

---

# Bayerische Waldklimastationen: Umweltbedingte Veränderungen im Wald erkennen und bewerten

Hans-Peter Dietrich, Stephan Raspe, Lothar Zimmermann, Ernst Bickel, Uwe Blum, Anna Kanold, Alfred Schubert, Alexandra Wauer und Christian Kölling

**Schlüsselwörter:** Bayerische Waldklimastationen, Level II, Forstliches Umweltmonitoring

**Zusammenfassung:** Standort- und Umweltfaktoren entscheiden über Wachstum, Vitalität und Baumartenkonkurrenz in Wäldern. In Zeiten rascher Umweltveränderungen ist es eine wichtige Aufgabe für eine Ressortforschungseinrichtung wie die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, die Entwicklungen und Folgen für die nachhaltige Waldbewirtschaftung zu kennen und zu verstehen. Sichere Planungen benötigen Referenzen, an denen sich tatsächliche Veränderungen und ihre Tendenz unter den jeweils herrschenden Umweltbedingungen messen und bestätigen lassen. Zu Beginn der 1990er Jahre wurden, angeregt von den Erkenntnissen der Waldschadensforschung, sogenannte Intensiv-Monitoringflächen gezielt in bayerischen Waldregionen eingerichtet. Seither ergänzen diese Bayerischen Waldklimastationen (WKS) die bereits 1983 eingeführte landesweite, jährliche Waldschadenserhebung. Sie liefern aktuell, kontinuierlich und langfristig wichtige zusätzliche Informationen zu Umwelteinflüssen und deren Auswirkungen auf den Wald.

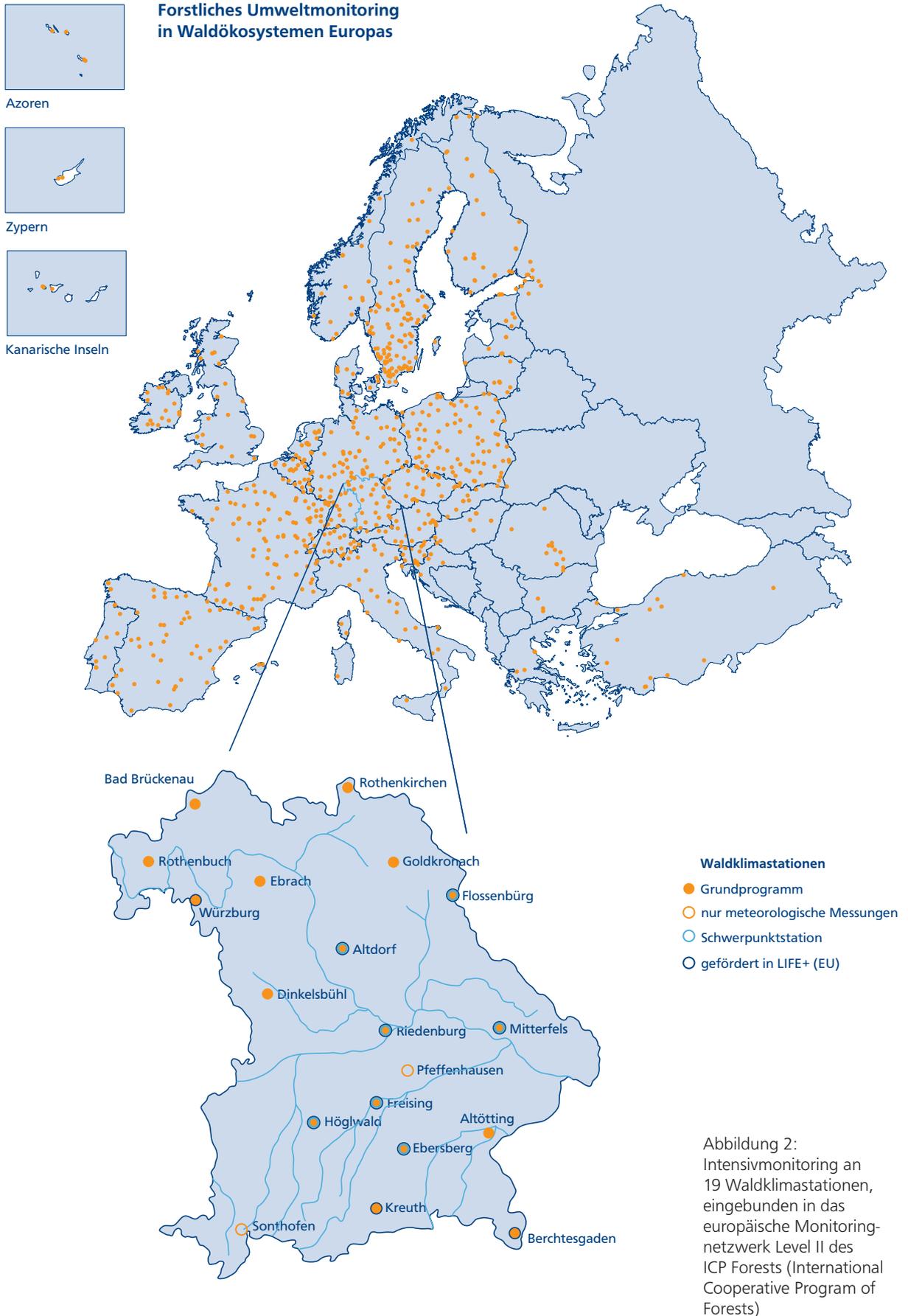
Die Waldklimastationen wurden in Bayern auf der Grundlage eines Landtagsauftrags eingerichtet (Preuhsler und Gietl 1994). Messprogramm und -design waren national wie international richtungsweisend und das Konzept vorausschauend, zumal die Gewissheit des bereits eingetretenen Klimawandels damals noch fehlte. Gestützt auf internationale Abkommen zur Luftreinhaltung (Genfer Luftreinhaltkonvention, UN/ECE-ICP Forests) und verbindliche Regelungen der Europäischen Union zum Schutz der Wälder gegen Luftverschmutzung bis 2006 (BMEL 1995; Splett und Intemann 1994) wurde europaweit ein Netz von Dauerbeobachtungsflächen in Waldökosystemen (Level-II-Messflächen) aufgebaut. Es reicht vom Nordkap bis zu den Kanarischen Inseln und gründet sich auf vergleichbare und harmonisierte Standards (Fischer et al. 2010; Dietrich et al. 2006). Das internationale Forstliche Umweltmonitoring, an dem sich aktuell 41 Staaten beteiligen, ist als Lieferant vergleichbarer Informationen über Landesgrenzen hinweg einzigartig. Nach

Jahren ohne rechtsverbindliche nationale Grundlage trat im Januar 2014 erstmals eine deutsche Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring in Kraft (ForUmV, BGBl. I S. 4384), die das forstliche Monitoring als gemeinsame Aufgabe von Bund und Ländern regelt (BMEL 2013). Die mehr als zwanzigjährige kontinuierliche forstliche Umweltvorsorge soll künftig stärker auf die Fragen des Klimawandels fokussiert und langfristig fortgeführt werden.

Produktionsfaktoren wie Standort und Umwelt lassen sich im Wald nur schwer beeinflussen. Deshalb ist es umso wichtiger, die Wirkung einer zunehmenden Klimaerwärmung oder andauernder Immissionsbelastung auf vermeintlich »eiserne« Regeln und Gesetzmäßigkeiten der Waldwirtschaft zeitnah zu analysieren und aufzuklären. Es gilt, die Folgen für eine nachhaltige Entwicklung rechtzeitig und sicher abzuschätzen.



Abbildung 1: Waldklimastation Kreuth (Freiflächenmessstelle), ca. 1 km nördlich des Kogelkopfs bei Bad Wiessee. Foto: LWF



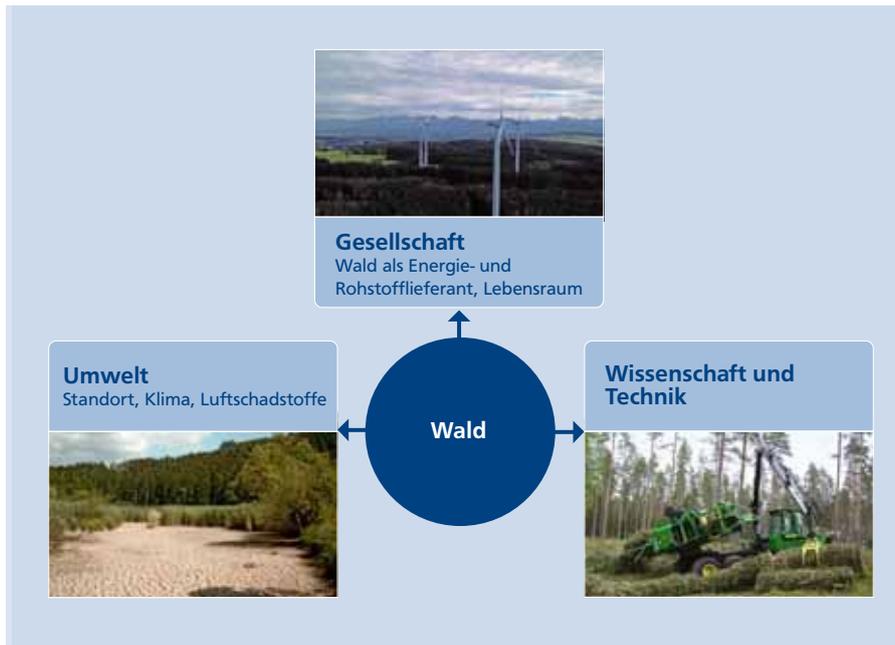


Abbildung 3:  
Umweltfaktoren stellen neben wandelbaren gesellschaftlichen Anforderungen und stets fortschreitenden Instrumenten der Wissenschaft und Technik eine wesentliche »Koordinate« der Rahmenbedingungen für das Waldökosystem dar. Sie beeinflussen zahlreiche Regelmechanismen. Die Veränderung der »Umwelt-Koordinate« und ihre Konsequenzen für den Wald sind Gegenstand des intensiven forstlichen Umweltmonitoring an Waldklimastationen. Fotos (v.l.n.r.): N. Luksch, Gemeinde Wildpoldsried, A. Eberhardinger

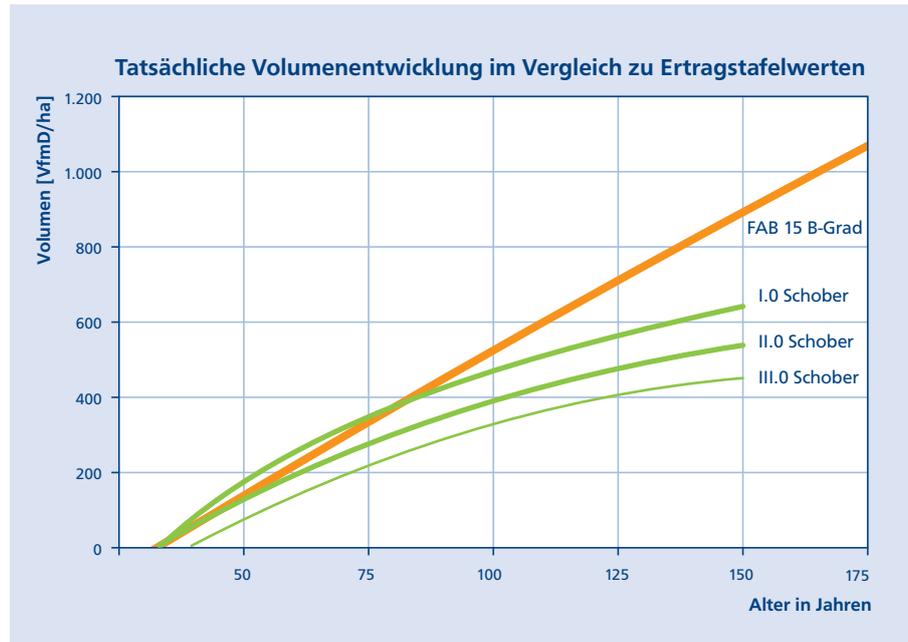
### Klimawandel und Schadbelastung beeinflussen bekannte Wirkungsgefüge im Wald, damit verlieren forstliche Planungsgrundlagen teilweise ihre Gültigkeit

Die Erfahrungen des Waldsterbens und die zunehmende Gewissheit schwer kalkulier- oder begrenzbarer Auswirkungen menschlichen Handelns auf die Umwelt ließ die Erkenntnis wachsen, die aus forstlicher Forschung und Praxis abgeleiteten Regeln und Gesetzmäßigkeiten stärker in den Kontext ihrer Randbedingungen zu stellen. Man begann zu verstehen, dass Umweltveränderungen die Standortbedingungen für die Waldentwicklung in deutlich kürzeren Zeiträumen als jemals erwartet nachhaltig beeinflussen können und sich damit die »Koordinaten« für die künftige Waldentwicklung (Abbildung 3) wesentlich verschieben würden. Eine Konsequenz dieser wachsenden Erkenntnis war die Geburtsstunde des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings zum Ende der achtziger Jahre des letzten Jahrhunderts. Konzepte wurden entwickelt, um gezielt die Wechselwirkung von Umwelteinflüssen auf Wälder in unterschiedlichen Waldregionen langfristig und kontinuierlich zu messen und zu registrieren (Preuhsler et al. 1992, 1994; StMELF 1992). Die mögliche Koordinatenverschiebung aufgrund sich rasch ändernder Umweltbedingungen und ihr Einfluss auf forstwirtschaftlich bedeutsame Kenngrößen wie Produktionskraft der Böden, Wuchsleistung und Vitalität der Waldbäume oder Artenvielfalt sollten kontinuierlich und über größere Zeiträume hinweg verfolgt

werden. Damals standen Luftschadstoffeinträge und noch nicht der Klimawandel im Fokus. Bis heute ist es in der Forschung noch immer nicht Standard, die maßgeblichen Umweltbedingungen an den jeweiligen Studienobjekten zu kennen oder deren Veränderung zu beachten. Besonders in kurzfristigen Forschungsprojekten und gleichermaßen in der Freiland- und Laborforschung fehlt häufig das Wissen um die Vorgeschichte oder den »dynamischen« Aspekt in der Bewertung. Die Grenzen auf diese Weise gewonnener Erkenntnisse und Erfahrungen oder abgeleiteter Gesetzmäßigkeiten sind folglich schnell erreicht. Rasche und grundlegende Umweltveränderungen unserer Tage lassen es hingegen ratsam erscheinen, die Prozesse und Wechselwirkungen besser zu verstehen, zunächst die Verschiebung der Koordinate zu beachten und dann die Grenzen der Gültigkeit abgeleiteter Gesetzmäßigkeiten zu bestimmen. Gute Prognosen künftiger Entwicklungen setzen solches Prozessverständnis zwingend voraus. Auf unserem Weg vom Gestern zum Morgen sind die Konturen zwischen altbewährtem Erfahrungswissen und neuester Forschungserkenntnis fließend.

Ein prominentes Beispiel für die limitierte Gültigkeit von Regeln bei sich ändernden Umweltbedingungen stellen die forstlichen Ertragstafeln dar. Die mit großem personellem und finanziellem Erhebungsaufwand bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts erstellten Kalkulationstafeln für das Wachstum von Bäumen bei unterschiedlicher Leistungskraft (StMELF 1990) stellten über Generationen hinweg quasi »eherne« Regeln für

Abbildung 4:  
Tatsächliche Volumenentwicklung eines Buchenbestands (Durchforstungsversuch Fabriktschleichach 15 der TUM) im Vergleich zu Erwartungswerten laut der Ertragstafel nach Schober (nach Pretzsch 2004, vgl. auch Pretzsch in diesem Heft)



Ertragsersparung und Wirtschaftsplanung in der Forstwirtschaft dar. Heute wissen wir dank des Ertragskundlichen Versuchswesens (siehe Artikel Pretzsch et al., S. 7 ff. in diesem Heft) und periodischer Inventuren, dass Bäume und Bestände stärker als noch vor Jahrzehnten wachsen (Abbildung 4) und auf Standorten mittlerer oder schwächerer Qualität bereits in jüngeren Lebensjahren den Gipfel ihres Zuwachses erreichen (Pretzsch 2004). Die bisherigen Kalkulations- und Planungsgrundlagen haben ihre Gültigkeit verloren. Auf die Ursache dieser Veränderungen, die unterschiedlichen Umweltbedingungen (Klimaänderung, Stickstoffeinträge und erhöhtes CO<sub>2</sub>-Angebot der Atmosphäre), können wir nur rückschließen. Begleitende Referenzmessungen am Ort der Wirkungen gibt es dazu vor 1980 nur vereinzelt.

In allen Bereichen der Umweltforschung haben sich mittlerweile langfristige Beobachtungs- und Forschungsstrategien unter Beachtung der veränderlichen Umweltfaktoren und ihrer ökosystemischen Wirkungen etabliert (Dietrich und Raspe 2011). Universitäre Forschungsinstitute können solche Ansätze jedoch nur schwer langfristig und kontinuierlich verfolgen. Angesiedelt ist diese Aufgabe deshalb bei Ressortforschungseinrichtungen der Länder, Forschungsverbänden oder Forschungsgesellschaften (z. B. Terrestrische Umweltobservatorien »Tereno« der Helmholtz-Gemeinschaft; Bogena et al. 2006). Die Waldklimastationen mit ihren bereits zwanzigjährigen Datenmessreihen werden zwischenzeitlich intensiv als Referenzflächen für

die Entwicklung und Überprüfung von Zukunftsmodellen genutzt. Sie sind in vielfältiger Weise Kristallisationspunkte fachwissenschaftlicher Forschungen und Projektaktivitäten. Ihre immer wertvolleren Datenbestände wurden von Forstpraktikern und Forschern aus dem In- und Ausland allein im Jahr 2013 über fünfzigmal an der LWF angefragt. Dabei wurden mehr als 1,8 Mio. Datensätze abgegeben und für Beratungs- und Forschungszwecke genutzt. Hinzu kommen die Anfragen über Datenbanken des Bundes, der EU oder des ICP-Forests, für die jährlich die aktuellen Messergebnisse der Bayerischen Waldklimastationen zur Verfügung gestellt werden.

### Messungen an Waldklimastationen bestätigen die Veränderung der Standortfaktoren

Aus den Fachveröffentlichungen der Wetterdienste ist die Tendenz einer für Klimadimensionen raschen Erwärmung in den letzten Jahrzehnten bekannt. Die Messungen an den Waldklimastationen bestätigen diesen Trend, der nach 1990 verstärkt auch in den Wäldern einsetzte.

An der Waldklimastation Riedenburg, nordwestlich von Kelheim zwischen Altmühl und Donau gelegen, zeigt sich z. B. ein Anstieg der Temperaturen des Sommerhalbjahrs (Mai–Oktober) von über 1,1° im Verlauf der vergangenen 130 Jahre (Abbildung 5). Mit der

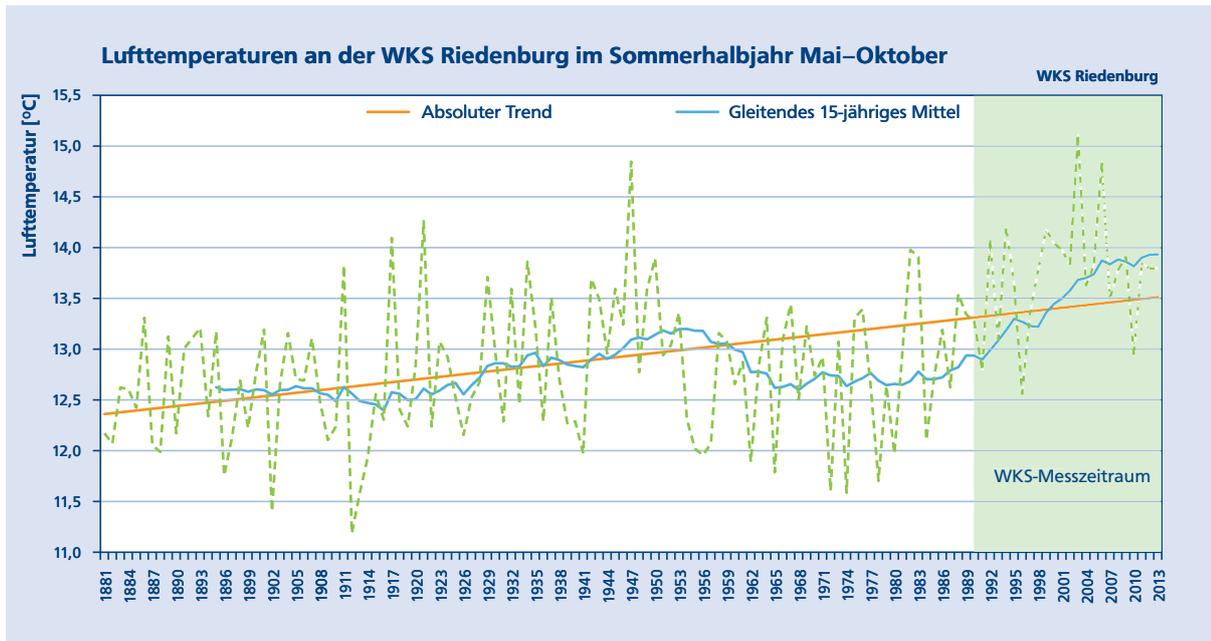


Abbildung 5: An der WKS Riedenburg nehmen seit Jahrzehnten in den Sommerhalbjahren die Lufttemperaturen zu. Besonders seit 1990 häufen sich die Jahre mit höheren Sommertemperaturen (standortspezifische Messwerte vor Inbetriebnahme der WKS aus regionalisierten DWD-Monatswerten abgeleitet).

Erwärmung einher gehen Extreme der Witterung, wie beispielsweise im Jahrhundertssommer 2003, damals verbunden mit starker Austrocknung der Waldböden und Wassermangel in Bayerns Wäldern (Zimmermann und Raspe 2011a). In diesen Extremjahren wurden gegenüber dem Vorjahr Zuwachseinbußen von bis zu 80 Prozent an allen Fichtenbeständen der Waldklimastationen festgestellt und landesweit deutliche Kronenverlichtungen der Fichten beobachtet (StMELF 2008). Phänologisch lassen sich zwischenzeitlich Verlängerungen der Vegetationszeit und verfrühte Blattaustriebe an den WKS-Standorten erkennen, was grundsätzlich günstigere Wuchsbedingungen signalisiert, gleichzeitig aber auch mit höherer Spätfrostgefährdung, wie z.B. im Jahr 2011 (Zimmermann und Raspe 2011b), einhergehen kann. Forstwirtschaft und Forschung fokussieren zunehmend auf die Frage nach der Fähigkeit der Waldbäume und einzelner Baumarten, derartige extreme und wiederkehrende Witterungsereignisse zu ertragen und sich von Trockenstress und Wassermangel zu erholen. Die Zuwachs- und Vitalitätsentwicklung vor und nach Extremjahren ist aktuell Gegenstand vergleichender Analysen in der Forstwissenschaft (siehe Artikel Uhl et al., S. 72 ff. in diesem Heft). Die Waldklimastationen mit ihren langjährigen Messreihen liefern dazu eine immer wertvoller werdende umfassende Informationsgrundlage.

Konnte die LWF bereits in den vergangenen zwei Jahrzehnten über die Erfolge der Luftreinhaltung bei der Verringerung der sauren Schwefeleinträge berichten (LWF 2001; StMELF 2008), so fallen die aktuellen Messdaten über Stickstoffeinträge aus Verbrennungsanlagen und landwirtschaftlichen Quellen (Abbildung 6) weitaus ernüchternder aus. Die Stickstoffeinträge an den Waldmessstellen bleiben seit Jahren weitgehend konstant überhöht (Raspe et al. 2012). Seit Mitte der 1970er Jahre wissen wir, dass die Stickstoffeinträge aus der Luft das Baumwachstum fördern und zu einer Verbesserung der Standortbedingungen in den von Natur stickstofflimitierten Wäldern führen. Ungeachtet inter-

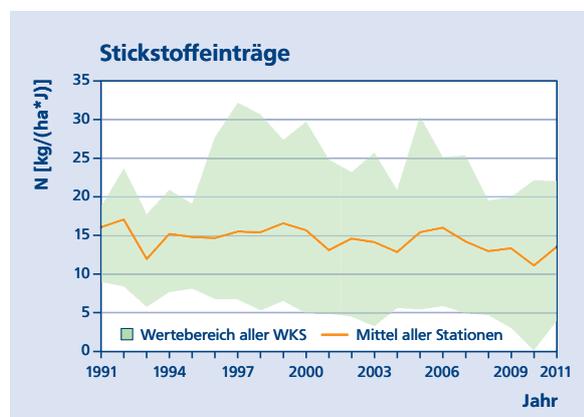


Abbildung 6: Mittlerer Verlauf der Stickstoffeinträge an allen Waldklimastationen von 1991 bis 2011

**Erforderliche Stickstoff-Reduktion in Prozent**

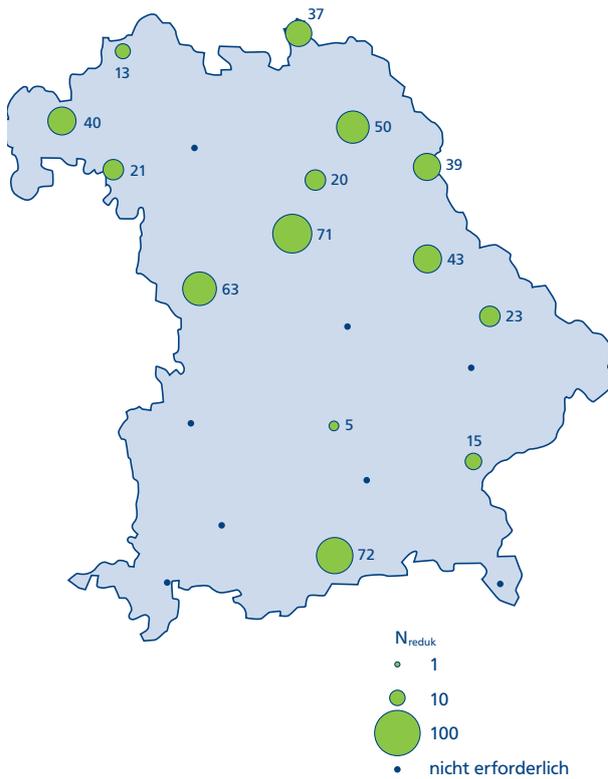


Abbildung 7: Erforderliche Reduktion der Stickstoffeinträge an den Bayerischen Waldklimastationen im Messjahr 2008, um langfristig nachteilige Veränderungen der Waldökosysteme zu vermeiden

nationaler und nationaler Emissionsminderungsziele dauert diese Entwicklung aber unvermindert an, vielerorts sind die Waldökosysteme bereits mit Stickstoff überdüngt. An zwei von drei Waldklimastationen werden aktuell Stickstoffeinträge gemessen, die kritische Belastungsgrenzen dieser Wälder (Abbildung 7) langfristig überschreiten (Raspe et al. 2011). Erfreulicherweise werden die Waldbäume zwar rascher dick, doch »dick« bedeutet nicht gleich »gesund«. Stickstoffsättigung durch Überdüngung führt auf ärmeren Standorten langfristig zu Nährstoffstörungen und -verlusten, mit negativen Folgen für die Stabilität und Biodiversität, einer Zunahme von Gesundheitsrisiken und einer Nitratbelastung des Sickerwassers aus dem Wald. Wälder in Mittel- und Osteuropa sind von dem zwischenzeitlich standortprägenden Effekt der Stickstoffbelastungen besonders betroffen (Abbildung 8). Die Ergebnisse unserer landesweiten Inventur der Waldböden in den Jahren 2006 bis 2008 lieferten die Gewissheit: Zwischenzeitlich müssen mehr als die Hälfte der Wälder als stickstoffgesättigt angesehen werden (Falk und Stetter 2010). Sie können den zusätzlichen Stickstoff nicht mehr verwerten, die Filterfunktion des Waldes ist erschöpft und Nitrat wird mit dem Sickerwasser aus dem Wurzelraum ausgewaschen.

**Stickstoffeinträge in Europa in Kilogramm je Hektar und Jahr**

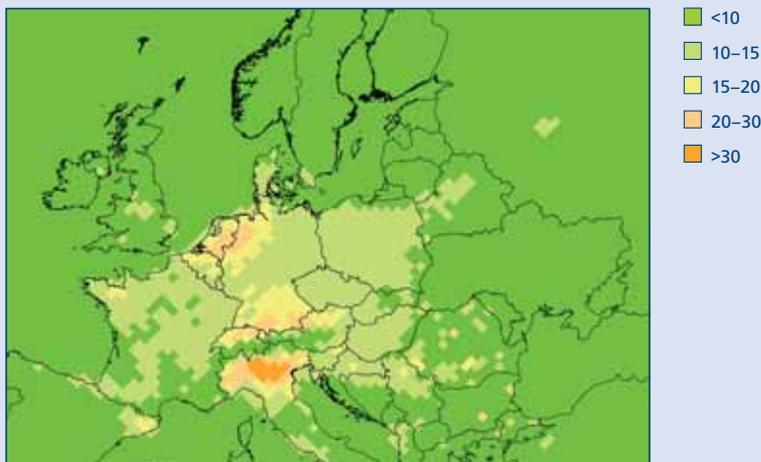


Abbildung 8: Räumliche Verteilung der Stickstoffeinträge in Europa im Jahr 2010 auf der Grundlage von Modellabschätzungen  
Datenquelle: Builtjes et al. (2011)

## **Aufbau und Messkonzept einer Waldklimastation orientieren sich an der Frage nach Ursache und Wirkung**

Derzeit betreibt die LWF Waldklimastationen in unterschiedlichen Waldregionen Bayerns. Die Standorte reichen vom hochmontanen Lärchen-Zirbenwald am Nordhang des Watzmanns im Berchtesgadener Land über die warm-trockenen Laubwaldstandorte an der Altmühl oder der Fränkischen Platte bis zum Fichtenbestand im nördlichen Frankenwald (Abbildung 2). Sie erfassen Bestände mit den vier wichtigsten Hauptbaumarten Bayerns.

An allen Waldklimastationen werden meteorologische Größen im Sekundentakt nach dem Standard der Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes auf einer Freifläche oder Waldlichtung automatisch gemessen. Die Freiflächen liegen jeweils in unmittelbarer Nachbarschaft zu einem Forschungsbestand einer Waldklimastation. Auf den Freiflächen werden zusätzlich die wichtigsten Stoffeinträge mit dem Freilandniederschlag erfasst (unter anderem die versauernd wirkenden Luftschadstoffe Sulfat, Ammonium und Nitrat), wochenweise gesammelt und im Labor der LWF analysiert.

Die eigentliche Waldmessstation in einem nahegelegenen mindestens vier Hektar großen Forschungsbestand bildet das Herzstück jeder Waldklimastation. Dort werden auf einer 0,25 ha großen Kernmessfläche die wichtigsten Einflussgrößen auf die Waldgesundheit bestimmt sowie ihre Wirkung auf Bäume, Bodenvegetation und Boden möglichst genau gemessen und beobachtet (Abbildung 9). In einem Messfeld, bestückt mit Sammlern, Sensoren und moderner Datenerfassungstechnik eines »Freilandlabors«, werden Kennwerte des Wasser- und Nährstoffkreislaufs der Waldbestände und der Waldböden an unterschiedlichen Stellen gemessen und ermittelt. Regelmäßig werden Wasserproben für die chemische Analyse aus Auffangbehältern gewonnen, die unter der Baumkrone, an Stämmen glattrindiger Buchen, unter dem Auflagehumus und in verschiedenen Bodentiefen installiert sind. Periodische Bodenerhebungen im Rahmen der gesetzlich verankerten Bodendauerbeobachtung (BDF, Schubert und Butz-Braun 1995) erlauben eine physikalisch-chemische Charakterisierung der Waldböden an den Waldklimastationen. Besonderes Augenmerk gilt der Erfassung von Wirkungen der Umwelteinflüsse auf Waldbäume und Bodenvegetation. Dazu wird einmal jährlich der Dickenzuwachs in Brusthöhe jedes Baumes auf der Kernmessfläche ermittelt und der Kro-

nenzustand eingewertet. An ausgewählten Bäumen werden jährlich bzw. in zweijährigen Abständen ernährungskundliche Untersuchungen vorgenommen. Wöchentlich werden phänologische Veränderungen, wie zum Beispiel Blattaustrieb oder Blattverfärbung, beobachtet und registriert. Die abfallende Biomasse, der Blatt- oder Nadelstreu, wird vierwöchentlich gesammelt, getrennt, gewogen und analysiert. In fünfjährigen Abständen wird auf einer Probestfläche die Veränderung der Bodenvegetation erfasst. Sechs der Waldklimastationen sind zusätzlich mit TDR (Time-Domain Reflectometry)-Bodenfeuchtesensoren und Niederschlagsrinnen mit Kippwaagen ausgestattet, um den Bestandsniederschlag genau zu registrieren. Detailgetreuere Informationen für ereignisbezogene Auswertungen rechtfertigen den instrumentellen Mehraufwand. Gleichzeitig ist an diesen Stationen ein phänologischer Garten nach dem Muster der internationalen phänologischen Gärten (Chmielewski 1996) angegliedert. Eine detaillierte Zusammenstellung der Messinformationen einer Waldklimastation findet sich z. B. in Preuhler et al. (1992) oder auf der Homepage der LWF (<http://www.lwf.bayern.de/boden-klima/umwelt-monitoring/index.php>). Die verwendeten Messmethoden entsprechen den internationalen Standards des ICP-Forests (Fischer et al. 2010).

Die LWF koordiniert und betreibt die Waldklimastationen. Dazu zählen fachwissenschaftliche Betreuung, technischer Service, Laboranalytik und Datenmanagement. Den laufenden Betrieb stellen die örtlich zuständigen Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sicher. Sie betreuen die Waldklimastationen vor Ort und beschäftigen Probenehmer für die regelmäßige wöchentliche Probenahme bei allen Wetterbedingungen. Den Transport der Wasserproben an die LWF übernimmt eine Kühlspedition. Zahlreiche Messdaten werden automatisch mittels Datenlogger erfasst und per Mobilfunk an die LWF übertragen. Hier werden die Messdaten (über 800.000 Datensätze pro Jahr) zusammengeführt und von den Fachwissenschaftlern ausgewertet. Weitere wichtige Partner im Programm sind die örtlichen Forstbetriebe der Bayerischen Staatsforsten. Sie stellen die Forschungsbestände zur Verfügung und nehmen bei der regulären Bewirtschaftung der Waldbestände auf die Belange der Forschung Rücksicht.

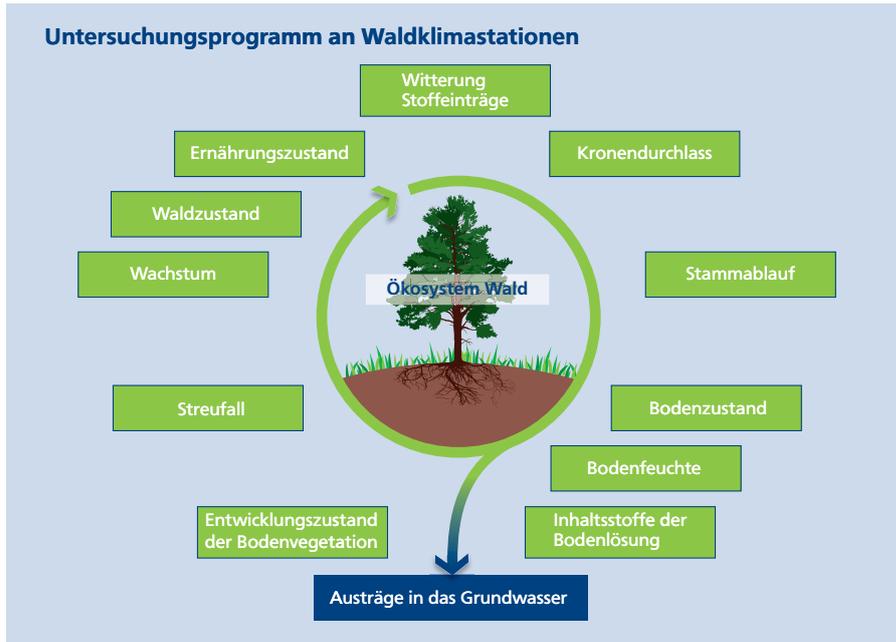


Abbildung 9:  
Messprogramm an  
Bayerischen Waldklima-  
stationen

## Ausblick

Witterung und Klima zählen ebenso wie Stoffeinträge zu den wichtigsten Standortfaktoren eines Waldes. Im Zusammenspiel mit dem Boden steuern und regeln sie die Lebensprozesse im Waldökosystem. Das Lebensgefüge des Ökosystems selbst hängt entscheidend von Vitalität und Konkurrenzkraft der dominierenden Baumschicht ab, welche dem Wald seinen unverkennbaren Charakter verleiht. Mit der Nutzung von Holz als Rohstoff und Energieträger und der Pflege des Waldes als naturnahem Schutz- und Erholungsraum bietet sich der nachhaltigen Forstwirtschaft wie kaum einem anderen Wirtschaftszweig die besondere Chance, die enormen Potenziale der Natur ökonomisch wie ökologisch gewinnbringend zu nutzen. Es ist eine wichtige Aufgabe in Zeiten dynamischer Umweltveränderungen, die Entwicklung der Standortfaktoren und ihre Wirkungen auf die Wälder genau im Auge zu behalten, um Ressourcen und Leistungen der Waldökosysteme für Natur und Gesellschaft langfristig zu sichern. Das Intensivmonitoring an Waldklimastationen leistet dazu seinen Beitrag.

## Danksagung

Unser Dank gilt den Partnern vor Ort, den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und den Forstbetrieben der Bayerischen Staatsforsten, den Probennehmern und Betreuungsbeamten sowie den Mitarbeitern der LWF im technischen Service und der Probenaufbereitung und -analyse im Labor. Die Bayerische Forstverwaltung finanziert das Forstliche Umweltmonitoring in Bayern, die Europäischen Union förderte die Programme über viele Jahre, zuletzt im Rahmen der LIFE+-Verordnung (Projekt »FutMon« 2009–2011).

## Literatur

Bogena, H.; Schulz, K.; Vereecken, H. (2006): Towards a network of observatories in terrestrial environmental research. *Advances in Geosciences*, 9, S. 1–6; <http://teodoor.icg.kfa-juelich.de>

BMEL – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1995): Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.); Bonn, 25 S.

BMEL – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2013): Entwurf einer Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV); <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Rechtsgrundlagen/Entwuerfe/Forstliches-Umweltmonitorng.html>

Builtjes et al. (2011): vgl. Abbildung 8

- Chmielewski, F.-M. (1996): The International Phenological Gardens across Europe. Present state and perspectives. *Phenology and Seasonality* 1 (1), S. 19–23
- Dietrich, H.-P.; Raspe, S.; Schulz, C. (2006): Waldklimastationen – eine Säule forstlicher Umweltbeobachtung. *AFZ-Der Wald* 18; S. 972–974
- Dietrich, H.-P.; Raspe, S. (2011): Waldmonitoring: Harte Daten für die Politik. *LWF aktuell* 82, S. 4–8
- Falk, W.; Stetter, U. (2010): Stickstoff – vom Mangel in den Überfluss. *LWF aktuell* 78, S. 18–20
- Fischer, R.; Lorenz, M.; Strich, S. (2010): Der Waldzustand in Europa, 25 Jahre Waldzustandsmonitoring des ICP Forests. vTI – Institut für Weltforstwirtschaft Hamburg (Hrsg.)
- Fischer, R. et al. (2010): Methoden ICP Forests
- Gietl, G. (1989): Waldklimastationen in Bayern: Aufbau eines forst klimatologischen und -hydrologischen Meßnetzes. *AFZ* 40/41, S. 1075–1079
- Kölling, C.; Zimmermann, L. (2011): Klimawandel gestern und morgen. *LWF aktuell* 99, S. 16–20
- Pretzsch, H. (2004): Der Zeitfaktor in der Waldwachstumsforschung. *LWF Wissen* 47, S. 11–30
- Pretzsch, H. (2014): *LWF Wissen* 76, S. 72 ff.
- Preuhsler, T.; Gietl, G.; Grimmeisen, W.; Kennel M.; Lechler, H.H. (1992): Forschungsprojekt Waldklimastationen in Bayern. *AFZ* 10, S. 529–533
- Preuhsler, T.; Gietl, G. (1994): Langfristige Forschungsschwerpunkte im Waldökosystem-Monitoring an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. *Forst und Holz*, 49. Jg., S. 83–86
- Raspe, S.; Schulz, C.; Dietrich, H.-P.; Foullouis, N. (2011): Luftschadstoffbelastungen der Wälder rückläufig. *LWF aktuell* 82, S. 15–18
- Raspe, S.; Dietrich, H.-P.; Zimmermann, L. (2013): Stoffeinträge sind ein Standortfaktor. *LWF aktuell* 94, S. 18–22
- Schubert, A. und Butz-Braun, R. (1995): Waldboden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern; Berichte aus der bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.); Berichte aus der LWF, Nummer 4, 80 S.
- StMELF – Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1990): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.); München
- StMELF – Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1992): Waldklimastationen in Bayern – Ein forstlicher Beitrag zur Umweltvorsorge. Bayer. Staatsministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forschung (Hrsg.) München, 19 S.
- StMELF – Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2008): Waldbericht 2008. Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.); München
- Splett, P.; Intemann, H. (1994): Intensive Waldzustandsüberwachung auf Dauerbeobachtungsflächen in Deutschland. *AFZ* 22, S. 1237–1246
- Uhl, E.; Kölling, C.; Pretzsch, H. (2014): Überlegungen zur Weiterentwicklung des Ertragskundlichen Versuchswesens in Bayern. *LWF Wissen* 76, S. 88 ff.
- Zimmermann, L.; Raspe, S. (2011a): Witterungsextreme – heute und morgen. *LWF aktuell* 82, S. 19–22
- Zimmermann, L.; Raspe, S. (2011b): Endlich wieder Regen. *LWF aktuell* 84, S. 33–35

---

**Keywords:** Bayerische Waldklimastationen, Bavarian Intensive Forest Monitoring, Level II, detection of environmental changes

---

**Summary:** Forest growth, tree vitality and species competition are mainly influenced by environment and site conditions. It is a growing challenge, even for Forest Research Institutes like the Bavarian State Institute of Forestry, to realize and understand the consequences of dynamical environmental changes like global warming to sustainable forestry and forest management. Valid plannings need references, able to detect true changes and trends caused by a shifting environment. Encouraged by the knowledge of Forest Decline Research, so called Intensive Forest Monitoring research plots are established in typical bavarian forest regions starting in the early nineties. From that time on, measurements at the “Bayerische Waldklimastationen (WKS)” supplements the annual and representative Forest Condition Inventories already operating since 1983. The 18 Forest Intensive Monitoring plots (level II) nowadays are a well established data source for consultancy and in demand for additional information about environmental influences and their consequences to forests in Bavaria.

---