

Forstwirtschaft



Waldzustandsbericht 2017 des Landes Brandenburg

WALDZUSTANDSBERICHT 2017 DES LANDES BRANDENBURG**INHALT**

Hauptergebnisse Waldzustandserhebung (WZE) 2017	2
1 Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2017	4
1.1 Gesamtergebnis	
1.2 Baumartengruppen	
2 Aspekte zu Witterungsverlauf und Klimawandel	17
3 Streufall-Monitoring in der Forstlichen Umweltkontrolle	
3.1 Einführung	22
3.2 Methodik des Streufall-Monitoring	24
3.3 Ausmaß und Bedeutung des Streufalls	27
3.4 Inhaltsstoffe Dynamik im Jahresverlauf und zeitliche Trends der Elementkonzentrationen von Streufraktionen	29
3.5 Stoff-Frachten mit dem Streufall	33
3.6 Fruktifikationsintensität aus Streufalldaten	41
3.7 Streufall und Wachstum	41
3.8 Streufall und Ereignis- bzw. Störungsregime	43
3.9 Streufall-Monitoring aufwändiges Teilprogramm mit vielfältigen Anwendungen	44
Tabellenanhang	47
Ergebnisse der Waldzustandserhebung	
Waldschadensentwicklung nach Baumartengruppen	
Fruktifikation der Hauptbaumarten	



Foto: LFE

HAUPTERGEBNISSE

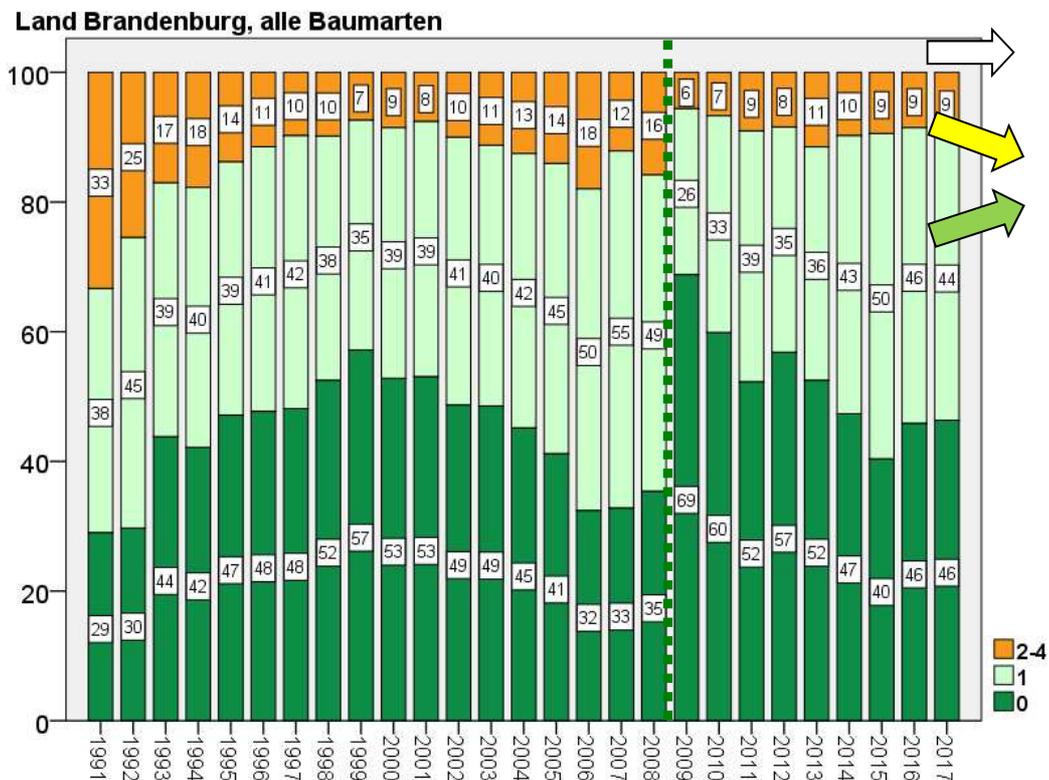
Der Waldzustand bleibt weiter stabil gut. Trotz im Vergleich zum Klimanormal milderen Wintern, trockenen Frühjahren, wärmeren Vegetationsperioden sowie Wetterkapriolen zeigen sich die Wälder in Brandenburg überwiegend vital.

Hauptergebnisse der Waldzustandserhebung 2017
(Angaben in Prozent der Waldfläche, Veränderung zum Vorjahr in Prozentpunkten)

	ohne Schäden Schadstufe 0	Warnstufe Schadstufe 1	deutliche Schäden Schadstufen 2 - 4	Trend
alle Baumarten	46	45	9	⇒
Veränderung	(+/-0)	(-1)	(+1)	
Kiefer	50	45	5	
	(+3)	(-3)	(+/- 0)	
Eiche	28	50	22	
	(-5)	(+ 3)	(+2)	
Buche	61	33	6	
	(+5)	(-2)	(-3)	

Trotz der trockenen warmen Vegetationsperiode 2016 und der Hitzewelle des Sommers 2015 bleiben die Wälder Brandenburgs auch 2017 in einem guten Vitalitätszustand. Wie im Vorjahr weisen nur 9 Prozent der Waldfläche deutliche Schäden auf. Über 90 Prozent der Waldfläche Brandenburgs bleibt damit ohne deutliche Schäden. Die mittlere Kronenverlichtung über alle Baumarten liegt wie in den Vorjahren bei 15 Prozent.

Damit hat sich der insgesamt gute Kronenzustand der Wälder erhalten und entspricht weiter dem Niveau der Jahre vor den extremen Trockenjahren 2003 und 2006.



Entwicklung der Schadstufenanteile in der WZE-Stichprobe Brandenburg über alle Baumarten in Prozent.
(Eine Umstellung und Ausdünnung des Messnetzes in 2009 schränkt die Vergleichbarkeit der Zeitreihe dieser Auswertung ein.)

Die im Vorjahr beobachtete Regeneration der Kronenschäden der Laubbäume setzte sich 2017 nicht fort. Die **Eichen** konnten aber im Wesentlichen ihren verbesserten Zustand halten. Mit 22 Prozent deutlichen Schäden bleiben sie die am stärksten geschädigte Baumartengruppe, erreichen aber 2017 erstmals seit 2002 wieder einen mit „gut“ bewerteten Zustand. Die **Buchen** fruktifizierten nach dem heißen Sommer 2015 in 2016 stark und entwickelten entsprechend weniger Blattmasse. Auch in 2017 war wieder eine stärkere Fruktifikation zu beobachten. Mit 12 Prozent mittlerer Kronenverlichtung ist ihr Zustand aber weiter als „sehr gut“ einzuschätzen. Die anderen Laubbäume, die immer sehr schnell und stark auf Trockenstressbelastung reagieren, haben mit 20 Prozent deutlichen Schäden in 2017 einen „beeinträchtigten“ Vitalitätszustand.

Die **Kiefern** haben ihren guten Kronenzustand des Vorjahres halten können. Die Hälfte der Kiefern wies 2017 keine sichtbaren Schäden auf, die deutlichen Schäden bleiben bei geringen 5 Prozent. Die Kiefer reagiert allerdings mit reduzierter Triebhängen- und Nadelmassenentwicklung auf Trockenstressbelastung. Die reduzierte Nadelmasse bzw. Blattfläche kommt im wie im Vorjahr stark reduzierten Pflanzenflächen-Index zum Ausdruck. Die Gefährdung der Kiefernbestände durch biotische Schaderreger bleibt auch bei relativ gutem Vitalitätszustand ein Risikofaktor, der ein aktives Waldschutzmonitoring und gegebenenfalls Maßnahmen erfordert.

Indikatoren der Waldzustandserhebung für den Gesamtwald 2013 bis 2017 und Zustandsbewertung der Hauptbaumarten im Jahr 2017

Indikator	Gesamtwald					Kiefer	Buche	Eiche	
	2017	2016	2015	2014	2013	2017			
mittlere Kronenverlichtung	2,4	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2	2,0	3,1	sehr gut
deutliche Schäden	2,4	2,3	2,4	2,4	2,7	1,8	1,9	3,9	
Mortalität	2,7	2,4	2,0	1,8	1,6	1,7	0,8	3,3	gut
Vergilbung* ¹⁾	0,6	0,6	0,6	0,5	0,50	0,5	0,5	1,2	beeinträchtigt
Fruchtifikation	1,2	1,0	0,9	1,4	1,6	1,6	0,6	0,6	
biotische Schäden	1,4	0,7	1,4	2,1	2,7	1,3	0,5	1,6	beschädigt
offener Himmel	2,9	2,4	2,8	2,2	2,3				
Pflanzenflächenindex	3,9	4	3,0	2,5	2,4	Kronenzustandsindex B			gefährdet
Kronenzustandsindex	2,4	2,1	2,1	2,1	2,2	1,7	1,2	2,4	

*¹⁾ im Index nicht berücksichtigt

Die Indikatoren der Waldzustandserhebung ergeben in 2017 ein differenziertes Bild. Über alle Merkmale wird der Waldzustand als „gut“ bewertet. Der zusammenfassende Kronenzustandsindex stieg aber um 0,3 Punkte auf 2,4 und liegt damit nahe der Grenze zum „beeinträchtigten“ Zustand. Kronenverlichtung und deutliche Schäden entsprechen dieser Bewertung als noch „gut“. Dagegen weist die Mortalität auf einen „beeinträchtigten“ Zustand. Eine deutliche Vergilbung an Nadeln bzw. Blättern tritt nicht auf. Die biotischen Schäden sind trotz leichten Anstiegs noch mit „sehr gut“ zu bewerten. Die mittlere Bestandesdichte hat 2017 wieder abgenommen. Der Pflanzenflächenindex an den WZE-Aufnahmepunkten weist weiter eine stark reduzierte Blattflächenentwicklung in 2017 aus. Die klimatische Trockenheit des Vorjahres führte aktuell nicht zu stärkeren Waldschäden. Die Baumarten passen ihre Kronenentwicklung differenziert an die Witterungsbedingungen an. Dabei können die Nadelbäume aufgrund des jährlich nur teilweise erfolgenden Ersatzes der Blattmasse den Trockenstress im Kronenzustand besser abpuffern. Witterungsextreme, wie trockene Frühjahrsperioden, Hitzewellen und

Starkniederschläge werden mit der Klimaerwärmung aber häufiger. Die damit einhergehenden Risiken für die Forstwirtschaft beim Aufbau vitaler, stresstoleranter Wälder müssen durch Sorgfalt bei der Baumartenauswahl, der Auswahl geeigneter Herkünfte, Prüfung der Standorteignung und Pflege der Waldbestände berücksichtigt werden.



1 ERGEBNISSE DER WALDZUSTANDSERHEBUNG 2017

1.1 GESAMTERGEBNIS ÜBER ALLE BAUMARTEN

Seit 2009 ist in Brandenburg das Inventurnetz der forstlichen Umweltkontrolle, in das Messnetz der Bundeswaldinventur (BWI) integriert. An den 42 Probepunkten des systematischen Grundnetzes der BWI im Raster von 16 x 16 km, die gegenwärtig auf Wald treffen, werden jährlich die gleichen Bäume auf ihren Kronenzustand hin bewertet.

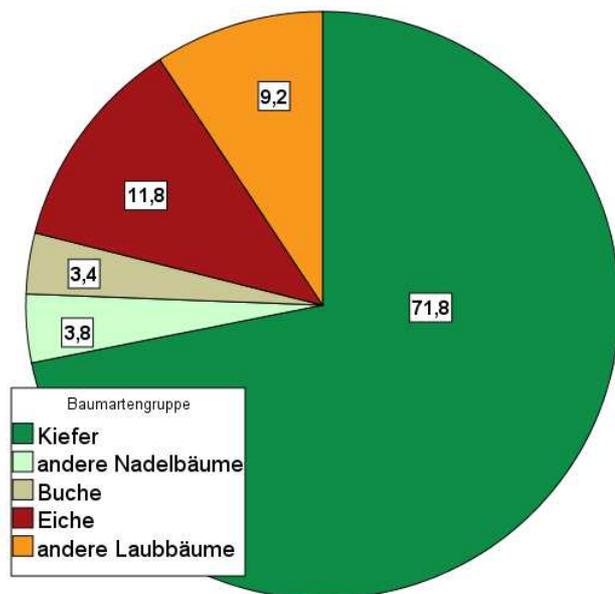


Abb. 1: Anteile der Baumartengruppen in der Stichprobe des Landes Brandenburg in 2017.



Mit der Zufallsauswahl aus dem BWI Grundnetz werden bei reduzierter Netzdichte die Baumartenanteile der Wälder Brandenburgs bei Kiefern, anderen Nadelbaumarten und Buchen gut getroffen; die Eichen sind gegenüber den anderen Laubbbaumarten etwas überrepräsentiert (Abb. 1). Neben den veränderten Aufnahmeorten und der reduzierten Netzdichte wird die Waldzustandsinventur seit 2009 auch von nur einem Aufnahmeteam einheitlich in ganz Brandenburg durchgeführt. Der methodische Bruch der Zeitreihe zur Waldzustandsentwicklung in 2009 ist bei der Interpretation zu berücksichtigen.

Nach einer Erholung bis zum Jahr 1999 stiegen die deutlichen Schäden in Brandenburgs Wäldern bis 2006 kontinuierlich von 7 Prozentpunkten auf 18 Prozent. 2007 und 2008 war eine leicht fallende Tendenz der Schäden auszumachen. Im neuen Netz wurden seit 2009 bei zunächst leicht steigender Tendenz sowohl sehr viel weniger deutliche Schäden, als auch ein deutlich höherer Anteil gesunder Wälder (Schadstufe 0) aufgenommen.

Trotz des leichten Anstiegs der deutlichen Schäden und zunächst wieder sinkender Anteile der Schadstufe 0 seit 2009 weist der Kronenzustand in den letzten neun Jahren stabil eine gute Vitalität der Wälder Brandenburgs aus. Auch 2017 ist gegenüber dem Vorjahr keine größere Veränderung festzustellen. Mit 9 Prozent deutlichen Schäden und 46 Prozent in Schadstufe 0 bleibt der Waldzustand Brandenburgs nahe dem Normzustand, der langfristig bei etwa 10 Prozent deutlichen Schäden gesehen wird.

Die starken Schäden (Schadstufen 3 + 4) sind aber auf 1,4 Prozent (+0,5) angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung bleibt bei 15 Prozent. Der Waldzustand zeigt sich damit trotz z. T. trockener Witterung der zwei Vorjahre aktuell vergleichbar mit der Periode 1996 – 2003, bevor die extremen Trockenjahre 2003 und 2006 zu einem Anstieg der Schäden geführt hatten. Damit bestätigt sich die 2009 getroffene Einschätzung, dass in Brandenburg nicht mehr von Waldschäden als großflächiger Erscheinung gesprochen werden kann (Abb. 2).

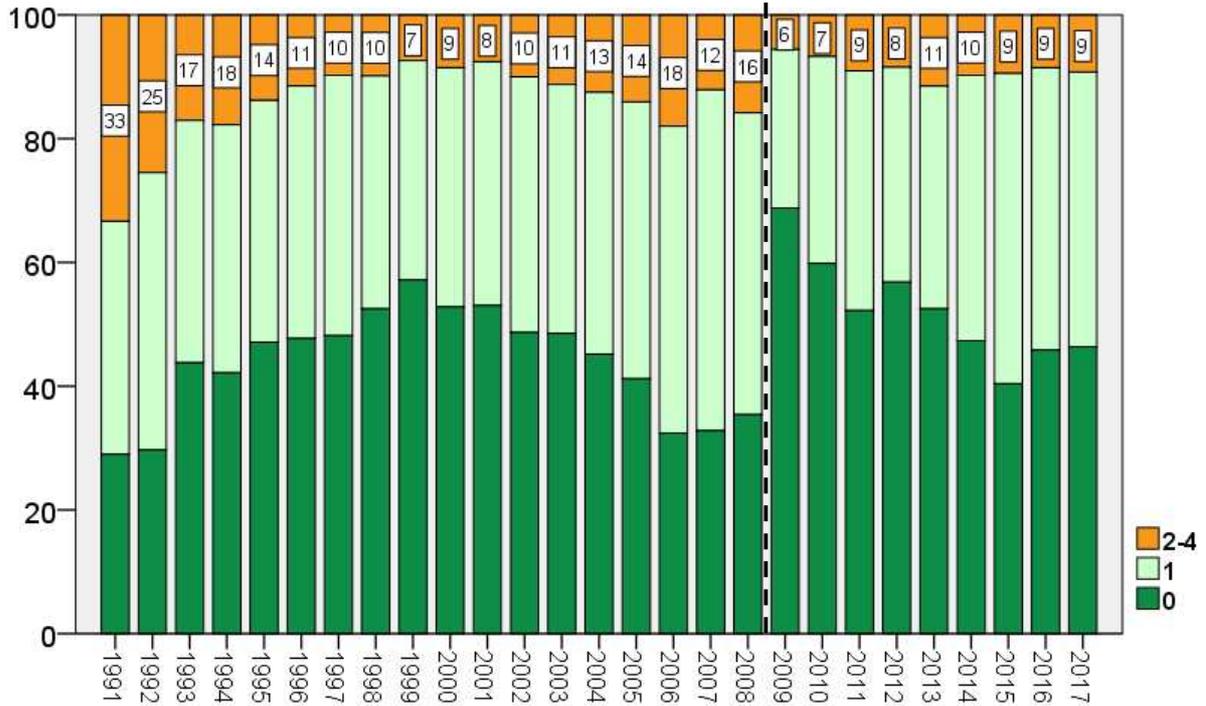


Abb. 2: Entwicklung der Schadstufenanteile für alle Baumarten in Prozent (ab 2009 reduzierte und verlagerte Stichprobe).

1.2 ENTWICKLUNG DES KRONENZUSTANDES NACH BAUMARTENGRUPPEN

Der Kronenzustand der Waldbäume ist nach Baumartengruppen differenziert. Die Nadelbaumarten bleiben mit 15 Prozent auch 2017 geringer verlichtet als die Laubbäume (18 Prozent). Die Anteile deutlicher Schäden der Nadelbäume liegen 2017 bei 6 Prozent, die der Laubbäume mit 19 Prozent weiter erheblich darüber (Abb. 3).

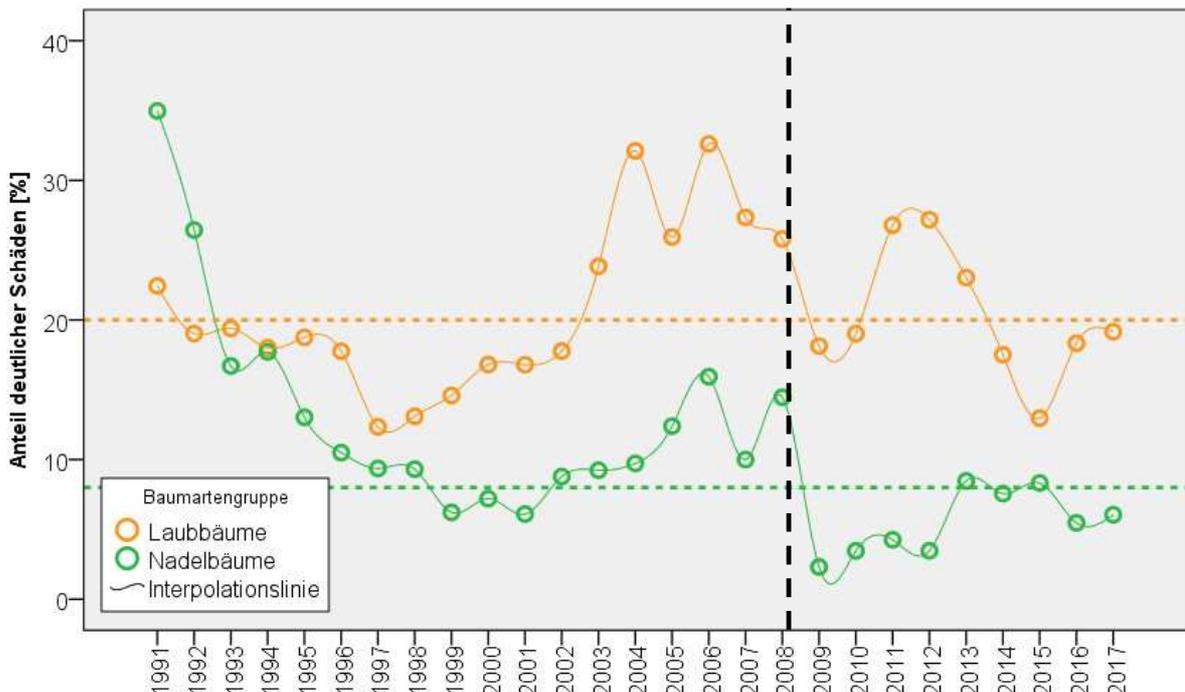


Abb. 3: Vergleich der Entwicklung der deutlichen Schäden von Laub- und Nadelbäumen 1991 – 2017, Bezugslinien markieren den mittleren Anteil deutlicher Schäden der Baumartengruppen sowie den Netzwechsel in 2009.

Der Vergleich beider Baumartengruppen zeigt neben dem erhöhten Niveau der Verlichtung der Laubbäume auch ihre gegenüber den Nadelbäumen schnellere und intensivere Reaktion auf zumeist witterungsbedingten Stress. Durch die Verteilung der Nadeln auf mehrere Jahrgänge können die Kiefern offensichtlich die Blattmassendynamik besser puffern als die Laubbäume, die jährlich ihre gesamte Blattmasse erneuern müssen. Die variabelere Kronendichte der Laubbäume ist weniger ein Effekt ihrer geringeren Vitalität als vielmehr in der unterschiedlichen Strategie der Blattmassenerneuerung begründet. Die alleinige Berücksichtigung der Belaubungsdichte für die Bewertung der Leistungsfähigkeit der Bäume kann zu Fehlschlüssen führen.



Foto: Pixaby.

Bei der jährlichen Waldzustandserhebung werden in Brandenburg neben der aktuellen Kronenverlichtung, die Vergilbung der Nadeln bzw. Blätter als Indiz für Ernährungsstörungen, die Fruktifikationsintensität der Bäume und auftretende biotische Schäden an den Bäumen aufgenommen. Die Kronenverlichtung ist Grundlage der Auswertung von drei Parametern, die jeweils für Gruppen von Bäumen nach Baumarten zusammenfassend Aussagen liefern. Das ist neben der mittleren Kronenverlichtung, der Anteil deutlich geschädigter Waldflächenanteile mit Kronenverlichtungen über 25 Prozent (Schadstufen 2 bis 4) und die Mortalität, d. h. der Anteil der aus der Stichprobe abgestorbenen Bäume.

Zusätzlich werden noch für die beobachteten 6-Baum-Stichproben jährlich hemisphärische Fotos (mit Fischaugen-Objektiv) gemacht und auf dieser Basis sowohl der Anteil offenen Himmels über dem Aufnahmepunkt als auch der Pflanzenflächenindex bestimmt, der sich aus den einseitigen projizierten Blattflächen und den Flächen von Stämmen und Ästen der Bäume zusammensetzt. Damit besteht die Möglichkeit im langfristigen Vergleich die Entwicklung der Bestandesdichte im Wald Brandenburgs zu beobachten. Die Verfolgung des effektiven Pflanzenflächenindex erlaubt einen Vergleich mit der Bewertung der Kronenverlichtung durch die visuelle Schätzung im Boniturbereich. Allerdings ermöglicht die Methodik nicht die individuelle Unterscheidung der Bäume und somit in Mischbeständen keine differenzierte Auswertung nach Baumartengruppen.

In 5-jährigen Perioden werden die Baumdurchmesser der Probestämme gemessen und damit ihr Dickenwachstum kontrolliert. Hierzu liegt bisher aber erst eine Wiederholungsaufnahme vor, die nächste erfolgt in 2018. So werden in der jährlichen Waldzustandserhebung (WZE) durchaus grundlegende Lebensfunktionen der Wälder stichprobenartig beobachtet: Fotosynthesekapazität, Ernährungszustand, Resistenz gegen biotische Schaderreger, Fruktifikation, Holzzuwachs und Mortalität.

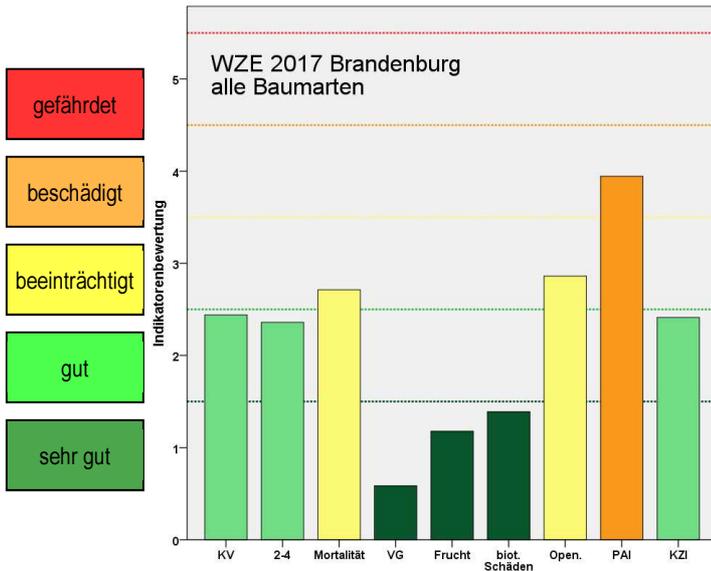


Abb. 4: Indikatorenbewertung und Kronenzustandsindex 2017 über alle Baumarten.

KV = mittlere Kronenverlichtung, 2 - 4 = Anteil deutlicher Schäden, VG = Anteil deutlicher Vergilbung, Frucht = Fruktifikationsintensität, biot. Schäden = Intensität biotischer (Insekten-/Pilz-)Schäden, Open = Anteil offener Himmel, PAI = effektiver Pflanzenflächenindex jeweils bewertet in fünfstufiger Skala

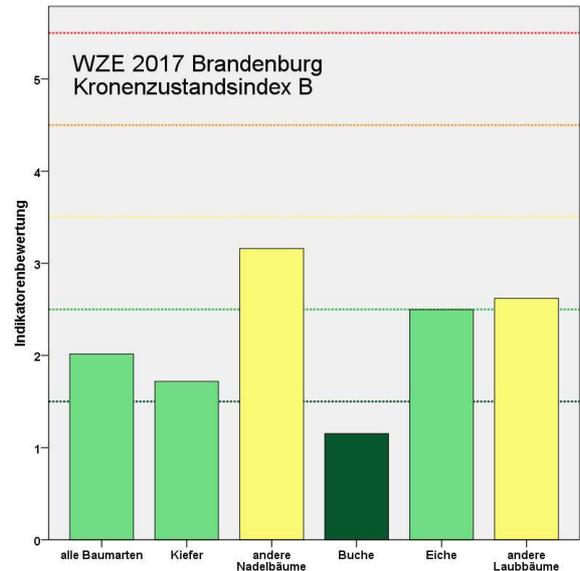


Abb. 5: Kronenzustandsindex B nach Baumarten- gruppen für das Aufnahmejahr 2017.

Mittelwert der Indikatoren KV, 2 - 4, Mortalität, Fruktifikationsintensität und Intensität biotischer Schäden (ohne VG und Bestandesmerkmale Openness und PAI)

Die Aufnahmemerkmale werden für den Nutzer in ein einheitlich wertendes Stufenschema übertragen (Abb. 4). Es reicht jeweils vom definierten Idealzustand 1 (sehr gut 0,5 bis <1,5) bis zum Überschreiten des **langfristig** tolerierbaren Grenzwertes (gefährdet >4,5 – 5,5), der die Gefährdung des Fortbestandes des entsprechenden Waldökosystems bedeutet. Die Ableitung der Indikatorenbewertung wurde im Waldzustandsbericht 2013 vorgestellt.

Die Abb. 4 zeigt das Ergebnis der Merkmalsbewertung aller Baumarten für die einzelnen Indikatoren im Jahr 2017. Die Merkmale mittlere Kronenverlichtung (KV) und Waldflächen-Anteile mit deutlichen Schäden (Schadstufen 2 bis 4) weisen einen noch „guten“ Vitalitätszustand aus. Dagegen ist der Anteil abgestorbener Bäume im Mittel der letzten fünf Jahre (Mortalität) bereits als „beeinträchtigt“ einzuschätzen. Die Mortalitätsrate lag in den Jahren 2016 und 2017 überdurchschnittlich hoch und weist damit aktuell über alle Baumarten eine leicht steigende Tendenz auf. Dieser Anstieg konzentriert sich auf relativ seltene andere Nadelbaumarten, betrifft also nicht die Hauptbaumarten.

Die Merkmale Vergilbung (VG), Fruchtbehang im Mittel der letzten fünf Jahre (Frucht) sowie Anteil deutlicher biotischer Schäden (biot. Schäden) sind als „sehr gut“ zu werten.

Die Bestandesdichte (Openness) ist nach leichter Besserung im Vorjahr 2017 wieder reduziert und wird mit 2,9 als „beeinträchtigt“ bewertet. Der effektive Pflanzenflächenindex (PAI) bleibt auch 2017 auf sehr geringem Niveau und wird weiter als „beschädigt“ bewertet. Die Bewertung der Merkmale Openness und PAI wurde im Hinblick auf die Zielstellung des Waldumbaus in mehrschichtige laubholzreichere Mischbestände etwas über den für die aktuell dominierenden Kiefern-Reinbestände zu erwartenden Werten angesetzt. Trotzdem ist die aktuell anhaltende Verringerung der Blattflächenhaltung kritisch zu betrachten.

An den betreffenden Aufnahmepunkten ist die Openness neben Sturmwürfen überwiegend das Resultat von Nutzungen bzw. Pflegeeingriffen. Der Anteil offenen Himmels über den Aufnahmepunkten war 2015 von 14 Prozent auf 17,5 Prozent angestiegen, sank 2016 durch entsprechenden Einwuchs auf 15,2 %. In 2017 lag sie im Mittel aller Flächen wieder bei 18 Prozent. Die effektive Pflanzenfläche über dem Waldboden blieb bei dem geringen Wert des Vorjahres von nur 2,5, die Bewertung bleibt damit bei „beschädigt“. Gegenüber 2015 sind nur noch 70 Prozent der Blattfläche vorhanden (Abb. 6, 7). Ein Teil des Befundes erklärt sich durch die totale Räumung des Oberstandes an einem Aufnahmepunkt.

Zusammenfassend wird der Kronenzustandsindex als Mittelwert der Indikatoren Kronenverlichtung, Schadstufenanteil 2 bis 4, Mortalität, Fruchtbehang, biotische Schäden, Openness und effektiver PAI gebildet. Auch dieser Index liegt mit 2,4 noch im Bereich der mit „gut“ zu bewertenden Vitalität und blieb in den letzten Jahren trotz leichten Anstiegs relativ stabil (Abb. 8).

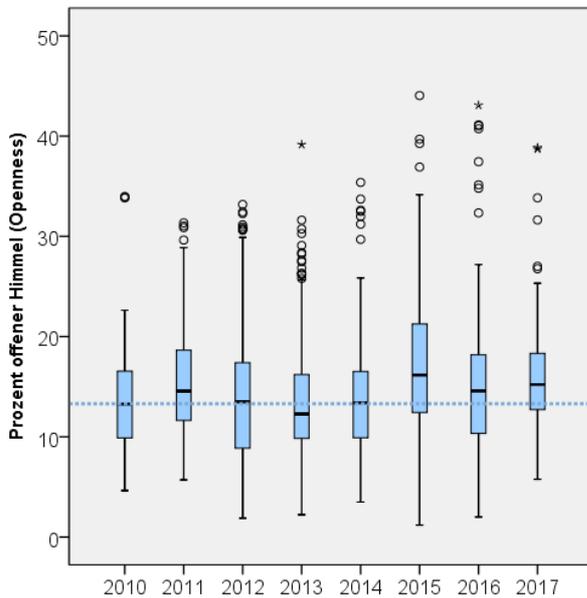


Abb. 6: Entwicklung des Anteils offenen Himmels am Kronendach über den Inventurpunkten der WZE.

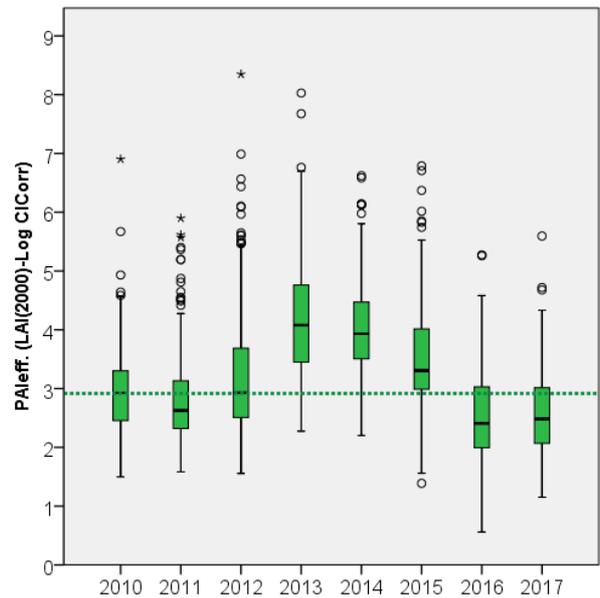


Abb. 7: Entwicklung des effektiven Pflanzenflächen-Index (projizierte Pflanzenfläche/Waldbodenfläche).

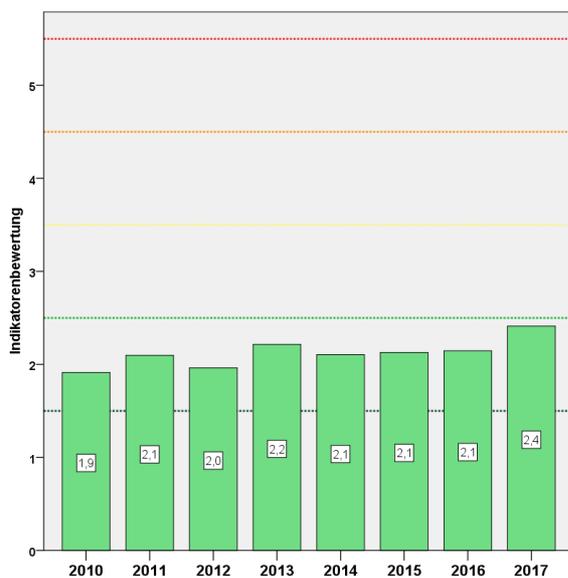


Abb. 8: Entwicklung des Kronenzustandsindex der WZE Brandenburg seit 2010, (Mittelwert der Merkmalsbewertung von mittlere Kronenverlichtung, Anteil deutlicher Schäden 2 - 4, Mortalität, Fruktifikation, biotischen Schäden, Openness und eff. PAI).

Der Kronenzustandsindex nach Baumartengruppen (Abb. 5), der um die Merkmale der Bestandesdichte reduziert ist, weist 2017 für die Kiefern und erstmals wieder für die Eichen einen „guten“ Zustand aus. Die Buchen zeigen sich weiter sehr vital, während andere Nadelbäume und andere Laubbäume aktuell in ihrer Vitalität „beeinträchtigt“ sind.



Abb. 9 : Entwicklung des Kronenzustands-Index B in Brandenburg nach Baumartengruppen und Jahren.

Die Vorstellung der Inventurergebnisse nach Baumartengruppen (Abb. 9, 10) ist nicht ausreichend statistisch abgesichert, um zu einem repräsentativen Ergebnis für Brandenburg zu kommen. Seit 2009 werden

im 16 x 16 km Grundnetz nur wenige Buchen und andere Nadelbäume sowie Eichen und andere Laubbäume erfasst (Tabellenanhang). Da die Stichprobe seit 2009 relativ konstant bleibt, kann deren Entwicklung aber eine wahrscheinliche Tendenz der Zustandsentwicklung beschreiben (Abb. 5, 9). Die Kiefern haben 2017 die Grenze vom „sehr guten“ wieder zum „guten“ Zustand in der Bewertung von 1,5 auf 1,7 überschritten. Bei den anderen Nadelbäumen ist die Vitalitätsbewertung seit 2009 nahezu kontinuierlich schlechter geworden. Mit einem KZI von 3,2 werden sie 2017 als „beeinträchtigt“ ausgewiesen. Für die Buchen dagegen wird seit 2013 nahezu der Idealzustand erfasst. Selbst die Eichen, die seit über einem Jahrzehnt hinsichtlich ihrer Vitalität problematischste Baumartengruppe in Brandenburg, sind 2017 erstmals wieder mit „gutem“ Zustand zu bewerten. Die anderen Laubbäume haben dagegen trotz geringer Veränderung in 2017 die Grenze vom „guten“ zum „beeinträchtigten“ Zustand überschritten.

Die Zeitreihe des Kronenzustandsindex seit 1998 für die Baumartengruppen weist echte Vitalitätsprobleme seither nur bei Eiche sowie relativ kurzzeitig bei sonstigen Laubbäumen aus. Die Trockenjahre 2003 und 2006 wirkten sich bei allen Baumartengruppen auf den Belaubungszustand aus. Sie konnten aber von Kiefern, anderen Nadelbäumen und Buchen im Bereich des „guten“ Kronenzustandes abgepuffert werden, während Eichen anhaltend von 2003 bis 2016 und andere Laubbaumarten von 2002 bis 2008 „beeinträchtigt“ und sogar „beschädigt“ waren. Die Frühjahrstrockenheit 2015 sowie die Hitzewelle im Sommer 2015 hatten im gleichen Jahr noch keinen merklichen Einfluss auf den Waldzustand. Verstärkt durch die erneute Frühjahrs-Trockenheit und durch den warmen Sommer in 2016 reagierten sowohl die anderen Nadelbäume als auch die anderen Laubbäume. Die Kiefern und auch die Eichen blieben bisher relativ stabil. Auffallend ist aber die gestiegene Mortalität bei anderen Nadelbäumen, Eiche und anderen Laubbäumen. Das wird als Indiz für Witterungsstress gesehen.

Die differenzierte Betrachtung der einzelnen Merkmale des Kronenzustandsindikators der Waldzustandserhebung (Abb. 10) weist bei Kiefer auf Probleme mit der Benadelungsdichte, während die biotischen Schäden auf Grund der intensiven Waldschutzüberwachung und gezielten forstsanitären Maßnahmen auf kleine Flächen begrenzt werden konnten (siehe [Waldschutz-Berichterstattung](#)). Dagegen stellt sich die Situation der sonstigen Nadelbäume in 2017 durch einen hohen Anteil Borkenkäferbefall nach z. T. starker Auflichtung abgestorbener Bäume zwar dramatisch dar, relativiert sich aber durch den geringen Stichprobenumfang von nur 37 Bäumen in dieser Baumartengruppe. So wirken sich 5 in 2017 abgestorbene Bäume entsprechend dramatisch aus.

Bei Buche gibt es nach der Mast des Vorjahres noch leichte Defizite in der Belaubungsdichte, bei insgesamt „sehr gutem“ Zustand der wenigen Buchen in der Stichprobe. Die Eichen kommen nach 14 Jahren in 2017 erstmals wieder zu einem „gut“ bewerteten Zustand. Trotz noch recht hoher Kronenverlichtung und deutlichen Schäden nahmen die Mortalität und biotische Schäden ab und die Fruktifikation zu.

Die anderen Laubbäume fielen 2017 durch stärkere deutliche Schäden (2 bis 4), erhöhte biotische Schäden und hohe Mortalität im Mittel der letzten 5 Jahre auf. Damit wurde seit 2008 erstmals wieder die Grenze zum „beeinträchtigten“ Vitalitätszustand überschritten.

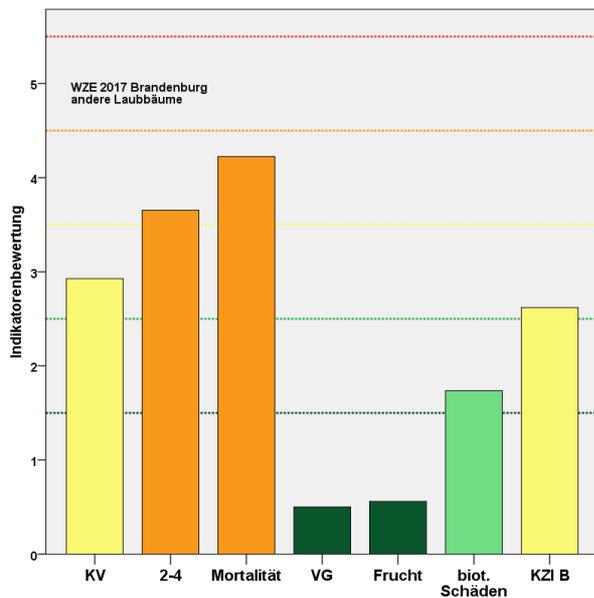
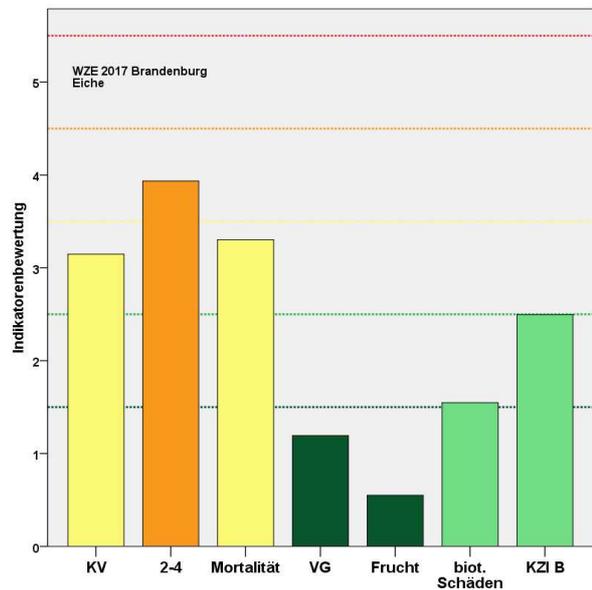
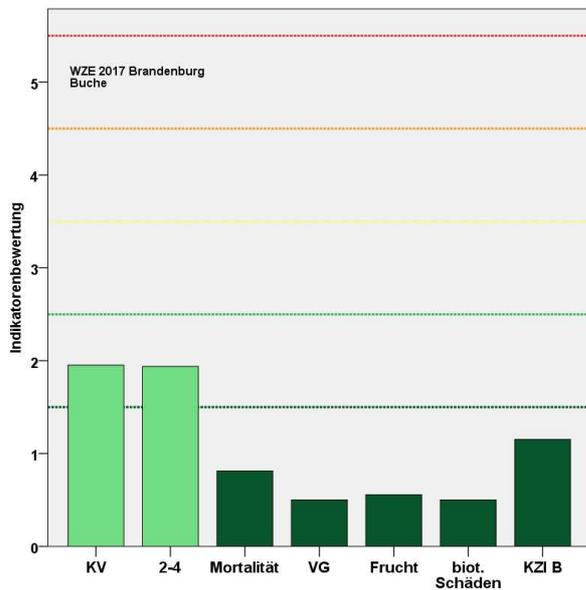
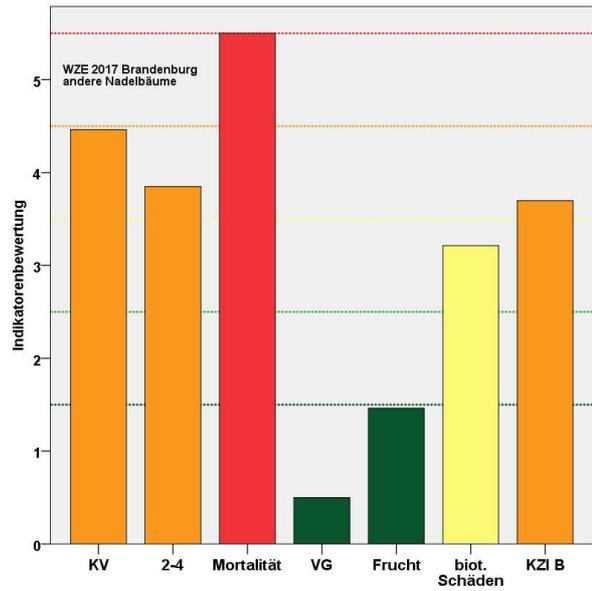
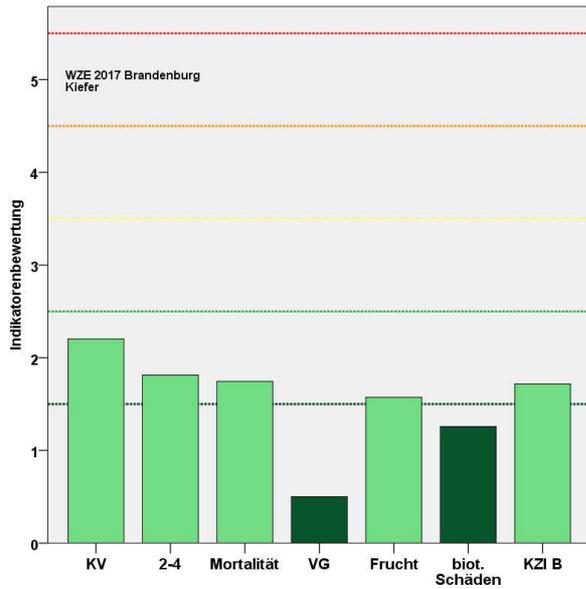


Abb. 10: Kronenzustandsindikatoren 2017 nach Baumartengruppen;
 Bewertungsstufe der Merkmale:
 KV = mittlere Kronenverlichtung
 2 - 4 = Anteil deutlicher Schäden (Schadstufen 2 - 4)
 VG = Anteil deutlicher Vergilbung
 Mortalität = gleitendes 5-jähriges Mittel der Sterberate
 Frucht = gleitendes 5-jähriges Mittel der Fruktifikationsintensität
 biot. Schäden = Intensität biotischer (Insekten und Pilze) Schäden
 KZI B= Kronenzustandsindex nach Baumartengruppen (Mittel der Merkmale KV, 2 - 4, Mortalität, Frucht, biotische Schäden).

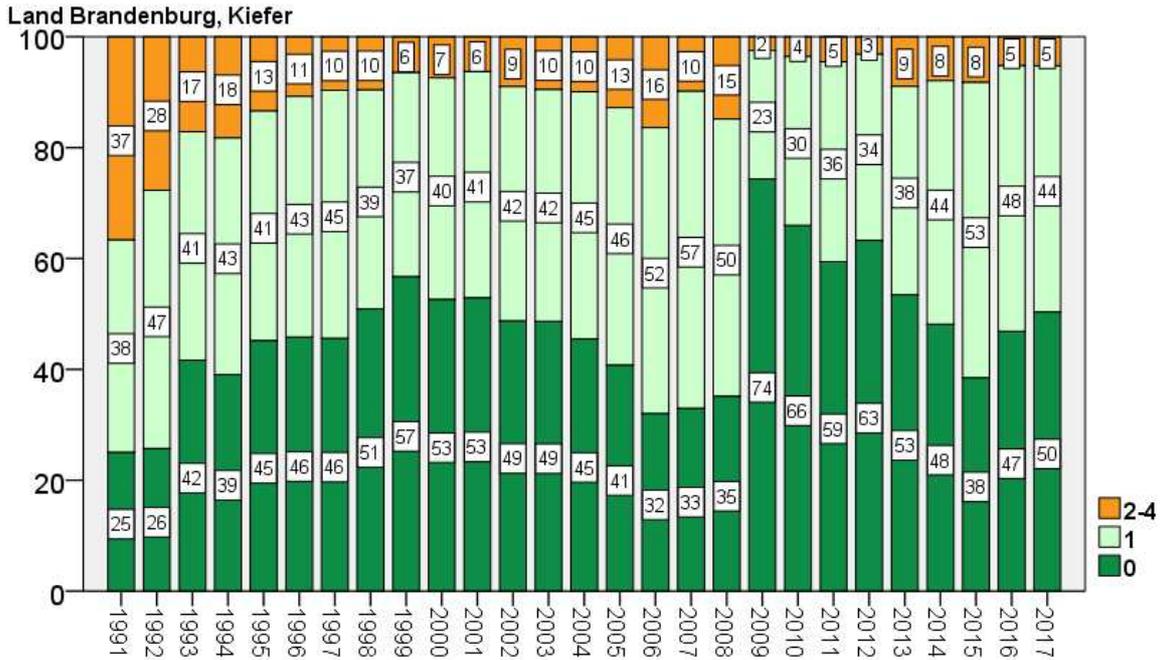


Abb. 11: Entwicklung der Schadstufenanteile der Kiefern in Prozent.

Im Jahr 2017 war der Kronenzustand der **Kiefern** wieder etwas stärker von biotischen Schäden beeinträchtigt und es starben 3 Bäume aus der WZE-Stichprobe ab (0,4 %). Trotzdem bleiben die Schadstufenanteile gegenüber dem Vorjahr nur geringfügig verändert. Der Anteil der Schadstufe 0 stieg wieder auf 50 Prozent.

Mistelbefall

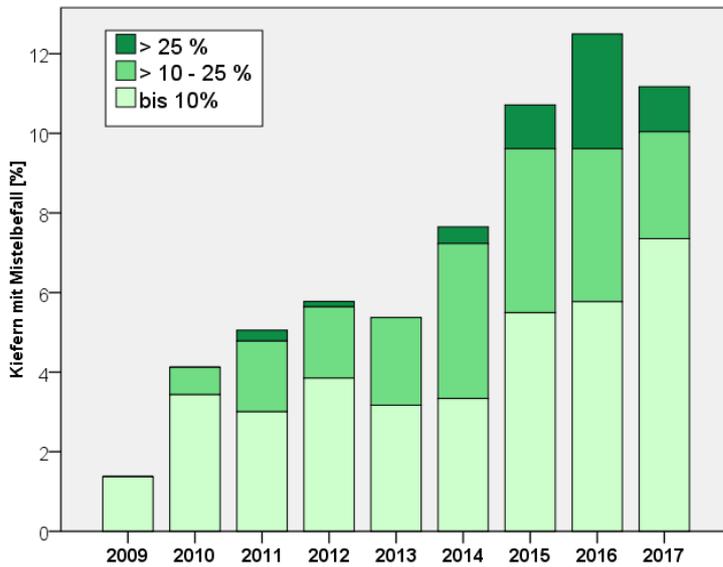


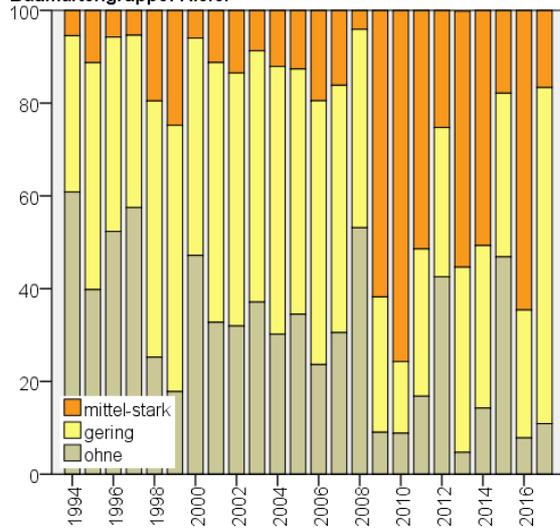
Abb. 12: Anteil des Mistelbefalls der Kiefern nach Intensitätsstufen (in Prozent des Kronenvolumens).

Mistelbefall (*Viscum album*) in einer Kiefernkrone.

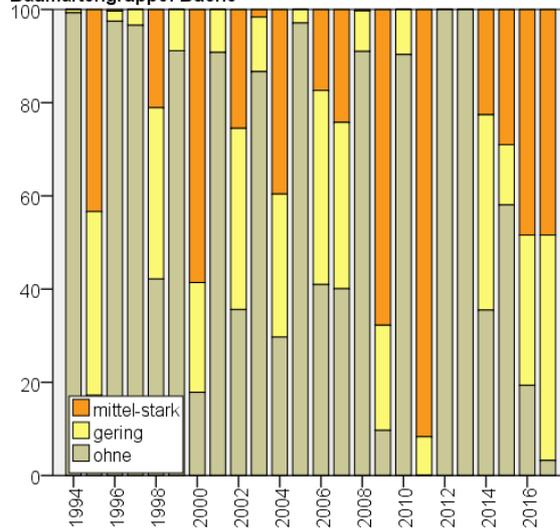
Nicht im Index berücksichtigt wird der Befall mit Mistel, der auch 2017 mit hohen Anteilen beobachtet wurde. Über 11 Prozent der Kiefernkrone sind aktuell mit zumindest einer Mistel befallen (Abb. 12). Während die Kiefern(-nadeln) überaus sparsam mit dem Wasser haushalten, schränkt die Mistel ihren Wasserkonsum auch bei Trockenheit nicht ein. Dadurch schwächt sie in Trockenzeiten ihren Wirt und schafft die Voraussetzung für einen verstärkten Befall durch weitere Misteln. Seit ihrer intensiveren Beobachtung ab 2009 ist in Brandenburg tendenziell steigender Mistelbefall festgestellt worden.

Fruktifikation

Baumartengruppe: Kiefer



Baumartengruppe: Buche



Baumartengruppe: Eiche

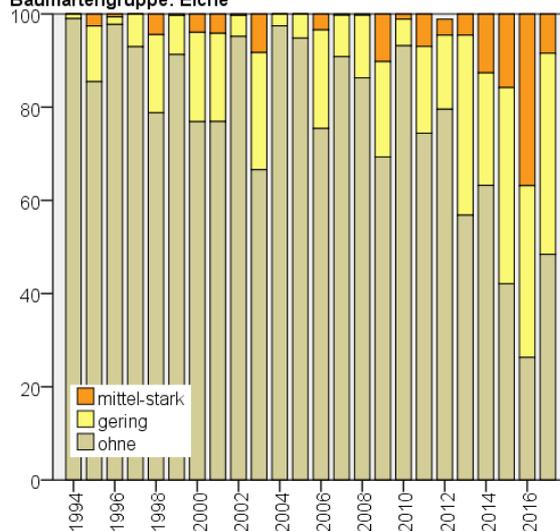


Abb. 13: Fruktifikationsintensität von Kiefer, Buche und Eiche im Altersbereich >60 Jahre

Der Zapfenbehang der Kiefer war 2013 und 2014 relativ hoch. In 2015 waren sowohl die Blühintensität als auch der Behang mit grünen Zapfen deutlich reduziert und stieg nach dem heißen Sommer 2015 in 2016 stark an. In 2017 fiel er wieder deutlich ab (Abb. 13). Eine schlüssige Erklärung für das Fruktifikationsverhalten der Kiefern ist bisher nicht gegeben. Allerdings ist die Intensität der Fruktifikation bei geringerer Kronenverlichtung stärker.

Für die Buchen war die zwei Jahre anhaltende Pause in der Mast von 2012 und 2013 ein wichtiger Schritt zur Regeneration der Belaubungsdichte. Die Teilmasten 2014 und 2015 waren nicht mit reduzierter Belaubungsdichte verbunden. In 2016 sowie auch 2017 trat wieder eine stärkere Buchenmast auf, die nun zu einer reduzierten Blattmasse nicht aber zu stärkeren Schäden führte.

Land Brandenburg, Eiche

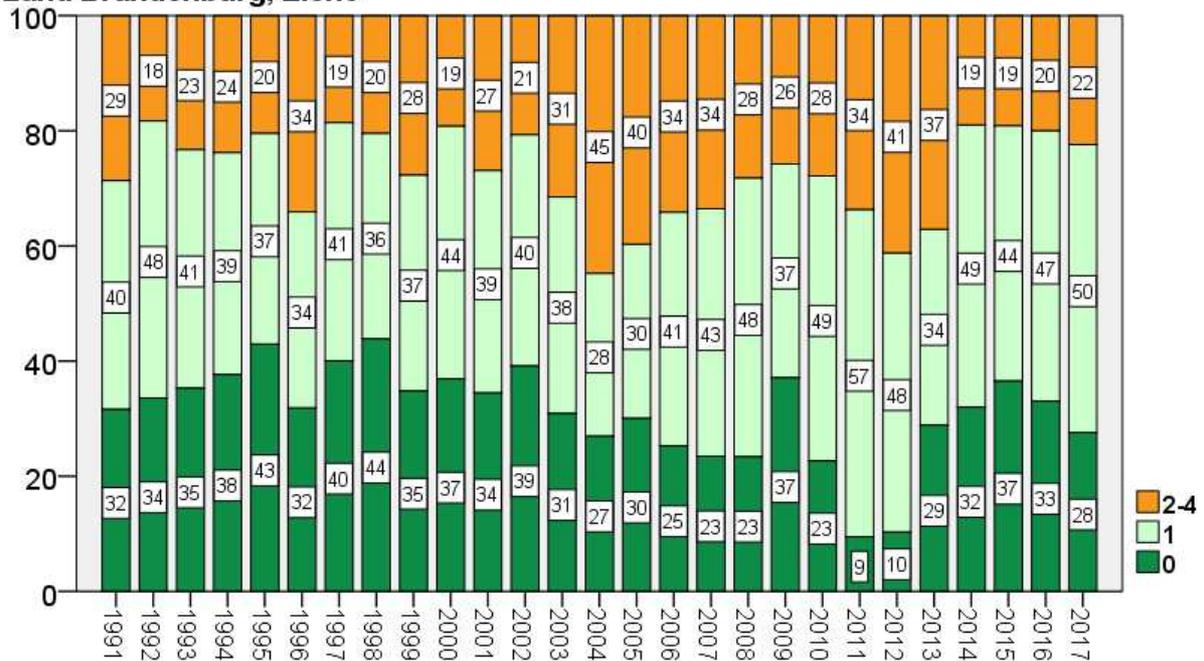


Abb. 14: Entwicklung der Schadstufenanteile der Eichen (Stiel- und Trauben-Eiche) in Prozent.

Gegenüber den Vorjahren sind die Eichen 2017 trotz der Trockenstressbelastung von 2015 und 2016 in einem deutlich besseren Belaubungszustand verblieben. In 2016 war die seit Beginn der Erfassung stärkste Fruktifikation der Eichen festzustellen (Abb. 13). Auch 2017 wurde eine merkliche Fruktifikation erfasst. Die bei allen Hauptbaumarten bemerkbare Steigerung der Fruktifikationsintensität kann mit häufigeren strahlungsreichen und heißen Witterungsperioden im Zuge der Klimaerwärmung in Zusammenhang stehen. Sie ist aber auch Ausdruck einer nach Jahren der Schädigung durch Luftschadstoffe wieder erlangten Vitalität, die es den Bäumen ermöglicht Reservestoffe für die Fruchtbildung zu mobilisieren. Die relativ geringe Intensität biotischer Schäden an den Eichen passt in das aktuell verbesserte Bild der Vitalität der Baumartengruppe.



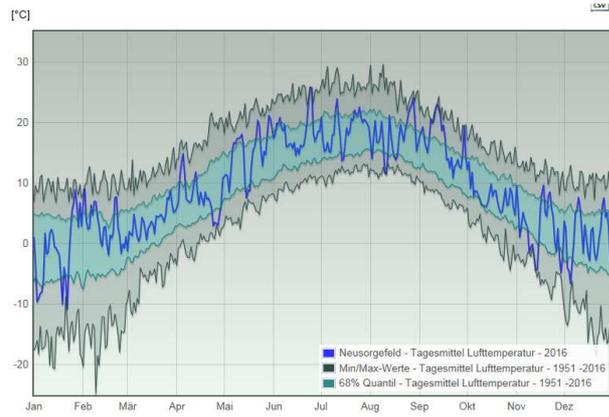
2 ASPEKTE ZU WITTERUNGSVERLAUF UND KLIMAWANDEL

Stand zu Beginn der Waldzustandserhebung vor allem die Luftverschmutzung (saurer Regen, Stickstoff-Eutrophierung und Photooxidantien) im Mittelpunkt der Sorge um den Wald, ist mit zunehmenden Erfolgen bei der Luftreinhaltung der Klimawandel in den Fokus gerückt. Unabhängig von unserem Interesse wirken natürlich alle Standortfaktoren auf den Waldzustand ein.

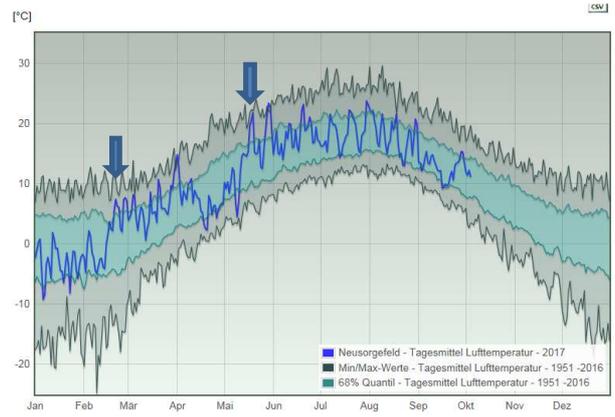
Der Witterungsverlauf hat schnell und unmittelbar Folgen für den Kronenzustand der Waldbäume. In Abhängigkeit von Strahlungseinfall und Lufttemperatur sowie von der Wasserversorgung über Niederschläge können die Pflanzen mehr oder weniger gut Photosynthese betreiben und wachsen. Extreme Witterungsbedingungen hinsichtlich Intensität oder Zeitpunkt des Auftretens können zu Schäden führen, die auf den Kronenzustand Auswirkungen haben. Hierzu gehören Frost, Hitze, Feuer, Sturm, Eis- und Nasseschnee. Nicht minder bedeutend sind aber weniger spektakuläre Aspekte wie ein zeitiges warm-feuchtes Frühjahr, eine Vegetationsperiode ohne längere Niederschlagsdefizite und mit strahlungsreichem milden Verlauf sowie spät einsetzenden Frühfrösten. In einem solchen Idealjahr können die Bäume über einen langen Zeitraum (Vegetationsperiode) Photosynthese betreiben und Stoffe und Energie in Wachstum, Vermehrung und Reservestoffe investieren, sowie zur Abwehr von Schaderregern einsetzen. Ihre Vitalität ist dann entsprechend gut. Umgekehrt führt eine kurze zu trockene Vegetationsperiode, eventuell noch verstärkt um biotische Schaderreger-Gradationen, zu einer Reduzierung der Produktionsleistung. Wachstum und Reservestoff-Vorrat werden eingeschränkt, die Anpassungs- und Abwehrleistung (Vitalität) gegenüber weiteren Schadfaktoren nimmt ab. Der Witterungsverlauf wirkt also nicht nur direkt und unmittelbar auf den Waldzustand ein, sondern hat auch über eine längere Folge von Jahren Auswirkungen auf die Waldökosysteme und den Vitalitätszustand der Wälder.

Die Witterungsverhältnisse haben in unseren Breiten eine charakteristische Rhythmik von Temperatur und Niederschlag, die in Klimadiagrammen in einer Kurve des mittleren Temperaturverlaufs und Balken der monatlichen Niederschlagshöhe dargestellt werden können. Man muss sich aber bewusst machen, dass dieses Klimadiagramm Mittelwerte des Witterungsverlaufs über in der Regel 30 Jahre darstellt und einen sehr breiten natürlichen Schwankungsbereich der Klimaelemente aufweist. Das ist in Abb. 15 für eine der Waldklimastationen Brandenburgs dargestellt. Hier wird dem aktuellen Verlauf von Temperatur und Niederschlagshöhe, sowie für die Rechengröße der klimatischen Wasserbilanz aus Differenz von Verdunstungsanspruch der Atmosphäre und Niederschlagshöhe jeweils die Bereiche der häufigsten (68 % der Messwerte des Beobachtungszeitraums) und z. T. die bisherigen Extremwerte gegenübergestellt. Erst aus diesem Vergleich ergibt sich eine Bewertung eines Witterungsverlaufes als normal bzw. außergewöhnlich.

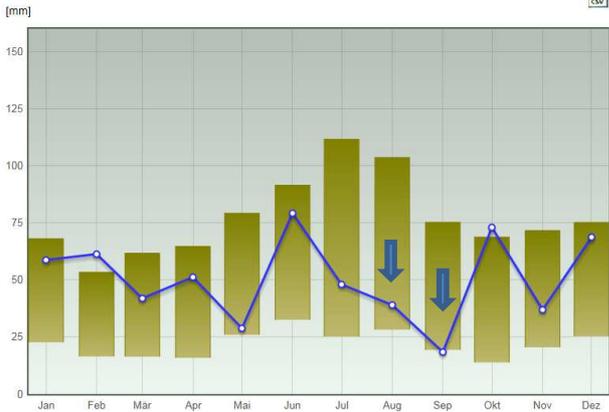
In der Zusammenfassung der Abweichungen von Temperatur und Niederschlag vom langjährigen Mittelwert zu Monatsmitteln bzw. Monatssummen können sowohl der Witterungsverlauf im Beobachtungsgebiet als auch die aufgetretene Schwankungsbreite zwischen den Waldklimastationen in Brandenburg und Berlin beurteilt werden (Abb. 16).



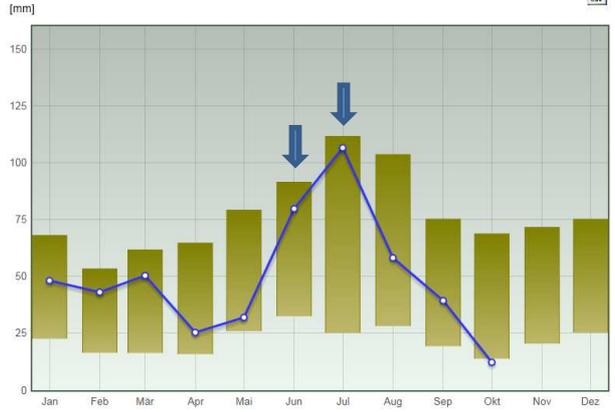
Tagesmittel der Lufttemperatur 2016



Tagesmittel der Lufttemperatur bis 01.10.2017



Monatssummen der Niederschläge 2016



Monatssummen der Niederschläge bis 01.10.2017



Klimatische Wasserbilanz 2016



Klimatische Wasserbilanz bis 01.10.2017

Abb. 15: Witterungsdaten der Waldklimastation Neusorgefeld für die Jahre 2016 und 2017 jeweils dargestellt im Vergleich zum mittleren Verlauf (68 % Quantil), bei Temperatur und klimatischer Wasserbilanz einschließlich bisheriger Extremwerte im Zeitraum seit 1951. Aktuell abrufbar unter www.forstliche-umweltkontrolle-bb.de

Nachdem sich **Februar bis April 2014** ungewöhnlich mild und relativ trocken zeigten, holte der Mai einen Teil des Niederschlagsdefizits wieder auf. Die Vegetationsperiode 2014 war insgesamt mild und feucht. Herbst und Winter 2014/2015 blieben niederschlagsnormal bei etwa 2 °C zu milden Temperaturen. Das **Frühjahr 2015** war wieder trocken aber kühl. Da bis in den Mai Bodenfröste auftraten, war die phänologische Entwicklung 2015 entsprechend dem langjährigen Mittel. Noch am 17.06.2015 sank an der Station Kienhorst (Schorfheide) die Lufttemperatur unter 0 °C. Die Vegetationsperiode blieb hinsichtlich der Niederschläge insgesamt trocken bis normal, besonders der August stach durch hohe Temperaturen hervor. Auch der **Winter 2015/2016** war wieder außergewöhnlich mild. Nur Anfang und Mitte Januar traten zwei kurze Frostperioden mit geringem Schneefall auf. Das Frühjahr war nach normalen bis hohen Niederschlägen von September bis Februar wiederum mild, sonnenscheinreich und niederschlagsnormal. Der Vegetationsbeginn blieb wie 2015 Anfang April im Normalbereich. Insgesamt war die Vegetationsperiode 2016

sehr trocken und warm. Der **Winter 2016/2017** blieb etwa 1 °C über dem langjährigen Normal bei normalen Niederschlägen. Dem schloss sich ein außergewöhnlich mildes Frühjahr (Februar – April) mit einer längeren Trockenperiode von Mitte April bis Mitte Mai an. Mit sehr hohen Niederschlägen war der Sommer in Brandenburg/Berlin ausgesprochen nass, aber auch um 1 °C wärmer als normal. Charakteristisch waren die ständigen Wechsel von kühler und milder Witterung (Abb. 16).

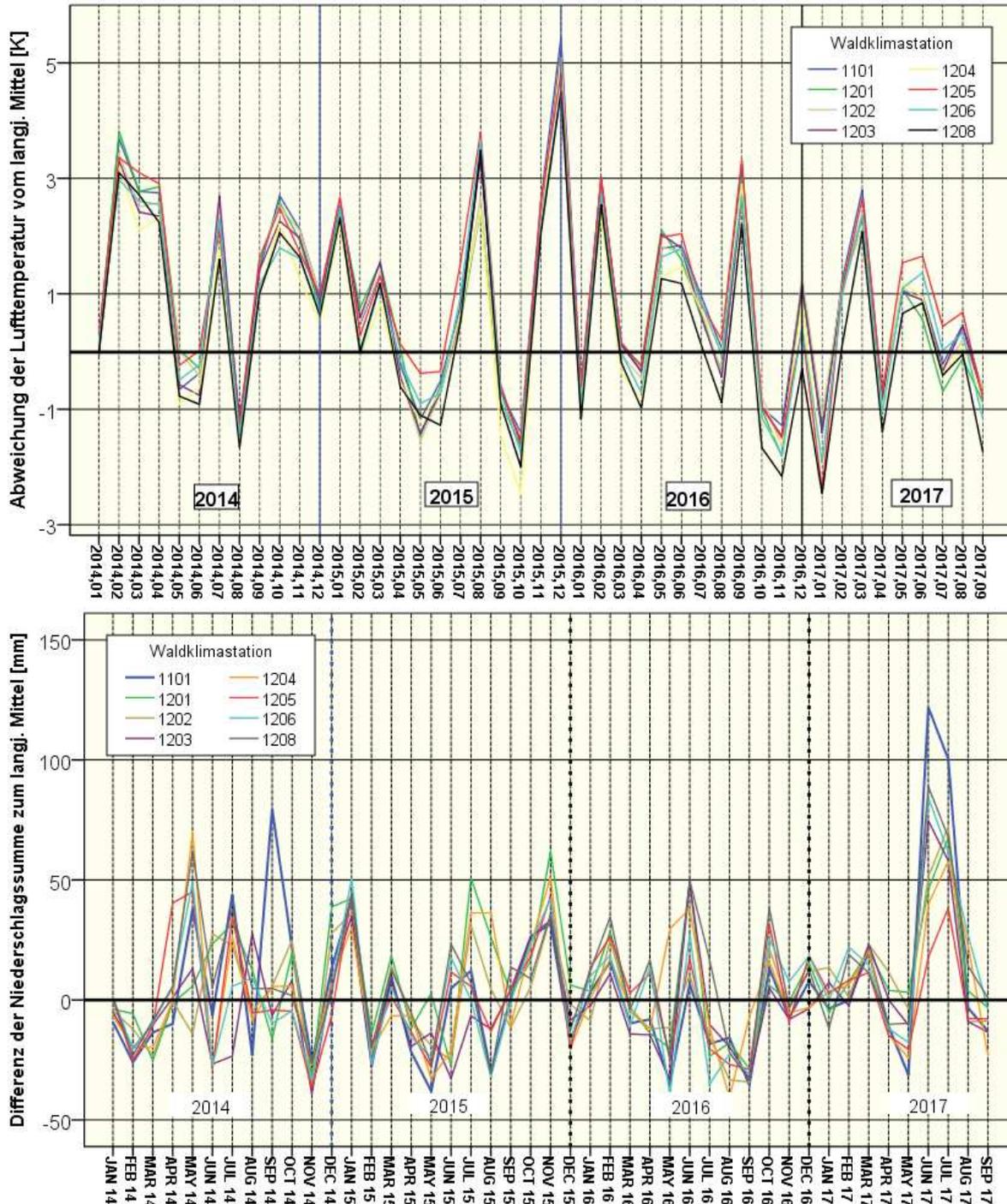


Abb. 16: Abweichungen vom langjährigen Mittel (1951 - 2013) von Januar 2014 - September 2017 an den Waldklimastationen von Brandenburg und Berlin,
 a) der Monatsmitteltemperatur in K,
 b) der Niederschlagshöhe in mm.

Noch klarer stellt sich die Entwicklung bei Zusammenfassung nach Vegetationsperioden dar. Danach war die Vegetationsruhe 2014/2015 sehr mild, die Vegetationsruhe 2015/2016 ähnlich mild und nur in der Vegetationsperiode 2016 an einigen Stationen über 1 K gegenüber dem langjährigen Mittel wärmer. Im Vergleich der Niederschlagshöhen überwiegen positive Abweichungen in den Vegetationsperioden 2014 und 2017 während in 2015 eher Niederschlagsdefizite auftraten und 2016 bei hohen Temperaturen geringe Niederschläge fielen. Dabei gab es Differenzierungen zwischen den Klimastationen (Abb. 17, 18).

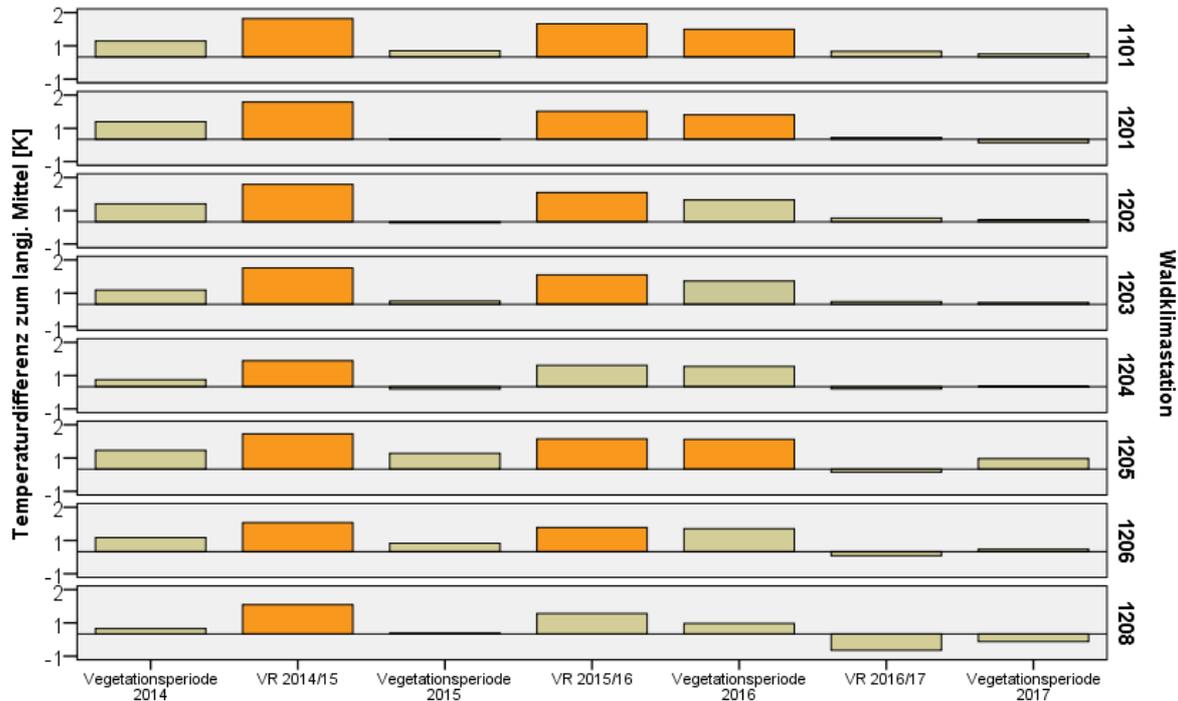


Abb. 17: Temperaturdifferenzen [K] zum langjährigen Mittel nach Vegetationsperioden 2014 - 2017
VR = Vegetationsruhe Oktober-März, orange Markierung Differenz >1 K, blau <-1 K

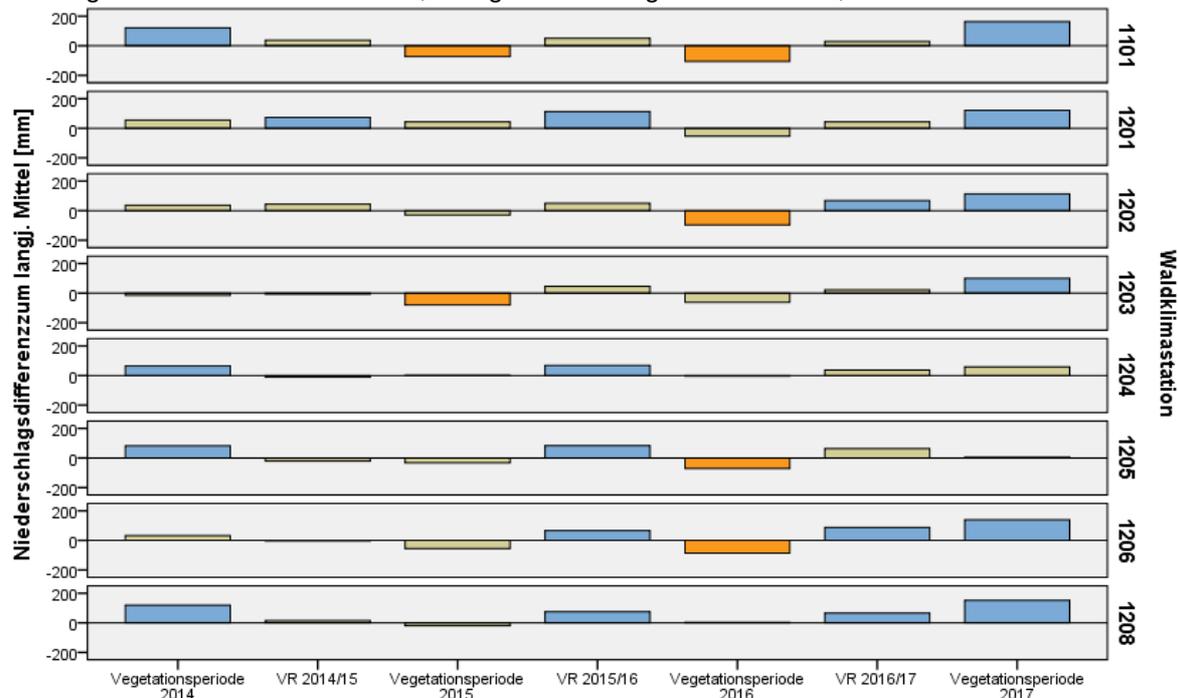


Abb. 18: Niederschlagsdifferenzen [mm] zum langjährigen Mittel der Niederschlagshöhe nach Vegetationsperioden 2014 – 2017, orange Markierung negative Abweichung >20 Prozent% (trocken), blaue Markierung positive Abweichung >20 Prozent (feuchter)

Der kontinuierliche Anstieg der Lufttemperaturen im 30-jährigen Mittel der Vegetationszeit setzt sich fort (Abb. 19). Das gleitende 30-jährige Mittel der Niederschlagshöhe in der Vegetationszeit weist nach anfänglichem Rückgang seit 2001 für die Waldklimastationen Brandenburgs eine steigende Tendenz auf (Abb. 20). Es wird also weiter milder, nicht aber trockener. Auffallend sind hinsichtlich Intensität und Häufung zunehmende Witterungsextreme einschließlich Starkregen.

Nach einer Periode außergewöhnlich negativer Wasserbilanzen von 2003 bis 2009 waren die Jahre 2010 bis 2014 eher durch positive Abweichungen vom langjährigen Mittel gekennzeichnet. In den Vegetationsperioden 2015 und 2016 ist die klimatische Wasserbilanz in Neusorgefeld in Folge wieder unter -200 mm gefallen ohne damit aber einen Extremwert zu erreichen (Abb. 21).

Die Stress-Häufungen der Jahre 1996, 2003, 2006 und 2010 können als wiederholte Störungen für die Vitalität weniger toleranter Baumarten eine große Rolle spielen. Das scheint neben den anderen Laubbaumarten besonders für die Eichen zu gelten.

Gleitendes 30jähriges Mittel der Lufttemperatur Neusorgefeld

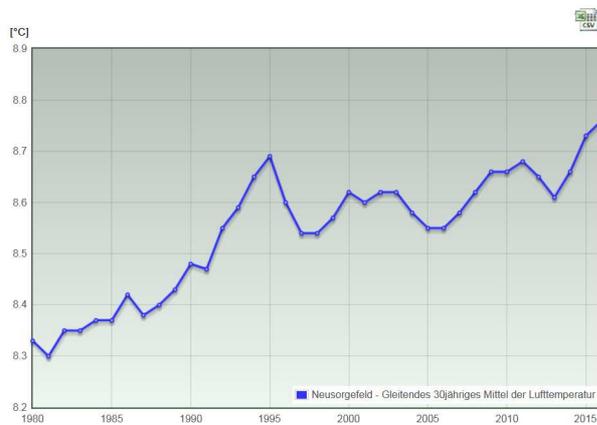


Abb. 19: Trend der Jahresmitteltemperatur an der Level II – Freifläche Neusorgefeld

Gleitendes 30jähriges Mittel der Niederschlagshöhe Neusorgefeld



Abb. 20: Trend der Höhe des Jahresniederschlags an der Level II – Freifläche Neusorgefeld

KWB Vegetationsperiode Neusorgefeld

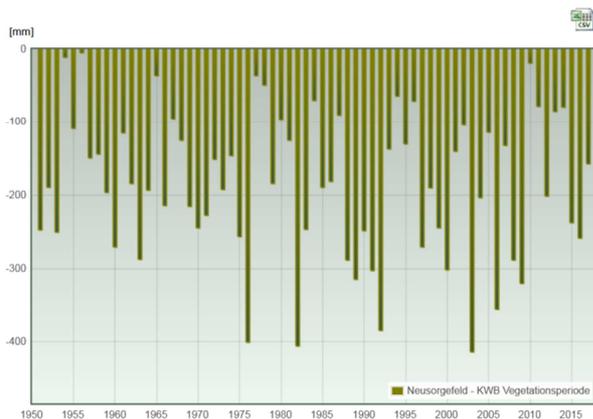


Abb. 21: Klimatische Wasserbilanz (Niederschlag-Verdunstung) der Vegetationsperiode ril - September) von 1951 - 2017 an der Waldklimastation Neusorgefeld

3 STREUFALL-MONITORING IN DER FORSTLICHEN UMWELTKONTROLLE

3.1 Einführung

Im Ökosystem Wald produzieren Pflanzen mittels Sonnenenergie aus Kohlendioxid und Wasser Zucker. Dazu bauen sie eine lichtabsorbierende Struktur von Blattflächen und Tragwerk auf, die auf eine Optimierung von Energiegewinn und Erhaltungsaufwand ausgerichtet ist. Bäume haben dabei mit dem langfristig stabilisierend wirkenden Holz, das im toten Zustand keinen Energiebedarf hat, einen entscheidenden Vorteil gegenüber krautigen Pflanzen, die zumindest in nördlichen Breiten jährlich den gesamten oberirdischen Teil ihres Organismus erneuern müssen. Die Lebensdauer von Pflanzen bzw. deren Organen ist aber auch bei Bäumen begrenzt. So erneuern die sommergrünen Laubbäume ihre Blattorgane jährlich für eine Lebensdauer von wenigen Monaten. Die Lebensdauer der Blätter immergrüner Nadelbäume erreicht bei Kiefer immerhin drei Vegetationsperioden, bei Fichte sogar acht. Während die Blätter der Bäume also eine regelmäßige Erneuerung erfahren, altern und wachsen die Bäume, reifen heran und kommen in die reproduktive Phase, in der sie Blüten und Früchte mit Samen bilden. Mit dem Wachstum zum Licht dunkeln tiefer gelegene Kronenteile aus und sterben ab, werden Triebe und Zweige aktiv abgegliedert. Mit dem Dickenwachstum reißt bei einigen Baumarten, wie der Kiefer das Periderm kontinuierlich auf und bildet Schuppenborke. Sowohl Blätter, abgestorbenes Holz der Zweige und Äste, Blütenreste, Früchte und Samen, sowie Borkenschuppen der Bäume fallen auf den Waldboden und bilden mit den toten Resten der Bodenvegetation die Streuauflage.

Im Regelfall gehen dem Abwurf der Blätter und Triebe im Verlauf der Seneszenz umfangreiche Abbauprozesse und Stoffverlagerungen in den Stamm voraus, die wertvolle Stoffe und Energie für das Überleben und die Fortpflanzung der Pflanze sichern. Deshalb ist die stoffliche Zusammensetzung der Streuallfraktionen nicht vergleichbar mit der der entsprechenden Organe am lebenden Baum.

Abweichungen gibt es hierzu bei mechanischen Verletzungen durch Bruch (Peitsch-Schäden, Schneebruch, Hagelschlag) bei biotischem Schaderregerbefall wie Fraß (z. B. Waldgärtner, Nadelscheidengallmücke) oder Pilzbefall (z. B. Diplodia-Triebsterben), aber auch Spätfrost, Hitze, akuter Trockenstress und Feuer, die als Störungen den ‚normalen‘ Ablauf von Werden und Vergehen im Wald beeinflussen, im Grunde aber dazu gehören. Dieses Störungsregime wird vom Menschen durch die Holznutzung, die stoffliche Beeinflussung über Luftverunreinigungen, Pestizid- und Düngemiteleinsetz, den Klimawandel und Eingriffe in den Wasserkreislauf überlagert, was zumeist zu zusätzlichen Risiken für das Systemverhalten führt.

Nach dem ICP-Forests-Manual¹ verfolgt das forstliche Umweltmonitoring die Streuallmenge und ihre chemische Zusammensetzung sowohl an verschiedenen Waldökosystem-Kontrollflächen (Level II-Plots) als auch in ihrer zeitlichen Entwicklung. Das ermöglicht:

- Die Quantifizierung der Streuallmenge des jeweiligen Plots in kg/m².
- Die Untersuchung der lokalen jahreszeitlichen Variation der Streuallkomponenten.
- Die Messung der Entwicklung der chemischen Zusammensetzung des Streualls, bzw. seiner Komponenten und über die Massen auch der Elementmengen im Streuall.
- Die Messung der Blattfläche die von den Bäumen jährlich abgeworfen wird, was bei Laubholzplots die Berechnung des Blattflächenindex (LAI) aus dem Streuall erlaubt.
- Die Quantifizierung der Samenmenge bzw. der Fruktifikationsintensität.

Die Auswertung dieser Daten erlaubt:

- Vergleiche der Streuallmengen einer Baumart über Breiten- und Längengradienten ihres Vorkommens.

¹ Ukonmaanaho L., Pitman R., Bastrup-Birk A., Breda N., Rautio P., 2016: Part XIII: Sampling and Analysis of Litterfall. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordination Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute for Forests Ecosystems, Eberswalde, Germany, 15 pp. [<http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>]

- Untersuchungen der Bezüge zu Insektenschäden, Witterungsphänomenen, Bodenzustandsänderungen und Klimaänderung sowohl im zeitlichen Vergleich eines Plots als auch über Vergleiche verschiedener Plots unterschiedlicher Luftschadstoffbelastung.
- Ein besseres Verständnis der Rolle des Streufalls im Stoffkreislauf über Gradienten von Temperatur, Bodenfeuchte und Bodenart, insbesondere der Kenntnisse zum Stickstoff-, Phosphor- und Kohlenstoff-Kreislauf.
- Genauere Schätzungen der Effekte der jährlichen Variation der Blattfläche (LAI) bei Wasser- und Stoffhaushalts-Modellierungen.

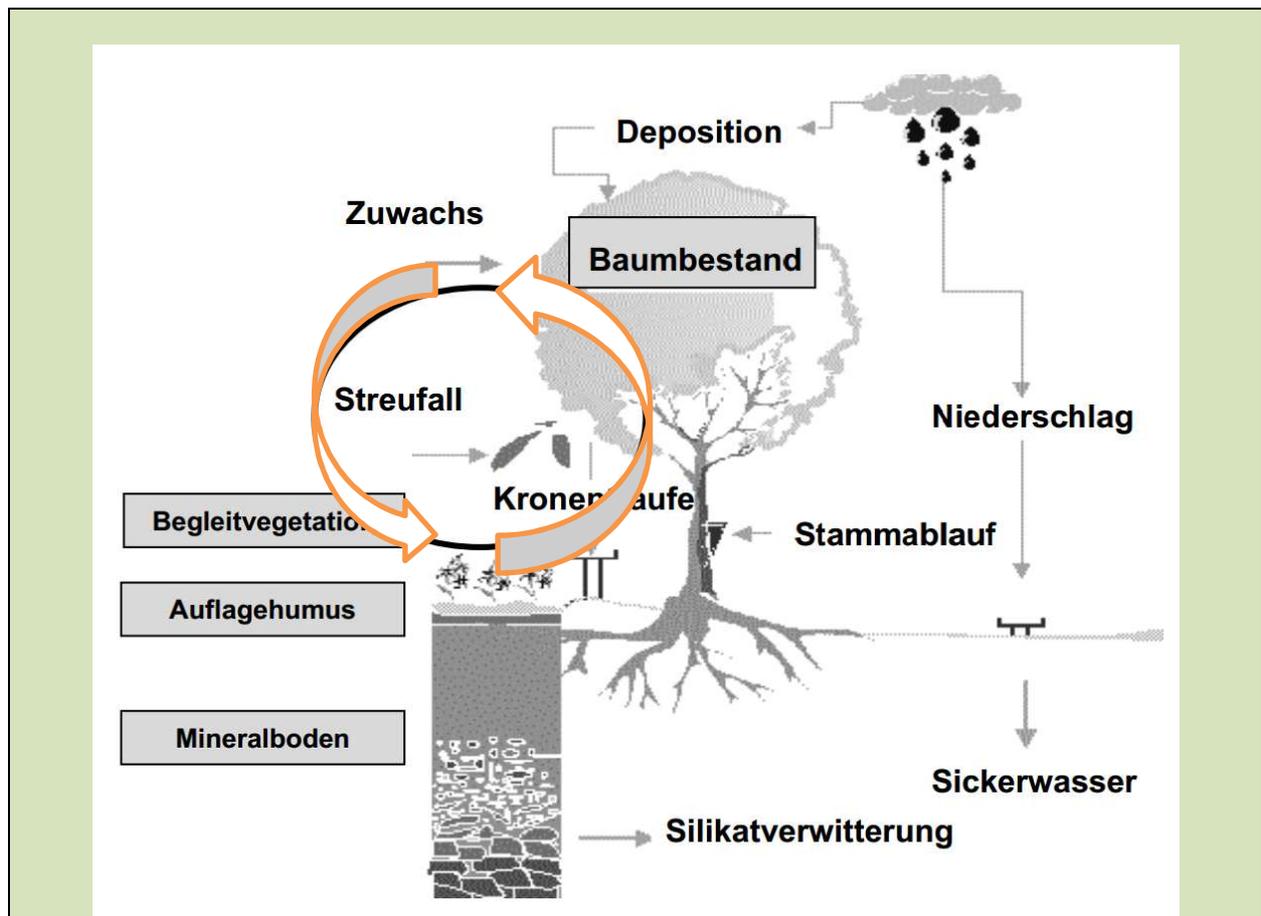


Abb. 22: Stellung des Streufalls im Stoffhaushaltsmodell des Waldes. (Bolte, A., Schall, P.: *Script zu Stoffhaushalt von Waldökosystemen*, Univ. Göttingen 2008/2009)

Der oberirdische Streufall der Baumschicht erfasst den Teil der jährlichen Investitionen in den Baustoffwechsel der Baumschicht, der dem Erhalt der assimilierenden Blattfläche sowie der Reproduktion durch Blüte, Früchte und Samen dient. Er ist zu unterscheiden vom Zuwachs, in dem langfristig Stoffe akkumuliert und gebunden werden. Im Unterschied zum großen Stoffkreislauf des Baumbestandes von der Keimung bis zum Tod und Zerfall des Baumbestandes wird der über Streufall und Streuabbau recycelte Stoffumsatz als kleiner (kurzfristiger) Kreislauf bezeichnet.

Mit den Erhebungen zum Streufall werden weder der Beitrag der Bodenvegetation zur oberirdischen Streu noch die Wurzelstreue erfasst. Dabei ist interessant, dass die Lebensdauer der Feinwurzeln bei den immergrünen Koniferen deutlich geringer ist als die der Laubbäume. Hier scheint sich das Verhältnis des Investitionsaufwandes gegenüber der Blätterneuerung umzukehren. Der hohe Aufwand zur Erfassung des unterirdischen Wurzelzuwachses und des Feinwurzelumsatzes sowie der Exsudation von Kohlenstoffverbindungen an der Grenzfläche Wurzel-Boden, die Wechselwirkung mit Mykorrhizen und Bodenbakterien die im

Grunde zum Stoffkreislauf im Ökosystem gehören, werden bisher durch das Monitoring im Bodenkompartiment nicht verfolgt. Man bedient sich hier der Annahme einer Black-Box und schlägt sowohl lebende wie tote organische Substanz dem Boden zu bzw. kalkuliert die Wurzel-Biomasse mit Hilfe von allometrischen Beziehungen zum oberirdischen Baumholzvolumen. Für die Bodenvegetation, die gerade in den lichten Kiefernwäldern einen erheblichen Anteil an der Stoffproduktion und dementsprechend am Wasser- und Nährstoffumsatz des Ökosystems hat, wurden Modelle zu Nährstoffvorrat und Umsatz auf Basis von Artengruppen und Wuchshöhe (Vitalität) entwickelt, die näherungsweise ihren Beitrag am Stoffhaushalt kalkulieren lassen².

3.2 Methodik des Streufall-Monitoring

An den Level II-Flächen wird der Streufall mit mehreren am Waldboden aufgestellten Sammelbehältern mit einer definierten Öffnungsweite aufgefangen, die in monatlichen Perioden zur Massebestimmung und Analytik geleert werden. Die Zahl der Behälter ist deshalb von Bedeutung, weil die Bäume im Bestand nicht regelmäßig verteilt sind und sie zudem deutlich größer sind als die Sammleroberfläche. So ist eine gewisse räumliche Heterogenität auch des Streufalls zu erwarten. Die in Brandenburg verwendeten Sammler haben eine quadratische Auffangfläche von 50 x 50 cm (0,25 m²). Begonnen haben wir unsere Beobachtungen zunächst mit 6 Sammlern je Fläche, deren Menge einzeln erfasst wurde, heute verwenden wir 12 Sammler und stellen daraus 3 Mischproben zusammen, die einzeln aufgearbeitet und analysiert werden.

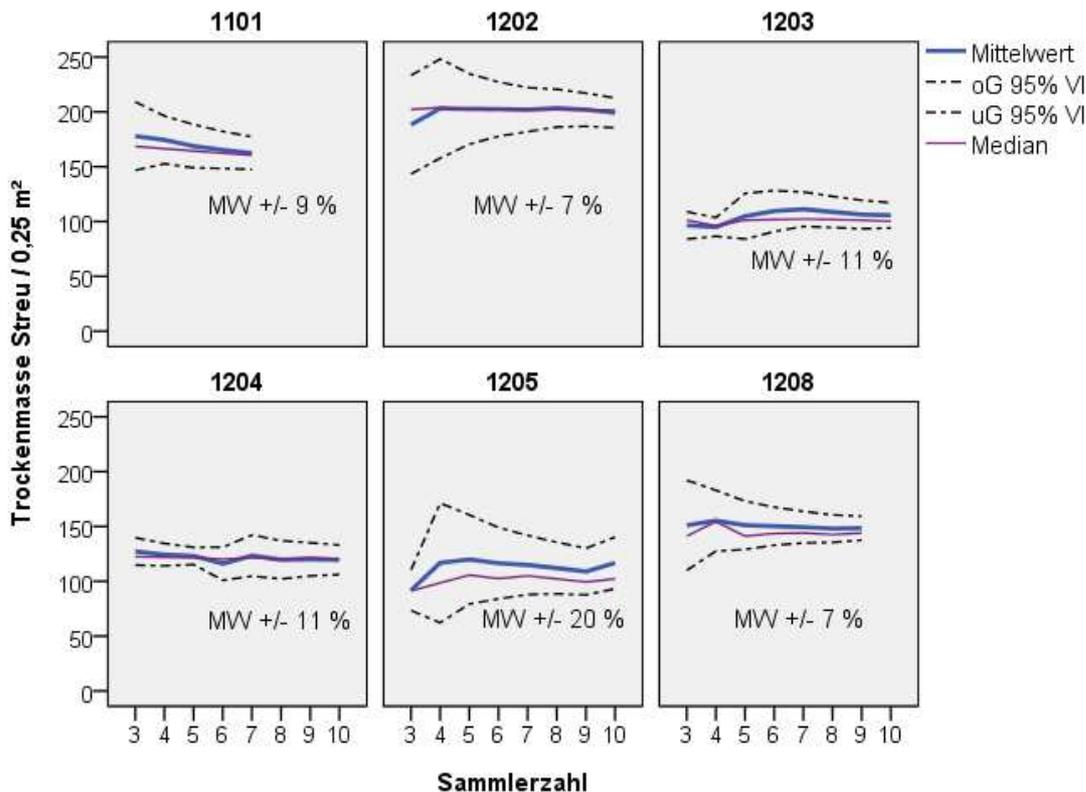


Abb. 23: Streufall-Trockenmassen je Sammler (0,25 m²) im Streufalljahr 2015, Entwicklung von Mittelwert, Median und 95 %-Vertrauensintervall des Mittelwertes bei Berücksichtigung von 3 - max. 10 Sammlern; Anmerkungen geben Vertrauensintervall bei maximaler Sammlerzahl an.

² Bolte A, Lambertz B, Steinmeyer A, Kallweit R, Meesenburg H (2004) Zur Funktion der Bodenvegetation im Nährstoffhaushalt von Wäldern – Studien auf Dauerbeobachtungsflächen des EU Level II-Programms in Norddeutschland. Forstarchiv 75:207–220

Die Abb. 23 zeigt den Einfluss der verwendeten Sammlerzahl auf die richtige Erfassung der Streufallmasse anhand der gemessenen Daten an den Level II-Flächen. Der Median der Streufallmasse wird relativ stabil bereits bei wenigen Sammlern getroffen, während das 95 Prozent Vertrauensintervall mit etwa +/- 10 Prozent in der Regel bei mehr als 6 Sammlern erreicht wird und auch mit mehr Sammlern nicht deutlich reduziert werden kann.

Die 3 Streuproben von jeweils 4 Sammlern werden nach der Entnahme in Papiertüten zum Labor transportiert, bei 70 °C getrocknet und gewogen. Die trockenen Streuproben werden in die Fraktionen nach Abb. 24 getrennt und gewogen.

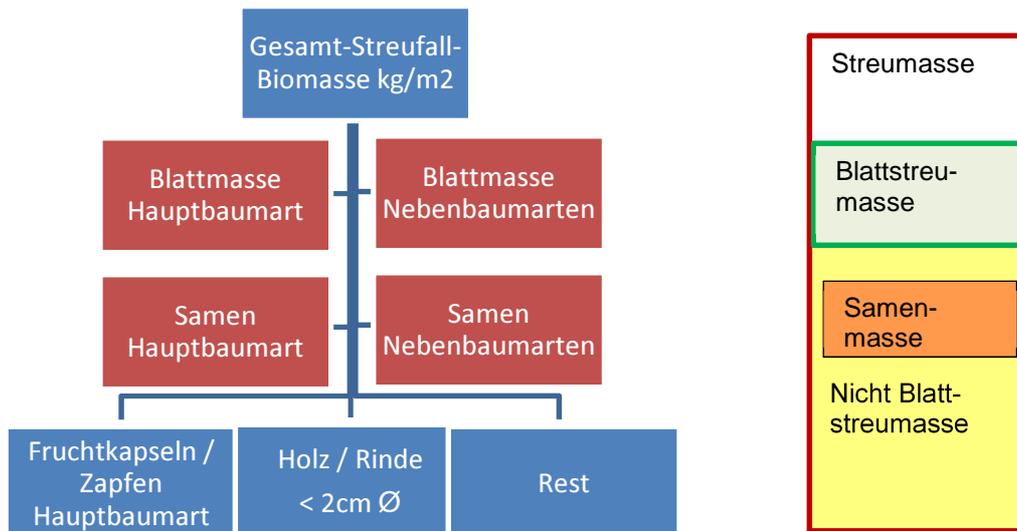


Abb. 24: Schema der Fraktionierung des Streufalls an den Level II-Flächen in Brandenburg/Berlin

Wir unterscheiden somit 8 Fraktionen Nadel bzw. Blätter der Hauptbaumart, Blätter der Nebenbaumarten, Samen der Hauptbaumart, Samen der Nebenbaumarten, Fruchtkapseln/Zapfen der Hauptbaumart, Holz- und Rindenstücke sowie die nicht bzw. nur mit hohem Aufwand zu trennende Restfraktion.

Die Nadeln bzw. Blätter in der Streu werden zusätzlich zur Gesamt-Massebestimmung in der Hauptstreufallperiode (September bis Oktober) zur Bestimmung der 1000-Nadel- bzw. 100-Blattmasse genutzt. An diesen Nadel-/Blattstreuproben der Hauptbaumart wird auch die einseitige projizierte Blattfläche gemessen.

Die Nadel-/Blattstreu und die Restfraktion der Monatsproben werden in vierteljährlichen Perioden, die anderen Fraktionen halbjährlich analysiert. Dabei werden die Konzentrationen von Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Kalzium, Magnesium, Zink, Mangan, Eisen Kupfer, Bor, Blei und Kadmium bestimmt und auf atro-TM (105 °C) bezogen angegeben.

Probenahme

Monatlich werden Streufallsammler an allen Dauerbeobachtungsflächen geleert. Der gesamte Inhalt von jeweils 4 Sammeltrichtern kommt in eine Papiertüte.



Foto: LFE.

Probenaufbereitung

Im LFE werden Proben getrocknet und nach Streuararten sortiert. Es erfolgen Erhebungen zur Nadel-/Blattmasse und Nadel-/Blattfläche und es werden Mischproben für die Analytik zusammengestellt



Foto: LFE.

Analytik

Im Labor der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE) werden die Pflanzenproben aufgeschlossen und analysiert.



Foto: LFE.

3.3 Ausmaß und Bedeutung des Streufalls

Weshalb macht man nun so viel Aufhebens um den Streufall, ist er doch nur ein Nebenschauplatz der Holzerzeugung. Dazu wird der jährliche Zuwachs beispielhaft an dem Kiefernbestand der Level II-Fläche Kienhorst mit der Streufallmenge verglichen. Der mittlere jährliche Zuwachs an oberirdischer Trockenmasse des Kiefernbestandes betrug in der Periode 2009 bis 2014 3,68 t/ha. Dem steht eine mittlere Streufallmenge von ca. 4 t/ha gegenüber. Zusätzlich wird jährlich eine oberirdische Bodenvegetation von ca. 2,5 t/ha (1,6 bis 4,2 t/ha) aufgebaut. Insgesamt ergibt sich damit eine Netto-Primärproduktion von ca. 10 t, an der der Streufall einen Anteil von immerhin 40 Prozent hat.

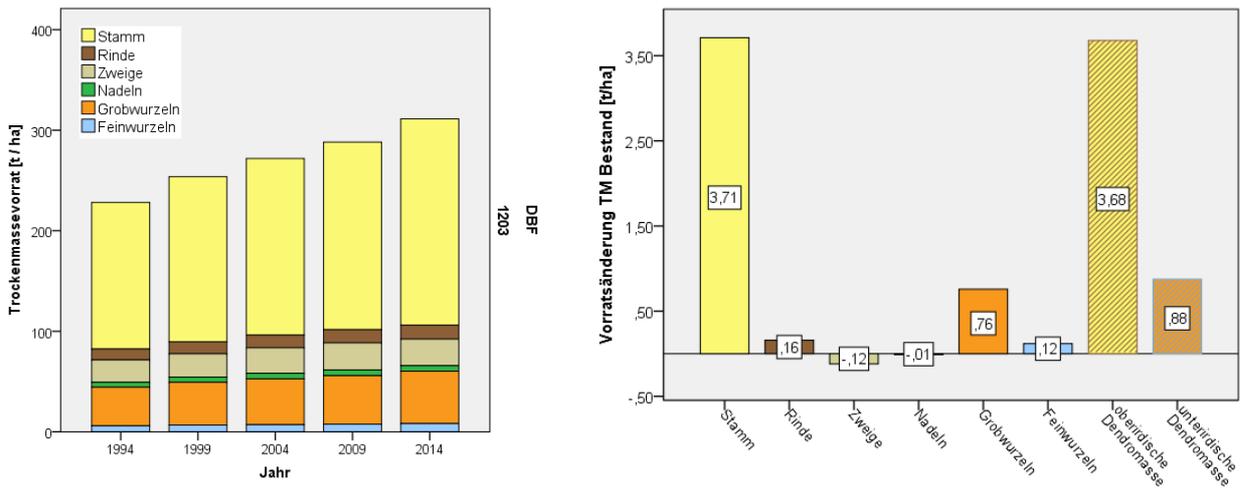


Abb. 25: Vorratsentwicklung an Dendromasse [t/ha] nach Baum-Kompartimenten (links) und mittlere jährliche Vorratsänderung der Dendromasse an der Level II-Fläche Kienhorst (1203) im Zeitraum 2009 - 2014 (rechts).

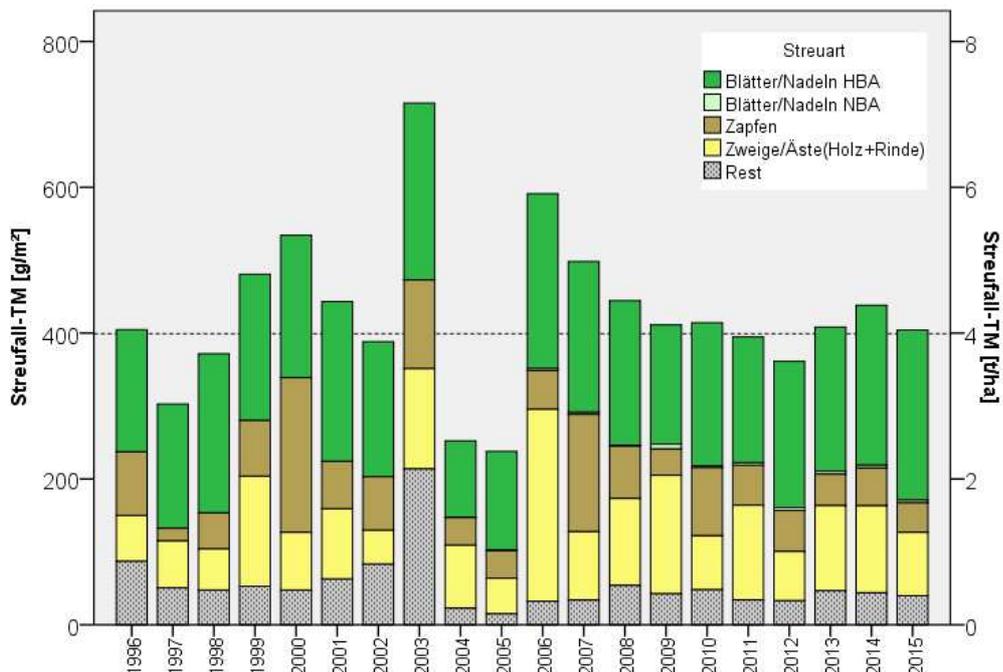


Abb. 26: Jährliche Streufall-Trockenmasse nach Streuarten an der Level II-Fläche 1203

Mit dem Streufall und dem Anteil der jährlich anfallenden abgestorbenen oberirdischen Biomasse der Bodenvegetation werden dem Boden Energie- und Nährstoffvorräte zugeführt, die mit ihrer Freisetzung im Abbauprozess neben der mineralischen Verwitterung und den Stoffeinträgen mit dem Niederschlag die wesentliche Grundlage für den jährlichen Aufbau der produktiven Phytomasse bilden. Der Streufall unterliegt einer jahreszeitlichen Rhythmik, die vom Blattfall im Herbst dominiert wird. Ein Beispiel der Level II-

Fläche Beerenbusch (1202), die neben der Kiefer im Oberstand auch einen Unterstand von Buche und anderen Laubbaumarten aufweist zeigt Abb. 27.

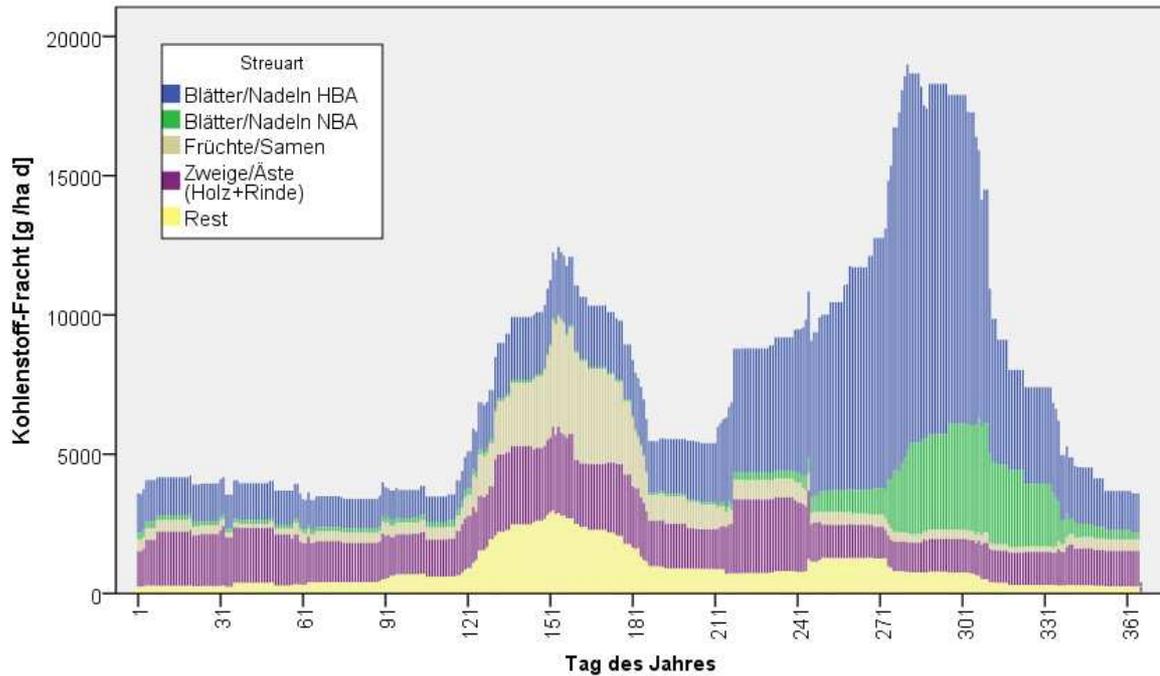


Abb. 27: mittlerer Jahresverlauf der Kohlenstofffracht der Streufallfraktionen an der Level II-Fläche 1202

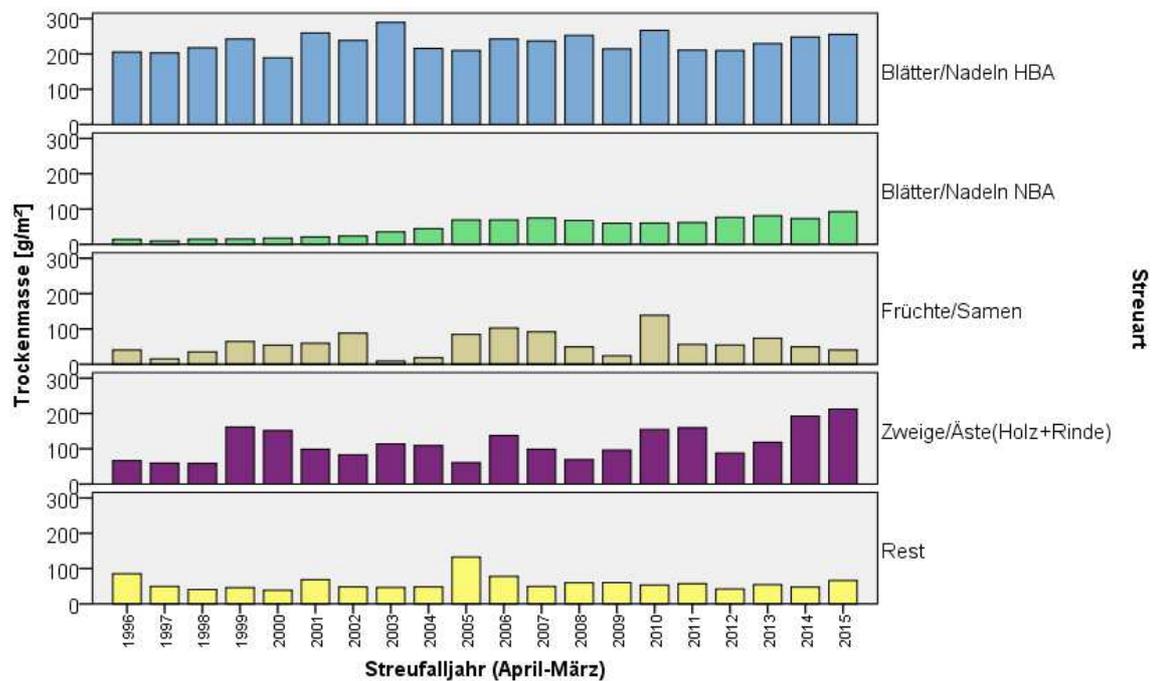


Abb. 28: Entwicklung der Streufall-Trockenmasse nach Fraktionen an der Level II-Fläche Beerenbusch (1202) in g/m² nach Streufalljahren

Dazu sind die Streufallfraktionen der Proben durch die Anzahl der Tage ihres Sammelzeitraums dividiert und den entsprechenden Tagen von 1996 bis 2015 jeweils über ihren gesamten Sammelzeitraum zugeordnet worden. So ergibt sich über die 20 Beobachtungsjahre ein relativ geglätteter mittlerer Jahresverlauf hier für die Kohlenstoff-Fracht in kg/ha und Tag. Es sind deutlich zwei Höhepunkte des Streufalls erkennbar, einer im späten Frühjahr (Mai bis Juni), wo mit dem Neuaustrieb die Blüten/Pollensäcke und auch die 2-jährigen Zapfen der Kiefern abfallen, der zweite stärkere beginnt im August. Er hat seinen Höhepunkt im

Oktober und wird durch den Nadelfall (blau) und den später einsetzenden Blattfall (grün) geprägt. Die Streufallmenge und der Anteil der Fraktionen sind hinsichtlich der Blattmassen relativ einheitlich (Abb. 28). Im Beispiel wird deutlich, dass der Laubholz-Unterstand an der Fläche 1202 zunehmenden Anteil an der Blattmasse gewinnt. Größere Schwankungen weisen die Früchte/Samen auf, hier dominiert von braunen Zapfen des Kiefernbestandes, aber auch Zweige/Äste sowie Rindenschuppen weisen deutliche jährliche Differenzen auf, die sowohl mit Witterungseinflüssen (Sturm, Schneebruch), Insektenschäden als auch Astreinigungseffekten nach vermehrtem Wachstum im Kronenmantel in Zusammenhang stehen. In der Summe steigt im Beispiel der Streufall in der 20-jährigen Beobachtungsperiode von 4 t auf 6 t Trockenmasse. Das ist auch Ausdruck in der Periode zunehmender Bestandesvorräte, hier von 457 auf 692 m³/ha.

3.4 Inhaltsstoffe

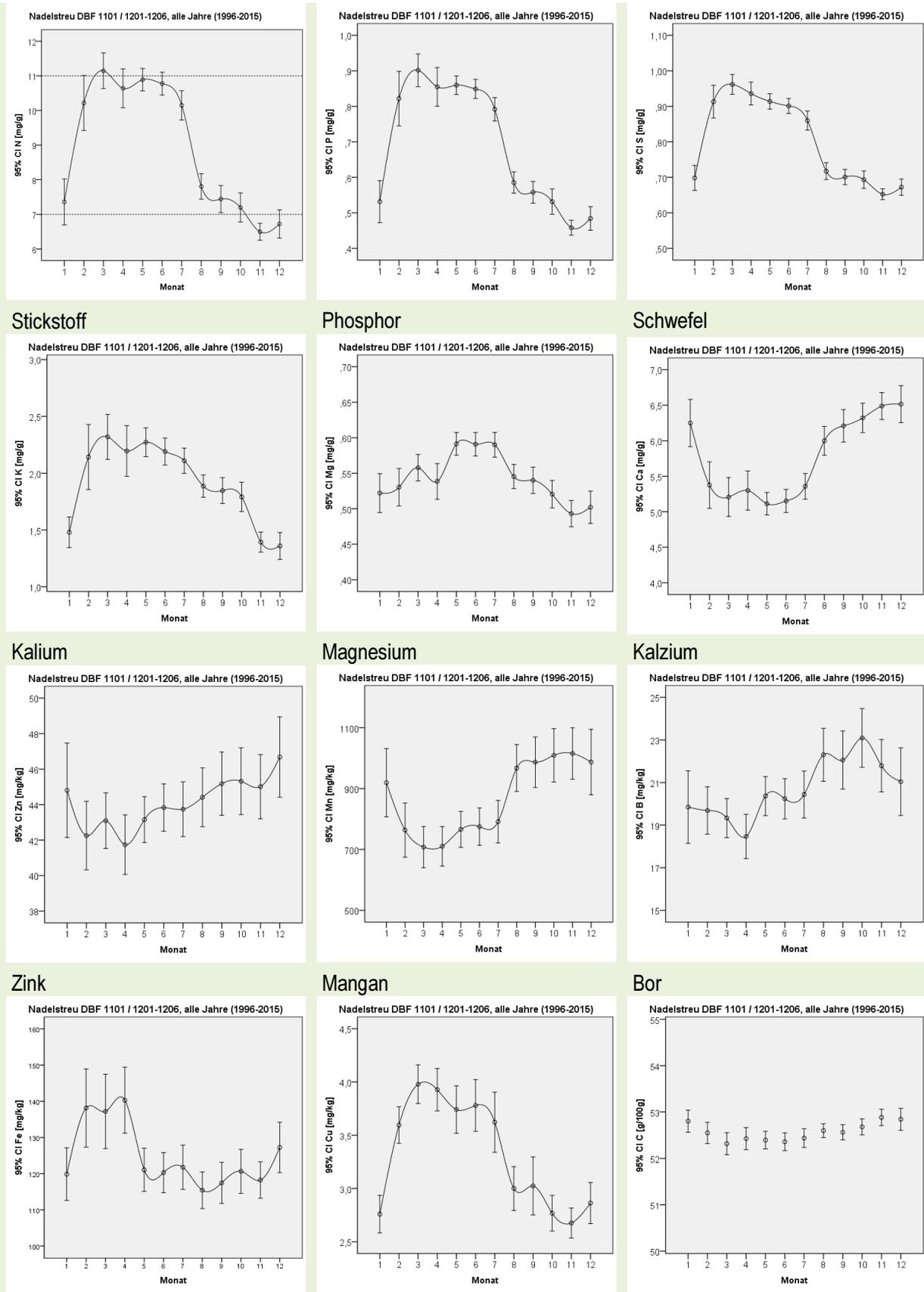
Dynamik im Jahresverlauf und zeitliche Trends der Elementkonzentrationen von Streufraktionen

Neben der Biomasse und der Anteile ihrer Fraktionen werden im Streufall-Monitoring die Konzentrationen an Makro- und Mikronährstoffen sowie ihre Schwermetallgehalte beobachtet. Die Beobachtung konzentrierte sich neben einem Eichenbestand auf 7 Kiefernbestände, deren Streufalldynamik hier näher betrachtet werden soll.

Die Inhaltsstoffe der Nadeln und Blätter, die einen etwa hälftigen Anteil der Streufallmasse bilden und den dominierenden Teil des Elementumsatzes an Nährstoffen ausmachen, unterliegen überwiegend einer ausgeprägten Jahresrhythmik ihrer Konzentrationen. Während der Seneszenz werden Nährelemente aus den absterbenden Organen zurückgewonnen, während akkumulierte Stoffe angereichert abgeworfen werden. So sind die Konzentrationen der Bioelemente Stickstoff, Phosphor, Schwefel aber auch Kupfer im Streufall des Herbstes deutlich geringer als in den meist noch grünen Nadeln des Streufalls in der Frühjahrs- und Sommerperiode. Auch Magnesium wird offenbar transloziert während Kalzium, Zink, Mangan und Bor offenbar akkumuliert abgeworfen werden. Beim Eisen deutet sich eine Beziehung zur Heizperiode an, da nur von Februar bis April erhöhte Konzentrationen in der Nadelstreu gefunden werden. Die Konzentration des Kohlenstoffs schwankt nur leicht mit dem Höhepunkt in der Vegetationsruhe. Die Schwermetalle Blei und Kadmium bleiben im Jahresverlauf relativ konstant (Abb. 29).

Die umfangreiche Darstellung der Dynamik der Zusammensetzung der Kiefern-Nadelstreu setzt sich in der Restfraktion ähnlich fort. Dabei spielen aber auch andere Effekte, wie Insektenkot und Pollenproduktion mit hinein, die ein regelmäßiges jährliches Muster überlagern. Für Holz und Rinde sowie Fruchtkapseln und Samen werden keine jahreszeitlichen Dynamiken erkennbar, bzw. treten sie nur periodisch in kurzen Zeiträumen im Streufall auf.

Ein zweiter für das Monitoring wesentlicher Aspekt der Streuanalytik betrifft die Verfolgung von Stoffkonzentrationen über längere Zeiträume. Das Problem der Luftschadstoff-Belastung der Waldökosysteme war ja der ursprüngliche Anlass für den Beginn der intensiven Beobachtung ihres Stoffhaushaltes. In den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts waren die Immissionen von sauren Schwefelverbindungen aber auch basischen Flugaschen der Braunkohleverbrennung sowohl hinsichtlich der ausgestoßenen Menge als auch der großräumigen Verteilung über hohe Schornsteine zu einem „neuen Standortfaktor“ geworden. Hinzu kamen mit der Intensivierung der Landwirtschaft durch industrielle Düngemittel und Massentierhaltung erhebliche Stickstoffeinträge in die Landschaft, die auch die Wälder an die Grenzen der Belastbarkeit führte. Mit der Wiedervereinigung wurden die Emissionen der Kraftwerke drastisch reduziert, die Massentierhaltung brach zunächst wie auch große Teile der Industrie zusammen wodurch die Immissionsbelastung schnell abnahm.

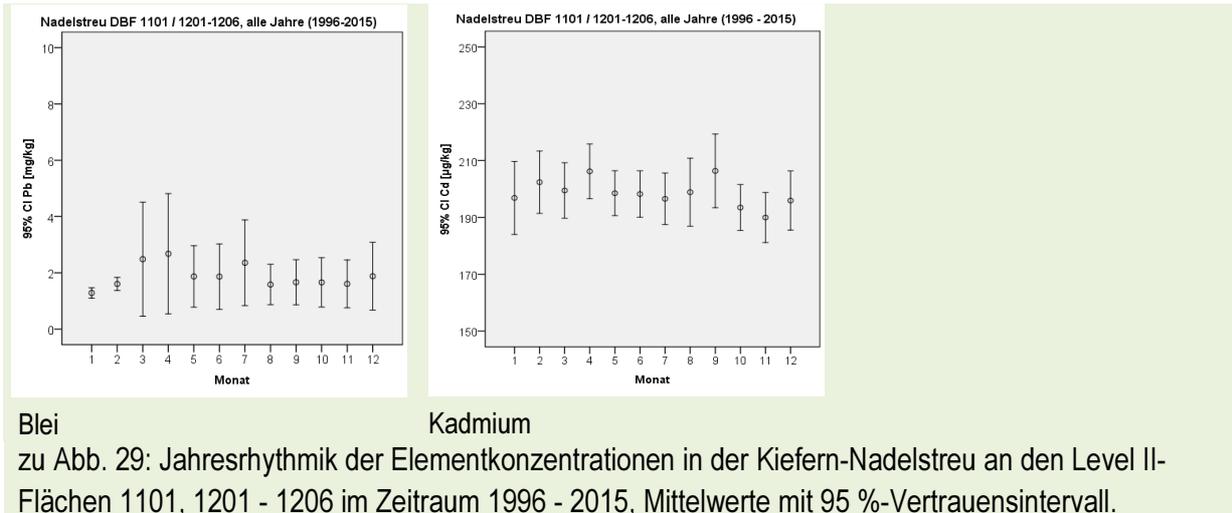


Eisen

Kupfer

Kohlenstoff

Abb. 29: Jahresrhythmik der Elementkonzentrationen in der Kiefern-Nadelstreu an den Level II-Flächen 1101, 1201 - 1206 im Zeitraum 1996 - 2015



Das zeigte sich auch im forstlichen Umweltmonitoring sowohl in der Verfolgung der Stoffeinträge mit dem Niederschlag als auch den Nadel-/Blattanalysen des Ernährungs-Monitorings sowohl im Intensivmessnetz Level II als auch den Inventuren der Ökologischen Waldzustandskontrolle (ÖWK) und der Bodenzustands-erhebung (BZE).

Um einen Trend der Nähr- und Spurenstoffumsätze zu verfolgen ist auf Grund der oben dargestellten Dy-namik der Elementkonzentrationen vor allem die Nadelstreu in der Periode September bis Dezember ge-eignet, da sie am besten reguliert ist und auch quantitativ dominiert.

In den Abb. 30 und 31 werden die Elementkonzentrationen der herbstlichen Kiefern-Nadelstreu in ihrer 20-jährigen Entwicklung an den Level II-Kiefernflächen in Brandenburg und Berlin zusammenfassend dar-gestellt.

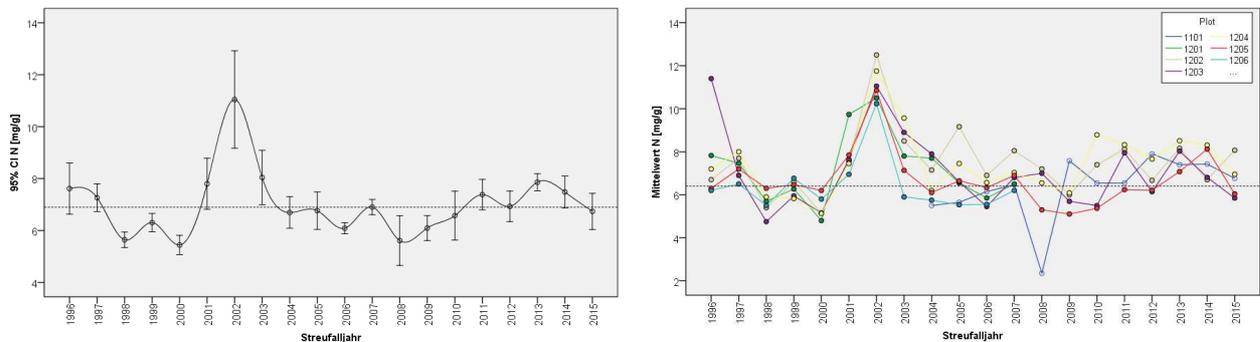
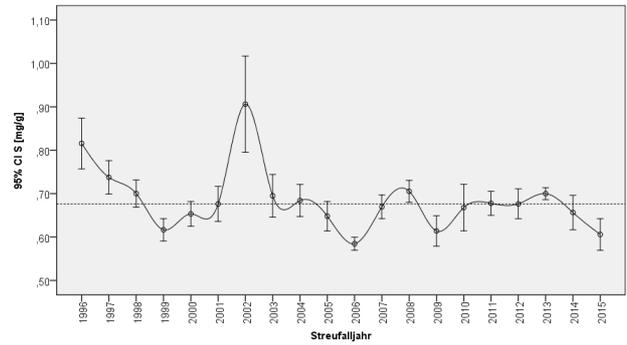
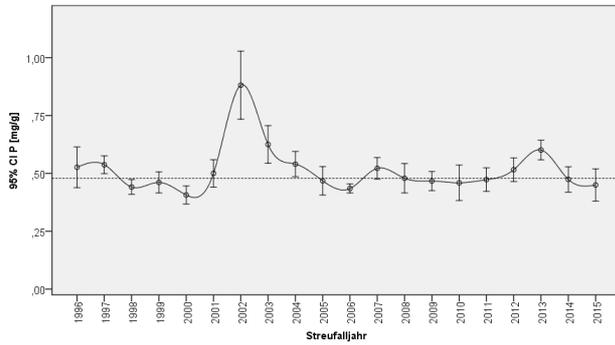


Abb. 30: Stickstoff-Konzentration in der Kiefern-Nadelstreu (September - Dezember) 1996 – 2015 (links Fehlerbalken (95 %-Vertrauensintervall), rechts Analysedaten der einzelnen Level II-Flächen, Bezugslinie markiert den Median).

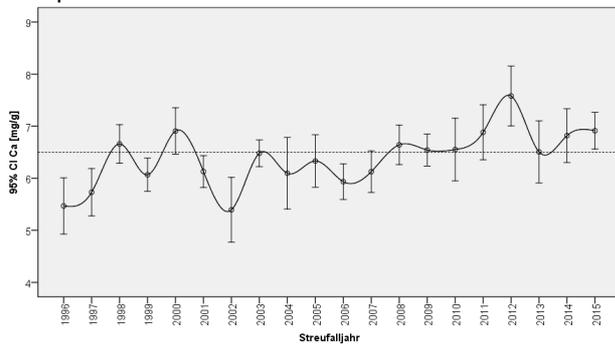
Die Stickstoff-Konzentration der Nadelstreu weist in den Jahren 1998 bis 2000 zunächst ein Minimum von 6 mg/g auf, das in den Jahren 2001 (DBF 1201) bis 2003 von einem bisher einmaligen Maximum mit einem Anstieg bis auf >10 mg/g im Jahr 2002 abgelöst wurde. In den Folgejahren 2004 – 2015 schwankte die Stickstoffkonzentration um den Median von 7 mg/g. Der überraschend in 2002 kulminierende Stickstoff-Peak findet sich an allen 7 untersuchten Level II-Plots und wird bestätigt durch entsprechende Verläufe der Konzentrationen von Phosphor und Schwefel in der Kiefern-Nadelstreu (Abb. 31). Das deutet auf eine zu-mindest reduzierte Translokation dieser Hauptnährelemente vor Nadelabwurf hin.

Für Kalzium und Magnesium werden in der Zeitreihe tendenziell steigende Konzentrationen beobachtet, während Kalium keine Tendenz erkennen lässt. Damit bleibt eine durch Bodenversauerung bedingte Ver-armung an basischen Kationen im Streufall ebenso aus wie in den Nadelanalysen der Kiefern-Dauerbeobachtungsflächen (www.forstliche-umweltkontrolle-bb.de/r4_ernaehrung.php).

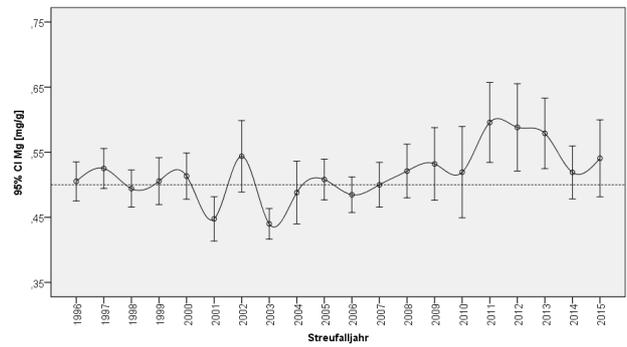
Auch für die Spurenelemente Bor, Zink und Mangan werden in der Zeitreihe steigende Konzentrationen gefunden. Nach einem Anstieg der Kupfer-Konzentrationen bis 2004 zeigte sich seither eine fallende Tendenz in der Nadelstreu.



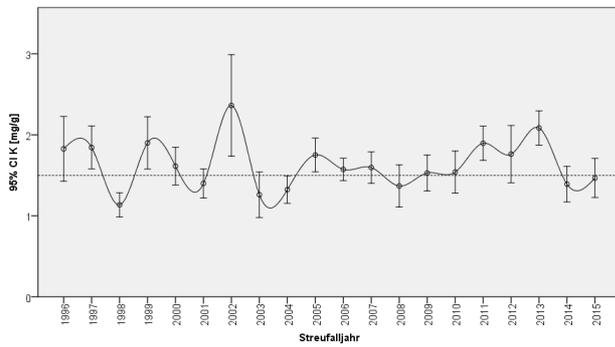
Phosphor



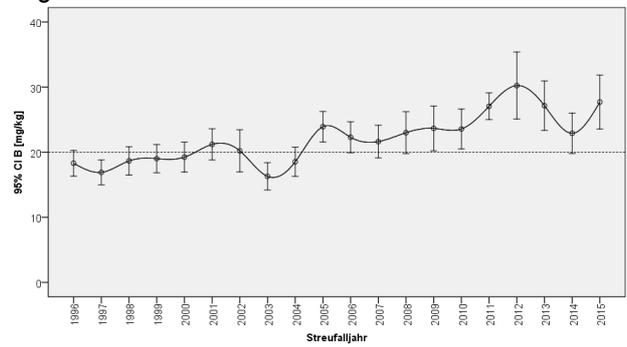
Schwefel



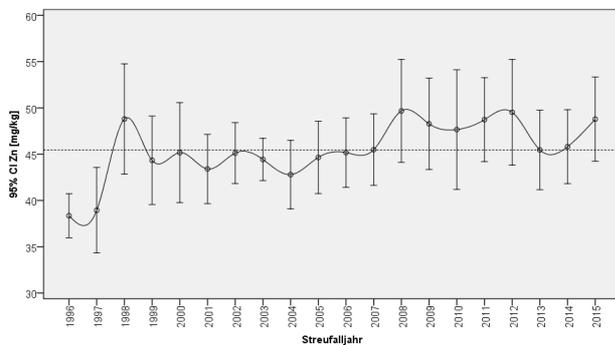
Kalzium



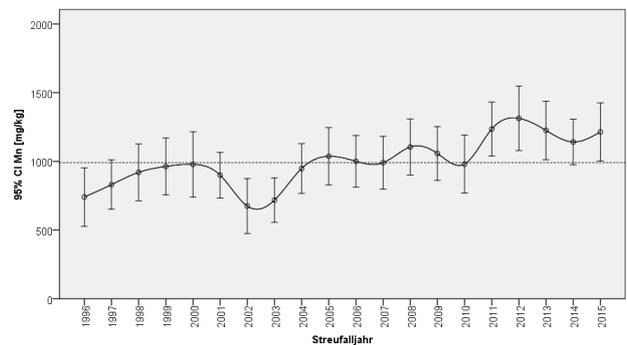
Magnesium



Kalium

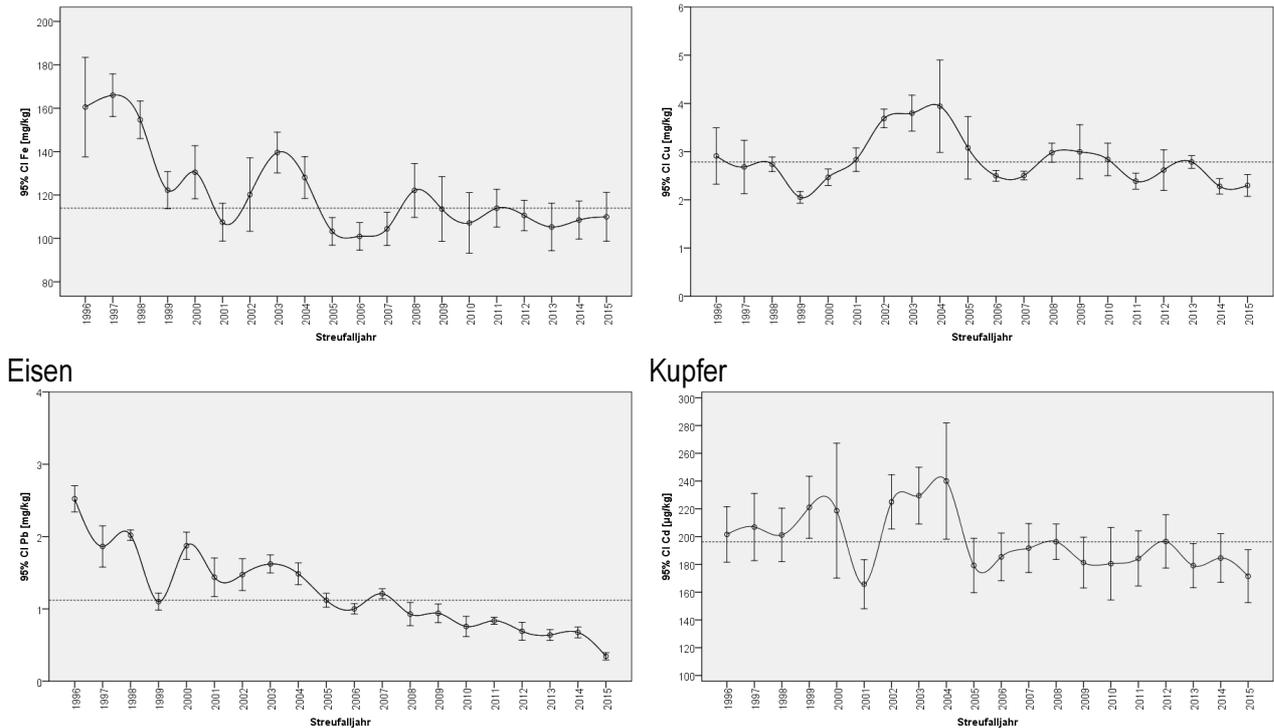


Bor



Zink

Mangan



Blei **Kadmium**
 Abb. 31: Elementkonzentrationen in der Kiefern-Nadelstreu (September - Dezember) 1996 – 2015 Fehlerbalken (95 %-Vertrauensintervall), Bezugslinie markiert den Median.

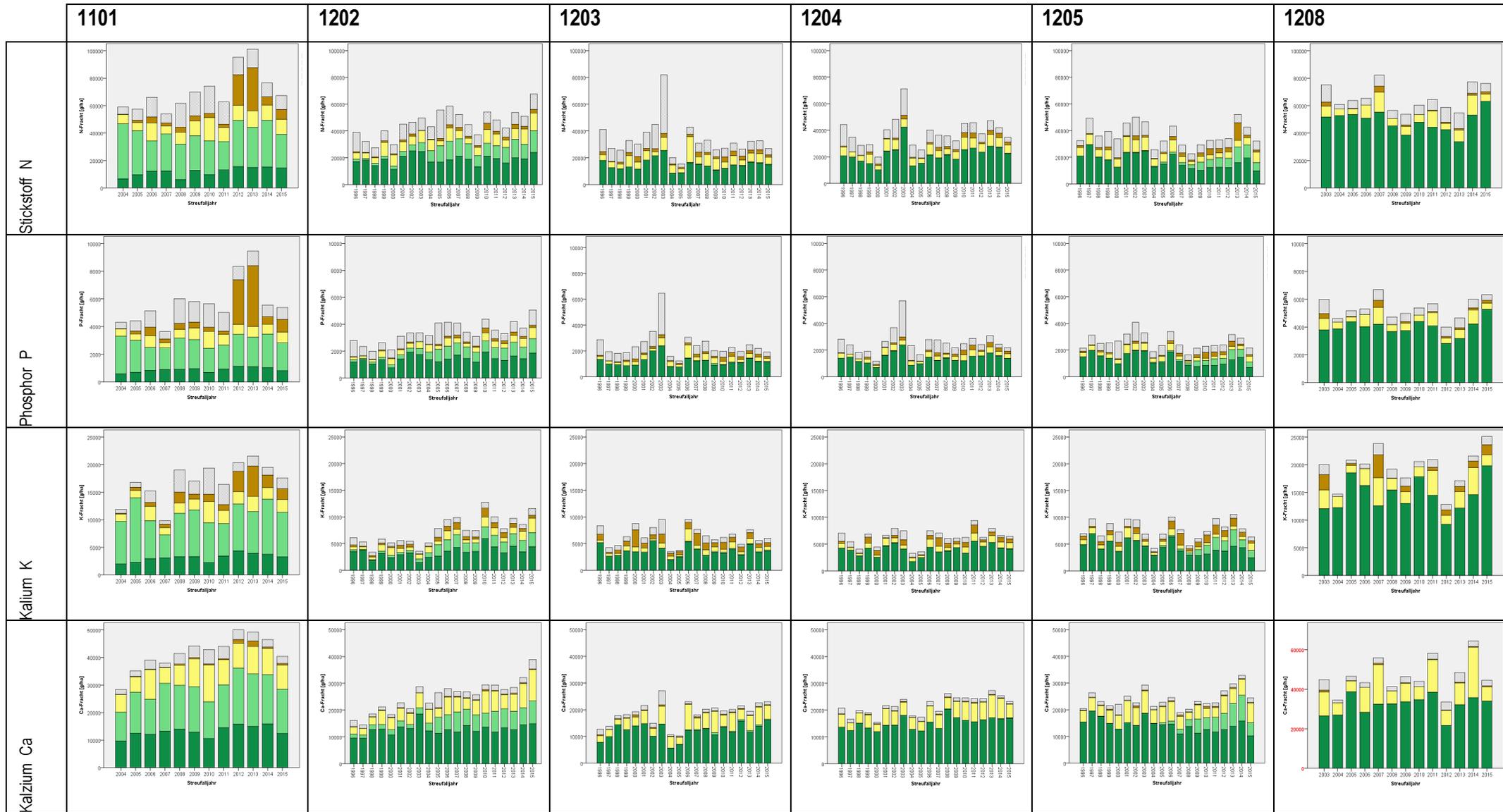
Eisen ist mit den Flugaschen der Braunkohleverbrennung bis Anfang der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts in erheblichen Größenordnungen in die Wälder eingetragen worden. Die erhöhten Konzentrationen sind noch zu Beginn der Beobachtungsperiode auch in der Nadelstreu erkennbar und klingen dann schnell ab. Mit dem ab 1997 in Deutschland erfolgten Verbot von verbleitem Benzin lässt sich seither eine kontinuierliche Abnahme der Bleikonzentrationen auch im Streufall verfolgen. Auch die nahe der Nachweisgrenze pendelnden Konzentrationen von Kadmium bleiben seit 2005 sehr gering.

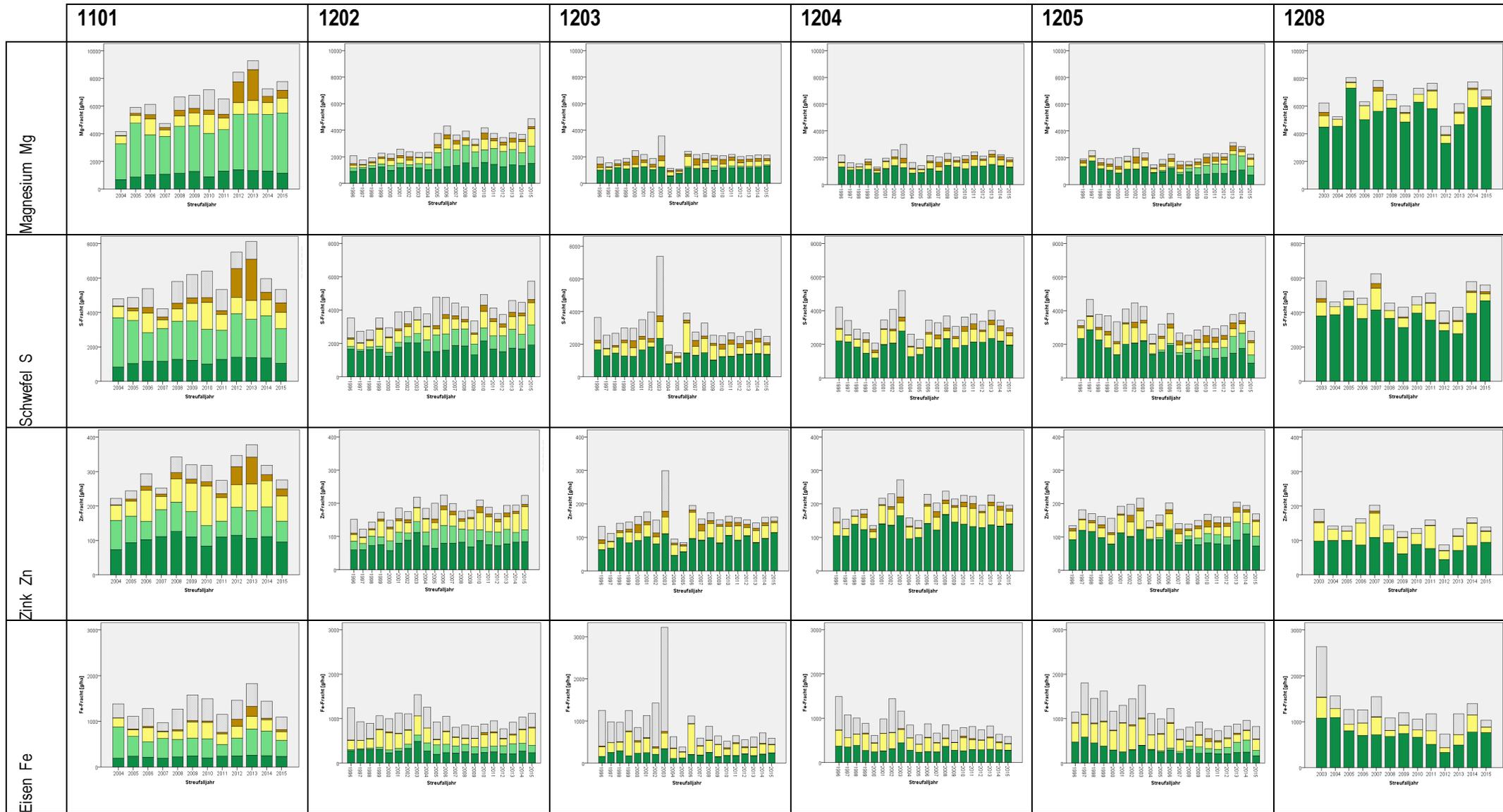
3.5 Stoff-Frachten mit dem Streufall

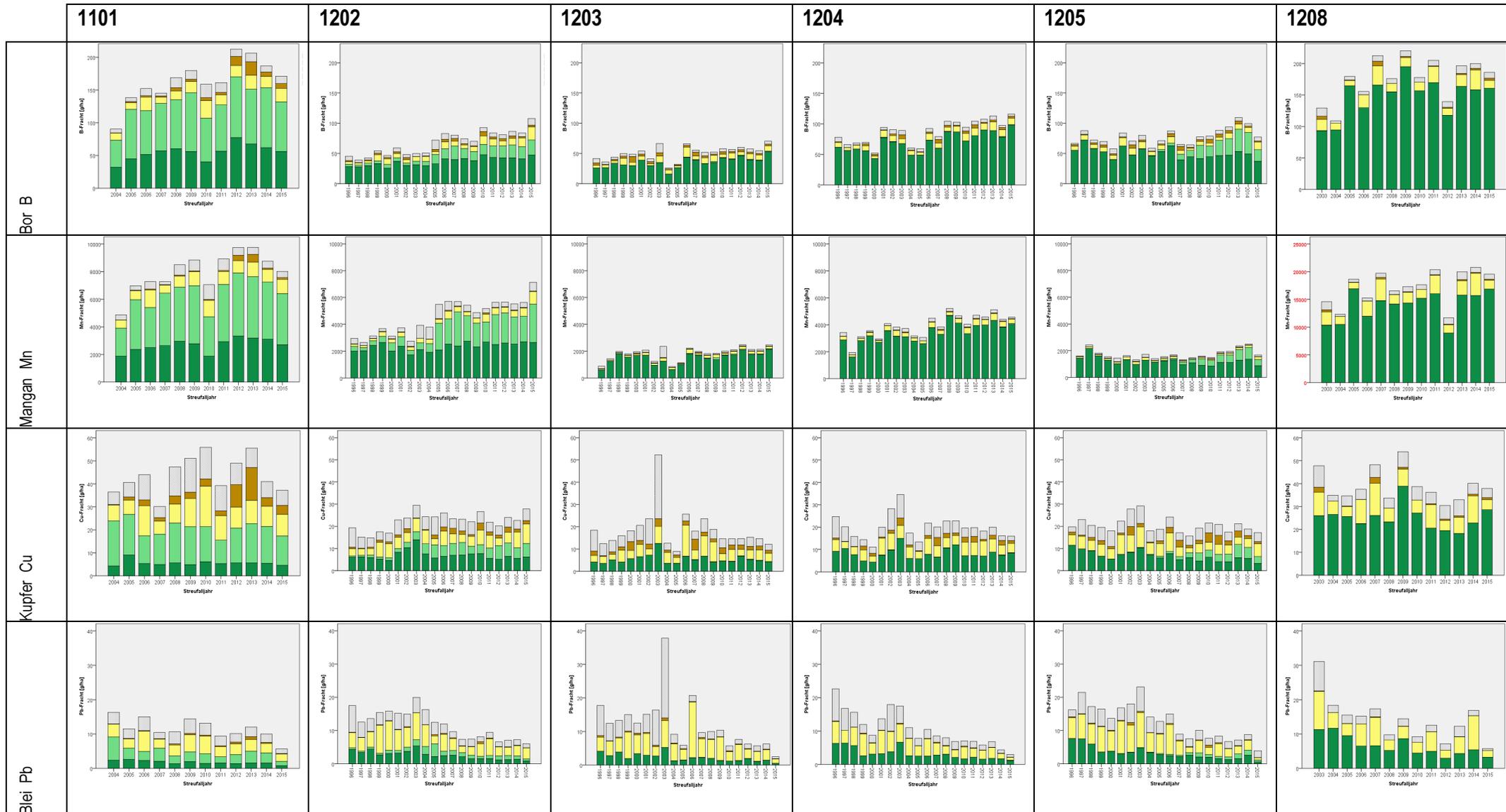
Aus der Kombination von Streufallmenge und Stoffkonzentration ergibt sich die Stoffmenge bzw. Fracht des kleinen Stoffkreislaufs, die jährlich aus dem Bestand dem Boden oberirdisch zugeführt wird. Die Stofffrachten der Elemente N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, B, Mn, Cu, Pb, Cd, C sowie die Trockenmasse werden in Tabelle 1 in ihrer bis zu 20jährigen Entwicklung für die Dauerbeobachtungsflächen:

- 1101 Kiefer (150 Jahre) mit Eiche (36 Jahre) im Unterstand ab 2003 (Berlin Grunewald),
- 1202 Kiefer (84 Jahre) mit Buche (30 Jahre) im Unterstand (Beerenbusch),
- 1203 Kiefer (112 Jahre) Reinbestand (Kienhorst),
- 1204 Kiefer (104 Jahre) Reinbestand (Weitzgrund),
- 1205 Kiefer (92 Jahre) mit Eiche (24 Jahre) im Unterstand (Neusorgefeld) und
- 1208 (Fünfeichen) Eiche (87 Jahre) Reinbestand

nach den Streufractionen Blätter-/Nadeln Hauptbaumart, Blätter-/Nadeln Nebenbaumarten, Zweige (Holz und Rinde), Früchte und Samen und Restfraktion dargestellt.







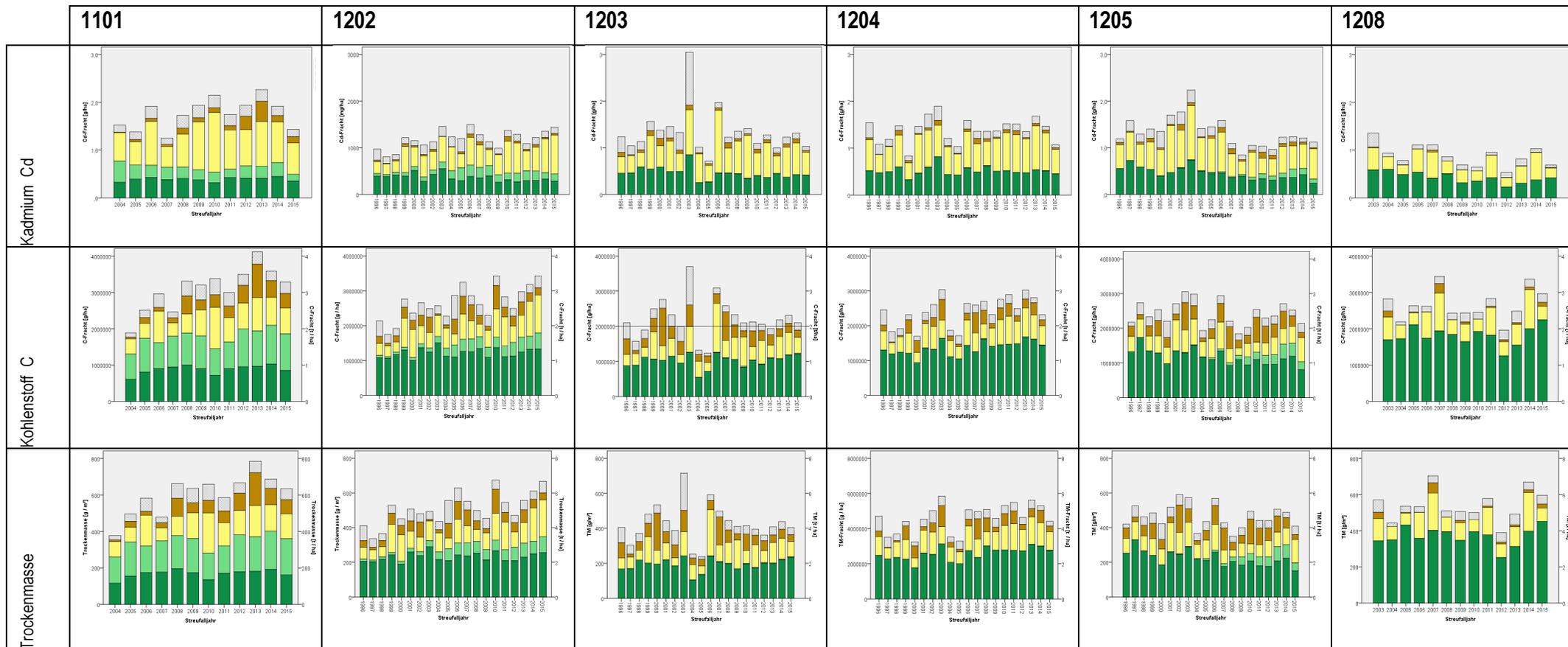


Tabelle 1: Elementmengen mit dem Bestandesstreufall an 6 Dauerbeobachtungsflächen Level II von Brandenburg und Berlin von 1996 bis 2015 nach Streufalljahren (April-März)



Tabelle 2: Jährliche Trockenmasse- und Elementflüsse mit dem Bestandes-Streufall an Dauerbeobachtungsflächen

DBF		TM kg/ha a	C kg/ha a	N kg/ha a	P kg/ha a	K kg/ha a	Ca kg/ha a	Mg kg/ha a	S kg/ha a	Zn g/ha a	Fe g/ha a	B kg/ha a	Mn kg/ha a	Cu g/ha a	Pb g/ha a	Cd g/ha a
1101	Mittelwert	6044	3103	70,4	5,73	17,0	41,6	6,7	5,8	299	1338	164	8,0	44	12	1,8
	Std.-Fehler	316	171	4,2	0,48	9,9	1,7	0,4	0,3	13	70	9	0,40	2	1	,1
	Median	6353	3246	66,7	5,47	17,3	42,2	6,7	5,6	306	1331	165	8,3	43	11	1,8
	Min.	3774	1892	54,0	3,64	9,9	28,3	4,2	4,2	222	970	91	4,9	30	6	1,3
	Max	7857	4122	101,2	9,47	21,6	50,0	9,3	8,1	378	1827	213	9,8	56	16	2,3
	N (Jahre)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1202	Mittelwert	5112	2656	45,9	3,39	7,4	25,2	3,1	4,0	183	1015	68	4,6	22	12	1,2
	Std.-Fehler	205	103	2,2	0,18	0,6	1,3	0,2	0,2	6	41	4	0,3	,9	1	,1
	Median	5027	2631,	45,8	3,35	7,5	26,7	3,4	4,0	185	974	71	5,0	23	12	1,2
	Minimum	3361	1750	27,5	2,00	3,4	14,5	1,8	2,7	122	771	39	2,7	15	6	,8
	Maximum	6739	3424	67,6	5,05	12,8	38,9	4,9	5,7	225	1538	108	7,1	30	20	1,5
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
1203	Mittelwert	4249	2210	33,4	2,47	6,5	18,7	2,1	3,1	156	948	51	1,9	18	12	1,3
	Std.-Fehler	243	126	3,0	0,24	0,4	1,0	0,1	0,3	10	136	3	0,1	2	2	,1
	Median	4098	2112	30,9	2,23	6,2	19,5	2,1	2,8	154	781	53	2,0	16	10	1,3
	Minimum	2379	1235	15,4	1,23	3,5	10,2	1,1	1,5	85	381	26	0,9	9	3	,7
	Maximum	7155	3697	81,9	6,46	9,6	27,1	3,6	7,4	299	3222	70	2,5	52	38	3,0
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
1204	Mittelwert	4614	2416	38,3	2,59	6,2	21,8	2,1	3,4	201	881	87	3,9	20	11	1,4
	Std.-Fehler	178	94	2,4	0,20	0,3	0,8	0,1	0,2	8	57	4	0,2	1	1	,1
	Median	4674	2474	36,8	2,46	6,5	22,5	2,1	3,4	204	836	92	3,9	20	10	1,4
	Minimum	3243	1694	19,9	1,18	3,3	15,5	1,3	2,1	136	586	52	2,0	11	3	,8
	Maximum	5848	3034	71,2	5,70	9,4	27,3	3,0	5,2	272	1490	116	5,2	35	23	1,9
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

DBF		TM kg/ha a	C kg/ha a	N kg/ha a	P kg/ha a	K kg/ha a	Ca kg/ha a	Mg kg/ha a	S kg/ha a	Zn g/ha a	Fe g/ha a	B kg/ha a	Mn kg/ha a	Cu g/ha a	Pb g/ha a	Cd g/ha a
1205	Mittelwert	4663	2424	37,1	2,63	7,8	24,0	2,2	3,4	1715	1125	78	1,7	21	12,7	1,3
	Std.-Fehler	150	78	1,9	0,13	0,4	0,8	0,1	0,1	5	76	3	0,1	1	1,2	,1
	Median	4519	2342	33,9	2,45	7,6	22,9	2,2	3,39	167	1055	77	1,6	19	13,2	1,3
	Minimum	3509	1846	22,6	1,64	4,2	18,9	1,5	2,5	134	727	58	1,3	16	3,9	,9
	Maximum	5901	3052	52,1	4,08	10,6	32,9	3,1	4,6	216	1804	109	2,5	29	23,1	2,2
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
1208	Mittelwert	5408	2667	65,3	5,35	19,6	46,6	6,7	5,0	148	1316	176	17,3	39	14,3	,9
	Std.-Fehler	236	117	2,6	0,21	0,9	2,4	0,3	0,2	8	126	9	0,8	29	1,8	,1
	Median	5332	2622	63,7	5,30	20,1	44,8	6,8	4,9	142	1197	179	17,7	38	14,5	,9
	Minimum	3895	1965	53,7	4,00	12,9	33,6	4,5	4,09	87	730	109	11,7	31	5,8	,5
	Maximum	7043	3442	82,2	6,69	25,1	64,4	8,1	6,25	202	2635	220	20,8	54	31,1	1,4
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
1207³	Mittelwert 2001-2004	5525	2905	71,1	7,5	21,9	46,9	7,5	5,7				12,1			

³ Buchenbestand 117 Jahre aus: Jochheim et al. (2007): Wasser- und Stoffhaushalt eines Buchen-Altbestandes im Nordostdeutschen Tiefland – Ergebnisse einer 4jährigen Messperiode, Archiv f. Forstwesen u. Land-sch.ökol. 41, 1-14

Mit einem Blick auf die Grafiken in Tabelle 1 sind der Eichenbestand 1208 und der Kiefernbestand 1101 mit etabliertem Eichen-Unterstand gegenüber den Kiefernbeständen ohne bzw. mit noch jungem Laubholz-Unterstand durch eine andere Dimension des Nährstoffumsatzes mit dem Streufall erkennbar. Während die Kiefern jährlich nur etwa 2 t/ha Nadeln abwerfen, liegt die Blattmasse im Laubholz-Unterstand an der Fläche 1101 bereits in der gleichen Größenordnung. Der Eichenbestand 1208 streut jährlich ca. 4 t/ha Blätter. Die Blattmasse der Buchenstreu liegen mit ca. 3 t/ha dazwischen.

Der Kohlenstoffeintrag erreicht etwa 2 bis 2,5 t/ha und Jahr in den Kiefernbeständen in Abhängigkeit vom Zuwachsniveau mit dem Spitzenwert von 3,25 t Kohlenstoff im Kiefern-Altbestand mit Eichen-Unterstand am Standort Grunewald (1101). Während Blätter und Nadelstreu etwa gleichmäßig zur Trockenmasse bzw. Kohlenstofffracht an dieser Fläche beitragen, kommt bei den Nährstoff-Frachten von Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium, Magnesium und Schwefel die höhere Konzentration der Blattstreu in deutlich höheren Streueinträgen zum Tragen. Diese höheren Stoffumsätze zeigt gleichermaßen der Eichenreinbestand 1208. Die hohen Nährstofffrachten beruhen also sowohl auf den höheren Blattmassen die von den sommergrünen Laubbäumen vollständig mit dem Streufall abgeworfen werden, als auch aus den nahezu doppelt so hohen Konzentrationen der (Eichen-)Blattstreu gegenüber der Kiefern-Nadelstreu (Abb. 32).

Die höheren Stoffeintragsraten der laubholzreichen Bestände sind bei Spurenelementen und Schwermetallen differenzierter zu betrachten.

Während sich die Zink-Frachten der Kiefernbestände in der Regel nicht von denen des Eichenbestandes unterscheiden, fällt die Fläche im Grunewald durch nahezu doppelte Zinkeinträge auf, die wahrscheinlich in der am Standort installierten Technik ihre Quelle haben.

Eisen-, Bor- und vor allem Manganfrachten sind mit Laubblättern deutlich höher als in den Kiefernbeständen. Selbst die Frachten mit dem Holz von Zweigen sind an den Flächen 1101 und 1208 deutlich erhöht. An den Flächen 1203 und 1205 werden sehr geringe Manganfrachten gefunden, die bisher aber nach den Nadelanalysen nicht zur Unterschreitung der Mangelgrenzen der Ernährung führen. Auch die Frachten von Kupfer sind im Eichenbestand 1208, wie auch in der Eichenblattstreu der Fläche 1101 etwa doppelt so hoch wie an den Kiefernflächen. Für Blei und Kadmium sind die baumartenspezifischen Differenzen nicht so ausgeprägt. Hier spielen die Gehalte in Holz und Rinde eine gegenüber den Blattgehalten gleichwertige Rolle. Im Vergleich mit den nach Bundes-Bodenschutzgesetz zulässigen zusätzlichen jährlichen Schadstofffrachten über alle Wirkungspfade sind die Frachten mit dem Streufall für Blei (400 g/ha*a) mit 10 bis 15 g/ha, Kadmium (6 g/ha*a) mit 0,9 bis 1,8 g/ha, Kupfer (360 g/ha*a) mit 16 bis 43 g/ha und Zink (1200 g/ha*a) mit 143 bis 206 g/ha deutlich unterschritten.

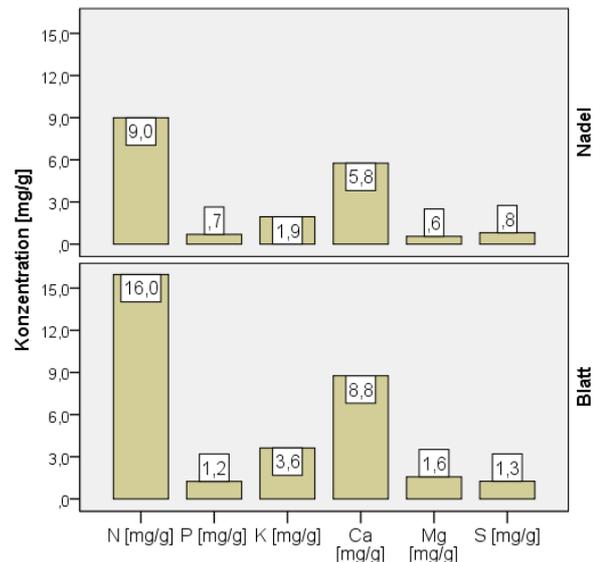


Abb. 32: Vergleich der Nährelement-Konzentrationen in Kiefernadelstreu und Eichenblattstreu

Die Stofffrachten spielen eine große Rolle bei der Bilanzierung des Stoffhaushaltes der Waldökosysteme, das sie neben dem Eintrag über die Atmosphäre als trockene oder nasse Deposition den Stoffeintrag in den Boden bilden und damit eine wesentliche Quelle der nachhaltigen Biomasseproduktion im Wald bilden. Wie die Darstellungen in Tabelle 1 zeigen, ist dieser Stoffstrom über die Jahre nicht gleichmäßig verteilt. Gerade das macht den Streufall auch zum Indikator für den Stoffhaushalt und seine Entwicklungsdynamik sowie seine Störungen.

3.6 Fruktifikationsintensität aus Streufalldaten

Bisher ist relativ unklar was konkret die Intensität der Samenbildung der Baumarten auslöst, die häufig synchronisiert auftritt. Sicherlich spielt die Witterung dabei eine wichtige Rolle. Sowohl gute Bedingungen zur Photosynthese und damit der Energie- und Stoffbilanz der Bäume, aber auch Auslöser der Blütenanlagen durch warme Witterung im Sommer, günstige Bedingungen während der Blüte zur Bestäubung und schließlich stressarme Bedingungen während der Zapfenreife über immerhin zwei Jahre spielen eine Rolle für die letztlich im Streufall erfasste Zapfenmasse. In der Abb. 33 werden die Massen der braunen Zapfen einschließlich der demgegenüber geringen Massen der Samen für die über 20 Jahre beobachteten Dauerbeobachtungsflächen mit Kiefern dargestellt. Auf der linken Darstellung erfolgen die Angaben zu den überwiegend im Frühjahr fallenden Zapfenmassen in g/m^2 . Der Median der Zapfenstreu liegt über alle Flächen bei etwa 50 g/m^2 bzw. 500 kg/ha . Das Maximum der Zapfen und damit auch der Samenproduktion lag im Jahr 2000 an der Fläche Kienhorst (1203) bei 212 g/m^2 . In dem Jahr trat die starke Zapfenproduktion nur an dieser Fläche auf. Von Interesse ist sowohl das synchrone Auftreten von Minima der Samenproduktion, wie 1997, 2001, 2004 und 2009 sowie Maxima 2007 und 2010. Aber auch die zeitlich versetzten Samenjahre der Flächen 1202 und 1205 gegenüber 1203 und 1204, die 2002, 2003 und ähnlich nochmals 2006 und 2007, bieten Ansätze zur Suche nach den möglichen Ursachen. In der Zusammenfassung der auf den Mittelwert normierten relativen Frucht-Trockenmassen (Abb. 33 rechts) werden die Minima in 1997 und 2004 mit relativ engem Vertrauensintervall ebenso erkennbar wie die Maxima in 2007 und 2010. Die große Streubreite in den Jahren 2000 und 2003 weist aber auch auf deutliche Differenzen im Systemverhalten der räumlich recht nahen Kiefernökosystem-Fallbeispiele.

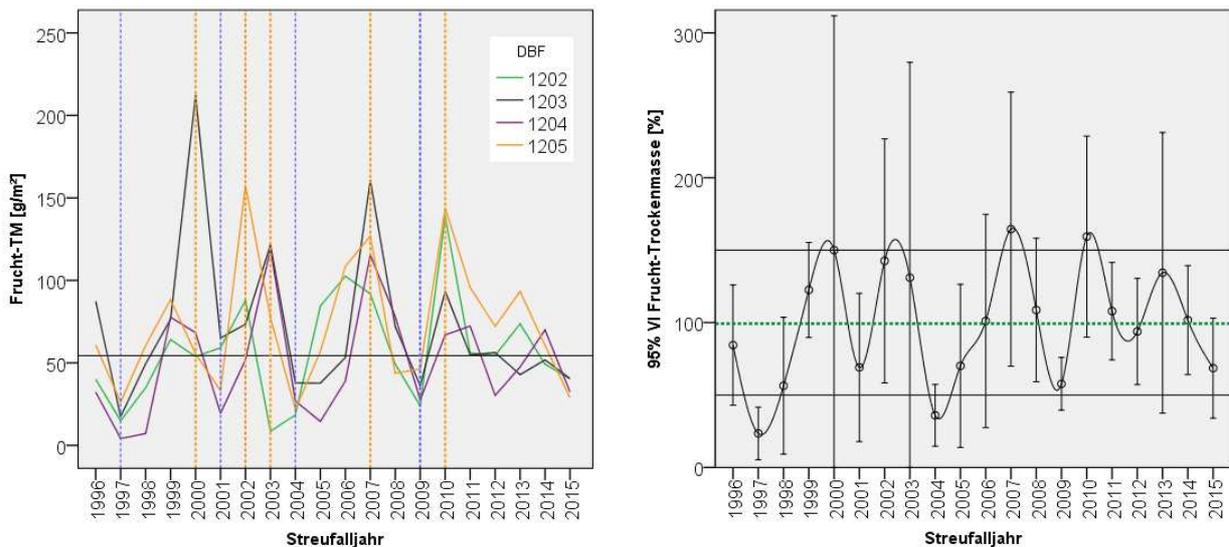


Abb. 33: Fruktifikation an Kieferndauerbeobachtungsflächen (Zapfen/Samen) in g/m^2 rechts und in Prozent links

3.7 Streufall und Wachstum

Die Streufallmasse an den Dauerbeobachtungsflächen sollte mit steigenden Vorräten im Bestand auch steigen. Das trifft im Mittel der Flächen mit Kiefernbestockung im Oberstand zu (Abb. 34). Der Median der Streufalljahre über alle Flächen liegt bei $4,9 \text{ t/ha}$ Streufall-Trockenmasse. In der 20-jährigen Beobachtungsperiode ist ein Anstieg von $\approx 400 \text{ g/m}^2$ auf $\approx 550 \text{ g/m}^2$ erfolgt. Die differenzierte Betrachtung (Tabelle 1) für die einzelnen Flächen wird aber deutlich, dass dieser Trend durchgängig nur bei der Fläche 1202 (Beerenbusch) beobachtet wurde. An der Fläche 1203 (Kienhorst) erfolgte kein Anstieg der jährlichen Streufrachten bis 2003 eine besonders hohe Streumasse anfiel. Danach brach die Streufracht für zwei Jahre ein um sich anschließend wieder auf das Niveau der Vorjahre einzustellen. Diese Dynamik wird im nächsten Abschnitt nochmals näher betrachtet. An der Fläche 1204 (Weitzgrund) ist auch 2003 ein Anstieg der Streufracht mit anschließend zweijährig reduzierter Streumasse aufgetreten. In der Folge bleibt

die Streufracht aber bis zur Durchforstung im Streufalljahr 2014 auf gleichem Niveau. An Fläche 1205 (Neusorgefeld) treten zwar nicht das Jahr 2003 aber die Jahre 2004 und 2005 mit reduzierter Streufracht auf. Nach einer starken Durchforstung im Jahr 2006 steigen die Frachten innerhalb von drei Jahren wieder auf das Ausgangsniveau. Die Fläche 1101, die erst seit 2004 beobachtet wird, zeigt eine steigende Tendenz der Frachten. Die Eichenfläche 1208 (Fünfeichen) weist in 2007 einen Höhepunkt des Streufalls (Frucht und Holz) auf, bleibt aber auf relativ konstantem Niveau, das nach einer Durchforstung im Streufalljahr 2011 auch in drei Jahren wieder auf das Niveau vor der Durchforstung ansteigt.

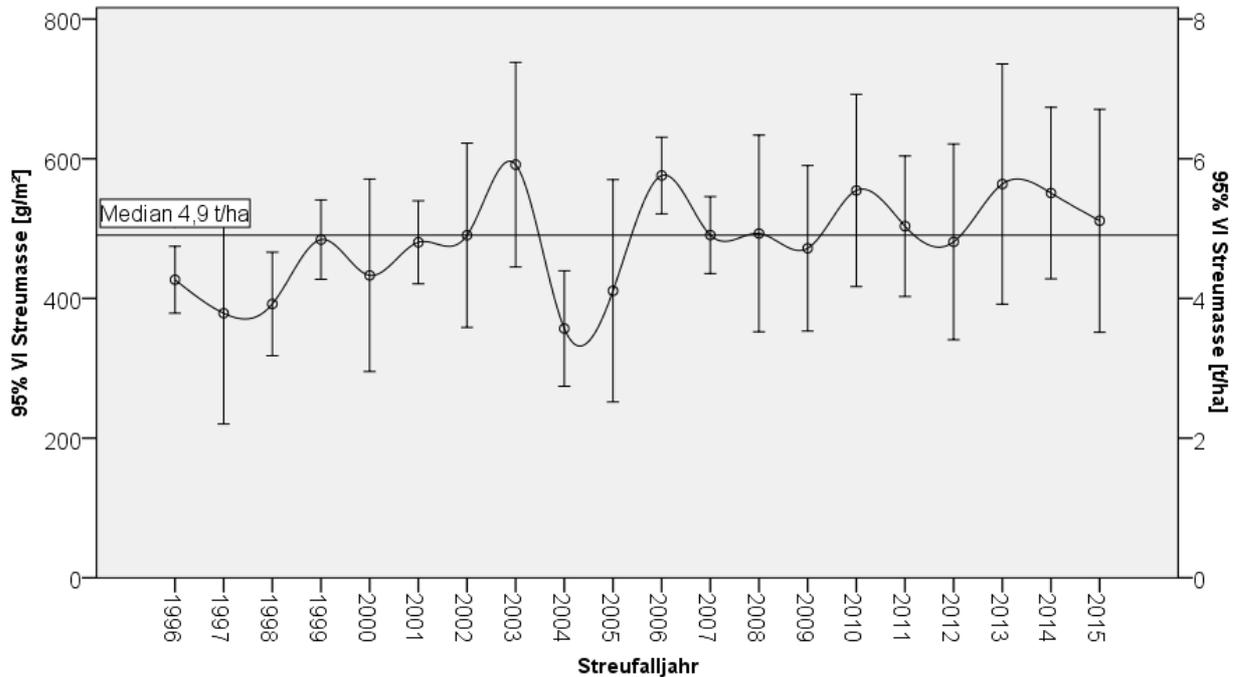


Abb. 34: Entwicklung der Streufall-Massen in g/m² bzw. t/ha an den Kiefern-Dauerbeobachtungsflächen in Berlin und Brandenburg (1101, 1202-1205)

Die Gegenüberstellung der Kiefern-Nadelstreu (in Prozent der mittleren Nadelstreu Masse der jeweiligen Fläche) und dem auf die gleiche Weise normierten jährlichen Durchmesser-Zuwachs an jeweils 30 Bäumen (Abb. 35) weist für die Jahre 2003 und 2006 ein Maximum der Nadelstreu bei einem Minimum des BHD-Zuwachses aus. Hier sollte aber aus der Koizidenz nicht auf Kausalität geschlossen werden. Vielmehr ist bei starker Stress-Belastung im Trockenjahr 2003 an einigen Flächen sowohl weniger Nadelmasse ausgebildet worden als auch früher abgefallen (1204, 1205). An der Fläche 1203 wurde sie durch die Nonne zum großen Teil aufgefressen und in Insektenkot (hier als Restfraktion) umgewandelt. Damit war im Jahr 2003 auch nur ein deutlich reduzierter Zuwachs der Kiefern möglich. Entsprechend konnte 2004 weniger Nadelmasse gebildet werden und wurde noch das Jahr 2005 gebraucht um wieder die normale Nadelstreu Masse zu erreichen. In 2006 folgte ein erneut sehr trocken-warmer Sommer, der auch zu erhöhter Nadelstreu führte und einen noch deutlicheren Zuwachseinbruch als 2003 zur Folge hatte. Trotzdem stabilisierte sich die Nadelmenge in den Kiefernbeständen und die Zuwachseinbrüche in den Jahren 2010 und 2011 finden keine Entsprechung in der Streufalldynamik. Offenbar wird die Nadelmassenhaltung der Kiefern über recht weite Grenzen der Belastung abgepuffert und nur bei extremen Störungen, wie es der Jahrhundertssommer 2003 war, beeinträchtigt.

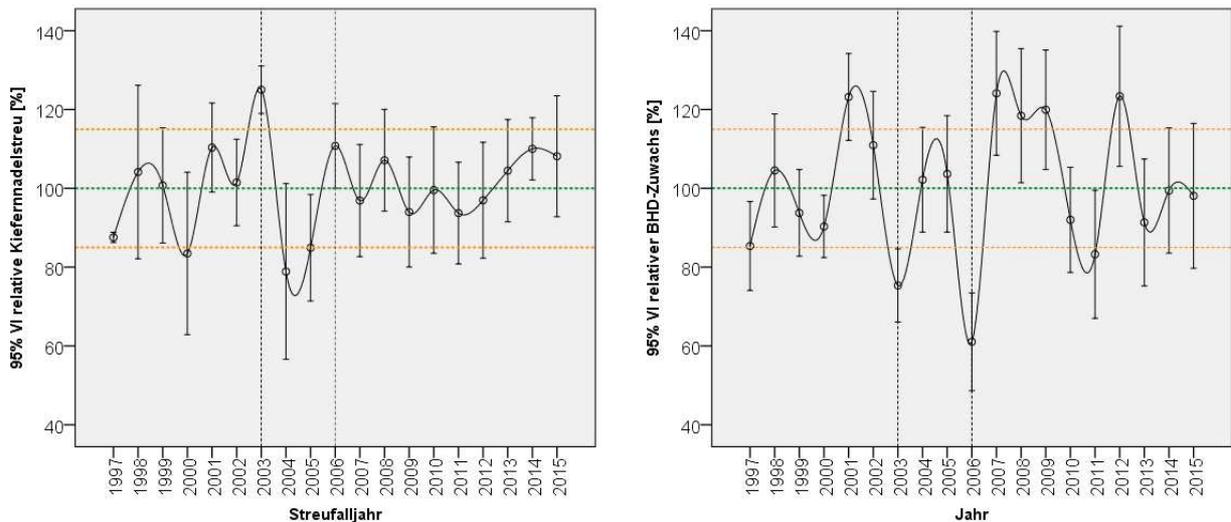


Abb. 35: Prozentuale Abweichung von Kiefern-Nadelstreu (links) und Durchmesserzuwachs an 4 Kiefern-Dauerbeobachtungsflächen Level II (1202 - 1205)

3.8 Streufall und Ereignis- bzw. Störungsregime

Über die Streufallmassen der Fraktionen vermitteln sich neben den bereits oben erwähnten Bezügen zu Fruktifikation, Wachstum und Nutzungseigriffen auch Störereignisse wie Insektenfraß, Sturm und Schneebruchschäden. In Abb. 36 ist beispielhaft die Entwicklung der Streufallfraktionen an der Fläche 1203 in der Schorfheide dargestellt. Hier trat im Jahr 2003 ein starker Befall durch Nonnen-Larven (*Lymantria monacha* L.) auf, dem etwa die Hälfte der Nadelmasse des Bestandes zum Opfer fiel. Im Streufall zeigt sich dieses Ereignis in einem ungewöhnlich hohen Ausschlag der Nadelstreu im Frühsommer, gekoppelt mit einer extremen Menge der Restfraktion, die hier vorwiegend den unvollständig erfassten Insektenkot beinhaltet. Hinsichtlich der Stofffrachten war dieses Fraß-Ereignis die bisher markanteste Störung im Stoffhaushalt der Level II-Flächen.

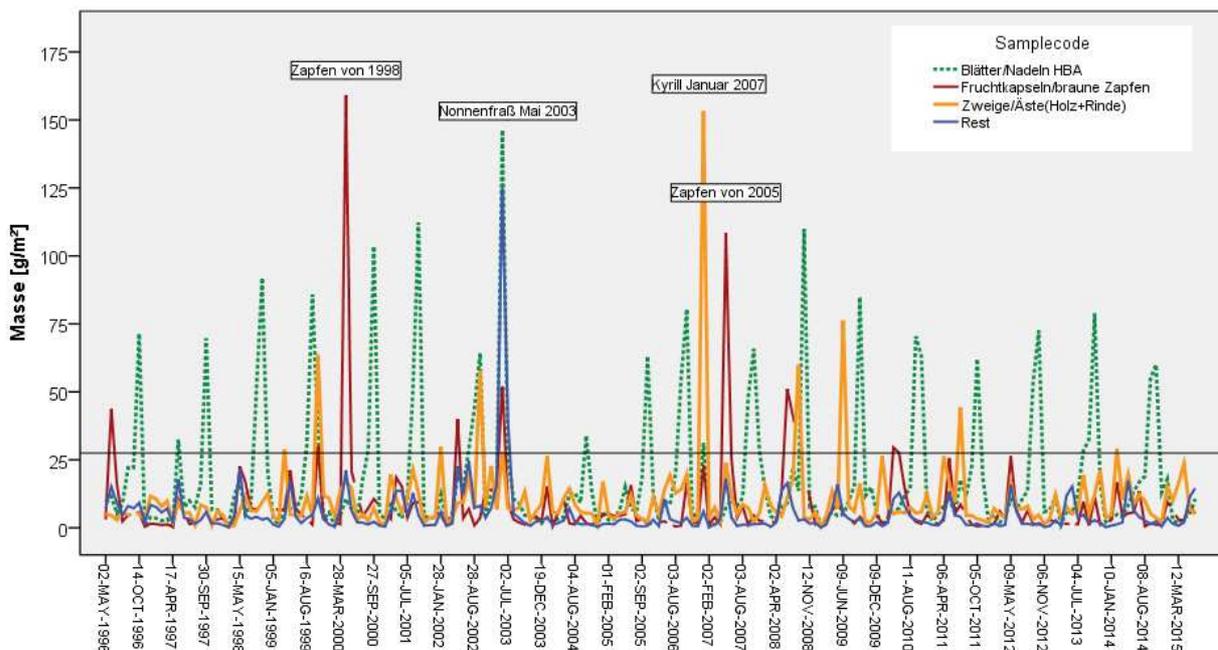


Abb. 36: Streufall-Trockenmasse nach Streuart in g/m² an der Level II-Fläche 1203 nach Sammelterminen 1996 – 2015

Wie in Tabelle 1 dargestellt waren mit diesem Fraß-Ereignis eine Verdopplung der Kohlenstoff-, Stickstoff-, Phosphor-, Schwefelfrachten aber auch extreme hohe Einträge von Zink, Eisen, Kupfer, Blei und Cadmium vor allem mit der Restfraktion verbunden. Interessant ist der Vergleich mit der Fläche 1204, an der auch im Jahr 2003 ein Maximum von Stickstoff und Phosphorfrachten auftrat, die allerdings enger an die Nadelfraktion gebunden waren, die in diesem Trockensommer offenbar vorzeitig mit reduzierter Translokation abgeworfen wurden. Es wurden an dieser Fläche in 2003 keine außergewöhnlichen Insektenfraßschäden beobachtet.

Ein Beispiel für die Bedeutung der Eichenmast im Stoffhaushalt zeigt sich an der Fläche 1101 (Grunewald) in den Jahren 2012 und 2013. In diesen Jahren wurden die Stickstoff- und Phosphorfrachten nahezu verdoppelt aber auch Magnesium, Schwefel, Zink und Kupfer in den Streueinträgen deutlich erhöht.

Die Maxima des Zapfenfalls in den Jahren 2000 und 2007 wirken sich dagegen nur in einer Erhöhung der Kohlenstofffracht aus (Abb. 36, Tabelle 1).

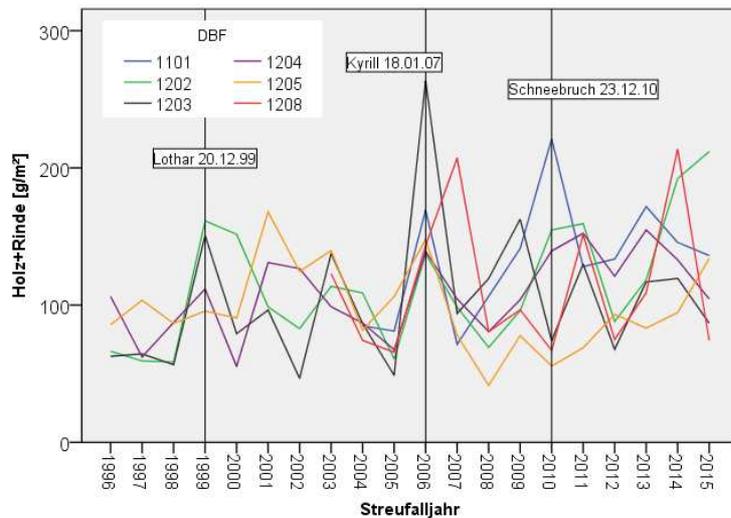


Abb. 37: Holzfraktion (Zweige, Holz, Rinde) des Streufalls an den Level II-Flächen und zugeordnete regionale meteorologische Schadereignisse

Auch Sturm- und Schneebruchereignisse finden ihren Niederschlag im Streufall, an der Fläche 1203 wirkte sich das Sturmtief Kyrill im Januar 2007 in einer hohen Holzbiomasse in der Streu aus.

Allerdings sind die Bezüge nicht selbsterklärend. Wie Abb. 37 zeigt, reagieren auch nicht alle Dauerbeobachtungsflächen auf so markante Ereignisse wie das Sturmtief Kyrill oder jüngst Xavier in gleicher Weise. So haben wir 1997 und 2001 Schneebruchschäden an der Fläche 1205 beobachtet die sich auch im Streufall bestätigen, 2010 dagegen traten die erwarteten Schneebruchschäden im Streufall der Flächen 1203 und 1205 gar nicht in Erscheinung.

3.9 Streufall-Monitoring aufwändiges Teilprogramm mit vielfältigen Anwendungen

Die Beobachtung der Stoffflüsse mit dem Streufall erfasst kontinuierlich messend einen Teil des Stoffhaushaltes der intensiv beobachteten Waldökosysteme.

Alle anderen Prozesse des Stoffhaushaltes sind mehr oder weniger auf Modelle oder Schätzungen angewiesen. So erfordert z. B. die Beobachtung der Deposition im Bestand durch Wechselwirkung mit dem Kronendach und die trockene Deposition die Anwendung eines Kronenraummodells. Die Stofffestlegung im Zuwachs des Bestandes macht die Nutzung von Schätzgrößen zu Stoffkonzentrationen und Biomasseanteilen der Kompartimente Holz, Borke, Blätter, Grob- und Feinwurzeln notwendig, für die z. T. zwar regionale Schätztafeln vorliegen, die aber nicht standorttypisch oder gar dynamisch gestaltet sind. Für den Stoffaustrag mit dem Sickerwasser können zwar Konzentrationen, nicht aber die Flüsse gemessen werden, die ein kalibriertes Wasserhaushaltsmodell erfordern. Auch die Kalkulation der Nährstoffnachlieferung aus der Mineralverwitterung ist auf Modelle mit verbleibenden Unsicherheiten angewiesen.

Damit ist der Streufall ein zwar unvollständiger, weil ohne Krautschicht und Wurzelstreu, aber doch wesentlicher und gut definierter Stofffluss im Ökosystemhaushalt, der sowohl hinsichtlich seiner Gesamtmasse und der Fraktionsanteile wie auch mit ihrer elementaren Zusammensetzung als Indikator für den Systemzustand, die Entwicklungsdynamik und die Störanfälligkeit des Waldökosystems dienen kann.

Der Stofffluss mit dem Streufall ermöglicht dem Waldbestand ein hohes Maß der Wiederverwertung der für den Baustoffwechsel eingesetzten Ressourcen (Abb. 38). Die Streufallmassen und ihr Kohlenstoffgehalt entsprechen etwa der Größenordnung des jährlichen Bestandeszuwachses. Dagegen werden die Makro-nährelemente Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium weniger im Bestand festgelegt als im

Streufall recycelt. Dabei sind die Kiefernbestände nochmals deutlich sparsamer im Stoffeinsatz, der Elementfestlegung und im Stoffumsatz als die Bestände mit Laubholz (Tabelle 1). Das liegt sowohl an der Aufteilung ihrer Blattmasse auf mehrere Jahrgänge bei längerer Nadellebensdauer als auch an einer geringeren Konzentration der Makronährstoffe in den Nadeln und der Nadelstreu gegenüber den Laubblättern.

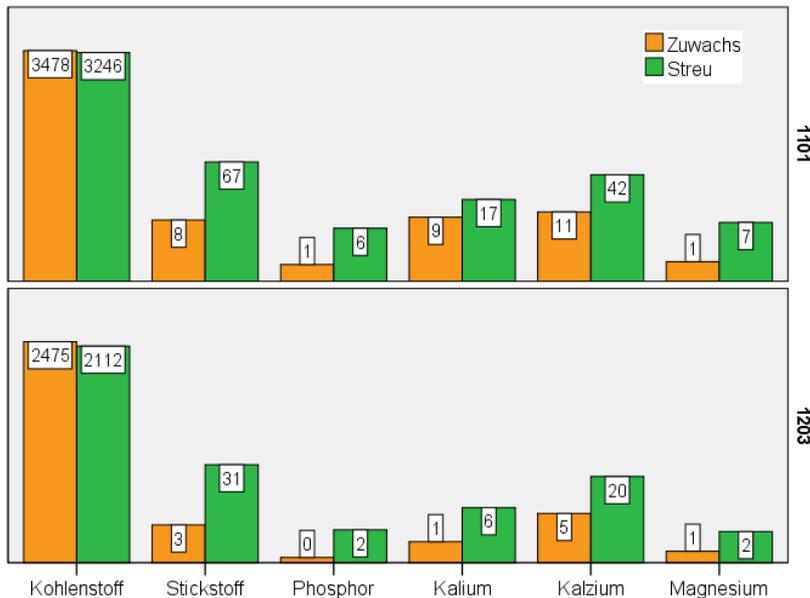


Abb. 38: Vergleich von jährlichen Stofffrachten mit der Streu mit der Elementfestlegung im Zuwachs der Bestände an den Level II-Flächen 1203 Kienhorst und 1101 Grunewald in kg/ha*a (logarithmische Skala).

Mit dem zunehmenden Laubholzanteil durch Förderung von mehrschichtigen Beständen und Waldumbau wird der Stoffumsatz sowohl hinsichtlich Menge als auch Geschwindigkeit erhöht. Damit steigen auch die Ansprüche an Nährstoffverfügbarkeit und die Risiken des Stoffaustauschs mobilisierter Nährelemente.

In der Dynamik des Streufalls an den Dauerbeobachtungsflächen ist gegenwärtig sowohl hinsichtlich der Stoffmengen als auch der Konzentrationen keine der wesentlichen Gefährdungen wie Versauerung, Stickstoffsättigung, Nährstoffmangel oder Schwermetallmobilisierung erkennbar.

Die Stickstoffkonzentrationen in der Nadelstreu lassen keine klare Tendenz erkennen. Sie waren nach einem Rückgang von 1996 bis 2000 in den Jahren 2001 bis 2003 deutlich erhöht. Dieses Phänomen bedarf weiterer Klärung. Seither ist keine deutliche Entwicklungstendenz erkennbar.

Hinsichtlich der Basenversorgung zeigen sich in der Nadelstreu der Bestände eher zunehmende Konzentrationen von Kalzium und Magnesium bei gleichbleibenden Kaliumkonzentrationen.

Die Phosphor-Konzentrationen der Nadelstreu entsprechen im Verlauf denen des Stickstoffs und Schwefels und lassen aktuell nicht auf einen Mangel schließen.

Die Spurenelemente Bor, Zink und Mangan weisen steigende Konzentrationen in der Nadelstreu auf. Das deutet auf eine bessere Verfügbarkeit mit zunehmender Versauerung.

Mit dem Wegfall der Flugascheinträge ist die Konzentration von Eisen in der Nadelstreu rückläufig.

Kupfer und Kadmium haben sich auf reduziertem Niveau stabilisiert und die Bleibelastung ist deutlich sinkend.

Die Dynamik der Stofffrachten mit den Streufall-Fractionen lässt Störungen im Stoffhaushalt, wie Insektenkalamitäten, Sturm- oder Schneebruchereignisse erkennen. Sie ermöglicht auch die Differenzierung von trockenstressbedingtem Nadel-/Blattverlust von z. B. Insektenfraß und kann damit zur Diagnose von temporären Zuwachseinbrüchen beitragen.

Die Erfassung von Samen und Früchten ermöglicht die Quantifizierung der sonst nur qualitativ erfassten Fruktifikationsintensität der beobachteten Bestände.

Hier nicht gesondert dargestellt bilden die Erfassung der Blattfläche und der 100 Blattmasse der mit dem Streufall aufgefangenen Blätter eine Grundlage zur Quantifizierung des Blattflächenindex der Waldbestände. Der Blattflächenindex oder LAI (Leaf Area Index) ist eine wichtige Größe für die Modellierung der Photosynthese und damit Kohlenstoffbindung der Waldbestände.

Insgesamt erweist sich die z. T. bereits seit zwanzig Jahren durchgehaltene Beobachtung des Streufalls an intensiven Dauerbeobachtungsflächen Level II als aussagefähiges und wesentliches Element der Diagnose des Zustands und der Entwicklung der Waldökosysteme sowohl auf Landes- wie auch Bundes- und europäischer Ebene. Weitere Informationen zur forstlichen Umweltkontrolle in Brandenburg und ihre Einbindung in Programme von Bund und Europäischer Union finden Sie unter dem Link:

www.forstliche-umweltkontrolle.de

ERGEBNISSE DER WALDZUSTANDSERHEBUNG 2017

Land Brandenburg Stichprobeneinheit	kombinierte Schadstufe(n) in % ⁴						mittlere Kronen- verlich- tung	Stichpro- ben- umfang (Bäume)
	0	1	2	3	4	2 - 4		
Baumarten und Altersgruppen 2017								
Kiefer	50,4	44,4	4,4	0,4	0,4	5,2	14	707
bis 60-jährig	63,3	34,9	1,2	0,0	0,6	1,8	12	166
über 60-jährig	46,4	47,3	5,4	0,6	0,4	6,3	15	541
andere Nadelbäume	45,9	32,4	5,4	2,7	13,5	21,6	26	37
bis 60-jährig	35,0	50,0	5,0	0,0	10,0	15,0	23	20
über 60-jährig	58,8	11,8	5,9	5,9	17,6	29,4	31	17
Buche	60,6	33,3	6,1	0,0	0,0	6,1	12	33
bis 60-jährig	100	-	-	-	-	-	0	2
über 60-jährig	58,1	35,5	6,5	0,0	0,0	6,5	13	31
Eiche	27,6	50,0	21,6	0,9	0,0	22,4	20	116
bis 60-jährig	47,6	42,9	9,5	0,0	0,0	9,5	14	21
über 60-jährig	23,2	51,6	24,2	1,1	0,0	25,3	21	95
andere Laubbäume	34,1	46,2	18,7	1,1	0,0	19,8	18	91
bis 60-jährig	42,3	48,10	9,6	0,0	0,0	9,6	14	52
über 60-jährig	23,1	43,6	30,8	2,6	0,0	33,3	24	39
Baumartengruppe Laubbäume	34,6	46,3	18,3	0,8	0,0	19,2	18	240
Baumartengruppe Nadelbäume	50,1	43,8	4,4	0,5	1,1	6,0	15	744
Gesamtergebnis 2017	46,3	44,4	7,8	0,6	0,8	9,2	15	984
bis 60-jährig	55,9	39,1	3,8	0,0	1,1	5,0	13	261
über 60-jährig	42,9	46,3	9,3	0,8	0,7	10,8	15	723
Gesamtergebnisse der Vorjahre								
2016	45,8	45,6	7,6	0,4	0,5	8,5	15	1008
2015	40,4	50,2	8,80	0,3	0,3	9,4	15	1008
2014	47,4	42,9	9,0	0,5	0,2	9,8	15	984
2013	52,5	36,0	10,6	0,6	0,3	11,5	15	984
2012	56,8	34,8	7,0	1,0	0,4	8,4	14	984
2011	52,5	38,7	8,3	0,6	0,1	9,0	14	984
2010	59,9	33,4	6,1	0,6	0,0	6,7	13	984
2009	68,8	25,6	5,4	0,2	0,0	5,6	11	984
2008	35,4	48,8	14,4	0,9	0,5	15,8	19	5459
2007	32,8	55,1	11,2	0,6	0,3	12,1	19	5424
2006	32,4	49,6	16,1	1,5	0,4	18,0	20	5501
2005	41,2	44,8	12,8	0,8	0,5	14,1	18	5476
2004	44,7	42,6	11,2	1,1	0,5	12,7	17	5388
2003	48,5	40,2	9,4	1,5	0,3	11,2	15	13694
2002	49,2	40,8	8,4	1,3	0,2	9,9	15	13795
2001	53,3	39,2	6,8	0,5	0,3	7,5	14	13776
2000	52,8	38,7	7,6	0,6	0,3	8,5	14	13727

⁴ geringfügige Abweichungen zu 100 % durch Rundungsfehler möglich

Land Brandenburg Stichprobeneinheit	kombinierte Schadstufe(n) in % ⁴						mittlere Kronen- verlichtung	Stichpro- ben- umfang (Bäume)
	0	1	2	3	4	2 - 4		
1999	57,2	35,4	6,6	0,5	0,3	7,4	13	13589
1998	52,6	37,6	9,0	0,5	0,3	9,8	14	13604
1997	48,7	41,5	8,9	0,6	0,3	9,7	14	13656
1996	47,7	40,8	10,3	0,8	0,4	11,5	15	13656
1995	47,1	39,1	12,1	1,1	0,6	13,8	16	13584
1994	42,1	40,1	15,6	1,5	0,6	17,8	17	13367
1993	43,8	39,2	17,1	1,2	0,6	17,1	17	13224
1992	29,7	44,8	23,8	1,4	0,3	25,5	21	13008
1991	29,0	37,7	29,5	3,9	0,0	33,3	23	12618

Kronenzustandsentwicklung nach Baumartengruppen

Kiefer	kombinierte Schadstufe(n) in % ⁵						mittlere Kronen- verlichtung
	0	1	2	3	4	2 - 4	
1991	25,0	38,4	32,3	4,3	0,0	36,6	24
1992	25,7	46,6	26,1	1,3	0,3	27,7	22
1993	41,7	41,2	15,8	0,8	0,6	17,1	17
1994	39,1	42,7	16,3	1,4	0,6	18,3	18
1995	45,2	41,4	11,9	0,8	0,7	13,4	16
1996	45,7	43,5	9,9	0,5	0,4	10,8	15
1997	45,6	44,8	8,9	0,4	0,3	9,7	15
1998	50,9	39,5	9,0	0,4	0,2	9,6	14
1999	56,7	36,8	5,9	0,3	0,3	6,5	13
2000	52,7	39,9	6,8	0,4	0,2	7,4	13
2001	52,9	40,8	5,8	0,3	0,1	6,3	13
2002	48,7	42,3	7,5	1,3	0,2	9,0	15
2003	48,6	41,8	7,9	1,5	0,2	9,5	15
2004	43,7	45,6	9,5	0,8	0,4	10,6	16
2005	38,3	47,4	13,1	0,8	0,4	14,2	17
2006	31,0	51,6	15,9	1,3	0,2	17,4	19
2007	32,2	57,0	10,1	0,4	0,2	10,8	17
2008	33,2	50,4	15,1	0,9	0,4	16,4	18
2009	74,3	23,2	2,5	0,0	0,0	2,5	10
2010	65,9	30,5	3,3	0,3	0,0	3,6	11
2011	59,4	36,1	4,1	0,3	0,1	4,5	12
2012	63,3	33,6	2,6	0,4	0,1	3,2	11
2013	53,5	37,6	8,4	0,3	0,3	8,9	14
2014	48,1	43,9	7,5	0,3	0,1	7,9	14
2015	38,5	53,3	8,2	0,0	0,0	8,2	15
2016	46,8	47,9	4,8	0,3	0,1	5,2	14
2017	50,4	44,4	4,4	0,4	0,4	5,2	14

⁵ geringfügige Abweichungen zu 100 % durch Rundungsfehler möglich

Kronenzustandsentwicklung nach Baumartengruppen

andere Nadel- bäume	kombinierte Schadstufe(n) in % ⁶						mittlere Kronen- verlichtung
	0	1	2	3	4	2 - 4	
1991	61,5	30,2	7,9	0,5	0,0	8,4	11
1992	68,9	25,5	4,5	0,5	0,6	5,6	10
1993	63,5	27,1	7,7	1,3	0,5	9,4	12
1994	68,2	23,7	7,3	0,6	0,2	8,1	10
1995	67,2	25,6	6,3	0,8	0,1	7,2	10
1996	66,3	28,4	4,7	0,5	0,2	5,3	10
1997	70,2	25,1	3,8	0,8	0,1	4,7	9
1998	68,0	27,2	3,8	0,6	0,3	4,7	10
1999	73,4	24,3	1,5	0,3	0,5	2,2	9
2000	70,0	25,9	3,5	0,3	0,3	4,1	10
2001	70,9	25,8	2,4	0,9	0,0	3,3	9
2002	65,3	29,3	4,0	0,4	0,9	5,4	11
2003	71,8	24,0	2,8	0,7	0,6	4,1	10
2004	67,8	25,9	4,9	0,3	1,1	6,3	11
2005	65,5	29,6	3,5	0,3	1,1	4,9	11
2006	57,8	34,7	6,1	0,8	0,6	7,5	13
2007	47,9	38,9	11,8	0,8	0,7	13,3	16
2008	58,5	34,3	5,8	0,8	0,7	7,3	13
2009	80,4	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7
2010	82,4	15,7	2,0	0,0	0,0	2,0	7
2011	72,1	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8
2012	70,6	21,6	3,9	1,9	2,0	7,8	12
2013	82,0	16,0	0,0	2,0	0,0	2,0	8
2014	72,9	25,0	0,0	2,1	0,0	2,1	9
2015	65,9	24,4	4,9	2,4	2,4	9,8	15
2016	70,0	20,0	5,0	2,5	2,5	10,0	14
2017	45,9	32,4	5,4	2,7	13,5	21,6	26

⁶ geringfügige Abweichungen zu 100 % durch Rundungsfehler möglich

Buche	kombinierte Schadstufe(n) in % ⁷						mittlere Kronen- verlichtung
	0	1	2	3	4	2 - 4	
1991	37,5	39,0	22,0	1,5	0,0	23,5	19
1992	47,0	35,1	15,8	1,8	0,3	17,9	16
1993	53,7	28,0	16,2	1,5	0,6	18,3	14
1994	55,4	30,0	12,8	1,2	0,6	14,6	14
1995	47,2	26,7	24,3	1,4	0,3	26,1	18
1996	61,6	17,2	16,3	4,9	0,0	21,2	15
1997	59,0	22,3	16,5	2,3	0,0	18,8	14
1998	58,7	22,3	17,1	2,0	0,0	19,1	15
1999	60,7	26,3	11,6	1,2	0,3	13,0	13
2000	43,9	29,0	26,0	1,1	0,0	27,1	18
2001	51,4	33,1	14,6	0,8	0,0	15,5	15
2002	46,2	32,5	19,6	1,7	0,0	21,3	17
2003	54,2	28,5	16,4	0,8	0,0	17,3	15
2004	35,8	27,6	34,4	2,2	0,0	36,6	22
2005	38,9	33,2	26,6	1,1	0,3	27,9	20
2006	34,0	32,9	32,3	0,8	0,0	33,2	20
2007	31,5	36,7	31,0	0,8	0,0	31,8	21
2008	35,9	37,0	26,3	0,8	0,0	27,1	19
2009	28,1	40,6	31,3	0,0	0,0	31,3	20
2010	38,7	45,2	16,1	0,0	0,0	16,1	17
2011	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	33,3	22
2012	48,4	25,8	25,8	0,0	0,0	25,8	16
2013	74,2	19,4	6,5	0,0	0,0	6,5	10
2014	62,5	31,3	6,3	0,0	0,0	6,3	12
2015	59,4	37,5	3,1	0,0	0,0	3,1	12
2016	56,3	34,4	9,4	0,0	0,0	9,4	13
2017	60,6	33,3	6,1	0,0	0,0	6,1	12

⁷ geringfügige Abweichungen zu 100 % durch Rundungsfehler möglich

Kronenzustandsentwicklung nach Baumartengruppen

Eiche	kombinierte Schadstufe(n) in % ⁸						mittlere Kronen- verlichtung
	0	1	2	3	4	2 - 4	
1991	31,6	39,8	27,7	1,0	0,0	28,6	21
1992	33,6	48,1	16,3	2,0	0,0	18,3	18
1993	35,3	41,4	20,3	2,7	0,2	23,3	20
1994	37,6	38,6	20,1	3,5	0,2	23,8	20
1995	43,0	36,5	17,7	2,7	0,0	20,4	18
1996	32,0	34,0	29,5	4,5	0,0	34,0	23
1997	40,1	41,4	17,6	0,7	0,2	18,5	18
1998	44,0	35,6	18,3	1,3	0,8	20,4	18
1999	35,0	37,4	25,2	1,8	0,7	27,7	21
2000	37,1	43,8	17,7	0,6	0,8	19,2	19
2001	34,6	38,6	25,6	1,3	0,0	26,8	20
2002	39,3	40,1	19,8	0,6	0,2	20,6	18
2003	30,8	37,7	28,9	2,2	0,4	31,4	22
2004	26,9	28,5	36,2	7,3	1,2	44,7	28
2005	30,0	30,2	36,1	2,4	1,2	39,7	25
2006	25,3	40,6	31,7	1,2	1,2	34,1	23
2007	23,5	43,0	29,3	2,0	2,2	33,5	24
2008	23,4	48,4	24,8	0,8	2,6	28,2	23
2009	37,1	37,1	23,7	2,1	0,0	25,8	20
2010	22,7	49,5	23,7	4,1	0,0	27,8	22
2011	9,5	56,8	29,5	4,2	0,0	33,7	25
2012	10,3	48,5	35,1	4,1	2,1	41,2	29
2013	28,9	34,0	33,0	3,1	1,0	37,1	25
2014	32,0	49,0	16,0	2,0	1,0	19,0	20
2015	36,5	44,3	17,4	0,9	0,9	19,1	19
2016	33,0	47,0	19,1	0,9	0,0	20,0	18
2017	27,6	50,0	21,6	0,9	0,0	22,4	20

⁸ geringfügige Abweichungen zu 100 % durch Rundungsfehler möglich

Kronenzustandsentwicklung nach Baumartengruppen

andere Laubbäume	kombinierte Schadstufe(n) in % ⁹						mittlere Kronen- verlichtung
	0	1	2	3	4	2 - 4	
1991	47,2	33,6	15,3	3,9	0,0	19,2	18
1992	40,1	40,2	16,2	2,6	1,1	19,8	18
1993	54,8	27,1	12,3	4,9	0,9	18,2	18
1994	56,9	26,4	13,2	2,4	1,1	16,7	16
1995	56,5	27,9	11,1	3,9	0,6	15,6	16
1996	58,9	31,4	8,1	1,2	0,4	9,7	13
1997	61,0	31,3	6,2	1,0	0,5	7,7	13
1998	61,1	31,1	6,3	1,4	0,2	7,9	13
1999	59,9	30,6	7,4	1,7	0,5	9,5	14
2000	53,5	34,3	7,8	3,6	0,8	12,2	16
2001	52,1	35,2	8,5	1,5	2,7	12,7	17
2002	42,9	41,9	13,1	1,8	0,3	15,1	17
2003	38,4	39,2	18,8	2,9	0,8	22,4	20
2004	38,9	37,5	19,4	3,3	1,0	23,7	21
2005	36,3	46,0	14,7	1,6	1,3	17,6	20
2006	23,1	45,3	22,1	6,4	3,1	31,6	27
2007	25,5	52,4	18,2	3,2	0,8	22,1	22
2008	29,0	47,1	21,4	1,6	0,9	23,9	22
2009	64,5	31,6	3,9	0,0	0,0	3,9	10
2010	42,9	48,1	9,1	0,0	0,0	9,1	15
2011	42,3	42,3	15,4	0,0	0,0	15,4	16
2012	48,7	41,0	7,7	2,6	0,0	10,3	16
2013	45,6	43,0	11,4	0,0	0,0	11,4	16
2014	38,8	41,2	20,0	0,0	0,0	20,0	17
2015	42,4	48,9	6,5	1,1	1,1	8,7	16
2016	39,8	40,9	16,1	0,0	3,2	19,4	20
2017	34,1	46,2	18,7	1,1	0,0	19,8	18

⁹ geringfügige Abweichungen zu 100 % durch Rundungsfehler möglich

Fruchtifikation der Hauptbaumarten in Brandenburg

Kiefer	Anteile der Intensitätsstufen Zapfenbehang				mittlere Intensitäts-Stufe
	ohne 0	gering 1	mittel und stark 2 + 3	mit Zapfen 1 - 3	
1994	73,3	23,7	3,0	26,7	0,3
1995	62,5	31,7	5,8	37,5	0,4
1996	71,3	25,5	3,2	28,7	0,3
1997	74,1	23,0	2,9	25,9	0,3
1998	49,5	38,2	12,3	50,5	0,6
1999	39,0	46,3	14,7	61,0	0,8
2000	62,7	33,7	3,6	37,3	0,4
2001	51,5	41,8	6,7	48,5	0,6
2002	46,5	45,2	8,3	53,5	0,6
2003	54,4	40,1	5,4	45,6	0,5
2004	48,3	42,5	9,2	51,7	0,6
2005	51,5	40,1	8,4	48,5	0,6
2006	37,7	48,0	14,3	62,3	0,8
2007	44,5	44,2	11,3	55,5	0,7
2008	66,3	30,7	3,0	33,7	0,4
2009	20,4	30,5	49,1	79,6	1,5
2010	18,6	23,4	58,0	81,4	1,7
2011	21,2	33,8	45,0	78,8	1,4
2012	54,1	27,6	18,3	45,9	0,7
2013	10,0	38,4	51,4	83,8	1,6
2014	19,9	34,3	45,8	80,1	1,4
2015	48,4	35,4	16,2	51,6	0,7
2016	11,1	29,5	59,3	88,9	1,6
2017	14,0	70,6	15,4	86,0	1,0

Buche	Anteile der Intensitätsstufen Fruchtbehang				mittlere Intensitäts-Stufe
	ohne 0	gering 1	mittel und stark 2 + 3	mit Fruchtbehang 1 - 3	
1994	99,4	0,6	0,0	0,6	0,1
1995	30,1	32,8	37,1	69,9	1,2
1996	97,7	2,0	0,3	2,3	0,0
1997	97,1	2,9	0,0	2,9	0,0
1998	49,1	31,5	19,4	50,9	0,8
1999	92,2	7,8	0,0	7,8	0,1
2000	30,4	20,7	48,9	69,6	1,5
2001	91,4	8,6	0,0	8,6	0,1
2002	44,0	33,9	22,1	56,0	0,8
2003	88,2	10,4	1,4	11,8	0,1
2004	36,3	30,1	33,6	63,7	1,1
2005	97,5	2,5	0,0	2,5	0,0
2006	47,9	36,7	15,3	52,1	0,7
2007	46,0	32,1	21,9	54,0	0,8
2008	91,8	7,9	0,3	8,2	0,1
2009	9,7	22,6	67,7	90,3	2,0
2010	90,3	9,7	0	9,7	0,1
2011	0,0	8,3	91,7	100,0	2,5
2012	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014	37,5	40,6	21,9	62,5	0,9
2015	59,4	12,5	28,1	40,6	0,7
2016	21,9	31,3	46,9	78,1	1,3
2017	9,1	45,5	45,5	90,9	1,5

Eiche	Anteile der Intensitätsstufen Fruchtbehang				mittlere Intensitäts-Stufe
	ohne 0	gering 1	mittel und stark 2 + 3	mit Fruchtbehang 1 - 3	
1994	99,3	0,7	0,0	0,7	0,0
1995	89,7	8,5	1,8	10,3	0,1
1996	98,4	1,1	0,4	1,6	0,0
1997	95,1	4,9	0,0	4,9	0,0
1998	81,5	13,5	5,1	18,5	0,3
1999	91,8	7,1	1,1	8,2	0,1
2000	81,9	14,3	3,8	18,1	0,2
2001	80,5	14,9	4,6	19,5	0,2
2002	95,1	4,7	0,2	4,9	0,1
2003	74,5	19,6	5,9	25,5	0,3
2004	97,8	2,2	0,0	2,2	0,0
2005	96,0	4,0	0,0	4,0	0,0
2006	81,6	16,0	2,4	18,4	0,2
2007	93,2	6,6	0,2	6,8	0,1
2008	88,5	11,3	0,2	11,5	0,1
2009	72,2	18,6	9,3	27,8	0,4
2010	93,8	5,2	1,0	6,2	0,1
2011	76,5	16,8	6,3	23,2	0,3
2012	80,4	15,5	3,1	18,6	0,2
2013	55,7	39,2	4,1	43,3	0,5
2014	62,6	25,3	12,1	37,4	0,5
2015	41,7	45,2	13,0	58,3	0,8
2016	25,2	34,8	40,0	74,8	1,2
2017	53,4	39,7	6,9	46,6	0,5

**Ministerium für Ländliche Entwicklung,
Umwelt und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg**

Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)
Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde

Telefon: 03334 2759-203
www.forst.brandenburg.de

