

Umwelt und Standortbedingungen in raschem Wandel

Forstliches Monitoring der LWF zieht nüchterne Zwischenbilanz



1 Die Wälder, wie dieser 160-jährige Eichen-Buchen Mischbestand auf der Waldklimastation Freising müssen in Zukunft mit Umweltbedingungen zurechtkommen, die sie bislang nicht kannten. Foto: A. Kühn, LWF

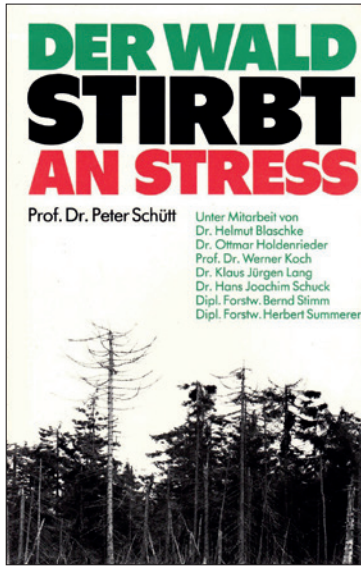
Hans-Peter Dietrich, Stephan Raspe, Lothar Zimmermann, Alexandra Wauer, Desirée Köhler, Alfred Schubert, Joachim Stiegler, Uwe Blum, Thomas Kudernatsch und Hans-Joachim Klemmt

Die Ergebnisse des Forstlichen Umweltmonitorings nach einem Vierteljahrhundert intensiver wissenschaftlicher Beobachtung zeigen deutlich auf: Wegen Umweltbelastungen und Klimawandel hat der Stress für die Wälder in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Die Veränderungen geben Anlass zu großer Wachsamkeit.

Die Zwischenbilanzen von Waldzustandserhebung, wiederholter Waldbodeninventur und kontinuierlicher Messungen an den bayerischen Waldklimastationen lassen keinen Zweifel daran: Die Standortbedingungen der Wälder verändern sich stärker als erwartet und rasanter als im gesamten Jahrhundert zuvor. Vor allem in der Zeit nach 1990, in nur einem Generationenschritt, findet ein rascher Wandel statt, den Luftschadstoffe und die Kli-

maänderung verursachen. Wir wissen, dass sich seit Mitte der 1980er Jahre der Gesundheitszustand reifer Wälder auch in den nachwachsenden Baumgenerationen nicht dauerhaft verbessert hat. Ausnahme ist die Baumart Tanne, unser ehemaliges Sorgenkind. Im ungünstigen Fall weisen bis zu einem Drittel der Nadelbäume sowie mehr als die Hälfte der Laubbäume starke Kronenverlichtungen nach Extremjahren auf (Nadel-Blattverluste

über 25%). Bei Nadelverlusten von mehr als 40% reagieren zum Beispiel Fichten regelmäßig mit Zuwachseinbußen (Röhle 1987). In der Regel wachsen die Bäume heute dennoch besser, als in den Ertrags tafeln des letzten Jahrhunderts beschrieben wird. Zeitgleich registrieren wir eine Überdüngung durch Stickstoffeinträge aus der Luft, welche die Wälder zunehmend eutrophieren. »Ein hoher Zuwachs ist offensichtlich kein Ausdruck ökosystemarer Gesundheit und Stabilität« (Mohr 1994). Im Klimawandel steigt das Anbau risiko etwa für Baumarten wie die Fichte nach Trockenheiten, wiederkehrenden Wetterextremen und Borkenkäferkalamitäten rasch an. Deshalb besteht akuter Bedarf zum Umbau artenarmer Nadelholzreinbestände in stabilere und klimatolerantere Mischwälder mit zukunfts tauglichen Baumarten auf großer Fläche (Risikosteuerung). Aber selbst alte und naturnahe Waldbestände auf guten Standorten, wie der sehr trockenole-



2 Mit ihrem leicht verständlichen Buch warnten der Forstbotaniker Peter Schütt und andere Forstwissenschaftler in den 1980er Jahren vor einem bevorstehenden Waldsterben und forderten eine Verbesserung der Luftreinhaltung.

rante 160-jährige Eichen-Buchen-Mischbestand der Waldklimastation Freising im Kranzberger Forst, müssen seit ihrer Begründung in der Ära König Ludwig I. erstmals mit Standortbedingungen zu recht kommen, die sie nie zuvor erlebt haben. Die aktuellen Jahresmitteltemperaturen von 8,4 °C an der Waldklimastation Freising (Klimaperiode 1991–2016) übersteigen heute bereits jene, die noch im Klimazeitraum 1961 bis 1990 für das Weinbauklima der Fränkischen Platte (Waldklimastation Würzburg) als typisch galten.

Gestresster Wald, schon damals ...

»Der Wald stirbt an Stress« war das apokalyptisch anmutende Postulat des Münchner Forstbotanikers Peter Schütt zum Höhepunkt der Waldsterbensdiskussion in den 1980er Jahren, an das sich viele Zeitzeugen noch heute erinnern. Sein allzu pointiertes Resümee vom Stress der Wälder, das damals wohl auch aufgrund unzureichender Kenntnisse über ein komplexes Schadphänomen entstand, erlangt heute mit der Gewissheit des Klimawandels mehr Berechtigung denn je. Anders als in der Prognose unserer Vorgänger können Forscher heute jedoch mit größerer Zuversicht auf die Fähigkeit der Waldökosysteme blicken, selbst extreme Belastungen zu meistern. Mehr als 30 Jahre kontinuierlicher Beobachtung und Messung in den Wäldern (s. Kasten »Forstliches Umweltmonitoring«, S. 11) geben dazu Anlass. Das befürchtete großräumige Absterben der Wälder ist zum Glück ausgeblieben.

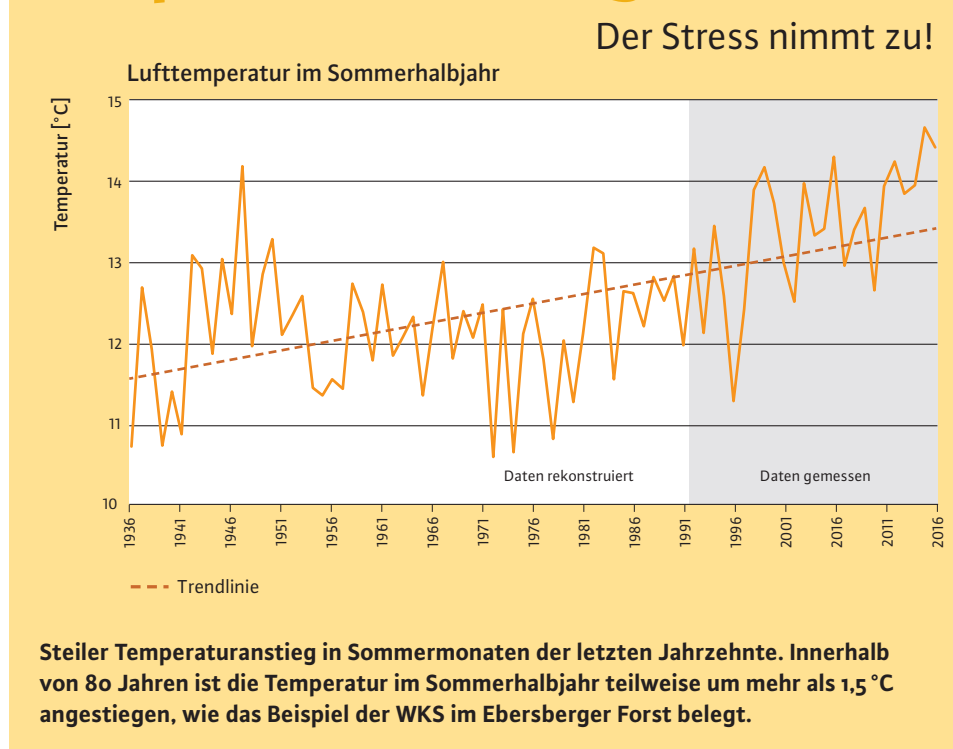
... aber heute noch mehr

Die pessimistischen Prognosen, die sich damals noch nicht auf belastbare Langzeitdaten stützen konnten, bewahrheiteten sich nicht. Heute haben wir gleichwohl die wenig erfreuliche Gewissheit: Die Kronenverlichtungen auch in den nachwachsenden Baumgenerationen haben sich im landesweiten Mittel auf hohem Niveau eingependelt, mit starken Schwankungen nach Trockenjahren, Mastjahren oder Jahren mit stärkerem Insektenfraß (bei Eichen). Einzig der Zustand der sehr schwefelsensitiven Weißtannen hat sich seit 30 Jahren kontinuierlich verbessert. Allgemein zeigt sich auch nach Extremjahren und vorübergehenden Vitalitätseinbußen eine hohe Resilienz der Waldbäume (vergleiche hierzu Beitrag Klemmt et al., S. 16 in diesem

Heft). In der Kombination von Trockenheit und Borkenkäferkalamität werden jedoch die standörtlichen Grenzen zum Beispiel des Fichtenanbaus in manchen Regionen Bayerns leider allzu deutlich aufgezeigt. Nach Jahrhundertsommern und den extremen Wetterereignissen zurückliegender Jahre mit anhaltenden Dürren steht ohne Zweifel fest, dass der Stress für die Wälder, verglichen mit den 1980er Jahren erheblich zugenommen hat. Die Standortbedingungen an allen Waldorten vom Flachland bis ins Hochgebirge veränderten sich in nur wenigen Jahrzehnten sogar rascher und dynamischer als im gesamten Jahrhundert davor. Wie damals ist auch heute die Zukunft ebenso ungewiss. Die zuverlässigen Daten aus den Langzeitbeobachtungen sowie geschärfte Prognoseinstrumente und -modelle ermöglichen jedoch besser als je zuvor gezieltes und verantwortungsbewusstes Handeln. Die drei wichtigsten Triebkräfte des aktuellen Standortwandels sind:

- Versauerung
- Überhöhte Stickstoffeinträge (Eutrophierung)
- Klimawandel und Wetterextreme

Temperaturanstieg



»Saurer Regen« ist Geschichte, Bodenversauerung rückläufig

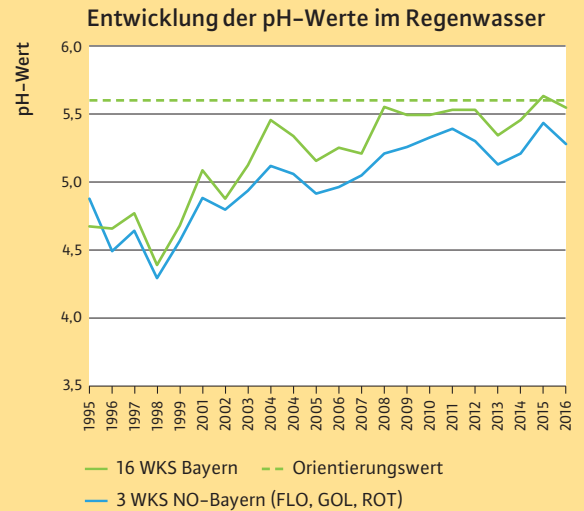
An dem Rückgang der Säureeinträge in unseren Wäldern zeigen sich die Erfolge einer gemeinsamen gesellschaftlichen und politischen Anstrengung besonders gut. Dank umfangreicher Luftreinhaltemaßnahmen, beginnend in den 1970er Jahren (Genfer Luftreinhaltekonvention 1979), konnte der noch bis in die 1990er Jahre bedeutendste Belastungsfaktor für unsere Wälder, der Schwefeleintrag über die Luft, nahezu aus der Umwelt verbannt werden. Die Umsetzung der Großfeuerungsanlagen-Verordnung (GFA-VO) im Jahre 1983 war hierfür ein umweltpolitischer Meilenstein. Mittelgebirge und nährstoffarme Standorte in Nord- und Ostbayern waren besonders betroffen. Der vor allem von den industriellen Schwefelemissionen aus Kraftwerken und der Verbrennung verursachte Säureeintrag in die Wälder ist seither stark rückläufig. Der sprichwörtliche »Saurer Regen« ist Geschichte und die Erfolge der Luftreinhaltung in den 1980er und 90er Jahren sind im Wald angekommen. Die kontinuierlichen Messungen des forstlichen Umweltmonitorings belegen dies eindrücklich. Schwefeleinträge von ehemals mehr als 60 Kilogramm pro Hektar und Jahr [kg/(ha*a)] sind um bis zu 90% auf nur noch 5 bis 10 kg/(ha*a) zurückgegangen. Die pH-Werte im Niederschlag haben annähernd wieder »Mineralwasserqualität« erreicht. Der Versauerungsdruck auf die Waldstandorte ist deutlich zurückgegangen, in den Nadeln und Blättern der Bäume wird Schwefel nicht mehr angereichert, die Waldböden, insbesondere die Oberböden, erholen sich bereits. Wegen der ebenfalls säurewirksamen Stickstoffeinträge werden jedoch noch immer kritische Belastungsschwellen (Critical Loads) der Versauerung an Waldorten überschritten. Auch kann der im Mineralboden deponierte Schwefel früherer Jahrzehnte mancherorts noch über Jahre mit dem Sickerwasser ausgetragen werden und weiterhin zur Versauerung der Waldböden, vor allem in tieferen Wurzelhorizonten beitragen. Damit verbunden ist ein weiterer Verlust vor allem von basischen Nährstoffen.

3 Bestandesmessstelle der Waldklimastation Würzburg mit Depositionssammlern und Streufängern. Foto: LWF

Luftreinhaltung

Erfolge sind messbar!

Dank des starken Rückgangs der Schwefeleinträge erreichen die pH-Werte im Freilandniederschlag heute vielerorts wieder annähernd »Mineralwasserqualität«. Der Orientierungswert in der Abbildung entspricht dem natürlichen Kohlensäuregehalt im Niederschlag. Lediglich die Waldklimastationen Flossenbürg, Goldkronach und Rothenkirchen hinken noch deutlich hinterher. Der »Saurer Regen« ist Geschichte. Dennoch schreitet wegen säurewirksamer Stickstoffeinträge und des ehemals deponierten Schwefels die Versauerung der Waldböden mancherorts weiter fort.



Stickstoff: einst im Mangel, zunehmend im Überfluss

Leider ist der Erfolg der Luftreinhaltung bei den Stickstoffeinträgen nicht annähernd vergleichbar. Stickstoffeinträge, die zu etwa 40% aus der Verbrennung (Straßenverkehr, Industrie und Hausbrand) und zu etwa 60% aus landwirtschaftlichen Quellen der Tierhaltung stammen (BMUB 2017), bleiben ein dominierender Standortfaktor für die Wälder in den bevölkerungsreichen, hochindustrialisierten Regionen Mitteleuropas mit intensiver Landwirtschaft (Raspe et

al. 2013). Trotz aktueller Bemühungen zur Emissionsminderung (vgl. Düngerverordnung) sind die Stickstoffeinträge in die Waldökosysteme seit Jahrzehnten zu hoch. Wir beobachten zunehmende Stickstoffsättigung der Wälder. Einerseits förderte der zusätzliche Stickstoff aus der Luft das Wachstum der Waldbäume in der Vergangenheit stark und trug über Jahre zur Vorratssteigerung in den Wäldern bei. Die von Natur aus stickstofflimitierten Wälder haben die Düngewirkung genutzt und mehr Stickstoff verwertet. Andererseits sind nicht an allen



Waldstandorten weitere lebensnotwendige Nährstoffe in gleichem Maße verfügbar. Nährstoffungleichgewichte sind die Folge. Gleichzeitig wird Stickstoff, der nicht verwertet und gespeichert werden kann, als Nitrat mit dem Sickerwasser ausgetragen, belastet das Grundwasser und versauert die Waldböden zusätzlich. Insgesamt steigt das Risiko der Stickstoffeutrophierung weiter an. Die Folgen können Nährstoffstörungen, Nährstoffverluste, Nitrataustrag und Verlust der Filterfunktion der Wälder sein.

Überhöhte Stickstoffeinträge wirken sich deutlich auf die Artenzusammensetzung unserer Wälder aus. So werden die Stickstoffdepositionen heute als ein maßgeblicher Einflussfaktor auf die Biodiversität in den Wäldern der gemäßigten Breiten angesehen. Artenveränderungen (z. B. Zunahme Stickstoffanzeigender Arten, Rückgang von Arten nährstoffarmer Standorte) und Homogenisierungseffekte sind bereits vielfach zu beobachten. Jedem aufmerksamen Waldwanderer sind zwischenzeitlich die undurchdringlichen Brombeerhecken in unseren Wäldern vertraut. Noch die Generation unserer Eltern erinnert sich an moosreiche, gras- und krautarme Fichtenwälder. Ein Bild ihrer Jugend, das heute fast nur noch in frühen Altersphasen artenarmer und dicht geschlossener Fichtenjungbestände anzutreffen ist. An der Hälfte der bayerischen Waldklimastationen werden derzeit kritische Belastungsgrenzen für die eutrophierende Wirkung des Stickstoffs überschritten. Annähernd 30% der Wälder in Bayern zeigen bereits Nitratausträge mit dem Sickerwasser von über 10 mg

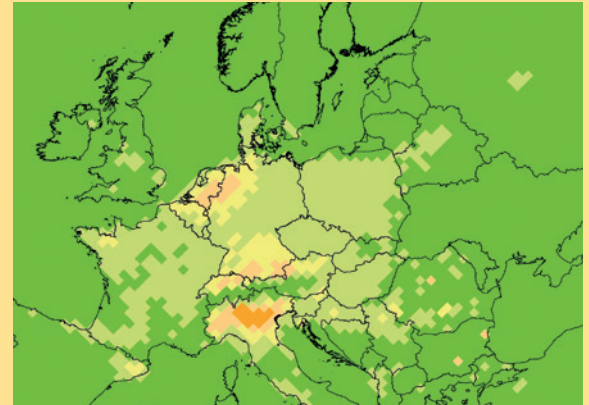
Stickstoff

Die Stickstoffeinträge in die Wälder sind seit Jahrzehnten hoch. Stickstoff – einst ein Mangelnährelement – ist heute vielerorts im Überfluss. Er ist ein dominierender Standortfaktor für die Wälder Mitteleuropas.

Quelle: Bultjes et al., 2011

Überfluss belastet Trinkwasser!

N-Deposition in Europa



N-Deposition [kg/(ha*a)]

<10	15–20	>30
10–15	20–30	

Nitrat/l (vgl. hierzu Beitrag von Raspe et al., S. 21 in diesem Heft).

Klimaerwärmung und Wetterextreme erhöhen das Risiko von Trockenstress

Seit wenigen Jahrzehnten, insbesondere aber nach 1990, wird nicht nur weltweit, sondern auch an bayerischen Waldstandorten eine starke Erwärmung gemessen. Die Sommerhalbjahre sind dort in den letzten 80 Jahren bereits um bis zu 1,5 Grad wärmer geworden.

Im Jahr 2003 wurde der bis dahin heißeste Sommer in Bayern seit Beginn der flächenhaften Wetteraufzeichnungen 1881 gemessen. Wegen der zusätzlich sehr geringen Niederschläge bekam er das Prädi-

kat »Jahrhundertsommer« verliehen. Nur zwölf Jahre später, im Jahr 2015, folgte dann das nächste »Jahrhundert«ereignis, wieder gekennzeichnet durch Rekordhitze (neuer absoluter Temperaturrekord mit 40,39°C in Kitzingen) und extreme Trockenheit. Neun der zehn wärmsten Jahre seit Beginn der Wetteraufzeichnungen vor 137 Jahren traten in Bayern somit nach der Jahrtausendwende auf. In phänologischen Erhebungen an den Waldklimastationen beobachten wir einen frühzeitigeren Blattaustrieb und eine Verlängerung der Vegetationsperiode.

Klimawandel: Zum Leidwesen der Fichte

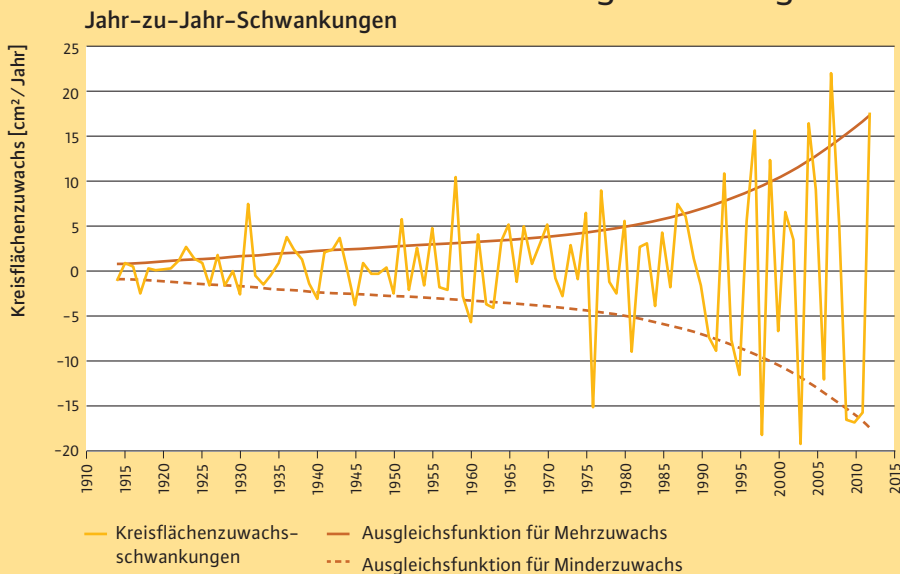
Wir erkennen starke artspezifische Unterschiede in der Trockenstressresistenz. In Jahren mit extremen Trockensommern wie 2003 und 2015 war das Dickenwachstum bei vitalen Fichten bis in montane Berglagen im Vergleich zu den Vorjahren um 40 bis 60% vermindert (vgl. auch Beitrag Klemmt et al., S. 16 in diesem Heft).



4 Waren früher die Waldböden unter Fichten noch moosreich und arm an Gräsern, Kräutern und Stauden, so hat sich das Bild dramatisch geändert. Vielfach wächst heute in Fichtenwäldern dichte Brombeervegetation, die vor allem bei der Verjüngung der Bestände Probleme bereiten kann. Foto: W. Rothkegel, LWF

Zuwachs

Die Ausschläge werden größer!



Das Dickenwachstum von Fichten und Buchen im Flachland weist zunehmend stärkere Jahr-zu-Jahr-Schwankungen auf. Auf Jahre mit üppigem Wachstum folgen Jahre mit starken Zuwachseinbrüchen. Der Zuwachsverlauf ähnelt einer »Fieberkurve«. Extreme Trockenjahre sind oft Auslöser der starken Zuwachsreaktionen. Nach 1990 verzeichnen viele Bäume auf den Waldklimastationen höhere Ausschläge nach oben wie nach unten auf – wie zum Beispiel die Buchen auf der WKS Freising.

Die Fichte erweist sich vor allem auf waserlimitierten Standorten als Baumart mit geringster Trockenresistenz. Weniger stark beeinträchtigt sind das Durchmesserwachstum und damit i.d.R. auch der Volumenzuwachs von Buchen und Eichen. Im Flachland zeigen Fichten wie Buchen auf allen Waldklimastationen Zuwachsanomalien, die sich in starken Zuwachsschwankungen in den letzten drei Jahrzehnten äußern. Trockenheit ist wiederholt Auslöser dieser starken Zuwachsreaktionen. Auf den bisher klimalimitierten Standorten in Berglagen können insbesondere Baumarten wie Tanne oder Buche von mehr Sommerwärme und erhöhter Sonnenstrahlung profitieren. Den Jahrhundert Sommern folgten jeweils Borkenkäferkalamitäten. Das Anbaurisiko insbesondere der Fichten steigt und folgt damit den Prognosen, die im Bayerischen Standortinformationssystem BaSIS seit einigen Jahren an die Praxis herangetragen werden.

Fazit

Die detaillierten Beobachtungen an den bayerischen Waldklimastationen zeigen, wie sehr der Mensch durch Emission von Luftschadstoffen und Treibhausgasen die Waldstandorte und damit auch Gesundheit, Funktionsfähigkeit und Biodiversität der Wälder beeinträchtigt. Die Standorts- und damit auch die Wachstumsbedingungen ändern sich derzeit rasch. Ehemals bewährte Planungsgrundlagen haben ihre Gültigkeit verloren. Die Wirkungen des Wandels sind in den Wäldern angekommen, Vitalitäts- und Bodenveränderungen können als Stressindikatoren gewertet werden. Wirksame Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität (Minderung von Stickstoffemissionen und Treibhausgasen) sind dringend erforderlich, um wachsende Risiken für die Waldgesundheit zu minimieren. Eine naturnahe und vorausschauende Forstwirtschaft kann die Anpassungsprozesse in den Wäldern einleiten und beglei-

ten. Die Bayerische Staatsregierung hat zwischenzeitlich im Zusammenhang mit dem Klimaprogramm 2050 ein umfangreiches Waldumbauprogramm eingeleitet. Die Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings haben vielfältig Eingang gefunden in aktuelle Planungs- und Beratungsgrundlagen sowie Prognosemodelle. Wie sich die Umweltbedingungen künftig weiter verändern werden, lässt sich nur schwer vorhersagen. Umso wichtiger ist es, ihre Entwicklung und die Wirkungen auf das Ökosystem Wald zeitnah und kontinuierlich zu erfassen.

Literatur

- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2016):** Forstliches Umweltmonitoring in Deutschland. Durchführungskonzept Forstliches Umweltmonitoring; Bonn 2016
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2017):** Stickstoffeintrag in die Biosphäre; Erster Stickstoff-Bericht der Bundesregierung. Berlin, 2017
- Builtjes, P. et al. (2011):** Abschlussbericht zum UFOPLAN-Vorhaben FKZ 3707 64 200: Erfassung, Prognose und Bewertung von Stoffeinträgen und ihren Wirkungen in Deutschland (Modelling of Air Pollutants and Ecosystem Impact – MAPESI). Im Auftrag des Umweltbundesamtes
- Dietrich, H.-P.; Raspe, S.; Zimmermann, L.; Bickel, E.; Blum, U.; Kanold, A.; Schubert, A.; Wauer, A.; Kölling, Ch. (2014):** Bayerische Waldklimastationen: Umweltbedingte Veränderungen im Wald erkennen und bewerten. LWF Wissen 76, S. 58–66
- Ferreti, M.; Fischer, R. (Hrsg.) (2013):** Forest Monitoring. Developments in Environmental Science 12, Elsevier, 207 S.
- Mohr H. (1994):** Stickstoffeintrag als Ursache neuartiger Waldschäden; Spektrum der Wissenschaft 1, 1994 S. 48
- Preuhlsler, T.; Gietl, G. (1994):** Langfristige Forschungsschwerpunkte im Waldökosystem-Monitoring an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Forst und Holz 49. Jg., Heft 4, S. 83–86
- Raspe, S.; Dietrich, H.-P.; Zimmermann, L. (2013):** Stoffeinträge sind ein Standortsfaktor. LWF aktuell 94, 18–22
- Röhle, H. (1987):** Entwicklung von Vitalität, Zuwachs und Biomassenstruktur der Fichte in verschiedenen bayerischen Untersuchungsgebieten unter dem Einfluss der neuartigen Walderkrankungen. Forstl. Forschungsberichte München, Band 83, 122 S.
- StMELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten:** jährliche Kronenzustandserhebungen

Autoren

Hans-Peter Dietrich, Dr. Stephan Raspe, Dr. Lothar Zimmermann, Dr. Alexandra Wauer, Desirée Köhler und Alfred Schubert sind Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Joachim Stiegler (Abt. Waldbau und Bergwald) und Dr. Thomas Kudernatsch (Abt. Biodiversität, Naturschutz, Jagd) sind ebenfalls Mitarbeiter an der LWF. Dr. Uwe Blum leitet das chemische Labor der LWF. Dr. Hans-Joachim Klemmt leitet die für das Forstliche Monitoring federführende Abteilung »Boden und Klima«. **Kontakt:** Hans-Peter.Dietrich@lwf.bayern.de

Forstliches Umweltmonitoring

Das Monitoring von Umwelteinflüssen und ihrer Wirkungen auf Wälder ist in einer Verordnung zu § 41a des Bundeswaldgesetzes vom 20. Dezember 2013 verbindlich geregelt (»Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring«, ForUmV), BGBl. I S. 4384. Das forstliche Umweltmonitoring stützt sich auf zwei Säulen (BMEL 2016), den landesweit repräsentativen Erhebungen des Wald- und des Bodenzustandes auf einem systematischen Stichprobennetz, dem sog. Level I-Netz und kontinuierlichen Intensivmessungen wichtiger Umwelteinflüsse und ihrer Wirkungen auf ausgewählte Waldbestände, dem sog. Level II-Netz, in Bayern auch Waldklimastationen genannt.

Level I: Wald- und Bodenzustandserhebungen

In Bayern wird der Gesundheitszustand der Wälder in den Waldzustandserhebungen (WZE) seit 1983 jährlich ermittelt und berichtet. Aktuell liegt den Erhebungen ein 16 x 16 km Aufnahmeaster zu grunde. Die erste flächendeckende Waldbodeninventur oder Bodenzustandserhebung (BZE) in Bayern erfolgte in den Jahren von 1985 bis 1987 auf einem 8 x 8 km Erhebungsaster. Zwischen 2006 und 2008 fand mit der BZE-2 die erste Wiederholung statt. Weitere Erhebungen im Abstand von 10 bis 20 Jahren werden folgen.

Level II: Waldklimastationen

An den Waldklimastationen (WKS) werden kontinuierlich die Umwelteinflüsse in ausgewählten Waldbeständen gemessen und ihre Wirkungen erfasst. An den ersten bayerischen Messstationen wurde der Intensivmessbetrieb im Jahr 1991 aufgenommen. Aktuell betreuen wir in Bayern ein Netz von 19 Waldklimastationen.

Inventur und Monitoring – aus zwei mach eins

Die Instrumente des forstlichen Umweltmonitorings ergänzen die periodischen Naturalinventuren zum Holzvorrat und zur Baumartenzusammensetzung (Bundeswaldinventur). In Bayern sind die Rastermessnetze von Inventur und Monitoring seit dem Jahr 2006 zusammengelegt. Die Fallstudien an bayerischen Waldklimastationen sind gleichzeitig auch Standorte der landnutzungsübergreifenden Bodendauerbeobachtung und erfüllen damit einen weiteren gesetzlichen Auftrag, der sich aus dem Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBod-SchG) ergibt. Sie haben Schnittstellen zum forstgenetischen Monitoring und werden als Forschungsstandorte intensiv genutzt.

Europäisches Umweltmonitoring: international einzigartig

Das Forstliche Umweltmonitoring hat seine Ursprünge in der Waldschadensforschung der frühen 1980er Jahre. Konzept und Aufbau gehen in Bayern auf Landtagsaufträge in den 1980er Jahren zurück (Preuhsler et al. 1994; Dietrich et al. 2014) und waren damals weitblickend, wie der Name Waldklimastation erkennen lässt. Die Einrichtung und den Betrieb der Waldklimastationen hat in den Jahren 1987 bis 2006 die Europäische Union gefördert. Die Waldzustandserhebungen wie auch die Waldklimastationen sind von Beginn an eingebettet in ein internationales Protokoll zur Luftreinhaltung, der Genfer Luft-

reinhaltekonvention von 1979 (CLRTAP). Sie sind damit seit über einem Vierteljahrhundert Bestandteil des internationalen Beobachtungsnetzes zur Wirkung grenzüberschreitender Luftverunreinigung auf Wälder (UN-ECE ICP-Forests). An diesem weltweit einzigartigen Monitoringnetz in terrestrischen Ökosystemen mit unterschiedlichen Intensitätsleveln (Level I und Level II) beteiligen sich zwischenzeitlich 42 Staaten. Es reicht vom Nordkap bis zu den Kanaren, vom Atlantik bis zum Schwarzen Meer. Die Besonderheit: Datenerhebung und Messungen erfolgen nach einheitlichem Standard (Ferretti & Fischer 2013). Das ermöglicht die Vergleichbarkeit von Befunden über Landesgrenzen hinweg.

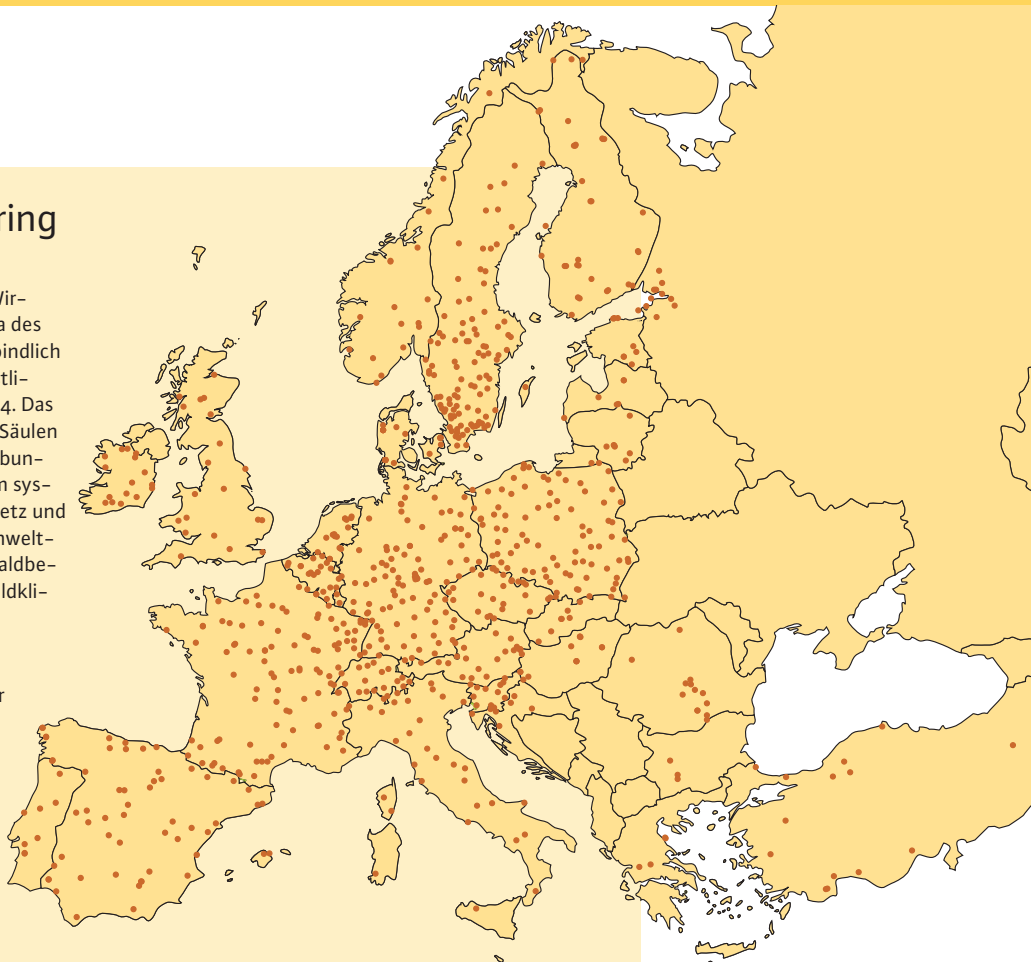
Über die Ergebnisse des Monitorings wird regelmäßig berichtet, in Waldzustandsberichten der Länder, bundesweit und international. Aktuelle Messdaten sind online aufbereitet.

Hans-Peter Dietrich

www.lwf.bayern.de
www.bmel.de

Waldklimastationen (Level II)

- Grundprogramm
- nur meteorologische Messungen
- Schwerpunktstation
- gefördert in LIFE+ (EU)



● Level-II-Flächen

Forstliches Umweltmonitoring in Waldökosystemen Europas (oben): 19 bayerische Waldklimastationen (unten) eingebunden in das europäische Monitoringnetzwerk von 42 Staaten im Level I und Level II des ICP Forests (International Cooperative Program of Forests)

