Ergebnisse des ersten Online-Foto-Vergleichstests 2023 im Rahmen der Qualitätssicherung zur Waldzustandserhebung in Deutschland

Stefan Meining, Nikolai Knapp, Judith Bielefeldt, Petra Dühnelt, Nicole Wellbrock

Thünen Working Paper 243

Stefan Meining
Büro für Umweltüberwachung, Freiburg

Dr. Nikolai Knapp, Judith Bielefeldt, Petra Dühnelt, Dr. Nicole Wellbrock
Thünen-Institut für Waldökosysteme

Thünen-Institut für Waldökosysteme
Alfred-Möller-Str. 1, Haus 41/42
16225 Eberswalde

Telefon: +49 3334 3820 300
Fax: +49 3334 3820 354
E-Mail: nikolai.knapp@thuenen.de

Thünen Working Paper 243

Eberswalde/Germany, Juni 2024

Zusammenfassung

Der Vitalitätszustand des Waldes in Deutschland wird jährlich durch die Waldzustandserhebung (WZE) erfasst. Hierbei dient der Kronenzustand als Weiser für die Vitalität von Waldbäumen. Die WZE wird seit 1984 durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgt auf Grundlage eines international abgestimmten Handbuches (Eichhorn at al., 2020). Um eine methodisch vergleichbare Datenerfassung zu gewährleisten, werden Maßnahmen der Qualitätssicherung durchgeführt. Dazu gehören, obligatorisch, Foto-Vergleichstests.

Der vorliegende Bericht legt die Ergebnisse des ersten Online-Foto-Vergleichstest dar und zeigt auf inwieweit ein webbasiertes Verfahren eine zielführende Qualitätssicherungsmaßnahme für die WZE darstellen kann. Im Vergleich des analogen Foto-Vergleichstests 2021 mit ausgedruckten Bildern von Baumkronen und dem digitalen Vergleichstest 2023, der über eine Webapplikation durchgeführt wurde, zeigen sich nur geringe Unterschiede in der Bewertung, die im üblichen Rahmen der Schätzungenauigkeit vorheriger analoger Vergleichstests liegen. Es ergibt sich für alle vier Baumarten (Fichte, Kiefer, Buche und Eiche) eine hohe Übereinstimmung.

Eine zukünftige, webbasierte Durchführung des Foto-Vergleichstests wird daher, unter anderem aufgrund des geringeren Materialaufwandes und des erleichterten Zugriffs auf die Bilder, als sinnvoll angesehen.

Schlüsselwörter: Waldzustandserhebung, Qualitätssicherung, Foto-Vergleichstests

Abstract

The vitality status of the forest in Germany is recorded annually by the Crown Condition Survey (WZE). The crown condition serves as an indicator of the vitality of forest trees. The WZE has been carried out since 1984. The data is collected on the basis of an internationally harmonized manual (Eichhorn at al., 2020-3). Quality assurance measures are implemented to ensure methodologically comparable data collection.

This report is intended to present the results of the first online photo comparison test and to show the extent to which a web-based procedure can represent a target-oriented quality assurance measure for the WZE. A comparison of the analogue photo comparison test 2021 with printed photos of tree crowns and the digital comparison test 2023, which was carried out via a web application, shows only slight differences in the evaluation, which are within the usual range of the estimation accuracy of previous analogue comparison tests. There is a high level of agreement for all four tree species (spruce, pine, beech and oak).

A future, web-based implementation of the photo comparison test is therefore regarded as sensible, among other things due to the lower material costs and easier access to the photos.

Keywords: Crown Condition Survey, Quality Assurance, Photo comparison Course

Inhalt

1 Einleitung **1**

2 Material und Methoden **2**

3 Ergebnisse **5**

3.1 Bewertung der Kronenverlichtung im Vergleich analog vs. digital 5

3.2 Bewertung einzelner Bilder 7

3.3 Abweichung der mittleren Kronenverlichtung 10

3.4 Ausreißer 12

4 Fazit **14**

5 Literatur **15**

Anhang **16**

1 Einleitung

Die Waldzustandserhebung (WZE) ist ein bedeutendes Instrument zur Überwachung und Bewertung der Gesundheit und Vitalität der Wälder. In Deutschland wird sie seit 1984 jährlich auf permanenten Stichprobenpunkten im Wald durchgeführt. Angesichts der vielfältigen ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Funktionen des Waldes sowie dessen massiver Gefährdung durch Luft- und Bodenbelastung sowie dem Klimawandel ist eine präzise Erfassung des Waldzustandes von entscheidender Bedeutung. Dabei spielen geeignete Qualitätssicherungsmaßnahmen eine Schlüsselrolle, um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der erhobenen Daten sicherzustellen. Angesichts der Komplexität von Waldökosystemen und der Vielzahl von Einflussfaktoren ist es unerlässlich, dass die Erhebungsmethoden standardisiert, regelmäßig überprüft und kontinuierlich verbessert werden. Nur durch solide Qualitätssicherungsmaßnahmen können verlässliche Informationen über den Zustand der Wälder gewonnen werden, die wiederum als Grundlage für gezielte Maßnahmen zum Schutz der Wälder dienen.

Neben Abstimmungs- und Schulungskursen im Wald werden für die Aufnahmeteams der Waldzustandserhebung alle zwei Jahre Foto-Vergleichstests (Photo-ICC´s) durchgeführt, die die Schätzgenauigkeit der Teams in den einzelnen Bundesländern untersuchen. Im Gegensatz zu Kursen im Wald können an Foto-Vergleichstests erheblich mehr Teams zeitlich flexibel teilnehmen. Zudem sind die Daten dauerhaft reproduzierbar und die Kosten vergleichsweise gering.

Seit dem ersten Fotokurs im Jahr 2010 wurden bisher alle Vergleichstests analog, mit auf Papier ausgedruckten Bildern durchgeführt. Für den letzten Kurs im Jahr 2021 wurden allein mehrere Tausend Fotos als Päckchen an die verschiedenen Teilnehmenden verschickt. Dies bedeutet einen sehr hohen Aufwand für den Druck der Bilder und für den Versand der Päckchen. Zudem müssen die Bilder anschließend vor Ort an die jeweiligen Teams verteilt bzw. untereinander ausgetauscht werden. Ein digitaler, webbasierter Foto-Vergleichstest hat in dieser Hinsicht Vorteile, da keine Bilder gedruckt und verschickt werden müssen und jedes Team unabhängig vom Standort online auf die Bilder zugreifen kann. Bisher bestanden allerdings Zweifel, inwieweit sich unterschiedliche PC-Monitoreinstellungen auf die Bilddarstellung in Bezug auf Helligkeit und Kontrast auswirken würde und somit die Schätzgenauigkeit der Teams negativ beeinflussen könnte.

Der vorliegende Bericht soll die Ergebnisse des ersten Online-Foto-Vergleichstest darlegen und aufzeigen inwieweit ein webbasiertes Verfahren eine zielführende Qualitätssicherungsmaßnahme für die Waldzustandserhebung darstellen kann.

2 Material und Methoden

Im Rahmen der Qualitätssicherung zur Waldzustandserhebung in Deutschland stellt der Foto-Vergleichstest in Kombination mit Abstimmungs- und Schulungskursen im Wald einen wichtigen Beitrag zur langfristigen Absicherung der Erhebungsqualität dar. Seit dem Jahr 2015 wird dieser Vergleichstest europaweit alle zwei Jahre durchgeführt und erfreut sich insbesondere in den letzten Jahren einer zunehmenden Anzahl an teilnehmenden Teams.

In den vergangenen Jahren wurden für den Foto-Vergleichstest aufwendig Kronenbilder von Bäumen ausgedruckt und an alle Teilnehmenden verschickt. Im Jahr 2023 wurde der erste digitale Foto-Vergleichstest als Pilotprojekt durchgeführt. Ziel dabei war es festzustellen, inwiefern sich die Bewertungen zwischen den teilnehmenden Teams im Vergleich zum analogen Vergleichstest unterscheiden und ob unterschiedliche Bildschirmeinstellungen einen negativen Einfluss auf die Vergleichbarkeit der Bewertungen haben.

Der erste Online-Vergleichstest wurde auf das Gebiet Central Europa begrenzt, da hier in den letzten Jahren die meisten Teams teilgenommen hatten und dementsprechend eine hohe Teilnahme am Online-Test zu erwarten war. Davon unabhängig werden die Daten wie bereits in den vergangenen Jahren zusätzlich im vorliegenden Bericht für Deutschland ausgewertet und die Ergebnisse den teilnehmenden Teams zur Verfügung gestellt.

Für die Umsetzung des Online-Vergleichstest wurde hierfür eigens eine Website entwickelt (https://photo-icc-crown.com), die durch einen Passwortschutz nur den teilnehmenden Teams zur Verfügung stand. Jeweils 30 Bilder der Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche sollten nach vorgegebener Methode des Boniturbereichs nach der im ICP Manual beschriebenen Definition der weitesten Kronenauslegung („widest span“) von den Teams bewertet werden. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden für den Online-Test die gleichen Bilder wie bereits 2021 verwendet.

Der Online-Vergleichstest wurde im Zeitraum vom 20. November bis 22. Dezember 2023 durchgeführt. Insgesamt nahmen dabei in Deutschland 27 Aufnahmeteams aus 10 verschiedenen Bundesländern bzw. Organisationseinheiten (im Folgenden „Bundesländer“ genannt) teil (Tabelle 1). Allen Teilnehmenden war es freigestellt als Team mit mehreren Personen oder als Einzelperson die Bewertung der Bilder durchzuführen. Zudem konnten auch nur einzelne Baumarten bearbeitet werden.

Mit insgesamt 10 Teams stellt die Nordwestdeutsche Versuchsanstalt (NWD) die größte Teilnehmergruppe dar. Fünf Bundesländer (Brandenburg, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz und Sachsen) sind jeweils nur mit einem Team vertreten. Das Team von Rheinland-Pfalz bewertete zudem nur Bilder der Baumarten Buche und Eiche, ein Team der Nordwestdeutschen Versuchsanstalt bewertete die Buche nicht und ein Team aus Thüringen bewertete ausschließlich die Buche. Die Ergebnisse des Teams vom Thünen-Institut (TI) wurden in der Auswertung der Länderdaten nicht berücksichtigt.

Alle Teams wurden vor der Erhebung aufgefordert eine Bildschirmkalibrierung vorzunehmen. Hierfür sollte der Gamma-Wert des Monitors mit Hilfe eines Testbildes auf 2,20 eingestellt werden, um eine vergleichbare Bildqualität für alle Teilnehmenden zu gewährleisten. 44 Prozent aller Teams gaben an ihren Monitor vor der Erhebung manuell kalibriert zu haben, 56 % der Teams verzichteten im Vorfeld auf eine Kalibrierung. Zusätzlich wurde die Qualifikation der Teams abgefragt: Knapp die Hälfte aller Teams gab an als nationales Referenzteam teilzunehmen. Insgesamt 21 der 27 Teams haben nach eigenen Angaben bereits am Foto-Vergleichstest 2021 teilgenommen. Aufgrund der geringen Teilnehmerzahl des recht kurzfristig angekündigten Testlaufs war aus statistischen Gründen jedoch eine Eingrenzung der Daten auf diese Merkmale nicht möglich.

Tabelle 1: Teilnehmende Bundesländer bzw. Organisationseinheiten, Anzahl teilnehmender Teams, Anzahl Teams mit gleichzeitiger Teilnahme am Photo-ICC 2021 und Anzahl bewerteter Fotos 2023

Bundesland bzw. Organisationseinheit	Teams am Photo ICC 2023	davon Teams am Photo ICC 2021	Anzahl bewerteter Fotos 2023
BB - Brandenburg	1	1	120
BW - Baden-Württemberg	6	3	720
BY - Bayern	1	1	120
MV - Mecklenburg-Vorpommern	1	1	120
NRW - Nordrhein-Westfalen	2	2	240
NWD- Nordwestdeutsche Versuchsanstalt	10	9	1170
RPf - Rheinland-Pfalz	1	1	60
SN - Sachsen	1	1	120
TH - Thüringen	3	2	270
TI - Thünen Institut (Bund)	1	0	120
Summe	**27**	**21**	**3060**

Auswertung

Da für die Kronenverlichtung der einzelnen Bilder kein „wahrer Wert“ vorliegt, wird als Vergleichsgröße der Ländermittelwert herangezogen, der aus den Mittelwerten der einzelnen Bundesländer ermittelt wird (im Folgenden als *„Mittelwert“* bezeichnet). Die Bewertungen der einzelnen Länderteams werden mit diesem berechneten Mittelwert verglichen.

$$Mittelwert = \frac{1}{n} + \sum_{i=1}^{n} xi = \frac{x1 + x2 + \cdots + xn}{n}$$

x: Mittlerer Nadel-/Blattverlust der Bundesländer
n: Anzahl der Bundesländer

Der Vergleich zwischen dem analogen und digitalen Foto-Vergleichstest 2021 bzw. 2023 erfolgt zum einen mit der Gegenüberstellung der jeweiligen mittleren Kronenverlichtung der entsprechenden Baumarten und der jeweiligen Verteilung der ausgewerteten Daten. Zudem werden die Mittelwerte der einzelnen Bundesländer je Baumart für die Jahre 2021 und 2023 als lineare Regression dargestellt und das Bestimmtheitsmaß sowie der mittlere absolute Fehler berechnet. Die Analyse der Ausreißer gibt an bei welchen Bildern und welchen Nadel-/Blattverluststufen eine höhere Anzahl an Extremwerten vorkam und zeigt außerdem die mittlere Anzahl und Richtung der Ausreißer je Bundesland und Baumart. Als Ausreißer gelten dabei alle Bewertungen, die mehr als 10 Prozentpunkte vom jeweiligen Mittelwert abweichen.

Für die Mittelwerte der 30 bewerteten Bilder wird eine Abweichung von bis zu ±5 Prozentpunkten zum berechneten Ländermittelwert als tolerierbare Grenze angesehen, die im Bereich des „normalen“ Schätzfehlers liegt. Ähnliche Toleranzgrenzen werden auch bei anderen Qualitätssicherungsmaßnahmen der Waldzustandserhebung angelegt (Knapp et al., 2023). Die Qualitätsziele im ICP Manual sind dagegen deutlich weiter gefasst, bei denen lediglich >= 70 % der Wiederholungsaufnahmen in einem Fehlerbereich von ±10 Prozentpunkten liegen müssen (Eichhorn et al., 2010).

Weiterführende Auswertungen bezüglich einzelner Teams, die über die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse hinausgehen, werden den Bundesländern wie bereits in den vergangenen Jahren über die Cloud des Thünen-Instituts für eine interne Bewertung des Foto-Vergleichstest 2023 zur Verfügung gestellt.

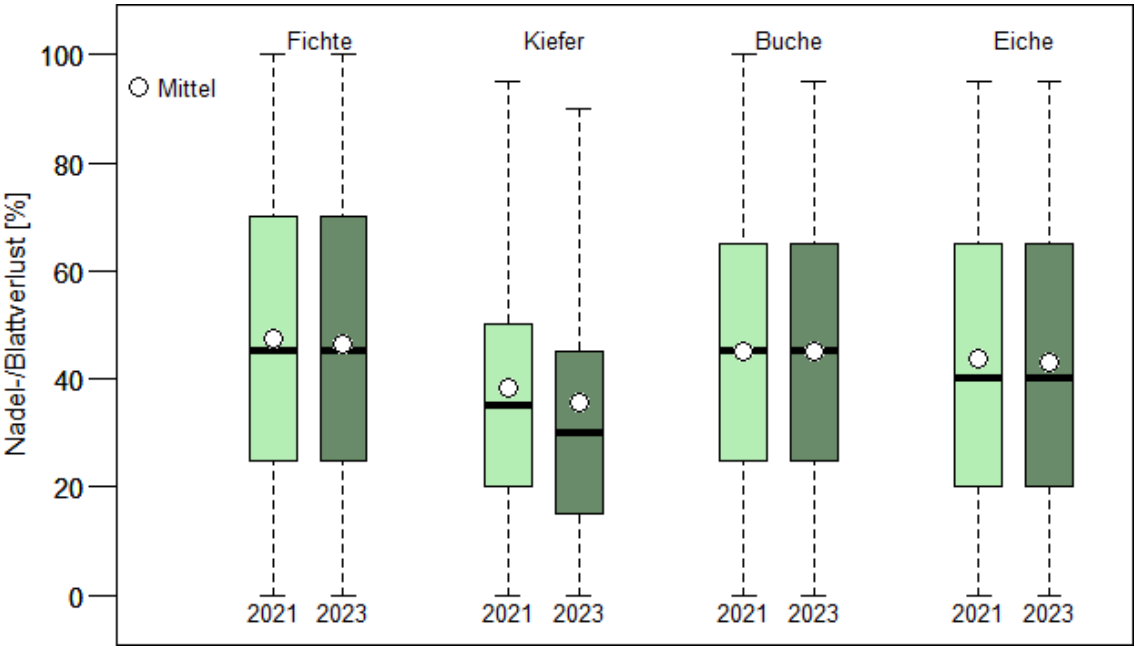
Alle Analysen wurden mit der Statistiksoftware R Version 4.3.1 (R Core Team 2023) durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Bewertung der Kronenverlichtung im Vergleich analog vs. digital

Der Vergleich des analogen Foto-Vergleichstest 2021 mit dem digital durchgeführten Test 2023 zeigt eine hohe Übereinstimmung in der Bewertung der gleichen Kronenfotos. Sowohl die Mittelwerte als auch die Verteilung der eingeschätzten Kronenverlichtung sind bei allen Baumarten sehr ähnlich (Abbildung 1). Unter Berücksichtigung der gleichen Methodik zur Bestimmung des Boniturbereichs („weiteste Kronenauslegung") ergibt sich für die Fichte im Jahr 2023 eine mittlere Kronenverlichtung von 44,8 %. Damit liegt der Mittelwert für die gleichen Kronenbilder um 2,6 Prozentpunkte unterhalb des Wertes des analogen Fotokurses im Jahr 2021. Bei der Kiefer liegt die mittlere Kronenverlichtung bei 35,2 % und damit 3,0 Prozentpunkte niedriger als bei der Voraufnahme. Für Buche und Eiche sind die Differenzen der beiden Bewertungen noch geringer: der Mittelwert der Buchen beläuft sich auf 44,7 % (-0,6 Prozentpunkte) und der der Eichen auf 43,3 % (-0,7 Prozentpunkte). Damit liegen die Differenzen der Mittelwerte auf vergleichbarem Niveau mit den Änderungen der mittleren Kronenverlichtungen gleicher Bilder zwischen den beiden analog durchgeführten Foto-Vergleichstests 2019 und 2021 (Meining et al., 2022).

Abbildung 1: Mitterer Nadel-/Blattverlust der gleichen Bilder von 2021 und 2023 nach Baumarten



Die hohe Übereinstimmung der Bildbewertungen zwischen dem analogen und digitalen Foto-Vergleichstest wird auch durch die lineare Regression der beiden Aufnahmejahre deutlich. Für alle Baumarten ist hierbei ein sehr hohes Bestimmtheitsmaß (R^2) zu erkennen, welches Werte zwischen 0,96 (für Fichte und Buche) und 0,97 (für Kiefer und Eiche) einnimmt (Abbildung 2). Bei der Betrachtung des mittleren absoluten Fehlers (mean absolute Error, MAE) zeigt sich, dass die Kiefer mit durchschnittlich 5,5 Prozentpunkten im Vergleich zu allen anderen Baumarten den größten Fehler aufweist (Abbildung 3). Die Fichte folgt mit einem mittleren absoluten Fehler von 5,1 Prozentpunkten vor Buche und Eiche mit 4,7 bzw. 4,6 Prozentpunkten.

Abbildung 2: Bewertung der gleichen Bilder 2021 und 2023 für die Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. Dargestellt ist die lineare Regression der Mittelwerte pro Bundesland und Bildnummer beider Jahre mit der 1:1 Linie und dem Bestimmtheitsmaß (R^2)

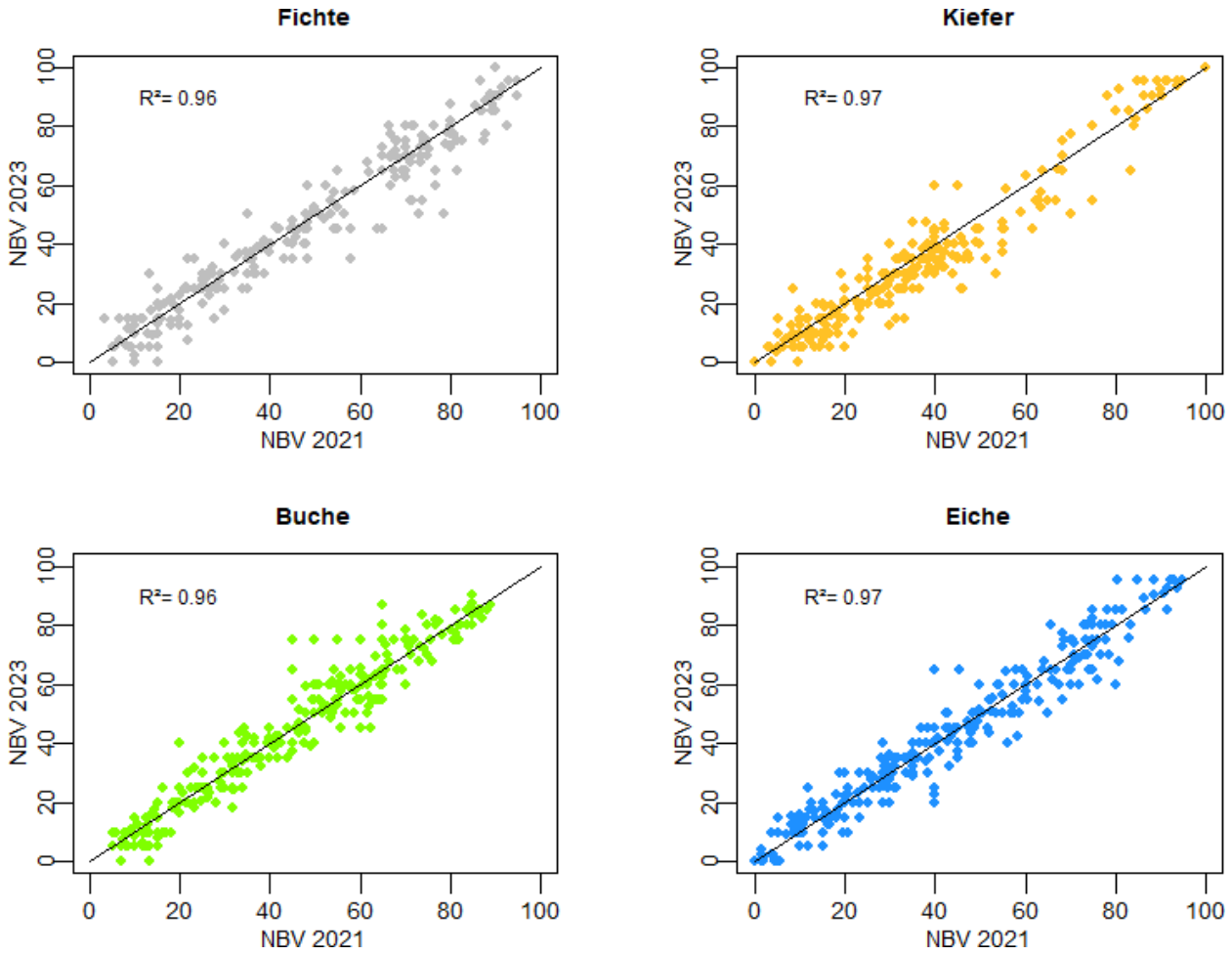
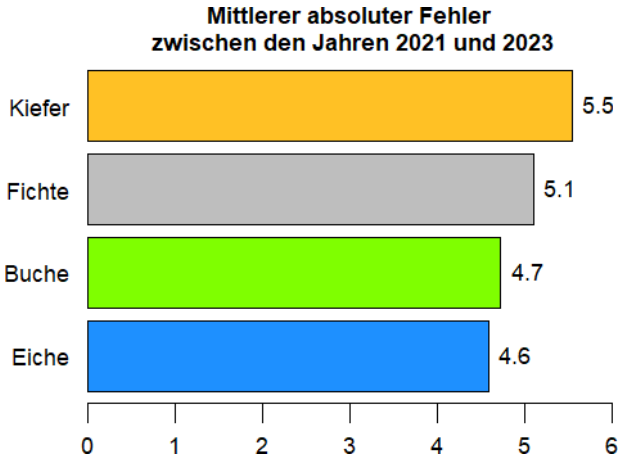


Abbildung 3: Mittlerer absoluter Fehler der Bildbewertungen zwischen den Jahren 2021 und 2023 pro betrachtete Baumart



3.2 Bewertung einzelner Bilder

Für die Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche wurden jeweils 30 Bilder unterschiedlicher Kronenverlichtung für die Bearbeitung des Foto-Vergleichstests ausgewählt. Bei der Auswahl der Bilder wurde im Vorfeld auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Nadel-/Blattverluststufen von 0 bis 100 % geachtet. Der berechnete Mittelwert aller teilnehmenden Teams ist in der oberen Teilgrafik der Abbildung 4 für die 30 Bilder der einzelnen Baumarten dargestellt. Es wird ersichtlich, dass für alle Baumarten eine gute Repräsentanz der Verluststufen vorliegt. Lediglich bei der Kiefer ist der Anteil an stark verlichteten Bäumen (>50 % Nadelverlust) im Vergleich zu den anderen Baumarten etwas geringer.

Die Anzahl an Bewertungen mit Abweichungen von „>10 %“- bzw. „>15 %“-Punkten zum berechneten Mittelwert ist in Abbildung 4 Mitte bzw. unten für die einzelnen Bilder dargestellt. Abweichungen von >10 %-Punkten kommen bis auf wenigen Ausnahmen mit geringer Anzahl bei nahezu jedem Bild vor. Dagegen sind Abweichungen von >15 %-Punkten zum Mittelwert deutlich seltener vertreten. Eine höhere Anzahl an Abweichungen ist vor allem bei Bäumen mit deutlicher Kronenverlichtung zu erkennen, während bei Bäumen mit geringerer Kronenverlichtung weniger Abweichungen feststellbar sind. Der gleiche Befund wurde bereits bei den vorherigen Foto-Vergleichstests festgestellt. Insbesondere bei freigestellten Bäumen mit Sekundärkronenbildung führt oftmals eine unterschiedliche Festlegung des Boniturbereichs zu größeren Abweichungen. Zudem kann eine unterschiedliche Einschätzung der Konkurrenzsituation, Mistelbefall in der Baumkrone oder abiotische bzw. biotische Schäden an den Nadeln und Blättern zu einer uneinheitlichen Bewertung der Baumkronen führen. Auffällig ist, dass Bilder, die beim Online-Fotokurs eine erhöhte Abweichung zeigen, auch beim analogen Fotokurs 2021 eine höhere Streuung der Werte aufwiesen (Abbildung 5) (Meining et al., 2022).

Abbildung 4: Verteilung der mittleren Nadel-/Blattverluste der Einzelbilder (oben) und deren mittleren Abweichungen von >10 % (Mitte) und >15 % (unten) vom Mittelwert. Anzahl der teilnehmenden Teams = 27

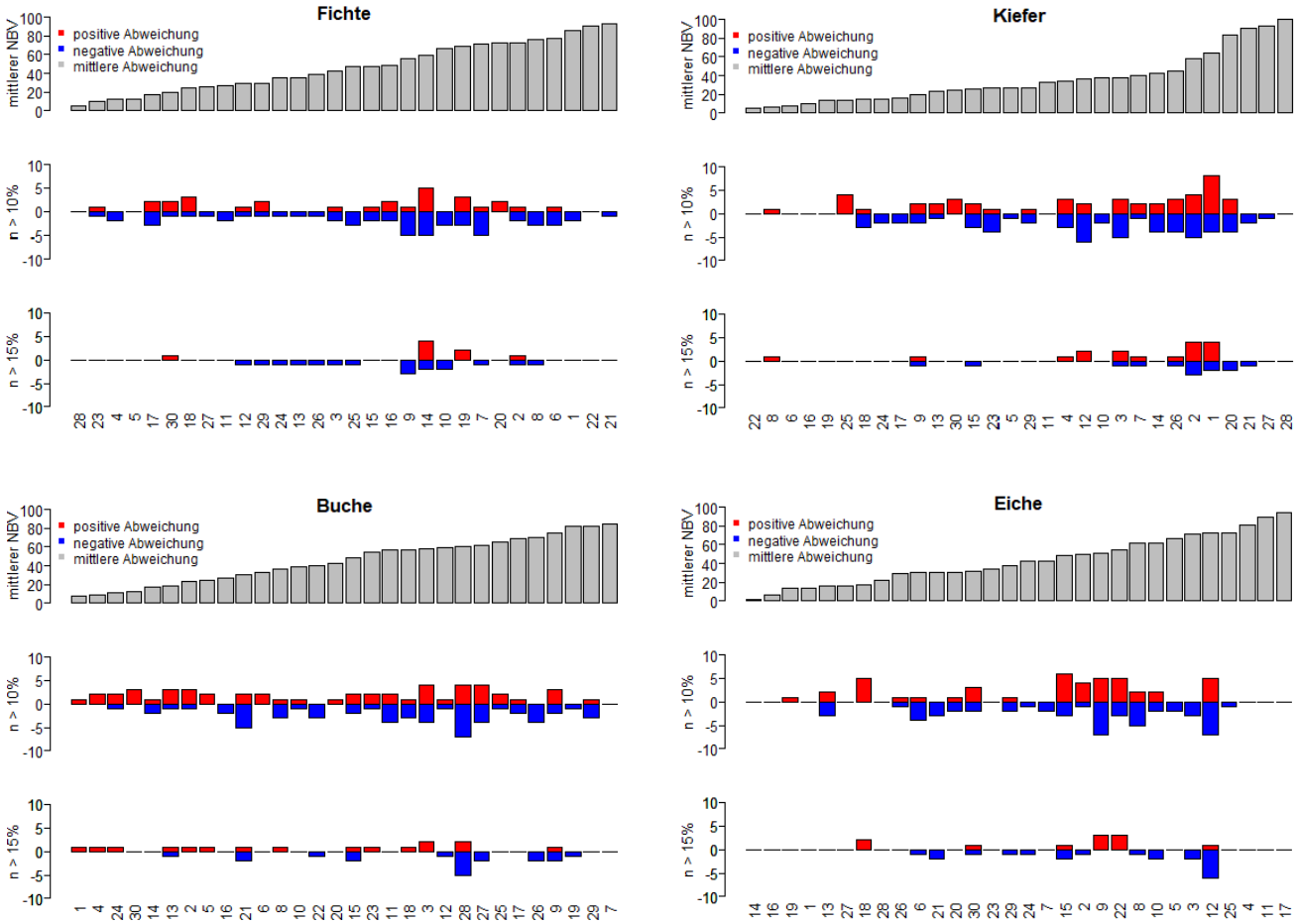
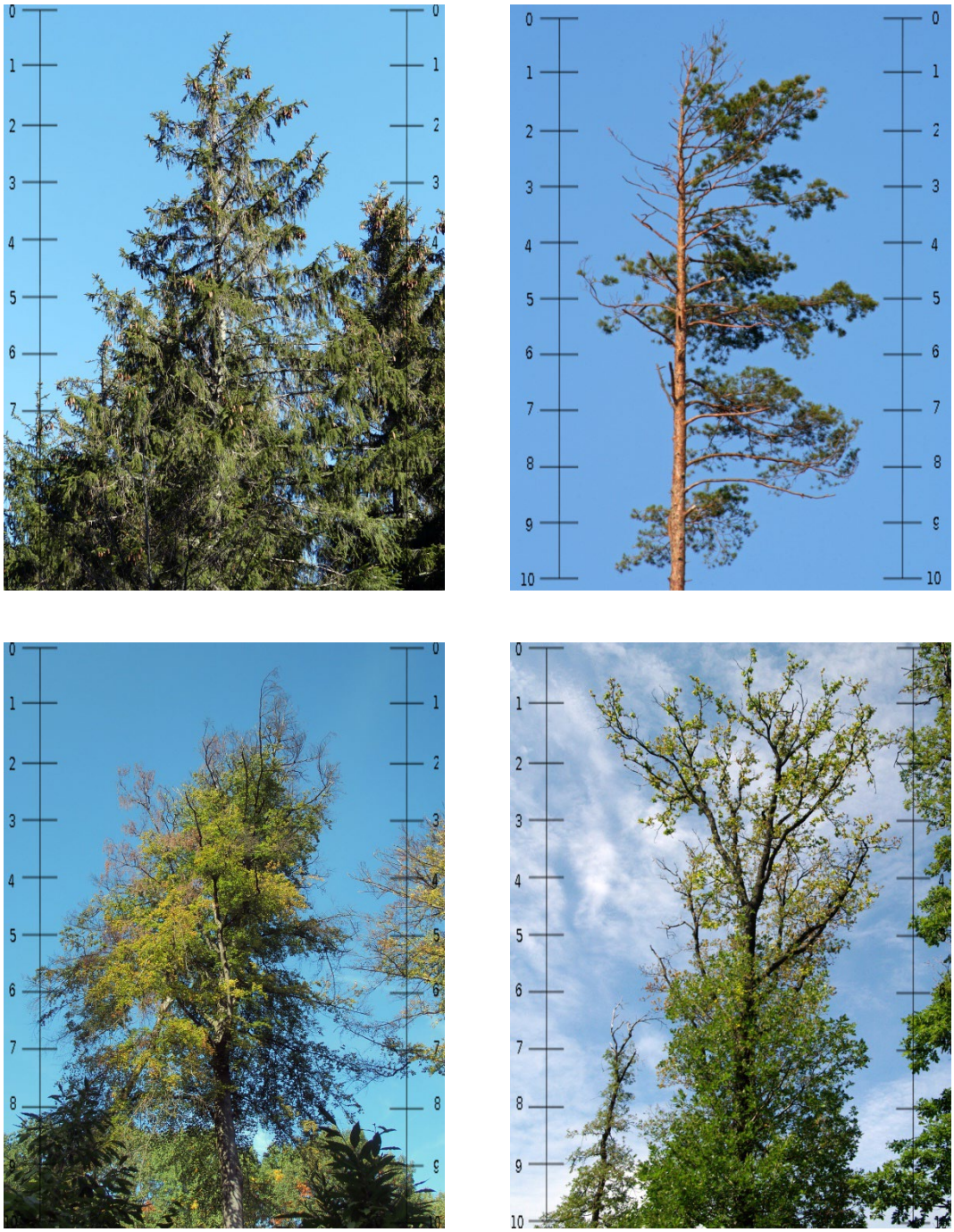


Abbildung 5: Bilder mit einer hohen Abweichung sowohl im Online-Fotokurs 2023 als auch beim analogen Fotokurs 2021 (von links oben nach rechts unten: Fichte Bildnummer 14, Kiefer Bildnummer 1, Buche Bildnummer 28, Eiche Bildnummer 12).

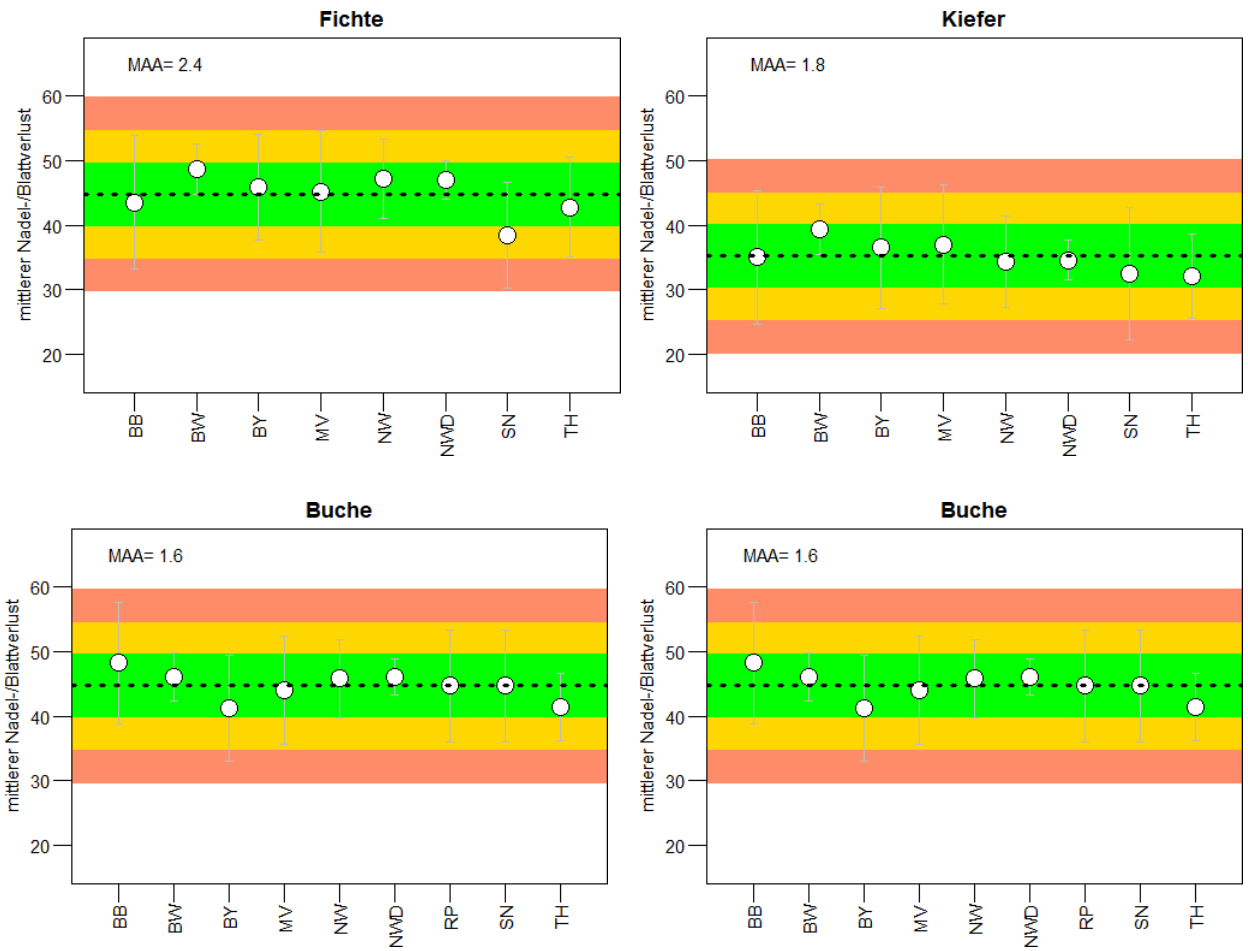


3.3 Abweichung der mittleren Kronenverlichtung

Bei dem digitalen Foto-Vergleichstest 2023 zeigen sich zwischen den teilnehmenden Teams der einzelnen Bundesländer nur geringe Unterschiede in der Bewertung der mittleren Kronenverlichtung. Bei allen vier Baumarten bewegen sich nahezu alle Bewertungen der Bundesländer im Rahmen von ±5 % Abweichung im Vergleich zum Mittelwert aller Bundesländer (Abbildung 6). Lediglich bei Fichte und Eiche liegt die Bewertung jeweils eines Bundeslandes (Sachsen bzw. Thüringen) knapp außerhalb dieses Wertebereichs.

Die mittlere absolute Abweichung aller Bundesländer beträgt bei Buche und Eiche jeweils 1,6 und bei Kiefer 1,8 Prozentpunkte. Am höchsten fällt die Abweichung bei der Fichte aus, ist jedoch auch hier mit lediglich 2,4 Prozentpunkten sehr nah am Mittelwert. Der berechnete Fehlerrahmen liegt bei den einzelnen Baumarten leicht über den Werten des Foto-Vergleichstest von 2021, bei dem die Teilnehmeranzahl allerdings auch deutlich höher war und somit einzelne Extremwerte stärker ausgeglichen werden konnten.

Abbildung 6: Mittlerer Nadel-/Blattverlust je Baumart und Bundesland. Gestrichelte Linie stellt den Mittelwert der Länder dar. Farblich dargestellt sind verschiedene Abweichungsintervalle vom Mittelwert (grüner Bereich: ± 5, gelber Bereich: ± 10, roter Bereich: ± 15 Prozentpunkte). Die Fehlerbalken stellen das Konfidenzintervall von 95 % dar. MAA=Mittlere absolute Abweichung je Baumart.



Einzelne Bundesländer zeigen bei allen vier untersuchten Baumarten eine Über- bzw. Unterschätzung. So liegen alle Bewertungen aus Baden-Württemberg im Mittel leicht über dem Ländermittelwert, während die Bewertungen aus Thüringen bei allen Baumarten leicht unter dem Mittelwert bleiben. Bei anderen Bundesländern kommt es je nach Baumart sowohl zu Über- bzw. Unterschätzungen.

Die absolut geringste Abweichung zum Mittelwert über alle Baumarten weist Rheinland-Pfalz auf, die jedoch nur bei den Laubbaumarten Buche und Eiche Bewertungen abgeben haben. Demgegenüber sind für Thüringen die höchsten Abweichungen zu erkennen.

3.4 Ausreißer

Als Ausreißer werden Bildbewertungen definiert, die mehr als ±10 Prozentpunkte vom Mittelwert entfernt liegen. Beträgt beispielsweise die Kronenverlichtung eines Bildes im Durchschnitt aller Bundesländer 33 %, so gelten alle Bewertungen mit größer 43 % bzw. kleiner 23 % als Ausreißer. In der 5 %-stufigen Bewertungsskala des Nadel-/Blattverlustes bedeutet dies, dass alle Bewertungen außerhalb des Rahmens von 25 bis 40 % als Ausreißer bewertet werden.

Abbildung 7: Durchschnittliche Anzahl der Ausreißer pro Bundesland aufgeschlüsselt nach Baumart und Richtung (Unter- bzw. Überschätzung). Die Gesamtanzahl an Ausreißern ist für jede Baumart angegeben

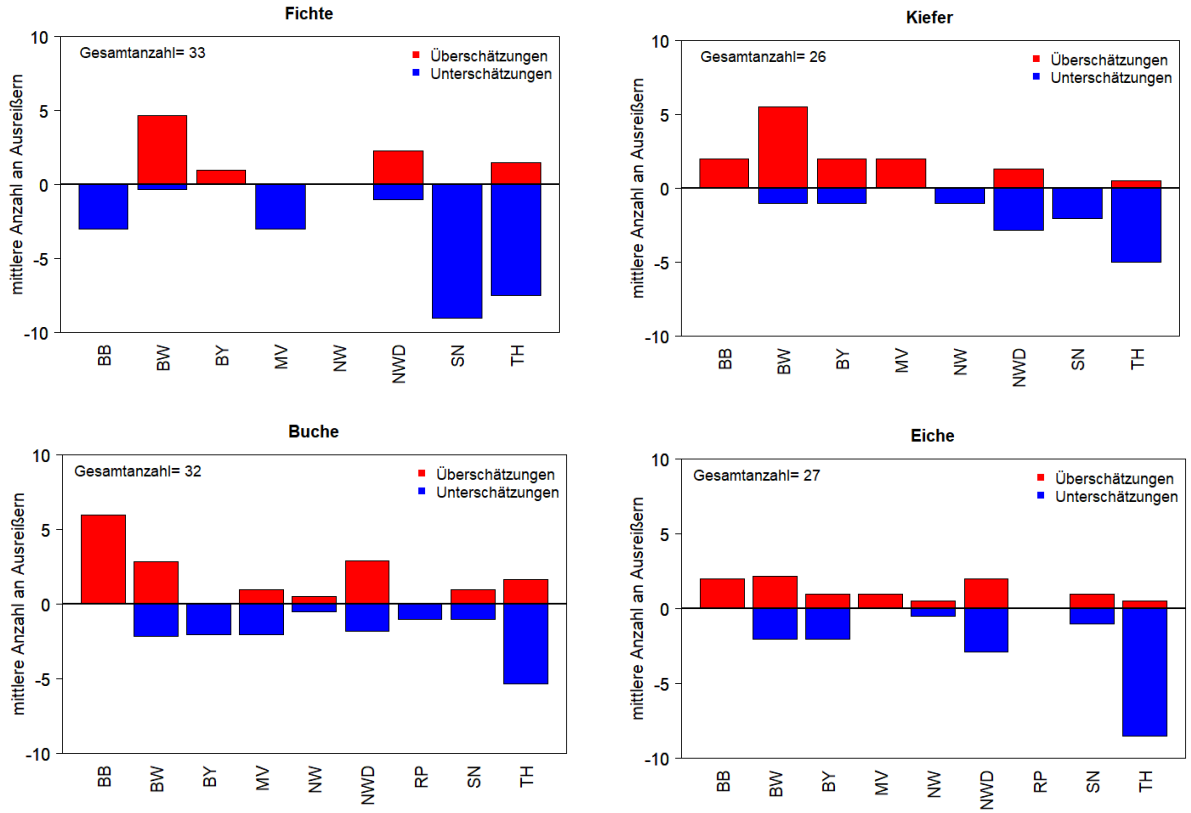


Abbildung 7 zeigt die mittlere Anzahl an Ausreißern pro Bundesland getrennt nach Überschätzung (positive Ausreißer) und Unterschätzung (negative Ausreißer). Die meisten Ausreißer sind bei der Baumart Fichte zu erkennen, gefolgt von Buche, Eiche und Kiefer.

Entsprechend den Abweichungen des Mittelwertes ist für die Bundesländer Sachsen und Thüringen eine große Anzahl an Ausreißern bei den Baumarten Fichte bzw. Eiche festzustellen. Zudem weist Baden-Württemberg bei allen vier Baumarten vornehmlich Überschätzungen und Thüringen überwiegend Unterschätzungen auf. Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz sind die einzigen Bundesländer, die bei Fichte bzw. Eiche keine Ausreißer aufweisen.

4 Fazit

Im Vergleich des analogen Foto-Vergleichstests 2021 mit ausgedruckten Bildern von Baumkronen und dem digitalen Vergleichstest 2023, der über eine Webapplikation durchgeführt wurde, zeigen sich nur geringe Unterschiede in der Bewertung, die im üblichen Rahmen der Schätzungenauigkeit vorheriger analoger Vergleichstests liegen.

Im Vergleich der Bildbewertungen der Jahre 2021 und 2023 ergibt sich für alle vier Baumarten (Fichte, Kiefer, Buche und Eiche) eine hohe Übereinstimmung. Der mittlere absolute Fehler legt dabei nahe, dass Buche und Eiche tendenziell etwas präziser bewertet werden als Kiefer und Fichte. Die robusten Bestimmtheitsmaße von 0,96 bis 0,97 zeigen jedoch für alle vier Arten die hohe Verlässlichkeit der visuellen Kronenansprache in Deutschland im zeitlichen Verlauf an.

Wie bereits bei den vorhergegangenen, analogen Foto-Vergleichstests liegen die Bildbewertungen zwischen den einzelnen Bundesländern auch beim digital durchgeführten Test sehr eng beieinander. Die einzelnen Abweichungen zum berechneten Mittelwert der Länder befinden sich dabei in den meisten Fällen im üblichen Rahmen der Schätzungenauigkeit von ±5 Prozentpunkten, wie sie auch bei Praxisübungen im Wald bzw. bei vorhergehenden Foto-Vergleichstests auftreten. Die mittlere absolute Abweichung aller Bundesländer beträgt sogar nur maximal 2,4 Prozentpunkte, was die gute Abstimmung des Erhebungsverfahrens der Waldzustandserhebung in Deutschland unterstreicht. Zudem deuten die wiederholt übereinstimmenden Ergebnisse der Bundesländer auf einen geringen Einfluss der digitalen Erhebung hin.

In Bezug auf die Extremwerte (Ausreißer) der Kronenbewertung am Einzelbild zeigen wenige Bundesländer Auffälligkeiten bei der Anzahl und Richtung von Über- bzw. Unterschätzungen im Vergleich zum Mittelwert. Dies betrifft sowohl die Bewertung für einzelne Baumarten als auch eine bei allen Baumarten erhöhte Anzahl an Ausreißern in eine Richtung. Nach interner Prüfung der eigenen Bewertungen sollte es für jedes Team das Ziel sein, die Erkenntnisse in der nächsten Schulung zur Waldzustandserhebung einfließen zu lassen und ggf. die Bewertungen anzupassen.

Abschließend kann durch die vorliegenden Analysen festgehalten werden, dass der digital durchgeführte Foto-Vergleichstest keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse der Kronenbewertung hat. Trotz der nur geringen Anzahl an Teams, die vor der Bewertung der Bilder eine Kalibrierung ihres Monitors vorgenommen haben (Kalibrierungsrate <50 %), sind die Ergebnisse mit den vorhergehenden, analogen Foto-Vergleichstests vergleichbar. Eine zukünftige, webbasierte Durchführung des Foto-Vergleichstests wird daher, unter anderem aufgrund des geringeren Materialaufwandes und des erleichterten Zugriffs auf die Bilder, als sinnvoll angesehen.

5 Literatur

Eichhorn J, Roskams P, Potočić N, Timmermann V, Ferretti M, Mues V, Szepesi A, Durrant D, SeletkovićI, Schröck H-W, Nevalainen S, Bussotti F, Garcia P, Wulff S (2020) Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. Version 2020-3. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 49 p. + Annex [http://www.icp-forests.org/manual.htm] ISBN: 978-3-86576-162-0

Eichhorn J, Roskams P, Ferretti M, Mues V, Szepesi A, Durrant D (2010) Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. In UNECE (Ed.), Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Hamburg, Germany: UNECE, ICP Forests Programme Co-ordinating Centre. 49 pp.

Knapp N, Bielefeldt J, Dühnelt P-E (2023) Bericht über den bundesdeutschen Abstimmungskurs zur Kronenzustandsbewertung in Deutschland 2023. Interner Bericht. 35 S.

Meining S, Morgenstern Y, Wellbrock N, Knapp N (2022) Ergebnisse des Foto-Vergleichstests 2021 im Rahmen der Qualitätssicherung zu Waldzustandserhebung in Deutschland. Interner Bericht. 23 S.

R Core Team (2023) R A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. https://www.R-project.org/

Anhang

Anhang Tabelle 1: Abweichungen der Einzelbilder vom Mittelwert, Fichte

Bildnummer	Baumart	Mittelwert	plus10	minus10	plus15	minus15
28	Fichte	5,4	0	0	0	0
23	Fichte	10,0	1	1	0	0
4	Fichte	12,0	0	2	0	0
5	Fichte	12,2	0	0	0	0
17	Fichte	17,0	2	3	0	0
30	Fichte	19,2	2	1	1	0
18	Fichte	24,6	3	1	0	0
27	Fichte	26,2	0	1	0	0
11	Fichte	26,6	0	2	0	0
12	Fichte	29,2	1	1	0	1
29	Fichte	29,4	2	1	0	1
24	Fichte	35,2	0	1	0	1
13	Fichte	35,8	0	1	0	1
26	Fichte	39,2	0	1	0	1
3	Fichte	42,4	1	2	0	1
25	Fichte	46,8	0	3	0	1
15	Fichte	47,2	1	2	0	0
16	Fichte	48,4	2	2	0	0
9	Fichte	55,2	1	5	0	3
14	Fichte	59,2	5	5	4	2
10	Fichte	66,6	0	3	0	2
19	Fichte	68,4	3	3	2	0
7	Fichte	71,2	1	5	0	1
20	Fichte	72,2	2	0	0	0
2	Fichte	72,6	1	2	1	1
8	Fichte	76,4	0	3	0	1
6	Fichte	77,8	1	3	0	0
1	Fichte	86,0	0	2	0	0
22	Fichte	90,2	0	0	0	0
21	Fichte	93,4	0	1	0	0

Anhang Tabelle 2: Abweichungen der Einzelbilder vom Mittelwert, Kiefer

Bildnummer	Baumart	Mittelwert	plus10	minus10	plus15	minus15
22	Kiefer	5,4	0	0	0	0
8	Kiefer	6,0	1	0	1	0
6	Kiefer	7,4	0	0	0	0
16	Kiefer	9,6	0	0	0	0
19	Kiefer	14,0	0	0	0	0
25	Kiefer	14,2	4	0	0	0
18	Kiefer	15,2	1	3	0	0
24	Kiefer	15,2	0	2	0	0
17	Kiefer	15,6	0	2	0	0
9	Kiefer	20,0	2	2	1	1
13	Kiefer	23,8	2	1	0	0
30	Kiefer	24,2	3	0	0	0
15	Kiefer	26,0	2	3	0	1
23	Kiefer	26,6	1	4	0	0
5	Kiefer	27,2	0	1	0	0
29	Kiefer	27,2	1	2	0	0
11	Kiefer	33,4	0	0	0	0
4	Kiefer	33,8	3	3	1	0
12	Kiefer	37,0	2	6	2	0
10	Kiefer	37,4	0	2	0	0
3	Kiefer	37,6	3	5	2	1
7	Kiefer	40,4	2	1	1	1
14	Kiefer	42,6	2	4	0	0
26	Kiefer	44,4	3	4	1	1
2	Kiefer	57,8	4	5	4	3
1	Kiefer	64,4	8	4	4	2
20	Kiefer	83,8	3	4	0	2
21	Kiefer	90,4	0	2	0	1
27	Kiefer	93,2	0	1	0	0
28	Kiefer	100,0	0	0	0	0

Anhang Tabelle 3: Abweichungen der Einzelbilder vom Mittelwert, Buche

Bildnummer	Baumart	Mittelwert	plus10	minus10	plus15	minus15
1	Buche	8,1	1	0	1	0
4	Buche	9,2	2	0	1	0
24	Buche	10,8	2	1	1	0
30	Buche	12,9	3	0	0	0
14	Buche	17,9	1	2	0	0
13	Buche	18,7	3	1	1	1
2	Buche	23,7	3	1	1	0
5	Buche	24,8	2	0	1	0
16	Buche	26,5	0	2	0	0
21	Buche	30,8	2	5	1	2
6	Buche	33,5	2	0	0	0
8	Buche	36,2	1	3	1	0
10	Buche	39,4	1	1	0	0
22	Buche	40,2	0	3	0	1
20	Buche	42,1	1	0	0	0
15	Buche	48,1	2	2	1	2
23	Buche	54,2	2	1	1	0
11	Buche	56,4	2	4	0	0
18	Buche	56,9	1	3	1	0
3	Buche	57,7	4	4	2	0
12	Buche	59,0	1	1	0	1
28	Buche	60,0	4	7	2	5
27	Buche	61,7	4	4	0	2
25	Buche	64,8	2	1	0	0
17	Buche	68,7	1	2	0	0
26	Buche	70,6	0	4	0	2
9	Buche	74,8	3	2	1	2
19	Buche	81,9	0	1	0	1
29	Buche	82,5	1	3	0	0
7	Buche	85,0	0	0	0	0

Anhang Tabelle 4: Abweichungen der Einzelbilder vom Mittelwert, Eiche

Bildnummer	Baumart	Mittelwert	plus10	minus10	plus15	minus15
14	Eiche	1,4	0	0	0	0
16	Eiche	6,2	0	0	0	0
19	Eiche	13,5	1	0	0	0
1	Eiche	13,7	0	0	0	0
13	Eiche	16,0	2	3	0	0
27	Eiche	16,2	0	0	0	0
18	Eiche	17,9	5	0	2	0
28	Eiche	22,1	0	0	0	0
26	Eiche	28,9	1	1	0	0
6	Eiche	30,2	1	4	0	1
21	Eiche	30,4	0	3	0	2
20	Eiche	31,0	1	2	0	0
30	Eiche	32,3	3	2	1	1
23	Eiche	33,9	0	0	0	0
29	Eiche	37,9	1	2	0	1
24	Eiche	42,3	0	1	0	1
7	Eiche	42,7	0	2	0	0
15	Eiche	49,0	6	3	1	2
2	Eiche	49,2	4	1	0	1
9	Eiche	51,2	5	7	3	0
22	Eiche	54,6	5	3	3	0
8	Eiche	61,4	2	5	0	1
10	Eiche	61,5	2	2	0	2
5	Eiche	66,7	0	2	0	0
3	Eiche	71,2	0	3	0	2
12	Eiche	72,1	5	7	1	6
25	Eiche	72,7	0	1	0	0
4	Eiche	81,0	0	0	0	0
11	Eiche	89,8	0	0	0	0
17	Eiche	94,0	0	0	0	0

Anhang Tabelle 5: Mittlerer Nadel-/Blattverlust je Baumart und Bundesland im Vergleich zum Ländermittelwert, Konfidenzintervall von 95 %.

Baumart	Ländermittelwert	Bundesland	Mittelwert_BL	Differenz	95 %Intervall
Fichte	44,8	BB	43,5	1,3	10,3
Fichte	44,8	BW	48,7	-3,9	3,9
Fichte	44,8	BY	45,8	-1,0	8,2
Fichte	44,8	MV	45,2	-0,3	9,4
Fichte	44,8	NW	47,2	-2,3	6,2
Fichte	44,8	NWD	47,0	-2,2	3,0
Fichte	44,8	SN	38,5	6,3	8,2
Fichte	44,8	TH	42,8	2,0	7,8
Kiefer	35,2	BB	35,0	0,2	10,3
Kiefer	35,2	BW	39,3	-4,2	3,9
Kiefer	35,2	BY	36,5	-1,3	9,4
Kiefer	35,2	MV	37,0	-1,8	9,2
Kiefer	35,2	NW	34,3	0,8	7,1
Kiefer	35,2	NWD	34,6	0,5	3,1
Kiefer	35,2	SN	32,5	2,7	10,2
Kiefer	35,2	TH	32,1	3,1	6,6
Buche	44,7	BB	48,2	-3,5	9,4
Buche	44,7	BW	46,1	-1,4	3,7
Buche	44,7	BY	41,2	3,5	8,2
Buche	44,7	MV	44,0	0,7	8,4
Buche	44,7	NW	45,8	-1,2	6,0
Buche	44,7	NWD	46,0	-1,3	2,8
Buche	44,7	RP	44,7	0,0	8,6
Buche	44,7	SN	44,7	0,0	8,7
Buche	44,7	TH	41,4	3,2	5,2
Eiche	43,3	BB	44,3	-1,0	9,7
Eiche	43,3	BW	43,8	-0,5	3,7
Eiche	43,3	BY	42,0	1,3	8,8
Eiche	43,3	MV	45,8	-2,5	9,8
Eiche	43,3	NW	44,2	-0,9	6,6
Eiche	43,3	NWD	42,5	0,8	2,9
Eiche	43,3	RP	43,5	-0,2	9,6
Eiche	43,3	SN	45,5	-2,2	9,0
Eiche	43,3	TH	38,1	5,2	6,7

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliographie; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.thuenen.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.thuenen.de

Zitationsvorschlag – *Suggested source citation:*
Meining S, Knapp N, Bielefeldt J, Dühnelt P, Wellbrock N (2024) Ergebnisse des ersten Online-Foto-Vergleichstests 2023 im Rahmen der Qualitätssicherung zur Waldzustandserhebung in Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 26 p, Thünen Working Paper 243, DOI:10.3220/WP1717570233000

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.

THÜNEN

Thünen Working Paper 243

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-working-paper@thuenen.de
www.thuenen.de

DOI:10.3220/WP1717570233000
urn:nbn:de:gbv:253-202406-dn068341-8