STRAßENBAUM-ZUSTANDSBERICHT BERLINER INNENSTADT 2020

Ergebnisse der Straßenbaum-Zustandserhebung aus CIR-Luftbildern

LUFTBILD VEGETATION

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz

BERLIN

IMPRESSUM

HERAUSGEBERIN
Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz
Öffentlichkeitsarbeit
Am Köllnischen Park 3, 10179 Berlin
www.berlin.de/sen/uvk

AUFTRAGGEBERIN
Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz
Referat Freiraumplanung und Stadtgrün
Am Köllnischen Park 3, 10179 Berlin

AUFTRAGNEHMER
Büro LUFTBILD+VEGETATION
Markgrafendamm 24 (Haus 16), 10245 Berlin

BEARBEITER
Dr. Michael Fietz
Dr. Heinz Burger

TITELBILD
Maurice Tricatelle - stock.adobe.com

Berlin, September 2021

INHALTSVERZEICHNIS

Impressum **2**

Inhaltsverzeichnis **3**

1 Einleitung **4**

2 Methodik **5**

3 Straßenbaum-Zustand 2020 ..... **8**

4 Straßenbaum-Zustandsentwicklung **10**

5 Interpretation der Ergebnisse **13**

6 Schadensursachen **16**

7 Grafiken **18**

8 Literatur **24**

1 EINLEITUNG

Seitdem Ende der siebziger Jahre massive Tausalzschäden von Straßenbäumen auftraten, befindet sich der Gesundheitszustand der Berliner Straßenbäume verstärkt im Interesse von Öffentlichkeit, Verwaltung und Wissenschaft.

Städtische Straßenbäume sind einem Komplex anthropogener Schadensursachen ausgesetzt, die in verschiedensten Kombinationen und teilweise auch noch unbekannten Wechselwirkungen auftreten. Die ehemals bedeutendste Schadensursache Tausalz ist inzwischen gut erforscht und konnte deutlich reduziert werden, andere Schadfaktoren sind nach wie vor ein großes Problem (zum Beispiel Wurzelaufgrabungen). Auch durch grünpflegerische Maßnahmen werden Baumschäden bekämpft, zum Beispiel durch veränderte Pflanzenauswahl, verbesserte Pflanztechnik und Baumschutzmaßnahmen.

Um die zeitliche Entwicklung des Berliner Straßenbaumzustandes zu verfolgen, den öffentlichen Handlungsbedarf zu begründen und die Auswirkungen von Baumpflege- und -Schutzmaßnahmen zu bewerten, wird im Auftrag der Berliner Senatsverwaltung seit nunmehr über 41 Jahren eine turnusmäßige Straßenbaum-Zustandserfassung in der Berliner Innenstadt durchgeführt.

Diese Zustandserfassung erfolgt stichprobenhaft durch Auswertung von Colorinfrarot(CIR)-Luftbildern; die vorliegende Untersuchung von 2020 ist die neunte dieser Art nach 1979, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 und 2015.

2 METHODIK

ERHEBUNGSVERFAHREN

Das Verfahren der Baumkronen-Zustandsbewertung aus Colorinfrarot-(CIR-)Luftbildern bewertet Reflexionsunterschiede der Baumkronen, die durch Laubschädigungen, Laubverluste und Verzweigungsstörungen hervorgerufen werden. Die im CIR-Luftbild gut erkennbaren Schadenssymptome Blattverluste und Blattverfärbungen werden als Hauptbewertungskriterien verwendet, deren Größe und Verhältnis die Kronenvitalitäts-Stufen bestimmen (KENNEWEG 1979, AFL 1988, RUNKEl & ROLOFF 1985, FIETZ 1992).

Die Luftbildinterpretation des Baumkronenzustandes basiert auf befliegungsparallel erhobenen terrestrischen Zustands- und Schadenssymptom-Daten von Referenzbäumen, an denen die Zustandsbewertung im Luftbild geeicht wird. Die terrestrisch gesammelten Zustandsdaten der Referenzbäume werden mit ihrem Erscheinungsbild im CIR-Luftbild in einem sogenannten „Interpretationsschlüssel“ verknüpft, der dann bei der Zustandsbewertung der Untersuchungsbäume – nach Baumarten getrennt – als Bewertungswerkzeug dient. Der hier zugrunde liegende Interpretationsschlüssel (LUFTBILD+VEGETATION 2020) gilt für die im Hochsommer 2020 aufgenommenen Berliner CIR-Luftbilder und untersucht die häufigsten 14 Straßenbaumarten.

Gegenüber den Schadstufen der Waldschadenserhebung (WSE) bestehen formale und inhaltliche Unterschiede und Übereinstimmungen, ein Vergleich beider Erhebungsmethoden ist aber eingeschränkt möglich. Wichtigste Unterschiede betreffen die Bezeichnung und Anzahl der Zustandsstufen sowie leicht differierende Stufenabgrenzungen (vergleiche Tabelle 1).

Straßenbaum-Kronenvitalitäts-Stufen	Waldbaum-Schadstufen
1: nicht (nennenswert) geschädigt	0: ohne Schadmerkmale
2: leicht oder mittel geschädigt	1: schwach geschädigt
3: schwer geschädigt	2: mittelstark geschädigt
4: extrem geschädigt oder abgängig	3: stark geschädigt
5: tot beziehungsweise ohne jegliches Laub	4: abgestorben

Tabelle 1: Straßenbaum-Kronenvitalitätsstufen im Vergleich mit den Waldschadens-Stufen

Adäquat der WSE erfolgt die Straßenbaum-Zustandserhebung durch Bewertung von Stichproben-Bäumen der Hauptbaumgattungen. Die hier untersuchten Hauptbaumgattungen sind Linde, Ahorn, Rosskastanie und Platane, die zusammen mehr als drei Viertel des Innenstadt-Straßenbaumbestandes bilden; weitere Gattungen konnten aufgrund ihrer geringen Bestandsanteile nicht berücksichtigt werden. Die Stichproben bestehen aus insgesamt 6.009 Einzelbäumen in 180 Stichprobengebieten, welche entsprechend der Straßenbaumdichte über die Berliner Innenstadt verteilt sind.

Als Berliner Innenstadt gilt hier das Gebiet innerhalb des inneren S-Bahn-Ringes, erweitert um die geschlossen bebauten Bereiche der Alt-Bezirke Steglitz, Weißensee, Pankow und den kompletten Alt-Bezirk Wedding. Abbildung 1 zeigt eine Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes mit den 180 Stichprobengebieten sowie beispielhaft einen Luftbildausschnitt eines Stichprobengebietes mit Kronenzustandsstufen.

STATISTISCHE AUSWERTUNG

Von den 6.009 Stichprobenbäumen konnten insgesamt 5.466 Exemplare im Luftbild bewertet werden, die restlichen 543 Exemplare waren nicht im Luftbild bewertbar (zum Beispiel weil sie zum Zeitpunkt der Luftbildaufnahme im Schatten standen oder inzwischen gefällt wurden).

Die bei der Luftbildinterpretation vergebenen Bewertungen wurden für jede Zustandsstufe ausgezählt und mit den entsprechenden Zahlen der Vergleichsuntersuchung (Jahr 2015) verglichen. Die statistische Untersuchung dient dazu, gesicherte Aussagen über den Trend der Kronenvitalitäts-Entwicklung der zu machen, das heißt zufällige Schwankungen von tatsächlichen (signifikanten) Änderungen zu unterscheiden. Dazu wird bei vorgegebener Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzniveau) ein Vertrauensintervall berechnet, innerhalb dessen die Veränderungen als „zufällig“ akzeptiert werden. Liegen die Vergleichsdaten aus der vorangegangenen Erhebung außerhalb dieses Intervalls, so liegt ein signifikanter Trend vor (besser oder schlechter).

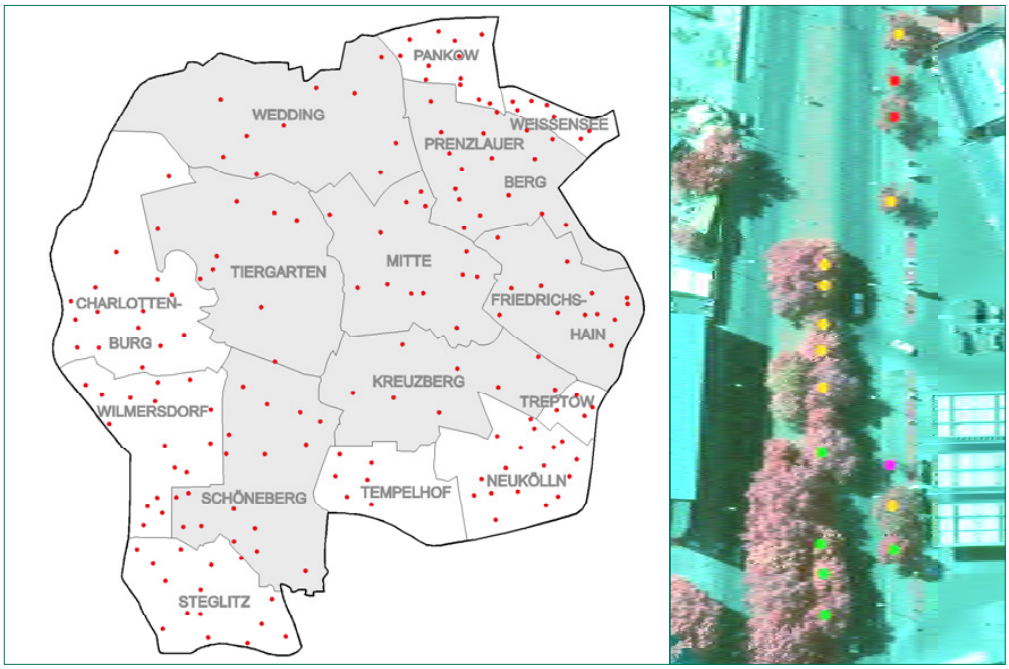

Abbildung 1: Lage und Aufbau der Straßenbaum-Stichproben in der Berliner Innenstadt
links: Untersuchungsgebiet und Lage der Stichproben (grau: Alt-Bezirk vollständig erfasst, weiß: Bezirk nur teilweise erfasst, —— : Grenze des Untersuchungsgebietes, ● : Stichprobengebiete), rechts: beispielhafte Straßenbaum-Stichprobe mit Kronenvitalitäts-Farben (grün = 1, gelb = 2, rot = 3, violett = 4).

Da die hier verwendeten Stichproben(bäume) nicht unabhängig sind (Gruppierung von 8 bis 62 Bäumen in den Testgebieten mit ähnlichen Schadeinflüssen), wird die statistische Unsicherheit (Streuung) größer. Zur Berechnung dieser Streuung wurden sowohl Standard-Statistik-Programme, als auch selbstgeschriebene FORTRAN-Programme verwendet, die die Gruppierung der Bäume in den Testgebieten berücksichtigen (Angabe der mittleren Streuung) und eine differenzierte Auswertung erlauben (Trennung nach Gattungen, Altersgruppen, Bezirken). Aufgrund des teilweise inhomogenen Aufbaus der Testgebiete (mehrere Gattungen in einem TG) erhöht sich die Streuung weiter, so dass gesicherte Trendaussagen nur bei großen Unterschieden der Prozentzahlen für 2015 und 2020 möglich sind (zum Beispiel auf Bezirksebene).

Es wurde angestrebt, den Trend auf dem 5 Prozent Signifikanzniveau zu erfassen. Die Auswertung aller 180 Testgebiete ergibt zum Beispiel für alle ungeschädigten Bäume (Stufe 1) 52,7 Prozent im Jahr 2015 und 43,5 Prozent im Jahr 2020. Die mittlere Streuung beträgt 1,7 Prozent, das heißt es ergibt sich ein (zweiseitiges) Vertrauensintervall von circa +/-2 × 1,7 = 3,4 Prozent um den Wert 52,7 Prozent (2015). Da der Wert 43,5 Prozent (2020) außerhalb dieses Intervalls liegt, liegt mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 Prozent eine **signifikante Verschlechterung der Baumvitalität** insgesamt vor.

Die hier verwendete statistische Methode ist ausführlich beschrieben bei LUFTBILD+VEGETATION und BURGER (1991).

3 STRAßENBAUM-ZUSTAND 2020

Das Gesamtergebnis der Luftbildbewertung aller im Jahr 2020 bewerteten Stichproben-Straßenbäume in der Berliner Innenstadt im Vergleich zu 2015 zeigt Abbildung 2.

Auf Basis dieser Stichproben-Zustandsdaten erfolgte eine statistische Hochrechnung auf den Gesamtbestand aller bis 1990 gepflanzten Straßenbäume der Berliner Innenstadt. Diese Hochrechnung ergibt für 2020 einen Anteil ungeschädigter (bis 1990 gepflanzter) Straßenbäume zwischen 41,8 bis 45,2 Prozent, der Anteil geschädigter Exemplare liegt zwischen 54,8 und 58,2 Prozent. Im Jahr 2020 wiesen also nur 43 von 100 aller über 30 Jahre alten Berliner Innenstadt-Straßenbäume keine (luftbilderkennbaren) Kronenschäden auf.

Abbildung 3 zeigt die **Ergebnisse 2020 der Stichprobenuntersuchung nach Bezirken**/Bezirksteilen: der Anteil der ungeschädigten Straßenbäume (Stufe 1) schwankt bezirksweise zwischen 13 und 57 Prozent. Die Hochrechnung auf den jeweiligen Bezirks-Gesamtbestand aller bis 1990 gepflanzten Straßenbäume ist für einige Altbezirke/Bezirkssteile nur innerhalb größerer Fehlergrenzen möglich (mittlere Standardabweichungen zwischen ± 2,9 und 13 Prozent) aufgrund einer teilweise geringen Stichprobenanzahl in einzelnen Bezirken (beziehungsweise Bezirksteilen). Der Altbezirk Friedrichshain und die Innenstadtbereiche von Pankow und Neukölln zeigen den „gesündesten" Straßenbaumbestand mit mehr ungeschädigten als geschädigten Straßenbäume, der Alt-Bezirk Tempelhof (Innenstadtbereich) weist den höchsten Anteil geschädigter Straßenbäume auf (79 Prozent). Alle anderen untersuchten Bezirke/Bezirksteile bewegen sich im Mittelfeld mit 30 bis 47 Prozent ungeschädigter Exemplare.

Alle hier dargestellten Kronenvitalitäts-Zahlen gelten bei den nur teilweise erfassten Alt-Bezirken generell nicht für die außerhalb des Untersuchungsgebietes gelegenen Bezirksteile, sondern nur für die jeweiligen untersuchten Bereiche (insbesondere die Treptow-Zahlen sind aufgrund des sehr kleinen untersuchten Bereiches und der dort wenigen Stichproben nur bedingt aussagefähig).

Gattung	**Anteil** (aller bewerteten Stichproben)	**Stufe 1** (ungeschädigt)	**Stufe 2 bis 4** (geschädigt)	mittlere **Standard-Abweichung***
	in Prozent			
Linde	56,5	56,1	43,9	±1,7
Ahorn	24,5	29,1	70,9	±2,0
Rosskastanie	5,6	10,9	89,1	±3,2
Platane	13,4	30,0	70,0	±4,1
alle 4 Gattungen	100,0	43,5	56,5	±1,7

Tabelle 2: Ergebnisse der Straßenbaum-Stichprobenbewertung 2020 insgesamt und nach den untersuchten vier Baumgattungen (Anteile der Kronenvitalitäts-Stufen), * = Unsicherheitsbereich der statistischen Hochrechnung auf den Gesamtbestand aller bis 1990 gepflanzten Straßenbäume in der Berliner Innenstadt

Die Ergebnisse der Stichprobenbewertung, insgesamt und unterschieden nach den vier untersuchten Baumgattungen, sind in Tabelle 2 aufgelistet. Danach zeigen Linden die beste Kronenvitalität (etwas mehr als jede zweite ist ungeschädigt), gefolgt mit Abstand von Platanen und Ahornbäumen mit mehr als zwei Drittel geschädigter Exemplare; bei Rosskastanie sind 9 von 10 Exemplaren geschädigt.

Während die in Tabelle 2 und in Abbildung 2 ausgewiesenen Vitalitätszahlen nur die Prozent-Anteile in den Stichproben selbst wiedergeben, stellen alle anderen Abbildungen die statistischen Hochrechnungen auf den Gesamtbestand der Innenstadt-Straßenbäume in einem 95 Prozent Vertrauensintervall dar, das heißt, die dargestellten Unsicherheitsbereiche geben die doppelte Standardabweichung um den Mittelwert wieder. Liegt ein Vergleichswert innerhalb dieses Intervalls, so ist keine (Aussage über eine auf dem 5 Prozent Signifikanzniveau) Zustandsänderung nachweisbar.

Abbildung 5 zeigt den **Kronenzustand 2020 in Abhängigkeit vom Baumalter**. Hier zeigt sich, dass die älteren Bäume einen etwas schlechteren Kronenzustand aufweisen als die mittelalten und jüngeren Exemplare (zwischen diesen beiden gibt es keine signifikanten Kronenvitalitäts-Unterschiede).

Da die Mittelwert-Unsicherheitsbereiche von Pflanzjahresklasse I und II sich nicht mit der von Pflanzjahresklasse III überlappen ist dieses Ergebnis statistisch abgesichert.

In Abbildung 9 sind die **altersabhängigen Zustandsunterschiede 2020** nach Baumgattungen dargestellt:

- Linden-Straßenbäume zeigen deutliche Zustandsunterschiede zwischen jungen und mittelalten/alten Exemplaren mit einer klaren negativen Alterstendenz (je älter, desto geschädigter);
- bei Ahorn-Straßenbäumen ist die mittlere Altersklasse (1945 bis 1974 gepflanzt) gesünder als die jüngeren und älteren Exemplare;
- Rosskastanien zeigen ebenfalls eine negative Alterstendenz, wobei die mittelalten und alten Exemplare keine signifikanten Zustandsunterschiede aufweisen;
- Platanen zeigen keine signifikanten altersabhängigen Kronenvitalitäts-Unterschiede.

4 STRAßENBAUM-ZUSTANDSENTWICKLUNG

Die hier grafisch dargestellten Zeitreihen zeigen die Straßenbaumzustands-Entwicklung über alle oder einzelne der bisherigen Untersuchungs-Jahrgänge; auch hier müssen die jeweils angegebenen Unsicherheitsbereiche der statistischen Hochrechnungen beachtet werden.

Im Vergleich zur **letzten Untersuchung 2015** lassen sich folgende Haupt-Entwicklungen des Straßenbaumbestandes der Berliner Innenstadt feststellen:

1. Der Vergleich der Kronenvitalität der bis 1974 gepflanzten Innenstadt-Straßenbäume **insgesamt** (Abbildung 4) zeigt zwischen 2015 und 2020 einen signifikanten Trend zur Verschlechterung auf dem 5 Prozent-Signifikanzniveau.

2. Die hochgerechneten Straßenbaum-Schadensentwicklung verlief zwischen 2015 und 2020 in allen 15 untersuchten **Bezirken/Bezirksteilen** ähnlich (Abbildungen 6 und 7):
   - in 5 Alt-Bezirken/Bezirksteilen (Prenzlauer Berg, Charlottenburg, Steglitz, Tempelhof, Pankow) ist eine Zustandsverschlechterung statistisch abgesichert;
   - für 10 Bezirke/Bezirksteile sind die Veränderungen statistisch zwar nicht nachweisbar (Mitte, Tiergarten, **Wedding, Friedrichshain, Kreuzberg, Schöneberg, Wilmersdorf, Neukölln, Treptow, Weißensee**), die Mittelwerte der hochgerechneten Schadensanteile zeigen aber bei 6 von ihnen eine zunehmende Tendenz (in **fett**);
   - keiner der untersuchten Bezirke/Bezirksteile weist eine nachweisbare Verbesserung seines Straßenbaum-Zustandes auf.

3. Auch bei den vier untersuchten **Baumgattungen** verlief die Zustandsentwicklung zwischen 2015 und 2020 ähnlich (Abbildungen 8a und 8b):
   - Bei Linden (*Tilia*) ist eine Zustandsveränderung sowohl bei den jüngeren, als auch bei den älteren Exemplaren sichtbar, aber nicht statistisch (auf dem 5 Prozent-Signifikanzniveau) gesichert.
   - Bei Ahorn (*Acer*) stieg bei allen Altersstufen der Anteil geschädigter Exemplare signifikant an.
   - Bei Rosskastanien (*Aesculus*) zeigen die älteren Exemplare eine dramatische, die jüngeren Exemplare eine erhebliche Zustands-Verschlechterung ihrer Kronenvitalität.
   - Bei Platanen (*Platanus*) weisen alle Altersstufen eine etwa gleichgroße deutliche Zustands-Verschlechterung auf.

Über den gesamten Untersuchungszeitraum von 41 Jahren zeigen sich folgende Entwicklungenbei der Hochrechnung auf den älteren (bis 1974 gepflanzten) Straßenbaumbestand der Berliner Innenstadt:

A. ENTWICKLUNG INSGESAMT: Die Entwicklung der Straßenbaum-Kronenvitalität insgesamt verlief zwischen 1979 und 2020 in 4 Phasen jeweils gegenläufiger Tendenz (vergleiche Abbildung 4):

1. **Verbesserung zwischen 1979 und 1985** in der (damals allein untersuchten) West-Berliner Innenstadt;

2. **Verschlechterung zwischen 1985 und 1995** (insgesamt um circa 20 Prozent), die – zwischen 1985 und 1990 – auch auf der Einbeziehung der Ost-Berliner Innenstadt beziehungsweise des dort stärker geschädigten Straßenbaumbestandes beruhte;

3. **Verbesserung zwischen 1995 und 2005** (insgesamt um etwa 14 Prozent) in fast allen Bezirken und den Gattungen Linde, Ahorn und Platane;

4. **Verschlechterung zwischen 2005 und 2020** (insgesamt um etwa 21 Prozent) in allen Bezirken (mit Ausnahme von Neukölln) und allen 4 Baumgattungen, wobei sich die Verschlechterung zwischen 2015 und 2020 beschleunigt hat.

Während die Phase 1 bis 3 jeweils 5 bis 10 Jahre umfassen, hält die 4. Phase der Verschlechterung nun schon seit 15 Jahren an. **Im aktuellen Untersuchungsjahr 2020 sind die Straßenbaumschäden auf ihrem Höchststand seit 41 Jahren angekommen.**

B. BEZIRKLICHE ENTWICKLUNG: Die Verlauf der Straßenbaum-Kronenvitalität in den Bezirken (beziehungsweise Bezirksteilen) soll hier in zwei Zeitschnitten betrachtet werden:

1990 bis 2010: sehr unterschiedliche Entwicklung (noch ältere Untersuchungs-Jahrgänge lassen sich nicht sinnvoll vergleichen aufgrund der damals nicht untersuchten jungen Straßenbäume) (vergleiche Abbildungen 6 und 7):
- nur die Alt-Bezirke Friedrichshain (nicht in jedem Untersuchungsjahr signifikant) und der Bezirksteil Neukölln zeigen seit 1995 eine anhaltende Verbesserungs-Tendenz;
- alle anderen Alt-Bezirke (Bezirksteile) weisen wechselnde Entwicklungs-Tendenzen oder nicht signifikante Veränderungen auf.

2010 bis 2020: Kronenvitalitäts-Verschlechterung auf breiter Front (vergleiche Abbildungen 6 und 7):
- 11 von 15 der untersuchten Alt-Bezirke beziehungsweise Bezirksteile zeigen signifikante Verschlechterungen: Mitte, Wedding, Prenzlauer Berg, Friedrichshain, Schöneberg, Charlottenburg, Wilmersdorf, Steglitz, Tempelhof, Neukölln, Pankow.
- In 4 Alt-Bezirken beziehungsweise Bezirksteilen ist eine Zustands-Verschlechterung zwar sichtbar, aber statistisch nicht abgesichert: Tiergarten, Kreuzberg, Treptow, Weißensee.

C. BAUMGATTUNGEN: Die Kronenvitalitäten der 4 untersuchten Baum-Gattungen zwischen 1979 und 2020 zeigen folgende Entwicklungen (vergleiche Abbildung 8a für ältere Exemplare und Abbildung 8b für jüngere Exemplare):

- **Linden** weisen bis 1990 keine signifikanten Zustandsveränderungen auf, zwischen 1990 und 1995 ist eine deutliche Verschlechterung feststellbar, danach bis 2005 wieder eine signifikante Verbesserung. Zwischen 2005 und 2010 konnten sich nur die älteren Linden verbessern, zwischen 2010 und 2020 ist in allen Altersstufen nur eine leichte Verschlechterung nachweisbar. Für den Zeitraum 2015 bis 2020 liegt die Zustandsverschlechterung knapp unter dem Signifikanz-Niveau.

- **Ahorn** zeigt eine sehr wechselhafte Entwicklung: bei älteren Exemplaren änderte sich bis 2005 die Richtung der Zustandsentwicklung in jedem neuen Untersuchungsjahrgang, ab 2005 gibt es einen deutlichen Trend zur Verschlechterung. Bei den jüngeren Exemplaren gibt es zwischen 1995 und 2005 eine Zustands-Verbesserung, 2015 und 2020 dann eine deutliche Verschlechterung.

- **Rosskastanien** konnten ihre Kronenvitalität zwischen 1979 und 1985 verbessern, bis 1990 stagnierte diese Entwicklung; zwischen 1990 und 2000 erfolgte eine anhaltende Zustandsverschlechterung, 2000 bis 2010 dann ein etwa gleichbleibendes Zustandsniveau (bei jüngeren Exemplaren bis 2015), ab 2015 dann der katastrophale Schadensanstieg in allen Altersklassen.

- **Platanen** zeigen bei älteren Exemplaren zwischen 1979 und 2000 eine durchgehend dramatische Kronenvitalitäts-Verschlechterung: von der „gesündesten“ Straßenbaum-Gattung (nur etwa 6 Prozent geschädigte Exemplare) bis zur am stärksten geschädigten (im Jahr 2000 etwa 77 Prozent geschädigte Exemplare); zwischen 2000 und 2005 fand dann in allen Altersstufen eine (erhebliche) Verbesserung statt, bis 2010 abermals eine Verschlechterung, bis 2015 dann wieder eine Verbesserung (statistisch nur bei jüngeren Exemplaren abgesichert). Zwischen 2015 und 2020 erfolgte wieder eine signifikante Zustands-Verschlechterung.

D. LANGZEITVERGLEICHE: Vergleicht man nicht zwei aufeinander folgende Untersuchungsjahre (zum Beispiel 2015, 2020), sondern zeitlich weiter auseinander liegende (zum Beispiel 2010, 2020), so werden oft signifikante Zustands-Verschlechterungen auch dort sichtbar, wo der Vergleich zweier aufeinander folgender Untersuchungsjahre keine abgesicherten Veränderungen ergab. Dies ist der Fall bei den untersuchten Bezirken/Bezirksteilen (Abbildungen 6 und 7) und Baumgattungen (Abbildungen 8a und 8b). Kleine Veränderungen sind eben über einen längeren Zeitraum besser erkennbar als über einen kurzen; auch berechnen die hier dargestellten statistischen Hochrechnungen immer zwei aufeinanderfolgende Untersuchungsjahre (Vergleich der zweiseitigen Vertrauensintervalle für die jeweiligen Mittelwerte), um auch kleine Veränderungen zu erkennen.

An dieser Stelle ist auch auf den inzwischen auf etwa 7,5 Prozent angewachsenen Anteil gefällter Straßenbäume an den vor 32 Jahren ausgewählten Stichproben (BURGER & FIETZ 1988) hinzuweisen, welche ja **auch** aufgrund von schlechter Vitalität oder Verkehrsunsicherheit gefällt wurden (deshalb wurde die Anzahl der Stichprobenbäume bereits mehrmals erweitert).

Diese gefällten Stichprobenbäume können in den statistischen Hochrechnungen nicht mehr verwendet werden, sie sind jedoch ein Hinweis auf eine eigentlich höhere Schadensrate (die Fällungs-Gründe werden in Berlin zwar amtlich erfasst, ihre Auswertung und Interpretation wäre aber schwierig aufgrund der weniger auf die Kronenvitalität und mehr auf die Standsicherheit ausgerichteten Kriterien sowie die oft jahre- bis jahrzehntelange Zeitspanne, bevor sich Kronenschäden auf die Standsicherheit auswirken).

5 INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Angesichts der oben dargestellten Untersuchungsergebnisse stellt sich die Frage nach den Ursachen für die ermittelten Straßenbaumschäden und ihrer Entwicklung seit 1979. Zur Beantwortung dieser Frage werden nachfolgend die wichtigsten Einflussfaktoren diskutiert.

WITTERUNGSEINFLÜSSE

Eine exakte Kronenzustands-Bewertung von Straßenbäumen ist auf den Höhepunkt der Vegetationsperiode beschränkt, wenn das Laubwerk vollständig entwickelt ist und die Herbstverfärbung noch nicht eingesetzt hat (KENNEWEG 1979). Erscheinungsbild und Kronenzustand städtischer Straßenbäume werden durch den Witterungsverlauf mitbeeinflusst, insbesondere durch Niederschläge (Zeitpunkt und Höhe), Temperaturen und Sonnenscheindauer.

Trocken-heiße Witterung wirkt für Straßenbäume in der Innenstadt stressend, da die dort typischen Standortbedingungen (Versiegelung, Bodensituation, Bodeneingriffe, Kleinklima, Immissionen,...) nicht der natürlichen Anpassung entsprechen. Bei zu spätem Bewertungszeitpunkt (Luftbildaufnahme) verstärken sich die Schadsymptome durch spätsommerliche Trockenheit oder beginnende Herbstfärbung (FIETZ 1992).

Der straßenbaumwirksame Witterungsstress und seine Auswirkungen auf die festgestellte Kronenvitalität können (anhand eines Witterungs-Monitorings) für die neun Untersuchungsjahrgänge wie folgt eingeschätzt werden (LUFTBILD+VEGETATION 2015):

1979

Witterungsverlauf: hohe Niederschläge, geringe Sommertemperaturen, wenig Sonnenschein
Witterungsstress: nicht belastend Auswirkungen: keine

1985

Witterungsverlauf: durchschnittliche Niederschläge und Sommertemperaturen, weniger Sonnenschein
Witterungsstress: mäßig belastend Auswirkungen: leichte Schadensverstärkung

1990

Witterungsverlauf: durchschnittliche Niederschläge, höhere Sommertemperaturen und sehr sonnig
Witterungsstress: mittelhoch, in Ost-Berlin höher (hier Bewertungszeitpunkt zu spät)
Auswirkungen: mittlere Schadensverstärkung, bei Ost-Berliner Linden höher

1995

Witterungsverlauf: bis Juni durchschnittliche Niederschläge, Temperaturen und Sonnenscheindauer, dann 4 Wochen Hitze und Trockenheit bis zum Bewertungszeitpunkt
Witterungsstress: hoch (Trockenstress) Auswirkungen: mittlere Schadensverstärkung

2000

Witterungsverlauf: insgesamt etwas trockener, deutlich wärmer und geringfügig weniger Sonne
Witterungsstress: mäßig belastend Auswirkungen: geringe Schadensverstärkung

2005

Witterungsverlauf: durchschnittliche Niederschläge, etwas höhere Sommertemperaturen und mehr Sonnenschein
Witterungsstress: kaum belastend
Auswirkungen: nur partiell eine geringe Schadensverstärkung (Krimlinden und Robinien)

2010

Witterungsverlauf: durchschnittliche Niederschläge, deutlich höhere Sommertemperaturen und etwas weniger Sonnenschein
Witterungsstress: teilweise hoch (Trockenheitsstress)
Auswirkungen: geringe bis mittlere Schadensverstärkung

2015

Witterungsverlauf: deutlich zu trocken (78 Prozent der normalen Regenmenge von Oktober 2014 bis Juli 2015), deutlich höhere Temperaturen (März bis Juli) und mehr Sonnenschein
Witterungsstress: insgesamt hoch (Trockenheitsstress)
Auswirkungen: mittlere Schadensverstärkung

2020

Witterungsverlauf: deutlich zu trocken (77 Prozent der normalen Regenmenge von November 2019 bis August 2020), deutlich höhere Temperaturen (März bis August) und erheblich mehr Sonnenschein
Witterungsstress: insgesamt hoch (Trockenheitsstress)
Auswirkungen: hohe Schadensverstärkung (3 trocken-heiße Sommer in Folge)

Für die untersuchten Bewertungs-Jahrgänge sind wechselnde Witterungsauswirkungen auf die Kronenvitalität der Berliner Straßenbäume festzustellen. Während die Berliner Innenstadt-Straßenbäume 1990 und 1995 zum Luftbildaufnahmezeitpunkt unter Trockenstress standen, ist für die Sommer 2000 und 2005 kein besonderer Witterungs-Stress zu erkennen. Noch stärker als der Sommer 2010 müssen die Sommer 2015 und 2020 als stressend für die Berliner Innenstadt-Straßenbäume angesehen werden.

BESONDERER SCHÄDLINGSBEFALL

Spinnmilbenbefall führte in zwei der neun Untersuchungs-Jahrgänge bei Sommerlinden (*Tilia platyphyllos*) zu erheblichen Kronenschäden (1990, 2000). Der Einfluss auf die Schadensrate der Gattung Linde insgesamt war trotzdem sehr gering, da fast ausschließlich Sommerlinden befallen werden, die nur einen geringen Anteil aller Stichproben-Linden ausmachen. Inzwischen konnte 2020 auch bei *Tilia x flaccida* Spinnmilben-Befall beobachtet werden, der allerdings keinen nennenswerten Einfluss auf die luftbildgestützte Kronenvitalitäts-Bewertung hatte, da sich die sichtbaren Befallssymptome auf die (im Luftbild nicht sichtbare) Kronenbasis beschränkten.

Bei Platanen sorgt eine neue Infektionswelle der sogenannte „Blattnervenkrankheit“ (Anthraknose) seit 1985 für einen dramatischen Anstieg der Kronenschäden. Diese durch feuchte Frühjahr-Witterung begünstigte Pilzerkrankung verursacht partielle braune Blattverfärbungen und Laubabwurf als akute Schadsymptome, die (bei Vorschädigungen) auch zum Absterben des Baumes führen können. Das chronische Folgeschadensbild (verringerte Blattgröße und Blattmasse) sorgte auch nach dem Befallshöhepunkt 1994 (laut Pflanzenschutzamt) noch für ansteigende Schadensraten bei Platanen (Abbildung 8a), welche sich allerdings zwischen 2000 und 2005 wieder reduzierten. Wie die hier dargestellten Untersuchungsergebnisse zeigen, verschlechterte sich die Kronenvitalität der Platanen bis 2020 wieder. Inwieweit an dieser aktuellen Entwicklung verstärkter Schaderreger-Befall beteiligt ist kann hier nicht beurteilt werden.

Als neue Erscheinung kann seit Ende der 1990er-Jahre ein zunehmender Befall von Rosskastanien (*Aesculus hippocastanum*) mit der Kastanienminiermotte (*Cameraria ohridella*) in Berlin festgestellt werden. Ihr Fraß hinterlässt auf den Blättern helle, durchscheinende „Minen", die später austrocknen und sich braun färben. Bei hohem Befallsdruck verfärbt sich ein großer Teil der Blattmasse gelbbraun, auch frühzeitiger Laubfall tritt ein. Die bereits für den Zeitraum 1990 bis 2000 beobachtete Kronenzustands-Verschlechterung für die Vorkriegs-Rosskastanien hatte sich bis 2015 nicht fortgesetzt. Zwischen 2015 und 2020 ist in wieder eine dramatische Zustandsverschlechterung festzustellen, bei jüngeren Exemplaren immer noch erheblich. Diese Entwicklung ist sicherlich auf das durch die 3 trockenwarmen Sommer in Folge verstärkte Auftreten der Kastanienminiermotte zurückzuführen.

Als weitere biotische Schadeinflüsse auf Blätter von Berliner Innenstadt-Straßenbäumen konnten 2020 Mehltaubefall (bei A*cer platanoides*), punktförmiger Pilzbefall (bei *Tilia x vulgaris*) und wahrscheinlich Eichenmehltau (bei *Quercus robur*) festgestellt werden; die dadurch verursachten Laubschäden sind aber in der Regel nicht luftbilderkennbar und beeinflussten die Kronenzustands-Bewertungen daher auch nicht.

Zusammenfassend lässt sich feststellen:

- Die hier für 2020 festgestellte Verschlechterung des Straßenbaum-Zustandes in der Berliner Innenstadt ist sicherlich zu einem Teil durch den zu trocken-heißen Witterungsverlauf 2018 bis 2020 verursacht.

- Die seit Ende der 1980er-Jahre deutlich gestiegenen biotisch verursachten Straßenbaumschäden stagnierten zwar zwischen 2000 und 2015 auf ähnlichem Niveau (besonders bei Platanen und Rosskastanien), sind aber seit 2015 wieder auf dem Vormarsch mit deutlichen negativen Folgen für die Berliner Straßenbäume.

- Die Linden als häufigste Gattung der Berliner Innenstadt-Straßenbäume zeigen nicht nur den vergleichsweise gesündesten Kronenzustand, auch ihre Zustands-Verschlechterung fällt in den letzten 15 Jahren am Geringsten aus.

- Während bei Linden, Rosskastanien und Platanen eine deutliche altersabhängige Kronenschadens-Zunahme besteht (je älter, desto geschädigte), zeigen Ahorn-Bäume in den letzten 5 Jahren eine etwas stärker ansteigende Kronenzustands-Verschlechterung bei jüngeren Exemplaren.

6 SCHADENSURSACHEN

Die Ursachen von Straßenbaumschäden sind weder im Luftbild, noch durch die hier angewendete statistische Untersuchungsmethode ansprechbar. Über den baumschädlichen Standort „Stadtstraße“ ist bereits viel geforscht und geschrieben worden, der Komplex verschiedenster Stressfaktoren macht aber die Ursachenfeststellung Vor-Ort-Analysen meist unmöglich.

Die Zustandsuntersuchung 2020 bestätigt sowohl die bereits früher festgestellte starke Streuung der Ergebnisse (große Zustandsunterschiede), als auch die hohe Schadens-Mobilität der Straßenbäume. Diese gegenläufigen Zustands-Bewegungen lassen darauf schließen, dass die städtischen Schadensursachen nicht nur standörtlich, sondern auch zeitlich stark variabel sind: Hoch belastete und gering belastete Baumstandorte liegen dicht nebeneinander, Baum schädigende Einflüsse verändern sich rasch (zum Beispiel Haupt-/Nebenstraßen, Gasleckagen, Aufgrabungen, Verkehrsunfälle mit Baumbeschädigung und anderes mehr).

Nach Untersuchungen anderer Stellen (zum Beispiel Pflanzenschutzamt, Biologische Bundesanstalt) dürfte sich die schädigende Ursachenmischung allgemein aus den Hauptfaktoren Bauarbeiten, Verkehrsunfälle, Hunde-Urin, Tausalz, Pflanzfehler, Bodenversiegelung, Gasrohr-Leckagen, Bodenverdichtung und Stadtklima zusammensetzen. Vor allem Bauarbeiten (und Verkehr) haben seit 1990 nachweisbar stark zugenommen, wogegen Gasrohr-Leckagen im letzten Jahrzehnt abgenommen haben (das Berliner Gasleitungsnetz ist weitgehend saniert).

Die seit 1990 anwachsende Verkehrsdichte in Berlin bewirkt steigende Verkehrsunfall-Zahlen auch mit Baumkollisionen. Verkehrsunfälle mit „Baumbeteiligung“ verlaufen für die Bäume zunächst nur selten tödlich (und tauchen daher in den Fällungsursachen-Statistiken nur teilweise auf), meist werden unauffällige Folgeschäden (zum Beispiel Pilzbefall) ausgelöst, die erst später – unter Umständen nach vielen Jahren – zu Kronenschäden oder zum Abgang führen. Die anhaltend hohe Zahl von Baumfällungen zeigt, dass Kronenschäden auch langfristig zu Verkehrsunsicherheit führen und damit zur Entfernung dieser Exemplare aus dem Straßenbaumbestand.

Selbst das Tausalz ist trotz der (1982 in West-Berlin, 1990 in Ost-Berlin vorgenommenen) Einsatzreduzierung immer noch ein Schadfaktor für die Straßenbäume der Berliner Innenstadt. Zwar wird nur bei bestimmten Wetterlagen das weniger baumschädliche Feuchtsalz ausgebracht (Notsalzpläne), doch ist in den letzten Jahren eine zunehmend häufigere und mengenmäßig höhere Tausalzausbringung zu beobachten. Der lange und schneereiche Winter 2009/10 mit fast drei Monaten geschlossener Schneedecke dürfte in dieser Beziehung den vorläufigen Höhepunkt darstellen, wie die von der Stadtreinigung ausgebrachten Tausalzmengen belegen. Auch von privater Seite wird auf Gehwegen wieder vermehrt Tausalz verwendet, obwohl ein Einsatzverbot besteht (aber immer noch kein Verkaufsverbot). Als Folge wurden in den letzten Jahren wieder vermehrt tausalzbedingte Blattschadens-Symptome beobachtet.

Aus den hier dargestellten Untersuchungs-Ergebnissen lassen sich zwar keine Hinweise auf Veränderungen einzelner Baumschadens-Ursachen gewinnen (mit Ausnahme der biotischen Schadenseinflüsse bei Rosskastanie und Platane sowie des oben genannten witterungsbedingten Stresses), eine Schlussfolgerung ist allerdings trotzdem möglich und sinnvoll: die hier zwischen 2015 und 2020 festgestellte deutliche Verschlechterung des Kronenzustandes der Berliner Innenstadt-Straßenbäume zeigt, dass die Summe aller einwirkenden Schadensursachen seit 2015 weiterhin zugenommen hat (wie auch schon im Zeitraum 2005 bis 2015).

FAZIT: Unter Betrachtung der hier seit 41 Jahren verfolgten wechselhaften Zustands-Entwicklung des Berliner Innenstadt-Straßenbaumbestandes stellt sich die Frage, wie sich die seit 15 Jahren zu beobachtende Zustands-Verschlechterung aufhalten ließe, ob dafür ein „nachpflanzen so viel wie möglich“ ausreicht oder ob dafür nicht neue Stradtbaum-Konzepte entwickelt werden müssten, zum Beispiel mit stadtfesten Baumarten, mehr Platz und Schutz im Straßenraum, integrierten Bewässerungseinrichtungen und anderes mehr.

7 GRAFIKEN

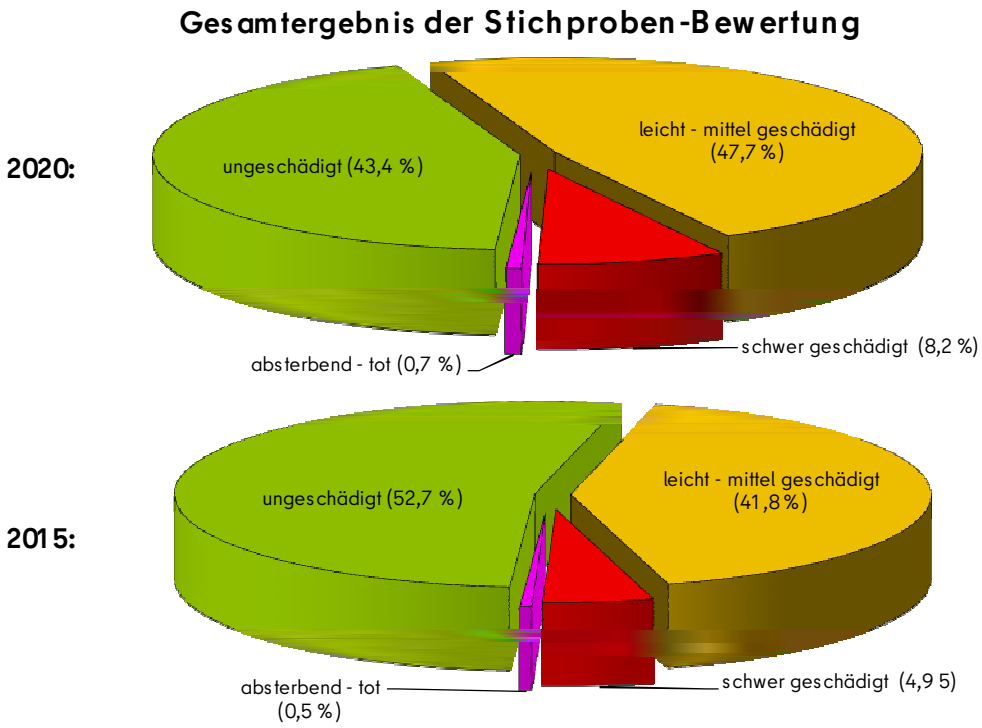

Abbildung 2: Gesamtergebnis der Luftbildauswertung der Straßenbaum-Stichproben Berliner Innenstadt 2020 (oben) und 2015 (unten) in Prozent aller bewerteten Stichprobenbäume

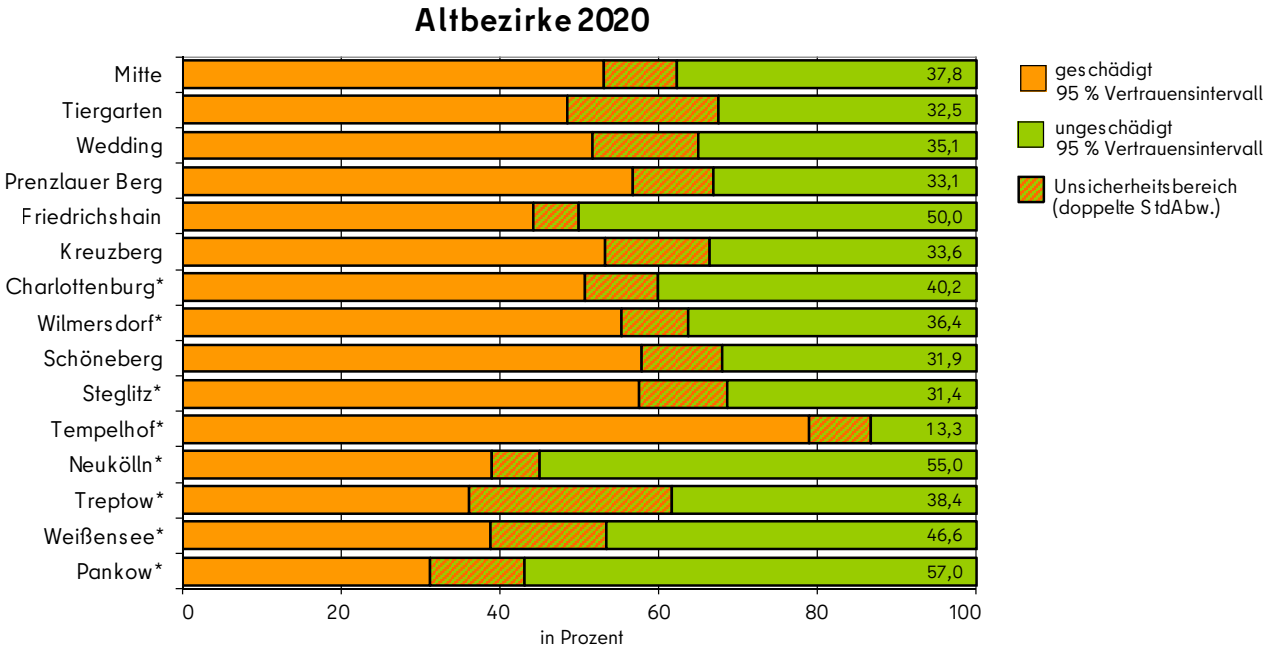

Abbildung 3: Straßenbaumschäden in der Berliner Innenstadt 2020 nach Bezirksteilen (*= Altbezirk nur teilweise erfasst), Ergebnisse der Stichproben-Hochrechnung auf den Gesamtbestand aller bis 1990 gepflanzten Straßenbäume der Alt-Bezirke/Bezirksteile in Prozent
Unsicherheitsbereich: Zustandsunterschiede sind auf dem 5 Prozent Signifikanzniveau gesichert, wenn sich die schraffierten Bereiche nicht überschneiden (genaueres siehe Text).

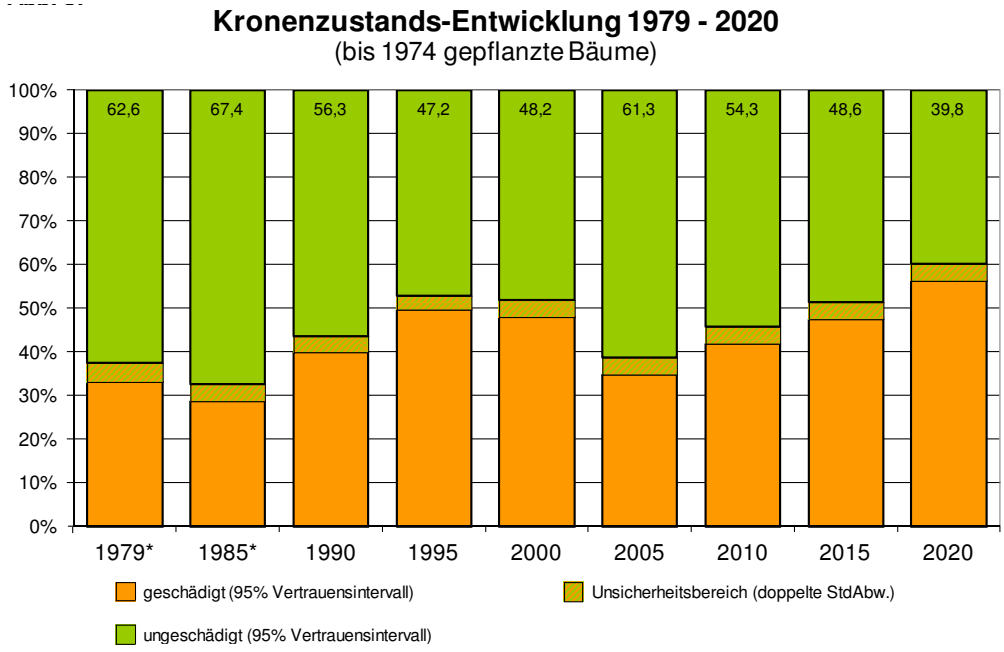

Abbildung 4: Straßenbaum-Schadensentwicklung in der Berliner Innenstadt 1979 bis 2020 (*= 1979 und 1985 nur West-Berliner Innenstadt), Ergebnisse der Stichproben-Hochrechnung auf den Straßenbaumbestand der Pflanzjahresklassen II und III (bis 1974 gepflanzt)
Unsicherheitsbereich: Zustandsunterschiede sind auf dem 5 Prozent Signifikanzniveau gesichert, wenn sich die schraffierten Bereiche nicht überschneiden (genaueres siehe Text).

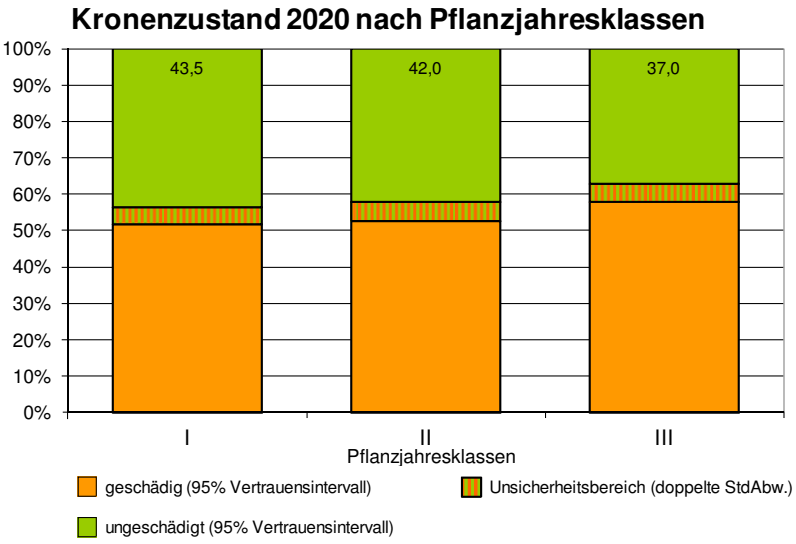

Abbildung 5: Straßenbaum-Kronenzustand 2020 in der Berliner Innenstadt nach Pflanzjahresklassen (I = 1990 bis 1975 gepflanzt, II = 1974 bis 1945 gepflanzt, III = vor 1945 gepflanzt); Ergebnisse der Stichproben-Hochrechnung auf diesen Straßenbaumbestand
Unsicherheitsbereich: Zustandsunterschiede sind auf dem 5 Prozent Signifikanzniveau gesichert, wenn sich die schraffierten Bereiche nicht überschneiden (genaueres siehe Text).

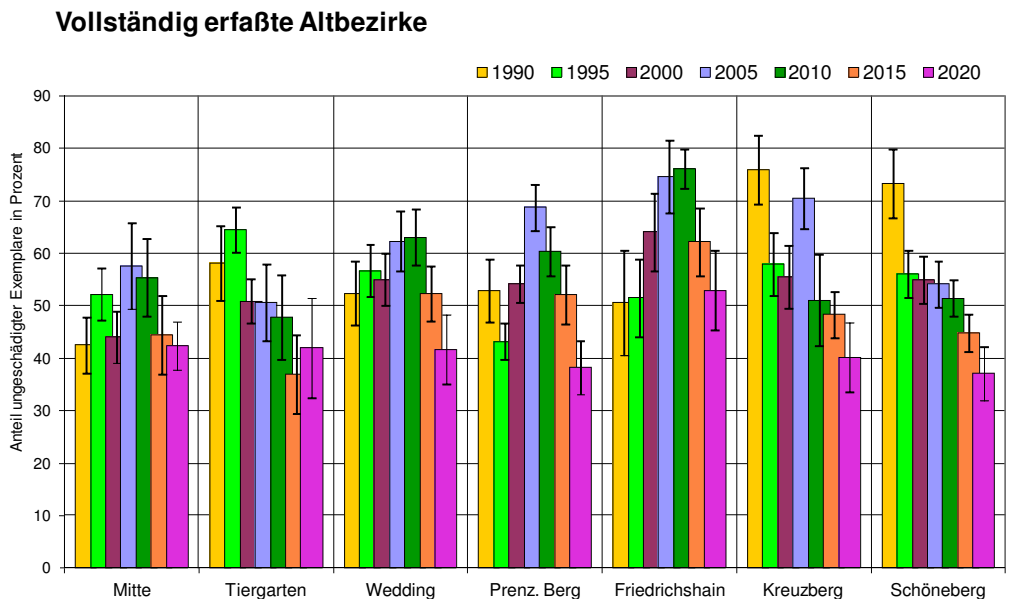

Abbildung 6: Straßenbaum-Vitalitätsentwicklung 1990 bis 2020 der 7 vollständig erfassten Innenstadt-Altbezirke, hochgerechnete Anteile ungeschädigter Exemplare (Stufe 1) am Straßenbaumbestand (bis 1990 gepflanzt) mit Angabe der statistischen Unsicherheitsbereiche (+/- StdAbw.)

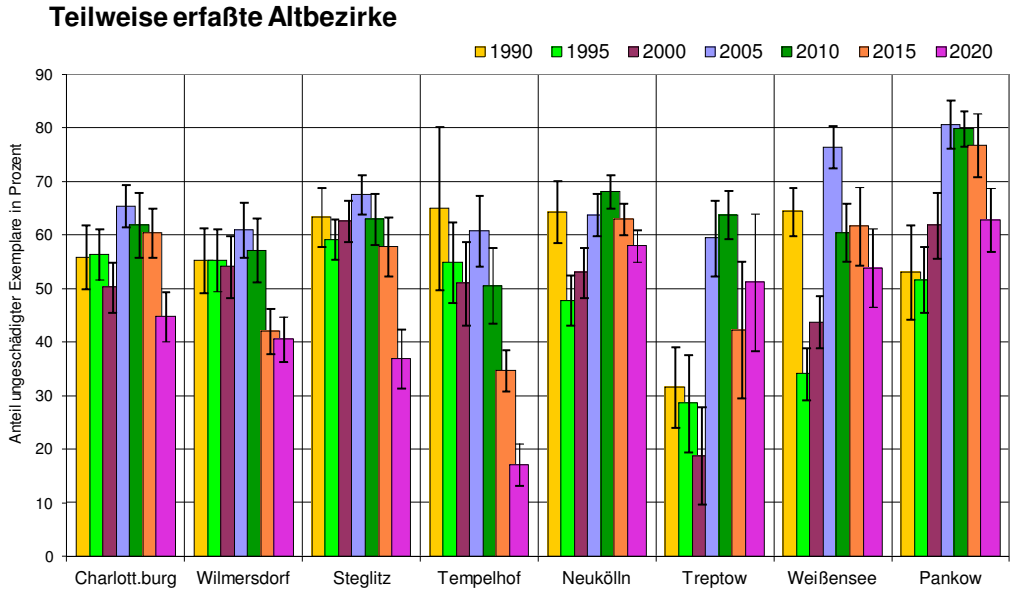

Abbildung 7: Straßenbaum-Vitalitätsentwicklung 1990 bis 2020 der 8 nur teilweise erfassten Innenstadt-Altbezirke, hochgerechnete Anteile ungeschädigter Exemplare (Stufe 1) am Straßenbaumbestand (bis 1990 gepflanzt) mit Angabe der statistischen Unsicherheitsbereiche (+/- StdAbw.)

Kronenschadensentwicklung älterer Straßenbäume nach Gattungen
(bis 1974 gepflanzte Bäume)

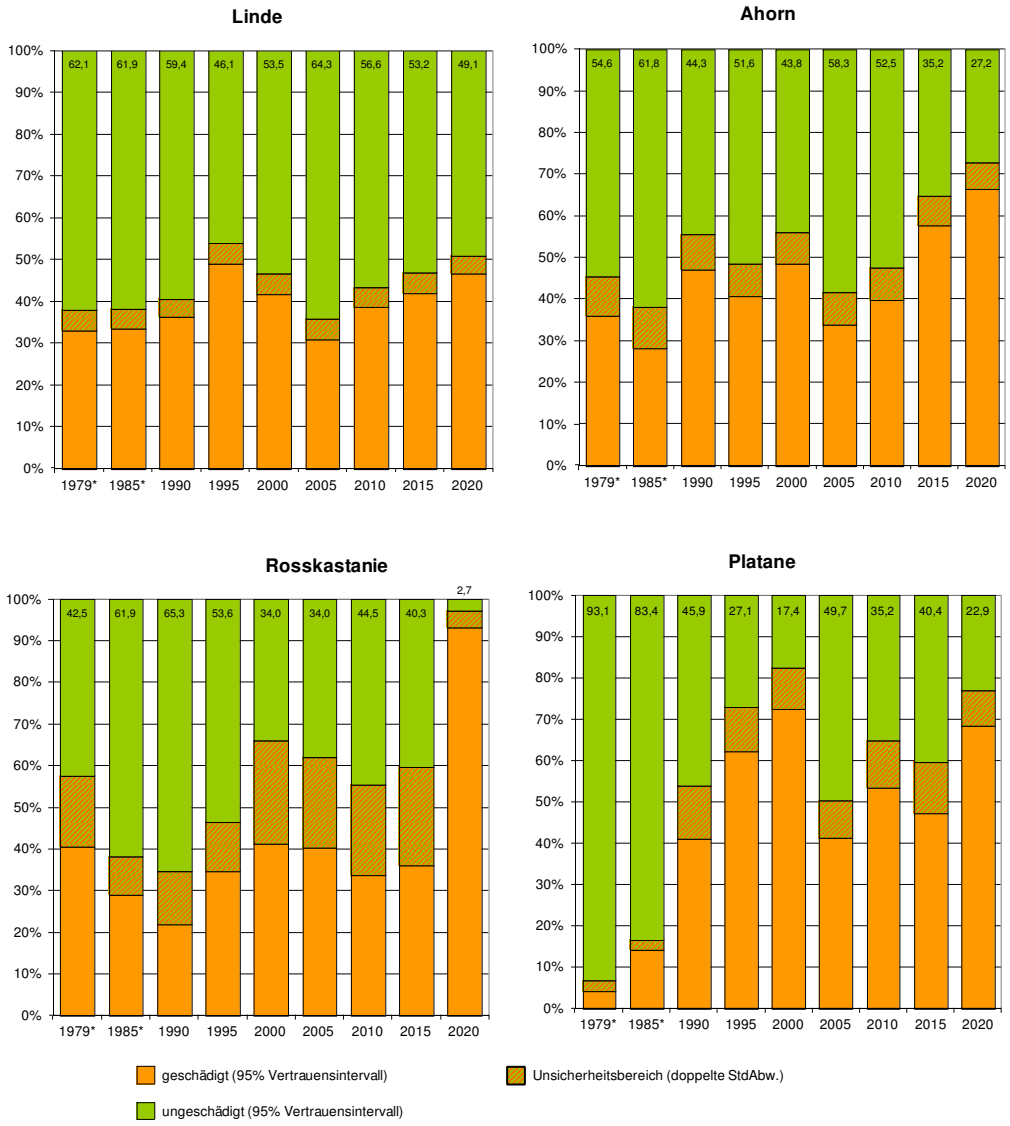

Abbildung 8a: Schadensentwicklung der älteren Straßenbäume in der Berliner Innenstadt 1979 bis 2020 nach Baumgattungen (*= 1979 und 1985 nur West-Berliner Innenstadt), Ergebnisse der Stichproben-Hochrechnung auf den Straßenbaumbestand der Pflanzjahresklassen II und III
Unsicherheitsbereich: Zustandsunterschiede sind auf dem 5 Prozent Signifikanzniveau gesichert, wenn sich die schraffierten Bereiche nicht überschneiden (genaueres siehe Text).

Kronenschadensentwicklung jüngerer Straßenbäume nach Gattungen
(1975 - 1990 gepflanzte Bäume)

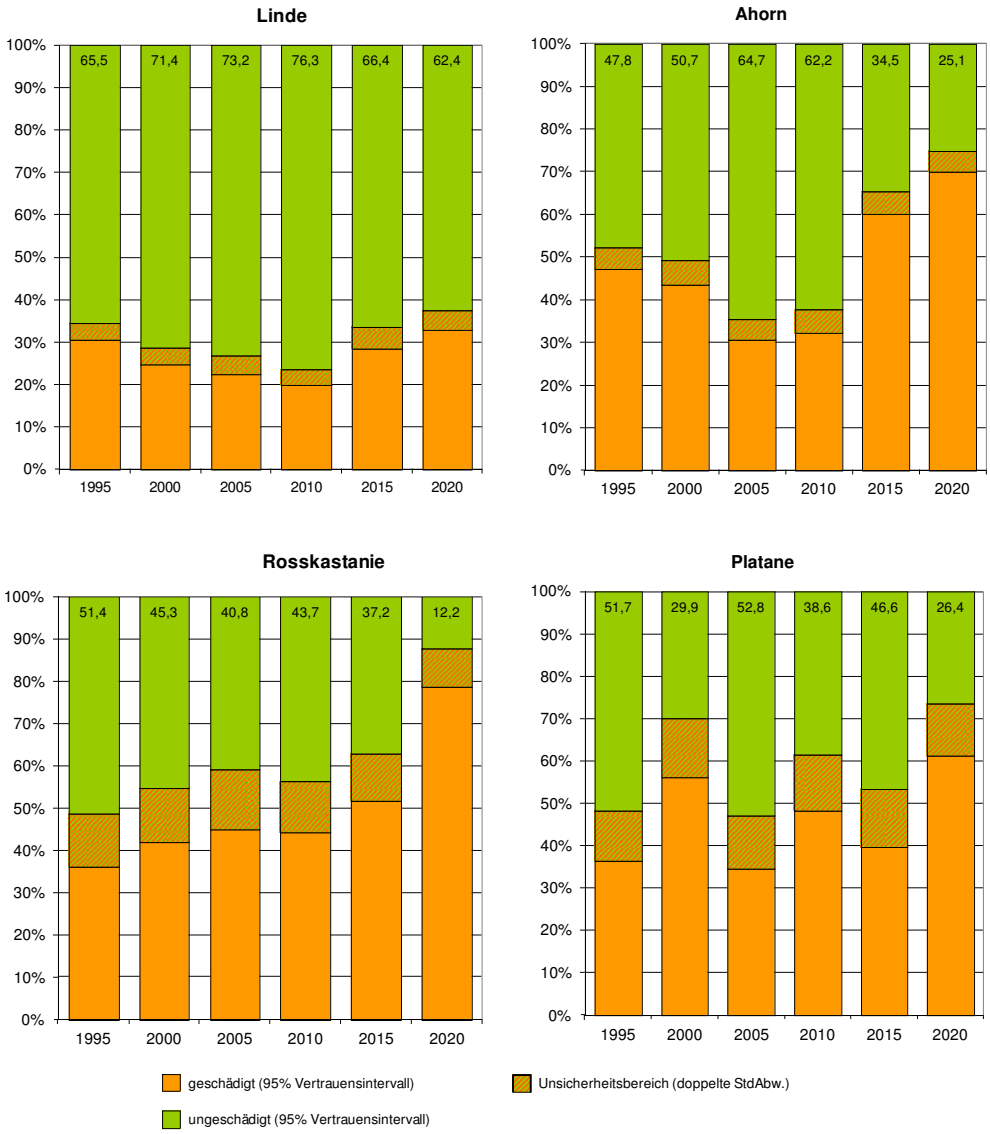

Abbildung 8b: Schadensentwicklung der jüngeren Straßenbäume in der Berliner Innenstadt 1995 bis 2020 nach Baumgattungen, Ergebnisse der Stichproben-Hochrechnung auf den Straßenbaumbestand der Pflanzjahresklasse I
Unsicherheitsbereich: Zustandsunterschiede sind auf dem 5 Prozent Signifikanzniveau gesichert, wenn sich die schraffierten Bereiche nicht überschneiden (genaueres siehe Text).

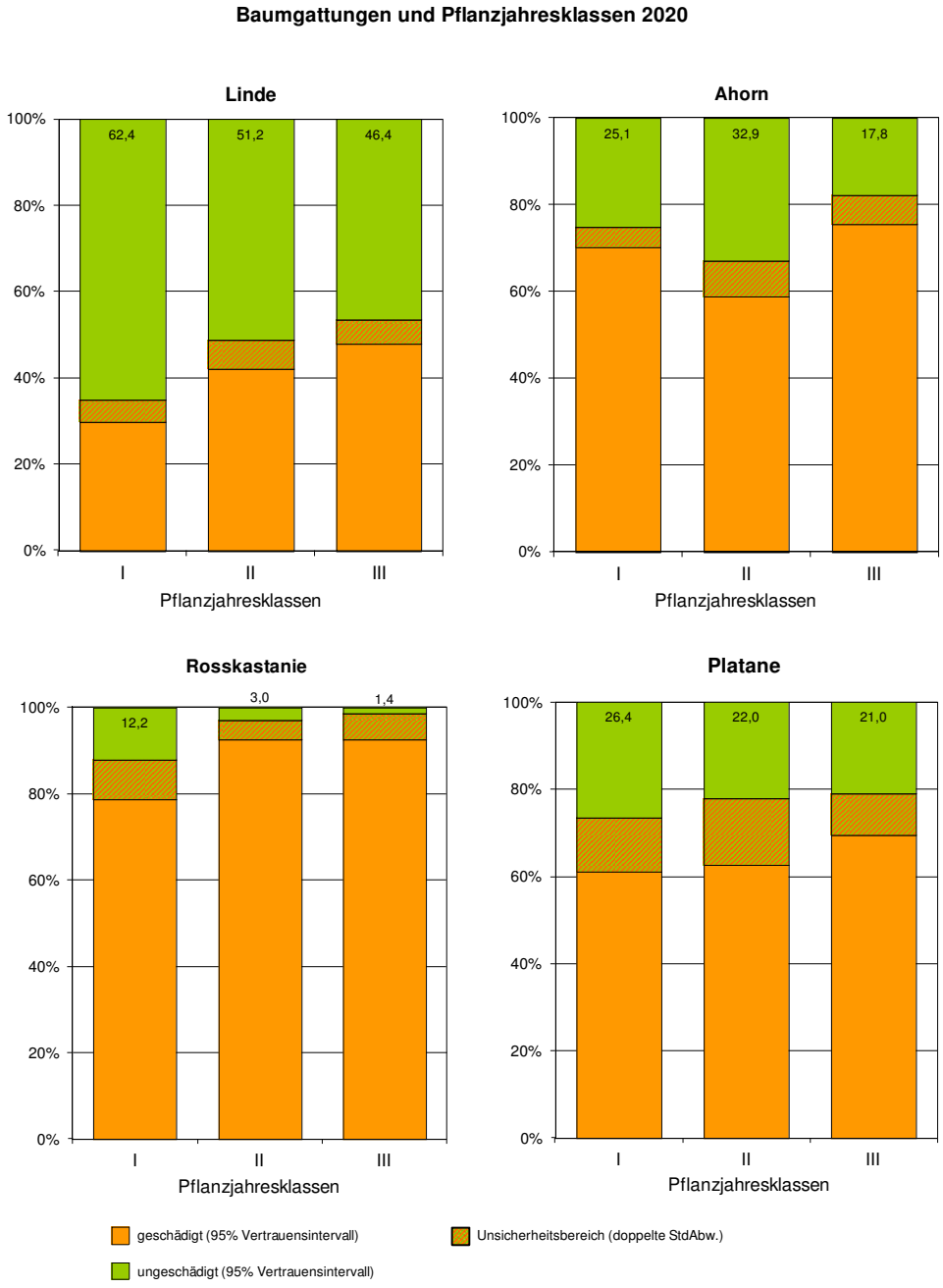

Abbildung 9: Straßenbaum-Kronenvitalität 2020 in der Berliner Innenstadt nach Hauptgattungen und Pflanzjahresklassen (I = 1990 bis 1975 gepflanzt, II = 1974 bis 1945 gepflanzt, III = vor 1945 gepflanzt), Ergebnisse der Stichproben-Hochrechnung auf diesen Straßenbaumbestand
Unsicherheitsbereich: Zustandsunterschiede sind auf dem 5 Prozent Signifikanzniveau gesichert, wenn sich die schraffierten Bereiche nicht überschneiden (genaueres siehe Text).

8 LITERATUR

AFL (Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten, Hrsg.) (1988): Auswertung von Color-Infrarot-Luftbildern - Praktische Anleitung zur Kronenzustandserfassung durch visuelle Interpretation von Einzelbäumen. - 32 S., Selbstverlag der AFL.

BURGER, H., FIETZ, M., POHLMANN, J., TEMPLINER-POHLMANN, A., LINNE, D., MUNIER, Ch., PREUSCHOFF, Ch., DIETZ, A., (1988): Studie über ein neues Konzept der Strassenbaum-Überwachung für die Berliner Innenstadt auf der Grundlage repräsentativer Luftbild-Auswertung. - Unveröff. Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung u. Umweltschutz, Abt. III, erstellt am Institut für Angewandte Geologie - Fernerkundung - der FU Berlin, 255 S.

BURGER, H., FIETZ, M. (2012): Global Estimates of Clustered Samples. - Z. geol. Wiss., Berlin 340 (2012) 6: 381 - 391, 6 Abb., 5 Tab.

BURGER, H., FIETZ, M. (2008): Straßenbaum-Kronenvitalität in der Berliner Innenstadt - Ergebnisse einer Langzeit-Untersuchung mittels CIR-Luftbildauswertung und statistischer Analysen. Stadt+Grün 3/2008: 55 - 60, 9 Abb. Patzer Verlag GmbH & Co.KG Berlin - Hannover.

BURGER, H., FIETZ, M. (2007): Straßenbaum-Zustandsbericht Berliner Innenstadt 2005 - Ergebnisse der StraßenbaumZustandserhebung aus CIR-Luftbildern. Unveröff. Gutachten, erstellt im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 18 S.

BURGER, H., FIETZ, M. (2011): Straßenbaum-Zustandsbericht Berliner Innenstadt 2010 - Ergebnisse der StraßenbaumZustandserhebung aus CIR-Luftbildern. Unveröff. Gutachten, erstellt im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 17 S.

BURGER, H., FIETZ, M. (2016): Straßenbaum-Zustandsbericht Berliner Innenstadt 2015 - Ergebnisse der StraßenbaumZustandserhebung aus CIR-Luftbildern. Unveröff. Gutachten, erstellt im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 17 S.

FIETZ, M. (1992): Art- und schadensbedingtes Abbildungsverhalten von Berliner Straßenbäumen auf Colorinfrarot-Luftbildern. - Dissertation, Berl. Geowis. Abh., D 2, ISBN 3-927541-52-4, Selbstverlag Fachbereich Geowissenschaften, FU Berlin, 215 S.

KENNEWEG, H. (1979): Luftbildauswertung von Stadtbaumbeständen - Möglichkeiten und Grenzen. - Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges., 71, S. 159 - 192.

LUFTBILD+VEGETATION, BURGER, H. (1991): Gutachten über die Auswahl und Luftbildinterpretation von Straßenbaum-Stichproben in der Berliner Innenstadt. 2 Bände. Unveröffentl. Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Abt. III. 270 S.

LUFTBILD+VEGETATION (2015): Interpretationsschlüssel zur Baumkronen-Vitalitätsbewertung mit Colorinfrarot-Luftbildern für Berlin 2015. - 65 S.; unveröff. Gutachten, erstellt im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, Abt. III.

LUFTBILD+VEGETATION (2020): Interpretationsschlüssel zur Baumkronen-Vitalitätsbewertung mit Colorinfrarot-Luftbildern für Berlin 2020. - 66 S.; unveröff. Gutachten, erstellt im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz.

ROLOFF, A. (1989): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. - Schriften aus der Forstl. Fak. der Univ. Göttingen u.d. Niedersächsischen Forstl. Versuchsanstalt, 93, 258 S., J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/Main.

RUNKEL, M. & ROLOFF, A. (1985): Schadstufen der Buche im Infrarot-Farbluftbild. - AFZ, 30/31/32, S. 789 - 792, BLV-Verlag, München.

Senatsverwaltung
für Umwelt, Verkehr
und Klimaschutz

BERLIN

Öffentlichkeitsarbeit
Am Köllnischen Park 3
10179 Berlin

www.berlin.de/sen/uvk

twitter.com/senuvkberlin

instagram.com/senuvkberlin

Berlin, 09/2021