

Anlage 1

Konzept zur Klimaanpassung für den Stadtwald Karlsruhe

ENTWURF Stand 21.04.2020

Inhalt

1	Ausgangslage	3
1.1	Schadensanalyse	5
1.2	Betriebliche Rahmenbedingungen:	6
2	Beurteilung der Baumarteneignung für die Waldverjüngung	8
3	Grundsätze der Klimaanpassung bei der Waldverjüngung	10
3.1	Baumarten	10
3.1.1	Einschätzung der Anbau-Eignung einiger im Stadtwald bereits vorkommender, nicht-heimischer Baumarten	11
3.1.2	Einschätzung der Anbau-Eignung von im Stadtwald bisher nicht vorkommender, nicht-heimischer Baumarten	12
3.3	Naturverjüngung	13
3.4	Pflanzung	13
3.5	Naturschutzrechtliche Vorgaben und ökologische Aspekte	13
3.6	Wildschutz und Jagd	14
3.7	Förderung	14
4	Grundsätze der Klimaanpassung für die Pflege und Entwicklung vorhandener Waldbestände	15
5	Differenzierte Betrachtung der Landschaftsräume	15
5.1	Rheinauewald (545,2 Hektar = 24,2 % Flächenanteil Stadtwald)	15
5.1.1	Leitbild	15
5.1.2	Ausgangslage	15
5.1.3	Ökologie	16
5.1.4	Aktuelle und mögliche Betroffenheit durch den Klimawandel	17
5.1.5	Waldbauliche Maßnahmen mit dem Ziel der Risikominimierung im Hinblick auf den Klimawandel und der Erhöhung der Biodiversität	17
5.1.6	Künftige Baumarten-Eignung auf Basis IPCC-Szenario RCP 8.5, 2071 – 2100 außerhalb der Überflutungsgebiete	18
5.1.7	Künftige Baumarten-Eignung auf Basis IPCC-Szenario RCP 8.5, 2071 – 2100 innerhalb der Überflutungsgebiete	18
5.2	Hardtwald (218,0 Hektar = 9,7 % Flächenanteil Stadtwald)	19

5.2.1	Leitbild	19
5.2.2	Ausgangslage.....	19
5.2.3	Aktuelle Baumarten-Zusammensetzung des Hardtwaldes (nur Stadtwald) 20	
5.2.4	Aktuelle und mögliche Betroffenheit durch den Klimawandel	20
5.2.5	Waldbauliche Maßnahmen mit dem Ziel der Risikominimierung im Hinblick auf den Klimawandel und der Erhöhung der Biodiversität.....	21
5.2.6	Künftige Baumarten-Eignung auf Basis IPCC-Szenario RCP 8.5, 2071 – 2100	21
5.3	Flussauewald (Kinzig-Murg-Rinne) (833,6 Hektar = 37,1 % Flächenanteil Stadtwald).....	22
5.3.1	Leitbild	22
5.3.2	Ausgangslage.....	22
5.3.3	Aktuelle Baumarten-Zusammensetzung des Flussauewaldes.....	23
5.3.4	Aktuelle und mögliche Betroffenheit durch den Klimawandel	23
5.3.5	Waldbauliche Maßnahmen mit dem Ziel der Risikominimierung im Hinblick auf den Klimawandel und der Erhöhung der Biodiversität.....	24
5.3.6	Künftige Baumarten-Eignung auf Basis IPCC-Szenario RCP 8.5, 2071 – 2100.....	25
5.4	Bergwald (652,4 Hektar = 29,0 % Flächenanteil Stadtwald)	25
5.4.1	Leitbild	25
5.4.2	Ausgangslage.....	25
5.4.3	Aktuelle Baumarten-Zusammensetzung des Bergwaldes:	26
5.4.4	Aktuelle und mögliche Betroffenheit durch den Klimawandel	26
5.4.5	Waldbauliche Maßnahmen mit dem Ziel der Risikominimierung im Hinblick auf den Klimawandel und der Erhöhung der Biodiversität.....	26
5.4.6	Künftige Baumarten-Eignung auf Basis IPCC-Szenario RCP 8.5, 2071 – 2100	27
6	Zu erwartende Auswirkungen der Klimaanpassung des Stadtwaldes Karlsruhe für die Stadt Karlsruhe als Waldbesitzerin	28
6.1	Bereich Ökologie:.....	28
6.2	Bereich soziale Waldfunktionen:.....	28
6.3	Bereich Ökonomie:	29
7	Quellen.....	29

1 Ausgangslage

Seit 2018 sind auch im Stadtwald durch Hitze, Dürre, Pilze, Insekten und Sturm erhebliche Baum- und Waldschäden entstanden. Betroffen sind Einzelbäume bis hin zu ganzen Waldbeständen. Aufgrund des projizierten Klimawandels ist davon auszugehen, dass weitere Schäden hinzukommen werden. Intensität und Frequenz der Witterungsextreme drohen die Resilienz des Stadtwaldes zu überfordern.

Zentrale Aufgabe in den nächsten Jahren ist es, die durch Waldschäden entstandenen, verjüngungsnotwendigen Flächen zielgerichtet wieder in Bestockung zu bringen. Im Vergleich zu früheren Schadensereignissen ergeben sich dabei besondere Herausforderungen aus der Aufgabe, die Waldverjüngung vor dem Hintergrund des Klimawandels zu realisieren. Ziel sind stabile, standortgerechte und klimaanpassungsfähige Mischwälder, die die standortspezifische Artenvielfalt einbeziehen, ein walddtypisches Bestandesinnenklima bilden, die Kohlenstoffspeicherung durch Holzzuwachs weiter gewährleisten und die insbesondere den erwarteten gesellschaftlichen Nutzen leisten können.

Die Klimaanpassung des Stadtwaldes wird ein dauerhafter, komplexer und einem ständigen Wandel unterliegender Prozess sein. Einfache Lösungen sind dabei nicht zu erwarten. Tragfähige Entscheidungen bedürfen einer strukturierten Bewertung der jeweiligen Situation sowie einer darauf abgestimmten differenzierten Planung. Anpassungen müssen je nach Klimaentwicklung möglich sein.

Das Konzept geht von unveränderten Grundsätzen und Zielsetzungen der Waldwirtschaft im Stadtwald aus. Diese wurden vor der letzten Forsteinrichtung vom Gemeinderat am 13.12.2016 beschlossen. Im Fokus stehen dabei die sozialen und ökologischen Aufgaben des Stadtwaldes (Gemeinwohl-Aufgaben). Ebenso bildet das vom Gemeinderat am 19. Juni 2018 beschlossene Forsteinrichtungswerk 2018 – 2027 weiterhin die fachliche Grundlage für das Waldmanagement. Aufgrund des Klimawandels und der Klimaanpassung erforderliche grundlegende Änderungen bedürfen der Fortschreibung im Zuge der sogenannten Zwischenprüfung nach der Hälfte des 10-jährigen Planungszeitraumes (2022 oder 2023) sowie im Zuge der alle 10 Jahre stattfindenden Forsteinrichtung. Stichtag für die nächste Forsteinrichtung ist der 1. Januar 2028.

Das Konzept geht weiter von einem aktiven Waldökosystem-Management im Stadtwald aus. Eine natürliche Waldentwicklung ohne jegliche menschliche Eingriffe gewährleistet per se nicht, dass die gesellschaftlichen Ansprüche an den Stadtwald hinreichend erfüllt werden können. Vor dem Hintergrund des Klimawandels, des aktuellen Waldzustandes und den vielfältigen Ökosystemdienstleistungen des Stadtwaldes wird ein großflächiger Prozessschutz deshalb nicht als geeignetes Instrument betrachtet. Kleinere Prozessschutzflächen und extensiv genutzte Waldflächen sind jedoch integrativer Bestandteil des Waldnaturschutzes im Stadtwald.

Zunächst noch folgende Erläuterung: im Konzept wird unterschieden zwischen standort-heimischen Baumarten und nicht standort-heimischen Baumarten. In Fachkreisen wird der Begriff „heimisch“ unterschiedlich definiert. Die genetische Diversität der Baumarten und Bäume in den Wäldern ist bisher nicht untersucht. Auch die Herkünfte der als heimisch bezeichneten Baumarten ist letztendlich in vielen Fällen offen.

Hilfsweise wird die vom Zertifizierungssystem FSC veröffentlichte Liste „Übersicht über die heimischen Baumarten in Deutschland“ für die Definition der standort-heimischen Baumarten unterstellt. Im Glossar des FSC-Standards wird die „Heimische Baumart“ definiert als „Baumarten der natürlichen, nacheiszeitlichen Waldentwicklung in Deutschland“.

Abgeleitet von den bisherigen Grundsätzen und Zielsetzungen sollen für das Konzept zur Klimaanpassung im Stadtwald folgende Grundsätze gelten:

- **Die Walderhaltung hat höchste Priorität. Waldinanspruchnahmen sollen im Stadtgebiet flächengleich kompensiert werden.**
- **Das naturnahe Waldmanagement wird fortgesetzt. Sie dient auch der Stützung der Resilienz des Waldes.**
- **Ziel ist die Entwicklung und Pflege von Mischbeständen mit verschiedenen Baumarten.**
- **Naturverjüngung wird grundsätzlich vor Saat oder Pflanzung bevorzugt.**
- **Die Vielfalt standort-heimischer Baumarten wird genutzt, alternative Herkünfte heimischer Baumarten werden geprüft und falls möglich und zulässig integriert**
- **Nicht-standortheimische Baumarten mit bewährten Anbauerfahrungen, die nicht oder nur gering und aus waldbaulicher Sicht beherrschbar invasiv sind, werden in definiertem Umfang gepflanzt oder über Naturverjüngung beteiligt.**
- **Nicht-standortheimische Baumarten ohne Anbauerfahrung werden – auch versuchsweise - nicht flächig angepflanzt. Bei zu erwartender Invasivität unterbleiben auch einzelne Anbauten/Pflanzungen.**
- **Wenn keine oder keine zukunftsfähige Naturverjüngung vorhanden ist, werden Bäume gepflanzt, insbesondere Mischbaumarten und konkurrenzschwache Baumarten. Möglichkeiten der Saat werden geprüft.**
- **Auf den Einsatz von Bioziden wird im Wald grundsätzlich verzichtet. Alternative Verfahren wie beispielsweise Holzentbindung oder Umlagerung von Holz kommen zur Anwendung.**
- **Im Hinblick auf die Kohlenstoffspeicherung werden auch zuwachskräftige Baumarten beigemischt.**

- **Die sogenannten zufälligen Nutzungen (das sind die aufgearbeiteten Bäume, die wegen der Waldschäden eingeschlagen werden mussten) werden auf den nachhaltigen „Hiebssatz“ angerechnet. Das bedeutet: je mehr zufällige Nutzungen anfallen, desto geringer ist die normale, planmäßige Holzerntemenge.**
- **Die Zielsetzung resilienter Mischwälder duldet keine Entmischung als Folge von Wildverbiss. Dem zielgerichteten Wildmanagement kommt eine Schlüsselrolle zu. Die Bejagungsstrategien sind insbesondere beim Rehwild auf eine wirksame Wildbestandsregulierung auszurichten. Wildschäden dürfen die Maßnahmen zur Klimaanpassung des Stadtwaldes nicht gefährden.**
- **Soweit möglich, soll auf forstliche Fördermaßnahmen zurückgegriffen werden (finanzielle Förderung).**

Hinweis: Dieses Konzept gilt ausdrücklich nur für den Stadtwald, nicht für den Staatswald auf Karlsruher Gemarkung.

1.1 Schadensanalyse

Eine exakte Darstellung der Schadenssituation für den Stadtwald ist derzeit nicht möglich. Dazu müsste eine aufwändige Waldschadensinventur durchgeführt werden. Eine revierweise Schadensanalyse auf Schätzbasis wird noch erarbeitet.

Indizien für das Schadensausmaß sind die verbuchten Holzmengen, die nicht als Ergebnis von geplanten forstlichen Maßnahmen angefallen sind, sondern wegen verschiedener Schadensursachen „zufällig“ genutzt werden mussten. Nicht verbucht sind jedoch die Holzmengen von Bäumen, die in unterschiedlichem Ausmaß Schäden aufweisen oder bereits abgestorben sind, die aber aus ökologischen Gründen im Wald verbleiben. Geschädigte oder bereits abgestorbene Bäume werden vor allem dort gefällt und deren Holzmenge verbucht, wo es die Verkehrssicherheit erfordert oder wenn das Holz noch sinnvoll und wirtschaftlich vermarktet werden kann.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Entwicklung der Menge der sogenannten zufälligen Nutzungen in den letzten Jahren:

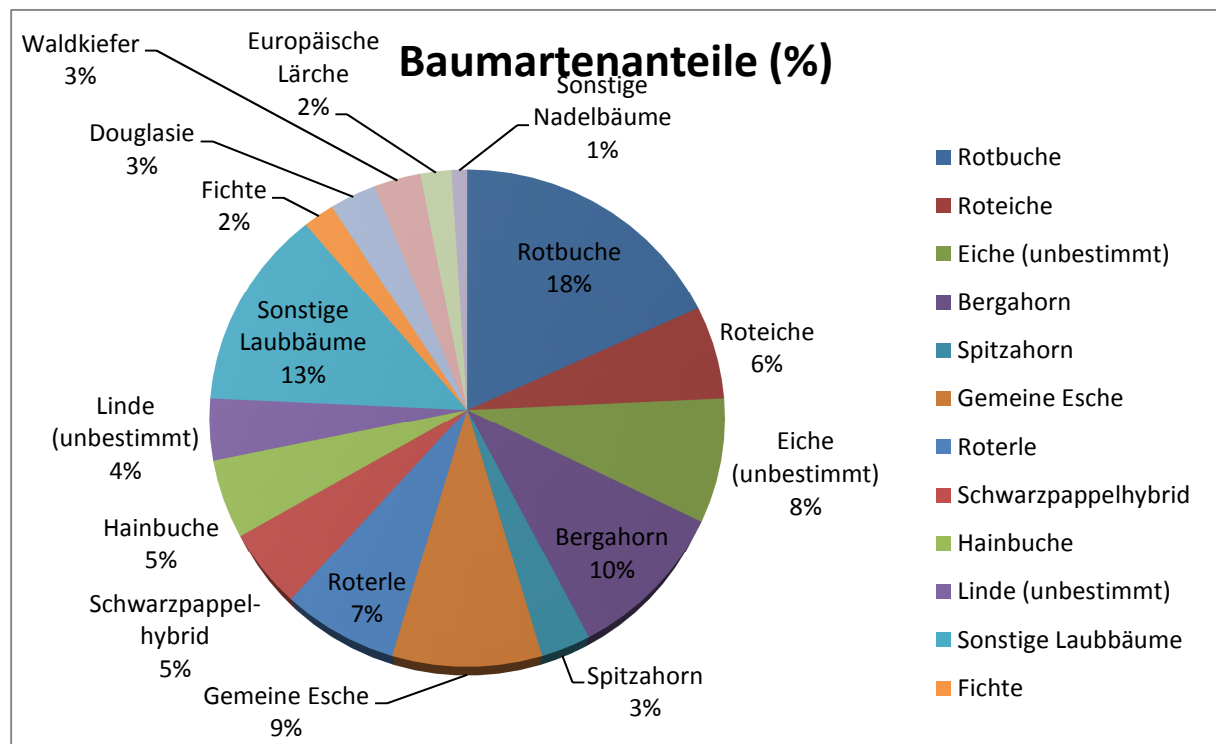
Jahr	Anteil zufällige Nutzungen an gesamter genutzter Holzmenge
2008	4 % = 550 Kubikmeter
2010	1 % = 177 Kubikmeter
2015	1 % = 126 Kubikmeter
2016	2 % = 210 Kubikmeter
2017	13 % = 1.630 Kubikmeter
2018	9 % = 1.155 Kubikmeter
2019	31 % = 3.010 Kubikmeter

Von den Schadensereignissen sind nahezu alle Haupt-Baumarten betroffen. Nachfolgend eine Übersicht mit den wesentlichen Schadensursachen:

Baumart	Schadensursache(n)
Kiefer	Trockenheit, Pilzbefall (Diplodia-Pilz), Mistelbesatz
Fichte	Fichten-Borkenkäfer
Lärche	Lärchen-Borkenkäfer, Prachtkäfer
Tanne	Trockenheit
Douglasie	Trockenheit, Schütte-Pilz, Diplodia-Pilz
Buche	Trockenheit, Pilze, Buchen-Borkenkäfer
Esche	Eschentriebsterben (Pilz)
Bergahorn	Rußrindenkrankheit (Pilz)
Eiche	Prachtkäfer, Eichen-Heldbock, Raupen verschiedener Schmetterlingsarten
Erle	Phytophthora (Pilz)

1.2 Betriebliche Rahmenbedingungen:

Die nachfolgende Grafik zeigt die aktuelle Baumartenzusammensetzung im Stadtwald zum Stichtag 1. Januar 2018.



Bemerkenswert ist die geschichtliche Entwicklung der Baumartenanteile im Stadtwald. Die nachfolgende Tabelle zeigt nur die Entwicklung der letzten 30 Jahre. Es ist abzuleiten, dass die Um-

stellung auf eine naturnahe Waldbewirtschaftung seit dem Ende der 1980-iger Jahre und die vorrangige ökologische Waldfunktion direkte Folgen auf die Baumartenzusammensetzung hatte. Besonders deutlich wird dies an den rückläufigen Anteilen der Nadelbäume sowie der Pappel.

Baumart	Anteil in %	1987	1997	2008	2018	Ziel laut Forsteinrichtung 2018
Fichte		5	4	2	2	1
Kiefer		13	10	7	5	4
Douglasie		5	6	4	3	5
Sonstige Nadelbäume		0	0	0	1	0
Buche		13	16	16	18	20
Eiche		8	9	7	8	11
Ahorn		10	11	13	13	15
Esche		8	9	13	9	2
Pappel		18	16	12	6	6
Sonstige Laubbäume		20	19	24	33	36

Derzeit überwiegen im Stadtwald bei weitem naturnahe Laubbaum-Mischbestände mit einem vielfältigen Baumarten-Spektrum. Die Wälder liegen in Landschaftsschutzgebieten (77 %), in Naturschutzgebieten (17 %), in Flora-Fauna-Habitat-Gebieten (FFH, 55 %) und in Vogelschutzgebieten (20 %). Zudem sind Waldbiotope kartiert (13 %) und es sind Schonwälder (14 %) sowie ein kleiner Bannwald ausgewiesen. Knapp 40 % des Stadtwaldes sind gesetzlicher Erholungswald mit besonders hoher Bedeutung für die Naherholung der Menschen. Der Stadtwald ist zudem von besonderer Bedeutung für den allgemeinen und speziellen Artenschutz. Das bestehende Alt- und Totholzkonzept zeigt mit einem aktuellen Vorrat an stehendem und liegendem Totholz von 44 Kubikmeter je Hektar Waldfläche nachweisbare Erfolge.

Bei diesem Konzept zur Klimaanpassung des Stadtwaldes sind die forst- und naturschutzrechtlichen Rahmenbedingungen zu beachten. Konkrete waldbauliche Maßnahmen sind in FFH-Gebieten kompatibel zu den kartierten Waldlebensraumtypen zu gestalten. Lebensstätten von Natura 2000-Arten dürfen nicht beeinträchtigt werden.

Die Waldentwicklung wird zeigen, ob kartierte Waldlebensraumtypen vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels noch zukunftsfähig sind. Betroffen ist hier insbesondere der Wald-Lebensraumtyp der Hainsimsen-Buchenwälder (LRT 9110) auf der Hardt.

Zu berücksichtigen sind ferner die Vorgaben der PEFC-Waldzertifizierung (PEFC = Programme for the Endorsement of Forest Certification, Zertifizierungssystem für nachhaltige Waldbewirtschaftung), da der Stadtwald nach den PEFC-Kriterien zertifiziert ist. Um auch anderen Zertifizierungssystemen bei Bedarf Rechnung tragen zu können, werden ergänzend und auf freiwilliger Basis auch die wesentlichen Kriterien der FSC-Waldzertifizierung zugrunde gelegt (FSC = Forest Stewardship Council, Zertifizierungssystem für nachhaltigere Waldwirtschaft).

Von erheblich zunehmender Bedeutung für den Forstbetrieb sind die sehr hohen Ansprüche an die Verkehrssicherheit aufgrund der langen Waldrandlinien an Bebauungen, öffentlichen Verkehrseinrichtungen, Hochwasserdämmen oder an Erholungseinrichtungen. Laufende Absterbeprozesse von Bäumen erfordern immer häufigere Regelkontrollen und Maßnahmen zur Beseitigung kritischer Gefahrenpunkte.

2 Beurteilung der Baumarteneignung für die Waldverjüngung

Bei der Verjüngungsplanung werden für die Beurteilung der Baumarteneignung möglicher Mischbaumarten in standortskartierten Wäldern vorhandene Baumarteneignungstabellen sowie für die vier quantitativ modellierten Baumarten Fichte, Tanne, Buche und Traubeneiche die Baumarten-Klimakarten 2.0 der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) in ihrer aktualisierten Form für das „worst-case“-Szenario RCP 8.5 2100 (Ende des 21. Jahrhunderts) herangezogen. Diese Karten sind für kreisweise unter folgendem Link abrufbar: <https://www.fva-bw.de/daten-und-tools/geodaten/klimakarten/klimakarten-20>.

Die Projektionen bis 2050 haben für eine Verjüngungsplanung keinen ausreichend langen Projektionszeitraum, weshalb von der FVA ausschließlich die 2100er-Varianten verwendet werden. Zur weiteren Orientierung hinsichtlich der Baumarteneignung steht eine wärme-klimatische Eignungsbewertung weiterer Baumarten zur Verfügung. Die Tabelle umfasst Baumarten, die über eine ausreichende Anpassungsfähigkeit an die unter dem RCP 8.5 Szenario zum Ende des 21. Jahrhunderts erwarteten klimatischen Verhältnisse verfügen. Die wärme-klimatische Eignung ist darin nach möglichen Mischungsanteilen und nach klimatischen Höhenstufen differenziert angegeben.

Erläuterung RCP 8.5:

Für den 5. Sachstandsbericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen, im Deutschen oft als „Weltklimarat“ bezeichnet), der 2013/14 erschienen ist, wurden sogenannte „Repräsentative Konzentrationspfade“ (Representative Concentration Pathways - RCPs) entwickelt, die Szenarien ersetzen. Diese neuen Szenarien wurden nicht vom IPCC, sondern von frei arbeitenden Wissenschaftlern erarbeitet und stützen sich auf Ergebnisse der wissenschaftlichen Literatur.

Die RCP-Szenarien legen bestimmte Szenarien von Treibhausgaskonzentrationen fest. Daraus berechnen Klimamodelle einerseits die Klimaänderung und andererseits die Emissionen (einschließlich aller Rückkopplungen des Kohlenstoffkreislaufs), die erforderlich sind, um diese Konzentrationen hervorzurufen. Daher werden diese neuen Szenarien auch nach der Änderung des Strahlungsantriebs bis 2100 gegenüber dem vorindustriellen Antrieb benannt. Das „worst-case“ Szenario RCP8.5 steht für einen Strahlungsantrieb durch anthropogene Treibhausgase von 8,5 W/m² im Jahre 2100 im Vergleich zu 1850. Davon abzuziehen ist der negative anthropogene Antrieb durch Aerosole und Landnutzungsänderungen, so dass der Nettoantrieb des Szenarios RCP8.5 bei ca. 8,1 W/m² liegt.

Die nach dem Strahlungsantrieb berechneten sozio-ökonomischen Szenarien berücksichtigen die Bevölkerungszunahme, das Bruttosozialprodukt, den Energieverbrauch und andere Faktoren. So wird eine Zunahme der Weltbevölkerung auf 12 Milliarden Menschen bis 2100 das Szenario RCP8.5 wahrscheinlich machen, und der Primärenergieverbrauch müsste dreimal so hoch wie heute sein. Unterschiede bestehen auch im Energiemix, z.B. mit einem sehr hohen Anteil von fast 50 % von Kohle bei RCP8.5. Die Kohlendioxidemissionen werden nach RCP8.5 von fast 10 GtC/Jahr in der Gegenwart auf fast 30 GtC/Jahr am Ende des Jahrhunderts steigen.

Ergebnisse bei dem Szenario RCP8.5 (vereinfacht):

- Temperatur: der Anstieg der globalen Mitteltemperatur bis zum Jahr 2100 etwa 4,8 °C im Vergleich mit dem vorindustriellen Zustand bzw. 4 °C gegenüber 1986-2005.
- Niederschläge: Deutschland muss mit bis zu 25 % geringerem Sommer-Niederschlag rechnen.

3 Grundsätze der Klimaanpassung bei der Waldverjüngung

3.1 Baumarten

Bei der Waldverjüngung soll das gesamte, vom Standort her mögliche Spektrum standortheimischer Baumarten über Naturverjüngung, Saat oder Pflanzung genutzt werden. Möglichkeiten der Verwendung alternativer Herkünfte dieser Baumarten werden geprüft, die Verwendung solcher Herkünfte muss jedoch rechtlich zulässig und ökologisch verträglich sein. Ebenso wird die verstärkte Einbringung bisher untergeordneter heimischer Mischbaumarten mit hoher Trockenheits- und Hitzetoleranz in Betracht gezogen. So könnten sich bisherige „Nebenbaumarten“ wie z.B. Hainbuche, Sandbirke und Elsbeere an manchen Standorten zu führenden Baumarten weiterentwickeln.

Baumartenmischungen werden bei Bedarf durch Pflegemaßnahmen stabilisiert und möglichst dauerhaft erhalten. Dabei ist zu beachten, dass zahlreiche heimische Baumarten durch den Klimawandel sowie durch biotische und abiotische Schadensfaktoren starke Verluste erlitten haben. Beispiele hierfür sind die Esche, die (Rot-)Buche, der Bergahorn, die Kiefer und die Ulme. Vermutlich werden diese Baumarten nicht komplett aus den Wäldern verschwinden, aber Vitalität und Konkurrenzkraft nehmen ab, die Wuchseistung (und damit das CO₂-Speicherpotential) lassen nach und der Anteil der Baumart wird vermutlich zurückgehen. Zudem ist zu erwarten, dass diese Baumarten nicht mehr die bisherige Lebenserwartung erreichen werden.

Die angestrebte Klimastabilität aufgrund der projizierten Klimaveränderung, die gesellschaftlichen Erwartungen an den Wald, die sozialen Aufgaben des Waldes (Erholung/Freizeit) und die Erhaltung von nachhaltigen Nutzungsoptionen für kommende Generationen erfordern ergänzend die Beteiligung von standortgerechten, nicht-heimischen Baumarten mit langjähriger, positiver Anbauerfahrung und mit beherrschbarer Invasivität am Aufbau der Waldbestände. Diese Baumarten sind bereits heute am Waldaufbau beteiligt (siehe Grafik Nr. 1.2). Ein Verzicht auf diese Baumarten würde die Klimaresilienz der Wälder reduzieren und damit die nachhaltige Sicherung aller Waldfunktionen zumindest ortsweise gefährden.

Im Hinblick auf die prioritären Zielsetzungen von Ökologie und Biodiversität wird vorgeschlagen, für den gesamten Stadtwald auf Betriebsebene den Anteil nicht-heimischer Baumarten auf 20 Prozent zu begrenzen. Diesen Anteil akzeptieren auch die Zertifizierungssysteme für nachhaltigere Waldwirtschaft PEFC und FSC in ihren Standards. Im Einzelbestand kann der Anteil standortgerechter, nicht-heimischer Baumarten höher liegen.

3.1.1 Einschätzung der Anbau-Eignung einiger im Stadtwald bereits vorkommender, nicht-heimischer Baumarten

Aufgrund der bekannten Invasivität werden folgende Baumarten nicht aktiv eingebracht und auch nicht gefördert. Wo möglich werden sie zugunsten heimischer Vegetation zurückgedrängt.

- Robinie (*Robinia pseudoacacia*)
- Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*)
- Götterbaum (*Ailanthus altissima*)
- Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa*)
- Eschenahorn (*Acer negundo*)

Die genannten Baumarten sind deshalb in der folgenden Tabelle nicht aufgeführt.

Die Einschätzung der Kriterien in der folgenden Tabelle basiert auf einer Untersuchung der Forstlichen Versuchsanstalt Baden-Württemberg (FVA) sowie auf Erfahrungen mit den genannten Baumarten. Auf Basis der genannten Untersuchung wurde eine multikriterielle Analyse angewendet, um unter Betrachtung verschiedener Szenarien und Gewichtungen die Eignung der Baumarten hinsichtlich des Klimawandels zu beurteilen. Das Ergebnis dieser Analyse ist in der Spalte Klimaresilienz vereinfacht dargestellt. Baumarten, die in der Untersuchung der FVA nicht genannt werden, wurden aufgrund weiterer Literaturstudien und Erfahrungswerte beurteilt.

Hinweis: ++ = sehr gut/sehr hoch, + = gut/hoch, - schlecht/gering, -- = sehr schlecht/sehr gering

Baumart	Anbau- erfahrung	Vitalität	Invasivität	Eignung	Einbringung	Restriktions- flächen	Klima- resilienz
Hybridpappel (Schwarzpappel x Kanadapappel)	++	++	--	++ gut was- ser- versorgte Standorte	Pflanzung	Wald-LRT	+
Roteiche	++	++	+ beherrschbar	++ trockene Standorte	Natur- verjüngung, Pflanzung	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	+
Schwarznuss	+	+ (auf guten Standor- ten)	+ beherrschbar	++ gute Standorte	Pflanzung, Saat	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	+
Hybridnuss (Walnuss x Schwarznuss)	+	+ (auf guten Standor- ten)	+ beherrschbar	++ gute Standorte	Pflanzung	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	+
Tulpenbaum	+	++	- beherrschbar	++ gute Standorte	Pflanzung	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	++
Edelkastanie	+	+	-	+	Pflanzung	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	++

Platane	+	+	+	+ gute Standorte	Pflanzung	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	++
Baumhasel	-	+	-	+ trockene Standorte	Pflanzung	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	++
Douglasie	++	+	+ nur auf sauren Standorten	+	Natur- verjüngung, Pflanzung	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	+
Große Küsten- tanne	+	+	- beherrschbar	+/-	Natur- verjüngung	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	+
Schwarzkiefer	+	+/-	-	-	-	Gesamter Wald	++

3.1.2 Einschätzung der Anbau-Eignung von im Stadtwald bisher nicht vorkommender, nicht-heimischer Baumarten

Baumart	Anbau- erfahrung	Vitalität	Invasivität	Eignung	Einbringung	Restriktions- flächen	Klima- resilienz
Flaumeiche	--	+	-	+ trockene Standorte	Pflanzung Einzel- exemplare	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	++
Zerreiche	--	+	+(+)	+ trockene Standorte	Keine Pflanzung	Gesamter Wald	++
Ungarische Eiche	--	+	+	+ trockene Standorte	Keine Pflanzung	Gesamter Wald	++
Steineiche	--	+	+	+ trockene Standorte	Keine Pflanzung	Gesamter Wald	++
Atlaszeder	--	+	-	+ trockene Standorte	Pflanzung Einzel- exemplare	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	++
Libanonzeder	--	+	-	+ trockene Standorte	Pflanzung Einzel- exemplare	NSG, Wald-LRT, Waldbiotope	++

Mit den aufgeführten Baumarten sollen keine Anpflanzungen vorgenommen werden. Auf extrem trockenen Standorten kann die Pflanzung der Flaumeiche in Einzelexemplaren in Frage kommen, wo die heimische Eiche (Traubeneiche) an ihre Grenzen kommt und die Walderhaltung im Vordergrund steht. Dies gilt auch für die beiden Zedernarten, deren Habitus sich deutlich von dem anderer Baumarten unterscheidet. Die übrigen Baumarten scheiden aus heutiger Sicht aus unterschiedlichen Gründen aus.

Verwiesen wird ergänzend auf die beigefügte Zusammenstellung des Invasivitätspotenzials der nicht-standortheimischen Baumarten (Anlage 2)

3.2 Mischung

Angestrebt wird grundsätzlich eine einzel- bis horstweise (Horst = Durchmesser 30 – 60 m) Baumartenmischung zur Förderung der Biodiversität und der Risikoverteilung. Je nach den Lichtansprüchen werden Mischbaumarten auf Kleinflächen ab 0,1 Hektar aktiv gepflanzt. Lichtbedürftige Baumarten wie die Eiche und seltene Baumarten wie Nuss, Wildobst oder Elsbeere werden auf dafür geeigneten Standorten beteiligt. Bei der Waldverjüngung auf Freiflächen über 0,5 Hektar wird eine kleinflächige Mischung angestrebt.

3.3 Naturverjüngung

Der natürlichen Verjüngung von geschädigten Waldflächen wird Vorrang vor aktiver Pflanzung eingeräumt, soweit die Baumarten standortsgerecht und klimaanpassungsfähig sind. Es wird vermutet, dass das von Anfang an ungestörte Wurzelwachstum der Bäume für eine höhere Klimaresilienz sorgt. Für den Fall, dass sich invasive Neophyten flächig verjüngen oder rasch mit verdämmender Konkurrenzvegetation zu rechnen ist, wird eine Pflanzung von klimaanpassungsfähigen Baumarten durchgeführt.

Pionier- und Lichtbaumarten wie Birke, Vogelbeere, Salweide, Zitter- und andere heimische Pappeln, Erle o.a. werden als ökologisch wertvolle Zeitmischungen genutzt.

3.4 Pflanzung

Zur Förderung der Baumartenvielfalt werden vor allem konkurrenzschwächere Baumarten und seltene Baumarten, die sich nicht oder nur sehr eingeschränkt natürlich verjüngen, über Pflanzung eingebracht. Auf größeren Pflanzflächen werden vorhandene Bäume aus dem Vorbestand nach Möglichkeit erhalten. Eine für die Pflanzung erforderliche Reisigräumung erfolgt von vorhandenen Rückegassen aus.

Gesetzliche und fachliche Vorgaben zum Beispiel nach dem Forstvermehrungsgutgesetz werden beachtet. Soweit verfügbar, wird zertifiziertes Vermehrungsgut verwendet.

3.5 Naturschutzrechtliche Vorgaben und ökologische Aspekte

Vorgaben, die sich aus einem gesetzlichen Schutzstatus, wie beispielsweise Naturschutzgebiet, Waldschutzgebiet, Waldbiotop, Natura 2000 ergeben, werden bei aktiven Wiederbewaldungsmaßnahmen beachtet. Falls eine natürliche Verjüngung den naturschutzrechtlichen Vorgaben oder ökologischen Zielen nicht entspricht, werden in Abstimmung mit der Naturschutzverwaltung Steuerungs- oder Pflegemaßnahmen ergriffen.

Belange des speziellen Artenschutzes werden in Abstimmung mit der Naturschutzverwaltung in die Umsetzung der Waldanpassung integriert. Dies betrifft insbesondere licht- und wärmeliebende Arten.

Das Alt- und Totholzkonzept wird fortgeführt. Alt- und Habitatbäume bleiben erhalten, wenn dies aus Sicht der Verkehrssicherungspflicht möglich ist. Extensiv genutzte Wälder bleiben weitgehend sich selbst überlassen, forstliche Eingriffe erfolgen nur aus Gründen der Verkehrssicherheit, aus naturschutzfachlichen Gründen oder nach Schadensereignissen. Sie dienen als langfristige Beobachtungsflächen und Naturwaldzellen. Ökologisch wertvolle Sonderstrukturen werden erhalten und falls möglich weiterentwickelt (gegebenenfalls als Ausgleichsmaßnahmen).

3.6 Wildschutz und Jagd

Die Zielsetzung resilienter Mischwälder duldet keine Entmischung als Folge von Wildverbiss. Dem zielgerichteten Wildmanagement kommt deshalb eine Schlüsselrolle zu. Die Bejagungsstrategien sind insbesondere beim Rehwild auf eine wirksame Wildbestandsregulierung auf der Grundlage des Jagd- und Wildtiermanagementgesetzes (JWMG) auszurichten. Wildschäden dürfen die Maßnahmen zur Klimaanpassung des Stadtwaldes nicht gefährden.

Bei seltenen Baumarten oder bei Einschränkungen für das Wildmanagement zum Beispiel durch intensive Erholungsnutzung werden ortsweise dennoch Verbiss- und Fegeschutzmaßnahmen erforderlich.

3.7 Förderung

Finanzielle Fördermöglichkeiten gemäß der Verwaltungsvorschrift zur Förderrichtlinie Nachhaltige Waldwirtschaft oder weitergehende Fördermöglichkeiten werden genutzt. In den Förderrichtlinien wird aufgrund negativer Anbauerfahrungen (Invasivität, hohes Ausfall-, Schad- oder Krankheitsrisiko) vom Anbau folgender Baumarten dringend abgeraten: Küstentanne, Weymouths-Kiefer, Spätblühende Traubenkirsche, Robinie, Essigbaum, Paulownie, Götterbaum, Rotesche.

4 Grundsätze der Klimaanpassung für die Pflege und Entwicklung vorhandener Waldbestände

- Kontinuierliche Pflege mit häufigen, aber mäßigen Eingriffen formt den Waldbestand weiter. Vitalität ist dabei das wichtigste Kriterium, daneben Förderung der Baumartenmischung und Qualität. Das Waldinnenklima soll erhalten bleiben. Die Kronenentwicklung und die Einzelbaumstabilität werden gefördert. Konkurrenzschwächere und seltene Baumarten werden als Mischbaumarten begünstigt.
- Dauerwaldartige Strukturen werden wo möglich angestrebt.
- Ökologische Optionen wie Seltenheit, Habitate, Grenzlinien, Sonderstandorte, Alt- und Totholz werden erkannt und integriert.
- Eher kleinflächiges, einzelbaumbezogenes und situationsgeleitetes Handeln (Heterogenisierung des Waldes)
- Extensiv genutzte Wälder werden als Beobachtungsflächen und Naturwaldzellen integriert.
- Aktive Förderung von Waldrandstrukturen (Förderung der Biodiversität)
- Die technischen Voraussetzungen werden geschaffen bzw. erhalten (zum Beispiel: dauerhafte Feinerschließung, Holzlagerplätze, angepasste Arbeitsverfahren, waldverträglicher Maschineneinsatz). Grundlage bildet das seit 2013 vorhandene Bodenschutzkonzept, das in Kürze fortgeschrieben werden soll. Dabei werden Einsatzmöglichkeiten von leichten Forstraupen und Rückepferden integriert.

Ein wesentlicher Teil dieser Grundsätze sind abgeleitet von den waldbaulichen Grundsätzen der Arbeitsgemeinschaft naturgemäße Waldwirtschaft e.V. (ANW).

5 Differenzierte Betrachtung der Landschaftsräume

5.1 Rheinauewald (545,2 Hektar = 24,2 % Flächenanteil Stadtwald)

5.1.1 Leitbild

Laubbaum-Mischbestände mit intensiver Strauchschicht auf unterschiedlichen Boden, Wasser und Nährstoffverhältnissen von extrem nass bis extrem trocken (Brennen). Weitere Differenzierung nach intakter Aue mit Überflutungsdynamik und Alt-Aue (nicht mehr überflutet).

5.1.2 Ausgangslage

Waldentwicklung: Kulturwälder in vom Menschen durch Hochwasserschutz-Maßnahmen mehrfach veränderter Rheinaue Landschaft. Reste historischer Bewirtschaftungsweisen sind erkennbar (Mittelwald). Intensiv genutzter Erholungsraum. In der Vergangenheit entstanden erhebliche

Waldflächenverluste durch Industrieansiedlungen (zum Beispiel durch die Ölraffinerie etwa 700 Hektar!).

Besonderheit: durch das Integrierte Rheinprogramm (IRP), Polder Bellenkopf-Rappenwört werden die Überflutungsflächen voraussichtlich erheblich erweitert. Die Planung umfasst ein spezielles Waldumbau-Programm innerhalb des Polders, das bisher jedoch weder auf die Aspekte des Klimawandels noch des Eschentriebsterbens angepasst ist.

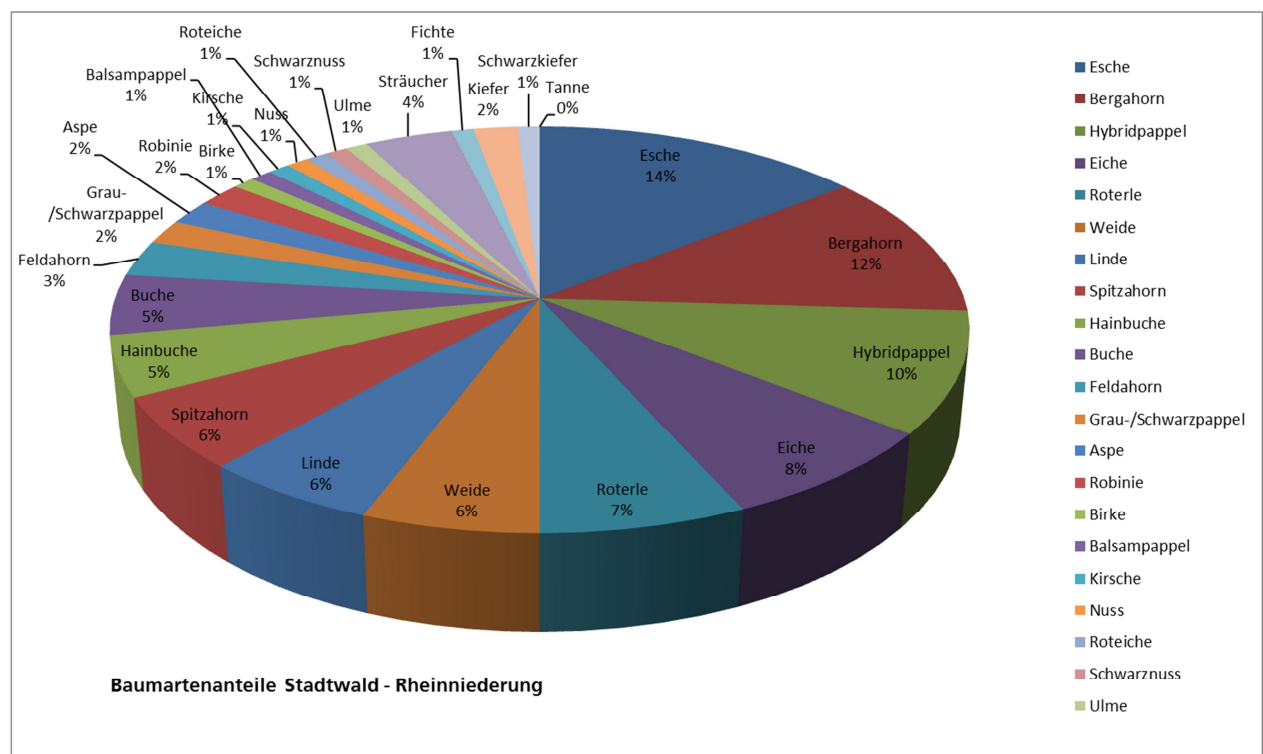
5.1.3 Ökologie

Die Kulturwälder besitzen eine sehr hohe ökologische Bedeutung: große Artenvielfalt, Wälder i.d.R. Landschaftsschutzgebiet, Naturschutzgebiet, flächendeckend Natura 2000 (Flora-Fauna-Habitat-Gebiet, Vogelschutzgebiet). Die hohe Bedeutung für den Artenschutz ist dokumentiert durch Natura 2000 Erhebungen und vorhabensbezogene ökologische Untersuchungen. Leitararten sind der Eichen-Heldbock, Amphibien, Spechte und Fledermäuse. Im Bereich Pflanzen unter anderem das Grüne Besenmoos.

Die Wuchsdynamik der Baumarten ist durch die sehr differenzierten Standortverhältnisse extrem unterschiedlich.

Die Wälder sind eng verzahnt mit Industrie, Gewerbe, Hochwasserschutz-Einrichtungen, Offenland/ Landwirtschaft. Dadurch sind sehr viele Waldrandlinien vorhanden (Zunehmender Aufwand für Verkehrssicherungspflicht).

Aktuelle Baumarten-Zusammensetzung des Rheinauwaldes (Stand 2018)



5.1.4 Aktuelle und mögliche Betroffenheit durch den Klimawandel

Hinweis: Die im folgenden beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels können nach dem Bau und der Inbetriebnahme des Polders Bellenkopf-Rappenwört (IRP) überlagert werden durch Baum- und Waldschäden aufgrund der grundlegenden Änderungen des Wasser-Haushaltes.

- Trockene Standorte werden noch trockener, Hochwasserdynamik verändert sich (Zunahme von Hochwasser-Ereignissen, veränderte Hochwasser-Zeiträume, veränderte Hochwasser-Amplituden, lange Trockenphasen bei Niedrigwasser, ...)
- Zunahme biotischer Schadfaktoren, v.a. Pilzkrankungen wie das Eschentriebsterben
- Verlust der Baumart Esche als Folge des Eschentriebsterbens
- Grenz-Standorte werden noch trockener, Resilienz der Baumarten wird überfordert
- Absterben der (teilweise autochtonen) Kiefer
- Silberweiden: leiden unter Trockenphasen
- Starke Beeinflussung durch Wasserregime, Wasserqualität, Sauerstoffgehalt (stehend, fließend)
- Betroffenheiten außerhalb des Klimawandels: Schwarzpappel mit Dotichiza-Pilz, Ulme mit Ulmensterben und Ulmensplintkäfer

5.1.5 Waldbauliche Maßnahmen mit dem Ziel der Risikominimierung im Hinblick auf den Klimawandel und der Erhöhung der Biodiversität

- Breitestes Baumarten-Spektrum in Abhängigkeit von Standort und Wasserverhältnissen, Pflanzung seltener Baumarten mit geringer Konkurrenzkraft (zum Beispiel Wildobst, Schwarzpappel, ...), insbesondere Förderung von Stieleichen durch Pflanzung in Trupps oder Gruppen von maximal 0,5 Hektar (Saat ist zu aufwändig)
- Verjüngung von Pappel-Beständen durch Umformung auf vorhandene Laubbaumarten wie Linde oder Ahorn oder durch Kahlschläge bis maximal 0,8 Hektar Fläche. Dabei werden Habitatbäume, Habitatbaumgruppen erhalten. Bäume im Zwischenstand (zum Beispiel Feldahorn, Hainbuche, Eiche) bleiben so weit wie möglich erhalten.
- Teilweise Ersatz der Wirtschaftspappel durch Stieleiche, Weide und andere Baumarten, jedoch kein grundsätzlicher Verzicht auf den Anbau von Wirtschaftspappeln (hohes CO₂-Speicherpotential, schnelle Verfügbarkeit von Habitatstrukturen); Hinweis: der Anteil der Wirtschaftspappel ist im Stadtwald aufgrund der ökologischen Vorrangfunktion von 18 % im Jahr 1987 auf 5 % im Jahr 2018 zurückgegangen.
- Schutz, Erhaltung und Förderung seltener Baumarten in Naturverjüngungen durch Pflegemaßnahmen

- Nadelbaumarten werden mit Ausnahme der Waldkiefer auf trockenen Kiesrücken nicht aktiv eingebracht (autochtone Kiefer)
- Vorhandene Waldbestände werden mittels Durchforstung mit gezielter Förderung von Misch-Baumarten gepflegt und damit stabilisiert (Entwicklung großer Baumkronen)
- Aktive Förderung von Waldrandstrukturen (Förderung der Biodiversität)

Hinweis: Verjüngungs- und Pflegemaßnahmen sind in der Rheinaue durch intensive Konkurrenzvegetation und Schlinggewächse sehr zeit- und kostenaufwändig!

5.1.6 Künftige Baumarten-Eignung auf Basis IPCC-Szenario RCP 8.5, 2071 – 2100 außerhalb der Überflutungsgebiete (Quelle: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg - FVA: Alternative Baumarten im Klimawandel: Artensteckbriefe 2018)

a) Heimische Baumarten:

Als führende Baumart möglich: Bergahorn

Als Misch-Baumarten möglich: Stieleiche, Hainbuche, Birke, Spitzahorn, Linde, Vogelkirsche, Schwarzpappel, Feldahorn, Wildobst, Silberweide, Flatterulme, Esche

b) Nicht-heimische Baumarten mit Anbauerfahrung:

Als führende Baumart möglich: Wirtschaftspappel

Als Misch-Baumarten möglich: Schwarznuss, Hybridnuss (Mischung Wald- mit Schwarznuss), Tulpenbaum

Für einzelne, experimentelle Testanbauten werden als möglich erachtet: Flaumeiche (*Quercus pubescens*), Platane (*Platanus acerifolia*)

5.1.7 Künftige Baumarten-Eignung auf Basis IPCC-Szenario RCP 8.5, 2071 – 2100 innerhalb der Überflutungsgebiete (Quelle: FVA: Alternative Baumarten im Klimawandel: Artensteckbriefe 2018)

a) Heimische Baumarten:

Als führende Baumarten möglich: Silberweide, Pappel

Als Misch-Baumarten möglich: Stieleiche, Schwarzpappel, Feldahorn, Wildobst, Flatterulme

b) Nicht-heimische Baumarten mit Anbauerfahrung:

Als führende Baumart möglich: Wirtschaftspappel

Als Misch-Baumarten möglich: Schwarznuss

5.2 Hardtwald (218,0 Hektar = 9,7 % Flächenanteil Stadtwald)

5.2.1 **Leitbild**

Mischbestände mit verschiedenen Laubbaumarten, die möglichst geringe Wasseransprüche haben und hitzeertragend sind. Geringe Anteile von Nadelbaumarten sind möglich. Aufgrund der äußerst schwierigen Standortverhältnisse wird ein maximal möglicher Anteil von bekannten, bewährten, nicht heimischen Baumarten mit keinem oder nur geringem (beherrschbaren) Invasivitäts-Potential zur Erhöhung der Resilienz, der Erhaltung eines Waldinnenklimas und der Risikominderung beigemischt.

5.2.2 **Ausgangslage**

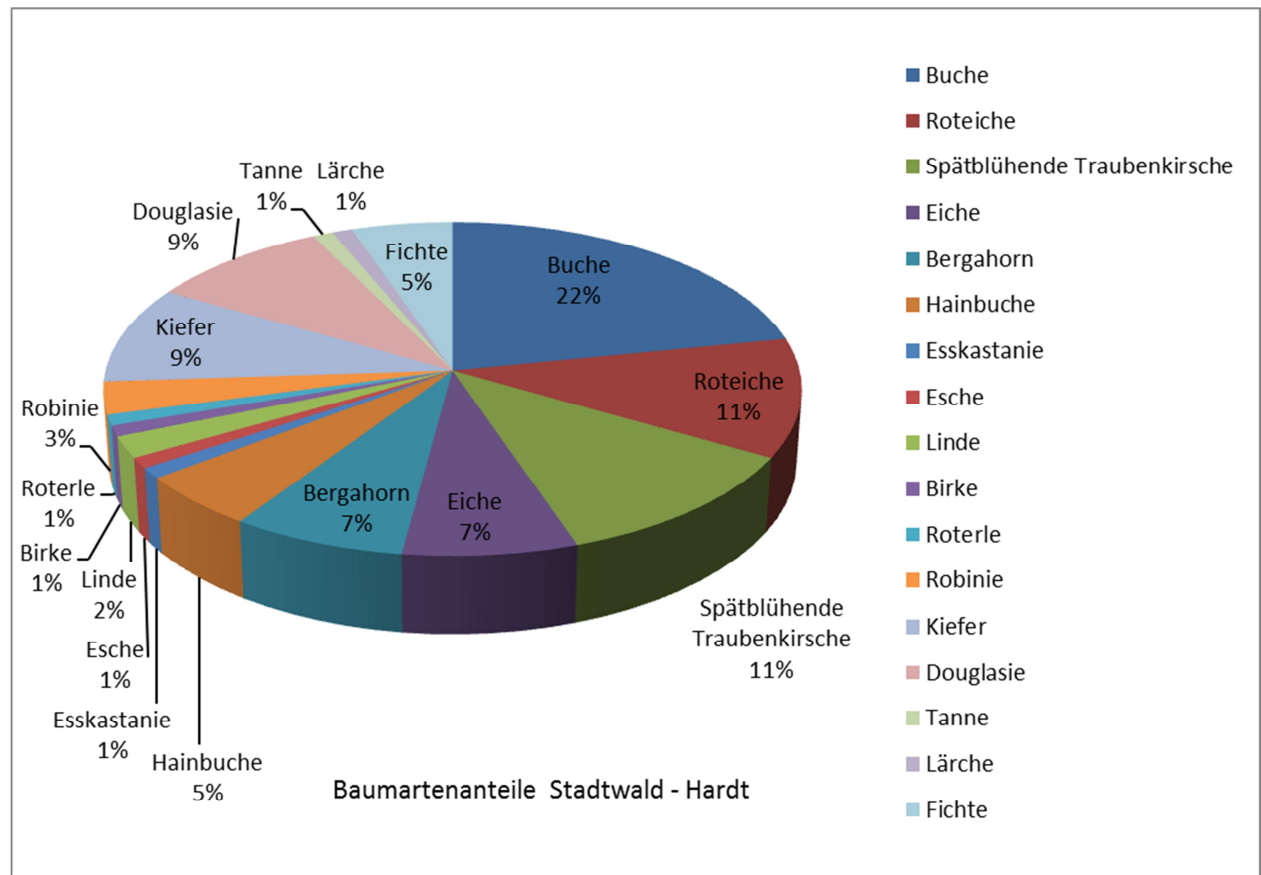
Waldentwicklung: Von Natur aus sehr schlechte und nur gering differenzierte Standortverhältnisse (Sand, Kies, geringe Wasserhaltefähigkeit, trocken); über Jahrhunderte intensiv genutzte Kulturwälder, Grundwasser-Absenkung durch die erfolgte Tiefen-Erosion des Rheins, momentan noch höchste Anteile an Nadelbäumen im Stadtwald wegen der Baumart Kiefer. Der Hardtwald wurde bereits durch den Orkan Lothar am 26.12.1999 extrem stark geschädigt. Die Folge war eine starke Verlichtung mit nachfolgender massiver Ausbreitung von Neophyten, vor allem von Spätblühender Traubenkirsche (*Prunus serotina*), Robinie und Kermesbeere. Erschwerend für die Bäume sind die bestehenden hohen bis sehr hohen Dichten von Engerlingen im Waldboden (Wurzelfraß).

Der Hardtwald ist am stärksten durch den Klimawandel betroffen. Hauptursachen sind die sandig-kiesigen Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität, die schlechten Nährstoffverhältnisse in diesen Böden, der fehlende Grundwasseranschluss, Vorschädigungen durch Sturm (Orkan Lothar) und Engerlinge im Boden. Die Hauptschäden sind an Kiefern und Buchen festzustellen. Diese Baumarten sterben in Beständen über 80 Jahren bereits seit dem Trockenjahr 2003, vermehrt aber nach den Trockenjahren 2018 und 2019 dramatisch ab.

Ökologie: Auch der Hardtwald besitzt als Kulturwald eine hohe ökologische Bedeutung. Sein Bestandesinnenklima ist lokal im Hinblick auf die Abmilderung von Klimaextremen extrem wichtig. Er liegt innerhalb der Natura 2000 Schutzgebietskulisse (Flora-Fauna-Habitat-Gebiet). Eine starke Beeinträchtigung besteht durch den hohen und tendenziell weiter zunehmenden Anteil von Neophyten! Geschützten Leittierarten sind: Eichen-Heldbock, Hirschkäfer, Fledermäuse.

Örtliche Lage: durch die unmittelbare Nähe zur Wohnbebauung extrem hohe Bedeutung als Erholungsraum, Klima- und Immissionsschutzwald. Sehr hohe und permanent zunehmende Anforderungen an die Verkehrssicherungspflicht.

5.2.3 Aktuelle Baumarten-Zusammensetzung des Hardtwaldes (nur Stadtwald)



5.2.4 Aktuelle und mögliche Betroffenheit durch den Klimawandel

- Massive Trockenschäden bei Kiefer und Buche, aber auch Ausfälle bei Douglasie
- Sehr starker Besatz mit Misteln bei der Kiefer als weitere Wasserkonkurrenz
- Vitalität der Waldbäume ist stark reduziert
- Schnelle und weitere Verlichtung mit der Folge der schnellen und flächigen Ausbreitung von Neophyten mit negativen Auswirkungen auf Waldökosystem (Spätblühende Traubenkirsche, Robinie, Kermesbeere)
- Im Vergleich höchste Anteile zufälliger Nutzungen
- Massive Ausfälle in Naturverjüngung (Buche) und in Jungkulturen, verstärkt durch Engerlingsfraß an den Baumwurzeln

- Natura 2000: Fragestellung, ob der Buchen-Waldlebensraumtypen 9110 „Hainsimsen-Buchenwälder“ noch zukunftsfähig ist
- Bei weiterer Erwärmung und der Zunahme extremer Wetterereignisse ist die Resilienz des Waldes überfordert und der Wald existentiell bedroht; Entwicklung in Richtung Grenzstandorte. Damit ist die Erfüllung aller bisheriger Waldfunktionen gefährdet (zum Beispiel Grundwasser-Neubildung)

5.2.5 Waldbauliche Maßnahmen mit dem Ziel der Risikominimierung im Hinblick auf den Klimawandel und der Erhöhung der Biodiversität

- Walderhaltung und Erhaltung der Ökosystemdienstleistungen sind übergeordnete Ziele!
- Kein flächiger Prozessschutz, da sonst Entwicklung zum „Neophytenwald“. Das bedeutet aktives Waldmanagement trotz hohem Risikopotential!
- Management von Neophyten als Waldpflege- sowie Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen. Dabei kommen ausschließlich bekannte mechanische Verfahren wie abschnitten oder herausreißen zum Einsatz. Im Einzelfall kommt in Abstimmung mit der Naturschutzverwaltung auch Beweidung in Frage.
- Geschlossene Bestände möglichst geschlossen halten (Waldinnenklima erhalten), Pflege-Eingriffe nur moderat und eher häufiger
- Die Waldpflege zielt auf die Förderung der Vitalität von Einzelbäumen (z.B. Eichen). Wenige Bäume, die aber möglichst gut bekrönt (über Pflege) und vital sein sollen
- Fokus der Waldpflege ausgerichtet auf Vitalität (große Kronen), Stabilität, Ökologie, Erholung und Waldästhetik
- Naturverjüngung ist im Hardtwald bisher wenig erfolgreich, da sich ganz überwiegend Neophyten wie Robinie, Spätblühende Traubenkirsche oder Kermesbeere verbreiten
- Pflanzung von möglichst Trockenheit-ertragenden Baumarten einschließlich bewährten, nicht-heimischen Baumarten
- Nadelbaumarten als Misch-Baumarten (Douglasie, Kiefer)
- Versuchsweise und in Einzelexemplaren Pflanzung von nicht-heimischen Baumarten ohne Anbauerfahrung insbesondere aus dem europäischen Raum (wenn keine Invasivität bekannt ist)

5.2.6 Künftige Baumarten-Eignung auf Basis IPCC-Szenario RCP 8.5, 2071 – 2100 (Quelle: FVA: Alternative Baumarten im Klimawandel: Artensteckbriefe 2018)

a) Heimische Baumarten:

Als führende Baumart möglich: Hainbuche

Als Misch-Baumarten möglich: Traubeneiche, Winterlinde, Feldahorn, Kirsche, Edelkastanie

b) Nicht-heimische Baumarten mit Anbauerfahrung:

Als führende Baumarten möglich: Roteiche (potentiell invasiv), Schwarzkiefer (geringe Invasivität)

Als Misch-Baumarten möglich: Robinie (starke Invasivität: keine Pflanzung, aber Übernahme aus Naturverjüngung, nur falls keine andere waldbauliche Option für die Walderhaltung mehr vorhanden ist; Douglasie, Baumhasel

c) Nicht-heimische Baumarten ohne Anbauerfahrung:

Für experimentelle einzelne Testanbauten werden als möglich erachtet: Flaumeiche (*Quercus pubescens*), Platane (*Platanus acerifolia*), Atlaszeder (*Cedrus atlantica*), Libanonzeder (*Cedrus libani*), Pinie (*Pinus pinea*).

Hinweis: Der Hardtwald erfordert einen extrem hohen Zeit- und Kostenaufwand für die Waldpflege (Neophyten-Management) und für Pflanzungen; die Rahmenbedingungen für Neupflanzungen sind sehr schwierig. Es bestehen zusätzliche Risiken durch Engerlinge im Waldboden. Stark zunehmendes Waldbrandrisiko!

5.3 Flussauewald (Kinzig-Murg-Rinne) (833,6 Hektar = 37,1 % Flächenanteil Stadtwald)

5.3.1 **Leitbild**

Laubbaum-Mischbestände mit intensiver Strauchschicht auf unterschiedlichen Boden- und Wasserverhältnissen von extrem (stau-)nass bis trocken. Differenzierung nach der Lage zum Grundwasser. Anteile von Wirtschaftspappeln sind in die Laubbaum-Mischbestände integriert (nicht auf staunassen Böden).

5.3.2 **Ausgangslage**

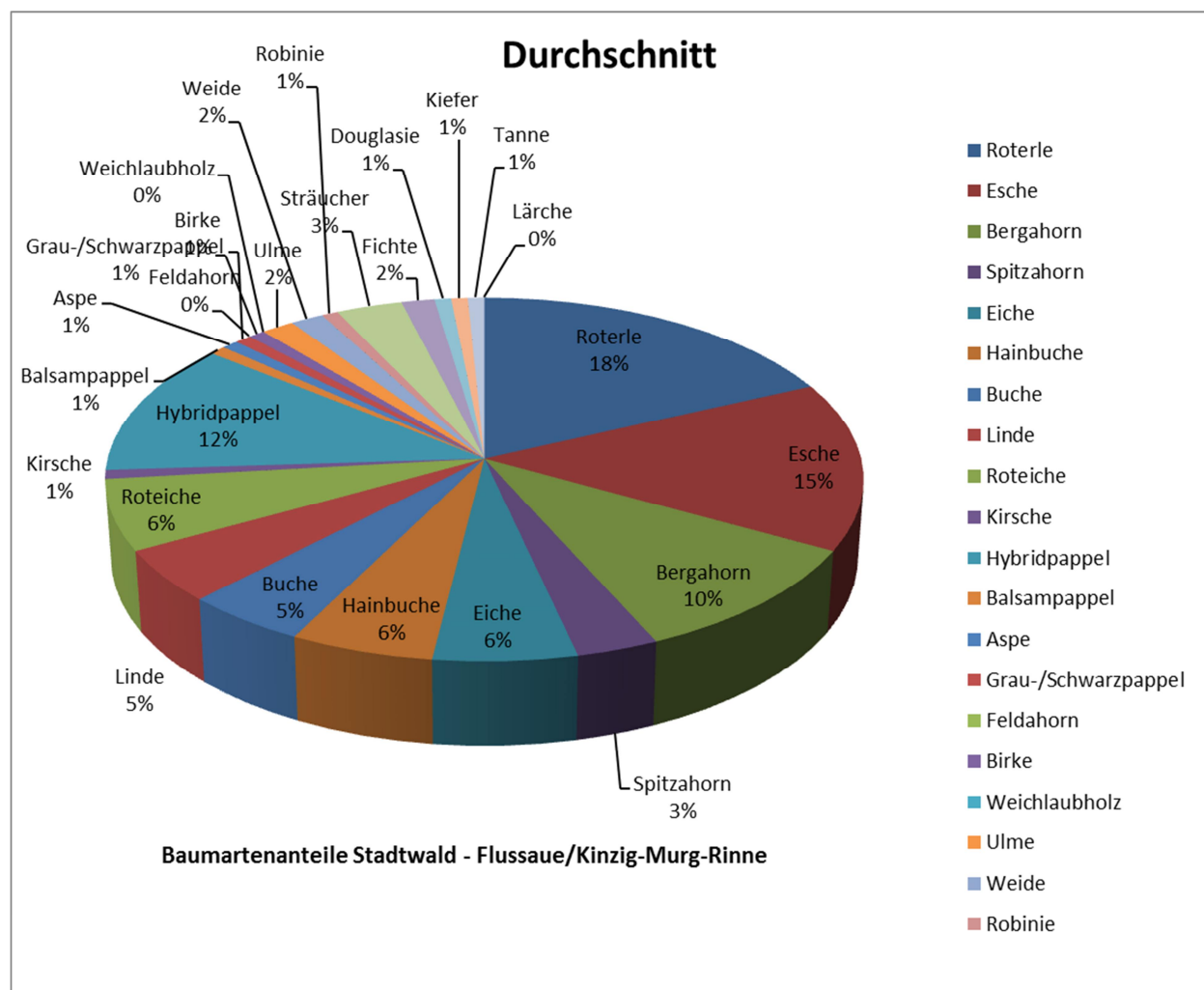
Waldentwicklung: Reine Laubmischwälder bestimmen die Wälder mit Anteilen von Pappel-Flächen aus Nachkriegs-Aufforstungen, teilweise mit zukunftsfähigem Laubbaum Zwischenstand. Ab den 1990-iger Jahren im Zuge der naturnahen Waldwirtschaft auf die Baumart Esche umgewandelte ehemalige Pappel-Reinbestände fallen wegen des Eschentriebsterbens zunehmend aus. Teilweise sind typische Erlenbruchwälder (Waldlebensraumtyp im FFH-Gebiet) mit flächiger, lang anhaltender Überstauung vorhanden. Aktuell besteht hier die höchste Gefährdung der Esche durch das Eschentriebsterben.

Ökologie: Die Wälder besitzen eine sehr hohe Bedeutung für den Natur- und Artenschutz; Leitarten sind der Eichen-Heldbock, Amphibien, Spechte und Fledermäuse. Sie sind als Landschafts-

schutzgebiet, Naturschutzgebiet, Natura 2000-Gebiet ausgewiesen und enthalten viele Waldbiotope. Zahlreiche Biotope sind „aus zweiter Hand“ im Kulturwald entstanden (Seen, Wassergräben, Bombentrichter, ...). Vor allem Bahnlinie und Autobahn führen zu permanenten Problemen und hohen Aufwendungen durch die Verkehrssicherungspflicht!

Der Flussauewald in der Kinzig-Murg-Rinne hat eine sehr hohe Bedeutung für Erholung und Freizeit. Beispiele sind die Wälder im Bereich des Grötzingen Baggersees oder im Oberwald. Standort-Spektrum: ebenso wie in der Rheinaue sind die Standorte sehr kleinflächig differenziert. Im Gegensatz zur Rheinaue befindet sich kein Kalk im Boden, was für höheren Anteil der Baumart Erle in der Flussaue von Bedeutung ist.

5.3.3 Aktuelle Baumarten-Zusammensetzung des Flussauewaldes



5.3.4 Aktuelle und mögliche Betroffenheit durch den Klimawandel

- Zunahme biotischer Schadfaktoren, vor allem Pilzerkrankungen wie Eschentriebsterben, Rußrindenkrankheit beim Ahorn, Phytophthora-Pilz bei der Erle; aber auch Insekten spielen zunehmend eine Rolle (Eschenbastkäfer, Bockkäfer, Prachtkäfer...)
- Absinken der Grundwasser-Stände, Ausbleiben von temporären Überstauungen

- Austrocknungsphasen
- Feinwurzelverluste korrelieren mit dem Kronenzustand und der Vitalität
- Vitalitätsverluste, zum Beispiel bei Eiche mit der Gefahr, dass die Schwächung das Absterben der Bäume beschleunigt
- Fraßgesellschaften verschiedener Insekten bzw. deren Raupen an Eiche führen ebenfalls zur Schwächung der Eichen (Forstspanner, Eichenwickler, Schwammspinner, ...)

5.3.5 Waldbauliche Maßnahmen mit dem Ziel der Risikominimierung im Hinblick auf den Klimawandel und der Erhöhung der Biodiversität

- Kronendach der Bestände soll möglichst geschlossen bleiben
- Baumarten-angepasste, dauerwaldartige, kleinflächige Pflege mit dem Ziel der Förderung zugunsten Vitalität und Stabilität von Einzelbäumen
- Förderung der Eiche durch Pflanzung
- Räumung und Umbau von Flächen mit Eschentriebsterben durch Naturverjüngung und Pflanzung
- Förderung von Mischbaumarten bei allen Waldpflegemaßnahmen
- Erhalt der Wirtschaftspappel, jedoch nicht als Reinbestand (Mischung): siehe FE-Werk, auch in bestimmten Umfang in Naturschutzgebieten aufgrund der Habitatbaumqualitäten
- Erhaltung und Förderung von Erlenbruchwäldern
- Sondermaßnahmen für lichte Wälder sind auf trockenen Standorten möglich, aber sehr aufwändig wegen des Risikos von Neophyten. Die Auswirkungen der starken Einstrahlung für parkartige und lichte Waldstrukturen und der Verlust eines Waldinnenklimas sind kritisch zu prüfen.
- Breites Baumarten-Spektrum in Abhängigkeit von Standort und Wasserverhältnissen, Pflanzung seltener Baumarten mit geringer Konkurrenzkraft; insbesondere Förderung von Stieleichen durch Pflanzung in Trupps oder Gruppen von maximal 0,5 Hektar (Saat zu aufwändig)
- Pappel-Verjüngung durch Umformung auf vorhandene Laubbaumarten wie Linde oder Ahorn oder durch Kahlschläge bis maximal 0,8 Hektar Fläche. Dabei werden Habitatbäume und Habitatbaumgruppen sowie Zwischenstand so weit wie möglich erhalten (zum Beispiel Feldahorn, Hainbuche, Eiche)
- Teilweise Ersatz der Wirtschaftspappel durch Stieleiche, Weide und andere Baumarten, jedoch erfolgt kein grundsätzlicher Verzicht auf den Anbau von Wirtschaftspappeln wegen des hohen CO₂-Speicherpotentials und schneller Verfügbarkeit von Habitatstrukturen. Hinweis: der Anteil der Wirtschaftspappel ist im Stadtwald aufgrund der ökologischen Vorrangfunktion von 18 % im Jahr 1987 auf 5 % im Jahr 2018 zurückgegangen.

- Aktive Förderung von Waldrandstrukturen (Förderung der Biodiversität)

Hinweis: Pflegemaßnahmen sind zeit- und kostenaufwändig durch die intensive und sehr dichte Begleitvegetation.

5.3.6 Künftige Baumarten-Eignung auf Basis IPCC-Szenario RCP 8.5, 2071 – 2100 (Quelle: FVA: Alternative Baumarten im Klimawandel: Artensteckbriefe 2018)

a) Heimische Baumarten:

Als führende Baumarten möglich: Hainbuche, Erle

Als Misch-Baumarten möglich: Stieleiche, Winterlinde, Feldahorn, Kirsche, Elsbeere (und andere Sorbus-Arten), Wildobst, Edelkastanie

b) Nicht-heimische Baumarten mit Anbauerfahrung:

Als führende Baumart möglich: Roteiche (aber: Gefahr Invasivität hoch; keine weitere Pflanzung, Naturverjüngung zulassen, falls notwendig steuernd eingreifen)

Als Misch-Baumarten möglich: Wirtschaftspappel, Schwarznuss, Hybridnuss, Tulpenbaum, Robinie (starke Invasivität: kein aktiver Anbau, aber Übernahme aus NV, falls keine andere Option), Douglasie (geringe Invasivität)

c) Nicht-heimische Baumarten ohne Anbauerfahrung:

Für experimentelle einzelne Testanbauten werden als möglich erachtet: Flaumeiche (*Quercus pubescens*), Platane (*Platanus acerifolia*)

5.4 Bergwald (652,4 Hektar = 29,0 % Flächenanteil Stadtwald)

5.4.1 Leitbild

Strukturreicher Buchen-Dauerwald, in Mischung mit anderen Laubbaumarten und geringen Nadelbaum-Anteilen.

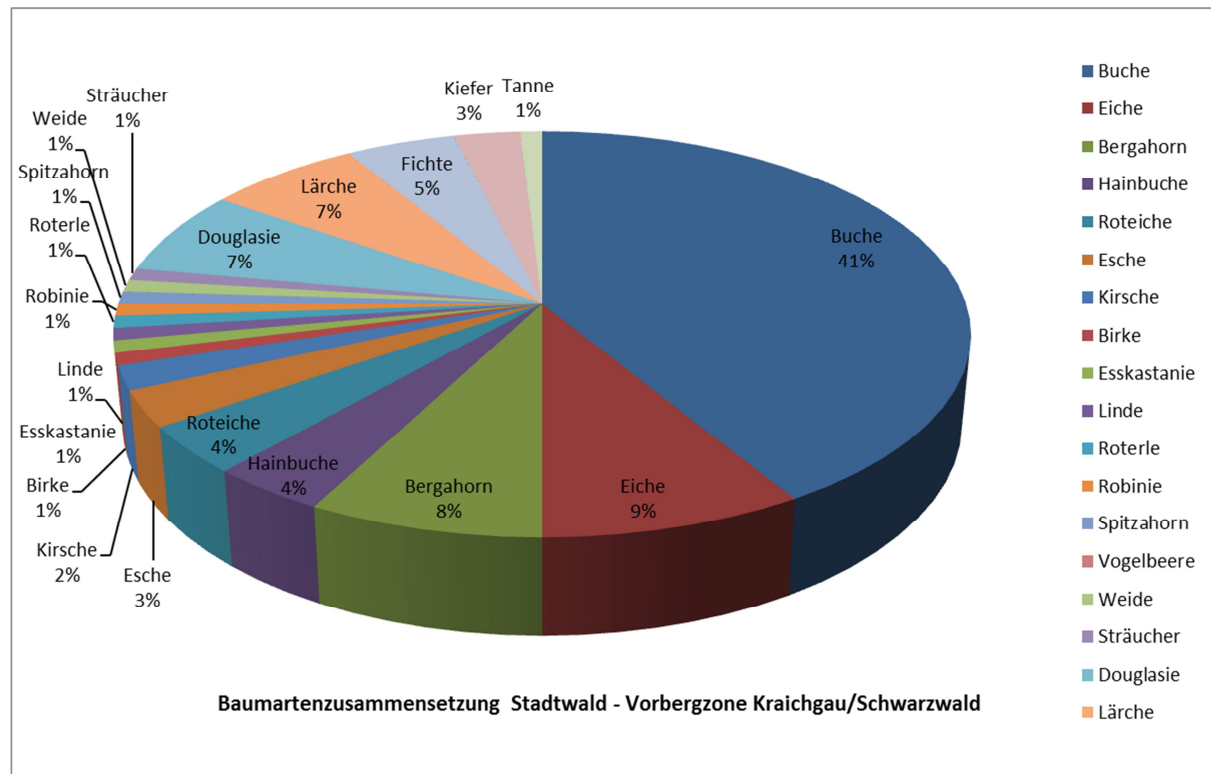
5.4.2 Ausgangslage

Waldentwicklung: Häufig autochthone, naturnahe, überwiegend aus großflächiger Naturverjüngung entstandene Buchen-Wälder mit recht geringen Anteilen an Mischbaumarten aus Pflanzung oder außerhalb des Konkurrenzoptimums der Buche (Frage des Standorts).

Standortspektrum: Meist auf nährstoffreichen, tiefgründigen (Löß-)Lehmböden mit guter Wasserspeicherkapazität, aber auch flachgründige Lagen im Bereich von Kuppen und Bergrücken; dort trockener mit Austrocknungsphasen.

Ökologie: Es handelt sich um sehr naturnahe Wälder mit hoher Biodiversität; Landschaftsschutzgebiet, zahlreiche Waldbiotope; nur geringe Flächenanteile liegen innerhalb der Natura 2000 – Gebietskulisse. Geschützten Leittierarten sind: Eichen-Heldbock, Fledermäuse, Vögel (Schwarzspecht)

5.4.3 Aktuelle Baumarten-Zusammensetzung des Bergwaldes:



5.4.4 Aktuelle und mögliche Betroffenheit durch den Klimawandel

- Ausfall von Fichte, Lärche und Weißtanne, vor allem durch Borkenkäfer und Trockenheit
- Vitalitätsverluste bei der Buche bis hin zum Absterben vor allem auf flachgründigen Böden (Kuppenlagen)
- Vitalitätsverluste bis zum Absterben von Douglasie vor allem auf flachgründigen Böden (Kuppenlagen)
- Vitalitätsverluste bei Eichen (Heldbock-Besiedelung)
- Ausfall von Weißtannen-Naturverjüngung

5.4.5 Waldbauliche Maßnahmen mit dem Ziel der Risikominimierung im Hinblick auf den Klimawandel und der Erhöhung der Biodiversität

- Buchen-dominierte Waldbestände als Dauerwald entwickeln und pflegen
- Geschlossene Bestände möglichst geschlossen halten, Pflege-Eingriffe nur moderat und eher häufiger

- So weit wie möglich Naturverjüngung nutzen, über Pflegeeingriffe werden auch konkurrenzschwächere Mischbaumarten gefördert
- Förderung von Traubeneichen und anderen Misch-Baumarten durch Pflanzung in Trupps oder Gruppen (mindestens 0,2, maximal 0,5 Hektar)
- Einzelbaumvitalität durch Pflegemaßnahmen steigern (große Baumkronen)
- Auf geeigneten Standorten konsequente Förderung konkurrenzschwächerer Baumarten wie Elsbeere, Wildobst, Mehlbeere, Kirsche
- Nadelbaumarten als Mischbaumarten

5.4.6 Künftige Baumarten-Eignung auf Basis IPCC-Szenario RCP 8.5, 2071 – 2100 (Quelle: FVA: Alternative Baumarten im Klimawandel: Artensteckbriefe 2018)

a) Heimische Baumarten:

Als führende Baumart möglich: Buche (laut Klimakarte aber nur noch möglich bis wenig geeignet)

Als Misch-Baumarten möglich: Traubeneiche, Hainbuche, Spitzahorn, Feldahorn, Winterlinde, Kirsche, Elsbeere (und andere Sorbus-Arten), Walnuss, Wildobst, Edelkastanie

b) Nicht-heimische Baumarten mit Anbauerfahrung:

Als führende Baumart möglich: Roteiche (aber: Gefahr Invasivität geringer; Pflanzung, Naturverjüngung zulassen, falls notwendig steuernd eingreifen),

Als Misch-Baumarten möglich: Tulpenbaum, Schwarznuss, Hybridnuss, „Douglasie“ (geringe Invasivität, einzige Nadelbaumart, die gewisse Klimastabilität hat, Anbau weiter kleinflächig in Trupps bis Gruppen, entlang von Wegen), Küstentanne (gering invasiv, kein aktiver Anbau, aber ggf. Übernahme von NV), Mammutbaum (nicht flächig, einzeln aus Landschafts-Gründen), Wegränder

c) Nicht-heimische Baumarten ohne Anbauerfahrung:

Für experimentelle Testanbauten werden als möglich erachtet: Flaumeiche (*Quercus pubescens*), Platane (*Platanus acerifolia*), Atlaszeder (*Cedrus atlantica*), Libanonzeder (*Cedrus libani*)

6 Zu erwartende Auswirkungen der Klimaanpassung des Stadtwaldes der Karlsruhe für die Stadt Karlsruhe als Waldbesitzerin

Die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels und der erforderlichen Waldanpassung werden im Folgenden nur stichpunktartig für die verschiedenen Funktionsbereiche umrissen. Im Vordergrund steht als Ziel die Erhaltung eines Stadtwaldes als wesentlichem Teil der „grünen Stadt“ und als Garant für ein lebenswertes Umfeld. Er soll auch den kommenden Generationen unter dem Einfluss des Klimawandels einen höchstmöglichen Gesamtnutzen bringen und ein „Fenster offen lassen“ für künftige gesellschaftliche Ansprüche an den Wald (umfassende Nachhaltigkeit). Damit wird auch der im Landeswaldgesetz verankerte gesetzliche Auftrag (§ 12) einer nach anerkannten forstlichen Grundsätzen nachhaltigen (§ 13), pfleglichen (§§ 14 – 19), planmäßigen (§ 20) und sachkundigen (§ 21) Bewirtschaftung unter Berücksichtigung der Belange der Umweltvorsorge (§ 22) durch den Waldbesitzer umgesetzt.

Zur Erhaltung und Anpassung des Stadtwaldes an die Herausforderungen des Klimawandels wird die Stadt erhebliche Aufwendungen leisten müssen und es bedarf entsprechender personeller und finanzieller Ressourcen, die höher liegen werden als in der Vergangenheit und derzeit. Die Erträge aus dem Wald (vor allem Holz) werden wie bereits heute die Aufwendungen nicht decken können. Eine positive Verzinsung des Anlagekapitals Wald ist in den kommenden Jahrzehnten nicht zu erwarten. Insofern empfiehlt das Forstamt für die Zukunft die Bewertung der Ökosystemleistungen des Stadtwaldes, um den Gesamtnutzen und die Gemeinwohleffekte des Stadtwaldes für die Karlsruher Bürgerinnen und Bürger noch besser herauszustellen.

6.1 Bereich Ökologie:

- Zunahme der Biodiversität, gegebenenfalls Verschiebung des Artenspektrums
- Zunahme von Sonder- und Extremstandorten
- Einwanderung nicht standortheimischer, möglicherweise invasiver Baumarten
- Ortsweise lichtere Waldstrukturen
- ...

6.2 Bereich soziale Waldfunktionen:

- Diskussion um Priorisierung der Ziele
- Veränderung/Verlust gewohnter Waldbilder
- Diskussion um Art und Weise der Waldbehandlung

- Wald als wichtiger Rückzugsort in heißer werdendem Klima, verstärkte Bedeutung des Waldinnenklimas, lokale Klimaausgleichsfunktion
- Zunehmende Bedeutung für die Gesundheit der Bevölkerung
- Weiter zunehmende Bedeutung als Sport-, Erholungs- und Freizeitraum
- ...

6.3 Bereich Ökonomie:

- Sinkende Ertragsfähigkeit des Waldes
- Sinkendes Holzproduktions-Potential
- Zurückgehende Holzerlöse
- Mehraufwendungen (nur zum sehr geringen Teil über Förderung kompensierbar)
- Hohe Risiken für die Investitionen in Walderhaltung, Waldpflege und Waldanpassung
- Option: In Wert setzen von Ökosystemdienstleistungen
- Verzicht auf Verzinsung des Anlagevermögens Wald
- (Teil-)Finanzierung über „Drittmittel“ (Ausgleichsmaßnahmen, Entwicklungsmaßnahmen...)
- ...

7 Quellen

Forstliche Versuchsanstalt Freiburg (FVA): Alternative Baumarten im Klimawandel Artensteckbriefe – eine Stoffsammlung

www.waldwissen.de

www.wikipedia.de

Schütt, Weisgerber, Schuck, Lang, Stimm, Roloff, 2006: Enzyklopädie der Laubbäume, ecomed Medizin Verlagsgruppe Hütig Jehle Rehm GmbH. Landsberg/Lech

Albrecht, De Avila: Ein Vorschlag zur literaturbasierten Ermittlung möglicher Alternativbaumarten im Klimawandel am Beispiel der Artensteckbriefe in Baden-Württemberg (aus: Allg. Forst- und J.-Ztg., 189. Jg., 7/8)

Gez. Ulrich Kienzler