

## **Immergrüne Laubgehölze – Indikatoren des Klimawandels?**

- Silje Berger, Hannover & Gian-Reto Walther, Bayreuth -

### **Abstract**

Climate is an important factor limiting plant species' ranges. In recent years a global warming trend has been observed, hence, impacts on the distribution of plants and the composition of the vegetation are expected. Evergreen broad-leaved species are at their northern boundary of distribution in Central Europe. Their northern range margins are limited by low winter temperatures. However, limiting parameters are species specific due to the species' biological traits. It is essential to investigate and discuss these species specific parameters in detail to understand recent range shifts of the respective species. The limiting parameters and relevant biological traits of selected evergreen broad-leaved woody species are discussed in this paper. Furthermore it provides an overview of the current distribution of the species in a Central European perspective, regarding indigenous as well as some exotic species known to naturalise.

### **1. Einleitung**

Das Großklima ist ein wichtiger Faktor, der die geographischen Verbreitungsmuster der Pflanzen bestimmt. Im Verlaufe des letzten Jahrhunderts wurde eine Erwärmung der Erde festgestellt (IPCC 2001, 2007), was Konsequenzen für die Vegetation erwarten lässt. In den letzten Jahren wurden zahlreiche „Fingerabdrücke“ des Klimawandels in verschiedenen Ökosystemen dokumentiert (WALTHER et al. 2001, PARMESAN & YOHE 2003, ROOT et al. 2003). Bei Pflanzen wurden z.B. phänologische Reaktionen und Arealverschiebungen als Folge des Temperaturanstieges festgestellt (WALTHER 2004).

Einer dieser Fingerabdrücke manifestiert sich als Laurophyllierung in schweizer Tieflagenwäldern auf der Südseite der Alpen, im Insubrischen Seengebiet (GIANONI et al. 1988, KLÖTZLI et al. 1996). Der Vergleich von Vegetationsaufnahmen aus den 1970er und den 1990er Jahren zeigte, dass vor allem immergrüne Laubgehölze stark zugenommen hatten. Eine Zunahme der einheimischen Immergrünen wurde festgestellt, aber auch eine Vielzahl immergrüner exotischer Laubholzarten wurde verzeichnet (WALTHER 2000, CARRARO et al. 2001, WALTHER 2002). Letztere waren aus Gärten und Parks verwildert, in denen sie seit geraumer Zeit in großer Anzahl und Vielfalt kultiviert werden (SCHRÖTER 1936, SCHMID 1956). Die Ausbreitung der immergrünen Laubgehölze ging mit einer deutlichen Abnahme der Frosttage einher (WALTHER et al. 2001, WALTHER 2002).

Es gibt in Mitteleuropa nur wenige einheimische immergrüne Laubgehölzarten; die vormals reiche Tertiärflora wurde durch die Eiszeiten auf wenige Arten reduziert (HÜBL 1988, MAI 1995). Hingegen werden zahlreiche eingeführte Arten aus aller Welt kultiviert, und viele der Arten, die als Artenpool für die Laurophyllierung in der Südschweiz zur Verfügung standen, werden auch in anderen Regionen Mitteleuropas gepflanzt. Vor allem die frostresistentesten Immergrünen genießen große Beliebtheit als Gartenpflanzen. Im Folgenden werden Charakteristika und aktuelle Verbreitung einiger dieser immergrünen Laubgehölze dargestellt.

## 2. Artcharakteristika

### 2.1 *Trachycarpus fortunei* (Hook.) Wendl.

Die Hanfpalme, *Trachycarpus fortunei*, ist in Südostasien beheimatet; dort kommt sie vom nördlichen Burma und westlichen Himalaja-Gebiet über die Bergregionen von Mittel-, Ost- und Südchina bis nach Südjapan vor (DELECTIS FLORAE REIPUBLICAE POPULARIS SINICAE 1991, LÖTSCHERT 1995, WU & DING 1999). *Trachycarpus fortunei* ist eine der kälteresistentesten Palmen überhaupt. Dies hat der Palme zu großer Beliebtheit verholfen; sie wird auf Grund ihrer Winterhärte weltweit in den gemäßigten Breiten gepflanzt (WALTHER et al. 2007).

Für Europa wird *Trachycarpus fortunei* das erste Mal 1795 in der Literatur erwähnt (JACOBI 1998). Aus dem Tessin wurden schon Ende des 19. Jahrhunderts fruchtende Palmen in Gärten beschrieben (KNY 1882). Subspontane Verjüngung von *Trachycarpus fortunei* wurde zunächst bei Gandria, nahe Lugano, beobachtet (VOIGT 1920). Auch SCHRÖTER (1936) beschrieb, dass Palmensamen von Amseln (*Turdus merula*) verbreitet wurden, und dass daraus Keimlinge wuchsen. Aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ist ausschließlich das Aufkommen von Keimlingen bekannt, die jedoch kaum längere Zeit überdauern dürften (HEGI 1932 zit. in BODMER et al. 1999). Erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts gelang es ihnen aufzuwachsen, und größere Exemplare konnten auch auf Waldstandorten ver-



Abb. 1: Fruchtstand der Hanfpalme, *Trachycarpus fortunei*.

zeichnet werden (GIANONI et al. 1988, CARRARO et al. 1999). Heute sind Hanfpalmen in der

Strauchschicht an südexponierten Standorten entlang der südschweizerischen / norditalienischen Seen häufig, auch erste fruchtende Exemplare kommen mittlerweile auf Waldstandorten vor (WALTHER et al. 2007).

Inzwischen wurde Verjüngung von *Trachycarpus fortunei* auch in anderen wintermilden Gebieten Europas beobachtet, wie z.B. in der Bretagne und auf den Kanalinseln. Spontane Verjüngung innerhalb von Gärten ist in Südengland und jüngst auch in Deutschland beobachtet worden. Aus den USA, Australien und Neuseeland ist Verwilderung von *Trachycarpus fortunei* ebenfalls bekannt (WALTHER et al. 2007).

Die weiblichen Exemplare der diözischen Hanfpalme können erhebliche Mengen an Früchten produzieren (Abb. 1). Sie bleiben bis in den späten Winter am Fruchtstand erhalten und werden von Vögeln verbreitet. In Keimungsversuchen hat sich gezeigt, dass eine sehr hohe Keimungsrate erzielt werden kann (BERGER, unpubl.). Die Dauer bis zur Keimung beträgt bei guten Bedingungen 45 Tage bis 3 Monate (JACOBI 1998, pers. Beob. der Autoren). Nicht gekeimte Samen können Monate im Boden überdauern, um später bei günstigen Bedingungen zu keimen.

*Trachycarpus fortunei* ist sehr kälteresistent. Die Palme kann in Kultur für kurze Zeit Extremwerte von  $-15$  –  $-17$  °C ertragen (WALTHER 2001). In China gedeiht die Hanfpalme in Gebieten, wo die mittlere Januartemperatur  $+2.2$  °C Grad und die Summe der kumulierten Tagesgrade über  $5$  °C (GDD<sub>5</sub>) Werte von 2300 übersteigt. In Gebieten mit GDD<sub>5</sub> > 3000 kommt die Hanfpalme auch bei etwas tieferen Wintertemperaturen (Januarmitteltemperatur über  $+1,4$  °C) vor. Die Palme kann hier bis zu einem gewissen Grad durch bessere Wachstumsbedingungen im Sommer Biomassenverlust durch Winterfrost kompensieren (WALTHER et al. 2007).

Das Heimatgebiet von *Trachycarpus fortunei* weist keine ausgeprägten Trockenperioden auf. Ausgeprägte Trockenphasen wirken sich unvorteilhaft auf das Wachstum aus, wie entlang eines Transekts vom Lago Maggiore bis zum Gardasee gezeigt wurde (BERGER & WALTHER 2006). Im östlichen Teil des Gebietes ist der Jahresniederschlag erheblich geringer als im westlichen Teil. Am Gardasee im Osten fällt durchschnittlich weniger als 1000 mm Niederschlag pro Jahr, mit einer ausgeprägteren Trockenphase im Sommer, als am Lago Maggiore im Westen, wo der jährliche Niederschlag ca. 2000 mm beträgt (REISIGL 1996, SCHWARB et al. 2000). Das Gardaseegebiet unterscheidet sich auch floristisch vom Lago Maggiore-Gebiet, unter anderem durch mediterrane Reliktarten, die am Lago Maggiore fehlen (OBERDORFER 1964, BRULLO & GUARINO 1998). Unter vergleichbaren Temperaturbedingungen wird *Trachycarpus fortunei* im gesamten Gebiet häufig angepflanzt. Im östlichen Teil des Gebietes gibt es nur vereinzelt kümmerliche Exemplare von verwilderten *Trachycarpus fortunei*, während sie im Lago Maggiore Gebiet, bei ausreichendem Niederschlag, sehr häufig und vital sind (BERGER & WALTHER 2006).

Trockenstress bei Keimlingen von *Trachycarpus fortunei* macht sich durch Zusammenfallen des Blattes bemerkbar, was bei anhaltender Trockenheit letztendlich zum Absterben führen kann (pers. Beob. der Autoren). Die Keimlinge von *Trachycarpus fortunei* reagieren besonders bei hohen Temperaturen empfindlich auf Trockenheit. Dies lässt erwarten, dass die atlantischen Regionen Europas für die Verwilderung von *Trachycarpus fortunei* eher in Frage kommen als die stärker mediterran geprägten Gebiete.

## 2.2 *Cinnamomum glanduliferum* (Wallich.) Meissn.

Der Drüsige Kampferbaum, *Cinnamomum glanduliferum* (Abb. 2), ist im Himalaja beheimatet und von Nepal über Indien, China, Bhutan und Burma bis Malaysia verbreitet (FLÜCKIGER 1887, RAVINDRAN et al. 2004, XI-WEN et al. 2007). In China kommt die Art im zen-



Abb. 2: Junger Zweig vom Drüsigen Kampferbaum, *Cinnamomum glanduliferum*.

tralen und nördlichen Yunnan, südlichen und südwestlichen Sichuan, südlichen Guizhou und südöstlichen Xizang vor und wächst dort in immergrünen Laubwäldern im Gebirge auf Höhen von 1500 – 2500 (3000) m (XI-WEN et al. 2007). In Indien wächst der Drüsige Kampferbaum in den tropischen Himalajaregionen im Norden des Landes, in Sikkim, und im Khasi-Gebirge im Osten des Landes. Im Nordosten kommt der Baum in Gebirgen und Ebenen bis 1200 m vor (FLÜCKIGER 1887, RAVINDRAN et al. 2004, BARUAH & NATH 2006).

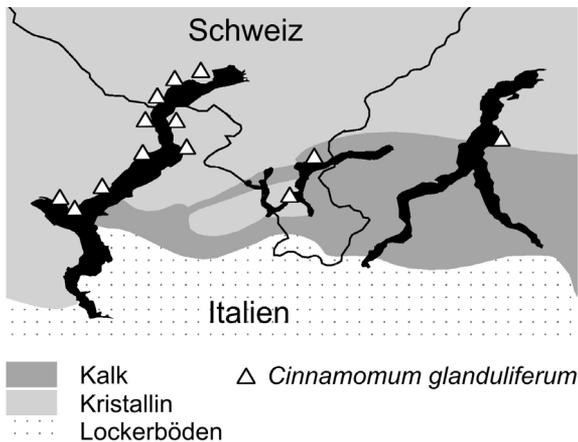


Abb. 3: Vorkommen von *Cinnamomum glanduliferum* im Insubrischen Seengebiet, basierend auf BERGER & WALTHER (2006) und CARRARO (unpubl. Daten).

Aus dem Tertiär sind zahlreiche fossile Blätter, Blüten und Früchte von unterschiedlichen *Cinnamomum*-Arten aus Europa bekannt, woraus sich erschließt, dass die Gattung in der Europäischen Tertiärflora eine wichtige Rolle spielte (STAUB 1905, siehe auch KOVAR-EDER et al. 2006).

Die Verwilderung von *Cinnamomum glanduliferum* wurde bisher im Tessin am Lago Maggiore und Lago di Lugano und in Norditalien am Lago di Como beobachtet. Die lokal teils starke, aber geographisch begrenzte Ausbreitung von *Cinnamomum glanduliferum* geht auf verschiedene Faktoren zurück. Zum einen ist die Art nicht gleich häufig angepflanzt wie beispielsweise *Trachycarpus fortunei*. Zum anderen sind die ökologischen Ansprüche der Art in anderen Gebieten Europas selten realisiert. Der sonst vor allem im subtropisch/tropischen Klima verbreitete Baum ist kälteempfindlich, obwohl er kurzzeitig Temperaturen bis  $-10\text{ °C}$  ertragen kann (WALTHER 2001). Zusätzlich sind alle *Cinnamomum*-Arten auf hohe Niederschlagsmengen angewiesen (STAUB 1905).

Die bisher bekannten Vorkommen von *Cinnamomum glanduliferum* im Tessin und am Lago di Como sind ausschließlich auf Silikatböden zu finden (Abb. 3). Das eine Vorkommen bei Lugano liegt zwar in einem Gebiet mit kalkhaltigem Ausgangsgestein, der Standort befindet sich aber auf silikatischem Moränenschutt (G. CARRARO, pers. Mitteil.). Die Kalkböden im Gebiet sind meist flachgründig und weisen eine geringe Wasserspeicherkapazität auf, was eine mögliche Erklärung für das Fehlen der Art auf Kalkböden ist (BERGER & WALTHER 2006).

### 2.3 *Prunus laurocerasus* L.

Das Heimatgebiet von *Prunus laurocerasus* erstreckt sich entlang der südlichen und östlichen Schwarzmeerküste und der Südküste des Kaspischen Meeres (Abb. 4 und Abb. 5). Auch auf dem Balkan und in Bulgarien gibt es Vorkommen von *Prunus laurocerasus*. In Mitteleuropa, auf den Britischen Inseln und im südlichen Skandinavien wird die Art häufig als Gartenpflanze kultiviert.

Die wichtigsten klimatischen Parameter, die die Verbreitung von *Prunus laurocerasus* begrenzen, sind Wintertemperaturen und Länge der Vegetationsperiode. Anhand von Klimadaten aus dem Heimatgebiet wurde eine klimatische Grenze für *Prunus laurocerasus* bei einer Januardurchschnittstemperatur von  $-1.2\text{ °C}$  abgeleitet (SÖHLKE 2006). *Prunus laurocerasus* kann kurzfristig sehr tiefe Temperaturen ertragen; in der Literatur werden Grenzwerte in der



Abb. 4: Blütenstand des Kirschlorbeers, *Prunus laurocerasus*.

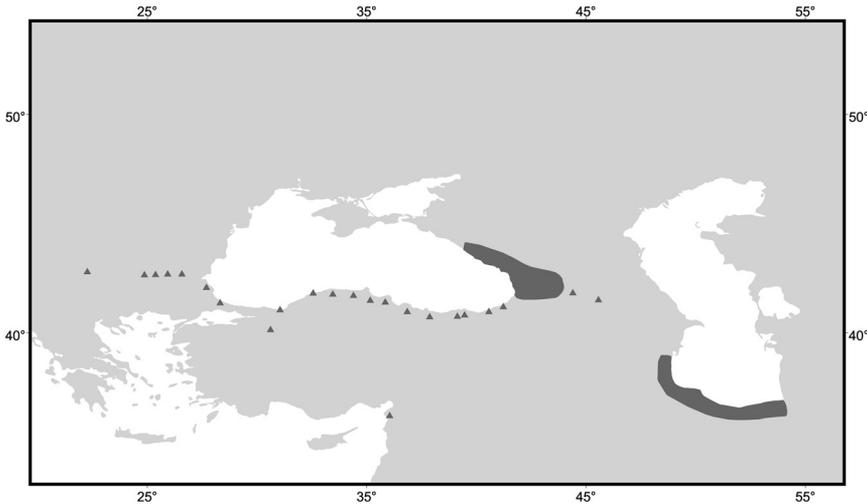


Abb. 5: Die Verbreitung von *Prunus laurocerasus* im Heimatgebiet (SÖHLKE 2006).

Größenordnung von  $-20\text{ °C}$  (BÄRTELS 1991) und  $-24\text{ °C}$  (DIRR & LINDSTROM 1990) angegeben. ADAMOVIĆ (1909) beschreibt eine zu kurze Vegetationsperiode als ein Haupthindernis der Blüten- und Fruchtbildung bei *Prunus laurocerasus*; eine Mindestlänge der Vegetationsperiode ist also auch eine ökologisch wichtige Voraussetzung für das Verwildern. Sind reife Früchte vorhanden, werden diese von Vögeln und Kleinsäugetern verbreitet (MEDUNA et al. 1999). Die Früchte von *Prunus laurocerasus* bleiben nicht, wie beispielsweise bei *Trachycarpus fortunei* und *Ilex aquifolium*, den Winter über am Fruchtstand erhalten, sondern fallen noch im selben Jahr zu Boden. Das vegetative Wachstum und Überleben in Kultur von *Prunus laurocerasus* ist noch bis in recht kühle Gebiete möglich. Der Verwildern werden aber durch die Länge der Vegetationsperiode engere Grenzen gesetzt, und die subsponante Verbreitung erstreckt sich nicht gleich weit nach Norden wie die Verbreitung von *Ilex aquifolium*, obwohl *Prunus laurocerasus* ähnlich tiefe Extremtemperaturen ertragen kann.

*Prunus laurocerasus* gedeiht in Gebieten mit relativ hohen Niederschlägen gut, wie beispielsweise im westlichen Insubrien und in Großbritannien. Die Art ist jedoch auch weniger trockenheitsempfindlich als beispielsweise *Trachycarpus fortunei* und *Cinnamomum glanduliferum* (BERGER & WALTHER 2006).

Im Insubrischen Seengebiet und in Großbritannien ist *Prunus laurocerasus* weit verbreitet. In den letzten Jahrzehnten hat die Anzahl der Fundangaben aus Großbritannien stark zugenommen (PERRING & WALTERS 1962 und neuere Ausgaben, BSBI 2007). In dieser Zeit hat *Prunus laurocerasus* in der Schweiz auch Gebiete auf der Alpennordseite besiedeln können (MEDUNA et al. 1999, WOHLGEMUTH et al. 2007). Weitere Funde wurden in Frankreich, Belgien, den Niederlanden und Österreich dokumentiert (MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE 2003-2006, SÖHLKE 2006). In Deutschland schreitet die Verwildern ebenfalls voran und findet hier aktuell ihre nördliche Grenze. Die ältesten Exemplare in Deutschland sind ca. 20 Jahre alt, während der überwiegende Anteil aus den 1990er Jahren stammt. Bei den verwilderten Exemplaren in Deutschland handelt es sich (noch) um sterile Pflanzen. Der nordöstlichste Fundort befindet sich auf Rügen (SÖHLKE 2006).

Von *Prunus laurocerasus* werden zahlreiche unterschiedliche Sorten kultiviert, die sich auch in ihrer Frosthärte unterscheiden. Allgemein gelten die schmalblättrigen Sorten als frost-

resistenter als Sorten mit breiter Blattspreite. Unter den verwilderten Exemplaren in Deutschland überwiegen schmalblättrige Formen. Die Unterschiede zwischen den Sorten werden auch beim Blüh- und Fruchtverhalten deutlich. So gibt es von Sorten, die reichlich blühen und fruchten, bis hin zu nicht blühenden Zuchtformen alle Übergänge (BUNDESGEHÖLZSICHTUNG 2001).

## 2.4 Weitere Arten

### 2.4.1 *Elaeagnus pungens* Thunb.

*Elaeagnus pungens* ist in Japan beheimatet (KRÜSSMANN 1960). Seltene Verwildierungen von *Elaeagnus pungens* im Tessin wurden von SCHRÖTER (1936) beschrieben. Weitere Funde wurden von ZUBER (1979) und GIANONI et al. (1988) dokumentiert, mit zunehmender Häufigkeit. Gegenwärtig gibt es auch fertile Exemplare auf Waldstandorten. *Elaeagnus pungens* verwildert sowohl im Tessin als auch in der Umgebung der großen Seen in Norditalien bis zum Gardasee. Auch aus Großbritannien und von den Kanalinseln sind Verwildierungen der Art bekannt (BSBI 2007). *Elaeagnus pungens* ist ein Spreizklimmer, der mit Hilfe seiner als Widerhaken wirkenden Dornen vorhandenes Geäst durchwächst, um ans Licht zu kommen.

### 2.4.2 *Pittosporum tobira* Ait.

*Pittosporum tobira* ist in China, Japan und Korea verbreitet (ZHOU et al. 2005). Im Westen des Insubrischen Seengebiets sind nur zwei Fundorte für verwilderte *Pittosporum tobira* bekannt; der eine befindet sich auf San Apollinare (die kleinere der Brissago-Inseln), der andere in Brissago. Im Gardaseegebiet ist die Art jedoch verhältnismäßig häufiger zu finden. Auch in Frankreich gibt es an der Grenze zu Spanien Vorkommen (MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE 2003-2006). Im japanischen Heimatgebiet wächst die Art auch auf flachgründigen Böden im Gebirge (NAKAMURA et al. 2000). Dies deutet insgesamt auf eine gewisse Trockenheitstoleranz hin, verglichen mit den anderen diskutierten Arten.

### 2.4.3 *Camellia japonica* L.

Während *Camellia japonica* im Heimatgebiet in Ostasien im Übergang von immergrünen zu sommergrünen Laubwäldern eine auffällige Erscheinung in der Strauch- und unteren Baumschicht ist, tritt die Kamelie auf Waldstandorten südlich der Alpen kaum in Erscheinung. 1731 kamen die ersten Pflanzen nach Europa; südlich der Alpen ist sie in Gärten häufig gepflanzt, bevorzugt aber kalkarme Standorte. In den Gärten kann auch die Verjüngung durch Samen beobachtet werden, aber kaum auf Waldstandorten. Im Unterschied zu den übrigen hier erwähnten immergrünen Laubgehölzen bildet die Kamelie kein Fruchtfleisch (KRÜSSMANN 1960). Dies ist möglicherweise der Grund dafür, dass Vögel nicht für deren Verbreitung sorgen, und der Art somit ein effektiver Vektor fehlt, um sich aus den Gärten in die umliegenden Wälder auszubreiten. Nur selten findet man an Waldstandorten in unmittelbarer Nähe, aber dennoch außerhalb der Gärten, vereinzelt Kamelien, die sich mittlerweile über ein Jahrzehnt dort halten konnten (WALTHER pers. Beob.).

### 2.4.4 *Magnolia grandiflora* L.

Diese aus dem Südosten der USA stammende Art wird häufiger gepflanzt als z.B. *Cinnamomum glanduliferum*, blüht regelmäßig und bildet auch fertile Früchte aus, welche von Vögeln angenommen werden (MÜLLER 2000). Experimentell wurde eine Frostresistenz von -18 – -20 °C festgestellt (SAKAI 1982, SAKAI & LARCHER 1987). Im Heimatgebiet kommen jedoch selten Temperaturen unter -9 °C vor (SCHÜTT & LANG 1998). Diese Eigenschaften würden dafür sprechen, dass es der immergrünen Magnolie auch möglich sein könnte, sich aus den Gärten und Parks in die umliegenden Wälder auszubreiten. Trotzdem liegen keine

Beobachtungen vor, dass dies auch tatsächlich stattgefunden hätte. Über mögliche Gründe kann nur spekuliert werden, es liegt allerdings nahe, diese Gründe nicht bei den klimatischen Bedingungen sondern bei anderen Standortfaktoren zu suchen. Auch hier würde möglicherweise ein Vergleich der ökologischen Bedingungen der Wälder im Heimatgebiet mit denjenigen im Einfuhrgebiet wichtige Hinweise liefern können.

### **2.5 *Laurus nobilis* L.**

*Laurus nobilis* ist im Mediterranen Gebiet beheimatet (BRULLO et al. 2001). Im Insubrischen Seengebiet kommt der Lorbeer vom Lago Maggiore im Westen bis zum Gardasee im Osten durchgehend vor. Die Verbreitung stellt eine nördliche Erweiterung des natürlichen Verbreitungsgebietes dar, die in diesem Gebiet möglicherweise durch die Einfuhr durch den Menschen ermöglicht wurde (GHIRELLI & CHIESURA LORENZONI 1995). Auch in weiteren Teilen Europas wird *Laurus nobilis* gepflanzt, z.B. auf den Britischen Inseln, wo die Art inzwischen vielerorts verwildert (BSBI 2007). In Frankreich erstreckt sich das Verbreitungsgebiet von *Laurus nobilis* entlang der Atlantikküste bis zur Bretagne im Norden (MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE 2003-2006).

Die Verbreitung von *Laurus nobilis* nach Norden wird ebenfalls durch die Wintertemperaturen limitiert. SAKAI & LARCHER (1987) heben die begrenzte Frosthärte der überwinterten generativen Teile hervor und stufen *Laurus nobilis* bezüglich Frostresistenz im Mittelfeld der mediterranen Immergrünen ein.

### **2.6 *Quercus ilex* L.**

Während *Cinnamomum glanduliferum* und *Trachycarpus fortunei* in der Südschweiz und in Norditalien ausschließlich auf Standorten mit guter Wasserverfügbarkeit vorkommen, ist die sklerophylle *Quercus ilex* auf flachgründigen Kalkstandorten verbreitet. Sie tritt am Lago Maggiore zurück, kommt aber am Gardasee verhältnismäßig häufig vor. In den Beständen am Gardasee wurde die Frosttoleranz von *Quercus ilex* im Detail untersucht (LARCHER 1961, 1979, 2000). Am Monte Caslano am Lago di Lugano wurde *Quercus ilex* vor über 100 Jahren gepflanzt (THOMMEN 1946) und kann sich bis heute erfolgreich verjüngen. Der Standort von *Quercus ilex* am Südhang von Monte Caslano ist für das westliche Insubrien außergewöhnlich. Die flachgründigen Kalkböden haben eine geringe Wasserspeicherkapazität. Somit sind die feuchtigkeitsliebenden Immergrünen wie auch viele sommergrüne Arten in ihrer Konkurrenzkraft eingeschränkt, und es gelingt der Steineiche, sich lokal durchzusetzen. Die Standortbedingungen am Monte Caslano erinnern an die Verhältnisse am Gardasee, wo diese Situation großflächiger auftritt.

Im Kernverbreitungsgebiet zeigt *Quercus ilex* keine derartig ausgeprägten edaphischen Präferenzen (BARBERO et al. 1992). Im Insubrischen Gebiet verstärken die edaphischen Verhältnisse jedoch den vorhandenen Niederschlagsgradienten und die Beschränkung von *Quercus ilex* auf Kalkstandorte ist eher auf die geschwächte Konkurrenz anderer Arten auf diesen Standorten zurückzuführen.

In Südengland bildet *Quercus ilex* kleine Wäldchen und Gebüsche an Küstenklippen. Dort herrschen günstige Temperaturbedingungen, außerdem handelt es sich hier ebenfalls um Standorte, die hinsichtlich der edaphischen Verhältnisse eher karg sind. Nach PETERKEN (2001) bildet *Quercus ilex* hier einen für Großbritannien neuen Vegetationstyp, der in der natürlichen Vegetation kein Gegenstück findet.

### **2.7 *Viburnum tinus* L.**

*Viburnum tinus* ist ebenfalls im Mediterranen Gebiet beheimatet und kommt oft assoziiert mit *Quercus ilex* vor (BARBERO et al. 1992). Ähnlich wie bei *Quercus ilex* konzentrieren sich

die Vorkommen von *Viburnum tinus* am Gardasee und im Tessin auf flachgründigere Böden. Im Bereich des Lago di Lugano ist die Art in exponierten Lagen auf Kalksubstrat zu finden. Im eumediterranen Kerngebiet der Verbreitung zeigt die Art keine edaphischen Präferenzen (TORRES et al. 2002).

In Frankreich ist *Viburnum tinus* an der Mittelmeerküste verbreitet. Entlang der Atlantikküste kommt die Art bis in den Norden des Landes vor (MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE 2003-2006). In Großbritannien gibt es zahlreiche Funde, vor allem im Süden Englands und Irlands (BSBI 2007).

## 2.8 *Ilex aquifolium* L.

Als Vertreter der wenigen einheimischen immergrünen Laubholzarten gesellt sich die Stechpalme (*Ilex aquifolium*) zur exotischen immergrünen Pflanzengemeinschaft. *Ilex aquifolium* ist der europäische immergrüne Laubbaum, dessen Verbreitungsgebiet sich am weitesten nach Norden erstreckt. Ihre nördlichste Verbreitung erreicht *Ilex aquifolium* an der norwegischen Westküste. In den letzten Jahren hat sich das Verbreitungsareal der Stechpalme über die historischen Verbreitungsgrenzen hinaus ausgedehnt, und neue nördlichste Vorkommen an der norwegischen Westküste wurden dokumentiert (WALTHER et al. 2005). Auch Vorkommen weiter im Landesinneren sind hinzugekommen (SALVESEN 1996). Die historische Verbreitungsgrenze verlief von Südwest-Norwegen weiter nach Osten hin durch Dänemark. Aktuell erstreckt sich das Verbreitungsgebiet über Dänemark, einschließlich der Insel Bornholm, hinaus. Die neue äußerste Verbreitungsgrenze verläuft entlang der schwedischen Südküste, wo zahlreiche Neufunde von *Ilex aquifolium* gemeldet wurden. Der äußerste nordöstli-

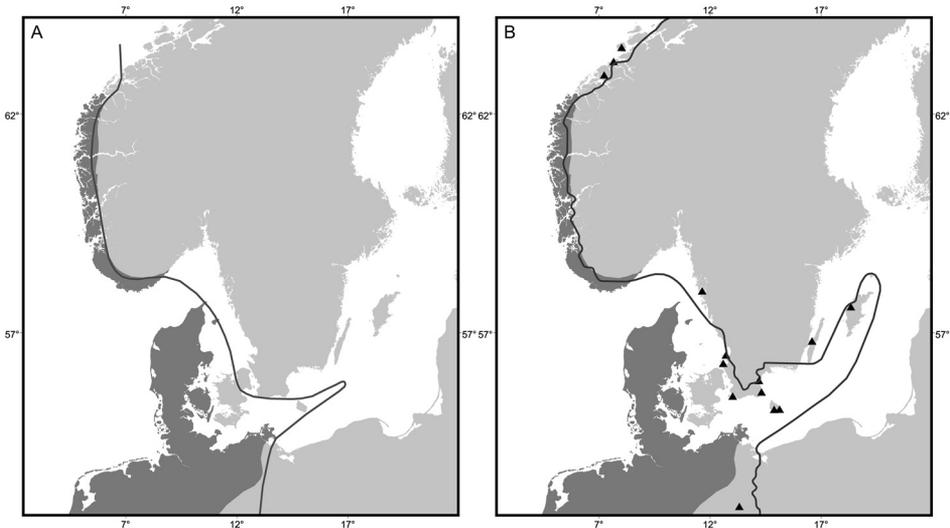


Abb. 6: a) Die Verbreitung von *Ilex aquifolium* und die Januar 0 °C Isotherme (verändert nach WALTER & STRAKA 1970). b) Neue Vorkommen von *Ilex aquifolium* (dreieckige Symbole) und aktualisierte Januar 0 °C Isotherme (1981-2000) (WALTHER et al. 2005).

che Vorposten liegt auf der klimatisch begünstigten Insel Gotland (Abb. 6). Die ältesten Exemplare in Südschweden sind ca. 20 Jahre alt. Auch an der östlichen Verbreitungsgrenze in Deutschland werden derzeit Vorkommen außerhalb des historischen Verbreitungsgebietes verzeichnet (REHSE, unpubl. Daten).

Die nördliche Verbreitung der Stechpalme wird durch starke Frostereignisse limitiert. Die Verbreitung der Stechpalme wird in der Literatur häufig als klassisches Beispiel für ein nach

Norden klimatisch limitiertes Verbreitungsareal zitiert (siehe z.B. BEGON et al. 1996, SITTE et al. 2002 und LARCHER 2003). Dies ist zum Teil auf die Arbeit von IVERSEN (1944) zurückzuführen, der die klimatischen Ansprüche der Stechpalme biogeographisch eingrenzte. Beobachtungen, dass die Stechpalme durch die Winterkälte limitiert wird und dass die nördliche Verbreitungsgrenze ähnlich der 0 °C-Januarisotherme verläuft, finden sich aber auch schon in älteren Literaturquellen (HOLMBOE 1913, ENQUIST 1924, LÖSENER 1919).

IVERSEN (1944) leitete die limitierende Durchschnittstemperatur des kältesten Monats für *Ilex aquifolium* von den Messwerten zahlreicher Klimastationen und dem Vorkommen der Art in deren unmittelbarer Umgebung ab. Eine 2003 wiederholte Untersuchung der *Ilex aquifolium*-Vorkommen in der Umgebung dieser Klimastationen zeigte, dass bei einigen Stationen, die 1944 sowohl geographisch außerhalb des Verbreitungsgebietes als auch klimatisch unterhalb der Temperaturgrenze lagen, mittlerweile Vorkommen von *Ilex aquifolium* auftreten. Die Durchschnittstemperatur des kältesten Monats war an diesen Stationen seitdem über den für *Ilex aquifolium* limitierenden Wert gestiegen (WALTHER et al. 2005).

Experimentelle Untersuchungen zur Frostempfindlichkeit von *Ilex aquifolium* haben gezeigt, dass die Blätter Extremwerte bis -15 °C ertragen können, während bei -18 – -23 °C auch Knospen und Zweige beschädigt werden (SAKAI 1982). Nach einem durch Kälte verursachten vollständigen oberirdischen Absterben kann *Ilex aquifolium* wieder von der Sprossbasis austreiben (IVERSEN 1944, CALLAUCH 1983).

Auch wenn die Januarmitteltemperatur an sich nicht physiologisch wirksam ist, korreliert sie mit den absoluten Minima (PRENTICE et al. 1992). Die Januarmitteltemperatur steht daher auch mit der Häufigkeit der letalen Temperaturvorkommnisse in enger Beziehung und ist somit als ein Maß der Winterhärte geeignet (WOODWARD et al. 2004; siehe auch PETERKEN & LLOYD 1967, SYKES et al. 1996).

*Ilex aquifolium* ist diözisch, die roten Früchte bleiben den Winter über an der weiblichen Pflanze erhalten. Sie werden vorwiegend durch Vögel verbreitet. *Ilex aquifolium* kann sowohl als Strauch als auch baumförmig wachsen. In Buchenwaldbeständen bleibt *Ilex aquifolium* meist auf die Strauchschicht beschränkt, während die Art an Lichtungen und in lichterem Waldbeständen auch baumförmigen Wuchs aufweist (POTT 1990). An der Verbreitungsgrenze überwiegt die niederliegende Wuchsform.

In globaler Betrachtung wird die immergrüne Laubwaldzone durch tiefe Wintertemperaturen limitiert und das Auftreten von Minimatemperaturen unter -15 °C ist dabei ein wichtiger Schwellenwert (WOODWARD 1987, 2004). Jedoch zeigt sich bei der Betrachtung der einzelnen Arten, dass dies nur ein grober Richtwert sein kann. Jede Art wird durch spezifische Parameter limitiert, die von ihren biologischen Eigenschaften abhängig sind. Für die Interpretation der beobachteten Arealveränderungen ist es erforderlich, diese Parameter auf Artebene einzugrenzen und zu interpretieren.

### 3. Diskussion

Die mittlere Jahrestemperatur in Europa ist über das letzte Jahrhundert um 0.95 °C angestiegen, was überwiegend auf mildere Winter zurückzuführen ist. Die Rate der Erwärmung hat gegen Ende des Jahrhunderts zugenommen, und die 1990er Jahre waren das wärmste Jahrzehnt in diesem Zeitraum (EEA 2004, IPCC 2001). Die Wintertemperatur ist ein wichtiger Faktor, der die globale Verbreitung immergrüner Laubgehölze polwärts limitiert (z.B. BOX 1981, SAKAI & LARCHER 1987, WALTER & BRECKLE 1999, WOODWARD et al. 2004). Immergrüne Laubgehölze profitieren an den Nord- und Obergrenzen ihrer Verbreitung von den milderen Wintern, in dem das Risiko letaler Frostschäden sinkt. Die Häufigkeit und

Schwere subletaler Frostschäden, die kompensiert werden müssen, nehmen ebenfalls ab, und so wird das Überleben in ehemals unbesiedelbaren Gebieten durch die Erwärmung ermöglicht. Des Weiteren können immergrüne Laubgehölze im Gegensatz zu sommergrünen Arten die frostfreien Perioden im Winter auch für die Photosynthese nutzen (ZELLER 1951, FISCHER & FELLER 1994, OLIVEIRA & PEÑUELAS 2004).

Zunehmend milde Winter erlaubten in der Südschweiz das Überleben von zahlreichen verwilderten, eingeführten Arten (WALTHER 2000, 2002). Auch in anderen wintermilden Gebieten wie z.B. Großbritannien konnten sich viele dieser exotischen Arten etablieren (BSBI 2007, BERGER et al. 2007). Besonders winterharte Exoten wie *Mahonia aquifolium*, *Prunus laurocerasus* und *Aucuba japonica* verwildern inzwischen auch in Deutschland (SCHMITZ et al. 2004, BFN 2007).

Bei Arten wie *Ilex aquifolium* und *Laurus nobilis* stellen die neu besiedelten Gebiete eine Erweiterung des natürlichen Verbreitungsareals dar. Jedoch werden die Arten zusätzlich anthropogen gefördert, indem sie außerhalb des historischen Verbreitungsareals gepflanzt werden. Diese Exemplare stehen als Samenquellen für die Ausbreitung zur Verfügung, die Expansion wird somit beschleunigt.

Auch bei weiteren einheimischen immergrünen Arten wurde eine Ausbreitungstendenz festgestellt. Bei *Viscum album* ssp. *austriacum* wurde in den Alpen eine Aufwärtsverschiebung in höhere Lage nachgewiesen und als Folge der mildereren Winter interpretiert. Die obere Verbreitungsgrenze von *Viscum album* ssp. *austriacum* liegt jetzt ca. 200 m höher als vor 100 Jahren (DOBBERTIN et al. 2005). Bei *Hedera helix* wurde in Wäldern um Göttingen (und anderenorts), wo früher die Bodenform vorherrschend war, eine deutliche Zunahme der anspruchsvolleren Baumform verzeichnet, einhergehend mit milder werdenden Wintern (DIERSCHKE 2005). Es profitieren also unterschiedliche immergrüne Arten von der Erwärmung, sowohl die wenigen einheimischen als auch verwilderte Exoten.

Niedrige Temperaturen wirken über verschiedene biologische Funktionen limitierend. -15°C als Minimumtemperatur wird als ein wichtiger Schwellenwert für frostharte immergrüne Laubholzarten angesehen (BOX 1981), jedoch variieren die bioklimatischen Grenzen artspezifisch, in Abhängigkeit unterschiedlicher biologischer Merkmale der einzelnen Arten (siehe z.B. SAKAI & LARCHER 1987, WALTHER 1999). Zusätzlich zur Winterhärte, ausgedrückt durch Mittel- oder Extremwerte der Wintermonate, können auch weitere Temperaturparameter mitverantwortlich für die nördlichen Verbreitungsgrenzen der Arten sein. Beispielsweise ist die Verbreitung von *Ilex aquifolium* vor allem durch die Wintertemperatur limitiert, während bei *Prunus laurocerasus* zusätzlich eine ausreichende Vegetationsperiode für die Samenreife erforderlich ist (ADAMOVIĆ 1909, SÖHLKE 2006). Die Reproduktionsfähigkeit ist an die Länge der Vegetationsperiode geknüpft, und die Art ist nicht in der Lage, gleich weit nördlich vorzudringen wie *Ilex aquifolium*, trotz der Verträglichkeit ähnlich tiefer Wintertemperaturen. Insbesondere für Arten mit subtropischem Verbreitungsschwerpunkt wie z.B. *Trachycarpus fortunei* kann die Sommerwärme (mit-)entscheidend sein, um gegebenenfalls Biomasseverluste, die durch (Frost-)Schäden im Winterhalbjahr entstanden sind, im Sommerhalbjahr ausgleichen zu können und kontinuierliche Wachstumsfortschritte zu gewährleisten (WALTHER et al. 2007).

Nicht nur hinsichtlich ihrer Frostresistenz differieren die Arten. Während einige der behandelten Arten, wie z.B. *Cinnamomum glanduliferum* und *Trachycarpus fortunei*, auf ein niederschlagsreiches Klima angewiesen sind, vertragen andere Arten, wie z. B. *Ilex aquifolium*, *Laurus nobilis* und *Quercus ilex*, mehr Trockenheit (BERGER & WALTHER 2006). Diese Arten sind auch im (sub-)Mediterranen Gebiet verbreitet, wo die Sommertrockenheit z.B. für *Cinnamomum glanduliferum* und *Trachycarpus fortunei* bereits zu stark ausgeprägt ist.

Für das kleinräumige Verbreitungsmuster der Arten spielen nicht nur makroklimatische Faktoren sondern auch die lokalen Standortverhältnisse eine Rolle, wie beispielsweise Bodenbeschaffenheit und der Eintrag von Diasporen.

Innerhalb der Gruppe der hier vorgestellten immergrünen Arten sind unterschiedliche biologische Eigenschaften ausschlaggebend für die Verbreitung der einzelnen Arten. Alle haben jedoch gemeinsam, dass sie, wenn auch bei unterschiedlichen Schwellenwerten, empfindlich auf niedrige Wintertemperaturen reagieren und ihre nördliche Verbreitung durch die Winterhärte limitiert wird. Ihre Zunahme als Reaktion auf die milder werdenden Winter der letzten Jahrzehnte spiegelt dies wider, und die immergrünen Laubgehölze eignen sich dadurch besonders gut als Indikatoren für den Klimawandel in gemäßigten Breiten.

## Danksagung

Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen folgender Projekte erarbeitet: EU FP 6 IP „ALARM“ (GOCE-CT-2003-506675), F+E Vorhaben FKZ 805 81 001 des BfN und DFG-Projekt WA 1523/5-1.

Aktuelle Verbreitungsangaben wurden von G. CARRARO (Dionea, Locarno) zur Verfügung gestellt. Des Weiteren danken die Autoren allen Personen, die mit Hinweisen auf Vorkommen der behandelten Arten beigetragen haben.

## Zusammenfassung

Das Großklima ist ein wichtiger Faktor, der die geographischen Verbreitungsmuster der Pflanzen bestimmt. In den letzten Jahrzehnten wurde eine Erwärmung der Erdatmosphäre festgestellt, was folglich Konsequenzen für die Vegetation hat. Immergrüne Laubgehölze sind in Mitteleuropa an der Nordgrenze ihrer Verbreitung, welche nach Norden hin durch tiefe Wintertemperaturen limitiert wird. Jedoch wird jede Art durch spezifische Parameter limitiert, die von ihren biologischen Eigenschaften abhängen. Für die Interpretation der beobachteten Arealveränderungen ist es erforderlich, diese Parameter auf Artebene einzugrenzen und zu interpretieren. Dieser Beitrag diskutiert wichtige limitierende Parameter einiger ausgewählter immergrüner Arten und gibt einen Überblick über die aktuelle Verbreitungssituation aus mitteleuropäischer Perspektive. Sowohl indigene als auch exotische Arten, die in den letzten Jahren verwildern konnten, werden berücksichtigt.

## Literatur

- ADAMOVIĆ, L. (1909): Die Vegetationsverhältnisse der Balkanländer. 567 S. – Engelmann, Leipzig.
- BARBERO, M., R. LOISEL & P. QUEZEL (1992): Biogeography, Ecology and History of Mediterranean *Quercus ilex*-Ecosystems. – *Vegetatio* **100**: 19-34. Dordrecht.
- BÄRTELS, A. (1991): *Prunus laurocerasus*, die Lorbeerkirsche. – *Baumschulpraxis* **8**: 324-327.
- BARUAH, A. & S. C. NATH (2006): Leaf Essential Oils of *Cinnamomum glanduliferum* (Wall) Meissn and *Cinnamomum glaucescens* (Nees) Meissn. – *Journal of Essential Oil Research* **18**: 200-202.
- BEGON, M., J. L. HARPER & C. R. TOWNSEND (1996): *Ecology – individuals, populations and communities*. 3. Aufl. 1068 S. – Blackwell, Oxford.
- BERGER, S. & G.-R. WALTHER (2006): Distribution of evergreen broad-leaved woody species in Insubria in relation to bedrock and precipitation. – *Botanica Helvetica* **116**: 65-77.
- BERGER, S., G. SÖHLKE, G.-R. WALTHER & R. POTT (2007): Bioclimatic limits and range shifts of cold-hardy evergreen broad-leaved species at their northern distributional limit in Europe. – *Phytocoenologia*, in press. Berlin.
- BfN (2007): Floraweb. – BfN, URL: <http://www.floraweb.de>, gelesen am 30.04.07.

- BOX, E. O. (1981): Macroclimate and plant forms: An introduction to predictive modelling in phytogeography. (Tasks for Vegetation Science 1.) 271 S. – Junk Publishers, The Hague.
- BRULLO, S. & R. GUARINO (1998): The forest vegetation from the Garda lake (N Italy). – *Phytocoenologia* **28**: 319-355. Berlin.
- BRULLO, S., E. COSTANZO & V. TOMASELLI (2001): Phytosociological study on the *Laurus nobilis* communities in the Hyblaean Mountains (SE Sicily). – *Phytocoenologia* **31**: 249-270. Berlin.
- BSBI (2007): BSBI Atlas Update Project. – Botanical Society of the British Isles, URL: <http://www.bsbiatlas.org.uk/main.php>, gelesen am 30.04.07.
- BUNDESGEHÖLZSICHTUNG (2001): *Prunus laurocerasus*. – Bund Deutscher Baumschulen, Pinneberg & Bundessortenamt, Hannover. URL: [http://www.gehoelzsichtung.de/index\\_prunus.htm](http://www.gehoelzsichtung.de/index_prunus.htm), gelesen am 30.04.07.
- CALLAUCH, R. (1983): Untersuchungen zur Biologie und Vergesellschaftung der Stechpalme (*Ilex aquifolium*). – Dissertation, Universität Kassel.
- CARRARO, G., P. GIANONI, R. MOSSI, F. KLÖTZLI & G.-R. WALTHER (1999): Observed changes in vegetation in relation to climate warming. Final Report NRP 31. ETH, Zürich.
- CARRARO, G., G. GIANONI, R. MOSSI, F. KLÖTZLI & G.-R. WALTHER (2001): Observed changes in vegetation in relation to climate warming. – In: BURGA, C. A. & A. KRATOCHWIL (Hrsg.): Biomonitoring: General and applied aspects on regional and global scales, S. 195-205. (Tasks for vegetation science 35.) – Kluwer academic publishers, Dordrecht.
- DELECTIS FLORAE REIPUBLICAE POPULARIS SINICAE (1991): Flora Reipublicae Popularis Sinicae **13** (1) Palmae. – Science Press, Beijing.
- DIERSCHKE, H. (2005): Laurophyllisation – auch eine Erscheinung im nördlichen Mitteleuropa? Zur aktuellen Ausbreitung von *Hedera helix* in sommergrünen Laubwäldern. – *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft* **17**: 151-168. Hannover.
- DIRR, M. A. & O. M. LINDSTROM (1990): Leaf and Stem Cold Hardiness of 17 Broadleaf Evergreen Taxa. – *Journal of Environmental Horticulture* **8**: 71-73.
- DOBBERTIN, M., N. HILKER, M. REBETZ, N. E. ZIMMERMANN, T. WOHLGEMUTH & A. RIGLING (2005): The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Switzerland – the result of climate warming? – *International Journal of Biometeorology* **50**: 40-47.
- EEA (2004): EUA Signale 2004. Aktuelle Informationen der Europäischen Umweltagentur zu ausgewählten Themen. 36 S. – Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg.
- ENQUIST, F. (1924): Sambandet mellan klimat och växtgränser. *Geol. Fören. Förhandl.* **46**: 202-213.
- FISCHER, A. & U. FELLER (1994): Seasonal changes in the pattern of assimilatory enzymes and proteolytic activities in leaves of juvenile ivy. – *Annals of Botany* **74**: 389-396.
- FLÜCKIGER, F. A. (1887): The distribution of Safröl. – *American Journal of Pharmacy* **59** (8): 1-3.
- GHIRELLI, L. & F. CHIESURA LORENZONI (1995): Le cenosi a leccio dell'area gardesana. – *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.* **69**: 53-61. Trento.
- GIANONI, G., G. CARRARO & F. KLÖTZLI (1988): Thermophile, an laurophyllen Pflanzenarten reiche Waldgesellschaften im hyperinsubrischen Seengebiet des Tessins. – *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel* **54**: 164-180, Zürich.
- HEGI, G. (1932): Fremdlinge der Schweizer Flora. – *Schweizer Blätter für Naturschutz* **7**: 37-59. Zit. in BODMER, H.-C., L. PAUL & O. HOLDENRIEDER (1999): Shaping the Mountain of Truth: An introduction to the Monte Verità. In: KLÖTZLI, F. & G.-R. WALTHER (Hrsg.): Conference on recent shifts in vegetation boundaries of deciduous forests, especially due to general global warming. S. 1-13. – Birkhäuser, Basel.
- HOLMBOE, J. (1913): Kristtornen i Norge. – *Bergens Museums Aarbok* **7**: 1-91. Bergen.
- HÜBL, E. (1988): Lorbeerwälder und Hartlaubwälder (Ostasien, Mediterraneis und Makronesien). – *Düsseldorfer Geobot. Kolloq.* **5**: 3-26. Düsseldorf.
- IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 881 S. – Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. 18 S. – IPCC, Genf.
- IVERSEN, J. (1944): *Viscum, Hedera* and *Ilex* as Climate Indicators. – *Geol. Fören. Förhandl.* **66**: 463-483.
- JACOBI, K. (1998): Palmen für Haus und Garten. 4. Aufl., 127 S. – BLV, München.

- KLÖTZLI, F., G.-R. WALTHER, G. CARRARO & A. GRUNDMANN (1996): Anlaufender Biomwandel in Insubrien. – Verh. Ges. Ökol. **26**: 537-550.
- KNY, L. (1882): Die Gärten des Lago Maggiore. – Parey, Berlin.
- KOVAR-EDER, J., Z. KVAČEK, E. MARTINETTO & P. ROIRON (2006): Late Miocene to Early Pliocene vegetation of southern Europe (7-4 Ma) as reflected in the megafossil plant record. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology **238**: 321-339.
- KRÜSSMANN, G. (1960): Handbuch der Laubgehölze. Band 1, 495 S. – Paul, Berlin.
- LARCHER, W. (1961): Zur Assimilationsökologie der immergrünen *Olea europaea* und *Quercus ilex* und der sommergrünen *Quercus pubescens* im nördlichen Gardaseegebiet. – Planta **56**: 607-617.
- LARCHER, W. (1979): Climate and plant life of Arco. 159 S. – Azienda autonoma di cura e soggiorno, Arco.
- LARCHER, W. (2000): Temperature stress and survival ability of Mediterranean sclerophyllous plants. – Plant Biosystems **134**: 279-295.
- LARCHER, W. (2003): Physiological plant ecology. 4. Aufl. 513 S. – Springer, Berlin.
- LÖSENER, T. (1919): Über die Aquifoliaceen, besonders über *Ilex*. – Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. **28**: 1-66.
- LÖTSCHERT, W. (1995): Palmen: Botanik, Kultur, Nutzung. 2. Aufl., 159 S. – Ulmer, Stuttgart.
- MAI, D. H. (1995): Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas. 691 S. – Fischer, Jena.
- MEDUNA, E., J. J. SCHNELLER & R. HOLDEREGGER (1999): *Prunus laurocerasus* L., eine sich ausbreitende nichteinheimische Gehölzart: Untersuchungen zu Ausbreitung und Vorkommen in der Nordostschweiz. – Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz **8**: 147-155.
- MÜLLER, A. (2000): Zur Bedeutung der Vögel für die Ausbreitung von exotischen Pflanzen. Diplomarbeit. – Geobotanisches Institut, ETH Zürich.
- MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE (Hrsg.) (2003-2006): Inventaire national du Patrimoine naturel. URL: <http://inpn.mnhn.fr>, Version 02.04.07, gelesen am 30.04.07
- NAKAMURA, Y., W. W. DE LA TORRE, M. J. DEL-ARCO AGUILAR & J. A. REYES-BETANCORT (2000): A phytosociological study on Mediterranean laurel forest area of Tenerife, Canary Islands - in comparison with Japanese laurel forest landscape area of Izu, Central Japan. – Phytocoenologia **30**: 613-632. Berlin.
- OBERDORFER, E. (1964): Der insubrische Vegetationskomplex, seine Struktur und Abgrenzung gegen die submediterrane Vegetation in Oberitalien und in der Südschweiz. – Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschl. **23**: 141-187. Karlsruhe.
- OLIVEIRA, G. & J. PEÑUELAS (2004): Effects of winter cold stress on photosynthesis and photochemical efficiency of PSII of the Mediterranean *Cistus albidus* L. and *Quercus ilex* L. – Plant Ecology **175**: 179-191.
- PARMESAN, C. & G. YOHE (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. – Nature **421**: 37-42.
- PERRING, F. H. & S. M. WALTERS (1962): Atlas of the British Flora. 2. Aufl., 432 S. – Thomas Nelson and Sons, London.
- PETERKEN, G. F. & P. S. LLOYD (1967): Biological Flora of the British Isles: *Ilex aquifolium* L. – Journal of Ecology **55**: 841-858.
- PETERKEN, G. F. (2001): Ecological effects of introduced tree species in Britain. – Forest Ecology and Management **141**: 31-42.
- POTT, R. (1990): Die nacheiszeitliche Ausbreitung und heutige pflanzensoziologische Stellung von *Ilex aquifolium* L. – Tuexenia **10**: 497-512. Göttingen.
- PRENTICE, I. C., W. CRAMER, S. P. HARRISON, R. LEEMANS, R. A. MONSERUD & A. M. SOLOMON (1992): A Global Biome Model Based on Plant Physiology and Dominance, Soil Properties and Climate. – Journal of Biogeography **19**: 117-134.
- RAVINDRAN, P. N., K. NIRMAL BABU & M. SHYLAJA (Hrsg.) (2004): Cinnamon and Cassia -The genus *Cinnamomum*. – CRC Press, Boca Raton.
- REISIGL, H. (1996): Insubrien und das Gardaseegebiet - Vegetation, Florengeschichte, Endemismus. – Ann. Mus. civ. Roverto **11**: 9-25. Rovereto.
- ROOT, T. L., J. T. PRICE, K. R. HALL, S. H. SCHNEIDER, C. ROSENZWEIG & J. A. POUNDS (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants. – Nature **421**: 57-60.
- SAKAI, A. (1982): Freezing Resistance of Ornamental Trees and Shrubs. – J. Amer. Soc. Hort. Sci. **107**: 572-581.
- SAKAI, A. & W. LARCHER (1987): Frost Survival of Plants. (Ecological studies **62**.) 321 S. – Springer, Berlin.

- SALVESEN, P. H. (1996): *Ilex aquifolium* L. in Norway. – Holly Society Journal **14**: 3-8.
- SCHMID, E. (1956): Flora des Südens. 2. Aufl., 167 S. – Rascher, Zürich.
- SCHMITZ, G., G. KASPAREK & K. ADOLPHI (2004): *Aucuba japonica* Thunb. ex Murr. (Cornaceae) auf dem Weg der Naturalisation? – Floristische Rundbriefe **37**: 5-9. Bochum.
- SCHRÖTER, C. (1936): Flora des Südens. 151 S. – Rascher, Zürich.
- SCHÜTT, P. & U. LANG (1998): *Magnolia grandiflora*. 6 S. (Enzyklopädie der Holzgewächse III-2). – Ecomed, Landsberg am Lech.
- SCHWARB, M., C. DALY, C. FREI & C. SCHÄR (2000): Mittlere jährliche Niederschlagshöhen im europäischen Alpenraum 1971-1990. – Hydrologischer Atlas der Schweiz, Bern.
- SITTE, P., E. W. WEILER, J. W. KADEREIT, A. BRESINSKY & C. KÖRNER (2002): Strasburger Lehrbuch der Botanik. 35. Aufl., 1123 S. – Spektrum, Heidelberg.
- SÖHLKE, G. (2006): Aktuelle und potenzielle Verbreitung der Lorbeer-Kirsche *Prunus laurocerasus* L. in Deutschland und angrenzenden Gebieten. Diplomarbeit. – Institut für Geobotanik, Universität Hannover.
- STAUB, M. (1905): Die Geschichte des Genus *Cinnamomum*. – Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn **19**: 13-30.
- SYKES, M. T., I. C. PRENTICE & W. CRAMER (1996): A bioclimatic model for the potential distributions of north European tree species under present and future climates. – Journal of Biogeography **23**: 203-223.
- THOMMEN, E. (1946) Observations sur la flore du Tessin. – Bollettino della Società di Scienze Naturali **41**: 27-50.
- TORRES, J. A., F. VALLE, C. PINTO, A. GARCIA-FUENTES, C. SALAZAR & E. CANO (2002): *Arbutus unedo* L. communities in southern Iberian Peninsula mountains. – Plant Ecology **160**: 207-223.
- VOIGT, A. (1920): Beiträge zur Floristik des Tessins. – Berichte der Schweizerischen botanischen Gesellschaft **26/29**: 332-357. Zürich.
- WALTER, H. & S.-W. BRECKLE (1999): Vegetation und Klimazonen. 7. Aufl., 544 S. – Ulmer, Stuttgart.
- WALTER, H. & H. STRAKA (1970): Arealkunde. Floristisch-historische Geobotanik. 2. Aufl. 478 S. – Ulmer, Stuttgart.
- WALTHER, G.-R. (1999): Distribution and limits of evergreen broad-leaved (laurophyllous) species in Switzerland. – Botanica Helvetica **109**: 153-167.
- WALTHER, G.-R. (2000): Climatic forcing on the dispersal of exotic species. – Phytocoenologia **30**: 409-430. Berlin.
- WALTHER, G.-R. (2001): Laurophyllisation - a sign of a changing climate? – In: BURGA, C. A. & A. KRATOCHWIL (Hrsg.): Biomonitoring: General and Applied Aspects on Regional and Global Scales, S. 207-223. (Tasks for vegetation science **35**). – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- WALTHER, G.-R. (2002): Weakening of climatic constraints with global warming and its consequences for evergreen broad-leaved species. – Folia Geobotanica **37**: 129-139.
- WALTHER, G.-R. (2004): Plants in a warmer world. – Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics **6**: 169-185.
- WALTHER, G.-R., C. A. BURGA & P. J. EDWARDS (Hrsg.) (2001): "Fingerprints" of Climate Change – Adapted behaviour and shifting species ranges. 329 S. – Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- WALTHER, G.-R., S. BERGER & M. T. SYKES (2005): An ecological 'footprint' of climate change. – Proc. R. Soc. B **272**: 1427-1432. London.
- WALTHER, G.-R., E. GRITTI, S. BERGER, T. HICKLER, Z. TANG & M. T. SYKES (2007): Palms tracking climate change. – Global Ecology and Biogeography, in press. Online Early publikation Doi: 10.1111/j1466-8238.2007.00328.x
- WOHLGEMUTH, T., K. BOSCHI & P. LONGATTI (2007): Swiss Webflora. – WSL, URL: <http://www.wsl.ch/land/products/webflora/welcome-de.ehtml>, gelesen am 30.04.07.
- WOODWARD, F. I. (1987): Climate and Plant Distribution. 192 S. – Cambridge University Press, Cambridge.
- WOODWARD, F. I., M. R. LOMAS & C. K. KELLY (2004): Global climate and the distribution of plant biomes. – Philos. Trans. R. Soc. B **359**: 1465-1476. London.
- WU, Z.-Y. & T.-Y. DING (1999): Seed plants of China. – Yunnan Science and Technology Press, Kunming.

- XI-WEN, L., L. JIE, H. PUHUA & H. VAN DER WERFF (2007): Lauraceae. (Draft). URL: [http://flora.huh.harvard.edu/china/mss/volume07/Lauraceae-MO\\_edited.htm](http://flora.huh.harvard.edu/china/mss/volume07/Lauraceae-MO_edited.htm), gelesen am 30.04.07.
- ZELLER, O. (1951): Über die Assimilation und Atmung der Pflanze im Winter bei tiefen Temperaturen. – *Planta* **39**: 500-526. Berlin.
- ZHOU, Q., D. FU & X. JIN (2005): Floral morphology and anatomy of *Pittosporum tobira* (Pittosporaceae). – *Nordic Journal of Botany* **23**: 345-352. Kopenhagen.
- ZUBER, R. K. (1979): Untersuchungen über die Vegetation und die Wiederbewaldung einer Brandfläche bei Locarno (Kanton Tessin). – Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen **65**. Zürich.

Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Biol. Silje Berger, Institut für Geobotanik, Leibniz Universität Hannover, Nienburger Str. 17, D-30167 Hannover.

Email: [berger@geobotanik.uni-hannover.de](mailto:berger@geobotanik.uni-hannover.de)

PD Dr. Gian-Reto Walther, LS Pflanzenökologie, Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth.

Email: [Gian-Reto.Walther@uni-bayreuth.de](mailto:Gian-Reto.Walther@uni-bayreuth.de)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s): Berger Silje, Walther Gian-Reto

Artikel/Article: [Immergrüne Laubgehölze – Indikatoren des Klimawandels? 44-59](#)