

# Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung

Begründet von Prof. Dr. Gerhard Schlenker

Herausgegeben unter Mitwirkung von:

Dr. Eberhard Aldinger, Freiburg; Prof. Dr. Burton V. Barnes, Ann Arbor (Michigan, USA); Dr. Winfried Bücking, Freiburg; Ltd. Forstdirektor a.D. Dr. Fritz-Helmut Evers, Stuttgart; Prof. Dr. Karl Kreutzer, München; Dr. Hans-Gerd Michiels, Freiburg; Prof. Dr. Hans-Ulrich Moosmayer, Freiburg; Prof. Dr. Jari Parviainen, Joensuu (Finnland); Prof. Dr. Karl-Eugen Rehfuess, München; Prof. Dr. Albert Reif, Freiburg; Prof. Dr. Hans G. Schabel, Stevens Point (Wisconsin, USA).

Schriftleitung:

Dr. Winfried Bücking, Dr. Eberhard Aldinger, Wonnhaldestraße 4, 79100 Freiburg  
info@vfs-freiburg.de  
www.vfs-freiburg.de

Nr. 43

August 2005

## Waldökologische Naturräume Deutschlands

– Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke –  
mit Karte 1:1.000.000

Herausgegeben von Jürgen Gauer und Eberhard Aldinger

unter Mitarbeit von

Eberhard Aldinger, Norbert Asche, Cihan-Tarih Aydin, Andreas Baumgart, Karl Burse, Markus Erhard, Ute Fenkner-Gies, Erich Fritz, Jürgen Gauer, Thomas Gauger, Martin Grüll, Richard Hocke, Marieanna Holzhausen, Wolfgang Katzschnier, Christian Kölling, Eilhard Lemke, Hans-Gerd Michiels, Gerhard Milbert, Peter A. Schmidt, Wolfgang Schmidt, Volker Stüber, Thomas Ullrich, Martin Wiebel, Barbara Wolff

## Inhaltsverzeichnis

		Seite
W. Bücking, E. Aldinger, M. Krug	Vorwort des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung .....	11
K. Brosinger, J. Gauer	Vorwort der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung .....	11
	A Waldökologische Raumgliederung Deutschlands .....	13
J. Gauer	A.1 Bedeutung, Einheiten und Methodik der waldökologischen Raumgliederung .....	13
G. Milbert	A.2 Geomorphologie, Geologie und Böden im Überblick .....	18
	A.2.1 Geologisch-geomorphische Großlandschaften .....	18
	A.2.2 Geologischer Bau .....	19
	A.2.2.1 Erdaltertum (Präkambrium bis Perm) .....	19
	A.2.2.2 Landschaften des Erdmittelalters (Trias-, Jura- und Kreidezeit) ..	21
	A.2.2.3 Landschaften der Erdneuzeit (Tertär und Quartär) .....	22
M. Erhard, B. Wolff	A.3 Klima .....	25
	A.3.1 Einleitung .....	25
	A.3.2 Die klimatischen Bedingungen in Deutschland .....	25
	A.3.3 Klimaänderung .....	29
B. Wolff, Th. Gauger	A.4 Stoffeinträge aus Luftverunreinigungen als Standortsfaktor .....	30
	A.4.1 Einleitung .....	30
	A.4.2 Deponierte Stoffe .....	30
	A.4.3 Räumlich-zeitliche Muster der Deposition .....	31
	A.4.4 Konsequenzen aus Stoffeinträgen für die Standortskartierung ....	31
H.-G. Michiels, P.A. Schmidt	A.5 Flora und Vegetation .....	34
	A.5.1 Die Charakterisierung von Naturräumen durch ihre Flora und Vegetation .....	34
	A.5.2 Die pflanzengeographischen Verhältnisse in Deutschland .....	34
	A.5.3 Die Gliederung der Waldvegetation Deutschlands nach Waldgesellschaften .....	38
	A.5.4 Natürliche Waldentwicklung und Einfluss des Menschen .....	49
U. Fenkner-Gies, J. Gauer	A.6 Wald- und Forstgeschichte .....	50
	B Beschreibung der waldökologischen Naturräume .....	51
	Autoren und Hinweise zu den Gebietsbeschreibungen .....	52
	B.1-82 Beschreibung * .....	53
	Zusammenfassung .....	314
	Summary** .....	314
	C Anhang .....	315
	C.1 Anteile der Bundesländer an den waldökologischen Naturräumen	315
	C.2 Literatur .....	316
	C.2.1 Schriften .....	316
C.2.2	Kartenwerke und Erläuterungen .....	323

\* Die Gliederungs- und die Kapitelübersicht der waldökologischen Naturräume folgt auf den Seiten 4–8

\*\* Translation by Prof. Dr. Burton V. Barnes

## Vorwort des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung

Die Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde wurden 1951 von Gerhard Schlenker begründet, um der damals in der waldbaulichen Praxis noch wenig berücksichtigten Standortskunde ein fachliches Sprachrohr zu bieten, das die wissenschaftlichen Grundlagen der Standortskartierung, ihrer Hilfsdisziplinen und ihr nahestehenden Wissenschaften einem größeren Kreis von Praktikern und Wissenschaftlern vermitteln sollte. Erst mit Heft 6 (1957) trat die Forstpflanzenzüchtung als weiteres Themenfeld der Mitteilungen auch im Namen des Vereins hinzu.

Es liegt in der Natur eines in Baden-Württemberg angesiedelten Vereins, dass der Themenkreis in seinem Schwerpunkt sich mit den lokalen Problemen der Standortskunde und -kartierung in Südwestdeutschland befasste. Dennoch war es von Anfang an das Bestreben der Schriftleitung, grundlegende und weit über Baden-Württemberg hinausgehende Themen aufzugreifen. Deshalb genießen die Mitteilungen weit über unser Bundesland hinaus Anerkennung und Beachtung. Viele Kontakte ergaben sich zu anderen alten und neuen Bundesländern, auch zu unseren Nachbarländern Österreich, Frankreich, Belgien, den Niederlanden, Slowenien. Elemente der Baden-württembergischen Standortskartierung fanden Eingang in kanadische, USamerikanische und australische Kartierungs-

verfahren. Prof. Dr. B.V. Barnes, Ann Arbor in Michigan, Mitherausgeber der Mitteilungen, betreut seit Jahrzehnten die englischen Übersetzungen, und betreut sie weiterhin.

In diese Tradition fügt sich das vorliegende Heft 43 besonders gut ein: Es beinhaltet die erste, das gesamte Deutschland umfassende Beschreibung der Wuchsgebiete und Wuchsbezirke nach forstlichen Standortskriterien, trotz im einzelnen unterschiedlicher Kartierungsverfahren in einer möglichst einheitlichen Form: Landschaft, Geologie, Klima, Vegetation, Waldgeschichte und -entwicklung. Die Grenzen der insgesamt 82 Wuchsgebiete mit 610 Wuchsbezirken enden nicht an den zufälligen politischen Ländergrenzen, sondern werden nach sachlichen Gesichtspunkten zu übergreifenden regionalen Einheiten hinausgeführt.

Die Schriftleitung und der Vorstand des Vereins haben daher die Anfrage des Arbeitskreises Standortskartierung in der Bundesländer Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung gerne positiv beschieden, die umfangliche Abhandlung „Waldökologische Naturräume Deutschlands“ in einem eigenen Mitteilungsheft zu publizieren. Wir hoffen auf eine große Resonanz der Leser aus der Mitgliedschaft des Vereins und der „Gastleser“ unserer Mitteilungen.

Winfried Bücking

Eberhard Aldinger

Matthias Krug

## Vorwort der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung

Im Jahr 1985 legte der Arbeitskreis „Standortskartierung“ der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung die erste Auflage der „Forstlichen Wuchsgebiete und Wuchsbezirke Deutschlands“ in Form zweier Karten (Karte der forstlich bedeutsamen Großlandschaften Mitteleuropas und Karte der forstlichen Wuchsgebiete und Wuchsbezirke der Bundesrepublik Deutschland) und des dazugehörigen Erläuterungsbandes vor.

Eine Neuauflage der waldökologischen Landschaftsgliederung Deutschlands wurde überfällig, da sich die erste Fassung von 1985 ausschließlich auf die alten Bundesländer bezog. Die Gliederung der ehemaligen DDR konnte nur nach groben Literaturangaben in der Karte dargestellt werden, eine Beschreibung fehlte völlig. Die Weiterentwicklung dieser Naturraumgliederung durch die neuen Bundesländer kann deshalb nun erstmalig im Zusammenhang mit der Gliederung der alten Bundesländer in Karte und Beschreibung dargestellt werden.

In der nun vorliegende Auflage wurden die 104 bisherigen Wuchsgebiete länderübergreifend zu 82 nur noch ausschließlich naturräumlich und waldökologisch definierten Wuchsgebieten zusammengefasst. Während dies bei den ostdeutschen Verfahren schon weitgehend realisiert war, dominierte in der ersten bundesdeutschen Auflage noch die länderspezifische Sicht. Dies führte häufig zu einer den Ländergrenzen folgenden Grenzziehung für Wuchsgebiete und Wuchsbezirke, ein Mangel, der nun behoben werden konnte.

Im Zusammenhang mit der Überarbeitung der Naturraumgliederung konnten außerdem wesentliche kartografische Restriktionen der Erstauflage behoben werden. In der Neu-

auflage besitzen alle Karten einen einheitlichen Kartenrahmen und eine maßstabsangepasste Topologie. Sie basieren sämtlich auf der Topographischen Übersichtskarte 1:200.000 (TÜK200), wobei die Darstellung auf den für bundesweite Zwecke üblichen Maßstab von 1:1 Million angepasst wurde. Gegenüber der Erstauflage ist die Karte sowohl analog als auch digital verfügbar und somit mit allen georeferenzierten Daten leicht zu verknüpfen. Alle Regionaleinheiten sind mit einem geographischen Namen gekennzeichnet sowie mit einer bundesweit einheitlichen Kodierung versehen.

Inhaltlich ist eine im Vergleich zur Erstauflage verbesserte Harmonisierung der Kriterien für die Abgrenzung der Naturräume hervorzuheben, obwohl noch immer einzelne regionalspezifische Unterschiede deutlich werden. Die verstärkt naturräumliche Orientierung machte insbesondere an den Landesgrenzen eine Neuzuweisung aber – in Verbindung mit neuen standorts- und vegetationskundlichen Erkenntnissen – auch häufiger eine komplett neue Definierung von Raumeinheiten erforderlich. Die für diesen Zweck inzwischen bundesweit einheitlich aufgebauten Informationen über die klimatischen, geologischen und bodenkundlichen Verhältnisse konnten zur Harmonisierung der Abgrenzungskriterien und bei der Ausscheidung der Regionaleinheiten entscheidend beitragen. So wurden z. B. die in der Erstauflage nach unterschiedlichen Methoden hergeleiteten klimatischen Kennzahlen durch auf einheitlicher Datenbasis für die Normalperiode 1961–1990 hergeleitete Werte ersetzt. Entsprechend der naturräumlichen Orientierung wurde eine länderübergreifende Neukodierung der Raumeinheiten vorgenommen.

Neu ist auch die Berücksichtigung atmosphärischer Luftverunreinigungen als standortsbeeinflussender Faktor. Anhand von Übersichtskarten kann nun abgeschätzt werden, in welchen Regionen das Eintragungsgeschehen eine bedeutsame Rolle spielt und in Verbindung mit weiteren Standortmerkmalen die ökologische Bedeutung bewertet werden.

Eine Überarbeitung der bundesweiten forstlichen Regionalgliederung an den Außengrenzen, d.h. zu den Nachbarstaaten hin, erfolgte nur ansatzweise, da nur eine spärliche Datengrundlage zur Verfügung stand.

Mit der vorliegenden Karte der „Waldökologischen Natur-

räume Deutschlands“ hat der Arbeitskreis Standortkartierung einen wesentlichen Schritt zum gegenseitigen Verständnis und zur Vereinheitlichung der Standortkartierungsverfahren getan. Karte und Erläuterungsband bieten die Möglichkeit, schnell einen treffenden Eindruck über die waldökologischen Verhältnisse in Deutschland zu erlangen.

Die in dieser Dichte einmalige ökologische Charakterisierung der Naturräume Deutschlands stellt gleichzeitig, weit über den forstlichen Bereich hinaus, wertvolle Informationen für alle in Natur- und Landschaft Arbeitenden und an ihr Interessierten zur Verfügung.

Klaus Brosinger  
Vorsitzender  
der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung

Dr. Jürgen Gauer  
Vorsitzender  
der Arbeitsgruppe Standortkartierung

# Waldökologische Naturräume Deutschlands

Herausgegeben von Jürgen Gauer und Eberhard Aldinger

unter Mitarbeit von

Eberhard Aldinger, Norbert Asche, Cihan-Tarih Aydin, Andreas Baumgart, Karl Burse, Martin Erhard, Ute Fenkner-Gies, Erich Fritz, Jürgen Gauer, Thomas Gauger, Martin Grüll, Richard Hocke, Marianna Holzhausen, Wolfgang Katschner, Christian Kölling, Eilhard Lemke, Hans-Gerd Michiels, Gerhard Milbert, Peter A. Schmidt, Wolfgang Schmidt, Volker Stüber, Thomas Ulrich, Martin Wiebel, Barbara Wolff

## A Waldökologische Raumgliederung Deutschlands

von Jürgen Gauer

### A.1: Bedeutung, Einheiten und Methodik der waldökologischen Raumgliederung

#### *Bedeutung*

Die waldökologische Raumgliederung ist ein wesentlicher Bestandteil der forstlichen Standortsgliederung (AKStok 2003).

Die Forstliche Standortskartierung liefert wichtige Grundlageninformationen für eine nachhaltige, standorts- und ökosystemgemäße, naturnahe multifunktionale Bewirtschaftung der Wälder (Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion), indem sie die ökologischen Wuchsbedingungen der Wälder erkundet.

Betrachtungsgegenstand ist der Standort als pflanzenökologischer Begriff, der die Gesamtheit der an einem Wuchsort auf Pflanzen einwirkenden Umweltbedingungen umfasst, hier speziell von Waldökosystemen.

Die kartierte Grundeinheit ist dabei der Standortstyp, der sich aus einer Zusammenschau der Standortsfaktorenkomplexe Klima, Lage und Boden, unter Berücksichtigung der jeweiligen Waldgeschichte, ergibt. Er fasst Einzelstandorte zusammen, die in ihren ökologischen Eigenschaften, ihren waldbaulichen Möglichkeiten und in ihrer Sensitivität nicht wesentlich voneinander abweichen und annähernd das gleiche Wuchs- und Konkurrenzverhalten von Baumarten erwarten lassen. Die dazu notwendige Inventur und Wichtung der einzelnen Faktoren und ihrer Merkmale zur Unterscheidung oder Zusammenfassung von Standorten erfolgt in Abhängigkeit von ihrer waldökologischen Relevanz und ihrer Erfassbarkeit im Gelände in einem kombinierten Verfahren aus vor allem bodenkundlicher, klimatischer und vegetationskundlicher Methodik (AKStok 2003). Die ausgewiesenen Standortstypen müssen Aussagen zum Wärmeangebot, zum Wasserhaushalt, zur Nährstoffversorgung, zur potenziellen natürlichen Waldgesellschaft und zum Ausgangssubstrat des Bodens beinhalten.

Die ganzheitliche Betrachtungsweise mit einer lokal optimierten Wichtung von Merkmalen für die Unterscheidung der komplexen Standortsfaktoren lässt ein praxisgerechtes, aber großräumig stringentes und ausreichend differenziertes Standorts-Klassifikationsschema nicht ohne weiteres zu. Ein Großteil der zu beurteilenden Faktoren wie Niederschlag, Wärme, Ausgangssubstrat und Relief sind aber raumabhängige Größen, deren Verteilungsmuster und Ausprägung für bestimmte Räume typisch sind und die sich deutlich von anderen Räumen unterscheiden. Solche Räume weisen dann meist ein

übersichtliches Muster an lokalen Standortstypen auf. Deshalb liegt es auf der Hand, der eigentlichen Standortskartierung eine waldökologisch definierte Naturraumgliederung vorzuschalten. Dazu bedient sich die forstliche Standortserkundung der hierarchischen Raumeinheiten Wuchsgebiet und Wuchsbezirk, bei Bedarf aggregiert zu räumlich getrennt liegenden Wuchsbezirksgruppen oder untergliedert in Teilwuchsbezirke und Höhenstufen. Hierbei existieren unterschiedliche, methodisch gleichrangige Verfahren, welche auf der Ebene der Länder Grundlage für v.a. waldbauliche Entscheidungen darstellen. Mit der vorliegenden Karte der „Waldökologischen Naturräume Deutschlands“ wurden diese länderspezifischen Verfahren für die bundesweite Darstellung in ein einheitliches, hierarchisches System von Wuchsbezirken, Wuchsgebieten und forstlich bedeutsamen Großräumen zusammengeführt.

Die Regionalgliederung der forstlichen Standortskartierung liefert aber nicht nur die notwendige Bezugsbasis für die regionale Beschreibung von Standorten und Waldökosystemen, sondern ist die Grundlage für weitere Fragestellungen. So sind die Raumeinheiten Basis für die Regionalisierung des Ertragspotentials von Wäldern. Durch die Beschreibung von einheitlichen, klar definierten Wuchsbedingungen für Bäume lassen sich auch Veränderungen der Wuchs- und Konkurrenzverhältnisse auf der Basis dieser Regionaleinheiten abschätzen und prognostizieren. Somit kann nicht nur die aktuelle Ertragsfähigkeit sondern auch die potenzielle Wuchsleistung von Baumarten oder die regionalspezifische Auswirkung und Risiken unterschiedlicher Managementstrategien abgeschätzt werden (z.B. regionale Wachstumsmodelle, Managementmodelle oder Ertragstafeln). Darüber hinaus bildet sie eine Plattform für die Übertragung von waldbaulichen Erfahrungen und Versuchsergebnissen in die Fläche sowie für die übergeordnete Planung von Maßnahmen. Auch die Herkunftsgebiete für forstliches Vermehrungsgut lehnen sich an die Wuchsgebiete/-bezirke an, wenn auch aus Gründen der Rechtssicherheit die Grenzen auf klare administrative Grenzen verschoben wurden.

Die forstliche Raumgliederung stellt überdies eine ökologisch fundierte Klassifizierung von Raumeinheiten dar, welche für die Auswertungen überregionaler forststatistischer Inventuren, wie der Bundeswaldinventur, des Forstlichen Umweltmonitorings bzw. der Bodenzustandserhebung im Wald, bisher fehlte. Inventurbefunde können auf diese Weise in Zukunft besser mit dem Erfahrungswissen der Standortskartierung verknüpft und abgeglichen werden. Dies ermöglicht auch für die Planung forstpolitischer Maßnahmen eine neue, verbesserte ökologische Grundlage.

## A.2 Geomorphologie, Geologie und Böden im Überblick\*

von Gerhard M i l b e r t

### A2.1 Geologisch-geomorphologische Großlandschaften

Das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland repräsentiert einen typischen Nord-Süd verlaufender Ausschnitt aus dem geologischen Bauplan Mitteleuropas. Der stratigraphische Aufbau, der im folgenden Kapitel beschrieben wird, hat die Grundlage zur Herausbildung von charakteristischen Großlandschaften gelegt. Diese Großlandschaften bilden eine erste, übergeordnete Ebene der naturräumlichen Landschaftsgliederung. Von Norden nach Süden lassen sich folgende Großlandschaften unterscheiden (Nummern der jeweiligen Wuchgebiete in Abbildung 1):

#### *Norddeutsches Tiefland mit den Untereinheiten*

- Nordseeinseln und Marschen
- Norddeutsches Jungmoränengebiet
- Norddeutsches Altmoränengebiet und Tieflandsbuchten

Dieses Gebiet umfasst die glazial geprägten Flachlandschaften in den Einzugsbereichen von Rhein (Maas), Ems, Weser, Elbe und Oder. Während die Küste heute noch vom Meer umgestaltet wird, sind im Inneren eiszeitliche Formenrelikte maßgebend. Die verflachte Altmoränenlandschaft der Elster- und Saale-Vereisung reicht bis zum Mittelgebirgsrand. Bewegtere Formen bewahrte die Jungmoränenlandschaft der Weichsel-Vereisung, in Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg. Typische morphologische Elemente sind Zungenbecken mit Grundmoränen, Seen, Mooren, Toteisbildungen und Drumlins sowie bogenförmig-hügelige Endmoränen. Nach Außen schließen sich die von ehemaligen Schmelzwässern aufgeschütteten Sanderflächen an, die dann in die Talsandgebiete de breiten Urstromtäler überleiten. Daneben spielen äolische Sedimente, wie Flugsande, Sandlöß und Löß eine große Rolle. Der präquartäre Untergrund kommt örtlich an die Oberfläche, z.B. dort, wo er von Aufbrüchen (Salzstöcken) des Zechsteinsalzes hochgeschleppt wurde.

#### *Lößhügelländer mit den Untereinheiten*

- Vorländer des Niedersächsischen Berglandes und des Harzes
- Thüringer Becken und Randplatten
- Vorländer der Thüringisch-Sächsischen Mittelgebirge

Am Ostrand ist der eigentlichen Mittelgebirgsschwelle eine breitere Zone von Hügelländern (Berglandschwelle) im Übergang zum Norddeutschen Tiefland vorgelagert. Deren geologischer Untergrund ist weitgehend von Löß und randlich auch noch von älteren eiszeitlichen Überschiebungen überlagert. Typische Landschaftsformen sind hier die Lößböden.

#### *Deutsche Mittelgebirgsschwelle mit den Untereinheiten*

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Rheinisches Schiefergebirge</li><li>• Saar-Nahe-Bergland</li><li>• Hessisches Bergland</li><li>• Niedersächsisches Bergland</li><li>• Harz</li></ul> | } Westliche Mittelgebirgsschwelle |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Thüringisch-Sächsisches Mittelgeb.</li><li>• Oberpfälzisch-Bayerischer Wald</li></ul>  | } Östliche Mittelgebirgsschwelle  |

Der Südrand des nordwestdeutschen Beckens ist aufgebogen, wobei Sedimente des Tertiärs, der Kreide und des Juras, auch Schichten der Trias an die Oberfläche kommen. Sie sind oft etwas steil gestellt und etwas gefaltet. Aus dieser Anlage sind besonders im Niedersächsischen Bergland und am Harzrand Höhenzüge hervorgegangen, die nach der Gesteinhärte zu Schichtkamm- und Schichtstufenlandschaft herausmodelliert wurden.

In der hessischen Zwischenzone, dem Einzugsgebiet der

oberen Weser sowie von Leine, Werra und Fulda ist das Schichtengebäude in ein Mosaik von Kleinschollen zerstückelt. Es gibt zahlreiche kleinere Becken mit Tertiärfüllungen. Dennoch herrscht der Buntsandstein auf der Fläche vor. Basalte und begleitende Tuffe häufen sich. Im Vogelsberg wie in der Rhön überwiegen sie. Beide bilden zentral herausgehobene Bergländer, die von den Rändern her zertalt werden.

Den variszischen Weststrahlen bildet das Rheinische Schiefergebirge mit seinen Randzonen, ein geschlossen wirkender Block aus flachwelligen Rumpfflächen, gegliedert durch steil eingeschnittene, den Rhein und der Weser tributäre Täler, die den tektonischen Hauptrichtungen folgen. Am Ostsäum dominiert die rheinische Nord-Süd-Komponente. Nicht allein die Rumpfflächenbildung und die Hebung, sondern auch Gesteinsunterschiede prägen die Landschaft (tertiäre und quartäre Vulkanite im Westerwald, Siebengebirge und Eifel; Härtlingszüge aus Quarzit; Verkarstung in Riffkalken).

In der südlichen Randzone gegen die Trierer Bucht greifen Rumpfflächen nach Süden in das aus permokarbonischen Sedimenten und Eruptivgesteinen bestehende Saar-Nahe-Bergland hinein. Im Norden ist die Einbruchzone der Nieder-rheinischen Bucht schärfer abgehoben, doch an ihrer Ostflanke biegt die Rumpfflächentreppe weit nach Norden ab.

Der Harz ist ein variszisches Rumpfgebirge, das Spuren pleistozäner Verfirnung und kleiner Kargletscher trägt. Ihm folgen gegen Süden die Ausläufer des Thüringer Waldes. Nach Ost schließen sich die Thüringisch-Sächsischen Mittelgebirge vom Vogtland über das Erzgebirge bis zum Lausitzer Bergland an. Nach Süden hin weichen die eingangs erwähnten Randbergländer der Böhmisches Scholle mit Oberpfälzer- und Bayrischem Wald nach Süd-Ost zurück und machen ein breites Zwischenfeld bis zum Odenwald und Schwarzwald im Westen frei.

#### *Mesozoisches Schichtstufenland mit Randgebieten und Oberreinem Tiefland mit den Untereinheiten*

- Südwestdeutsches Stufenland
- Süddeutsches Stufenland
- Schwarzwald
- Oberrheinisches Tiefland
- Pfälzerwald
- Saarländisch-Pfälzisches Muschelkalkgebiet und Gutland

Im Einzugsgebiet des Mains und des Neckars, ebenso wie im nördlichen Einzugsgebiet der Donau, ist ein tektonisch relativ ruhiger Raum entstanden. Am Ostrand des bis 5 km tiefen tektonischen Einbruchs des Oberrheintalgrabens, der heute noch Aufschüttungs-Senke ist, erfolgte die entscheidende Anhebung des kristallinen variszischen Untergrunds, im Süden am stärksten, nach Norden nachlassend. Von hier aus fällt die hauptsächlich von mesozoischen Sedimenten bedeckte permische Rumpffläche nach Südosten ein. Die Sedimentdecke wurde nach ihren Härteunterschieden als Schichtstufenlandschaft herauspräpariert, die einem großen Fächer gleicht. Sein Griff liegt dort, wo die Schichten am steilsten einfallen, im Klettgau am Südostrand des Schwarzwaldes. Die volle Entfaltung des Fächers setzt am Nordostrand des Odenwaldes ein. Seine wichtigsten Glieder sind: Buntsandsteinflächen, Gäuflächen des Muschelkalkes und Lettenkeupers, Keuperhügelland, Albvorland aus Lias und Dogger und die Schwäbisch-Fränkische Alb, die an der Donau unter die Voralpensenke abtaucht. Im Osten wird das Schichtstufenland vom Kristallin der Böhmisches Scholle begrenzt. Westlich des Oberrheinischen Tiepfeldes setzt sich die mesozoische Schichtstufenlandschaft mit Pfälzerwald, Saarländisch-Pfälzischem Muschelkalkgebiet und Gutland über das Lothringer Plateau bis ins Pariser Becken fort.

\* In Anlehnung an Henningsen u. Katzung 2002.

## A.3 Klima

von Markus Erhard und Barbara Wolff

### A.3.1 Einleitung

Wachstum und Verbreitung der Baumarten in Mitteleuropa werden außer durch Bodeneigenschaften und Bewirtschaftungsmaßnahmen in hohem Maße durch das Klima, d.h. die Gesamtheit der Witterungserscheinungen in der Atmosphäre über einen größeren Zeitraum, beeinflusst. Die klimatischen Verhältnisse eines Ortes bestimmen im Einzelnen astronomische Faktoren wie Tageslänge, Strahlung, Einstrahlungswinkel sowie die geographische Lage, die Höhe über dem Meeresspiegel und die Entfernung zu Ozeanen und dauerhaft vereisten Gebieten. In unseren Breiten dominieren Westwinde, die Entfernung zu Nord- und Ostsee, die Lage der Mittelgebirge und der sich von Westen nach Osten erstreckende Gebirgszug der Alpen wesentlich das Klimageschehen.

Beschrieben werden die klimatischen Bedingungen durch eine Mittelung meteorologischer Größen, die durch Messen, Schätzen und Beobachten erfasst werden. Für vegetationsbezogene Analysen werden häufig zusammengesetzte Größen oder Indizes, meist auf der Basis von monatlichen Mittelwerten der Temperatur und des Niederschlages berechnet. Über bekannte Wechselbeziehungen können auch Rückschlüsse auf weitere wichtige Größen wie relative Luftfeuchte, Nebelhäufigkeit oder Einstrahlung gezogen werden, für die deutlich weniger Beobachtungswerte zur Verfügung stehen. Viele dieser Größen unterliegen sowohl räumlich, als auch zeitlich sehr starken Schwankungen, so dass die meist auf monatliche Mittel aggregierten klimatischen Daten nur bedingt aussagekräftig sind. Zu den zeitlich sehr stark variierenden Werten zählen neben der relativen Luftfeuchte auch Windstärke und Windrichtung. Neben den Jahres- bzw. Vegetationszeitmittelwerten und jahreszeitlichen Schwankungen spielen auch das Auftreten und die Häufigkeit von Extremereignissen wie Stürme, Trockenperioden oder Spätfröste eine wichtige Rolle für Wachstum und Struktur der Wälder.

Flächendeckende Klimadaten für längere Zeiträume stehen in Deutschland nur für das sogenannte Freilandklima zur Verfügung. Sie beruhen auf Messungen, die nach den internationalen Standards der World Meteorological Organisation (WMO) durchgeführt werden. Für die Charakterisierung der klimatischen Verhältnisse Deutschlands wurden die Daten der klimatischen Normalperiode 1961-1990 herangezogen. Überdies wurden Bodendaten der bundesweiten Bodenzustandserhebung Wald (BZE) genutzt (Wolff u. Riek 1997). Die zur Ableitung der verwendeten Klimaindices eingesetzten Verfahren sind in Wolff et al. (2003) beschrieben.

Die gegenüber der 1. Ausgabe der „Forstlichen Wuchsgebiete“ vorgenommene Aktualisierung der klimatischen Charakterisierung erlaubt außerdem Rückschlüsse über gegenwärtige Trends im Klimageschehen und Auswirkungen eines möglichen Klimawandels für die Waldvegetation (Kapitel A.5).

### A.3.2 Die klimatischen Bedingungen in Deutschland

Deutschland liegt in der Zone des gemäßigten Klimas der mittleren Breiten, im Übergang von maritimem zu kontinentalem Klima. Die klimatischen Verhältnisse werden dabei durch die Nord- und Ostsee im Norden, die geographische Breite, welche die Stärke der solaren Einstrahlung bedingt und die von Norden nach Süden im Mittel zunehmende Höhe über dem Meeresspiegel bestimmt. Weitere regionale Differenzierungen ergeben sich durch die Lage und Höhe der Gebirgszüge. Diese wirken sich durch Luv- und Lee-Effekte auf die

Niederschlagsverhältnisse der Umgebung aus.

Die klimatischen Bedingungen in den höheren Lagen weisen eine Reihe von Besonderheiten auf, die im Wesentlichen durch das Auftreten größerer Schwankungen gekennzeichnet sind. Dazu gehören unter anderem eine höhere Ein- und nächtliche Abstrahlung, in Folge davon größere Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sowie höhere Schneemengen, Windgeschwindigkeiten und Nebelhäufigkeiten und eine aufgrund der niedrigeren Durchschnittstemperaturen und geringeren Anzahl von Tagen mit einer Durchschnittstemperatur  $>10^{\circ}\text{C}$  kürzere Vegetationszeit.

Dem stehen klimatisch besonders begünstigte Gebiete wie zum Beispiel das Oberrheintal und die Kölner Bucht (WGb 43, 46, 65) gegenüber, die sich durch besonders milde Winter und warme Sommer auszeichnen. Dazu zählen auch Gebiete mit kleinerer räumlicher Ausdehnung wie das obere Elbe- und Saalegebiet (WGb 19, 21) oder die Weinbaugebiete an der Mosel oder Saar (WGb 67).

Topographische Gegebenheiten können auch zu lokalen Besonderheiten in den klimatischen Bedingungen führen. Als Beispiele seien hier Kaltluftseen in Kessellagen oder sogenannte Föngassen in Tälern der Alpen und des Alpenvorlandes genannt.

#### A.3.2.1 Temperaturverhältnisse

Der größte Teil der Fläche der Bundesrepublik Deutschland weist jährliche Durchschnittstemperaturen zwischen  $7$  und  $9^{\circ}\text{C}$  auf (Abbildung 3). Der zu erwartende Trend einer Zunahme der Jahresmitteltemperatur von Norden nach Süden durch die Zunahme der solaren Einstrahlung wird dadurch kompensiert, dass nach Süden hin die mittlere Höhe über dem Meeresspiegel zunimmt. Die Mitteltemperaturen im Süden entsprechen daher annähernd denen im küstennahen Bereich der norddeutschen Tiefebene.

Wärmebegünstigt sind vor allem die Kölner Bucht und der Oberrheingraben (WGb 43, 46, 65), in denen Mitteltemperaturen von  $9^{\circ}$ – $11^{\circ}\text{C}$  erreicht werden. Deutlich geringer sind die Werte in den Mittelgebirgen, wie dem Harz (WGb 36), dem Rheinischen Schiefergebirge (WGb 40, 41, 44, 45, 47, 66), dem Schwarzwald (WGb 73), in den Schichtstufenlandschaften der Schwäbisch / Fränkischen Alp (WGb 60, 76), dem Bayerischen und Thüringer Wald (WGb 53, 79), im Erz- und Fichtelgebirge (WGb 56, 57) sowie im Voralpenraum (WGb 81), wo mit zunehmender Höhenlage die Jahresmitteltemperaturen vielerorts auch deutlich unter  $5^{\circ}\text{C}$  absinken.

Die Temperaturen während der Vegetationszeit (Abbildung 4) weisen ähnliche räumliche Muster wie die Jahresmitteltemperatur auf. Durch vergleichsweise hohe Vegetationszeitmitteltemperaturen sind das obere Rheintal (WGb 65) sowie die meeresferneren Gebiete Mittelbrandenburgs (z.B. WGb 24) und der Niederlausitz (WGb 25) charakterisiert.

Unterschiede im Jahresgang der Temperaturen werden bei einem Vergleich der mittleren Werte der Monate Januar (Abbildung 5) und Juli (Abbildung 6) mit dem Jahresmittelwert deutlich. Im Januar sind die klimatischen Bedingungen eindeutig von der Entfernung zum Meer geprägt, dessen hohe Wärmespeicherkapazität die Jahresamplituden der Temperaturen stark verringert. Der Einfluss der Ostsee ist aufgrund ihrer geringeren Ausdehnung und der häufigeren Vereisung deutlich schwächer ausgeprägt als derjenige der Nordsee, die einen ständigen Zustrom warmen Wassers aus dem Atlantik erfährt (Golfstrom). Demnach ist ein deutlicher West-Ost Gradient abnehmender Temperaturen zu erkennen. Im Sommer sind hingegen, neben den bereits genannten Gebieten des Oberrheingraben und der

## A.4 Stoffeinträge aus Luftverunreinigungen als Standortsfaktor

von Barbara Wolff, Thomas Gauger, Christian Kölling und Marieanna Holzhausen

### A.4.1 Einleitung

Seit Beginn der Industrialisierung werden in Mitteleuropa in großen Mengen Stoffe in die Atmosphäre emittiert. Als Stoffeinträge bzw. Deposition sind sie zu einem wichtigen Standortsfaktor für die Waldökosysteme geworden. Der Stoffhaushalt von Waldökosystemen kann nicht länger als konstant betrachtet werden, sondern ändert sich laufend durch den Einfluss der anthropogenen Stoffeinträge. In Abhängigkeit von der Konzentration und Zusammensetzung der Einträge können Luftschadstoffe direkte und akute pflanzentoxische Wirkungen haben, wie dies z.B. bei den bereits seit dem 18. Jh. beobachteten typischen lokalen Rauchsäden der Fichte oder bei direkter Einwirkung hoher Ammoniakkonzentrationen in der Nachbarschaft von Tierzuchtanlagen der Fall ist. Sie können jedoch auch indirekt und chronisch wirken, zum Beispiel über Bodenveränderung oder als Eutrophierung. In diesen Fällen bewirken langfristig auch geringere Eintragsraten bedeutsame und nachhaltige standörtliche Veränderungen in Waldökosystemen. Mit dem Säure-Basenhaushalt und dem Stickstoffhaushalt von Waldstandorten werden Schlüsseleigenschaften der Waldstandorte nachhaltig verändert. Als dynamische Standortfaktoren können Stoffeinträge in der Standortkunde daher nicht länger ignoriert werden. Ihre adäquate Erfassung ist eine der standortkundlichen Hauptaufgaben der kommenden Jahre.

### A.4.2 Deponierte Stoffe

Großräumig haben in Deutschland v.a. die Einträge von Schwefel- und Stickstoffverbindungen sowie regional auch Depositionen von basischen Substanzen eine Bedeutung für die standörtlichen Verhältnisse in Wäldern.

Schwefel gelangt gasförmig, partikulär oder in wässriger Lösung in die Wälder. Als Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) beeinflusst er direkt die Stoffwechselvorgänge von Pflanzen (z.B. Photosynthese) und kann in hohen Konzentrationen akute Nadel-/Blattschäden hervorrufen. Aber auch geringe  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen können bereits zu Ernährungsstörungen von Bäumen führen. In Waldböden bewirken Einträge von Sulfatschwefel eine beschleunigte, anthropogen bedingte Versauerung der Waldböden, in deren Folge basische Nährelemente (Calcium, Magnesium, Kalium) aus den Waldökosystemen ausgetragen werden. Nährelementmängel und -ungleichgewichte sind die Folge. Außerdem steigt das Risiko der Belastung angrenzender aquatischer Lebensräume, z.B. durch ausgewaschene Schwermetallverbindungen.

Stickstoff, der als Stickoxid ( $\text{NO}_x$ ) oder Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) emittiert und als Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) oder Ammoniak bzw. Ammonium ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4$ ) eingetragen wird, kann ebenso versauernd wirken wie Schwefel. In Waldökosystemen, die unter natürlichen Bedingungen stickstoffarm sind, regt zusätzlich deponierter Stickstoff i.d.R. zunächst die Wachstumsprozesse an. Bei anhaltender Belastung wird die Speicherfähigkeit der Walökosysteme überschritten. Im Zustand der Stickstoffsättigung wird Stickstoff in bedeutenden Mengen an das Grundwasser bzw. die Atmosphäre abgegeben. Überschüssiger Stickstoff verursacht Nährelementungleichgewichte und bewirkt Veränderungen im Artgefüge (Eutrophierung). Ausgewaschener Stickstoff belastet als Nitrat das Grund- und Quellwasser, gasförmig entweichender Stickstoff in Form von Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) den Spurengashaushalt der Atmosphäre und damit auch das Erdklima.

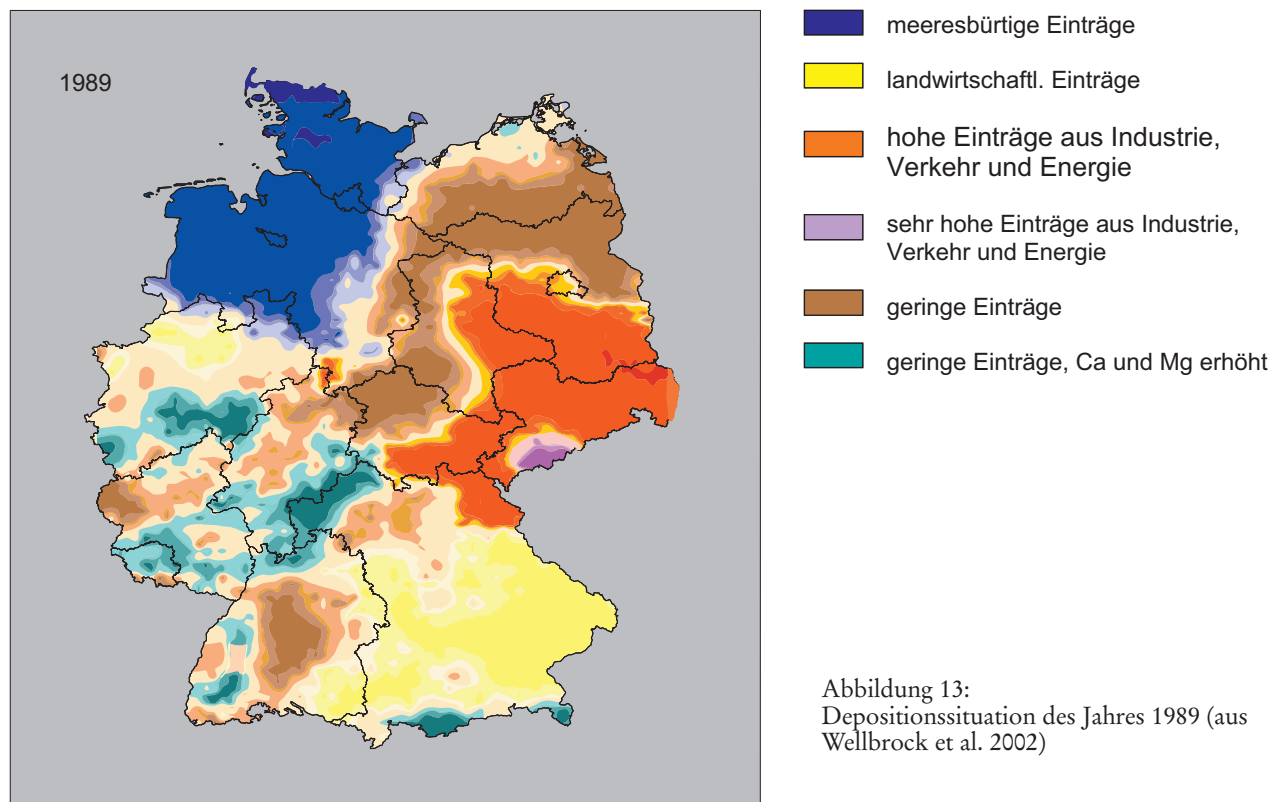


Abbildung 13:  
Depositionssituation des Jahres 1989 (aus Wellbrock et al. 2002)



# A.5 Flora und Vegetation

von Hans-Gerd Michiels und Peter A. Schmidt

## A.5.1 Die Charakterisierung von Naturräumen durch ihre Flora und Vegetation

Die Flora, also der Gesamtbestand an Pflanzensippen (Arten, Unterarten, Varietäten; Hybriden) eines Gebietes, und die Vegetation, die die Präsenz der Pflanzen im Raum darstellt, stehen in Abhängigkeit von den in Raum und Zeit wirkenden Umweltfaktoren. Sie sind dadurch als Beitrag zur Charakterisierung und Gliederung ökologischer Raumeinheiten hervorragend geeignet.

Jede Pflanzenart weist infolge ihrer genetisch fixierten öko-physiologischen Potenzen und ihrer öko-geographischen Vorkommen, die im Lauf der Vegetationsgeschichte unter dem Einfluss der Umweltbedingungen und der Konkurrenz anderer Pflanzen realisiert wurden, ein spezifisches Verbreitungsgebiet (Areal) auf. Es lassen sich in ihrer Lage, Ausdehnung und landschaftlichen Bindung weitgehend übereinstimmende Verbreitungsformen ausweisen, die als Arealtypen bezeichnet werden. Die Pflanzengeographie beschreibt und typisiert diese Areale (Arealdiagnosen; Meusel et al. 1965; Meusel u. Jäger 1992; vgl. auch Schroeder 1994). Im großen Florenreich der Holarktis, das die gesamte außertropische nördliche Hemisphäre umspannt, sind zonale und regionale Untergliederungen üblich:

**Zonaldiagnose:** Bindung der Pflanzen an Florenzonen (in der Holarktis von Süden nach Norden meridional, submeridional, temperat, boreal und arktisch); Ozeanitätsgrade (ozeanisch bis kontinental) und Höhenstufen (planar, kollin, [sub-, tief-, mittel-, hoch-] montan, [sub-] alpin),

**Regionaldiagnose:** Bindung der Pflanzen an Florenregionen (in Europa z.B. die Mitteleuropäische und die Mittelerrane Florenregion), -unterregionen, -provinzen.

Die Flora und ihr Arealtypenspektrum erlauben Rückschlüsse auf die regionale pflanzengeographische Situation eines Naturraumes. Sie ist das Resultat der regionalen Vegetationsgeschichte und steht in enger Beziehung zur regionalen Klimaentwicklung entlang der Zeitachse. Die Flora stellt das Reservoir an Strukturkomponenten für die Vegetation dar.

Die Vegetation spiegelt das integrierte Wirken von Umweltfaktoren in Vergangenheit und Gegenwart auf das Zusammenleben verschiedener Pflanzensippen wider, was sich in der Ausbildung von Pflanzengemeinschaften (Phytozöosen) an den einzelnen Standorten (Biotopen) äußert. Unter spezifischen Standortbedingungen (Klima, Relief, Boden) treten vielfach auch in geographisch getrennten Regionen ähnliche Vergesellschaftungen von Pflanzensippen auf. Solche Vergesellschaftungen können auf methodisch unterschiedlicher Basis zu Phytozönose- bzw. Vegetationstypen zusammengefasst und beschrieben werden:

- Physiognomisch-ökologische Methode: Pflanzenformationen (z.B. Sommergrüner Breitlaubwald);
- Floristisch-soziologische Methode: Pflanzengesellschaften (z.B. Waldmeister-Buchenwald) oder
- Landschaftsökologische Methode: Vegetationsformen (z.B. Wasserfeder-Erlensumpf der Niederlausitzer Erlen-Eschen-Niederungslandschaft).

Pflanzenformationen sind nur sehr begrenzt zur vegetationskundlichen Charakterisierung der Wälder Deutschlands oder der Wuchsgebiete geeignet, da in der natürlichen Waldvegetation Mitteleuropas der Temperate Sommergrüne Breitlaubwald (= nemorale Waldformation) fast die gesamte Fläche einnimmt. Die Formation der Immergrünen Nadelwälder, die für die boreale Zone typisch ist, tritt lediglich regional und überwiegend kleinfächig auf, z.B. in der hochmontan-subalpinen Stufe einiger Gebirge, in Randbereichen sauer-

oligotropher Moore, und auf nährstoffarmen trockenen Sandböden.

Aus diesem Grund werden die Waldvegetationstypen in Deutschland zumeist nach ihrer Artenzusammensetzung als Pflanzengesellschaften (Waldgesellschaften) klassifiziert, was eine feine, standortsökologisch fundierte Gliederung ermöglicht. Die Waldgesellschaften finden breite Anwendung bei der Beschreibung und Gliederung der Waldvegetation, sowohl in der Vegetationskunde (z.B. Oberdorfer 1992; Pott 1995; Schubert et al. 1995; Ellenberg 1996; Dierschke 1996 ff.; Rennwald 2000) und Geographie (z.B. Liedtke u. Marcinek 1995) als auch im Bereich der Forstwirtschaft, sei es in der forstlichen Standort- und Vegetationskunde, Waldbiotopkartierung, Waldökosystemforschung oder im Waldbau (z.B. Jahn 1991; Fischer 1995; Schmidt 1995; AKStok 2003; AKFLP 1996; Bücking u. Mühlhäußer 1996; Thomasius u. Schmidt 1996; Hofmann 1997).

Unberücksichtigt müssen hier die Vegetationsformen bleiben, wie sie in der forstlichen Standorterkundung einiger nordostdeutscher Bundesländer weiterhin angewandt werden (vgl. Kopp u. Schwanecke 1994). Sie sind zwar ökologisch aussagefähig, jedoch für einen bundesweiten Überblick sowohl durch die große Fülle an definierten Vegetationsformen als auch durch die eingeschränkte überregionale Vergleichbarkeit ungeeignet.

## A.5.2 Die pflanzengeographischen Verhältnisse in Deutschland

Deutschland gehört zur gemäßigten (temperaten) Floren- und Vegetationszone der Holarktis. Im Zentrum der Mitteleuropäischen Florenregion gelegen, befindet sie sich im Spannungsfeld von zwei großen klimatischen Gradienten, die sich pflanzengeographisch widerspiegeln. Es sind dies ein westöstlicher, vor allem hygrothermisch bestimmter Gradient (Ozeanitäts-/ Kontinentalitätsgefälle), und ein süd-nördlicher, vor allem thermisch geprägter Gradient (Klima- bzw. Florenzonen).

In der Gefäßpflanzenflora der Wälder drückt sich das Klimagefälle im Vorkommen von Arten aus, die mehr oder weniger ausgeprägt (sub)ozeanische bzw. (sub)kontinentale oder südliche (meridional-submeridionale, besonders submediterrane) bzw. nördliche (boreale) Ausdehnung der Areale zeigen.

Die abgestufte Ozeanitätsbindung der schwerpunktmäßig temperat verbreiteten Arten des europäischen Laub- und Mischwaldgebietes, zu denen die überwiegende Zahl der heimischen Waldpflanzen gehört, spiegelt sich in der unterschiedlich weiten Ost-West-Ausdehnung ihrer Areale über die Mitteleuropäische Florenregion wider (Meusel et al. 1964; Meusel u. Jäger 1992), welche sich daher in folgende Florenprovinzen untergliedert:

- Atlantische und Subatlantische Florenprovinz (Vorherrschen ozeanischer und subozeanischer Arten);
- Zentraleuropäische Florenprovinz (Ausklängen ausgeprägt ozeanischer Arten an der Ostgrenze, Vorkommen sowohl subozeanischer als auch -kontinentaler Arten);
- Sarmatische Florenprovinz (Ausklängen subozeanischer Arten, weiter verbreitete mitteleuropäische Arten mit schwacher Ozeanitätsbindung bis zur Ostgrenze am Ural, zahlreiche subkontinentale und weiter verbreitete eurasische kontinentale Arten).

Deutschland hat nach dieser Gliederung Anteile an folgenden Florenprovinzen:

- Atlantische Florenprovinz: Rheinisch-Westfälische Bucht über westliches Niedersächsisches Tiefland bis Schleswig-Holstein;
- Subatlantische Florenprovinz: Südwestdeutschland über westdeutsches Bergland bis zum norddeutschen Tiefland ein-