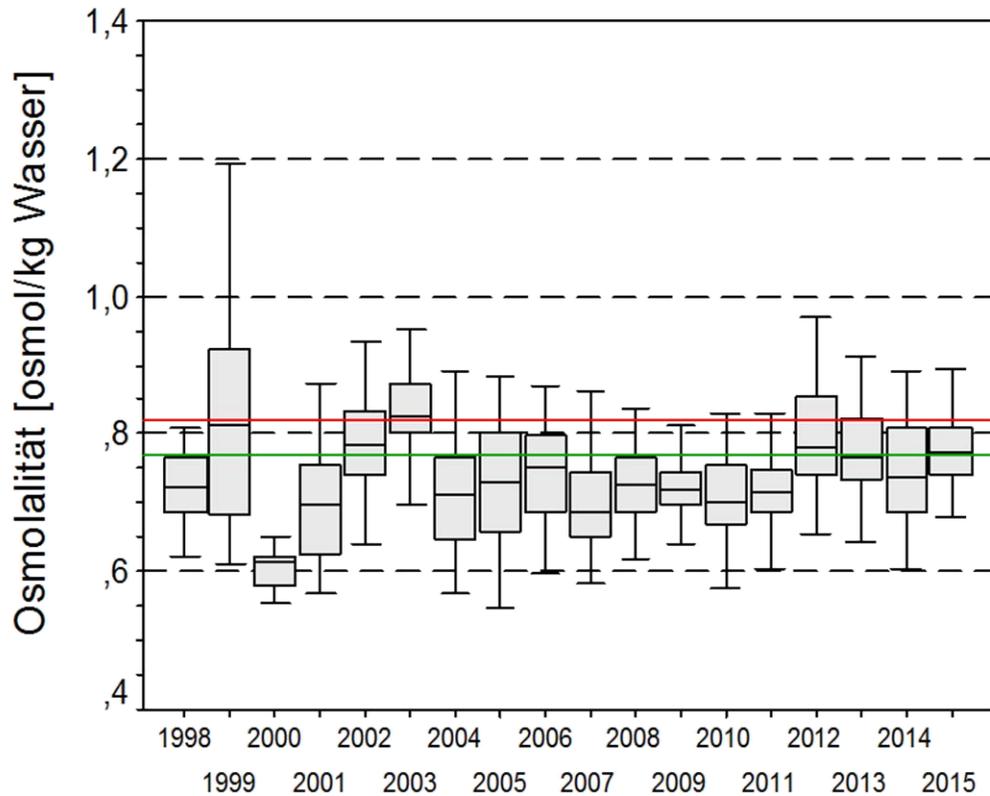




2 Zustands-/Wirkungsindikatoren
 2.2 Vitalität
 2.2.1 Stressparameter
 Blattorgane - Biomarker
 2.2.1 a Trockenstress
 2.2.1 b Stickstoffbelastung

Stichtag: 31.12.2015
 Stand: 31.12.2016
 Periode: Jahr
 Beginn: 1998

Anlass und Ziel: Trockenheit ist einer der häufigsten Stressfaktoren für Bäume. Die daraus resultierenden Störungen in der Wasserbilanz von Bäumen werden als ein wichtiger Ursachenkomplex von Vitalitätseinbußen gesehen. Ein Ziel im Waldmonitoring ist die Erfassung der physiologischen Leistungsfähigkeit von Bäumen und eine objektive Bewertung ihrer Stressbelastung an sich ändernde Umweltbedingungen auf der Grundlage der exakten Messung von spezifischen Blattinhaltsstoffen.



Legende: Osmolalität des jeweils 1. Nadeljahrganges der Kiefer der 8 Dauerbeobachtungsflächen in Brandenburg und Berlin (seit 2014 Berlin-Grünwald [1102]) in den einzelnen Untersuchungsjahren (grüne Linie = Referenzbereich; rote Linie = Schwellenbereich; n = 1283 Datensätze)

Methodik:

Der Wasserhaushalt wird im wesentlichen durch das Wasserpotenzial Ψ_s (früher Saugspannung S), das osmotische Potenzial Ψ_p , den Turgor und die Transpiration charakterisiert. Für die Berechnung des osmotischen Potenzials wird als Messgröße die Osmolalität bestimmt, die eine integrative Größe der Konzentration an osmotisch wirksamen Substanzen im Zellsaft darstellt. Dazu gewinnt man Nadelpresssaft aus ca. 2 g tiefgefrorenem (-80 °C) Nadelmaterial mittels einer Presse. Nach Zentrifugation wird der Überstand mit dem Gefrierpunktsometer OSMOMAT 30 (Fa. Gonotec, Berlin) gemessen.

Nj	Referenzbereich [osmol/kg Wasser]	oberer Schwellenbereich [osmol/kg Wasser]
1	≤ 0,77	> 0,77 - 0,82
2	≤ 0,76	> 0,76 - 0,81

Die Berechnung des osmotischen Potenzials ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$\psi_s = -R \cdot T \cdot P_w \cdot C$$

C = osmole Konzentration der Lösung [osmol/kg Wasser]
 P_w = Dichte des Wassers in der Lösung [1000 kg/m³]
 R = Gaskonstante [8,314 J/mol K]
 T = absolute Temperatur [273,15 K]

Ergebnis:

Die Osmolalität wird für die einzelnen Nadeljahrgänge getrennt bestimmt und auch die Referenz- und Schwellenwerte sind nadeljahrgangabhängig. Werte, die den oberen Schwellenwert erreichten, wurden 1999 (0,81 osmol/kg Wasser) und 2002 (0,79 osmol/kg Wasser) nachgewiesen. 2003 war der Flächenmittelwert mit 0,84 osmol/kg Wasser sogar über dem oberen Schwellenbereich. In allen übrigen Untersuchungsjahren lagen die Werte im Referenzbereich.

Wertung:

Die Osmolalität ist ein relativ früh reagierender Biomarker zur Bewertung der Reaktionen der Bäume auf Wasserstress. Nachteilig ist es, dass die Witterung unmittelbar vor der Probenahme diesen Parameter stark beeinflusst. Daher ist eine belastbare Interpretation der Ergebnisse nur im Zusammenhang mit den anderen zu erhebenden Biomarkern und der Erfassung der Witterungsbedingungen möglich.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

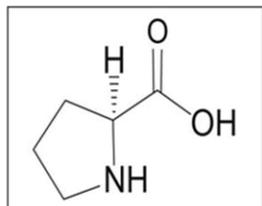
Erkennen der physiologischen Reaktionen der Bäume auf Trockenjahre (Weiserjahre), Risikobewertung erfordert jährliche Beobachtung

Quelle: Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle Level II

Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: S. Löffler

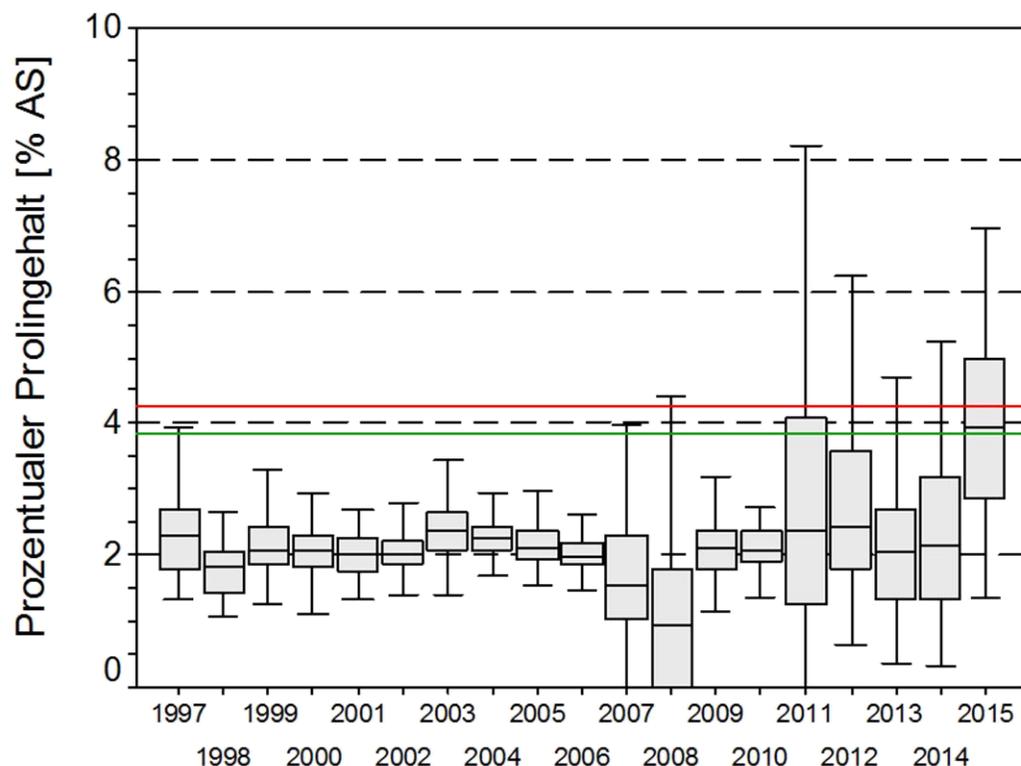
Referenzen, Datenabruf:



2 Zustands-Wirkungsindikatoren Stichtag: 31.12.2015
 2.2 Vitalität Stand: 31.12.2016
 2.2.1 Stressparameter Periode: Jahr
 Blattorgane - Biomarker Beginn: 1997/2007
 2.2.1 a Trockenstress
 2.2.1 b Stickstoffbelastung

Anlass und Ziel:

Trockenheit ist einer der häufigsten Stressfaktoren für Bäume. Die daraus resultierenden Störungen in der Wasserbilanz von Bäumen werden als ein wichtiger Ursachenkomplex von Vitalitätseinbußen gesehen. Die stressinduzierte Akkumulation der Aminosäure Prolin ist durch eine Vielzahl von Untersuchungen seit langem bekannt. Zu den am häufigsten in Pflanzen beobachteten Ursachen für die Prolinanreicherung gehören Wassermangel bzw. Salzstress, aber auch Kältestress, Nährstoffmangel, bakterielle Infektionen und Immissionsbelastungen.



Legende: Prolingehalt (bezogen auf Aminosäuren) des 2. Nadeljahrganges der Kiefer der 8 Dauerbeobachtungsflächen in Brandenburg und Berlin (seit 2014 Berlin-Grünwald [1102]) in den einzelnen Untersuchungsjahren (grüne Linie = Referenzbereich; rote Linie = Schwellenbereich; n = 1465 Datensätze)

Methodik:

Die Bestimmung des freien Prolins erfolgte bis 2010 nach einer modifizierten Methode von BATES et al. (1973). Seit 2011 wird die für die Identifizierung und Quantifizierung der freien Aminosäuren ein Aminosäureanalysator (ARACUS, Fa. membraPure) eingesetzt. Um Fehlinterpretation bei Prolinanreicherungen, z. B. bei Stickstoffüberernährung auszuschließen, wird für die Bewertung des Trockenstresses der Prolingehalt als prozentualer Anteil des Gesamtaminosäuregehaltes (%AS) berechnet.

	Referenzbereich [% AS]	oberer Schwellenbereich [%AS]
1	≤ 3,24	> 3,24 – 3,85
2	≤ 3,84	> 3,84 – 4,25

Ergebnis:

Im Untersuchungszeitraum lagen die Flächenmittelwerte des prozentualen Prolingehaltes in den Nadeln des 2. Nadeljahrganges – mit Ausnahme von 2015 im Referenzbereich. Daher konnte - mit Ausnahme für einige wenige Einzelbäume - keine akute Stresssituation auf Bestandesebene nachgewiesen werden.

Wertung:

Überschreitungen des oberen Schwellenbereichs zeigen intensive Stressreaktionen auf Wassermangel an. Die Streuung des jährlichen Wertebereichs weist zum einen auf die großen baumindividuellen und standörtlichen Unterschiede der Stressbelastung hin. Zum anderen können seit 2011 die Analysen durch einen Aminosäureanalysator durchgeführt werden, was den Nachweisbereich und die Genauigkeit der Analysen erhöht. Unterhalb des Referenzbereiches ist ein starker osmotischer Stress in der zeitlichen Phase der Probenahme auszuschließen. In der Zeitreihe ab 2011 zeigen insbesondere die Prolinwerte des Jahres 2015 eine erhöhte Trockenstressbelastung an.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

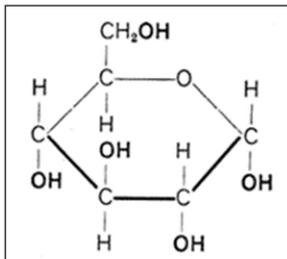
Erkennen der physiologischen Reaktionen der Bäume auf Trockenjahre (Weiserjahre), Risikobewertung erfordert jährliche Beobachtung

Quelle: Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle Level II

Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: S. Löffler

Referenzen, Datenabruf:



2 Zustands-/Wirkungsindikatoren

2.2 Vitalität

2.2.1 Stressparameter

Blattorgane - Biomarker

2.2.1 a Trockenstress

2.2.1 b Stickstoffbelastung

Stichtag: 31.12.2015

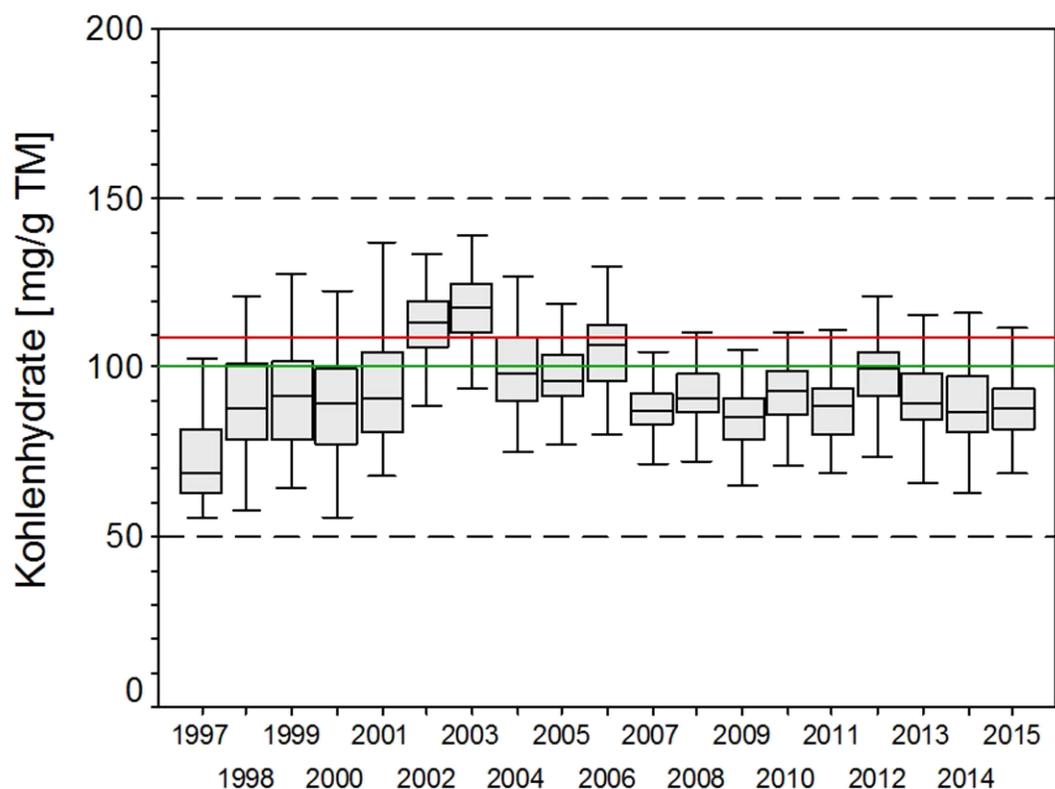
Stand: 31.12.2016

Periode: Jahr

Beginn: 1997

Anlass und Ziel:

Trockenheit ist einer der häufigsten Stressfaktoren für Bäume. Die daraus resultierenden Störungen in der Wasserbilanz von Bäumen werden als ein wichtiger Ursachenkomplex von Vitalitätseinbußen gesehen. Kohlenhydrate sind zentrale Bausteine für das Wachstum und Überleben von Bäumen.



Legende: Kohlenhydratgehalt des 2. Nadeljahrganges der Kiefer der 8 Dauerbeobachtungsflächen in Brandenburg und Berlin (seit 2014 Berlin-Grünwald [1102]) in den einzelnen Untersuchungsjahren (grüne Linie = Referenzbereich; rote Linie = Schwellenbereich; n = 1465 Datensätze)

Kohlenhydrate - Kiefer

2.2.1 a3

Methodik:

Aus einem wässrig-methanolischen Extrakt des lyophilisierten Pflanzenmaterials (LUNDERSTÄDT und AHLERS, 1983) wird ein Aliquot zur photometrischen Bestimmung der Gesamtkohlenhydratgehalte nach KLEBER et al. (1987) genutzt.

Nj	Referenzbereich [mg/g TM]	oberer Schwellenbereich [mg/g TM]
1	75 - 92	> 92 - 100
2	84 - 100	> 100 - 109

Ergebnis:

Eine besondere bioindikative Bedeutung bezüglich des Gehaltes an Kohlenhydraten kommt dem zweiten (stoffwechselaktivsten) Nadeljahrgang zu. Bereits im Jahr 2002, aber insbesondere im Jahr 2003, waren die Kohlenhydratgehalte außergewöhnlich hoch. Die Mittelwerte lagen noch über den oberen Schwellenwerten und unterschieden sich hoch signifikant von den Werten aller anderen Jahre. Im Vergleich der Bestände wird deutlich, dass die höchsten Kohlenhydratgehalte in den Nadeln der DBF1204 und die signifikant geringsten in denen der DBF 1203 vorkamen. Dieses Ergebnis korreliert eng mit den Osmolalitäten.

Wertung:

Erwartungsgemäß erreichten die Kohlenhydratgehalte für das Trockenjahr 2003 hohe Werte. Die in den drei Folgejahren 2004 - 2006 wurden ebenfalls erhöhte Kohlenhydratgehalte in den Kiefernadeln nachgewiesen. Da eine Hemmung des Assimilattransportes aus den Nadeln, die zur Erhöhung der Kohlenhydratgehalte führt, durch zahlreiche weitere Faktoren bedingt sein können, ist eine belastbare Interpretation der Ergebnisse nur im Zusammenhang mit weiteren zu erhebenden Biomarkern und der Erfassung von Witterungsbedingungen möglich.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

Erkennen der physiologischen Reaktionen der Bäume auf Trockenjahre (Weiserjahre), Risikobewertung erfordert jährliche Beobachtung

Quelle: Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle Level II

Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: S. Löffler

Referenzen, Datenabruf:



2 Zustands-Wirkungsindikatoren Stichtag: 31.12.2015
 2.2 Vitalität Stand: 31.12.2016
 2.2.1 Stressparameter Periode: Jahr
 Blattorgane - Biomarker Beginn: 1997
 2.2.1 a Trockenstress
 2.2.1 b Stickstoffbelastung

Anlass und Ziel:

Trockenheit ist einer der häufigsten Stressfaktoren für Bäume. Die daraus resultierenden Störungen in der Wasserbilanz von Bäumen werden als ein wichtiger Ursachenkomplex von Vitalitätseinbußen gesehen. Dem absoluten und relativen Wassergehalt kommt daher neben anderen Wasserstatusparametern (z. B. Wassersättigungsdefizit, Osmolalität) eine indikative Bedeutung zu. Der Wassergehalt spiegelt unmittelbar die Versorgungsbilanz wider.

Nadelwassergehalt - Kiefer

2.2.1 a4

Methodik:

Wasser dient der Pflanze als Lösungs- und Transportmittel, zur Aufrechterhaltung des Turgors und ist eine entscheidende Komponente biochemischer Reaktionen. Infolgedessen stellt Wasser den größten Anteil am Frischgewicht von Pflanzenteilen dar. Da alle Stoffwechselfvorgänge an einen relativ hohen Wassergehalt gebunden sind, unterliegt der Parameter in gesunden Bäumen nur geringen Schwankungen. Zur Bestimmung der Nadelfrisch- (FM), der -Nadelnadelmasse (TM) und des Wassergehaltes werden 50 Nadelpaare auf einem Moisture Analyzer bis zur Gewichtskonstanz bei 110 °C getrocknet.

Nj	unterer Schwellenbereich [%]	Referenzbereich [%]
1	57,5 - 58,6	> 58,6
2	52,2 - 53,1	> 53,1

Ergebnis:

Der Nadelwassergehalt zeigt im 1. Nadeljahrgang große Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsjahren, die auf die Wasserversorgung der Bäume zurückzuführen sind. Die geringsten Jahresflächenmittelwerte wurden in dem Trockenjahr 2003 mit 57,3 % ermittelt, dies ist ein Wert der noch unterhalb des unteren Schwellenbereiches liegt. Mit Nadelwassergehalten von 58,5 % bis 58,9 % lagen die Flächenmittelwerte 1999, 2002 und 2008 im unteren Schwellenbereich. Für den 2. Nadeljahrgang wurden ebenfalls die niedrigsten Nadelwassergehalte (Flächenmittelwerte 52,3 % 2003 bestimmt, dieser Wert lag jedoch noch im Referenzbereich.

Wertung:

Dass der Anpassungsprozess auf den Wassermangel bei der überwiegenden Zahl von Kiefern erfolgreich abläuft, zeigt der Nadelwassergehalt des 2. Nadeljahrganges. Zwar sind die Flächenmittelwerte 2003 im Untersuchungszeitraum am geringsten, sie überschreiten aber nicht den kritischen unteren Schwellenbereich.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

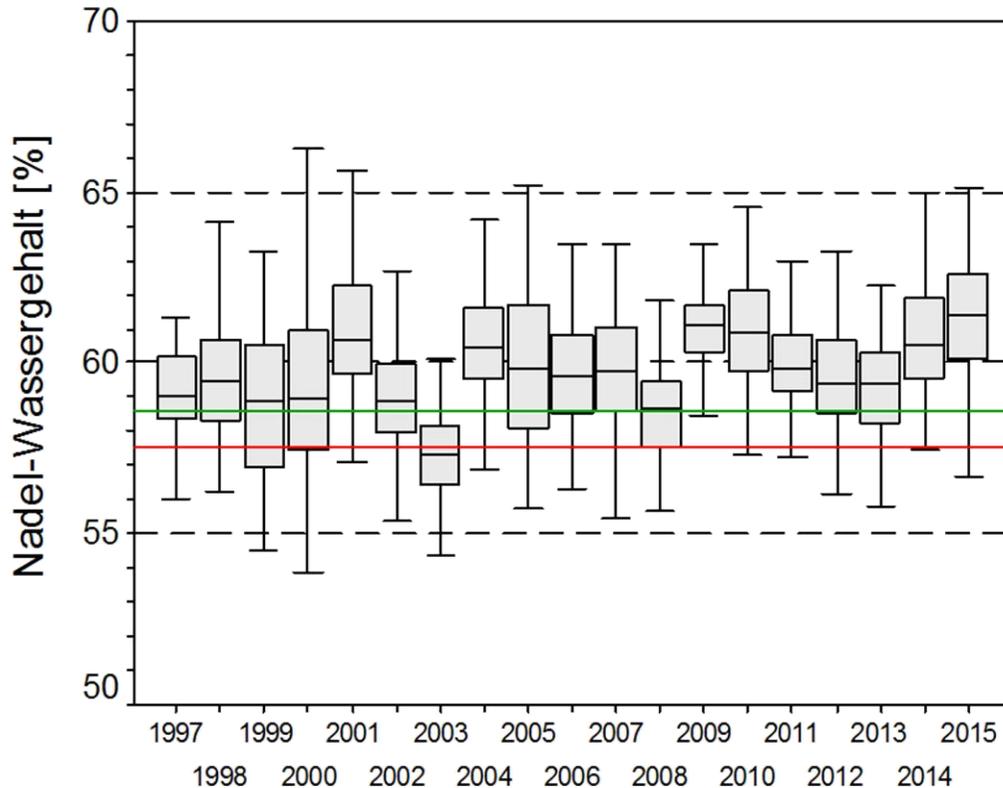
Erkennen der physiologischen Reaktionen der Bäume auf Trockenjahre (Weiserjahre), Risikobewertung erfordert jährliche Beobachtung

Quelle: Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle Level II

Datenerhalter: LFE

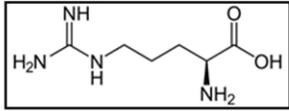
Bearbeiter: S. Löffler

Referenzen, Datenabruf:



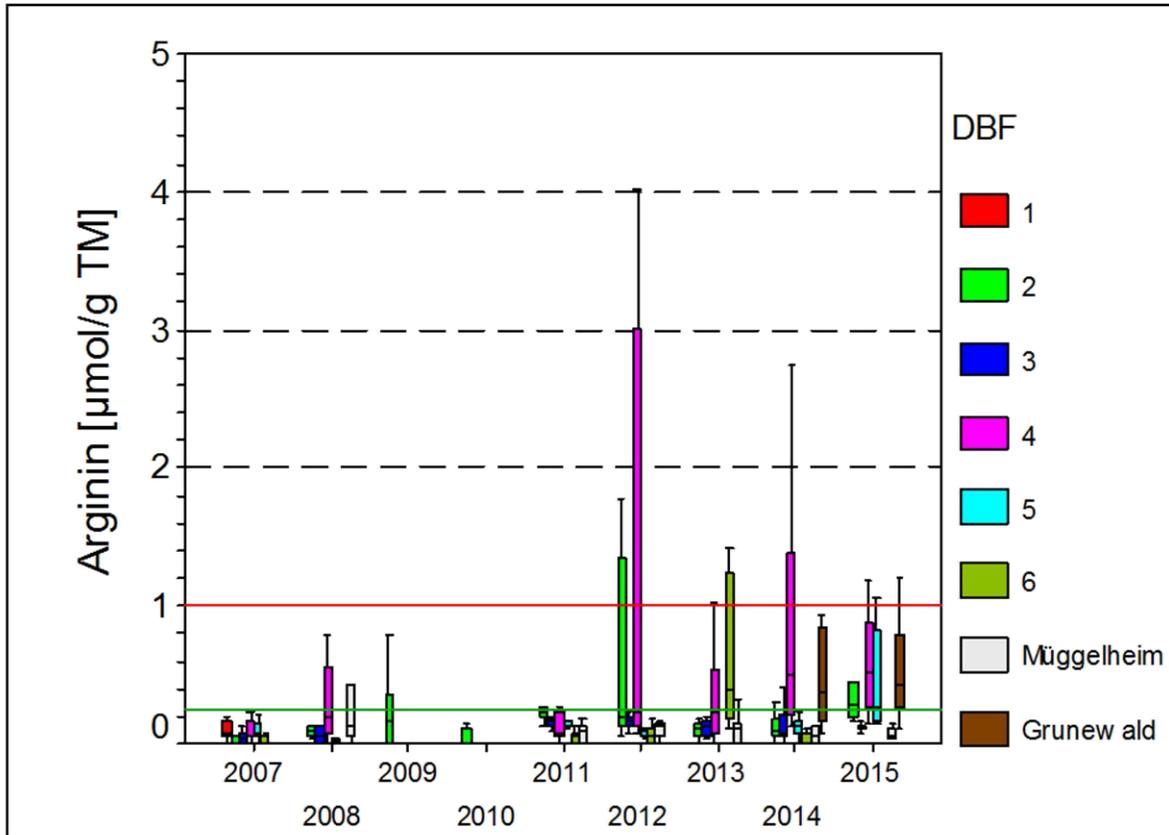
Legende: Nadelwassergehalt des 1. Nadeljahrganges der Kiefer der 8 Dauerbeobachtungsflächen in Brandenburg und Berlin (seit 2014 Berlin-Grünwald [1102]) in den einzelnen Untersuchungsjahren (grüne Linie = Referenzbereich; rote Linie = Schwellenbereich; n = 1465 Datensätze)

Waldmonitoring Bericht 2016



2 Zustands-/Wirkungsindikatoren Stichtag: 31.12.2015
 2.2 Vitalität Stand: 31.12.2016
 2.2.1 Stressparameter Periode: Jahr
 Blattorgane - Biomarker Beginn: 2007
 2.2.1 a Trockenstress
 2.2.1 b Stickstoffbelastung
 2.2.1 c Oxidativer Stress/allg. Stress

Anlass und Ziel: Die Waldgebiete des nordostdeutschen Tieflandes unterliegen seit Jahrzehnten wechselnd hohen Stickstoffeinträgen aus Landwirtschaft, Verkehr und Industrie. Da Stickstoff bislang auf den von Natur aus gering versorgten Waldstandorten ein begrenzender Faktor für das Waldwachstum war, haben anhaltende N-Einträge zu einer Reihe ökosystemarer Veränderungen geführt. Der einstige Mangelfaktor ist zu einem Risikofaktor für die Stabilität von Waldbeständen, insbesondere bei begrenztem Niederschlagsangebot geworden.



Legende: Arginingehalt des 1. Nadeljahrganges der 8 Dauerbeobachtungsflächen in Brandenburg und Berlin (seit 2014 Berlin-Grunewald [1102]) in den einzelnen Untersuchungsjahren (grüne Linie = Referenzbereich; rote Linie = Schwellenbereich; n = 567 Datensätze)

Arginin - Kiefer

2.2.1 b

Methodik:

Die Identifizierung und Quantifizierung der freien Aminosäuren in den Kiefemadeln erfolgt seit 2011 mit dem Aminosäureanalysator ARACUS (Fa. MembraPure). Bisher wurden von den Dauerbeobachtungsflächen zwei Jahre vollständig analysiert. Dadurch sind die Referenz- und Schwellenbereiche nur vorläufig und müssen weiter verifiziert werden.

Nj	Referenzbereich [µmol/g TM]	oberer Schwellenbereich [µmol/g TM]
1	<0,25	> 0,25 - 1,00
2	<5,00	> 5,00 - 8,00

Ergebnis:

In der überhöhten Konzentration an Arginin ist sowohl eine Form der Stickstoffspeicherung als auch ein pflanzlicher Detoxifikationsmechanismus zu sehen. Die Ergebnisse zeigen (mit Ausnahme der Dauerbeobachtungsflächen in Belzig [1204] und Berlin-Grunewald [1102]) eine relativ geringe Stickstoffbelastung der untersuchten Brandenburger und Berliner Flächen. Die erhöhten Arginingehalte im Bestand 1204 sind vermutlich auf die südwestlich liegenden Industriegebiete (Roslau/Piesteritz) sowie eine Geflügelmastanlage in Sachsen-Anhalt zurückzuführen. Die Fläche im Grunewald liegt nahe der Berliner Stadtautobahn.

Wertung:

Die Stickstoffbelastung der Dauerbeobachtungsflächen liegt bei den meisten Brandenburger Flächen überwiegend im Referenzbereich, wobei der obere Referenzbereich vor allem 2015 überschritten wird.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

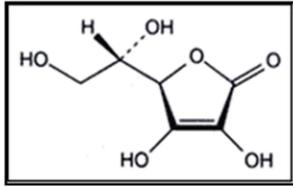
Erkennen der physiologischen Reaktionen der Bäume auf Stickstoffeintrag/-belastung, Risikobewertung erfordert jährliche Beobachtung

Quelle: Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle Level II

Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: S. Löffler

Referenzen, Datenabruf:



2 Zustands-/Wirkungsindikatoren

2.2 Vitalität

2.2.1 Stressparameter

Blattorgane - Biomarker

2.2.1 c Oxidativer Stress/allg. Stress

2.2.1 d Biochemischer Schadindex (BSI)

Stichtag: 31.12.2015

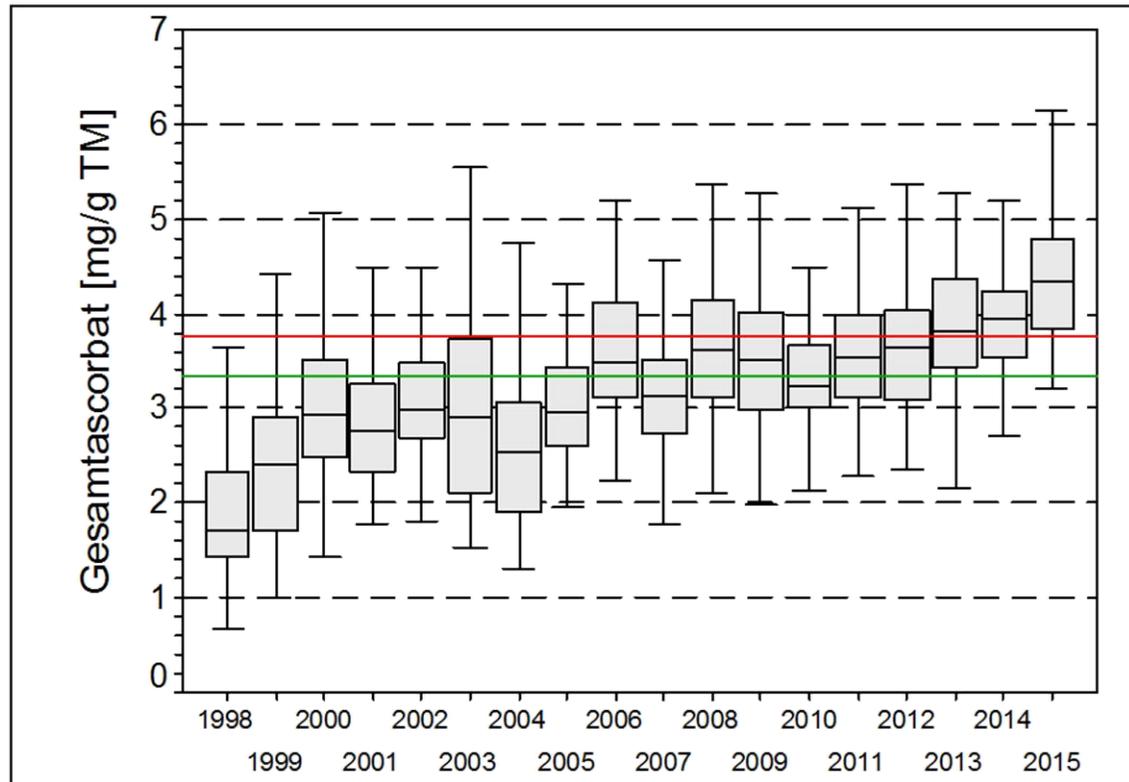
Stand: 31.12.2016

Periode: Jahr

Beginn: 1998

Anlass und Ziel:

Die Ascorbinsäure ist neben einer Reihe weiterer Komponenten (z.B. Glutathion, α -Tocopherol) und Enzyme (SOD, POD, Katalase) ein wesentlicher Bestandteil des antioxidativen Schutzsystems der Zelle. Im Stroma der Chloroplasten sind Antioxidantien wie z.B. Ascorbinsäure und Glutathion an der Entgiftung toxischer reaktiver Sauerstoffspezies wie Singulett-Sauerstoff, Superoxidationen, Wasserstoffperoxid, Hydroxylradikale maßgeblich beteiligt, die in der Pflanze entweder direkt durch pflanzeninterne biochemische Reaktionen gebildet werden oder als exogene Faktoren in die Pflanzenzelle eindringen (z.B. Ozon).



Legende: Gesamtascorbatgehalt des 2. Nadeljahrganges der Kiefern der 8 Dauerbeobachtungsflächen in Brandenburg und Berlin (seit 2014 Berlin-Grünwald [1102]) in den einzelnen Untersuchungsjahren (grüne Linie = Referenzbereich; rote Linie = Schwellenbereich; n = 1424 Datensätze)

Ascorbat - Kiefer

2.2.1 c1

Methodik:

Die Bestimmung von Gesamtascorbat (Ascorbinsäure + Dehydroascorbinsäure) erfolgt spektralphotometrisch modifiziert nach OKAMURA (1980) und SCHMIEDEN (1991).

Nj	Referenzbereich [mg/g TM]	oberer Schwellenbereich [mg/g TM]
1	≤ 2,61	> 2,61 - 2,89
2	≤ 3,33	> 3,33 - 3,76

Ergebnis:

Der Ascorbatgehalt nimmt innerhalb des Untersuchungszeitraumes bis 2006 stetig zu. Er umfasste für den 2. Nadeljahrgang den Bereich von 2,0 mg/g TM (1998) bis 4,4 mg/g TM (2015). In den Jahren 2006, 2008, 2009, 2011 und 2012 wurde der Schwellenwert für den 2. Nadeljahrgang erreicht, in den beiden Jahren 2014 und 2015 sogar überschritten. Im Flächenvergleich hatte die Fläche im Berliner Grünwald [1102] mit 4,6 mg/g TM (2014) bzw. 4,5 mg/g TM (2015) die höchsten Ascorbatgehalte, während die Kiefern auf der DBF 1203 eher geringere Gehalte aufwiesen.

Wertung:

Ein deutlicher Anstieg der Ascorbatgehalte deutet auf einen erhöhten Bedarf der Pflanzenzellen für die Entgiftung reaktiver Radikale hin. Dabei ist nicht unterscheidbar, ob eine höhere Stoffwechselaktivität oder vermehrte exogene Radikalbelastung ursächlich sind. Das Stressniveau liegt anhaltend über dem Referenzbereich, obwohl die Ozonbelastung in den vergangenen Jahren keine Extreme aufwies.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

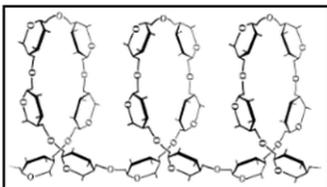
Erkennen der physiologischen Reaktionen der Bäume auf Belastungssituationen, Risikobewertung erfordert jährliche Beobachtung

Quelle: Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle Level II

Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: S. Löffler

Referenzen, Datenabruf:



2 Zustands-/Wirkungsindikatoren

2.2 Vitalität

2.2.1 Stressparameter

Blattorgane - Biomarker

2.2.1 c Oxidativer Stress/allg. Stress

2.2.1 d Biochemischer Schadindex (BSI)

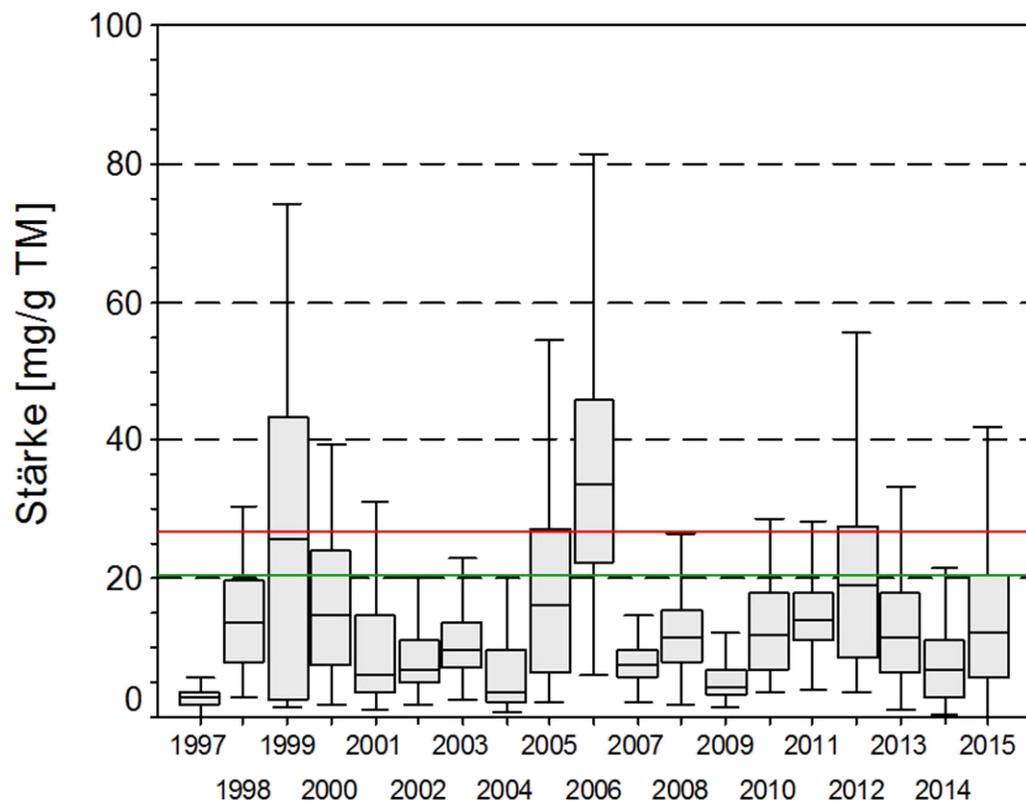
Stichtag: 31.12.2015

Stand: 31.12.2016

Periode: Jahr

Beginn: 1997

Anlass und Ziel: Stärke, andere Poly- und Oligosaccharide und Lipide gehören zu den wichtigsten Energiespeichern im pflanzlichen Gewebe. Ihre Gehalte in photosynthetisch aktiven Organen lassen Rückschlüsse auf die Rate der Kohlenstoff-Fixierung sowie auf den C-Verbrauch bzw. dessen Mobilisierung zu. In Koniferennadeln ist ein ausgeprägter Jahresgang des Stärkegehaltes mit hohen Gehalten im Frühjahr und allmählichem Abbau bis zum Ende der Vegetationsperiode nachweisbar. Erhöhte Stärkegehalte im Sommer und Spätsommer weisen auf eine Störung der Stärkemobilisierung (z.B. durch Trockenheit) hin.



Legende: Stärkegehalt des 1. Nadeljahrganges der Kiefern der 8 Dauerbeobachtungsflächen in Brandenburg und Berlin (seit 2014 Berlin-Grünwald [1102]) in den einzelnen Untersuchungsjahren (grüne Linie = Referenzbereich; rote Linie = Schwellenbereich; n = 1464 Datensätze)

Stärke - Kiefer

2.2.1 c2

Methodik:

Die Bestimmung der Stärke erfolgt aus den Rückständen der methanolischen Extraktion der Kiefernadeln mit Hilfe des UV-Stärkebestimmungstest von r-Biopharm. Zur Überführung der Stärke in eine lösliche Form werden die Rückstände mit Dimethylsulfoxid (DMSO) und Salzsäure vorbehandelt.

Nj	Referenzbereich [mg/g TM]	oberer Schwellenbereich [mg/g TM]
1	≤ 20,4	> 20,4 - 26,8
2	≤ 20,5	> 20,5 - 27,2

Ergebnis:

Der Jahresmittelwert für die Stärkegehalte in den Kiefernadeln lag 1999 und 2006 im oberen Schwellenbereich bzw. darüber. Auffallend ist die große Streuung der Gehalte 1999, wobei sich die Kiefern der Fläche 1203 durch sehr geringe Stärkegehalte (3,5 mg/g TM für den 1. Nj und 4,0 mg/g TM für den 2. Nj) von allen anderen Flächen unterschied. Dem gegenüber waren 2006 auf allen Flächen die Stärkegehalte signifikant höher als in den anderen Untersuchungsjahren. Die höchsten Gehalte wurden in den Kiefern der Berliner Fläche 1103 mit 56,5 mg/g TM (1. Nj) bzw. 59,2 mg/g TM (2. Nj) nachgewiesen. In allen anderen Untersuchungsjahren liegt der Stärkegehalt innerhalb des Referenzbereiches.

Wertung:

Die Menge der in den Nadeln akkumulierten Stärke stellt keine konstante Größe dar, sondern hängt von vielen Faktoren wie z.B. dem Entwicklungszustand der Bäume und Umwelteinflüssen ab. Sie zeigt einen ausgeprägten Jahresgang, wobei im Frühjahr die maximalen Gehalte vorhanden sind, die allmählich zum Ende der Vegetationsperiode abnehmen. Die erhöhten Stärkewerte in den Nadeln der Bäume im Beprobungszeitraum weisen auf eine Störung der Mobilisierung der Stärke hin. Dies hat zur Folge, dass die Versorgung des Wurzelsystems und der anderen Pflanzenorgane mit Kohlenhydraten beeinträchtigt wird.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

Erkennen der physiologischen Reaktionen der Bäume auf Belastungssituationen, Risikobewertung erfordert jährliche Beobachtung

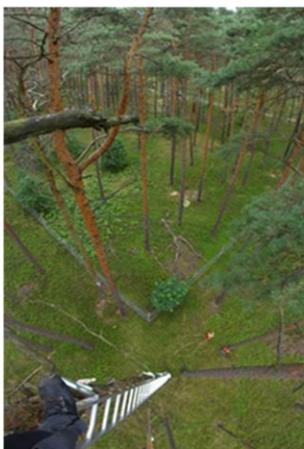
Quelle: Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle Level II

Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: S. Löffler

Referenzen, Datenabruf:

Waldmonitoring Bericht 2016



2 Zustands-/Wirkungsindikatoren
 Stichtag: 31.12.2015
 2.2 Vitalität
 Stand: 31.12.2016
 2.2.1 Stressparameter
 Blattorgane - Biomarker
 Periode: Jahr
 2.2.1 d Biochemischer
 Schadindex (BSI)
 Beginn: 1997
 2.2.2 Kronenzustand

Anlass und Ziel: Für die Gesamtbetrachtung von Einzelparametern haben sich integrative Indexwerte bewährt. Daher werden ausgewählte biochemische Parameter zu einem "Biochemischen Vitalitätsindex (BSI)" zusammengefasst. Dieser Wert ist damit eine einfach fassbare Größe, die zur Beurteilung von Abweichungen, Fluktuationen und Tendenzen bei Baumgruppen oder Beständen herangezogen werden kann.

Jahr	1. Nadeljahrgang	2. Nadeljahrgang	BSI-Summe beider Nadeljahrgänge
1997	1,44	1,44	2,88
1998	1,33	1,29	2,62
1999	1,64	1,67	3,31
2000	1,48	1,43	2,91
2001	1,11	1,17	2,28
2002	1,59	1,56	3,15
2003	1,43	1,46	2,89
2004	1,22	1,33	2,55
2005	1,22	1,22	2,44
2006	1,65	1,62	3,27
2007	1,19	1,22	2,41
2008	1,31	1,53	2,84
2009	1,27	1,31	2,58
2010	1,24	1,09	2,33
2011	1,24	1,21	2,45
2012	1,42	1,35	2,77
2013	1,32	1,34	2,66
2014	1,23	1,25	2,48
2015	1,57	1,52	3,09

Legende: Jährliche durchschnittliche BSI-Werte der 8 Dauerbeobachtungsflächen über den Untersuchungszeitraum von 1997 bis 2015 für den jeweils 1. und 2. Nadeljahrgang bzw. durchschnittliche BSI-Werte der einzelnen Dauerbeobachtungsflächen über den Untersuchungszeitraum 1997 bis 2015 (*DBF 1201 bis 2010; **DBF 1206 bis 2014; ***1102 ab 2014) (Tabelle rechts).

Biochemischer Schadindex (BSI)

2.2.1 d

Methodik:

Der "Biochemischen Schadindex (BSI)" bewertet die Abweichung von Bestandesmittelwerten einzelner Biomarker vom Referenzbereich. Bei Unter- (100-NTM, Wassergehalt, Gesamtchlorophyllgehalt, Gehalt der löslichen Kohlenhydrate und der Stärke) bzw. Überschreitung (Gehalt der löslichen Aminosäuren und Prolin sowie Gesamtascorbatgehalt) des Schwellenbereiches wird die Indexzahl 3 festgelegt; der Schwellenbereich selbst erhält die Indexzahl 2, für den Referenzbereich erfolgt die Wertung mit 1. Aus allen Indexzahlen wird der Mittelwert errechnet.

Ergebnis: Die höchsten Werte für den BSI wurden 1999, 2006 und 2015 für beide Nadeljahrgänge ermittelt. Dabei zeigten 1999 vor allem die den Wasserhaushalt charakterisierenden Parameter (Nadelwassergehalt, Kohlenhydrate, Stärke und Prolin) Abweichungen vom Referenzbereich und sind als Reaktionen der Kiefern auf die Witterungsbedingungen des Trockenjahres 1999 zu werten. Verantwortlich für die hohen BSI-Werte 2006 auf allen Flächen sind sehr hohe Stärke- und Ascorbatgehalte in den Kiefernadeln. Im Flächenvergleich zeigen die Kiefern der Fläche 1206 die höchste Vitalität im Untersuchungszeitraum. Die Kiefern der Berliner Fläche 1103 und der Brandenburger Fläche 1201 befinden sich dagegen in physiologischen Belastungssituationen.

Fläche	1. Nadeljahrgang	2. Nadeljahrgang	BSI-Summe beider Nadeljahrgänge
1201*	1,42	1,52	2,94
1202	1,29	1,31	2,60
1203	1,35	1,32	2,67
1204	1,37	1,40	2,77
1205	1,36	1,31	2,67
1206**	1,34	1,26	2,60
1103	1,42	1,45	2,87
1102	1,33	1,29	2,62

Wertung:

Das hier ausgewählte Biomarkerspektrum zeigen (stress-)physiologische Reaktionen der Kiefern auf Umweltfaktoren. Damit ist es mit Hilfe des BSI möglich, Stressbelastungen und Anpassungsprozesse an Umweltveränderungen, z. B. bezüglich Witterungsextreme, Immissionsbelastungen, Bestandesstrukturveränderungen, Nährstoffverfügbarkeit und Reaktionen auf Insektenfraß zu beurteilen.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

Erkennen der physiologischen Reaktionen der Bäume auf Belastungssituationen, Risikobewertung erfordert jährliche Beobachtung

Quelle: Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle Level II

Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: S. Löffler

Referenzen, Datenabruf:

Indikator 2.2.1a Trockenstress Biomarker - Kiefer

Zusammenfassende Charakteristik der Merkmale

Merkmale		Veränderung	Erläuterung
1	Osmotisches Potenzial	Anstieg bei Trockenheit	Der Anstieg der Osmolalität bzw. des osmotischen Potenzials ist ein relativ früh reagierender Biomarker bei Wassermangelbedingungen; schnelles Erreichen der Referenzbereiche bei erneuter Wasserverfügbarkeit.
2	Prolin [% der Aminosäuren]	Akkumulation bei Trockenheit	Der Anstieg im Prolingehalt erfolgt erst nach länger anhaltenden Trockenperioden, zeitlich nach dem Anstieg der Osmolalität und der Kohlenhydratakkumulation.
3	Kohlenhydrate	Akkumulation bei Trockenheit	Die Kohlenhydratakkumulation bei Trockenheit steht zumeist in Beziehung zur osmotischen Stabilisierung der Zellen und ist ein früher Indikator für Wasserdefizit; da Akkumulation von Kohlenhydraten auch durch Hemmung des Assimilattransportes bedingt sein können, müssen die anderen Biomarker parallel betrachtet werden.
4	Nadelwassergehalt	Verringerung bei Trockenheit	Vor allem im 1. Nj große Unterschiede innerhalb der Jahre, im 2. Nj ist eine Verringerung des Nadelwassergehaltes ein sehr später Indikator für Wasserdefizitbedingungen.

Indikator 2.2.1b Stickstoffbelastung Biomarker

Charakteristik des Merkmals

Merkmale		Veränderung	Bewertung
1	Arginin	Akkumulation bei Stickstoffüberangebot	Die Akkumulation von freiem Arginin ist spezifisch für Stickstoffüberangebot und ermöglicht eine quantitative Einschätzung der Stickstoffbelastung auf Pflanzenebene.

Indikator 2.2.1c Oxidativer Stress/allgemeiner Stresszustand Biomarker

Charakteristik des Merkmals

Merkmale		Veränderung	Bewertung
1	Ascorbat	Akkumulation bei oxidativen Stress	Im Untersuchungszeitraum ansteigend, ohne dass sich der oxidative Stress durch exogene Faktoren (z. B. Ozon) erhöht hat; Rolle von pflanzeninternen biochemischen Reaktionen ?
2	Stärke	Akkumulation bei Stress " = Stärkestau"; bei längerer Beeinträchtigung der StoffwechsellLeistungen (Photosynthese) auch Stärkeabbau	Die Akkumulation von Stärke im Sommer und Spätsommer sind zumeist auf Störungen in der Stärkemobilisierung zurückzuführen, andererseits weisen sehr geringe Stärkegehalte auf einen hohen Kohlenhydratbedarf in anderen Organen und/oder auf Beeinträchtigung der Photosynthese hin.

Indikator 2.2.1d Biochemischer Schadindex (BSI)

Charakteristik des Merkmals

Merkmale		Veränderung	Bewertung
1	Biochemischer Schadindex	Anstieg bei Stressreaktionen	Als integrativer Indexwert kann er zur Beurteilung von jährlichen Abweichungen von festgelegten Referenzbereichen von Baumgruppen oder Beständen dienen.

Gesamtbewertung (Kiefer): insgesamt guter Zustand

Aufgrund der unterschiedlichen Zuordnung der einzelnen Biomarker zu verschiedenen Stoffwechselbereichen muss stets das gesamte hier vorgestellte Spektrum zur Beurteilung der Vitalität herangezogen werden. Einzelne Werte außerhalb der Referenzbereiche weisen nicht zwangsläufig auf eine Schädigung hin. Sie können durch physiologische Reaktionen im Zuge von Anpassungsprozessen begründet sein. Mit Hilfe charakteristischer "Biomarkermuster" kann man spezifische Reaktionen der Kiefern auf Umweltfaktoren, z. B. Witterungsextreme, Immissionsbelastungen, Veränderungen der Bestandesstruktur, der Nährstoffverfügbarkeit und Reaktionen auf Insektenfraß zeigen. Somit können Gefährdungspotenziale frühzeitig erkannt und kausale Beziehungen zu Umweltveränderungen hergestellt werden.

Obwohl der physiologische Zustand die Kiefer als insgesamt gut eingeschätzt wird, können unterschiedliche Gefährdungspotenziale für die Dauerbeobachtungsflächen und unterschiedliche Anpassungspotenziale für einzelne Kiefern entsprechend ihrer standörtlichen und genetischen Rahmenbedingungen nachgewiesen werden.