

Abb. 1: Die Bayerische Waldklimastation Ebrach (Level-II-Fläche 907)

Foto: W. Seidling

# Homogenisierte Klimadaten aus dem Waldmonitoring

Von Daniel Ziche und Walter Seidling

Seit 1985 liefert das unter der Genfer Luftreinhaltekonvention der UNECE (ICP Forests) in enger Kooperation mit der EU laufende „Forstliche Umweltmonitoring“ Informationen über den Zustand der Wälder in Europa. Die Hauptaufgabe dieses Monitoringprogramms ist es, die Wirkungen von Schadstoffeinträgen aus der Luft auf den Wald zu ermitteln. Spätestens seit dem Trockensommer 2003 mit seinen negativen Auswirkungen auf den Waldzustand und vor dem Hintergrund der prognostizierten Klimaentwicklung zeichnete sich aber ab, dass Bedarf an einer Erweiterung des Monitoringprogramms bestand, um klimatisch bedingten Stress identifizieren und die Reaktionen der Wälder darauf aufzeichnen zu können. Dazu bietet sich besonders das Intensive Waldmonitoring (Level II) an. Hier finden auf Daueruntersuchungsflächen an ausgewählten Waldstandorten Beobachtungen ökosystemarer Prozesse statt. Die meisten Untersuchungsflächen sind seit 1996 mit Wetterstationen ausgestattet, deren Daten in täglicher Auflösung in einer bundesweiten Datenbank zusammengeführt wurden. Um das laufende Monitoringprogramm an die neuen Anforderungen anzupassen, wurde das von der EU finanzierte Life+-Projekt „FutMon“ initiiert.

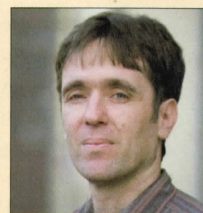
Im Zuge der Beurteilung dieser unmittelbar waldbezogenen Klimadaten ist eine Evaluierung der Datensätze hinsichtlich ihrer zeitlichen Widerspruchsfreiheit von großer Bedeutung. Messreihen von Wetterdaten müssen aufgearbeitet, das heißt homogenisiert werden, um Fehlfunktionen von Messgeräten, die zu Lücken oder Trends in den Zeitreihen führen, erkennen und ausgleichen zu können. Auch Eingriffe in der unmittelbaren Umgebung der Wetterstation oder Standortswechsel können durch ein geändertes Mikroklima zu unerwünschten Effekten auf die Messungen führen. Gelingt es, die Klimadaten innerhalb der einzelnen Zeitreihen zu homogenisieren, sind die Daten eine gute Basis zur Beurteilung des Witterungsverlaufs an Waldstandorten, da (anders als bei den oft in der Nähe von Siedlungen betriebenen Messstationen des Deutschen Wetterdiensts) die Messwerte aus dem Level-II-Programm den Witterungsverlauf in unmittelbarer Nähe zum Wald erfassen (Abb. 1). Die Zeitreihen im Level-II-Programm wurden bereits von den Betreibern der Untersuchungsflächen, den forstlichen Versuchsanstalten der Länder, in unterschiedlicher Intensität (je nach Möglichkeiten der Finanzierung) aufgearbeitet. Die eingesetzten Verfahren reichten von einfachen Ausreißerkontrollen anhand festgesetzter Grenzwerte bis hin zu komplexeren Plausibilitätskontrollen anhand des Abgleichs mit Zeitreihen benachbarter Wetterstationen. Unser Ziel war es, den Gesamtdatensatz mit einem einheitlichen Verfahren zu homogenisieren, um diesen interessierten Nutzern auswertungsbereit zur Verfügung stellen zu können.<sup>1)</sup>

## Die Datensätze

Die Daten auf den Flächen des Intensiven Waldmonitorings (Level II) werden nach dem europaweit harmonisierten Hand-

<sup>1)</sup> Die Arbeiten wurden im Rahmen des LIFE+-Projekts FutMon von der EU co-finanziert. Wir danken dem Deutschen Wetterdienst und dem PIK Potsdam für die Überlassung der Daten aus dem deutschen Grundnetz.

Dr. D. Ziche ist am Institut für Waldökologie und Waldinventuren des Johann Heinrich von Thünen-Instituts als Wissenschaftlicher Mitarbeiter angestellt. Neben seiner Mitarbeit im Intensiven Waldmonitoring ist er mit Fragen der Kohlenstoffspeicherung in Waldböden befasst. Dr. W. Seidling koordiniert am gleichen Institut den Bereich des Intensiven Waldmonitorings (Level II).



Daniel Ziche  
daniel.ziche@vti.bund.de

**Tab. 1: Statistischer Zusammenhang (Bestimmtheitsmaß  $R^2$ ) und prozentualer mittlerer absoluter Fehler (PMAE) zwischen den vom Messnetz des DWD abgeleiteten Referenzdatensätzen und den Original- bzw. den homogenisierten Datensätzen aus dem Level-II-Messprogramm**

Variable	Original Level-II-Datensätze		Homogenisierte Datensätze	
	$R^2$	PMAE	$R^2$	PMAE
Mittlere Temperatur [°C]	0,98	12,0	0,99	10,3
Temperaturmaximum [°C]	0,98	8,5	0,99	7,8
Temperaturminimum [°C]	0,95	38,0	0,96	38,1
Niederschlag [mm]	0,54	71,4	0,55	71,2
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	0,76	7,5	0,85	6,9
Globalstrahlung [ $W/m^2$ ]	0,88	21,7	0,93	16,5
Windgeschwindigkeit [m/s]	0,48	80,0	0,55	51,0

**Tab. 2: Differenzen zwischen den vom Messnetz des DWD abgeleiteten Referenzdatensätzen und den homogenisierten Datensätzen aus dem Level-II-Messprogramm.**

Variable	modelliert {a}	homogenisiert {b}	Differenz [%] {b von a}
Mittlere Temperatur [°C]	8,4	8,0	-4,8
Temperaturmaximum [°C]	12,4	12,2	-2,2
Temperaturminimum [°C]	4,5	4,0	-14,4
Niederschlag [mm]	2,8	2,5	-8,0
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	79,6	80,3	1,0
Globalstrahlung [ $W/m^2$ ]	117	113	-4,3
Windgeschwindigkeit [m/s]	2,7	2,1	-30,9

buch des ICP Forests [3] von den Forstlichen Versuchsanstalten der Bundesländer erhoben und an das nationale bzw. seit 2009 direkt an das internationale Koordinationszentrum unter Einhaltung formaler bzw. an Grenzwerten ausgerichteter Kriterien [4] übermittelt. Diese Daten stehen für Auswertungen interessierten Wissenschaftlern auf Nachfrage beim BMELF (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) in seiner Funktion als nationales Zentrum des „ICP Forests“ zu Verfügung.

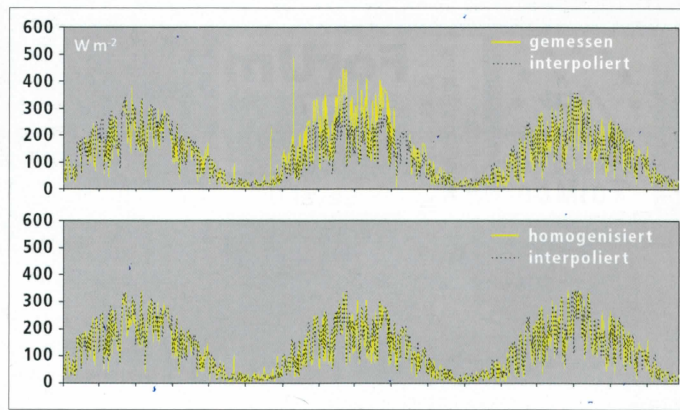
Für die Homogenisierung wurden folgende Parameter als tagesbezogene Mittel bzw. Summen aufbereitet:

- minimale, mittlere und maximale Lufttemperatur,
- Gesamtniederschlag,
- relative Luftfeuchte und
- Globalstrahlung,
- Windgeschwindigkeit.

Als Referenzwerte wurden die vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) homogenisierten Zeitreihen des Deutschen Wetterdiensts (DWD) verwendet [5]. Weitere Parameter, die im Rahmen des meteorologischen Messprogramms des Intensiven Waldmonitorings erhoben werden, wie Windrichtung oder Wasserhaushaltsgrößen des Bodens, wurden nicht berücksichtigt.

## Das Verfahren

Für 73 Level-II-Flächen, auf denen mit automatischen Wetterstationen meteorologische Messungen durchgeführt werden, wurden mithilfe homogenisierter Tageswerte aus dem DWD-Netz alle angeführten Parameter tageweise für den Zeitraum von 1996 bis 2006 mit einem KRIGGING-Verfahren interpoliert. Dabei konnte bei der Temperatur, der relativen Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit deutschlandweit auf Daten von 417 Stationen, bei Gesamtstrahlung auf 112 und beim Niederschlag auf 2 344 Stationen zurückgegriffen werden. Bei der Interpolation wurden geografische und höhenbedingte Trends herausgerechnet und die Modellwerte kreuzvalidiert. Mit diesen Modellwerten wurden die gemessenen Datenreihen aus dem Monitoring verglichen und auf Inhomogenitäten geprüft, sprich Perioden innerhalb einer Level-II-Messreihe ermittelt, die von den übrigen Teilen der Zeitreihe abweichen (Abb. 2). Als Prüfverfahren wurde der für die Klimatologie entwickelte „Standard Normal Homogeneity Test“ (SNHT)



**Abb. 2: Beispiel für die Homogenisierung einer Strahlungszeitreihe: Beim Vergleich der Messreihe mit den interpolierten Daten (obere Abbildung) treten Abweichungen im mittleren Jahr deutlich zu tage. Diese sind nach der Homogenisierung (untere Abbildung) verschwunden.**

[6] genutzt. Als Eingangsgröße gehen dabei die Quotienten oder Differenzen aus beiden Zeitreihen ein. Im Anschluss an das Prüfverfahren wurden die verschiedenen voneinander abweichenden Abschnitte einer Zeitreihe an ein einheitliches Niveau angepasst. Abschließend wurde auf einzelne Ausreißer getestet.

Als statistischer Prüfparameter für die Güte der homogenisierten Level-II-Messreihen wurde das Bestimmtheitsmaß mit der jeweiligen Referenzreihe sowie der mittlere absolute Fehler, dessen Prozentwert sowie die mittlere Differenz ermittelt. Im Detail ist das Verfahren bei Ziche & Seidling [7] dargestellt (vgl. auch Abb. 2).

## Homogenisierte Datensätze für die Waldklimastationen

Die Ergebnisse zeigen, dass die homogenisierten Datensätze fast immer eine engere Korrelation zum modellierten Referenzdatensatz aufwiesen als die ursprünglichen, durch einzelne Ausreißer und phasenweisen systematischen Abweichungen charakterisierten Messwerte. Dabei wurde für die Windstärke und dem Niederschlag mit einem  $R^2$  von 0,55 zwischen homogenisierten Messdaten und Referenzdaten der schlechteste Zusammenhang gefunden, für die Tagesmittel und die Tagesmaxima der Temperatur mit  $R^2$  von 0,99 der beste (Tab. 1).

Durch die Homogenisierung konnte die Datenqualität bei der mittleren und maximalen Temperatur, bei der relativen Luftfeuchte und der Globalstrahlung deutlich verbessert werden, was durch eine Verringerung des mittleren absoluten Fehlers angezeigt wird (Tab. 1). Der schlechte statistische Zusammenhang bei den Niederschlagsdaten konnte (anders als z.B. bei der Windgeschwindigkeit) durch Homogenisierung kaum verbessert werden, obwohl die Stationsdichte des DWD hier mit einer pro 160  $km^2$  deutlich höher als bei den anderen Parametern lag (eine pro 860  $km^2$ , bei Globalstrahlung sogar nur eine pro 3 200  $km^2$ ). Dies hängt mit der hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität von Niederschlagsereignissen zusammen, die einer genaueren Modellierung im Wege steht und ein wesentliches Argument für Messungen direkt an die Level-II-Flächen darstellt. Auffällig ist auch die geringe Verbesserung der Temperaturminima. Anders als die Durchschnitts- und Maximalwerte weichen diese wahrscheinlich aufgrund lokaler Effekte wie Kaltluftabfluss in Senken sowie Wärmezehnung am Taupunkt deutlicher vom modellierten Wert ab. Bei den Temperaturen traten außerdem deutliche saisonale Effekte auf, mit geringeren Unterschieden bei den Minima im Winter bzw. bei den Maxima im Sommer.

Die im Level-II-Programm gemessenen Klimavariablen ebenso wie die daraus errechneten homogenisierten Werte wichen zum Teil systematisch von den modellierten Werten ab.

- Am stärksten war dieser Effekt bei den täglichen **Temperaturminima**: Die homogenisierten Minima waren 0,6 °C (14,4 %) niedriger als die modellierten Werte (Tab. 2). Bei den Tempera-

turen zeigt sich damit deutlich, dass die im Rahmen des Level-II-Programms gemessenen Temperaturen kleiner als die für die gleichen Flächen modellierten Werte sind. Der Schluss liegt nahe, dass sich hierin der Einfluss des Waldes widerspiegelt, der unter anderem zu einer Temperaturerniedrigung in seiner unmittelbaren Umgebung beizutragen scheint.

- Die leichte Erhöhung der **Luftfeuchte** passt ganz gut zu dieser allgemeinen Temperaturabsenkung in Waldnähe, fällt aber insgesamt gering aus.
- Deutlicher sind die Unterschiede bei der **Globalstrahlung**, wo ein Unterschied von 4,3 % ermittelt wurde.
- Die größte Differenz gegenüber den modellierten Werten ergibt sich mit 31 % bei der **Windgeschwindigkeit**. Diese hohe Differenz hat möglicherweise mit lokalen Abschattungseffekten bei der Messung der Windgeschwindigkeit auf Waldlichtungen oder geschützten Waldrandssituationen zu tun.
- Auch beim **Niederschlag** ergibt sich eine leichte Erniedrigung bei den gemessenen gegenüber den modellierten Werten, allerdings liegt der Grund hierfür we-

niger auf der Hand. Hier wäre der nächste Schritt eine Untersuchung dieser Zusammenhänge und deren Berücksichtigung bei komplexeren Modellierungen.

Für sieben Flächen liegen Messungen über dem Kronendach vor. Diese könnten für eine weitere, mehr ins Detail gehende Betrachtung der Windverhältnisse über und in Waldnähe genutzt werden.

## Ausblick

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass sich das systematische Beobachtungsnetz des DWD zur Homogenisierung von Messwerten aus der unmittelbaren Umgebung von Wäldern eignet. Allerdings lassen sich verschiedene Komponenten der Witterung unterschiedlich gut modellieren. So schlagen sich lokale Unterschiede beim Niederschlag oder der Windgeschwindigkeit mit großen prozentualen mittleren Fehlern von über 50 % nieder. Anders die systematischen Differenzen zwischen beiden Messreihen: Sie weisen einerseits auf systematische Unterschiede bei der Messung oder der Datenaufbereitung hin. Andererseits können sich hier land-

schaftsbedingte Unterschiede auswirken: So liegen die Temperaturminima, aber auch die Tagesmittel und erst recht die Windgeschwindigkeit in Waldnähe deutlich niedriger als die auf Grundlage von Messungen in besiedelten Landschaftsausschnitten ermittelten Modellwerte.

## Literaturhinweise:

[1] SEIDLING, W.; LUX, W.; KÜRBIS, H. (2002): Das Level-II-Programm – Brücke zwischen Ökosystemforschung und Monitoring im Wald. Beitr. Forstwirtschaft. u. Landschaftsökol. 36: 103-107. [2] SEIDLING, W.; LUX, W.; STRICH, S.; BOLTE, A., 2007: Forstliches Umweltmonitoring in Deutschland unter Forest-Focus. AFZ-DerWald 62 (11): 577-579. [3] ICP FORESTS, 2010 (und frühere Versionen): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre, Hamburg [http://www.icp-forests.org/Manual.htm]. [4] DURRANT HOUSTON, T.; HIEDERER, R., 2009: Applying quality assurance procedures to environmental data: a case study. J. Environ. Monit. 11: 774-781. [5] ÖSTERLE, H.; WERNER P. C.; GERSTENGARBE W. (2006). Qualitätsprüfung, Ergänzung und Homogenisierung der täglichen Datenreihen in Deutschland, 1951-2003: ein neuer Datensatz. 7. Deutsche Klimatagung. Klimatrends: Vergangenheit und Zukunft. [http://www.meteo.physik.uni-muenchen.de/dkt/poster.html]. [6] ALEXANDERSSON, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. J. Climatol. 6: 661-675. [7] ZICHE, D.; SEIDLING, W., 2010: Homogenisation of climate time series from ICP Forests Level II monitoring sites in Germany based on interpolated climate data. Ann. For. Sci. 67: 804, 6 p. (DOI: 10.105/forest/2010051).

**i** Die Bereitstellung der homogenisierten Witterungsdaten von den Level-II-Flächen für weiterführende Studien, zum Beispiel zur Bilanzierung des Wasserhaushalts, ist in Vorbereitung (siehe: <http://www.level2.blumwald.de/>).

# Cyperkill® Forst

Synthetisches Pyrethroid (100 g/L Cypermethrin, EW)

- **Bestes Preis-Leistungsverhältnis in den Anwendungen vor dem Ausflug der Käfer und nach Befallsbeginn gegen den Borkenkäfer!**
- **Als einziges Insektizid mit 2maliger Anwendung gegen den Großen Braunen Rüsselkäfer zugelassen!!!**
- **Intensive Sofortwirkung und zuverlässige Dauerwirkung (bis zu 3 Monate)!**
- **Wirkung ist weitgehend temperaturunabhängig!**
- **Ausgeprägte Fraß- und Kontaktwirkung!**
- **Lösungsmittelfreie, wasserbasierte EW-Formulierung**



**Neues Forstinsektizid gegen den Großen Braunen Rüsselkäfer und rinden- und holzbrütende Borkenkäfer\***

## Plantan GmbH

Kirchenstraße 5 · 21244 Buchholz  
An den Worthen 25 a · 39171 Altenweddingen  
Weitere Infos im Internet: [www.plantan.de](http://www.plantan.de)

\* Vollständige Anwendungshinweise und -bestimmungen entnehmen Sie bitte dem Etikett von Cyperkill® Forst.

© = eingetragenes Warenzeichen der AGRIPHAR S.A.