©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

LUDWIG BECK

Bestandes- und Bodenklima eines Buchenwaldes im nördlichen Schwarzwaldvorland

Temperatur und Niederschlag sind die beiden wichtigsten Klimafaktoren innerhalb eines geschlossenen Waldbestandes. Sie prägen insbesondere das Klima der bodennahen Luftschichten und des Bodens selbst. Im Rahmen bodenbiologischer Untersuchungen in einem Moderbuchenwald im Stadtwald Ettlingen wurden deshalb diese beiden Faktoren in verschiedenen Strata über einen Zeitraum von 8 Jahren gemessen.

1982 wurde eine Übersicht über die Meßergebnisse der ersten 3 Jahre 1979–1981 veröffentlicht (BECK & MITTMANN 1982). Das Grundmuster des Bestandesklimas ist in diesen 3 Jahren bereits klar erkennbar geworden, wesentliche Änderungen der grundsätzlichen Aussagen sind nicht notwendig. Die nunmehr 8jährige Meßperiode ergibt allerdings eine größere Sicherheit in der Beurteilung des Schwankungsbereichs verschiedener Klimafaktoren und des Bestandes- und Bodenklimas.

Außerdem erlauben die Messungen einen Vergleich des Wetterverlaufs mit zahlreichen bodenbiologischen Untersuchungen, die im gleichen Zeitraum und an demselben Standort durchgeführt wurden. Ein Teil dieser Ergebnisse ist als Folge 1–11 unter dem Obertitel „Zur Biologie eines Buchenwaldbodens" in dieser Zeitschrift veröffentlicht.

Die Meßstelle liegt in einem hallenartigen Altbuchenbestand in 318 m ü. NN. am NO-Hang des Beierbachtales. Die Methoden entsprechen mit einer Ausnahme den in BECK & MITTMANN (1982) dargestellten. Lediglich die Bodentemperaturen werden seit Ende 1982 nicht mehr mit Minimum- und Maximumthermometern bei wöchentlicher Ablesung gemessen, sondern mit Quecksilber-Fernthermometern und kontinuierlich auf Schreibtrommeln registriert. Die Schreiberblätter wurden über ein Grafiktablett mit einem PC ausgewertet. Für diese Auswertung danke ich Herrn J. KOGLIN; für die Computergrafik, die der Abbildung 4 zugrunde liegt, danke ich Herrn Dr. H.-W. MITTMANN. Die Klimadaten aus Karlsruhe wurden freundlicherweise vom Wetteramt Karlsruhe zur Verfügung gestellt, wofür ebenfalls gedankt sei.

Temperatur

Im Bestand der Versuchsfläche betrug die mittlere Jahrestemperatur der Luft in 0,5 m über dem Boden 8,5° C und lag damit 1,65° C unter der Temperatur der Wetterstation in Karlsruhe, die für den 8jährigen Zeitraum ein Mittel von 10,15° C angibt, gemessen in 2 m über dem Boden.

Die Abweichungen der Lufttemperatur im Bestand von den Temperaturen in der vorgelagerten Rheinebene, gemessen in der Wetterstation Karlsruhe in 115 m ü. NN., zeigen einen charakteristischen Jahresgang. Im Spätherbst liegen die Temperaturen im Bestand um durchschnittlich 1,05° C tiefer; die negative Abweichung nimmt dann in unsteten Sprüngen im Winter und Frühjahr zu und erreicht im Sommer mit 2,3° C ihr Maximum. Dies dürfte eine Folge der größeren Jahresamplitude des trockeneren Rheintalklimas sein; darüber hinaus dürfte sich das Stadtklima mit einer stärkeren Erwärmung im Sommer bemerkbar machen. Umgekehrt ist die dämpfende Wirkung des Waldklimas auf die Temperaturextreme im sommerlich belaubten Bestand besonders ausgeprägt (vgl. BECK & MITTMANN 1982, Abb. 4).

Zu erklären bleibt die bereits in der früheren Arbeit festgestellte Abweichung des Bestandesklimas von der von SCHLENKER & MÜLLER (1978) für die Höhenstufe von 320 m angegebenen mittleren Temperatur von 9,0–9,1° C. Das 8jährige Mittel unserer Versuchsfläche liegt mit 8,5° C um 0,5–0,6° C niedriger und dürfte Ausdruck der Nordosthanglage sein. Den Daten von TRENKLE & VON RUDLOFF (1980, Abb. 1) nach entspricht diese Temperatur einer Höhe von 440 ü. NN.

Der Jahresgang der Lufttemperatur im Bestand weicht nicht sonderlich von demjenigen auf der benachbarten Freifläche oder in der Rheinebene ab. In 7 von 8 Jahren war der Januar der kälteste Monat; seine durchschnittliche Temperatur betrug −1,04° C. Nicht so eindeutig läßt sich der wärmste Monat bestimmen: In 5 von 8 Jahren war es der Juli, der im Mittel 17,49° C erreichte, in 3 Jahren der August, der mit 16,95° C aber durchschnittlich etwas kälter war.

Der Jahresgang der Bodentemperaturen wurde auf der Datenbasis der Jahre 1979–1981 bereits dargestellt (BECK & MITTMANN 1982, Abb. 7 und 8). Mangels kontinuierlich registrierender Geräte wurden die Messungen mit Minimum- und Maximum-Bodenthermometern durchgeführt, die einmal wöchentlich abgelesen wurden. Als mittlere Wochentemperatur wurde dann das arithmetische Mittel zwischen Minimum und Maximum genommen. Das Monatsmittel setzte sich demnach aus durchschnittlich 4 Werten zusammen.

Seit Ende 1982 werden auch die Bodentemperaturen kontinuierlich registriert und parallele Messungen mit beiden Verfahren ergaben eine gute Übereinstimmung der wöchentlichen und monatlichen Mittelwerte. Völlig geändert hat sich jedoch das Bild der durchschnittlichen Schwankungen oder Amplituden. Bei wöchentlicher Ablesung der Minimum- und Maximumthermometer wird jeweils die wöchentliche Extremtemperatur registriert, also die kälteste und wärmste Temperatur je eines Tages; die 6 anderen Tagesminima einer Woche, die logischerweise höher liegen müssen, und die 6 anderen Tagesmaxima, die alle unter dem abgelesenen Extremwert liegen müssen, werden nicht berücksichtigt.

Diese Tatsache wurde bei der Darstellung in BECK & MITTMANN (1982, S. 69 f., Abb. 6 und 7) nicht berücksichtigt. Auf diese Weise wurde der mittleren jährlichen Tagesamplitude der Lufttemperatur von 5,2° C, hervorgegangen aus kontinuierlicher Registrierung, eine mittlere jährliche Wochenamplitude der Bodentemperaturen ge-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

genübergestellt, die notwendigerweise viel höher liegt als die entsprechende Tagesamplitude.
Für die durchschnittlichen Temperaturamplituden, die aus den kontinuierlichen Messungen von 1982–1985 ermittelt wurden, ergeben sich folgende Werte:

	Tag	Woche	Monat	Jahr
Lufttemperatur	5,3°C	11,8°C	18,2°C	40,3°C
Bodenoberfläche	3,5°C	8,2°C	13,6°C	32,6°C
2 cm Tiefe	1,4°C	4,2°C	8,0°C	22,4°C
5 cm Tiefe	0,9°C	3,1°C	6,5°C	20,8°C
10 cm Tiefe	0,7°C	2,6°C	5,6°C	19,3°C

Diese Werte stellen die Differenz zwischen dem täglichen Maximum und Minimum bzw. zwischen den wöchentlichen, monatlichen und jährlichen Extremwerten dar, die sich im Durchschnitt der Meßperiode ergaben. Neben den entsprechenden Temperaturmitteln sind sie insofern ein wichtiger Umweltparamet für die Bodenorganismen, als sie die Temperaturspanne angeben, mit denen sich jene innerhalb eines Tages, einer Woche, eines Monats oder eines Jahres normalerweise auseinandersetzen müssen.
Dabei zeigen die Tages-, Wochen- und Monatsamplituden einen ausgesprochenen Jahresgang, der an der Bodenoberfläche am stärksten ausgeprägt ist und mit zunehmender Tiefe naturgemäß abnimmt. Als Beispiel ist der Jahresgang der durchschnittlichen Wochenamplitude dargestellt (Abb. 1). Die großen Unterschiede der im Mittel gegenüber der Lufttemperatur deutlich geringeren Amplituden an der Bodenoberfläche sind vor allem auf die sehr geringen Temperaturschwankungen am Boden im Winter zurückzuführen. Während der Niederschlagsperioden sind die Temperaturextreme zu dieser Jahreszeit sowieso gedämpft und bei strahlungsintensiven Wetterlagen mildert häufig eine Schneedecke die Temperaturschwankungen ab. Dies wird auch bei den absoluten Extremwerten deutlich, die weiter unten aufgeführt sind.

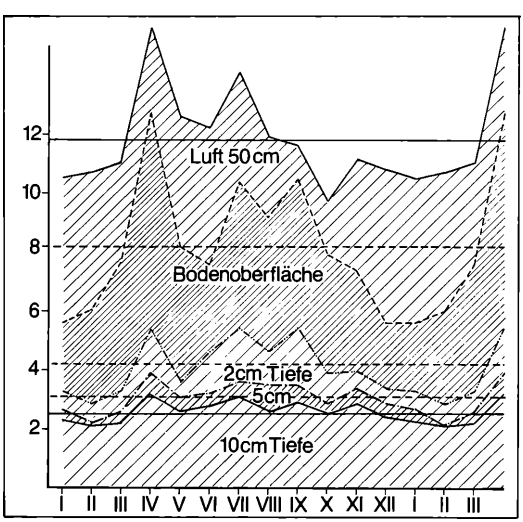

Abbildung 1. Jahresgang und Mittelwert der Amplituden zwischen den extremen monatlichen Minima und Maxima der Temperaturen in den verschiedenen Strata des Buchenbestandes im Stadtwald Ettlingen. Mittelwerte der 8jährigen Meßperiode 1979–1986. Alle Zeichnungen: F. WEICK.

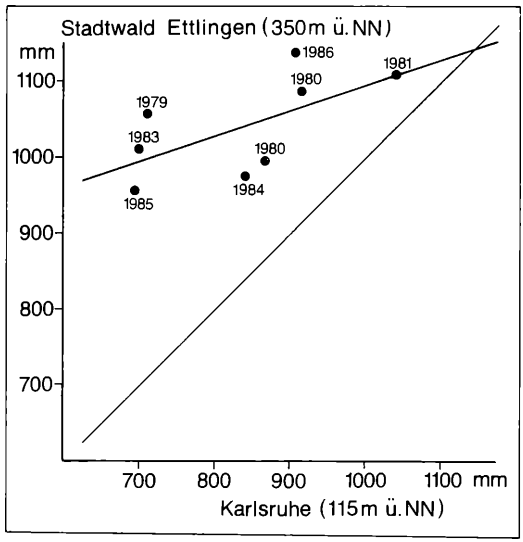

Abbildung 2. Jahressummen der Niederschlagsmengen in den Jahren 1979–1986 im Untersuchungsgebiet Schluttenbach des Stadtwaldes Ettlingen in Beziehung zu den Werten an der Wetterstation Karlsruhe. Die Regressionsgerade folgt der Gleichung y = 763,2 + 0,33x mit einem Korrelationskoeffizienten r = 0,62.

Niederschlag

Die durchschnittliche Jahressumme der Niederschläge während der 8jährigen Meßperiode von 1979–1986 betrug im Untersuchungsgebiet 1042 mm und lag damit um 25 % über der durchschnittlichen Niederschlagsmenge von Karlsruhe mit 834 mm. Die Schwankungsbreite der Jahressumme ist dabei im Untersuchungsgebiet mit einem Unterschied von 187 mm zwischen dem nassesten Jahr (1986) und dem trockensten (1985) wesentlich geringer als in Karlsruhe, wo zwischen dem nassesten (1981) und dem trockensten Jahr (1985) ein Unterschied von 346 mm liegt.
Dies hat zur Folge, daß mit abnehmender Niederschlagsmenge die Differenz zwischen den Mengen im Untersuchungsgebiet und in der vorgelagerten Rheinebene größer wird, d. h., die Niederschläge nehmen in trockenen Jahren im Schwarzwaldvorland bei weitem nicht in dem Maße ab wie in der Rheinebene (Abb. 2): Bei dem höchsten registrierten Jahresniederschlag in Karlsruhe von 1017 mm ist die Regenmenge im Untersuchungsgebiet nur um 9 % höher – der Meßpunkt liegt fast auf der 45°-Linie der Gleichverteilung in Abbildung 3 –, bei Niederschlägen um 700 mm dagegen um rund

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

42 %. In nassen Jahren fallen bereits in der Rheinebene größere Regenmengen, die sich nur noch wenig steigern lassen am Schwarzwaldrand, während sich umgekehrt in trockeneren Jahren wahrscheinlich die Steigungsregen am Schwarzwaldrand stärker bemerkbar machen, ein Phänomen, das für das Bestandesklima von erheblicher Bedeutung sein dürfte.

Die Niederschläge im nördlichen Schwarzwald, wie sie den Angaben von TRENKLE & VON RUDLOFF (1980) zu entnehmen sind, zeigen mit r = 0,92 eine gute Korrelation mit der Höhenlage. Im Vergleich mit diesen Werten fallen die Niederschläge im Schluttenbacher Untersuchungsgebiet um etwa 60 mm spärlicher, was einer Höhenlage von 265 m ü. NN. entspräche.

Die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge unterliegt erheblichen Schwankungen, die in den weiter unten aufgeführten Extremwerten zum Ausdruck kommen. Dennoch läßt sich ein gewisser Jahresgang der monatlichen Niederschläge erkennen (Abb. 3). Er ist gekennzeichnet durch einen nassen Frühling und Frühsommer mit überdurchschnittlichen Regenmengen von April–Juli, der eine kurze spätsommerliche Trockenzeit von August–September folgt. Sie wird von sehr unregelmäßigen, meist aber überdurchschnittlich ergiebigen Regenmengen abgelöst, die bei sinkenden Temperaturen und damit geringerem Sättigungsdefizit einen feuchten Spätherbst und Frühwinter bescheren. Der Hochwinter im Januar/Februar ist dagegen bis in den März hinein eher trocken, so daß große Schneemengen im Untersuchungsgebiet eher ungewöhnlich sind.

Von den Niederschlägen im Untersuchungsgebiet werden durchschnittlich 31 % zunächst im Kronenraum

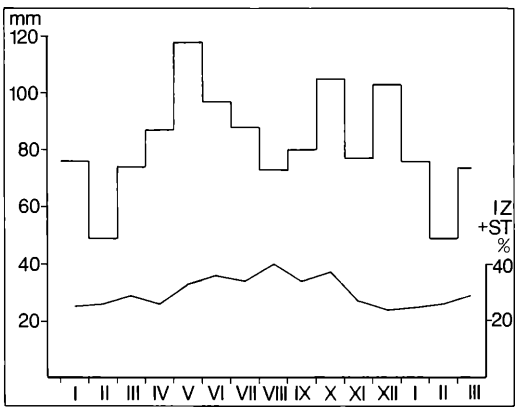

Abbildung 3. Jahresgang der Monatssummen der Niederschläge auf einer Freifläche des Untersuchungsgebietes im Stadtwald Ettlingen in 350 m ü. NN. Die eingezeichnete Kurve gibt den Anteil der zunächst im Kronenraum abgefangenen Regenmenge wieder, der sich aus Interzeption und Stammablauf zusammensetzt; die Aussparungen in der Rasterfläche kennzeichnen die Sommer- und Winterperiode unterschiedlicher Interzeptions- (und Stammablauf-)werte. Mittelwerte der 8jährigen Meßperiode.

festgehalten und entweder als Interzeption wieder an die Atmosphäre zurückgegeben oder als Stammablauf zum Stammfuß am Boden abgeleitet. Wenngleich die Interzeption bei genauer zeitlicher „Auflösung" der Regendaten etwa in tägliche Niederschlagsmengen durchaus mit diesen negativ korreliert ist, so werden solche Beziehungen in der zusammenfassenden Darstellung durchschnittlicher monatlicher Verhältnisse nicht mehr sichtbar (Abb. 3). Hier wird der Jahresgang von Interzeption und Stammablauf naturgemäß vom Belaubungsgrad des Bestandes bestimmt: Von Juni–Oktober werden durchschnittlich 36 % der Niederschläge zunächst im Kronenraum abgefangen, während es von November–April nur 26 % sind.

Wetterverlauf 1979–86

Die jährlichen Mittelwerte der Lufttemperatur und der Niederschläge waren folgende:

	Lufttemperatur	Niederschlag
1979	8,5°C	1057 mm
1980	8,0°C	997 mm
1981	8,7°C	1106 mm
1982	9,1°C	1080 mm
1983	9,2°C	1017 mm
1984	8,3°C	982 mm
1985	7,9°C	955 mm
1986	8,5°C	1142 mm
∅	8,53°C	1042 mm

Mit Hilfe dieser Jahreswerte läßt sich der Witterungsverlauf naturgemäß nur grob charakterisieren. Auf ein kalttrockenes Jahr 1980 folgten drei überdurchschnittlich warme Jahre mit ebenfalls überdurchschnittlichen oder zumindest nicht besonders niedrigen Niederschlägen. Diesen grob als warm-feucht zu kennzeichnenden und damit wachstumsfreundlichen oder günstigen Jahren folgten 1984–85 zwei Jahre mit unterdurchschnittlichen Temperaturen und Niederschlägen, die grob als kalttrocken und damit als ungünstig einzustufen wären.

Daß eine solche, auf Jahresmittelwerten beruhende, grobe Kennzeichnung der Witterung eines Jahres die Wirkung auf die Biozönose verschleiern kann, zeigt ein Blick auf den Wetterverlauf des Jahres 1983. Einem extrem nassen Spätfrühling mit normalen bis warmen Temperaturen folgte ein trocken-heißer Sommer, der bei zahlreichen Bodentierpopulationen zu erheblichen Abundanzeinbrüchen führte. Die direkten Auswirkungen auf die Wuchsleistung der Bäume können wir nicht beurteilen, doch relativiert zumindest die Auswirkung dieses Witterungsverlaufs auf die Bodenbiozönose die generelle Einstufung des Jahres 1983 als ein „günstiges" Jahr.

Wir haben deshalb den Wetterverlauf anhand der Abweichungen der mittleren Monatswerte der Lufttemperatur und Niederschläge vom jeweiligen 8jährigen Monatsmittel charakterisiert und dargestellt (Abb. 4). Nimmt man als Maßstab für eine außergewöhnliche Wetterperiode das gleichzeitige, gegenläufige Abwei-

©Staatl. Mus. f. Naturkde Karlsruhe & Naturwiss. Ver. Karlsruhe e.V.; download unter www.zobodat.at

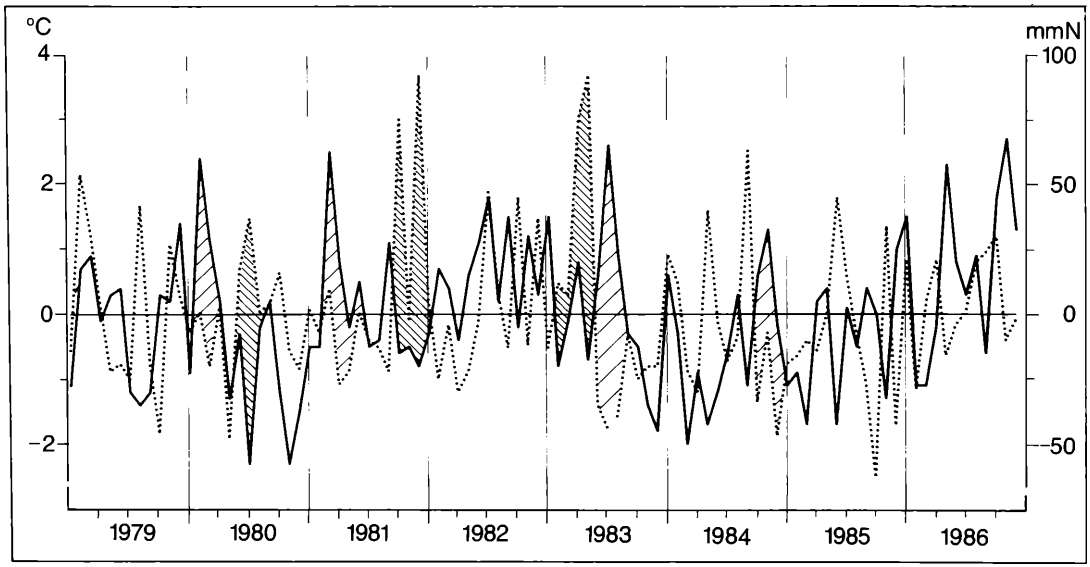

Abbildung 4. Abweichungen der mittleren monatlichen Bodentemperaturen in 2 cm Tiefe und der Bestandesniederschlagsmengen (= Kronentrauf) vom jeweiligen Monatsmittel im Untersuchungsgebiet im Stadtwald Ettlingen im Verlauf der Meßperiode 1979–1986. Durchgezogene Kurve: Temperatur; punktierte Kurve: Niederschlag; grob schraffiert: trocken-warme Perioden; fein schraffiert: naß-kalte Perioden.

chen von Temperatur – um wenigstens 1°C – und/oder Niederschlag – um wenigstens 25 mm – während wenigstens 2 Monaten, dann lassen sich etwa 4 warm-trockene und 3 naß-kalte Perioden identifizieren, die über alle Jahreszeiten verteilt sind: So begann das Jahr 1980 mit einem „warm-trockenen" Spätwinter und ging in einen naß-kalten Sommer über. 1981 begann mit einem relativ, wenn auch nicht extrem trockenen und warmen Frühjahr und endete mit einem naß-kalten Herbst und Frühwinter. 1982 ist allenfalls eine Tendenz zu einer trockenen und warmen ersten Jahreshälfte zu konstatieren, während die zweite Jahreshälfte überdurchschnittlich hohe Temperaturen und Niederschläge brachte. Kräftige Abweichungen von den Durchschnittswerten kennzeichnen dagegen das Klima des Jahres 1983. Extrem hohen Niederschlägen im April/Mai folgten drei ungewöhnlich trockene Sommermonate bei gleichzeitig überdurchschnittlich warmen Temperaturen, die im „Temperaturrekord" von 33,6°C im Bestand gipfelten. Das im Mittel eher kalt-trockene Jahr 1984 endete mit einem trocken-warmen, „goldenen" Herbst, der in eine lange Kälteperiode mit wenig Schnee überging, die bis in den März 1985 reichte.

Der absolut kälteste Monat war der Februar 1986 mit −5,5°C, der wärmste der Juli 1983 mit 21,6°C Lufttemperatur. Als absolute Extremwerte in den verschiedenen Strata, die ja die Spanne kennzeichnen, mit der sich die Organismen im Stadtwald Ettlingen auseinanderzusetzen haben, wurden folgende Temperaturen gemessen:

	Minimum	Maximum
Lufttemperatur	−15,5°C (Jan. '85)	33,6°C (Juli '83)
Bodenoberfläche	−11,1°C (Jan. '82)	31,9°C (Juli '80)
2 cm Tiefe	− 4,6°C (Jan. '79)	22,8°C (Aug. '82)
5 cm Tiefe	− 2,5°C (Feb. '85)	21,6°C (Aug. '82)
10 cm Tiefe	− 1,7°C (Feb. '84)	21,1°C (Aug. '82)

Als Extremwerte der monatlichen Niederschläge wurden im Mai 1983 der absolute Höchstwert mit 245 mm gemessen, der Tiefstwert im Februar 1986 mit 15 mm.

Literatur

BECK, L. MITTMANN, H.-W. (1982): Zur Biologie eines Buchenwaldbodens 2. Klima, Streuproduktion und Bodenstreu. – Carolinea, **40**: 59–90; Karlsruhe.

SCHLENKER, G. & MÜLLER, S. (1978): Erläuterungen zur Karte der Regionalen Gliederung von Baden-Württemberg III. Teil (Wuchsgebiet Schwarzwald). – Mitt. Ver. forstl. Standortskde Forstpfl.züchtg., **26**: 3–52; Stuttgart.

TRENKLE, H & VON RUDLOFF, H. (1980): Das Klima im Schwarzwald. – In: Der Schwarzwald: 59–95; Bühl/Baden.

Autor:
Prof. Dr. LUDWIG BECK, Landessammlungen für Naturkunde, Postfach 39 49, D-7500 Karlsruhe 1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carolinea - Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: 46

Autor(en)/Author(s): Beck Ludwig

Artikel/Article: Bestandes- und Bodenklima eines Buchenwaldes im nördlichen Schwarzwaldvorland 141-144