°C)	0,0	0,4	0,4	0,4	0,8	0,4	1,1	1,4	0,4	1,4	1,8	0,4
Mean Temp. of Warmest Quarter (°C)	18,8	19,6	0,8	19,5	20,3	0,8	20,2	21,0	0,8	20,8	21,5	0,7
Mean Temp. of Coldest Quarter (°C)	3,4	3,8	0,4	4,3	4,3	0,0	4,4	4,8	0,4	4,8	5,2	0,4
Annual Precipitation (mm)		665*			673*			669*			674*	
Prec. of Warmest Quarter (mm)		192*			192*			188*			187*	

### SSP 370

	2021-2040			2041-2060			2061-2080			2081-2100		
	LH	H-M	$\Delta$									
Annual Mean Temp. (°C)	10,8	11,2	0,5	11,6	12,2	0,6	12,5	13,1	0,6	13,6	14,1	0,5
Max Temp. of Warmest Month (°C)	25,4	26,1	0,6	27,0	27,3	0,3	27,9	28,7	0,8	29,6	30,2	0,6
Min Temp. of Coldest Month (°C)	-0,2	0,2	0,4	0,8	1,2	0,4	1,77	2,2	0,4	2,6	3,01	0,4
Mean Temp. of Warmest Quarter (°C)	18,7	19,5	0,8	19,7	20,6	0,9	20,8	21,6	0,9	22,0	22,9	0,8
Mean Temp. of Coldest Quarter (°C)	3,2	3,6	0,4	4,5	4,6	0,1	5,0	5,4	0,4	6,0	6,4	0,4
Annual Precipitation (mm)		666*			664*			667*			665*	
Prec. of Warmest Quarter (mm)		192*			188*			181*			177*	

### SSP 585

	2021-2040			2041-2060			2061-2080			2081-2100		
	LH	H-M	$\Delta$									
Annual Mean Temp. (°C)	10,9	11,5	0,6	11,8	12,4	0,6	13,0	13,6	0,7	14,4	15,0	0,6
Max Temp. of Warmest Month (°C)	25,5	26,1	0,6	27,5	27,8	0,3	28,7	29,5	0,8	30,8	31,6	0,8
Min Temp. of Coldest Month (°C)	0,2	0,7	0,4	1,1	1,5	0,4	2,1	2,5	0,4	3,4	3,8	0,4
Mean Temp. of Warmest Quarter (°C)	18,8	19,6	0,8	20,1	20,9	0,8	21,5	22,3	0,8	23,1	24,0	0,8
Mean Temp. of Coldest Quarter (°C)	3,5	3,9	0,4	4,2	4,8	0,0	5,5	5,9	0,4	6,8	7,2	0,4
Annual Precipitation (mm)		668*			664*			668*			661*	
Prec. of Warmest Quarter (mm)		194*			185*			178*			162*	

\* Daten der Modelldurchläufe BCC-CSM2-MR wurden bei der Betrachtung der Niederschlagsprojektionen aufgrund großer Abweichungen (30-40 %) von den Ergebnissen der anderen neun Modelle in allen Szenarien nicht mit einbezogen. Die Werte in Klammern zeigen die Ergebnisse bei Einbezug des Modells BCC-CSM2-MR.

## Anhang D: Erwartete klimatische Veränderungen bis 2081-2100 in den Szenarien SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3.7-0 und SSP5-8.5

Erwartete jahreszeitliche und jährliche Mittelwerte (°C) und die Veränderungen zum Referenzzeitraum 1970-2000 im Raum Hannover (Fick & Hijmans 2017, ergänzt nach DWD 2018, S. 17; DWD 2023; GEO-NET 2023, S. 19)

		Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
1856-1900		8,14	17,04	9,29	1,33	8,95 (-0,3)
<b>1970-2000</b>		<b>8,58</b>	<b>16,96</b>	<b>9,46</b>	<b>1,86</b>	<b>9,21</b>
<b>2000-2022</b>		<b>9,46</b>	<b>18,09</b>	<b>10,68</b>	<b>2,83</b>	<b>10,27 (+1,1)</b>
2021-2040	SSP 126	9,7 (+1,1)	18,8 (+1,8)	11,2 (+1,7)	3,3 (+1,4)	<b>10,8 (+1,6)</b>
	SSP 245	9,9 (+1,3)	18,8 (+1,8)	11,3 (+1,8)	3,4 (+1,5)	<b>10,9 (+1,7)</b>
	SSP 370	9,8 (+1,2)	18,7 (+1,7)	11,3 (+1,8)	3,2 (+1,3)	<b>10,8 (+1,6)</b>
	SSP 585	10,0 (+1,4)	18,8 (+1,8)	11,5 (+2,0)	3,5 (+1,6)	<b>10,9 (+1,7)</b>
2041-2060	SSP 126	9,7 (+1,1)	19,3 (+2,3)	11,2 (+1,7)	4,4 (+2,5)	<b>11,1 (+1,9)</b>
	SSP 245	10,0 (+1,4)	19,5 (+2,5)	11,4 (+1,9)	4,3 (+2,4)	<b>11,3 (+2,1)</b>
	SSP 370	10,3 (+1,7)	19,7 (+2,7)	11,9 (+2,4)	4,5 (+2,6)	<b>11,6 (+2,4)</b>
	SSP 585	10,7 (+2,1)	20,1 (+3,1)	12,2 (+2,7)	4,2 (+2,4)	<b>11,8 (+2,6)</b>
2061-2080	SSP 126	10,4 (+1,8)	19,4 (+2,4)	11,9 (+2,4)	3,8 (+1,9)	<b>11,4 (+2,2)</b>
	SSP 245	10,9 (+2,3)	20,2 (+3,2)	12,4 (+2,9)	4,4 (+2,5)	<b>12,0 (+2,8)</b>
	SSP 370	11,4 (+2,8)	20,8 (+3,8)	12,9 (+3,4)	5,0 (+3,1)	<b>12,5 (+3,3)</b>
	SSP 585	11,8 (+3,2)	21,5 (+4,5)	13,2 (+3,7)	5,5 (+3,6)	<b>13,0 (+3,8)</b>
2081-2100	SSP 126	10,6 (+2,0)	19,4 (+2,4)	12,2 (+2,7)	3,7 (+1,8)	<b>11,5 (+2,3)</b>
	SSP 245	11,3 (+2,7)	20,8 (+3,8)	12,7 (+3,2)	4,8 (+2,9)	<b>12,4 (+3,2)</b>
	SSP 370	12,6 (+4,0)	22,0 (+5,0)	14,0 (+4,5)	6,0 (+4,1)	<b>13,6 (+4,4)</b>
	SSP 585	13,0 (+4,4)	23,1 (+6,1)	14,6 (+6,0)	6,8 (+4,9)	<b>14,4 (+5,2)</b>

Erwartete Niederschlagsveränderungen bis 2081-2100 (DWD 2018, S. 21; DWD 2023; GEO-NET 2023, S. 22)

		Frühling		Sommer		Herbst		Winter		Jahr	
<b>1970-2000</b>		<b>149</b>		<b>191</b>		<b>155</b>		<b>151</b>		<b>646</b>	
2081-2100	SSP 126	155	+4 %	183	-4 %	155	+/-0	159	+5 %	<b>652</b>	<b>+1 %</b>
	SSP 245	159	+7 %	182	-5 %	160	+3 %	169	+12%	<b>670</b>	<b>+4 %</b>
	SSP 370	166	+11%	174	-9 %	166	+7 %	182	+20%	<b>688</b>	<b>+7 %</b>
	SSP 585	171	+14%	169	-12%	168	+8 %	189	+25%	<b>697</b>	<b>+8 %</b>

## Anhang E: Auszug der Ergebnisse der Stadtklimamessreihe in Hannover (Krugmann & Bauditz 2022)

Erhoben wurden Monats- und Jahresmittelwerte des Tagesmaximums, der Tagesmitteltemperatur und des Tagesminimums an den Stationen:

- Langenhagen Flughafen (LH): Umlandcharakter
- Weidendamm (WD): Nordstadt (mit dichter, innerstädtischer Bebauung)
- Marianne-Baecker-Allee 11 (MB): Gewerbegebiet im Stadtteil Linden-Süd (Gewerbeflächen mit starker Versiegelung zwischen der lockeren Bebauung)
- Kattenbrookspark (KP): in Kronsberg, im Stadtteil Bemerode, Freifläche in einem Park (Umlandgebiet, geringe Versiegelung, wie Langenhagen nahezu ungestörte meteorologische Verhältnisse)
- Kröpcke Straßenbahnhaltstelle Ebenen - 3 und -5 (K-3, K-5)



Lage der Messstationen im Stadtgebiet (Krugmann & Bauditz 2022, S. 12)

Messzeitraum: Juni 2017 bis Dezember 2020

Werte aus Krugmann & Bauditz (2022, S. 45):

Mittleres Tagesmaximum (°C)													
Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
LH	6,2	7,1	9,3	16,9	19,3	24,2	24,5	25,3	20,0	15,5	9,3	6,9	15,6
WD	6,5	7,3	9,7	17,5	19,8	24,6	24,8	25,8	20,3	15,6	9,5	7,2	16,0
MB	6,4	7,5	9,7	17,7	20,1	25,0	25,2	26,2	20,8	16,0	9,6	7,1	16,2
KP	6,2	7,3	9,5	17,3	19,4	24,4	24,9	25,8	20,4	15,7	9,3	7,0	15,9
HE	6,5	7,8	9,9	18,1	20,6	25,4	25,6	26,6	21,2	16,3	9,8	7,2	16,5
K-3	15,9	15,6	15,7	18,8	21,1	24,5	25,4	26,6	24,5	22,0	19,0	16,8	20,6
K-5	13,7	13,4	13,5	17,1	19,6	23,1	23,8	25,1	22,7	20,1	16,6	14,6	18,7

Mittlere Tagesmitteltemperatur (°C)													
Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
LH	3,8	3,6	5,4	11,0	13,5	18,5	18,7	19,6	14,7	11,7	6,6	4,9	11,1
WD	4,4	4,4	6,2	12,3	14,7	19,5	19,8	20,8	15,8	12,5	7,2	5,4	12,1
MB	4,1	4,1	6,0	12,1	14,6	19,5	19,7	20,6	15,5	12,2	6,9	5,1	11,9
KP	3,8	3,8	5,6	11,4	13,8	18,6	19,0	19,8	14,8	11,8	6,5	4,8	11,3
HE	4,2	4,1	5,9	12,1	14,7	19,5	19,7	20,5	15,3	12,2	6,9	5,1	11,8
K-3	15,1	14,6	14,7	17,5	19,7	23,1	24,0	25,3	23,4	21,1	18,2	16,0	19,5
K-5	12,7	12,2	12,2	15,6	18,3	21,7	22,5	23,8	21,5	19,0	15,5	13,7	17,5

Mittleres Tagesminimum (°C)													
Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jahr
LH	1,2	0,1	1,2	4,5	6,9	12,4	12,8	13,7	9,3	8,1	3,7	2,5	6,3
WD	2,2	1,6	2,8	7,0	9,6	14,7	15,0	16,2	11,6	9,6	4,9	3,5	8,3
MB	1,8	1,0	2,2	6,6	9,1	14,3	14,7	15,5	10,8	9,1	4,3	3,1	7,8
KP	1,2	0,6	1,5	5,2	7,5	12,6	13,1	13,9	9,6	8,3	3,6	2,5	6,7
HE	1,8	0,8	2,0	5,9	8,3	13,7	13,9	14,6	10,1	8,7	4,2	2,9	7,3
K-3	13,9	13,4	13,3	16,1	18,3	21,6	22,7	24,0	22,3	20,1	17,0	14,9	18,2
K-5	11,5	10,8	10,8	14,2	16,9	20,3	21,3	22,5	20,3	17,9	14,3	12,5	16,2

## Anhang F: Interview mit Clemens Heidger vom 15.11.2023 über die Wasserverfügbarkeit für Stadtbäume im Stadtraum

Interview – Mittwoch, 15.11.2023 – 15:30 Uhr

I: Interviewerin; H: Clemens Heidger

00:00:00-00:33:35

00:00:15

I: In meiner Abschlussarbeit schreibe ich über Stadtbäume und den Einfluss des Klimawandels auf die Standorte. Jetzt geht es mir um die Wasserverfügbarkeit. Die Baumgruben sind ja wahnsinnig klein, deswegen frage ich mich, ob Stadtbäume vielleicht auch vom Grundwasser profitieren. Inwiefern haben Sie sich damit schon auseinandergesetzt?

00:00:39

H: Ich habe mich mit Bäumen ziemlich intensiv auseinandergesetzt und habe gesagt: Wie kriegen wir Wasser zum Baum?

00:00:49

I: Haben Sie sich dann mit Grundwasser besonders auseinandergesetzt?

00:01:00

H: Ich berechne für Bauvorhaben, wenn wir Grundwasserabsenkungen haben, und das haben wir in Hannover und in allen anderen Städten, da gibt es ja einen Absenkbereich, da berechne ich die Wassermenge über den Verbrauch bei der Bauwasserhaltung und wie viel den Bäumen eingespeist werden muss. Da gibt es leider keine Regel und keine Norm, das ist schade. Man kann das über eine Formel rechnen, die eigentlich auch logisch ist, über Bodenparawerte und so weiter. Das mache ich. Das ist relativ einfach zu erklären. Es gibt andere Verfahren, die funktionieren über Feuchtemessungen, mit einer Sonde, die über den Boden eingelassen wird. Das ist auch schön, sag ich mal, aber im Bereich von Baustellen ist da meistens mit Fehlern und mit Verlusten zu rechnen. Da wird ja gearbeitet und dann findet man die Messsonde nicht. Es ist auch teurer. Ich weiß j nicht, was du im Einzelnen für Informationen brauchst. Grundwasserabsenkungen haben wir immer bei Bauwasserhaltung. Die DIN 18920 sagt dazu „muss bewässert werden“. Das wars [lacht]. Mehr sagt die nicht dazu. Da wollte ich mal mit Thieme-Hack diskutieren, [korrigiert] da wollte ich mal vorschlagen die DIN zu ändern und das mal ein bisschen anzupassen oder zu konkretisieren. „Muss bewässert werden“ ist eine gute Frage. Wie viel? Da muss ja wenigstens eine Aussage drin sein, ne? So bin ich da nicht mit zufrieden.

00:03:43

I: Kann man denn generell sagen, dass Bäume auf Grundwasser zugreifen können?

00:03:47

H: Wenn das Wasser zum Baum kommt, ja. Die Bäume haben ja das Problem, dass die Wurzeln nicht dem Wasser hinterherwachsen können. Wenn das Grundwasser abgesenkt wird, dann stehen die irgendwann mal im Trockenen, beziehungsweise haben

Wasserverlust. Und das merkt man. Das passiert ja zurzeit gerade. Wir haben ein großes Problem, nämlich dass sich das Grundwasser ständig verringert, beziehungsweise abgesenkt wird. Der Grundwasserspiegel sinkt weiter, vor allen Dingen in Städten, zum Beispiel Hannover, und die Bäume leiden unter Wassermangel. In den Sommermonaten wird nicht genug eingespeist, sondern da wird sehr, sehr viel rausgezogen. In den Wintermonaten aufgrund keiner vorhandenen Schneelagen und so wird nicht wieder genug eingespeist und somit sinkt der Grundwasserspiegel. Es werden massive Bauvorhaben gemacht, die zur Grundwasserabsenkung beitragen... und das muss kompensiert werden.

00:04:50

I: Können Sie sich vorstellen, dass durch klimatische Veränderungen, beispielsweise in hundert Jahren, die Bäume das Grundwasser gar nicht mehr erreichen können?

00:04:58

H: Ja! Das ist zum Beispiel ein Punkt in der Eilenriede von Hannover. Da müsstest du mal mit dem Fachbereich 67 reden und mal fragen, wer für die Eilenriede zuständig ist. In der Eilenriede haben wir relativ viel Buchenbestand, der in den Sommermonaten sehr stark gelitten hat, weil es einfach zu trocken ist. Es kommt kein Wasser mehr nach. Und früher war die Eilenriede – Eilenriede kommt von Alnus, Erle – das war ein Bruch, also ein Moor, ein Niedermoor.

00:05:33

I: Ist es ja jetzt partiell immer noch.

00:05:36

H: Ja, genau. Und das Wasser ist einfach weg, ne, trockengefallen. Jetzt haben die Buchen, die ja normalerweise da gar nicht ansässig waren, weil es da viel zu feucht war damals, die man dann später gepflanzt hat, die haben jetzt ein Riesenproblem und kommen an das Wasser nicht mehr ran. Wir haben Bäume, die noch weniger Probleme haben. Das sind die mit einer tiefen Wurzel, Eiche zum Beispiel. Die holen noch Wasser aus tiefen Schichten, aber Flachwurzler kommen da nicht dran. Und das zieht sich über die ganzen Straßenabschnitte. Straßenbäume haben ein Riesenproblem. Denk mal an Eigentümer wie beispielsweise Immobiliengesellschaften und so weiter, die Baumbestand haben: Wie können wir die Bäume bewässern? Auch Altbaumbestände, das ist das fatale. Die brauchen ja **viel** Wasser. Da gibt es eigentlich nur ein einziges Schlagwort, das ist Regenwassermanagement. Wasser muss einfach wieder versickern. Anders geht das gar nicht. Man kann ja nicht sagen wir müssen jetzt mit der Feuerwehr die Bäume wässern. So viel Wasser haben wir gar nicht. Das Wasser muss eingespeist werden, da wo es entsteht, und darf nicht abgeführt werden. So, und dann sind wir bei Regenwassermanagement.

00:07:08

I: Ja, ich habe hier eine Karte des NIBIS mit den Grundwasserständen. Die sind ja in Hannover sehr unterschiedlich. In Linden ist auch der mittlere hohe Grundwasserstand schon bei über zwei Metern Tiefe. Können da dann die Bäume noch ans Grundwasser kommen?

00:07:28

H: Nur die, die sich anpassen. Das Problem ist auch die Sickerfähigkeit, beziehungsweise die Kapillarität. Die Frage ist: was haben wir für Bodenschichten? Haben wir kapillare Aufstiege? Haben wir Sperrungen? Je stärker der Bodenkörper anthropogen verändert worden

ist, durch irgendwelche Eingaben, Folien, Fleece, Beton, Barrieren, und so weiter, oder auch Aufschichtböden, Schotterschichten, Kiese, das sind alles Dinge die dazu beitragen, dass sich die Versickerungsfähigkeit oder die Kapillarität verringert. Je natürlicher ein Boden in seiner Lagerung ist, desto besser ist er auch, aber bei Bauvorhaben wird er abgegraben, der Oberboden wird runtergenommen, wird umgewechselt und so weiter. Das trägt alles dazu bei. Darunter leidet der Boden-Wasserhaushalt.

00:08:27

I: Kann man dann überhaupt an Zahlen fest machen, wie hoch das Grundwasser sein muss, damit die Wurzeln da in irgendeiner Weise rankommen?

00:08:33

H: Naja, wir haben ja schwankende Stände. Im Winter haben wir in Hannover Bereiche, die sind höher, da haben wir einen hohen Grundwasserstand. Im Sommer fällt der um 1,5 m oder 2 m runter. Wir leben hier sozusagen von der Reserve. Das ist, wie wenn du in den Urlaub fährst und alles das, was du zu trinken hast, das hast du mit, du kannst nichts kaufen. So ungefähr. Und jetzt ist die Frage, wie kann man den Standort verbessern? Die Bäume schaffen das, aber nur begrenzt. Ich sage jetzt mal Hainbuchen, die ja in den letzten Jahren deutlich gelitten haben, sind einfach schneller in der Stressphase und der feuchte Bodenkörper ist dann für die nicht mehr verfügbar, die kommen da nicht mehr ran. Birken noch schneller. Das hat etwas mit der Wurzelarchitektur zu tun.

00:09:34

I: Also können schon jetzt nicht mehr alle Bäume im Sommer den Grundwasserstand erreichen?

00:09:41

H: Ganz genau, die sind nicht mehr dazu in der Lage. Jetzt gibt es zwei Möglichkeiten. A: Du fütterst sie mit Wasser, das heißt Regenwassermanagement und B: Du schaffst bauvegetationstechnisch eine größere Erreichbarkeit. Das heißt du schaffst also tiefe, punktuelle Wurzelraumerweiterungen, Maßnahmen, wie es in der FLL – Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil II steht. Da gibt es ja grabenförmige Wurzelraumerweiterungsmaßnahmen und tiefgründige, punktförmige. Die bringst du in diese Bereiche ein und die haben dann eine bessere Wasserversorgung und gewährleisten über Luft im Bodenhaushalt, dass die Bäume tiefer in den Untergrund eindringen können, um noch an das Grundwasser zu kommen. Diese Möglichkeiten bestehen. Das wäre auch technisch umsetzbar.

00:10:40

I: Ja. Es kann ja auch Schichtenwasser auftreten. Ist das in Hannover auch ein Thema?

00:10:46

H: Es kann Schichtenwasser auftreten. Das ist sogar häufig. Bei Bauvorhaben, wo wir einen Tonkörper drunter haben, alles, was da Richtung Kronsberg oder Richtung Kirchrode, da haben wir dann Schichtenwasser. Da haben wir Stauhazone und da drunter ist dann irgendwie tiefer unter dem Ton oder in den Tonschichten erst das Grundwasser. Das kann auch sein, das gilt eigentlich für alle Wasserstände.

00:11:13

I: Sind die dann so zuverlässig, dass man mit denen planen kann?

00:11:17

H: Das kann sein, dass die nach kurzer Zeit wieder weg sind. Das sind Wasserlinsen. Schichtenwasser ist ein geologisch bedingtes Phänomen, durch langsam oder verzögert sickerfähige Bodenarten. Lehmige, bei Ton hast du kein Schichtenwasser mehr, da hat du dann nur noch Grundwasser, wenn du da Sandkörper drin hast. Du brauchst ja leitfähige Horizonte oder Schichte, in denen das Grundwasser fließen kann. Im Schichtenwasser fließt es nicht, da steht es. Es ist eine unterirdische Pfütze. [Gedankenpause] Aber interessantes Thema!

00:12:10

I: Ja, ich finde vor allem den Innenstadtbereich sehr schwer einzuschätzen, weil da ja so viele Bauvorhaben sind.

00:12:19

H: Ja, Tunnel, alles im Untergrund. Das ist das Schwierige. Zum Beispiel am Kröpcke, kennst du das? An der Kröpcke-Uhr steht eine Platane. Da stellt sich die Frage, wie kommt der Baum an Wasser? Wir haben das bei dem U-Bahn-Bau mal auf gemacht und haben versucht, die Wurzeln freizulegen. Da sind auch noch Fernwärmeleitungen, und so weiter. Wir haben die Wurzeln nicht gefunden! Der kann keine Wurzeln haben. Hat er aber, sonst würde er nicht wachsen.

00:12:45

I: Ja, das frage ich mich bei vielen Stadtbäumen.

00:12:48

H: Genau, ganz genau. Das heißt, die Wurzeln haben einfach irgendwelche Ressourcen erschlossen, ohne dass wir es wissen. Wir haben sie auch in den Fernwärmetrassen, also im Tunnel gefunden, da war Feinwurzelarchitektur. Die trocknet natürlich aus, wenn die in den Tunnel reinkommt. Da ist Luft drin aber da ist es auch warm drin, und dann ist die Feinwurzelarchitektur tot. Aber, ein Großteil der Entsorgungseinrichtungen, unterirdische Infrastruktur und Stadtentwässerung: das ist ja die meiste Zeit, wenn es gerade nicht regnet, luftgeführte Kanäle, in denen noch Wasserreserven drinstecken. Die werden erschlossen. Hundertprozentig. Es gibt keine wurzeldichte Steckverbindung. Da wachsen die Wurzeln rein und da hat die Stadtentwässerung dann auch mit zu tun. Das ist eigentlich die Möglichkeit für die Bäume, überhaupt noch an Wasser zu kommen... denn wenn man mal überlegt, so ein Großbaum wie eine Platane mit einem Kronendurchmesser von 20 m, die braucht doch 1000 Liter Wasser am Tag. Wo sollen die denn herkommen, wenn es sechs Wochen nicht regnet? Die müssen an Wasserreserven ran kommen, das heißt sie sind auf die Mithilfe von unterirdischer Infrastruktur, wie sie auch immer aussieht, angewiesen, dann schließen die da an und holen sich das raus. Da ist dann die Frage, was passiert, wenn man diese Infrastruktur nicht mehr zur Verfügung stellt. Dann sterben die Bäume, dann wissen sie nicht, wo sie Wasser herbekommen sollen.

00:14:40

I: Wie alt muss ein Baum denn ungefähr sein, um solche Wasserquellen zu erschließen?

00:14:44

H: Das macht er von Anfang an. Die Pflanzvorbereitung ist entscheidend. Wenn du jetzt zum Beispiel sagst: wir haben eine Pflanzgrube, das wars, nach FLL soll die 12 m<sup>3</sup> groß sein – ist

sie ja meistens nicht – der ist nach zwei Jahren erschlossen, dann ist die Frage, wo geht die Musik hin? Ein Großteil wächst wieder an die Oberfläche und holt sich unter Schotter- und Pflasterfugen und so weiter, Wasser und Nährstoffe. Woanders findet der Baum das nicht. Und das sind alle, die betroffen sind, wenn wir drei oder vier Wochen Trockenheit haben, da kommt dann nämlich kein Wasser mehr an. Und du kannst jetzt in Städten über bau- und vegetationstechnische Maßnahmen den Wurzelraum und die Wurzelraumschließung der Pflanzgruben verbessern. In Hannover macht man das, ich weiß nicht, ob man das in anderen Städten macht... also sprich: FLL-Empfehlungen. Erst mal eine großvolumige Pflanzgrube. Dann kannst du den Standort noch verbessern, denn die FLL-Empfehlungen beinhalten Baumsubstrate, die eine relativ geringe Wasserspeicherfähigkeit haben: 25 Vol.-%. Du kannst ausschreiben, dass an deinen Standorten oder in deinem Stadtbereich die Bäume in Substrate mit höherer Wasserspeicherung stehen sollen. Also formulierst du die Mindestanforderungen für die Substrate bezüglich der Wasserkapazität, von 25 auf 35. Das sind Welten. Das sind Welten! Dann haben die Substrate einfach ein wesentlich besseres Speichervermögen. Zwischen 35 Vol.-% Speicherfähigkeit im Substrat und 25 Vol.-%, da sind mindestens 20 € die Tonne.

00:16:49

I: Wie sieht es denn in Hannover gerade aus? Welches Substrat wird da verbaut?

00:16:51

H: tegra. Es werde gerade so die Anforderungen erfüllt. Jetzt geht man zum Beispiel dazu über und denkt darüber nach, bessere Substrate einzusetzen, weil die einfach auf die Dauer eine bessere Speicherfähigkeit haben. Es nützt ja nichts, wenn ich jetzt ein sandiges oder grobporiges Substrat habe, mit hohem Kiesanteil, wenn das kein Wasser speichert. Es muss A: durchlüften, und B: Wasser speichern. Deswegen sind die Anforderungen der FLL zu hinterfragen bezüglich der Wasserkapazität. Der Boden-Wasserhaushalt ist damit nicht befriedigt, beziehungsweise abgedeckt. Ich habe dann mal gefordert, dass die den größer machen, zwischen 30 und 45 oder 40 Vol.-%. Das schafft fast kein Substrat mit einer Luftkapazität von 15 und einer Wasserspeicherkapazität von 45, das gibt es nicht, ist technisch nicht herstellbar, weil die Gesteinskörnungen darauf nicht ausgelegt sind. Das heißt, da kann man natürlich viel machen, wenn man auch das Geld dafür ausgibt. Da wären wir so bei 60 oder 70 € pro Tonne Substrat. Und die Kommunen müssen einfach bereit sein, das Geld dafür auszugeben und in den Standort zu investieren, damit es den Bäumen später im Alter gut geht. Und wir reden da einfach nur über die Jugendphase, 12 m<sup>3</sup>. Viele Kommunen machen ja noch nicht einmal 12 m<sup>3</sup>, die machen ein Loch, setzen einen Baum da rein und denken „Wird schon wachsen“, ja, Pustekuchen, tut er nicht.

00:18:45

I: Gibt es denn in Hannover gerade eine Kombination mit Regenwassermanagement?

00:18:50

H: Ja, das wird gemacht. Da musst du mal in der Stadtentwässerung fragen, und im Fachbereich 67. Da gibt es ein Projekt – geh mal ins Internet - in der Prinzenstraße. Da gibt es Ansprechpartner, die stehen da. Die sprichst du einfach an. Einfach hinschreiben, sag du bist Studentin, und so weiter.

00:19:20

I: Mach ich.

00:19:23

H: Regenwassermanagement ist auch eine ganz interessante Sache. Rigolensysteme: es wird ja immer gesagt das Wasser wird zurückgehalten – ja, Klasse [ironisch]. Da gibt es Rückstauverfahren, „Rückstau“ heißt nichts anderes als eine unterirdische, geschlossene Kiste. Dann wird das Wasser vom Dach abgeleitet, in die Kiste, damit die Kanalisation entlastet ist. Und wenn die Kanalisation nach dem Regenereignis wieder funktionsfähig ist, wird das Wasser verzögert abgeleitet. Ja, was ist das für ein Regenwassermanagement?! Gar keins! Das ist Blödsinn. Regenwassermanagement heißt: das Wasser kann versickern... oder: es steht dem Boden zur Verfügung. Es verbessert den Boden-Wasserhaushalt und damit die vegetations-technischen Eigenschaften. Die Wasserversorgung der Bäume ist gewährleistet. Den Bäumen steht das Wasser zur Verfügung. Das ist eigentlich das große Ziel. Wir haben ja relativ viel Wasser, was plötzlich kommt und dann auch wieder vorbei ist – Starkregenereignisse – 50 Liter auf einen Quadratmeter. Da sagen alle „Das geht ja nicht“ und haben dabei Recht, dieses Wasser kann ja nicht über die Baumscheibe versickern. Dazu sind die Abflussraten viel zu gering. Aber es muss andere Möglichkeiten geben, im Untergrund, über Rigolenkörper. Da kann man das Wasser erst mal speichern und dann da unten, störungsfrei langsam versickern lassen. Das tun wir nicht. Kostet ja Geld. Jedes Bauvorhaben, das in Hannover jetzt an die Kanalisation angeschlossen werden muss, müsste eigentlich erst mal solche Rigolenkörper vorsehen und im Notfall, wenn die überlaufen, an die Kanalisation gehen. Aber diese Wassermengen, die vorher laufen, bevor der Notfall eintritt, die versickern bei mir. Dachbegrünung: Jeder flach geneigte Bau müsste vorher mit Rückhaltung in Form einer Dachbegrünung ausgestattet sein, damit wir das Wasser möglichst nicht ableiten. Wenn es im Abwasserrohr ist, in der Kanalisation, ist es futsch.

00:21:44

I: Wieviel Prozent des Wassers wird denn ungefähr abgeleitet und wieviel versickert?

00:21:48

H: So aus dem Gefühl würde ich sagen 80 % wird abgeleitet. Mindestens. Wenn nicht sogar mehr. Aber das muss die Stadtentwässerung ja auf jeden Fall wissen. Vor allem, wir haben Riesenmengen. Da kommen ja tausende von Kubikmetern Wasser vom Himmel, die wir in die Flüsse transportieren. Und jedes Bauvorhaben, jedes Einfamilienhaus hängt an der Kanalisation. Und es wird schwer gemacht, das Wasser abzuleiten. Die Kosten sind hoch. Du musst ja erst mal irgendwo Sickerraum haben, und dann müssen wir ja filtern. Das Wasser ist ja nach dem Wasserhaushaltsgesetz, was beispielsweise vom Dach kommt, ist es Abwasser, es muss also gefiltert, beziehungsweise gereinigt werden. Es muss durch eine belebte Bodenzone gefiltert werden. Das muss alles umsetzbar sein. Das kann man, aber das ist natürlich ein Mehraufwand, der wird kostenintensiv. Das wird nicht gefördert. Warum nicht? Das sind die Fragen, die man sich stellen muss. Warum werden solche ökologischen Prozesse durch Subventionen nicht gefördert? Die Stadt hat doch ein großes Interesse dass Wasser versickert, allein für den Baumbestand, Eilenriede und so weiter. Dann müssten sie doch sagen, jeder, der eine Versickerungsanlage baut, die funktionsfähig ist und dem Bodenkörper wieder Wasser einspeist, die wird um so-und-so-viel Prozent gefördert, wie es bei den Heizkostengesetz auch ist. 40, 30, 40, 50 Prozent oder sowas, oder mindestens die Hälfte, damit ein Interesse besteht, das zu machen.

00:23:36

I: Vielleicht ist auch noch gar nicht das Bewusstsein dafür da.

00:23:38

H: Ist es auch nicht. Das kommt erst. Daran müsst **ihr** arbeiten. Dann haben wir natürlich noch Regelwerke, die das ganze erschweren. Der Abstand vom Grundwasserkörper bis zum Versickerungshorizont muss einen Meter betragen. Ja, welches Grundwasser? Das höchste? Das mittlere? Das niedrigste? Steht nicht drin! Das machen wir dann, wie wir wollen, ne? Der eine nimmt das, der andere das. Aber das ist doch nicht richtig so. Der Bodenkörper hat die Filterfunktion, es darf kein ungefiltertes, ungereinigtes Wasser in den Grundwasserleiter kommen, aber was passiert denn jetzt beim Hochwasser? Wenn es überschwemmt? Jede Überschwemmung ist doch nichts anderes als eine Verunreinigung von Wasser. Das muss doch auch wieder versickern, das bleibt doch irgendwann im Bodenkörper. Also, man muss A: versuchen, möglichst wenig Schadstoffe zu produzieren und B: einen möglichst intakten Bodenkörper mit bakteriellen Stoffwechseleigenschaften entwickeln. Und kriegen wir das auch im Untergrund? Gibt es durchwurzelbaren, belebten Boden auch im Untergrund, zwei oder drei Meter unter dem Baum? Da wo die Wurzeln wachsen in der Pflanzgrube, ist da auch eine belebte Bodenzone, die als Filter dient? Wenn da keine belebte Bodenzone wäre, mit Stoffwechselfvorgängen und Mikroorganismen, dann würden doch da keine Wurzeln wachsen können. Also könnte doch der Versickerungshorizont und der Bodenfilter nach unten verlegt werden, das muss ja nicht an der Oberfläche sein. Sag das mal den Wasserwirtschaftlern. Guck dir mal die Modelle von Sieker und so weiter an, wo der Versickerungspunkt liegt – alles oben an der Oberfläche. Die Fläche haben wir gar nicht, die steht überhaupt nicht zur Verfügung. Du kannst doch nicht in der Lister Meile oder wo auch immer, in der Fußgängerzone, wo wir Baumstandorte haben, da oben irgendwelche Versickerungsmulden einrichten. Das ist doch eine Schlammschlacht. Dann ist doch die Funktion dieser Fläche gar nicht mehr gegeben. Also musst du das ganze im Untergrund, unter dieser versiegelten Fläche errichten können, dass da unten in den Rigolen noch eine Filterleistung ist, durch eine belebte Bodenzone. Was braucht die? Luft und Wasser. Nährstoffe kommen von selbst rein. Diese natürlichen Filterschichten, die sich in der Natur hier an der Oberfläche entwickelt haben, die musst du künstlich nach unten verlegen. Die einzigen Faktoren habe ich gesagt: Wasser und Luft. Das ist möglich, belüftete Untergrundkörper als Filter. Das kann man machen, wenn man weiß, wie es geht.

00:26:52

I: Ja, interessanter Ansatz, davon habe ich ehrlich gesagt so noch nicht gehört.

00:26:56

H: [lacht] Ne, das ist jetzt auch neu. Ja, aber ist doch logisch. Die Aufgabenstellung wäre, bei einer 1000 m<sup>2</sup> großen versiegelten Fläche mit zwei Platanen drin, wie kriege ich da Retentionsraum. Und das Wasser kannst du doch nicht über die Baumscheibe versickern. Bei einem Starkregenereignis, einem hundertjährigen Regen, die Menge wird ja gemessen und dokumentiert, der Abflussbeiwert, kommen 20 Liter pro Sekunde runter. Die müssen versickern. Wie willst du das schaffen? Das geht doch gar nicht. Also kannst du doch nur sagen: wir legen unter diese Fläche in den Untergrund, 2 oder 2,5 Meter tief, unter die durchwurzelte Baumgrubenzone Rigolenkörper, die das Wasser aufnehmen. Dann läuft das Wasser über Abflüsse ganz normal, wie beim Gulli direkt in den Untergrund, ohne dass das an den Abfluss angeschlossen wird. Das wäre dann die Logik. Die Platanenwurzeln wachsen dem Wasser nach. Die holen sich das da schon raus. Unten hast du dann sozusagen einen Vorrat und das Wasser versickert langsam und du hast eine durchfilterte Zone, da werden die Nährstoffe und Sedimente abgelagert. Der Baum holt sich da die Nährstoffe und dort haben wir dann eine intensiv durchwurzelte Schicht. Das ist die Filterleistung. Genau das gleiche hast du im Oberboden in der Versickerungsmulde auch: eine intensiv durchwurzelte

Schicht mit tausenden von Mikroorganismen, die die Reinigung des Bodens bewirken. Die Frage ist: Kann man das nach unten legen? Ist das technisch baubar? Warum nicht. Stattdessen füllen wir die Rigolenkörper mit irgendwelchen Substraten oder Kiesen auf und machen den Retentionsraum kleiner. Das ist doch Blödsinn. Wir wollen doch ein größtmögliches Stauvolumen haben. Aber wir verfüllen die Rigolenkörper. Guck dir mal die ganzen Arbeiten an über Rigolen, was da gezeigt wird. Das ist ein Witz. Oder wir bringen unten Bentonitschichten ein. Was soll das bewirken? Einen Stauhorizont? Wozu? Dann staut sich auf einer Bentonitschicht das Wasser. Der Grund erschließt sich mit nicht. Dann stellst du da eine Eiche, oder was auch immer für einen Baum drauf, der wächst bis zum Stauhorizont und da kommt er mit seiner Wurzel dann nicht durch. Was hat man davon? Der steht dann im Stauwasser. Dann kommt wieder kein Wasser, weil es drei, vier, fünf Wochen niederschlagsfrei ist und es trocknet da unten langsam aus. Dann hast du keinen Stauhorizont mehr, weil der Baum das ganze Wasser rausgezogen hat. Dann hast du aber Sedimentablagerungen. Was kommt dann? Dann kommen irgendwelche Regenwürmer und machen innerhalb von einer halben Stunde Röhren senkrecht rein in deine 5 cm dicke Bentonitschicht und dann kannst du das ganze vergessen dann ist das wie ein Sieb. Und kontrollieren kannst du das nicht. Das Einzige, was du machen kannst, ist, eine Folie einzubauen. Das bauen sie auch, da bauen sie Kunststofffolie ein. Machen wir jetzt Versickerungsanlagen oder machen wir Teiche? Das ist doch Unsinn, erschließt sich mir nicht. Warum? Wenn da unten der Boden eine Filterzone hat und das Wasser kann langsam versickern und kann an das Grundwasser, wieder die Reserven auffüllen, dann ist doch eigentlich jedem geholfen. Und was vom Baum genutzt wird, verdunstet. Das ist der Kreislauf. [Pause] Hast du viel mitgeschrieben?

00:31:27

I: Ja, auf jeden Fall. Ein paar Sachen werde ich gleich auf jeden Fall nochmal recherchieren.

00:31:31

H: Also, wichtig ist, dass die ganze Hydrologie eben gestört ist, durch anthropogene Einflüsse. Das ist ganz klar. Aber im ländlichen Raum ist das auch, durch die Landwirtschaft zum Beispiel. Ackerdrainage, da kriegen die Bauern Geld dafür, dass sie machen. Ist die Frage, ob das sinnvoll ist. Früher gab es ganz klare Angaben, was bewirtschaftet ist und was nicht bewirtschaftet ist. Lohnt es sich oder lohnt es sich nicht. Auf sandigen Flächen wuchs nicht so viel, da hat der Bauer nichts angebaut, da grasten dann Schafe oder sowas. Aber heute meint man über Technik könnte man alles erreichen. Die Felder werden gesprengt, da werden Unmengen an Wasser aus dem Boden rausgezogen. Der größte Grundwasserverbraucher ist die Landwirtschaft. Da stellt sich die Frage, kann man da nicht eine andere Bewirtschaftungsweise machen? Aber das geht einfach viel zu weit. Du musst dich auf dein Thema konzentrieren. Grundwasserabsenkung ist Fakt. Hauptsächlich in den Städten durch Baumaßnahmen, Absenkungen, Trockenlegung und so weiter, wie kann ich da einen Baumbestand noch retten? Das ist eigentlich die Frage. Die Feuerwehr fährt jede Woche raus und gießt die Bäume. Wie viel denn, Herr Hauptwachtmeister? Melde dich einfach nochmal wieder, wenn du da noch Fragen hast. Wir stehen zur Verfügung.

00:33:23

I: Okay, mache ich. Vielen Dank!

00:33:29

H: Und schöne Grüße nach Osnabrück!

## Anhang G: Liste an Gehölzarten, die an das in Hannover unter SSP5-8.5 zum Ende des Jahrhunderts erwartete Klima angepasst sind; differenziert in Aw, Sw, At und St

Ausgewählt wurden die zusammengestellten Bauarten nach ihrem Vorkommen in den klimatischen Analoggebieten (siehe Abbildung 25). Angaben über das Baumartenvorkommen stammen aus dem Datensatz von Strona et al. (2016), ergänzt durch Meusel et al. (1965 & 1978) Meusel & Jäger (1992) und das internationale Netzwerk der Global Biodiversity Information Facility (gbif.org 2023). Gelistet ist das Vorkommen in den Analoggebieten der Arten in der zweiten Tabellenspalte. Die Darstellung der Typen (Aw, At, Sw, St) in Klammern ist mit einem peripheren Vorkommen der entsprechenden Art oder Unsicherheiten in Bezug auf das Vorkommen (z. B. durch kaum gemeldete Exemplare oder kleine Verbreitungsgebiete) begründet. Da das Vorkommen in den Analoggebieten lediglich die natürliche Verbreitung beschreibt und nicht auf die ökologische Standortamplitude eingeht, erweitern zusätzliche Recherchen die Beschreibung der Ansprüche der jeweiligen Art.

Zur weiteren Einschätzung der Naturstandorte sind die Lebensbereiche, Habitats und teilweise soziologische Aspekte nach Kiermeier (1995; aus Roloff & Bärtels 2018) und Database of European Vegetation, Habitats and Flora (FloraVeg.EU 2024) aufgeführt. In Bezug auf die Lebensbereiche (erste Ziffer der vierstelligen Zahlenfolge; X...) gilt insbesondere der Lebensbereich 6 – Steppengehölze und Trockenwälder als vielversprechende Gruppe trockenheits- und hitzeverträglicher Arten. Viele der Bestandsarten Hannovers werden hingegen dem Bereich 3 – Artenreiche Wälder und Gehölzgruppen zugeordnet. Außerdem relevant ist Lebensbereich 2 – Auen- und Ufergehölze, da einige Arten dieses Lebensbereichs eine sehr weite Standortamplitude haben. Gehölze dieses Lebensbereichs eignen sich oft auch für eine Kombination mit regenerückhaltenden Projekten, da Überflutung und Staunässe in der Regel vertragen wird. Diesbezüglich findet sich dann ein Hinweis in der Spalte „Bemerkungen“. Boden- und Klimafaktoren der Lebensbereiche (zweite und dritte Ziffer der vierstelligen Zahlenfolge; .X.. und ..X.) werden innerhalb der Tabelle noch einmal gesondert betrachtet und werden daher hier nicht erklärt. Die letzte Ziffer der Lebensbereiche (...X) gibt Auskunft über die Größe und Wuchsform der jeweiligen Baumart aus Roloff & Bärtels (2018, gekürzt):

1	2	3	4	5	6	7
Großbaum (> 20 m)	Mittelgroßer Baum (> 15 m)	Kleinbaum (> 7 m)	Großstrauch (> 3 m)	Normalstrauch (> 1,5 m)	Kleinstrauch (> 0,5 m)	Zwergstrauch (> 0,1 m)

Eine Beschreibung der Lichtbedürftigkeit, Ansprüche an Boden und Klima, mögliche Krankheiten und weitere Einschränkungen und empfehlenswerte Sorten basiert auf der

Recherche in Katalogen verschiedener Baumschulen. Zu nennen sind Ebben (NL), Van den Berk (NL), Horstmann, Bruns, Eggert, Lorenz von Ehren, Vivers Carex (ES) und Viforsa, S.L. – Plantamus (ES). Auch die Datenbanken EUFORGEN (European Forest Genetic Resources Programme), der European Atlas of Forest Tree Species (San-Miguél-Ayaz et al. 2016) oder citree (2015), die Planungsdatenbank für urbane Räume der Technischen Universität Dresden liefern hierfür Informationen. Teilweise bieten Listen wie die KLAM (Roloff et al. 2008) und die Straßenbaumliste der GALK Anhaltspunkte für eine Eignung als Stadt- oder Straßenbaum. Ästhetische Eigenschaften wie Blüte, dekorative Früchte und Herbstfärbung sind informativ und als mögliche Argumente für eine Pflanzung aufgeführt. In Anlehnung an die Ziele Hannovers (siehe Kapitel 4.2.2) wird außerdem auf ökologische Aspekte Bezug genommen. Zu bedenken ist, dass vor allem in Deutschland bisher unbekanntere Arten, tendenziell jene höherer Winterhärtezonen, durch diese Informationsquellen unvollständig abgebildet sind.

Die Zuordnung der Gehölzarten zu den vier Standorttypen Aw, Sw, At und St erfolgt über die in Kapitel 7.1 festgelegten Kriterien. Stimmen die Eigenschaften der Arten nicht vollständig mit den standortspezifischen Anforderungen überein, werden sie als „eingeschränkt geeignet“ bezeichnet. In diesem Fall ist eine entsprechende Standortvorbereitung in Erwägung zu ziehen. Der Stichpunkt „verträgt keine Bepflasterung“, bzw. „verträgt Bepflasterung“ fasst die Eigenschaften versiegelter und verdichteter Böden zusammen. Die Begründung für die Zuordnung der Standorttypen ergibt sich aus den fettgedruckten in der Tabelle aufgeführten Aspekten. Im Wesentlichen werden Standortansprüche für die Einordnung herangezogen, teils geht es aber auch um Größe (siehe Lebensbereich) und Winterhärte.

Die Winterhärtezone (WHZ; aus Roloff & Bärtels 2018) dient der Zuordnung möglicher Pflanzzeitpunkte bei bisher nicht ausreichend winterharten Gehölzen. Durch die Temperaturdifferenz zwischen Innenstadt und Umland können weniger winterharte Gehölze im Verlauf des Klimawandels zunächst in dicht bebauten Bereichen und in der darauffolgenden Planungsepoche im Umland gepflanzt werden.

Bis wann die vorgeschlagenen Gehölzarten gepflanzt werden sollten, geht nicht eindeutig hervor, da für die Zeit nach 2100 zurzeit keine Klimaprojektionen bestehen. Neben sommerlicher Trockenheit liegt der hauptsächliche Aspekt der klimatischen Entwicklung in der Zunahme von Hitzeereignissen. Einige Arten werden in den herangezogenen Quellen als „gering hitzeverträglich“ oder „mittelmäßig hitzeverträglich“ beschrieben. Für diese Arten ist es auch in Bezug auf die mögliche Lebensdauer sinnvoll, ein Ende neuer Pflanzungen vorzusehen. Für „gering hitzeverträgliche“ Arten wurde daher ein vorerstes Pflanzende 2040 notiert, bei „mittelmäßig hitzeverträglichen“ Arten ist dieses 2060 angesetzt. Zur besseren Übersichtlichkeit sind Gehölze mitteleuropäischer, gemäßiger Herkunft gesondert gelistet.

Gehölzarten mitteleuropäischer Herkunft:

Baumart	Vorkommen in Analogon	Lebensbereich <sup>4</sup>	WHZ	Sonne	Ästhetik	Ökologische Aspekte	Ansprüche an den Boden	Stadtklimatische Ansprüche	Einschränkungen	Sorten	Bemerkungen	Pflanzempfehlungen
<i>Acer campestre</i> (Feld-Ahorn)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	6.1.4.2 Temperate & submediterrane, termophile sommergrüne Wälder, Strauchflächen <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halbschatten, schattentolerant <sup>8</sup>	auffallende Herbstfärbung (gelb)	Biodiversitätsindex 4,3/5 = wertvoll <sup>22</sup> ; Bienen, Vögel, Schmetterlinge und Falter <sup>4 8 9</sup>	<b>kalkliebend</b> <sup>11</sup> ; <b>salzverträglich</b> <sup>8 9</sup> ; <b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>9</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Luftverschmutzung und Hitze</b> <sup>8</sup>	mehltauanfällig, Mehltau, Blattläuse, Wurzelfäule, <i>Verticillium</i> , Gallbildungen durch <i>Aceria</i> <sup>7 21</sup>	'Elsrijk' & 'Huibers Elegant': Straßenbaum, schmalkronig <sup>9 19</sup> ; 'Red Shine': rötlicher Blattaustrieb <sup>8 9</sup> ; 'Green Column': säulenförmig <sup>8 9</sup>	Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup> , Schönfeld <sup>19</sup> , GALK: in Sorten straßenbaumgeeignet <sup>21</sup>	Aw, Sw; At & St in Sorten
<i>Alnus glutinosa</i> (Schwarz-Erle)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	1.2.2.2 Auwälder, Moorflächen <sup>5</sup>	3	Sonne bis Halbschatten <sup>10</sup>		Biodiversitätsindex 2,9/5 <sup>22</sup> , Schmetterlinge <sup>22</sup> , Lebensraum für Vögel und Insekten <sup>8 10</sup>	<b>feuchte bis nasse Böden</b> <sup>9</sup> , salzverträglich <sup>8</sup> , verträgt keine Bepflasterung <sup>8 9</sup> , schwach <b>saure Böden</b> werden bevorzugt <sup>11</sup>	verträgt phasenweise Trockenheit und Luftverschmutzung <sup>8</sup> ; <b>nicht hitzeverträglich</b> <sup>7</sup>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> ; Blattläuse, Mehltau, <i>Phytophthora</i> , hohe Anzahl von Schadinsekten <sup>7</sup>	'Aurea': gelber Blattaustrieb <sup>9 11</sup> ; 'Imperialis' & 'Laciniata': tief geschlitzte Blätter <sup>8 9</sup> ; 'Pyramidalis': aufragender Wuchs <sup>9</sup>	GALK: nicht straßenbaumgeeignet <sup>21</sup> ; verträgt Überflutung <sup>11</sup>	Aw (bis ca. 2040)
<i>Carpinus betulus</i> (Gewöhnliche Hainbuche)	(Aw), (At), (Sw) <sup>1</sup>	3.1.6.2 Temperate sommergrüne & gemischte Wälder <sup>5</sup>	5b	Sonne bis Schatten <sup>11</sup>	auffallende Herbstfärbung (gelb)	Biodiversitätsindex 3,3/5 <sup>22</sup> , Schmetterlinge, Säugetiere & Käfer <sup>8 22</sup>	anpassungsfähig, saure bis <b>alkalische Böden</b> <sup>11</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8 9</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>8 11</sup>	Pilzkrankheiten, Schildläuse, Hallimasch, Wurzelfäule <sup>7</sup>	'Frans Fontaine'; 'Fastigiata' & 'Lucas': Säulenform; 'Pendula': Hängeform <sup>9</sup>	KLAM <sup>20</sup> , Schönfeld <sup>19</sup> , eingeschränkt straßenbaumgeeignet <sup>21</sup> ; verträgt kurzzeitige Überflutung <sup>9 11</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt, ggf. in Sorten

<i>Crataegus monogyna</i> (Eingrifflicher Weißdorn)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	3.1.6.4 (9.1.4.4) Mischwälder warmer Regionen, temperate & submediterrane Strauchflächen <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup> <sup>10</sup>	auffällige Blüte, duftend, essbare Frucht, auffallende Herbstfärbung (gelb-orange) <sup>10</sup>	Bienen, Vögel, Schmetterlinge und Falter <sup>4 8 9</sup>	bevorzugt <b>kalkhaltige</b> Substrate <sup>11</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8 9</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze &amp; Luftverschmutzung</b> <sup>8 11</sup>	<b>viele Schadinsekten</b> , Kahlfraß, viele Krankheiten (Feuerbrand, Weißdorngitterrost) <sup>7 12</sup>	'Stricta': Säulenform <sup>8 9 11</sup>	eingeschränkt straßenbaumgeeignet <sup>21</sup> ; verträgt kurzzeitige Überflutung <sup>8</sup>	Aw, Sw
<i>Malus sylvestris</i> (Holz-Apfel)	(Aw) <sup>1</sup>	2.5.2.3 Temperate und mediterrane Auenwälder <sup>5</sup>	5a	Sonne <sup>8</sup>	auffällige Blüte, Frucht, auffallende Herbstfärbung	Biodiversitätsindex ~ 4/5 <sup>22</sup> , Wildbienen, Vögel, Säugetierarten, Käfer, Schmetterlinge <sup>8 9 22</sup>	kalkliebend <sup>10 11</sup> , benötigt nährstoffreichen, <b>gut durchlässigen Boden</b> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>9</sup>	verträgt kurzfristig <b>Trockenheit</b> <sup>11</sup> , <b>mittlere Hitzeverträglichkeit</b> <sup>7</sup>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> ; Fruchtfall; Krebs, Lausbefall, Mehltau, Feuerbrand <sup>7 12</sup>		verträgt kurzzeitige Überflutung <sup>9</sup>	Aw (bis ca. 2060)
<i>Populus alba</i> (Silber-Pappel)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	2.4.2.1 Temperate und mediterrane Auenwälder <sup>5</sup>	4	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	gelbe Herbstfärbung	Schmetterlinge und Falter <sup>8 9</sup>	bevorzugt <b>saure Böden</b> <sup>8</sup> , salzverträglich <sup>8</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>9</sup> , auf trockenen & nährstoffarmen Böden weitreichendes Wurzelsystem <sup>11</sup>	verträgt Trockenheit & Luftverschmutzung <sup>7 8</sup> , <b>mittlere Hitzeverträglichkeit</b> <sup>7</sup>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> , neigt zu Wurzelbrut <sup>11</sup> ; Triebsterben, Maikäfer, Bockkäfer, Pappelblattkäfer, Wiedenbohrer, Blattpilze <sup>6 7</sup>	'Nivea': auffallend weißer Blattaustrieb <sup>9 11</sup> ; 'Raket': Säulenform <sup>8</sup>	Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup> ; verträgt kurzzeitige Überflutung <sup>11</sup>	Aw (bis ca. 2060)
<i>Populus x canescens</i> (Grau-Pappel)	Aw, Sw <sup>2</sup>	2.5.3.1 Temperate und mediterrane Auenwälder, Dünenvegetation <sup>5</sup>	5a	Sonne <sup>8</sup> , schattentolerant <sup>11</sup>	gelbgrüne Herbstfärbung		kalkreiche Böden <sup>8 9</sup> , bevorzugt <b>feuchte und nährstoffreiche Böden</b> <sup>8 9</sup> , salzverträglich <sup>8</sup> , tolerant <sup>11</sup> , verträgt Bepflasterung <sup>8 9</sup>	verträgt Luftverschmutzung <sup>8</sup> , <b>mittlere Hitzeverträglichkeit</b> <sup>7</sup>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> , neigt zu Wurzelbrut <sup>11</sup> ; Befall durch Insekten wie Bockkäfer, Pappelblattkäfer, Triebspitzenkrankheit, <i>Melampsora</i> <sup>6 7</sup>		GALK: nicht straßenbaumgeeignet <sup>21</sup> ; verträgt nassen Boden <sup>9</sup>	Aw (bis ca. 2060)

<i>Populus nigra</i> (Schwarz-Pappel)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	2.4.3.1 Temperate und mediterrane Auen- wälder <sup>5</sup>	5b	Sonne <sup>8</sup>	gelbe Herbst- färbung	Biodiversitäts- index 4/5 <sup>22</sup> , Käfer, Vögel, Säugetiere, Schmetterlinge und Falter <sup>8 9 22</sup>	bevorzugt feuchte, <b>kalkhaltige</b> Böden <sup>9</sup> , anpassungsfähig, <b>salzverträglich</b> <sup>9</sup> , <b>verträgt Teil-</b> <b>bepflasterung</b> <sup>8</sup>	verträgt Luftver- schmutzung <sup>8</sup> , <b>stadtklimafest</b> <sup>21</sup>	genetische Verarmung der Wildpopu- lationen durch Hybridisierung & Zuchteinflüsse <sup>6</sup> ; aggressive Wurzeln <sup>7</sup> ; Brüchigkeit im Alter <sup>21</sup> ; Insektenbefall, Rost <sup>6</sup>	'Italica': säulenförmige männliche Selektion ohne Samenflug <sup>21</sup> ; 'Afghanica': Säulenform mit heller Rinde <sup>8</sup>	Zukunfts- baum nach GALK, <b>in</b> <b>Sorte</b> <b>'Italica'</b> <b>straßen-</b> <b>baum-</b> <b>geeignet</b> <sup>21</sup> ; verträgt kurzzeitige Über- flutung <sup>8</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt, evtl. in Sorten
<i>Populus tremula</i> (Zitter-Pappel)	(Aw), (At), (St) <sup>1</sup>	4.2.3.2 Temperate sommer- grüne & gemischte Wälder, Strauch- flächen & Wälder armer Böden <sup>5</sup>	1	Sonne bis Halb- schatten <sup>8</sup>	gelbe Herbst- färbung, Geräusche	Biodiversitäts- index 3,6/5 <sup>22</sup> , Käfer, Säugetiere, Schmetterlinge und Falter <sup>8 9 22</sup>	<b>salzverträglich</b> <sup>9</sup> , verträgt <b>keine</b> <b>Bepflasterung</b> <sup>9</sup>	<b>verträgt</b> <b>Trockenheit,</b> <b>Hitze und</b> <b>Luftver-</b> <b>schmutzung</b> <sup>7 8</sup>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> ; Kernfäule, Pappelblattkäfer, Bockkäfer, Triebspitzen- krankheit, <i>Melampsora</i> <sup>6 7</sup> ; teilweise anfällig gegen Rost <sup>9</sup>	'Erecta': säulenförmige männliche Selektion ohne Samenflug <sup>9</sup>	Zukunfts- baum nach KLAM <sup>20</sup> , GALK: nicht straßen- baum- geeignet <sup>21</sup> ; verträgt Über- flutung <sup>9</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Prunus avium</i> (Vogel- Kirsche)	(Aw), (Sw), (St) <sup>1</sup>	3.3.3.2 (2.5.3.4) Temperate sommer- grüne & gemischte Wälder, Strauch- flächen, Auen <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halb- schatten <sup>11</sup>	auffällige Blüte, essbare Frucht, auffallende Herbst- färbung (orange)	Biodiversitäts- index 4,1/5 = sehr wertvoll <sup>22</sup> , Wildbienen, Vögel, Säugetierarten, Käfer, Schmetterlinge und Falter <sup>8 9 22</sup>	verträgt <b>keine</b> <b>Bepflasterung</b> <sup>8</sup> , bevorzugt nährstoffreiche, <b>lockere und</b> <b>alkalische</b> <b>Böden</b> <sup>9 10 11</sup>	verträgt Luftver- schmutzung und Trockenheit, <b>mäßig hitze-</b> <b>verträglich</b> <sup>7 8</sup>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> ; Gummifluss, Viren, Bakterien, Pilze, Insekten <sup>7</sup>	diverse Fruchtsorten	Zukunfts- baum nach KLAM <sup>20</sup> ; GALK: nicht straßen- baum- geeignet <sup>21</sup> ; verträgt kurzfristig Staunässe <sup>7</sup>	Aw, Sw eingeschränkt (bis ca. 2040)

<i>Prunus domestica</i> (Gewöhnliche Pflaume)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>2</sup>	9.3.1.3 Submediterrane Strauchflächen <sup>5</sup>	5b	Sonne <sup>8</sup>	auffällige Blüte, Frucht, gelbe Herbstfärbung	Bienen, Vögel, Säugetierarten, Schmetterlinge <sup>8 9</sup>	bevorzugt <b>saure</b> , durchlässige, nährstoffreiche und <b>feuchte</b> <b>Böden</b> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8 11</sup>	k. A.	<b>höherer Pflegeaufwand</b> , Fruchtfall; Pflaumen-Narrentasche, Pflaumenwickler	diverse Fruchtsorten		Aw eingeschränkt
<i>Pyrus communis</i> (Gewöhnliche Birne)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>2</sup>	6.4.2.2 Temperate und submediterrane termophile Wälder, submontane Strauchflächen <sup>5</sup>	5a	Sonne <sup>11</sup>	auffällige Blüte, Frucht, evtl. auffallende Herbstfärbung	Biodiversitätsindex 3,9/5 <sup>22</sup> , Wildbienen, Vögel, Säugetierarten, Schmetterlinge <sup>8 9 22</sup>	bevorzugt nährstoffreiche und <b>alkalische</b> Böden <sup>8 11</sup> , anpassungsfähig, <b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>8</sup> , <b>schwach salzverträglich</b> <sup>7</sup>	<b>stadtklimafest</b> , sommerliche Hitze- und Trockenperioden werden gut vertragen <sup>11</sup> , verträgt Luftverschmutzung <sup>8</sup>	Fruchtfall; Pilze, Feuerbrand <sup>21</sup> , Birnenengitterrost <sup>7</sup>	'Beech Hill': schmal pyramidale Krone <sup>8 9</sup> ; diverse Fruchtsorten	Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup> ; GALK: nicht straßenbaumgeeignet <sup>21</sup> ; verträgt kurzfristig Staunässe <sup>7</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt (evtl. in Sorten)
<i>Quercus petraea</i> (Traubeneiche)	(At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	4.2.2.1 (3.1.3.1) Acidophile Eichenmischwälder, temperate sommergrüne & gemischte Wälder <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	gelbe Herbstfärbung	Biodiversitätsindex 4,4/5 = sehr wertvoll <sup>22</sup> , Wildbienen, Vögel, Säugetierarten, Käfer, Schmetterlinge <sup>8 10 22</sup>	bevorzugt saure und neutrale Böden <sup>8</sup> , <b>toleriert alkalische Substrate</b> <sup>11</sup> , <b>verträgt Teilbepflasterung</b> <sup>8 11 21</sup> , <b>salzverträglich</b> <sup>9</sup>	<b>verträgt Trockenheitsperioden</b> und Luftverschmutzung <sup>8</sup> , stadtklimafest <sup>11 21</sup> , <b>mittlere Hitzeverträglichkeit</b> <sup>7</sup>	Gallwespe, Eichenwickler, Mehltau, Eichenprozessions- spinner, Eichensplintkäfer <sup>7</sup>	'Columna': Säulenform <sup>9</sup>	Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup> & GALK: straßenbaumgeeignet <sup>21</sup>	Aw & At (ca. bis 2060)
<i>Quercus robur</i> (Stiel-Eiche)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	3.1.4.1 Eichenmischwälder, temperate sommergrüne & gemischte Wälder, Hartholzauen <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halbschatten <sup>11</sup>		Biodiversitätsindex 4,7/5 = sehr wertvoll <sup>22</sup> , Wildbienen, Vögel, Säugetierarten, Schmetterlinge, Käfer <sup>8 9 22</sup>	bodentolerant <sup>11</sup> , salzverträglich <sup>9</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8 9</sup>	verträgt Trockenheit, stadtklimafest <sup>11</sup> , <b>mittlere Hitzeverträglichkeit</b> <sup>7</sup>	Eichenprozessions- spinner, Eichensplintkäfer, Eichenwickler, Mehltau, <i>Phytophthora</i> , Gallwespe <sup>7 11</sup>	'Fastigiata' & 'Fastigiata Koster': Säulen- Eiche <sup>9</sup>	GALK: in Sorten straßenbaumgeeignet <sup>21</sup> ; verträgt Stauwasser und Überflutung <sup>11</sup>	Aw (ca. bis 2060)

<i>Rhamnus cathartica</i> (Echter Kreuzdorn)	(Aw), (Sw) <sup>1</sup>	6.3.3.4 Temperate & submediterrane Strauchflächen, thermophile Wälder <sup>5</sup>	4a	Sonne bis Halbschatten <sup>10</sup>	Frucht, gelbe Herbstfärbung	Bienen, Schmetterlinge, Vögel <sup>8 10</sup>	anspruchlos, bevorzugt <b>kalkhaltige Böden</b> <sup>11 13</sup> , <b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>7</sup> , <b>mittlere Salzverträglichkeit</b> <sup>7</sup>	verträgt Luftverschmutzung <sup>8 13</sup> , <b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>7 11</sup>	giftig <sup>8</sup> ; ausläufer-treibend <sup>11</sup> ; meist gesund <sup>7</sup> , Schmetterlingsbefall, Grüne Gurkenlaus <sup>7 11</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Salix alba</i> (Silber-Weide)	Aw, (At), Sw, St <sup>1</sup>	2.2.3.1 Temperate und mediterrane Auenstandorte <sup>5</sup>	4	Sonne <sup>8</sup>	gelbe Herbstfärbung	Biodiversitätsindex 4,3/5 = sehr wertvoll <sup>22</sup> , Wildbienen, Schmetterlinge, Käfer, Vögel, Säugetiere <sup>22</sup>	verträgt keine Bepflasterung <sup>8 11</sup> , bevorzugt <b>feuchte</b> , nährstoffreiche, alkalische Böden <sup>11</sup>	<b>empfindlich gegen Trockenheit</b> <sup>7</sup> , verträgt Luftverschmutzung <sup>8 11</sup> , <b>mittlere Hitzeverträglichkeit</b> <sup>7</sup>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> ; Weidenbohrer, Moschusbock, Rindenkrebs <sup>7</sup>	'Belders' & 'Liempde': aufrechte Krone & durchgehender Stamm <sup>9</sup> ; 'Chermesina': orangefarbene Zweige Eignung als Kopfweide <sup>9</sup>	GALK: nicht straßenbaumgeeignet <sup>21</sup> ; verträgt Überflutung <sup>9</sup>	Aw (bis ca. 2060)
<i>Salix fragilis</i> (Knack-Weide)	(At), (St) <sup>1</sup>	2.1.3.2 Temperate Auenstandorte <sup>5</sup>	4	Sonne <sup>11</sup>	gelbe Herbstfärbung	Bienen, Schmetterlinge und Falter <sup>8 9</sup>	verträgt teilweise Bepflasterung <sup>9</sup> , bevorzugt <b>feuchte</b> , nährstoffreiche, <b>kalkarme Böden</b> <sup>11</sup>	k. A., <b>evtl. kaum hitzeverträglich</b>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> ; Weidenbohrer, Moschusbock, bruchgefährdet <sup>7</sup>	'Bullata': kugelförmigere Krone <sup>9</sup>	bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; verträgt Überflutung <sup>11</sup>	Aw (evtl. bis ca. 2060)
<i>Salix purpurea</i> (Purpur-Weide)	Aw, At, Sw, St <sup>2 3</sup>	2.2.3.4 Temperate und mediterrane Auenstandorte <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halbschatten <sup>10</sup>	gelbe Herbstfärbung	Bienen <sup>4</sup>	verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>11</sup> , <b>bevorzugt feuchte</b> , nährstoffreiche, alkalische Böden <sup>11</sup> , toleriert alle pH-Werte <sup>18</sup> , salzverträglich <sup>10</sup>	stadtklima-, <b>trockenheits- &amp; hitzeverträglich</b> <sup>10 11</sup>	Weidenbohrer, Moschusbock, aggressive Wurzeln <sup>7</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; verträgt Überflutung <sup>9 10</sup>	Aw, Sw

<i>Sambucus nigra</i> (Schwarzer Holunder)	Aw, At, Sw, St <sup>3</sup>	3.1.6.4 (9.3.4.4) Mischwälder, Auen, Dünen, temperate & submediterrane Strauchflächen <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halbschatten <sup>10</sup>	Blüte, Fruchststände, gelbe Herbstfärbung	Bienen, Vögel <sup>8 11</sup>	verträgt Bepflasterung <sup>8</sup> , <b>kalkliebend</b> <sup>11</sup>	verträgt Luftverschmutzung <sup>8 11</sup> , <b>verträgt</b> <b>Trockenzeiten</b> <sup>11</sup> , k. A. bzgl. Hitzeverträglichkeit	phytophage Insekten, <i>Cercospora</i> - Blattfleckenkrankheit <sup>6</sup>	'Black Lace', 'Black Beauty' & 'Guincho Purple': dunkles Laub & pink-weiße Blüten <sup>10 11</sup> ; 'Serenade': gelber Laubaustrieb <sup>10</sup>	verträgt Nässe <sup>8</sup>	Aw; Sw eingeschränkt
<i>Sorbus domestica</i> (Speierling)	Aw, At, Sw, St <sup>3</sup>	6.1.2.2 Mischwälder warmer Regionen Zentral- & Südeuropas, thermophile mediterrane Wälder <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halbschatten <sup>11</sup>	Blüte, duftende & essbare Früchte, gelb- orange Herbstfärbung	Bienen, Schmetterlinge & Falter, Vögel, Säugetiere <sup>8 9</sup>	bevorzugt <b>kalkhaltige</b> , durchlässige Böden <sup>11</sup> , verträgt <b>Teilbepflasterung</b> <sup>8 9</sup> , <b>schwach</b> <b>salzverträglich</b> <sup>7</sup>	<b>verträgt</b> <b>Trockenheit &amp;</b> <b>Hitze</b> <sup>10 11</sup>	Feuerbrand <sup>7</sup> , Apfel-Krebs, Apfel-Schorf <sup>6</sup>		Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Sorbus torminalis</i> (Elsbeere)	(Aw), (At), (St) <sup>1</sup>	6.1.2.2 Wälder warmer Regionen Zentral- & Südeuropas, thermophile mediterrane Wälder <sup>5</sup>	6a	Sonne bis Halbschatten <sup>10 11</sup>	Blüten, Früchte, orangerote Herbstfärbung	Bienen, Schmetterlinge & Falter, Vögel, Säugetiere <sup>8 9</sup>	verträgt <b>Teilbepflasterung</b> <sup>7 8</sup> , <b>kalkliebend</b> <sup>11</sup> , bevorzugt nährstoffreiche & durchlässige Böden <sup>10</sup> , <b>schwach</b> <b>salzverträglich</b> <sup>7</sup>	<b>verträgt</b> <b>Trockenheit &amp;</b> <b>Hitze</b> <sup>7 8 11</sup>	Feuerbrand <sup>7</sup> , Apfel-Schorf, Grüne Apfelblattlaus, Gallmilben, <i>Armillaria</i> <sup>6</sup>		Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Taxus baccata</i> (Europäische Eibe)	(Aw), (Sw) <sup>1</sup>	3.3.5.3 Temperate sommergrüne und gemischte Wälder, Wälder warmer Regionen <sup>5</sup>	6a	Sonne bis Schatten <sup>8</sup>	immergrün	Biodiversitätsindex 1,6/5 = nicht wertvoll <sup>22</sup> , Bienen, Vögel <sup>8</sup>	bevorzugt kalkhaltige, <b>nährstoffreiche</b> & <b>durchlässige</b> <b>Böden</b> <sup>9 11</sup> , ver- trägt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>7 8 9</sup> , mittelmäßig salzverträglich <sup>7</sup>	verträgt Trockenheit & Luftverschmutzung <sup>7 8</sup> , <b>mittlere Hitze-</b> <b>verträglichkeit</b>	giftig; meist gesund, Gallen, Blattwespen <sup>7</sup>			Aw (bis ca. 2060)

<i>Tilia cordata</i> (Winter-Linde)	(Aw) <sup>1</sup>	3.1.3.1 Temperate sommer- grüne und gemischte Wälder <sup>5</sup>	4	Sonne bis Schatten <sup>8</sup>	Duft, gelbe Herbst- färbung	Biodiversitäts- index 4,4/5 = sehr wertvoll <sup>22</sup> , Wildbienen, Schmetterlinge, Vögel, Käfer, Säugetiere <sup>8 9 22</sup>	<b>verträgt Be- pflasterung</b> <sup>8 9</sup> , mäßig salz- verträglich <sup>7 10</sup>	<b>verträgt zeitweise Trockenheit,</b> verträgt Luftver- schmutzung, <b>(mäßig) Hitze</b> <sup>7 8 10 11</sup>	Wurzelbrut <sup>9</sup> ; Blattläuse (Honigtau- absonderung), <i>Phytophthora</i> , Befall durch weitere Insekten <sup>4 6 7</sup>	'Erecta', 'Rancho' & 'Roelvo': kleinkronig, bzw. eiförmig <sup>11</sup>	KLAM <sup>20</sup> & GALK: in Sorten straßen- baum- geeignet <sup>21</sup> ; verträgt kurzfristig Über- flutungen <sup>9</sup>	Aw; At einge- schränkt (bis ca. 2060)
<i>Tilia x europaea</i> , Syn. <i>T. x intermedia</i> , <i>T. x vulgaris</i> (Holländische Linde)	(Aw) <sup>1</sup>	3.3.3.1 Temperate sommer- grüne und gemischte Wälder <sup>5</sup>	4	Sonne bis Halb- schatten <sup>8</sup>	gelbe Herbst- färbung	Biodiversitäts- index 4/5 <sup>22</sup> , Wildbienen, Schmetterlinge, Säugetiere, Vögel <sup>22</sup>	<b>verträgt Teil- bepflasterung, alkalische und verdichtete Böden</b> <sup>7 9 11</sup> , schwach salzverträglich <sup>7</sup>	stadtklima- verträglich, verträgt zeitweise Trockenheit & <b>(mäßig) Hitze</b> <sup>7 8 10 11</sup>	Wurzelbrut <sup>9</sup> ; Blattläuse (Honigtau- absonderung), <i>Phytophthora</i> , Befall durch weitere Insekten <sup>4 6 7</sup>	'Lappen' & 'Pallida': kompaktere Krone mit durchgehendem Stamm <sup>4</sup>	Zukunfts- baum nach GALK <sup>21</sup>	Aw; At einge- schränkt (bis ca. 2060)
<i>Ulmus glabra</i> (Berg-Ulme)	(Aw), (At), (St) <sup>1</sup>	2.4.4.1 Temperate sommer- grüne und gemischte Wälder, Schlucht- wälder <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halb- schatten <sup>8</sup>	gelbe Herbst- färbung	Schmetterlinge <sup>8</sup>	<b>kalkliebend</b> <sup>11</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> , vorzugsweise frische/feuchte, nährstoffreiche und lockere Böden <sup>10 11</sup> , <b>salzverträglich</b> <sup>8</sup>	verträgt <b>keine Trockenheit und Hitze</b> , mittlere Verträglichkeit von Luftver- schmutzung <sup>7</sup>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> ; Ulmensterben <sup>4</sup> , Bockkäfer <sup>6</sup>	<b>Ulmus x hollandica</b> 'Lobel': aufrechte Krone, kaum anfällig für Ulmenkrank- heit <sup>21</sup> , <b>in Sorten 'Lobel', 'Plantijn', 'New Horizon' &amp; 'Regal' trockenheits- verträglicher</b> <sup>7</sup>	Hybride <i>Ulmus x hollandica</i> 'Lobel' einge- schränkt straßen- baum- geeignet <sup>21</sup> ; verträgt Über- flutung <sup>9 11</sup>	als Hybride & in Sorten: Aw; At einge- schränkt
<i>Ulmus minor</i> (Feld-Ulme)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	3.1.3.1 Temperate Mischwälder, tempe- rate & me- diterrane Hartholz- auen <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halb- schatten <sup>8</sup>	gelbe Herbst- färbung	Schmetter- linge <sup>8 9</sup>	verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>9</sup> , anpassungsfähig, <b>salzverträglich</b> <sup>8</sup> , <b>kalkliebend</b> <sup>8</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze &amp; Luftver- schmutzung,</b> stadtklima- fest <sup>8 9 21</sup>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> ; Ulmensterben <sup>4</sup> , Bockkäfer <sup>6</sup>	Ulmus 'Columnella': gegen die Ulmenkrankheit resistente Hybride, Säulenform <sup>21</sup>	Hybride 'Columnella' ist im GALK- Straßen- baumtest <sup>21</sup> ; verträgt Über- flutung <sup>9</sup>	als Hybride & in Sorten: Aw, Sw; At & St einge- schränkt

<i>Viburnum opulus</i> (Gemeiner Schneeball)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	2.2.6.4 Temperate Hartholz- auen, submedi- terrane Strauch- flächen <sup>5</sup>	4	Sonne bis Halb- schatten <sup>10</sup>	Blüte, Frucht, orangerote Herbst- färbung	Bienen, Schmetterlinge, Vögel	bevorzugt kalkhaltige Böden <sup>10</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8</sup> , bevorzugt durchlässige & <b>frische Böden</b> <sup>10</sup>	verträgt Luftver- schmutzung <sup>8 10</sup> , <b>verträgt sommerliche Dürre nicht gut</b> <sup>11</sup>	k. A.; giftig	'Compactum': bis 1 m hoch, dichterer Wuchs <sup>12</sup> ; 'Roseum': gefüllte Blüten, keine Früchte <sup>10 12</sup> ; 'Xanthocarpum': gelbfruchtig <sup>12</sup>	verträgt Nässe <sup>8</sup>	Aw (bis ca. 2040)
-------------------------------------------------	----------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	----------------------------------------------	-------------------------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------	----------------------

Gehölzarten süd- und südosteuropäischer Herkunft:

Baumart	Vorkommen in Analogon	Lebensbereich <sup>4</sup>	WHZ	Lichtverhältnisse	Ästhetik	Ökologische Aspekte	Ansprüche an den Boden	Stadtklimatische Ansprüche	Einschränkungen	Sorten	Bemerkungen	Pflanzempfehlungen
<i>Abies x borisii-regis</i> (Bulgarische Tanne)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>3</sup>	6.3.2.2 Mediterraner <b>Abies-Bergwald</b> <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halbschatten <sup>4</sup>	Duft, immergrün		bevorzugt feuchte, <b>saure</b> Böden, <b>wächst in kühlem &amp; niederschlagsreichem Klima</b> <sup>6 14 16</sup>	verträgt Trockenheitsperioden gut und Hitze besser als <i>Abies alba</i> <sup>14</sup>	k. A.; <b>hybridisiert</b> mit <i>Abies alba</i> <sup>6</sup> ; harzt		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw eingeschränkt (bis ca. 2050)
<i>Abies cephalonica</i> (Griechische Tanne)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>2</sup>	6.3.2.2 Mediterraner <b>Abies-Bergwald</b> <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halbschatten <sup>4</sup>	Duft, immergrün		wächst auf <b>durchlässigen</b> , steinigen <b>kalkreichen</b> Böden <sup>15 16</sup>	<b>verträgt Hitze und Trockenheit</b> <sup>6 14 15</sup> , verträgt nur bedingt Luftverschmutzung <sup>15</sup>	k. A.; sehr spitze Nadeln; <b>hybridisiert</b> mit <i>Abies alba</i> <sup>6</sup> ; harzt	'Meyers Dwarf': Zwergform <sup>4</sup>	bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Abies pinsapo</i> (Spanische Tanne)	(Aw), (Sw), (St) <sup>2</sup>	6.3.1.2 Mediterraner <b>Abies-Bergwald</b> <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halbschatten <sup>16</sup>	immergrün		neutrale bis <b>kalkreiche</b> und <b>durchlässige</b> Böden <sup>9 16</sup> , anpassungsfähig <sup>15</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>9</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>9 11 15</sup> , <b>stadtklimafest</b> (Heß et al. 2022)	Wurzelfäulepilz <i>Heterobasidion</i> , Befall mit <i>Cryphalus numidicus</i> <sup>6</sup>	'Aurea': gelber Austrieb <sup>10</sup> ; 'Horstmann': blaugraue Zwergform <sup>4</sup> ; 'Kelleris': bläuliche Nadeln, winterhärter <sup>4</sup>	bisher kaum in Hannover gepflanzt (drei Exemplare) <sup>24</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt (ggf. in Sorten)
<i>Acer hyrcanum</i> (Balkan-Ahorn)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>2</sup>	6.3.2.4 Mediterrane <b>Bergwälder</b> <sup>5</sup>	6a	Sonne bis Halbschatten <sup>16</sup>	Herbstfärbung (gelb bis rot)	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup>	kalkreiche, <b>durchlässige Böden</b> <sup>16</sup>	verträgt Trockenheit <sup>16</sup> ; <b>herkunftsbedingt evtl. weniger hitzeverträglich</b>	Hallimasch, <i>Phytophthora</i> , Wurzelfäule, <i>Verticillium</i> <sup>7</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw (evtl. bis ca. 2060)

<i>Acer opalus</i> (Schneeballblättriger Ahorn)	(Aw), (Sw) <sup>1</sup>	6.3.2.3 Mischwälder warmer Regionen Zentral- & Südeuropas <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	Herbstfärbung (gelb-orange-rot)	Biodiversitätsindex 3,7/5 <sup>22</sup> , Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Käfer, Schmetterlinge <sup>22</sup>	verträgt <b>Teilbepflasterung</b> <sup>8</sup> , bevorzugt <b>kalkhaltigen</b> Boden <sup>11</sup> , mittlere Salzverträglichkeit <sup>7</sup>	<b>verträgt Luftverschmutzung, Hitze &amp; Trockenheit</b> <sup>7 8</sup>	Hallimasch, <i>Phytophthora</i> , Wurzelfäule, <i>Verticillium</i> <sup>7</sup>		Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup> , befindet sich im GALK-Test <sup>21</sup> ; toleriert kurzfristig Staunässe <sup>7</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Acer monspessulanum</i> (Französischer Ahorn)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	6.3.2.3 Temperate & submediterrane sommergrüne Wälder <sup>5</sup>	6a	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	Herbstfärbung (gelb)	Biodiversitätsindex 3,6/5 <sup>22</sup> , Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Käfer, Schmetterlinge <sup>22</sup>	<b>kalkliebend</b> <sup>9 11</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8 9</sup> , <b>schwach salzverträglich</b> <sup>7</sup>	verträgt <b>Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>8 11 12</sup> , <b>industriefest</b> <sup>15</sup>	Gallwespen <sup>7</sup>		befindet sich im GALK-Straßenbaumtest <sup>21</sup> ; toleriert kurzfristig Staunässe <sup>7</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Acer tataricum</i> ssp. <i>tataricum</i> (Tatarischer Steppen-Ahorn)	Aw, (Sw) <sup>1</sup>	6.3.3.4 Mischwälder warmer Regionen Zentral- & Südeuropas <sup>5</sup>	4	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	Herbstfärbung, duftende Blüte	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Bienen, Vögel <sup>4 8</sup>	verträgt <b>Teilbepflasterung</b> <sup>9</sup> , bevorzugt nährstoffreiche und <b>lockere Böden</b> , <b>salzverträglich</b> , <b>kalkverträglich</b> <sup>8</sup>	verträgt <b>Trockenheit, Hitze &amp; Luftverschmutzung</b> <sup>7 8</sup>	sehr wenige, Blattläuse, Wurzelfäule, <i>Verticillium</i> , <i>Rhytisma punctatum</i> , <i>Spongipellis irpex</i> , Chlorosen <sup>7</sup>		Bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw, Sw; At & Sw eingeschränkt
<i>Alnus cordata</i> (Herzblättrige Erle)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	2.4.2.3 Temperate gemischte & sommergrüne Wälder <sup>5</sup>	6b	sonnig, halbschattig <sup>8 9</sup>		Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Vögel <sup>8</sup> , Bienen <sup>4</sup>	anspruchlos, bevorzugt feuchte Böden <sup>11</sup> , <b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>9</sup> , <b>salzverträglich</b> <sup>7 8 9</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>7 8</sup> , stadtklimafest <sup>11</sup>	aggressive Wurzeln <sup>7</sup> ; Borken-/Bohrkäfer, Mehltau, kaum Gefährdung durch biotische Krankheiten <sup>7</sup>		KLAM <sup>20</sup> ; eingeschränkt straßenbaumgeeignet <sup>4</sup> ; verträgt Überflutungen <sup>9</sup>	Aw, At, Sw, St

<i>Arbutus andrachne</i> (Östlicher Erdbeerbaum)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>2</sup>	6.2.1.3 Thermo- meso- mediterrane Wälder, Macchien <sup>5</sup>	<b>8</b>	Halb- schattig <sup>16</sup>	interessante zimt-rote Borke, Blüte, dekorative & essbare Frucht, immergrün <sup>16</sup>	Bienen & Vögel <sup>16</sup>	wächst auf <b>(neutralen bis) sauren Steinböden</b> <sup>16</sup> , salzverträglich <sup>5</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>5 16</sup>	Fruchtfall; k. A.	<i>Arbutus x andrachnoides</i> : angepasster an mittel- europäisches Klima <sup>16</sup>	Bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2080: Sw eingeschränkt  ab 2100: Aw
<i>Arbutus unedo</i> (Westlicher Erdbeerbaum)	(Aw), At, (Sw), St <sup>2 3</sup>	6.2.1.3 Thermo- meso- mediterrane Wälder, Macchien <sup>5</sup>	<b>7b- 8a</b>	Sonne bis Halb- schatten <sup>10</sup>	interessante graubraune Borke, Blüte, dekorative & essbare Frucht, immergrün <sup>9 10</sup>	Bienen & Vögel <sup>16</sup>	wächst <b>vorzugsweise auf sauren, durchlässigen Böden</b> <sup>10</sup> , <b>toleriert alkalische Böden</b> <sup>16</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>5 10 16</sup>	Fruchtfall; k. A.			ab 2040: Sw; St eingeschränkt  ab 2060: Aw; At eingeschränkt
<i>Carpinus orientalis</i> (Orientalische Hainbuche)	Aw, At, Sw, St <sup>2 3</sup>	6.4.2.4 Misch- wälder warmer Regionen, temperate & submedi- terrane termophile Wälder <sup>5</sup>	6b		gelbrote Herbst- färbung	Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup>	verträgt <b>Teil- bepflasterung, schwach salzverträglich</b> <sup>7</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze</b> und Luftver- schmutzung <sup>7</sup>	<b>keine schwerwiegend schädigenden Krankheiten,</b> Krebs, Blattflecken, Zweigbrand <sup>7</sup>		Bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; verträgt kurzzeitig Über- flutungen <sup>7</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Castanea sativa</i> (Essbare Kastanie)	(Aw), (At), Sw, (St) <sup>3</sup>	6.2.2.1 (4.2.2.1) <b>Acidophile</b> Eichen- misch- wälder, temperate sommer- grüne Wälder <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halb- schatten <sup>10</sup>	duftende und auffallende Blüte, dekorative Frucht, gelbe Herbst- färbung	evtl. Über- lappungsgrad der Arthropoden mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; Bienen, Schmetterlinge, Vögel, Käfer, Säugetiere <sup>4 8 12</sup>	<b>meidet alkalische Böden</b> <sup>8</sup> , verträgt <b>keine Bepflas- terung</b> , bevor- zugt lockeren, durchlässigen <b>feuchten</b> Boden <sup>9</sup> , mittlere Salz- verträglichkeit <sup>7</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>7 11</sup> , industriefest <sup>7 10</sup>	Fruchtfall; Kastanien- sterben, Rindenkrebs, Chlorosen, <i>Phytophthora</i> , Wurzelfäule <sup>7</sup>	'Aspleniifolia': längl. Blätter <sup>9</sup> ; 'Pyramidalis': schlanke Krone <sup>9</sup> ; 'Variegata': panaschiert <sup>9</sup> ; diverse Fruchtsorten <sup>10 12</sup>	Zukunfts- baum nach KLAM <sup>20</sup>	Aw; Sw eingeschränkt

<i>Cedrus atlantica</i> (Atlas-Zeder)	Aw, (At), (Sw) <sup>2</sup>	6.4.1.1 Mischwälder warmer Regionen Zentral- & Südeuropas <sup>5</sup>	7	Sonne <sup>7 11</sup>	immergrün	Biodiversitätsindex 1,7/5 = nicht wertvoll <sup>22</sup>	<b>kalkliebend</b> <sup>8</sup> , vorzugsweise nährstoffreiche durchlässige Böden <sup>8 10</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8</sup> , <b>schwach salzverträglich</b> <sup>7</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze &amp; Luftverschmutzung</b> <sup>7 8 11</sup>	etwas windbruchgefährdet <sup>11</sup> , <i>Phytophthora</i> , Wurzelfäule, Rußtau <sup>7</sup>	'Aurea': gelber Austrieb <sup>11</sup> ; 'Glauca': blaunadlig <sup>11</sup> ; 'Glauca Pendula': blaunadlige Hängeform <sup>10</sup> ; 'Glauca Pyramidalis': blaunadlige Säulenform <sup>11</sup>		Aw, Sw
<i>Celtis australis</i> (Südlicher Zürgelbaum)	Aw, At, Sw, St <sup>2</sup>	6.3.1.2 Mischwälder warmer Regionen Zentral- & Südeuropas <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	essbare Früchte <sup>4</sup> , gelbe Herbstfärbung	Biodiversitätsindex 2,2/5 <sup>22</sup> , Bienen, Schmetterlinge, Vögel, kleine Säugetiere <sup>8 9</sup>	bevorzugt <b>alkalische</b> , gut durchlässige Böden <sup>12</sup> , <b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>7 8</sup> , mittlere Salzverträglichkeit <sup>7</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze und Luftverschmutzung</b> <sup>7 12</sup>	bruchgefährdet <sup>7</sup>		eingeschränkt straßenbaumgeeignet <sup>4 21</sup> ; verträgt kurzfristig Staunässe <sup>7</sup>	Aw, Sw, At, St
<i>Cercis siliquastrum</i> (Gemeiner Judasbaum)	Aw, (At), Sw, (St) <sup>1</sup>	6.1.1.4 Mischwälder warmer Regionen Zentral- & Südeuropas <sup>5</sup>	7a	Sonne <sup>10 12</sup>	Blüten (Kauliflorie), rotbraune Hülsenfrucht, gelb-orange Herbstfärbung	Biodiversitätsindex 1,7/5 = nicht wertvoll <sup>22</sup> , Bienen <sup>8 9</sup>	<b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>8</sup> , <b>kalkliebend</b> <sup>9 11</sup> , <b>schwach salzverträglich</b> <sup>7</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze, schwach industriefest</b> <sup>7</sup>	Raupen, Fäule am Stammfuß, <b>kaum Befall</b> <sup>7</sup>	'Alba': weiße Blüten <sup>4</sup> ; 'Bodnant': baumförmiger Wuchs <sup>4</sup>	eingeschränkt straßenbaumgeeignet <sup>21</sup> ; verträgt kurzfristig Staunässe <sup>7</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Cornus mas</i> (Kornelkirsche)	Aw, At, Sw, St <sup>3</sup>	6.3.3.4 Mischwälder warmer Regionen, temperate & submediterrane termophile Wälder <sup>5</sup>	4a		frühe Blüte, essbare Früchte, gelb-orangerote Herbstfärbung	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Bienen, Vögel, Schmetterlinge, Säugetiere <sup>8</sup>	bevorzugt <b>alkalische</b> Substrate <sup>9 10</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>7 9</sup> , <b>beding salzverträglich</b> <sup>7</sup>	verträgt Trockenheit, <b>(mittelmäßig) Hitze</b> und Luftverschmutzung <sup>7 8</sup>	<b>Fruchtfall</b> ; <i>Phytophthora</i> , Anthraknose, Wurzelfäule, keine nennenswerten Krankheiten <sup>7</sup>	'Aurea': gelber Blattaustrieb <sup>9</sup> ; 'Variegata': panaschierte Blätter <sup>9</sup>	eingeschränkt straßenbaumgeeignet <sup>21</sup> ; verträgt kurzfristig Nässe <sup>7</sup>	Aw; At eingeschränkt (bis ca. 2060)

<i>Corylus colurna</i> (Baum-Hasel)	Aw, (At), Sw, (St) <sup>3</sup>	3.1.2.3 (2.4.2.2) Mischwälder warmer Regionen, temperate sommergrüne Wälder <sup>5</sup>	5b	Sonne bis Halbschatten <sup>10</sup>	Frucht, gelbe Herbstfärbung	Biodiversitätsindex 2,4/5 <sup>22</sup> , Bienen, Vögel, Säugetiere <sup>8 9</sup>	<b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>8 9</sup> , bevorzugt alkalische Substrate <sup>9</sup> , beding salzverträglich <sup>7</sup>	<b>verträgt Trockenheit</b> und Luftverschmutzung <sup>8 21</sup> , <b>mittelmäßig hitzeverträglich</b> <sup>7</sup>	in manchen Jahren starker <b>Fruchtfall</b> <sup>21</sup> , Chlorosen, Mehltau, Rußtau <sup>7</sup>	'Fastigiata': schmal <sup>8</sup> ; 'Granat' & 'Te-Terra Red': rötlicher Blattaustrieb <sup>8 9</sup>	KLAM <sup>20</sup> , eingeschränkt straßenbaumgeeignet <sup>4 21</sup> ; verträgt kurzzeitig Überflutungen <sup>9</sup>	Aw; At eingeschränkt (bis ca. 2060)
<i>Crataegus azarolus</i> (Welsche Mispel)	Aw, At, Sw, St <sup>2</sup>	6.1.1.3 Thermomesomediterrane Wälder <sup>5</sup>	6a	Sonne bis Halbschatten <sup>7</sup>	Blüten, essbare Früchte, gelb-orange Herbstfärbung	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Bienen, Vögel <sup>7</sup>	mittlere Toleranz für Verdichtung <sup>7</sup> , mittlere Salzverträglichkeit <sup>7</sup>	verträgt Trockenheit und Luftverschmutzung <sup>7</sup> , <b>mittelmäßig hitzeverträglich</b> <sup>7</sup>	Feuerbrand <sup>7</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw, At eingeschränkt (bis ca. 2060)
<i>Crataegus laciniata</i> , Syn. <i>C. orientalis</i> (Orientalischer Weißdorn)	(Aw), At, (Sw), (St) <sup>2</sup>	6.3.3.4 Mediterrane & submediterrane Wälder <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halbschatten <sup>7</sup>	weiße Blüte, essbare Frucht, gelb-orange Herbstfärbung	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Bienen, Vögel <sup>4 7</sup>	mittlere Toleranz gegenüber Salz & Verdichtung <sup>7</sup> , neutrale bis kalkhaltige Böden <sup>7 12</sup>	verträgt Trockenheit, Luftverschmutzung, <b>mäßig hitzeverträglich</b> <sup>7</sup>	Insektenbefall, Feuerbrand <sup>12</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw, At eingeschränkt (bis ca. 2060)
<i>Cupressus sempervirens</i> (Mittelmeer-Zypresse)	(Aw), At, (Sw), St <sup>1</sup>	6.1.3.3 Thermomesomediterrane Wälder, Macchien, immergrüne Strauchflächen <sup>5</sup>	<b>8a</b>	Sonne <sup>14</sup>	immergrün		<b>kalkliebend</b> <sup>8</sup> , <b>anspruchlos</b> , bevorzugt durchlässige und nährstoffreiche Böden <sup>11 14</sup> , <b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>8</sup> , mittlere Salzverträglichkeit <sup>7</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze</b> & Luftverschmutzung <sup>7 8</sup>	Rindenparasit <i>Seiridium cardinale</i> , Zypressenblattlaus, weitere Schadorganismen (Pilze, Insekten), Gummifluss, <i>Phytophthora</i> , Wurzelfäule <sup>6 7</sup>	'Horizontalis' & 'Stricta'-Sorten: säulenförmiger Wuchs <sup>4</sup> ; 'Swane's Gold': schmal säulenförmig mit gelben Blättern <sup>4</sup>	bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw, St ab 2060: Aw, At

<i>Erica arborea</i> (Baum-Heide)	(Aw), At, (Sw), St <sup>1 2</sup>	4.1.1.4 (6.2.4.4) Thermomesomediterrane Wälder, Macchien <sup>5</sup>	<b>8b</b>	Sonne bis Halbschatten <sup>10</sup>	duftende Blüten, immergrün	evtl. Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Bienen <sup>4</sup>	bevorzugt <b>saure, humose Böden</b> <sup>10</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>6</sup>	k. A.	'Alberts Gold': ganzjährig goldgelbe Blätter & gedrungener Wuchs <sup>4</sup>	bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2080: Sw eingeschränkt  ab 2100: Aw
<i>Fagus orientalis</i> (Orient-Buche)	(Aw) <sup>3</sup>	3.3.2.1 temperate <b>Bergwälder</b> & sommergrüne Wälder <sup>5</sup>	6a	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	gelbe Herbstfärbung	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Vögel, Säugetiere <sup>8</sup>	bevorzugt nährstoffreiche & <b>durchlässige Böden</b> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8 9</sup> , beding salzverträglich <sup>9</sup>	<b>evtl. herkunftsbedingt kaum trockenheits- &amp; hitzeverträglich</b>	k. A.	'Iskander': Säulenform <sup>9</sup>	bisher kaum in Hannover gepflanzt (ein Exemplar) <sup>24</sup>	Aw (evtl. bis ca. 2060)
<i>Fraxinus angustifolia</i> (Schmalblättrige Esche)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	6.3.2.3 Temperate & mediterrane Hartholzauen <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	gelbe- rotbraune Herbstfärbung	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup>	anspruchslos <sup>11</sup> , <b>verträgt Bepflasterung, salzverträglich</b> <sup>8 9</sup> , <b>kalkliebend</b> <sup>9</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze</b> <sup>7 8</sup> & Luftverschmutzung <sup>8</sup>	<b>weniger durch Eschentriebsterben betroffen</b> <sup>7</sup> , gilt in Teilen Australiens als invasiv <sup>6</sup>	'Elegantissima': schmal lanzettliche Blätter <sup>4</sup> ; 'Raywood': Herbstfärbung bordeauxrot <sup>11</sup>	KLAM <sup>20</sup> , eingeschränkt straßenbaumgeeignet <sup>21</sup> ; verträgt Überflutungen <sup>5</sup>	Aw, Sw, At, St
<i>Fraxinus ornus</i> (Blumen- Esche)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	6.3.1.3 Temperate & submediterrane termophile sommergrüne Wälder, Steppen <sup>5</sup>	7a	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	duftende und dekorative Blüten, gelbe Herbstfärbung	Biodiversitätsindex 2,3/5 <sup>22</sup> ; Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Bienen <sup>21</sup>	anspruchslos <sup>11</sup> , <b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>8</sup> , <b>(mittelmäßig) salzverträglich</b> <sup>7 8 9</sup> , <b>kalkliebend</b> <sup>11</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> , stadtklimafest <sup>7 8 11 21</sup>	<b>nicht durch Eschentriebsterben betroffen</b> <sup>6</sup> , wird oft von Bakterien und pathogenen Pilzen befallen <sup>7</sup>	'Louisa Lady': langsamwüchsig mit geradem Leittrieb <sup>9</sup> ; 'Meczek': Kugelform <sup>12</sup> ; 'Obelisk': aufrechter Wuchs <sup>9</sup>	Zukunftsbaum nach GALK, als Straßenbaum geeignet <sup>21</sup> ; verträgt kurzfristig Staunässe <sup>7</sup>	Aw, Sw, At, St

<i>Fraxinus pallisiae</i> Syn. <i>F. holotricha</i> (Behaarte Esche)	(Aw) <sup>3</sup>	6.3.3.3 Mediterrane Auen <sup>5</sup>	6a		Duft, gelbe Herbst- färbung	Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; Bienen <sup>7</sup>	<b>kalkliebend</b> , ver- trägt <b>bedingt Be- pflasterung</b> <sup>7,9</sup> , <b>salzverträglich</b> <sup>7</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>7</sup> , verträgt Luftver- schmutzung <sup>9</sup>	kaum Krankheiten <sup>7</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Ficus carica</i> (Echte Feige)	Aw, At, Sw, St <sup>2</sup>	6.4.1.5 Thermo- meso- mediterrane Wälder & Auen- wälder <sup>5</sup>	<b>8a</b>	Sonne <sup>8</sup>	essbare Frucht, gelbe Herbst- färbung	Bienen <sup>9</sup>	<b>kalkverträglich</b> <sup>8</sup> , bevorzugt <b>durchlässige Böden</b> <sup>9</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>8,10</sup>	k. A.	diverse Fruchtsorten	bisher nicht in Hannover (als Stadtbaum) gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw  ab 2060: Aw
<i>Juniperus oxycedrus</i> (Baum- Wacholder)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	6.1.1.4 Mediterrane Dünen, Strauch- flächen, Steppen, Garriguen <sup>5</sup>	<b>8a</b>	Sonne <sup>7</sup>	immergrün, rot-graue & abblät- ternde Borke <sup>16</sup>	Vögel <sup>7</sup>	<b>mittlere Salz- &amp; Verdichtungsver- träglichkeit</b> <sup>7</sup> , bodentolerant & <b>kalkverträglich</b> <sup>6</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> , mittelmäßig industriefest <sup>7</sup>	spitze Nadeln <sup>14</sup> ; kaum Schädlinge <sup>6,7</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw; St eingeschränkt  ab 2060: Aw; At eingeschränkt
<i>Juniperus thurifera</i> (Spanischer Wacholder)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	6.1.1.4 Submedi- terrane Trocken- wälder, immergrüne mediterrane Strauch- flächen <sup>5</sup>	5b	Sonne <sup>6</sup>	immergrün, graubraune & ab- blätternde Borke <sup>6</sup>	Vögel <sup>7</sup>	bodentolerant & <b>kalkverträglich</b> <sup>6</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>6</sup>	Pilzkrankheiten, Fraß durch <i>Gelechia senticetella</i> , <i>Trisetacus quadrisetus</i> <sup>6</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Laurus nobilis</i> (Europäischer Lorbeerbaum)	(Aw), At, (Sw), St <sup>2</sup>	6.1.1.3 Thermo- mediterrane Sträucher, laurophyll humide Wälder <sup>5</sup>	<b>8b</b>	Sonne bis Schat- ten <sup>10,12</sup>	immergrün, Duft, Frucht	Vögel, Insekten <sup>10,12</sup>	verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>9</sup> , <b>salzverträglich</b> <sup>13</sup> , <b>feuchte und nährstoffreiche Böden</b> <sup>12</sup> , alle pH- Werte <sup>13</sup>	verträgt Trocken- phasen <sup>12</sup> , hitzeverträglich <sup>4</sup>	k. A.		bisher nicht in Hannover (als Stadtbaum) gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2080: Sw; St eingeschränkt  ab 2100: Aw; At eingeschränkt

<i>Malus trilobata</i> (Dreilappiger Apfel)	(Aw) <sup>2</sup>	6.3.3.3 Mischwälder und Strauchflächen warmer Regionen, mediterran & submediterran <sup>5 16</sup>	5a	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	Blüten, Früchte, gelbrote Herbstfärbung	Biodiversitätsindex ~ 4/5 <sup>22</sup> , Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Wildbienen, Vögel, Säugetiere, Käfer, Schmetterlinge Falter <sup>8 9 22</sup>	bevorzugt nährstoffreichen, feuchten & durchlässigen Böden <sup>8 9</sup> , neutrale bis <b>alkalische</b> Böden <sup>8</sup> , <b>salzverträglich</b> <sup>13</sup> , <b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>9</sup>	<b>verträgt Hitze &amp; Luftverschmutzung</b> <sup>7 8</sup> , <b>trockentolerant</b> <sup>7</sup>	Fruchtfall; <b>Krebs</b> , Lausbefall, <b>Mehltau</b> , geringer als Vergleichsarten <sup>7 16</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; befindet sich im GALK-Straßenbaumtest <sup>21</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Mespilus germanica</i> (Mispel)	(Aw), (Sw) <sup>1</sup>	6.3.2.4 temperate sommergrüne Wälder, submediterrane Strauchflächen <sup>5</sup>	5b	Sonne bis Halbschatten <sup>10</sup>	Blüte, essbare Frucht, gelbe bis rotbraune Herbstfärbung	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Bienen, Vögel, Säugetiere, Schmetterlinge <sup>8 9</sup>	<b>bevorzugt feuchten und fruchtbaren Böden</b> <sup>9</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>7 8 9</sup> , kalkverträglich <sup>10</sup>	verträgt Trockenheit und Hitze <sup>8</sup>	Fruchtfall; Feuerbrand, ansonsten kaum Krankheiten, <b>häufig Chlorosen auf Kalk</b> <sup>7</sup>			Aw; Sw eingeschränkt
<i>Nerium oleander</i> (Oleander)	Aw, At, Sw, St <sup>2</sup>	6.1.2.4 Mediterrane Auen <sup>5</sup>	<b>8b</b>	Sonne <sup>8</sup>	immergrün, Blüten, Duft		verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8</sup> , <b>bevorzugt feuchte Böden</b> <sup>8 13</sup> , etwas salzverträglich <sup>5</sup> , <b>kalkliebend</b> <sup>10</sup>	hitze- & trockenheitsverträglich <sup>4</sup>	giftig <sup>4</sup> ; anfällig für Blattläuse, Spinnmilben, Woll- & Schmierläuse, Oleanderkrebs <sup>10</sup>		bisher nicht in Hannover (als Stadtbaum) gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2080: Sw  ab 2100: Aw
<i>Olea europaea</i> (Ölbaum, Olive)	Aw, At, (Sw), St <sup>1</sup>	6.1.1.3 Thermomediterrane aride Baum- & Strauchflächen <sup>5</sup>	<b>8b</b>	Sonne <sup>8</sup>	Früchte, immergrün		verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8</sup> , nährstoffreiche & durchlässige Böden <sup>9 12</sup> , neutrale & <b>alkalische</b> Böden <sup>8</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>4 5 9</sup>	k. A.		bisher nicht in Hannover (als Stadtbaum) gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2080: Sw; St eingeschränkt  ab 2100: Aw; At eingeschränkt

<i>Ostrya carpinifolia</i> (Gemeine Hopfenbuche)	(Aw), At <sup>1</sup>	6.3.3.3 Mischwälder warmer Regionen Zentral- & Südeuropas <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halbschatten <sup>21</sup>	dekorative Fruchtstände, hellgelbe Herbstfärbung	Biodiversitätsindex 2,4/5 <sup>22</sup> , Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Vögel <sup>7</sup>	<b>kalkliebend</b> <sup>9 12</sup> , bevorzugt Feuchtigkeit aber ist anpassungsfähig <sup>14</sup> , <b>schwach salzverträglich</b> <sup>7</sup> , <b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>8 9</sup>	<b>verträgt Trockenheit und Hitze</b> <sup>7 8</sup> , stadtklimafest <sup>11</sup>	Blattkäfer <sup>7</sup>		Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup> , GALK: als Straßenbaum geeignet <sup>21</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Phillyrea angustifolia</i> (Schmalblättrige Steinlinde)	(Aw), At, (St) <sup>1</sup>	6.3.4.5 Mischwälder warmer Regionen; Mediterrane immergrüne Wälder <sup>5</sup>	8a	Sonne bis Halbschatten <sup>10</sup>	immergrün, duftende Blüte, Frucht	Bienen & Insekten <sup>12</sup>	<b>bevorzugt lockeren<sup>12</sup> &amp; leicht sauren/neutralen Böden<sup>5</sup></b> , kalkverträglich <sup>10</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>6 12</sup>	k. A.		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw  ab 2060: Aw
<i>Phillyrea latifolia</i> (Breitblättrige Steinlinde)	(Aw), At, (St) <sup>1</sup>	6.3.4.5 Mischwälder warmer Regionen; Mediterrane immergrüne Wälder <sup>5</sup>	8a	Sonne bis Halbschatten <sup>4</sup>	immergrün, Frucht		<b>bevorzugt leicht saure/ neutrale Böden<sup>5</sup></b> , kalkverträglich <sup>6</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>6</sup>	k. A.		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw  ab 2060: Aw
<i>Pinus brutia</i> (Kalabrische Kiefer)	Aw <sup>2</sup>	6.4.1.3 Mischwälder warmer Regionen; Mediterrane immergrüne planare & submontane Wälder <sup>5</sup>	7	Sonne <sup>6</sup>	immergrün, grau-furchige Borke	Vögel, kleine Säugetiere <sup>8</sup>	verträgt alle Substrate <sup>14</sup> , <b>bevorzugt feuchtes Klima</b> <sup>6</sup>	<b>Verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>14</sup>	Fruchtfall; k. A.		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw, Sw

<i>Pinus halepensis</i> (Aleppo-Kiefer)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	4.3.1.3 Termophile, immergrüne mediterrane Wälder, Küsten- wälder <sup>5</sup>	<b>8b</b>	Sonne <sup>6</sup>	immergrün, grau- furchige Borke, Duft <sup>9 14</sup>	Vögel, kleine Säugetiere <sup>8</sup>	verträgt alle Substrate <sup>14</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>9</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>6 14</sup>	Fruchtfall; Pinien- Prozessions- spinner, Kiefern- borken-käfer, Bockkäfer, Kiefernkultur- rüssler, Pilze <sup>6</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2080: Sw  ab 2100: Aw
<i>Pinus heldreichii</i> (Panzer- Kiefer)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>2</sup>	6.1.3.1 Subalpine <i>Pinus</i> - Wälder des Balkans <sup>5</sup>	6a	Sonne <sup>8</sup>	immergrün, grau- furchige Borke, Duft <sup>9</sup>	Vögel, kleine Säugetiere <sup>8</sup>	verträgt <b>keine Bepflaste- rung</b> <sup>8 9</sup> , kalk- liebend <sup>13</sup> , <b>schwach salzverträglich</b> <sup>7</sup> ,	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>7</sup> , (mittlere) Verträglichkeit von Luftver- schmutzung <sup>7 13</sup>	Fruchtfall; kaum Befall <sup>7</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; Zukunfts- baum nach KLAM <sup>20</sup>	Aw, Sw
<i>Pinus nigra</i> ssp. <i>pallasiana</i> & ssp. <i>salzmannii</i> (Schwarz- Kiefer)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	8.2.1.1 (6.1.3.1) Misch- wälder warmer Re- gionen; sub- mediterrane Trocken- wälder <sup>5</sup>	5b	Sonne <sup>14</sup>	immergrün, dunkelgrau- tieffurchige Borke	Biodiversitäts- index 2,1/5 <sup>22</sup> , Vögel, Säugetiere <sup>8</sup>	anspruchslos <sup>11</sup> , wächst auf <b>alkalischen</b> Böden <sup>14</sup> , mäßig salzverträglich <sup>11</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8</sup>	<b>verträgt Trockenheit und Hitze</b> <sup>11 14</sup> , verträgt große klimatische Schwankungen <sup>6</sup> , verträgt Luftver- schmutzung <sup>8 11</sup>	Fruchtfall; <i>Skleroderris</i> - Krankheit, <i>Diplodia</i> - Triebsterben, Kiefernpracht- käfer, diverse Borkenkäfer, diverse Pilze <sup>7</sup>	<i>var. pyramidata</i> (Syn. var. <i>fastigiata</i> ): aufrechter bis säulenförmiger Wuchs <sup>4</sup> ; 'Komet' & 'Molette': Säulenformen <sup>4</sup>	bisher nicht in Hannover gepflanzt (nur als ssp. <i>nigra</i> ) <sup>24</sup>	Aw, Sw
<i>Pinus pinaster</i> (See-Kiefer)	(Aw), (At), (St) <sup>1</sup>	6.3.1.2 Termophile immergrüne mediterrane Wälder, Küsten- wälder <sup>5</sup>	<b>8a</b>	Sonne <sup>6 8</sup>	immergrün, rötlich- furchige Borke	Vögel, kleine Säugetiere <sup>8 9</sup>	verträgt <b>keine Bepflaste- rung</b> <sup>8 9</sup> , <b>bevorzugt Feuchtigkeit &amp; saure Böden</b> <sup>9 14</sup> , toleriert Kalkböden <sup>14</sup> , salzverträglich <sup>6</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>9</sup>	Fruchtfall; Kiefernwelke, Kieferntrieb- wickler, Kiefern- rüssler, Pinien- Prozessions- spinner, Kiefernblatt- wespe, u. a. <sup>6</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw  ab 2060: Aw

<i>Pinus pinea</i> (Mittelmeer-Kiefer, Pinie)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	6.1.1.2 Thermo- mesomedi- terrene Wälder, Küsten- wälder <sup>5</sup>	<b>8b</b>	Sonne <sup>8</sup>	immergrün, orange- braun- furchige Borke, große Früchte mit essbaren Pinien- kernen	Vögel, kleine Säugetiere <sup>8 9</sup>	<b>bevorzugt saure Böden</b> <sup>8 12</sup> , toleriert alkalische Böden <sup>14</sup> , verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>8</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>9 14</sup> , verträgt Luftver- schmutzung <sup>8 13</sup>	Fruchtfall; selten von Schädlingen befallen <sup>6</sup> , Pilzkrankheiten wie Rost, <i>Diplodia</i> bei vorheriger Schwächung (Trockenstress), Befall durch Käfer, Motten <sup>6</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2080: Sw ab 2100: Aw
<i>Pistacia lentiscus</i> (Mastix- strauch)	(Aw), At, (Sw), St <sup>1</sup>	6.1.1.5 Thermo- mediterrane Wälder, aride Baum- & Strauch- flächen, Macchien <sup>5</sup>	<b>8b</b>	Sonne <sup>12</sup>	immergrün, ggf. Früchte (zwei- häusig), Duft		bevorzugt <b>durchlässige Böden</b> , wächst natürlicherweise auf <b>kalkreichen Böden</b> <sup>12</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>6 12</sup>	k. A.		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2080: Sw ab 2100: Aw
<i>Pistacia terebinthus</i> (Terebinthe, Terpentin- Pistazie)	Aw, At, Sw, St <sup>2</sup>	6.1.1.4 Thermo- mediterrane Wälder, Misch- wälder warmer Regionen <sup>5</sup>	<b>8a</b>	Sonne <sup>4</sup>	immergrün, ggf. Früchte (zwei- häusig), Duft		bevorzugt <b>durchlässige Böden</b> , wächst natürlicherweise auf <b>kalkreichen Böden</b> <sup>12</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>12 18</sup>	k. A.		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw ab 2060: Aw
<i>Platanus orientalis</i> (Morgenländische Platane)	Aw, At, Sw, St <sup>2</sup>	6.4.1.1 Medi- terrene Auen- wälder <sup>5</sup>	6b	Sonne <sup>7</sup>	dekorativ ab- blätternde Borke, Früchte, gelbe Herbst- färbung		<b>verträgt Be- pflasterung</b> <sup>7 8</sup> , mittelmäßig salz- verträglich <sup>7 9</sup> , <b>kalkverträglich</b> <sup>11</sup> , anpassungsfähig	<b>verträgt Trockenheit, Hitze &amp; Luftver- schmutzung</b> <sup>7 11</sup>	Massaria, Blattbräune <sup>7</sup>	'Minaret': kompakte, säulenförmige Krone (dadurch geringe Gefahr durch Massaria- Astbruch) <sup>9</sup>	bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; verträgt kurzfristig Über- flutungen <sup>11</sup>	in Sorten: Aw, Sw, At, St

<i>Prunus cerasifera</i> (Kirschpflaume)	Aw, At, Sw, St <sup>2</sup>	6.1.2.4 Submediterrane Strauch- flächen <sup>5</sup>	5a	Sonne bis Halb- schatten <sup>10</sup>	Blüte, Frucht, rotbraune Herbst- färbung	Biodiversitäts- index 3,6/5 <sup>22</sup> , Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; Wildbienen, Käfer, Vögel, Säugetiere <sup>4 22</sup>	verträgt <b>Teilbe- pflasterung</b> <sup>7 9</sup> , anspruchslos <sup>11</sup> , <b>kalkverträglich</b> <sup>7 11</sup>	verträgt <b>Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>8</sup> , stadtklimafest <sup>10</sup>	<b>Fruchtfall</b> ; Viren, Bakterien, Pilze, Insekten, <i>Monilia</i> <sup>7</sup>	'Nigra' & 'Trailblazer': dunkellaubig <sup>10</sup>		Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Prunus mahaleb</i> (Felsen- Kirsche)	(Aw) <sup>1</sup>	6.3.3.4 (9.2.3.4) Misch- wälder warmer Re- gionen, submedi- terrane Strauch- flächen <sup>5</sup>	5a	Sonne <sup>8 11</sup>	Blüten, essbare Früchte	Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; Bienen, Vögel, Schmetterlinge & Falter <sup>4 9 12</sup>	verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>7 8 9</sup> , <b>kalkliebend</b> <sup>8 10</sup> , <b>schwach salzverträglich</b> <sup>7</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>8 10</sup> , verträgt Luftver- schmutzung <sup>11</sup>	Viren, Bakterien, Pilze, Insekten <sup>7</sup>			Aw, Sw
<i>Quercus cerris</i> (Zerr-Eiche)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	6.3.2.1 Mischwä- lder warmer Regionen, temperate & submedi- terrane termophile Wälder <sup>5</sup>	6a	Sonne <sup>8 10</sup>	gelbbraune Herbst- färbung	Biodiversitäts- index 3,1/5 <sup>22</sup> , Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; Käfer <sup>22</sup>	<b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>8</sup> , anpassungsfähig, <b>kalkliebend</b> <sup>9</sup> , <b>salzverträglich</b> <sup>8</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze &amp; Luftver- schmutzung</b> <sup>8 11</sup>	Gallwespe, Eichenwickler, Mehltau, Eichen- prozessions- spinner, Eichenwickler, Mehltau, Vielzahl an Pathogenen <sup>7</sup>	'Marvellous' & 'Wodan': Pyramidenform <sup>9</sup>	Zukunfts- baum nach KLAM <sup>20</sup> & GALK, <b>als Stadt- straßen- baum ge- eignet</b> <sup>4 21</sup>	Aw, Sw, At, St
<i>Quercus coccifera</i> (Kermes- Eiche)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	6.1.1.6 Thermo- mediterrane Wälder, Macchien <sup>5</sup>	<b>8a</b>	Sonne <sup>16</sup>	immergrün	Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup>	wächst auf felsigen und <b>durchlässigen Böden</b> <sup>16</sup> , bodentolerant, <b>kalkliebend</b> <sup>16</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>14 17</sup>	k. A.		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw  ab 2060: Aw

<i>Quercus faginea</i> (Portugiesische Eiche)	At, St <sup>2</sup>	6.1.1.3 Thermo- mediterrane Wälder <sup>5</sup>	<b>8a</b>	Sonne bis Halb- schatten <sup>17</sup>	immergrün	Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup>	wächst auf fast allen Böden <sup>18</sup> , <b>benötigt regelmäßige Feuchtigkeit<sup>17</sup>, kalkliebend<sup>17</sup></b>	verträgt (mäßig) Trockenheit & Hitze <sup>6 17</sup>	k. A.; Gallwespen <sup>17</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw  ab 2060: Aw
<i>Quercus frainetto</i> (Ungarische Eiche)	Aw, At, Sw, St <sup>2</sup>	6.3.2.1 Misch- wälder warmer Regionen, temperate & submedi- terrane termophile Wälder <sup>5</sup>	6a	Sonne <sup>8</sup>	gelbbraune Herbst- färbung	Biodiversitäts- index 3,7/5 <sup>22</sup> , Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; Käfer & Säugetiere <sup>22</sup>	verträgt Bepflasterung <sup>8</sup> , anpassungsfähig, <b>salzverträglich<sup>8</sup>, kalkverträglich<sup>11</sup></b>	<b>verträgt Hitze, Trockenheit<sup>8 11</sup></b> & Luftver- schmutzung <sup>7 21</sup>	meist gesund, Gallen <sup>7</sup>	'Trumpf': aufrechterer Wuchs <sup>9</sup>	Zukunfts- baum nach KLAM <sup>20</sup> & eingeschränkt straßen- baumge- eignet <sup>4 21</sup> ; verträgt kurzfristig Stauanässe <sup>7</sup>	Aw, Sw, At, St
<i>Quercus ilex</i> (Stein-Eiche)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	6.2.1.3 Thermomed- iterrane Wälder, Macchien <sup>5</sup>	<b>8a</b>	Sonne <sup>8 13</sup>	immergrün	Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; Schmet- terlinge <sup>8 9</sup> , Säugetiere <sup>14</sup>	wächst auf fast allen Böden, <b>kalkliebend<sup>8 18</sup></b> , bevorzugt durchlässige Böden <sup>17</sup> , <b>salz- verträglich<sup>8 9</sup>, verträgt Bepflasterung<sup>8</sup></b>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze &amp; Luftver- schmutzung,<sup>8 17</sup></b>	<b>unter Trockenstress anfällig</b> für <i>Phytophthora</i> - Arten, Krebs ( <i>Cryphonectria</i> ), Insektenbefall <sup>6</sup>	<i>Quercus x turneri</i> 'Pseudoturneri': wintergrüne Hybride aus <i>Quercus robur</i> und <i>Quercus ilex</i> <sup>9</sup>	bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw; St eingeschränkt  ab 2060: Aw; At eingeschränkt
<i>Quercus ithaburensis</i> (Tabor-Eiche)	Aw, (At), Sw, (St) <sup>1</sup>	6.1.1.3 Medi- terrane thermophile sommer- grüne Wälder <sup>5</sup>	6a	Sonne bis Halb- schatten <sup>8</sup>	halbwinter- grün <sup>9</sup>	Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; kleine Säugetiere <sup>8</sup>	verträgt <b>keine Bepflaste- rung<sup>8 9</sup></b> , anspruchlos, bevorzugt neutrale & <b>saure</b> Böden <sup>8</sup> , salzverträglich <sup>9</sup>	verträgt Hitze <sup>4</sup>	k. A.	'Hemelrijk' bzw. 'Hemelrijk Silver': silbergrauer Blattaustrieb <sup>9</sup>	bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw, Sw

<i>Quercus pubescens</i> (Flaum-Eiche)	Aw, (At), Sw, (St) <sup>2</sup>	6.3.2.3 Temperate und mediterrane thermophile sommergrüne Wälder <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	gelbe Herbstfärbung	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Vögel, Säugetiere <sup>8</sup>	bevorzugt <b>feuchte</b> Böden <sup>9</sup> , <b>salzverträglich</b> <sup>8</sup> , pH-tolerant, <b>kalkliebend</b> <sup>9</sup> , verträgt <b>keine</b> <b>Bepflasterung</b> <sup>8 9</sup>	<b>hitze- &amp; trockenheitsverträglich</b> <sup>7</sup> , verträgt Luftverschmutzung <sup>8</sup>	Gallwespe, Eichenwickler, Mehltau, Eichenprozessions- spinner <sup>7</sup>		bisher kaum in Hannover gepflanzt (ein Exemplar) <sup>24</sup> ; Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Quercus pyrenaica</i> (Pyrenäen-Eiche)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>1</sup>	6.1.1.3 Temperate Mischwälder <sup>5</sup>	6b	Sonne bis Halbschatten <sup>8</sup>	gelbbraune Herbstfärbung	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Schmetterlinge & Falter <sup>8 9</sup> , Vögel, Säugetiere <sup>6</sup>	verträgt <b>keine</b> <b>Bepflasterung</b> <sup>8 9</sup> , <b>sauere</b> bis neutrale Böden <sup>5</sup> , salz- verträglich <sup>8 9</sup> , <b>bevorzugt</b> <b>feuchte Böden</b> <sup>6</sup>	verträgt <b>vorübergehende</b> <b>Trockenheit &amp;</b> Hitze <sup>6</sup> , verträgt Luftverschmutzung <sup>8</sup>	unter Trockenstress anfällig für Insektenbefall, Mehltau & <i>Phytophthora</i> , Rindenkrebs <sup>6</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; verträgt Nässe <sup>8 9</sup>	Aw, Sw
<i>Quercus suber</i> (Kork-Eiche)	At, (St) <sup>1</sup>	6.1.1.3 Thermomediterrane Wälder, Macchien <sup>5</sup>	<b>8a</b>	Sonne <sup>18</sup>	interessante Borke, immergrün	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Vögel <sup>13</sup>	bevorzugt durchlässige Böden <sup>13 18</sup> , bevorzugt <b>saure</b> Böden <sup>18</sup> , salz- verträglich <sup>8 9</sup> , verträgt <b>keine</b> <b>Bepflasterung</b> <sup>9</sup>	<b>verträgt</b> <b>Trockenheit &amp;</b> <b>Hitze</b> <sup>6 12</sup>	Insektenbefall, <i>Phytophthora</i> <sup>6</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw eingeschränkt  ab 2060: Aw
<i>Quercus trojana</i> (Mazedonische Eiche)	(Aw) <sup>2</sup>	6.1.1.4 Thermomediterrane Wälder <sup>5</sup>	7b	Sonne <sup>14</sup>	Halbwintergrün <sup>9</sup>	Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup>	bevorzugt <b>feuchte,</b> <b>durchlässige</b> <b>Böden</b> <sup>14</sup> , sauer/neutral <sup>5</sup> bis kalkhaltig <sup>14</sup> , sehr bodentolerant, verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>9</sup> , salzverträglich <sup>9</sup>	<b>verträgt</b> <b>Trockenheit &amp;</b> <b>Hitze</b> <sup>16</sup>	k. A.		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw, Sw

<i>Quercus x hispanica</i> (Spanische Eiche)		6.3.1.4 Thermo- mediterrane Wälder, Misch- wälder warmer Regionen <sup>5</sup>	7b	Sonne bis Halb- schatten <sup>8</sup>	korkartige Rinde, halbwinter- grün <sup>8</sup>	Biodiversitäts- index 3,3/5 <sup>22</sup> , Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; Wild- bienen, Schmet- terlinge, Vögel, Säugetiere & Käfer <sup>8 22</sup>	verträgt <b>keine Bepflasterung</b> <sup>9</sup> , <b>salzverträglich</b> <sup>8</sup> , <b>kalk- liebend</b> <sup>9 11 12</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze &amp; Luftver- schmutzung</b> <sup>8 11</sup>	meist gesund <sup>7</sup>	'Fulhamensis': zunächst aufrechter Wuchs, später rund <sup>9 12</sup> ; 'Lucombeana': leicht runde Krone <sup>8 9</sup> ; 'Wageningen': kompaktere Krone und bessere Winterhärte <sup>9</sup>	bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; Zukunfts- baum nach Schönfeld <sup>19</sup>	Aw, Sw; At & St eingeschränkt
<i>Rhamnus alaternus</i> (Stechpalmen- Kreuzdorn)	Aw, At, Sw, St <sup>1</sup>	6.1.1.5 Küsten- wälder, mediterrane thermophile Strauch- flächen <sup>5</sup>	7a	Sonne bis Halb- schatten <sup>18</sup>	immergrün, Frucht	Evtl. Über- lappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; Insekten, Vögel	wächst auf steinigen Böden, pH-tolerant, anspruchlos <sup>18</sup>	verträgt vorübergehend Trockenheit <sup>12</sup> , k. A. bzgl. Hitze- verträglichkeit	giftig; k. A., Blattläuse <sup>18</sup>	'Argenteo- variegata' & 'Variegatus': panaschierte Blätter <sup>12 16</sup>	bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	Aw, Sw
<i>Rhamnus lycioides</i> (Bocksdorn- artiger Kreuzdorn)	Aw (At), Sw, (St) <sup>1</sup>	6.1.1.6 Medi- terrane immergrüne Wälder und Strauch- flächen <sup>5</sup>	<b>8b</b>	Sonne <sup>18</sup>	immergrün, Frucht	evtl. Über- lappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup> ; Insekten, Vögel	wächst auf steinigen Böden, <b>kalkliebend</b> , anspruchlos <sup>18</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>5 18</sup>	k. A.; giftig		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2080: Sw ab 2100: Aw
<i>Rhus coriaria</i> (Gerber- Sumach)	Aw, (At), (Sw), (St) <sup>2</sup>	6.1.1.5 Mischwäl- der warmer & mediter- raner Regio- nen, Schutt- flächen <sup>5</sup>	<b>8</b>	Sonne <sup>18</sup>	ggf. interessante Blüte & Frucht, gelbrote Herbst- färbung	Bienen, Insekten & Vögel	keine Ansprüche an den pH-Wert <sup>18</sup> , anpassungsfähig	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze</b> <sup>18</sup>	k. A.; <b>bei Kontakt Haut- reizungen möglich</b> , ausläufer- treibend		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2080: Sw ab 2100: Aw

<i>Salix atrocinerea</i> (Rostrote Weide)	(Aw), At, St <sup>1</sup>	2.1.3.3 Mediterrane Auen <sup>5</sup>	4	Sonne <sup>17</sup>		Überlappungs- grad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup>	<b>benötigt Feuchtigkeit<sup>17</sup>,</b> keine Ansprüche an den pH-Wert <sup>17</sup>	<b>verträgt Hitze<sup>17</sup></b>	k. A.		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; verträgt Staunässe & Über- flutung <sup>17</sup>	Aw & Sw eingeschränkt
<i>Salix elaeagnos</i> (Lavendel- Weide)	(Aw) <sup>1</sup>	2.3.3.5 Temperate und mediterrane Auen <sup>5</sup>	4b	Sonne <sup>18</sup>	gelbe Herbst- färbung, dekorative Zweigfarbe im Winter	Überlappungs- grad der Arthro- poden (Wild- bienen) mit hier heimischen Schwestern- arten <sup>23</sup>	keine pH-Wert- Ansprüche <sup>18</sup> , <b>kalkverträg- lich<sup>16</sup>, bevorzugt feuchte &amp; nährstoffreiche Böden<sup>18</sup></b>	<b>verträgt vorübergehende Trockenheit<sup>18</sup>,</b> <b>hitzeverträg- lich<sup>13</sup>,</b> verträgt Luftver- schmutzung <sup>8</sup>	k. A.		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; verträgt Staunässe & Über- flutung <sup>18</sup>	Aw, Sw
<i>Tamarix canariensis</i> (Kanarische Tamariske)	Aw, (At), (St) <sup>2</sup>	5.1.1.5 Mediterrane <b>Auen<sup>5</sup></b>	<b>8b</b>	Sonne <sup>18</sup>	dekorative Blüte, Duft	Bienen <sup>12</sup>	keine Ansprüche an den pH-Wert, bevorzugt nährstoffreiche Böden, <b>benötigt Feuchtigkeit,</b> sehr salz- verträglich <sup>18</sup>	<b>verträgt Trockenheit &amp; Hitze<sup>6 18</sup></b>	meist gesund <sup>7</sup> ; Pilze <i>Botryosphaeria</i> , <i>Diplodia</i> & <i>Leptosphaeria</i> können Krebs verursachen, Insektenbefall <sup>6</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; verträgt Nässe <sup>18</sup>	ab 2080: Sw  ab 2100: Aw
<i>Tamarix tetrandra</i> (Viermännige Tamariske)	Aw, (At), (St) <sup>2</sup>	5.1.2.5 Mediterrane <b>Auen<sup>5</sup></b>	6a	Sonne <sup>8 12</sup>	dekorative Blüte, Duft, gelbe Herbst- färbung	Bienen <sup>9 12</sup>	bevorzugt <b>durchlässige Böden<sup>7 12</sup>,</b> salzverträglich <sup>7</sup>	<b>verträgt Trockenheit, Hitze &amp; Luftver- schmutzung<sup>6 7</sup></b>	meist gesund <sup>7</sup> ; Pilze <i>Botryosphaeria</i> , <i>Diplodia</i> & <i>Leptosphaeria</i> können Krebs verursachen, Insektenbefall <sup>6</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup> ; verträgt kurzzeitig Überflu- tungen <sup>6 9</sup>	Aw, Sw

<i>Tilia tomentosa</i> (Silber-Linde)	(Aw), (At), (Sw), (St) <sup>2</sup>	6.3.2.1 Mischwälder warmer Regionen, temperate sommergrüne Wälder <sup>5</sup>	5a	Sonne <sup>8 21</sup>	Duft, gelbe Herbstfärbung	Biodiversitätsindex 3,6/5 <sup>22</sup> , Überlappungsgrad der Arthropoden (Wildbienen) mit hier heimischen Schwesternarten <sup>23</sup> ; Vögel, Schmetterlinge <sup>4 9 22</sup>	<b>verträgt Bepflasterung</b> <sup>7 8 9</sup> , <b>kalkliebend</b> <sup>8</sup>	<b>verträgt Hitze, Trockenheit</b> <sup>8 11</sup> & Luftverschmutzung <sup>7 8</sup>	gesund <sup>7</sup> , Druckzwieselbildung	'Brabant' & 'Sileste': bessere Leittrieb Bildung, keine Druckzwiesel <sup>8 21</sup>	Zukunftsbaum nach KLAM <sup>20</sup> & GALK, <b>als Stadtstraßenbaum geeignet</b> <sup>21</sup>	in Sorten: Aw, Sw, At, St
<i>Viburnum tinus</i> (Lorbeerblättriger Schneeball)	Aw, At, Sw, St <sup>2</sup>	6.1.4.5 Mediterrane immergrüne Wälder, laurophylle humide Wälder <sup>5</sup>	<b>8a</b>	Sonne bis Schatten <sup>8</sup>	immergrün, dekorative Blüte, Duft, Frucht	Bienen, Vögel <sup>8 9 12</sup>	bevorzugt nährstoffreiche und <b>durchlässige Böden</b> <sup>8 17</sup> , <b>verträgt keine Bepflasterung</b> <sup>8 9</sup> , anspruchslos, <b>kalkverträglich</b> <sup>11</sup>	<b>hitze- und trockenheitsverträglich</b> <sup>11</sup> , verträgt Luftverschmutzung <sup>8</sup>	k. A.; giftig <sup>4</sup>		bisher nicht in Hannover gepflanzt <sup>24</sup>	ab 2040: Sw  ab 2060: Aw

- <sup>1</sup> Strona, Giovanni; Mauri, Achille & San-Miguel-Ayanz, Jesús (2016): Data Descriptor: EU-Forest, a high-resolution tree occurrence dataset for Europe, In: SCIENTIFIC DATA, 4:160123, 8 S., DOI: 10.1038/sdata.2016.123.
- <sup>2</sup> GBIF.org (2023): search, <https://www.gbif.org/search>, letzter Zugriff 19.12.2023.
- <sup>3</sup> Meusel, Hermann; Jäger, Eckehart; Weinert, Erich & Rauschert, Stephan (1965, 1978, 1992): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora, Gustav Fischer Verlag Jena, verfügbar über <http://chorologie.biologie.uni-halle.de//choro/search.php?Lang=D>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>4</sup> Roloff, Andreas & Bärtels, Andreas (2018): Flora der Gehölze, Bestimmung – Eigenschaften – Verwendung, 5. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart, 911 S.
- <sup>5</sup> FloraVeg.EU (2024): Database of European Vegetation, Habitats and Flora. <https://floraveg.eu/taxon/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>6</sup> San-Miguel-Ayanz, Jesús; de Rigo, Daniele; Caudullo, Giovanni; Houston Durrant, Tracy; Mauri, Achille (2016): European Atlas of Forest Tree Species, Publication Office of the European Union, Luxembourg, <https://forest.jrc.ec.europa.eu/en/european-atlas/atlas-download-page/>, letzter Zugriff 08.10.2023.
- <sup>7</sup> citree (2015): Gehölze für urbane Räume – Planungsdatenbank, Technische Universität Dresden, <https://citree.de/index.php?language=de>, letzter Zugriff 07.01.2023.
- <sup>8</sup> Boomkwekerij Ebben B.V. (2024): TreeEbb, Die Baumsuchmaschine in Internet <https://www.ebben.nl/de/treeebb/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>9</sup> Van den Berk Baumschulen (o. J.): Suche, <https://www.vdberk.de/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>10</sup> Baumschule Horstmann (2024): Lieblingspflanze suchen, <https://www.baumschule-horstmann.de/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>11</sup> Bruns Pflanzen-Export GmbH & Co.KG (o. J.): Suche im Sortimentskatalog, <https://online.bruns.de/de-de/suche>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>12</sup> Eggert Baumschulen (2022): Suche, <https://www.eggert-baumschulen.de/de/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>13</sup> Lorenz von Ehren Baumschule (2024): Nutzen Sie hier unsere schnelle Pflanzensuche, <https://www.lve-baumschule.de/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>14</sup> European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN) (o. J.): Species, <https://www.euforgen.org/species/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>15</sup> Baumschule für Klimawandelgehölze (o.J.): Klimawandelgehölze, <https://www.klimawandelgehoeelze.de/klimawandelgehölze/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>16</sup> International Dendrology Society (o. J.): Trees and Shrubs Online, A modern reference to temperate woody plants, Search, <https://www.treesandshrubsonline.org/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>17</sup> Plantamus – Vivero online (o. J.): Tu tienda de plantas, árboles y productos de jardinería online, Buscar, <https://plantamus.com/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>18</sup> VIVERS CAREX (o. J.): Catálogo, <http://www.carex.cat/es/corporate-menu/productes-excel.aspx>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>19</sup> Schönfeld, Philipp (2019): „Klimabäume“ – welche Arten können in Zukunft gepflanzt werden?, LWG aktuell.
- <sup>20</sup> Roloff, Andreas; Bonn, Stephan & Gillner, Sten (2008): Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt – Entscheidungsfindung mit der Klima-Arten-Matrix (KLAM), Frankfurt.

- <sup>21</sup> Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz e.V. (GALK) (2024): GALK-Straßenbaumliste, Arbeitskreis Stadtbäume, <https://strassenbaumliste.galk.de/>, letzter Zugriff 07.01.2024.
- <sup>22</sup> Gloor, Sandra; Taucher, Anouk & Rauchenstein, Katja (2021): Biodiversitätsindex 2021 für Stadtbäume im Klimawandel, SWILD Zürich, Grün Stadt Zürich, interner Bericht, 58 S.
- <sup>23</sup> Böll, Susanne; Mahsberg, Dieter; Albrecht, Rosa; Peters, Marcell (2019): Urbane Artenvielfalt fördern, Arthropodenvielfalt auf heimischen und gebietsfremden Stadtbäumen, In: NATURSCHUTZ und Landschaftsplanung 51 (12), S. 576-583.
- <sup>24</sup> Kreuzer, Angelika (2023): Schriftliche Mitteilung per E-Mail vom 14.08.2023, Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün, Bereich Öffentliche Grünflächen / 67.30 Zentrale Aufgaben, siehe Anhang A.