

Aspekte der Laurophyllisierung der Wälder im Gebiet Südtessin (CH) - Lago Maggiore (IT) und die globale Erwärmung



Masterarbeit (Modul GEO 511) am Geographischen Institut der Universität Zürich von

Vincent Fehr

(Matr.-Nr.: 08-713-638)

Betreuung:

Prof. Dr. Conradin A. Burga

Fakultätsvertreter:

Prof. Dr. Michael W. I. Schmidt

Schaffhausen, 29. September 2014

Dank

Während meiner Masterarbeit wurde ich von verschiedenen Personen unterstützt. Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Conradin A. Burga für seine fachkundige Betreuung und Korrektur der Masterarbeit. Er begleitete mich mehrmals bei Feldbegehungen, half mir bei auftretenden Fragen und Problemen weiter und wartete mit wertvollen Anregungen auf. Insbesondere durch sein enormes Fachwissen hat er mir neue Einblicke in die Vegetationsgeographie ermöglicht. Bei Prof. Dr. Michael W.I. Schmidt als Fakultätsvertreter, möchte ich mich für die Unterstützung und Ermöglichung der vorliegenden Arbeit bedanken. Prof. Dr. Markus Egli möchte ich für das Ausleihen des Baumzuwachsbohrers und das Gespräch über die Altersbestimmung laurophyller Arten danken. Ein grosser Dank gilt auch meinem Vater, meiner Freundin Sunna Seithel und Claudio Geyer, welche mich bei den Feldarbeiten begleiteten. Des Weiteren möchte ich mich bei meinen Eltern Sandra und Jean-Luc bedanken, die mich während meines Studiums grosszügig unterstützt haben und mir immer mit Rat und Tat zur Seite standen.

Zusammenfassung

Seit Ende der 1980er Jahre kann in den tiefgelegenen Wäldern (< 600 m) des Südtessins und des angrenzenden Italiens die Ausbreitung gebietsfremder, thermophiler, immergrün-hartlaubiger (laurophyller) Laubgehölze, welche in den Gärten und Parks kultiviert werden, beobachtet werden. Dieser Prozess wird allgemein als Laurophyllisierung bezeichnet.

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, in welchem Ausmass sich die Laurophyllisierung seit den letzten grösseren Erhebungen von Walther (2000) und Küttel (2001) entwickelt hat, wie sich die Verteilung der Laurophyllen auf die vertikalen Schichten der Waldstruktur präsentiert und ob neue laurophyll Arten hinzugekommen sind. Zudem befasst sich diese Arbeit mit der Frage, inwiefern die sich veränderten klimatischen Verhältnisse der letzten vier Jahrzehnte die Ausbreitung der laurophyllen Arten beeinflusst haben, unter welchen ökologischen Bedingungen die verschiedenen laurophyllen Arten besonders gut gedeihen und in welchem Masse sich im Untersuchungsgebiet bereits Ansätze zur Entwicklung neuer Waldgesellschaften abzeichnen.

Für die Beantwortung dieser Fragestellungen wurden 46 Vegetationsaufnahmen im Südtessin und am Nordende des Lago Maggiore in Italien – auch an von den Seen entfernten Standorten – durchgeführt. Von den laurophyllen Arten wurde die genaue Anzahl an Individuen erfasst und deren Wuchshöhe abgeschätzt. Des Weiteren wurde die Artendiversität und die Homogenität der Artenverteilung in den Aufnahmen mittels des Shannon-Wiener-Indexes bzw. der Evenness berechnet. Die Hauptresultate der vorliegenden Masterarbeit sind wie folgt:

- In 28 von 46 Vegetationsaufnahmen sind die Laurophyllen bereits in die Baumschicht vorgestossen oder sind kurz davor, dies zu tun. Zudem sind die laurophyllen Arten auch an den von Seen entfernten Standorten weit verbreitet. Bei den bisherigen Untersuchungen waren die Laurophyllen grösstenteils noch in der Strauchschicht vorzufinden. Folglich ist der Prozess der Laurophyllisierung während der letzten Jahre stark fortgeschritten.
- Am häufigsten sind der Echte Lorbeer (*Laurus nobilis*), die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) und der Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) anzutreffen. An einigen Standorten sind der Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*), die Dornige Ölweide (*Elaeagnus pungens*), das Japanische Geissblatt (*Lonicera japonica*) und die Steineiche (*Quercus ilex*) verbreitet. Es wurden keine neuen, ausgewilderten laurophyllen Arten entdeckt.
- Unter 350 m ü. M. und in einer Zone von ca. 50 bis 150 m um Siedlungen weisen die laurophyllen Arten die höchste Dichte auf, da dort die klimatischen Bedingungen optimal sind und durch die grosse Anzahl an fertilen Mutterpflanzen in den Gärten ein hoher Ausbreitungsdruck vorherrscht. Bis in Höhen von 480 m ü. M. (und wahrscheinlich auch noch in höher gelegenen Gebieten) und weiter von Siedlungen entfernt sind die laurophyllen Arten extrazonal in „Herden“ vertreten (Verbreitung hauptsächlich durch Vögel). Die Nähe zu fertilen Mutterpflanzen von Laurophyllen und deren Häufigkeit haben einen sehr grossen Einfluss auf die Ausbreitung laurophyller Arten.
- Die Tendenz eines Biomwandels von den laubabwerfenden Wäldern des gemässigten Zonobioms VI in Richtung der feuchten, immergrünen Lorbeerwälder des warmtemperierten Zonobioms V ist festzustellen. Einige Waldstandorte können bereits der neuen Waldgesellschaft des sogenannten insubrischen Lorbeerwaldes (*Laurisilva insubrica*, Carraro 2010) zugeordnet werden. An einigen Standorten ist die Entwicklung eines insubrischen Stechpalmenwaldes (*Ilici-Fagetum forma insubrica*) zu beobachten.

- Die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) und das Japanische Geissblatt (*Lonicera japonica*) sind in der Lage, auch die nassen Auenwaldböden der Magadino-Ebene zu besiedeln.
- Das gemässigte Auftreten von Laurophyllen in der Strauchschicht kann zu einer erhöhten Artendiversität führen. Dominieren die laurophyllen Arten aber in der Baumschicht mit geschlossenem Blätterdach, fällt die Artendiversität meist nur noch gering aus.
- Die überdurchschnittlich milden Winter der vergangenen 40 Jahre, welche höchstwahrscheinlich im Zusammenhang mit der globalen Erwärmung stehen, haben die Laurophyllisierung stark begünstigt. Ohne diese Veränderungen hätte sich der frostempfindliche Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*) wahrscheinlich nicht in grösserer Masse ausbreiten können. Die Ausbreitung frosttoleranterer Arten wie des Kirschlorbeers (*Prunus laurocerasus*) und der Chinesischen Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) wäre wahrscheinlich auch ohne die für sie günstigeren Klimabedingungen erfolgt. Hier haben anthropogen bedingte Faktoren, wie ein erhöhter Ausbreitungsdruck durch die zunehmende Besiedlung (Zunahme von fertilen Mutterpflanzen in den Gärten) und die geringere Nutzung der Wälder seit dem Zweiten Weltkrieg, die Ausbreitung entscheidend gefördert. Den direkten Einfluss der globalen Erwärmung auf den Prozess der Laurophyllisierung zu beurteilen war nur annähernd möglich, da es sich dabei um einen ausserordentlich komplexen Sachverhalt handelt. Die grösste Schwierigkeit bildete dabei die Separierung der natürlichen Signale (klimatologische Aspekte bzgl. der Pflanzenökologie) von den oben genannten anthropogen bedingten Faktoren.
- Es ist anzunehmen, dass der Prozess der Laurophyllisierung, bei anhaltendem Trend hin zu wärmeren klimatischen Bedingungen, im Untersuchungsgebiet weiter fortschreiten wird.

Summary

Since the end of the 1980s, a process of 'laurophyllisation' has been observed in the lower forests (< 600 m) of southern Ticino and neighboring Italy. This is the spread of foreign, thermophilic, evergreen, broad-leaved (laurophyllous) trees and shrubs, cultivated in parks and gardens.

This Master's thesis examines the degree of laurophyllisation and development of this process since the last surveys by Walther (2000) and Küttel (2001). In addition, it investigates how the distribution of the laurophyllous species in the vertical layers of the forest structure is presented and whether new species have been detected spreading in the forest. It examines the extent to which the changing climatic conditions of the past 40 years have contributed to the spread of the laurophyllous species, under which ecological conditions the various laurophyllous thrive, and if a tendency to the development of new forest communities has been detected.

To answer these questions, 46 vegetation assessments were conducted in southern Ticino and the northern region around Lake Maggiore in Italy, also in areas away from the direct influence of the lakes. The exact number of individuals of the laurophyllous species was recorded and their height estimated. In addition, the species diversity and homogeneity of the species distribution were calculated using the Shannon-Wiener-Index and Evenness. The results were as follows:

- In 28 of the 46 vegetation assessments, the laurophyllous species have extended into the tree layer. They are also spreading at sites away from the lakes. In previous surveys, the majority of laurophyllous individuals were encountered in the shrub layer. Therefore, the process of laurophyllisation has advanced very quickly over the last few years.
- The laurel tree (*Laurus nobilis*), Chinese windmill palm (*Trachycarpus fortunei*) and cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) are widely spread in the research area. The camphor tree (*Cinnamomum glanduliferum*), thorny olive (*Elaeagnus pungens*), Japanese honeysuckle (*Lonicera japonica*) and the holm oak (*Quercus ilex*) are spreading at some sites. No new or reintroduced types were detected.
- The highest density of laurophyllous individuals was detected at below 350 m a.s.l. and in a belt of about 50 m to 150 m around settlement areas. The reasons for this are the perfect climatic conditions and the short distance from the seed source (large quantity of fertile parent plants in gardens). Laurophyllous individuals are also growing extrazonal in small groups (dispersal of seeds by birds) up to an altitude of 480 m a.s.l. (and probably even higher) and at remote sites. The proximity to the seed source seems to have a major influence on the spread of laurophyllous species.
- The tendency of a change from the zonobiom VI (deciduous forests of the temperate zone) to the zonobiom V (moist, evergreen laurel forests of the warm-temperate zone) can be observed. Some forest sites can be allocated to the new forest community of the insubric laurel forest (*Laurisilva insubrica*, Carraro 2010). At some sites, the development of an insubric holly forest (*Ilici-Fagetum forma insubrica*) can be observed.
- The Chinese windmill palm (*Trachycarpus fortunei*) and Japanese honeysuckle (*Lonicera japonica*) are able to colonize the wet alluvial forest soil of the Magadino plain.
- The moderate appearance of laurophyllous in the shrub layer may result in increased species diversity. But if the laurophyllous species dominates in the tree layer with a closed canopy, species diversity is often minor.
- The exceptionally mild winters of the past 40 years, which are most likely related to global warming, have certainly favored the process of laurophyllisation. Without these changes, the frost-sensitive camphor tree (*Cinnamomum glanduliferum*) would probably not have spread

to the current extent. The spread of the more frost-resistant species, such as the cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) and Chinese windmill palm (*Trachycarpus fortunei*), would probably have occurred without the favorable climate conditions. Here, anthropogenic factors, such as increased propagation related to population growth and the reduced use of forests since the second world war, have supported the spread. The evaluation of the direct influence of global warming on the process of laurophyllisation is only approximate since it is an exceptionally complex issue. The most significant difficulty is the separation of natural signals (climatological aspects relating to plant ecology) from anthropogenic factors.

- It is very likely that the process of laurophyllisation in the research area will continue, as long as the trend of warmer climatic conditions persists.

Inhalt

Dank	I
Zusammenfassung.....	II
Summary	IV
Abbildungen.....	VIII
Tabellen.....	X
1 Einführung	1
1.1 Ziel der Arbeit	1
1.2 Forschungsstand.....	2
2 Untersuchungsgebiet und Methoden	4
2.1 Untersuchungsgebiet	4
2.2 Feldarbeit.....	6
2.3 Shannon-Wiener-Index und Evenness	7
3 Grundlagen zum Untersuchungsgebiet.....	8
3.1 Geologie.....	8
3.2 Boden.....	10
3.3 Klima	11
3.3.1 Temperatur.....	12
3.3.2 Sonnenscheindauer	13
3.3.3 Niederschläge	13
3.4 Vegetation	14
3.4.1 Vegetationsgeschichte	14
3.4.2 Einführung exotischer Pflanzen in Gärten und Parks und erste Anzeichen von deren Verwilderung	15
3.4.3 Lorbeerwälder des Zonobioms V.....	17
3.4.4 Begriff der Laurophyllisierung	18
3.4.5 Vorstellung gebietsfremder Gehölzen und einheimischer Immergrünen	19
3.5 Waldgesellschaften	25
3.5.1 Pflanzensoziologischer Exkurs: Einteilung der Wälder in Waldgesellschaften	25
3.5.2 Waldgesellschaften der kollinen Stufe des Tessins	25
3.6 Frühere landwirtschaftliche Nutzung: Die Kastanienkultur	29
4 Resultate.....	30
4.1 Einteilung der Vegetationsaufnahmen in Laurophyllen-Etablierungs-Kategorien (LEK).....	30
4.2 Verbreitung der verschiedenen laurophyllen Arten	31

4.3	Ökologische Präferenzen und regionale Verbreitung der Laurophyllen	35
4.4	Bodenazidität der Laurophyllen-Etablierungs-Kategorien (LEK)	38
4.5	Höhenverteilung der Laurophyllen-Etablierungs-Kategorien (LEK)	39
4.6	Entfernung von Mutterpflanzen bzw. Gärten der Laurophyllen-Etablierungs-Kategorien (LEK)	41
4.7	Vergleich: Entfernung von Gärten und Höhe über Meer	42
4.8	Potentiell-natürliche und aktuelle Waldgesellschaften der Vegetationsaufnahmen	43
4.9	Diversitätsindex: Shannon-Wiener-Index und Evenness	47
4.10	Veränderung von Temperaturparameterwerten seit den ersten Aufzeichnungen	49
4.11	Veränderung von Niederschlagsparameterwerten seit den ersten Aufzeichnungen	56
5	Diskussion	58
5.1	Bemerkungen zu den verwendeten Methoden	58
5.2	Diskussion der Resultate	59
5.2.1	Häufigkeit und Verbreitung der laurophyllen Arten	59
5.2.2	Ökologische Präferenzen der laurophyllen Arten	60
5.2.3	Waldgesellschaften	60
5.2.4	Artendiversität	61
5.2.5	Klimawandel als Ursache für die Laurophyllisierung?	62
6	Schlussfolgerung und Ausblick	66
7	Literatur	68
8	Anhang	71

Abbildungen

Abbildung 1:	Karte des Untersuchungsgebietes mit den rot eingezeichneten Aufnahmegebieten (swisstopo, modifiziert).....	5
Abbildung 2:	Nord-Süd-Profil im Gebiet des Luganersees (Labhart 2009).....	9
Abbildung 3:	Ost-West-Profil im Gebiet des südlichen Teils des Luganersees (Bernoulli 1964)....	9
Abbildung 4:	Klimadiagramme von Lugano und Locarno Monti (1980–2010) (MeteoSchweiz). 11	
Abbildung 5:	Einführung und Ausbreitung einiger laurophyller Arten im Tessin (Walther 2000).....	16
Abbildung 6:	Verbreitung der immergrünen Laubwälder in Abhängigkeit von der Jahresmitteltemperatur und des Jahresniederschlages (Klötzli 1988).	18
Abbildung 7:	<i>Laurus nobilis</i> (eigene Aufnahme).....	19
Abbildung 8:	<i>Prunus laurocerasus</i> (eigene Aufnahme).....	19
Abbildung 9:	<i>Trachycarpus fortunei</i> (eigene Aufnahme).....	20
Abbildung 10:	<i>Cinnamomum glanduliferum</i> (eigene Aufnahme).....	20
Abbildung 11:	<i>Elaeagnus pungens</i> (eigene Aufnahme).....	21
Abbildung 12:	<i>Ligustrum lucidum</i> (eigene Aufnahme).	21
Abbildung 13:	<i>Quercus ilex</i> (eigene Aufnahme).....	22
Abbildung 14:	<i>Acacia dealbata</i> (eigene Aufnahme).	22
Abbildung 15:	<i>Ilex aquifolium</i> (eigene Aufnahme).	23
Abbildung 16:	<i>Ruscus aculeatus</i> (eigene Aufnahme).....	24
Abbildung 17:	<i>Vinca minor</i> (eigene Aufnahme).....	24
Abbildung 18:	Verteilung der Vegetationsaufnahmen zu den LEK.....	31
Abbildung 19:	Stetigkeit der Laurophyllen auf die Kategorien verteilt.	31
Abbildung 20:	Anzahl Individuen pro Grössenordnung und Art von den wichtigsten laurophyllen Arten.....	32
Abbildung 21:	Prozentualer Anteil des Deckungsgrads der am häufigsten vorkommenden laurophyllen Arten von der Summe des Deckungsgrades aller Arten einer Vegetationsaufnahme (Durchschnittswerte, über alle 46 Vegetationsaufnahmen gemittelt).	33
Abbildung 22:	Prozentualer Anteil des Deckungsgrads der am häufigsten vorkommenden laurophyllen Arten von der Summe des Deckungsgrades aller Arten einer Vegetationsaufnahme (Durchschnittswerte, über die Anzahl Vegetationsaufnahmen in welchen die jeweilige laurophyllle Art vertreten ist (in Klammern hinter der laurophyllen Art angegeben (B1+B2, S, K), gemittelt)....	34

Abbildung 23:	Chinesische Hanfpalme (<i>Trachycarpus fortunei</i>) bei Ponte Brolla (eigene Aufnahme).....	35
Abbildung 24:	Die immergrünen Kampferbäume (<i>Cinnamomum glanduliferum</i>) bei Solduno stechen aus dem winterkahlen Laubwald heraus (eigene Aufnahme).	36
Abbildung 25:	Verteilung der LEK bezüglich des Substrat.	38
Abbildung 26:	Verteilung der LEK bezüglich der Meereshöhe.	39
Abbildung 27:	Verteilung der LEK von ausgewählten Aufnahmestandorten entlang von Höhentransekten.....	40
Abbildung 28:	Verteilung der LEK bezüglich der Entfernung von Mutterpflanzen bzw. Gärten...	41
Abbildung 29:	Verteilung der LEK bezüglich der Meereshöhe und der Entfernung von Gärten...	42
Abbildung 30:	Insubrischer Lorbeerwald bei Solduno (bestehend aus der Chinesischen Hanfpalme (<i>Trachycarpus fortunei</i>), dem Kampferbaum (<i>Cinnamomum glanduliferum</i>) und dem Echten Lorbeer (<i>Laurus nobilis</i>), eigene Aufnahme).	44
Abbildung 31:	Insubrischer Lorbeerwald bei Melide (hier reiner Lorbeerbestand (<i>Laurus nobilis</i>), eigene Aufnahme).....	44
Abbildung 32:	Immergrüne Steineichen (<i>Quercus ilex</i>) am Monte Caslano (eigene Aufnahme)..	45
Abbildung 33:	Durchschnittlicher Shannon-Wiener-Index und Evenness der verschiedenen vertikalen Schichten des Waldes nach den LEK A bis C.....	47
Abbildung 34:	Jahresmitteltemperaturen der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).....	49
Abbildung 35:	Januarmitteltemperaturen der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).....	50
Abbildung 36:	Julimitteltemperaturen der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).....	51
Abbildung 37:	Absolute jährliche Minima der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).....	53
Abbildung 38:	Anzahl Frosttage pro Jahr der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).....	54
Abbildung 39:	Anzahl Eistage pro Jahr der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).....	55
Abbildung 40:	Jahresniederschlag der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).	56
Abbildung 41:	Vergleich der monatlichen Niederschlagsmengen der beiden Messperiode 1960 bis 1990 und 1980 bis 2010 in Locarno-Monti (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).	57

Abbildung 42:	Vergleich der monatlichen Niederschlagsmengen der beiden Messperiode 1960 bis 1990 und 1980 bis 2010 in Lugano (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).	57
Abbildung 43:	Wiederkehrzeit der absoluten jährlichen Mindesttemperatur von vier Zeitperioden in Lugano. Für die Berechnung wurde die Gumbel-Methode verwendet (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).	63

Tabellen

Tabelle 1:	Zusammenstellung der 14 Aufnahmegebiete	4
Tabelle 2:	Böden der kollinen Stufe des Tessins nach Bach & Frei (1968), Blaser (1973) und Schildknecht & Burga (2008).	10
Tabelle 3:	Temperaturdaten von Messstationen im Untersuchungsgebiet und von ausgewählten Stationen der Alpennordseite (Periode 1980–2010, Daten: MeteoSchweiz)	12
Tabelle 4:	Potentiell-natürliche und aktuelle Waldgesellschaften der Vegetationsaufnahmen nach den LEK.....	46
Tabelle 5:	Werte des Shannon-Wiener-Index und der Evenness	48

1 Einführung

Den meisten Reisenden, die von der Alpennordseite in Richtung Süden den Gotthard passieren, um ins Tessin zu gelangen, fällt die Vielfalt an exotischen Pflanzen auf, welche in den Tessiner Gärten kultiviert wird. Am auffälligsten sind wohl die in nahezu jedem Garten anzutreffenden Palmen, welche seit jeher mit einem warmen Klima in Verbindung gebracht werden. Daneben sind auch stattliche Exemplare von immergrünen Magnolien, Kampferbäumen, Eukalypten, Araukarien, Akazien, Kamelien und vielen weiteren immergrünen Gehölzen in Hülle und Fülle vorzufinden. Im Laufe des 18. Jahrhunderts ist die Kultur wärmeliebender exotischer Pflanzen im Tessin und an den oberitalienischen Seen in Mode gekommen. Seit einigen Jahrzehnten kann zudem eine Ausbreitung dieser nicht einheimischen, immergrünen und wärmeliebenden Laubgehölze in den tiefergelegenen Wäldern des Tessins beobachtet werden. Dieser Prozess wird allgemein als Laurophyllisierung bezeichnet (Carraro et al. 1999, Klötzli & Walther 1999, Walther 2000). Dabei handelt es sich vorwiegend um Arten wie den Echten Lorbeer (*Laurus nobilis*), die Chinesischen Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*), den Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*), die Dornigen Ölweide (*Elaeagnus pungens*), den Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*) und das kletternde Japanische Geissblatt (*Lonicera japonica*). Das vermehrte Auftreten solcher gebietsfremder, immergrün-hartlaubiger (laurophyller) Arten kann sich auf den Tessiner Wald als Ökosystem auf unterschiedlichste Art und Weise auswirken. In der im Jahr 2006 veröffentlichten Vegetationskarte des Monte Caslano von Schildknecht & Burga wurden erstmals gebietsübergreifend die exotischen Pflanzen erfasst. Carraro (2010) schreibt, dass bereits Ansätze zur Bildung einer neuen, von Laurophyllen dominierten Waldgesellschaft beobachtet werden können.

1.1 Ziel der Arbeit

Gian-Reto Walther hat während seiner Dissertation im Jahr 2000 erstmals im grösseren Rahmen die Ausbreitung laurophyller Arten um den Lago Maggiore erfasst. Dabei stellte er fest, dass an einigen Orten laurophyllle Arten in der Krautschicht dominieren und einige wenige Individuen bereits in die Baumschicht vorgedrungen waren. Ein Jahr später, im Jahr 2001, führte Karin Küttel im Rahmen ihrer Diplomarbeit Vegetationsaufnahmen zur Erfassung von laurophyllen Arten im Luganese durch.

In der folgenden Arbeit soll nun die aktuelle Verbreitung der laurophyllen Arten in den tiefergelegenen Wäldern (< 600 m ü. M.) des Südtessins und der nördlichen Region des Lago Maggiore Italiens – auch an von den Seen entfernten Standorten – erfasst werden. Dabei soll unter anderem untersucht werden, wie sich die von Walther (2000) und Küttel (2001) untersuchten laurophyllen Populationen bis heute entwickelt haben, welche laurophyllen Arten bereits in die Baumschicht vorgedrungen sind und ob seit den letzten Untersuchungen neue laurophyllle Arten hinzugekommen sind. Zudem beschäftigt sich diese Arbeit mit der Frage, inwiefern die sich verändernden klimatischen Bedingungen der letzten vier Jahrzehnte die Ausbreitung der laurophyllen Arten beeinflusst haben oder ob dafür auch noch andere Faktoren verantwortlich sind. Des Weiteren wird untersucht, unter welchen ökologischen Bedingungen laurophyllle Arten besonders gut gedeihen und in welchem Masse sich im Untersuchungsgebiet bereits Ansätze zu neuen Waldgesellschaften abzeichnen.

1.2 Forschungsstand

In diesem Kapitel werden kurz die wichtigsten Publikationen, welche explizit die Ausbreitung laurophyller Arten im Südtessin thematisieren, in chronologischer Reihenfolge vorgestellt. Publikationen, welche nur kurz auf die Beobachtung einer ausgewilderten laurophyllen Art im Tessin hinweisen, ohne spezifisch darauf einzugehen, werden am Ende des Kapitels 3.4.2 „Einführung exotischer Pflanzen in Gärten und Parks und erste Anzeichen von deren Verwilderung“ erwähnt.

Pippo Gianoni, Gabriele Carraro und Frank Klötzli (1988): Thermophile, an laurophyllen Pflanzenarten reiche Waldgesellschaften im hyperinsubrischen Seengebiete des Tessins:

- Pippo Gianoni und Gabriele Carraro stellen bei den Nachforschungen für ihre Diplomarbeit 1987 fest, dass die soziologische Gliederung der Artengruppen nach Antonietti (1968) zu einigen Aufnahmen nicht mehr passen und andere, ungewöhnliche Artgruppierungen vorzufinden sind.
- 13 gebietsfremde, immergrüne, thermophile Arten sind in der Krautschicht vorzufinden.
- Als Ursache für diese Entwicklung werden die besondere klimatische Lage sowie die historischen und kulturellen Vorgänge in der Region Insubriens genannt, was die Bildung einer ökologischen Lücke in den Nischen des hyperinsubrischen Seengebiete zur Folge hatte.

Gian-Reto Walther (1995): Ausbreitung und Grenzen laurophyller Arten im Südtessin:

- 11 laurophyllie Arten werden im Südtessin vorgefunden.
- Mit Ausnahme des Kampferbaums (*Cinnamomum glandulifera*), des Echten Lorbeers (*Laurus nobilis*) und des Glanz-Ligusters (*Ligustrum lucidum*), welche in den klimatisch günstigsten Gebieten zum Teil schon in die untere Baumschicht vorgestossen sind, werden die restlichen Arten ausschliesslich in der Kraut- und Strauchschicht vorgefunden.

Gabriele Carraro, Frank Klötzli, Gian-Reto Walther, Pippo Gianoni und Roberto Mossi (1999): Observed changes in vegetation in relation to climate warming (Final report NRP31):

- Der Vergleich von Vegetationsaufnahmen aus den 1940er und 1960er Jahren mit Aufnahmen aus den 1990er Jahren lassen auf eine ansteigende Anzahl laurophyller Arten im Umkreis von 200 bis 300 m um Siedlungen im Südtessin schliessen.

Frank Klötzli und Gian-Reto Walther (1999): Recent vegetation shifts in Switzerland:

- An den wärmsten Standorten erreichen der Echte Lorbeer (*Laurus nobilis*), die Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*), der Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*), der Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) und der Glanzliguster (*Ligustrum lucidum*) die Baumschicht.
- Auf den Brissago-Inseln, dem wintermildesten Ort der Schweiz, verwildern der relativ kälteempfindliche Klebsame (*Pittosporum tobira*) und die Silberakazie (*Acacia dealbata*).
- Sie gehen davon aus, dass sich die Waldstruktur unter 400 m ü. M. im Tessin in Zukunft tendenziell wie folgt verändern wird: Nur wenige Laurophyllie in der oberen Baumschicht, etwas mehr in der unteren Baumschicht, ein Dickicht in der Strauchschicht und unzählige Sämlinge in der Krautschicht. Einheimische Immergrüne werden bis dahin nicht unter der wachsenden Konkurrenz leiden. Es wird sich kein „echter“ Lorbeerwald bilden, sondern ein Wald, welcher Merkmale des Lorbeerwaldes sowie auch des laubabwerfenden Waldes aufweist. Sollte die Jahresmitteltemperatur 18 °C überschreiten und die Winter mild bleiben, wäre der Weg für eine immergrüne obere Baumschicht geebnet.

Gabriele Carraro, Pippo Gianoni und Roberto Mossi (1999): Climatic influence on vegetation changes: A verification on regional scale of the laurophyllisation:

- Die milden Winter der vergangenen Jahrzehnte förderten die Ausbreitung laurophyller Arten und können als Hauptursache dafür angesehen werden.

Gian-Reto Walther (2000): Laurophyllisation in Switzerland (Dissertation):

- 14 laurophyll Arten sind an den klimatisch günstigsten Stellen im Südtessin verwildert.
- Die laurophyll Arten dominieren die Krautschicht und sind teilweise schon in die Baumschicht vorgedrungen. Die laurophyll Arten haben sich zum grossen Teil während der letzten 30 Jahre etabliert.
- Ein Biomwechsel von laubabwerfenden, nemoralen Wäldern der gemässigten Zone (Zonobiom VI) zu subtropischen, immergrünen Lorbeerwäldern des warmtemperierten Zonobioms V wird beobachtet.
- Als Ursache für die Ausbreitung der laurophyll Arten werden die klimatischen Verhältnisse in der Zeit von 1970 bis 2000 angesehen.

Gian-Reto Walther, Gabriele Carraro und Frank Klötzli (2001): Evergreen broad-leaved species as indicators for climate change:

- Als Hauptursache für die zunehmende Laurophyllisierung werden die günstigen Klimabedingungen der letzten Jahrzehnte angesehen, was einen direkten Zusammenhang der Laurophyllisierung mit der globalen Erwärmung suggeriert.

Karin Küttel (2001): Vegetationskundliche Untersuchungen zur Ausbreitung immergrüner exotischer Gehölze im Luganese (Diplomarbeit):

- Immergrüne exotische Gehölze breiten sich bevorzugt in den tieferen süd- oder ostexponierten Lagen der kollinen Stufe des Luganese aus.
- Der grösste Teil der Laurophyll befindet sich maximal 200 m vom nächsten Garten entfernt.
- Es konnte keine Bevorzugung der Laurophyll bezüglich Silikat- bzw. Karbonat-Böden nachgewiesen werden.
- Die häufigsten Vertreter der Laurophyll in den Aufnahmen sind der Echte Lorbeer (*Laurus nobilis*) und die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*).
- Der Lorbeer stösst in 19 von den 63 durchgeführten Vegetationsaufnahmen bereits in die Baumschicht vor.

Regina Zäch (2005): Ökologie und Ausbreitung von Neophyten auf dem Monte Caslano im Südtessin (Diplomarbeit):

- Die Verbreitung von 33 Neophyten (davon 11 laurophyll Arten) wurden auf dem Monte Caslano nachgewiesen.
- Der Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*), der Echte Lorbeer (*Laurus nobilis*) und die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) zählen zu den häufigsten 5 anzutreffenden Neophyten-Arten auf dem Monte Caslano.
- Die Zunahme wird mit der geringen Nutzung des Waldes, mit der intensiveren Pflanzung von gebietsfremden Arten in den Gärten, der Zunahme von Gartenflächen und der Zunahme der Anzahl Besuchenden im Gebiet in Verbindung gebracht.
- Es wird vermutet, dass die laurophyll Arten, sobald sie in die Baumschicht vorgestossen sind, die darunter liegenden, einheimischen Pflanzen beeinträchtigen könnten.

Remo Zanelli, Markus Egli, Aldo Mirabella, Daniela Giaccai und Peter Fitze (2006): Influence of laurophyllous species, *Castanea sativa* and *Quercetum-Betulum* vegetation on organic matter in soils in southern Switzerland and northern Italy:

- Ein relativ tiefes C/N-Verhältnis und ein niedriger Fulvin- und Huminsäuregehalt wurde auf Böden unter laurophyll Arten festgestellt.
- Ein Einfluss der Laurophyll auf die Kohlenstoffkonzentration konnte nicht nachgewiesen werden.

Silje Berger (2008): Evergreen broad-leaved woody species – indicators of climate change (Dissertation):

- Die nördliche Verbreitung der Stechpalme (*Ilex aquifolium*), des Kirschlorbeers (*Prunus laurocerasus*) und der Chinesischen Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) ist durch tiefe Wintertemperaturen limitiert. Es bestehen jedoch unterschiedliche Schwellenwerte.
- Niederschlag und Ausgangsgestein beeinflussen die Verbreitung kleinräumig.
- Der Klimawandel hat die Arealverschiebung in nördlichere Gebiete von immergrünen Arten ermöglicht.
- Eine deutliche Veränderung der Artenzusammensetzung und der Struktur der sommergrünen Wälder ist in einigen Teilen Europas zu erwarten.

2 Untersuchungsgebiet und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Die Vegetationsaufnahmen für vorliegende Masterarbeit wurden in 13 Gebieten im Südtessin und am Nordende des Lago Maggiore in Italien durchgeführt (vgl. Karte in Abb. 1 und Auflistung der Aufnahmegebiete in Tab. 1). Die Standorte wurden nach den folgenden Kriterien ausgewählt:

- Laurophylle Arten sind vorhanden.
- Der Wald ist mehrheitlich zusammenhängend.
- Es ist möglich, die Vegetationsaufnahmen innerhalb des Gebiets an einem Vertikal- bzw. Horizontaltransekt anzuordnen.
- Das Gebiet ist gut zugänglich.

Total ergaben sich 46 Vegetationsaufnahmen. Dabei beinhaltet ein Gebiet 2 bis 5 Aufnahmen. Neben den oben aufgeführten Kriterien wurde zudem darauf geachtet, dass Vegetationsaufnahmen auch an Orten gemacht werden, welche in bisherigen Arbeiten zur Untersuchung laurophyller Arten nicht berücksichtigt wurden. Hierzu gehören die Aufnahmen in den Auenwäldern der Magadino-Ebene sowie jene an den weiter von den Seen entfernten Standorten bei Biasca, Manno, zwischen Ponte Tresa und Luino bei Castelrotto und an den Hängen bei Verscio und Cavigliano. Die folgende Tabelle vermittelt einen Überblick über die 14 Aufnahmegebiete.

Tabelle 1: Zusammenstellung der 14 Aufnahmegebiete:

Name Aufnahmegebiet	Anz. Aufnahmen	Einflussgebiet eines Sees
Biasca	2	nicht in Seenähe
Caldè (IT)	3	Lago Maggiore
Castelrotto	5	nicht in Seenähe
Cavigliano	3	nicht in Seenähe
Gandria	4	Lago di Lugano
Magadino-Ebene	2	nicht in Seenähe, Kaltluftsenke
Manno	2	nicht in Seenähe
Melide (Vitaparcours)	4	Lago di Lugano
Melide (Zentrum)	3	Lago di Lugano
Monte Caslano	5	Lago di Lugano
Ronco	3	Lago Maggiore
Solduno	5	Lago Maggiore
Verscio	3	nicht in Seenähe
Vico Morcote	2	Lago di Lugano
TOTAL	46 Aufnahmen	

Eine Übersicht über die Lage der Aufnahmegebiete gibt die Abbildung 1. Allgemein kann gesagt werden, dass das Südtessin unterhalb von 600 m ü. M. stark zersiedelt ist. Speziell die Wälder an den gegen Süden, Osten und Westen exponierten Hanglagen sind durch die intensive Bebauung stark fragmentiert. Zudem sind die Hänge oft sehr steil und nahezu unzugänglich.

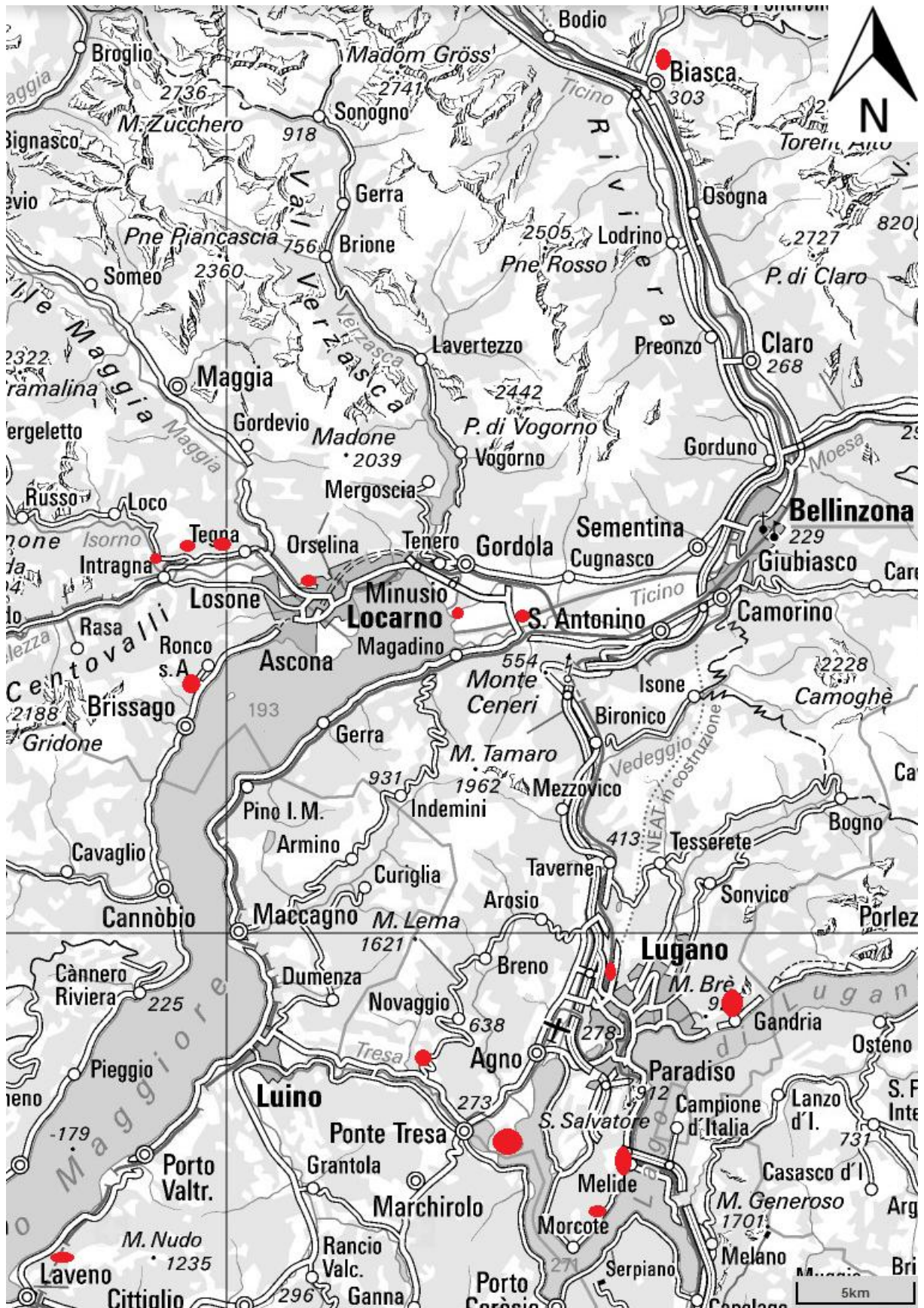


Abbildung 1: Karte des Untersuchungsgebietes mit den rot eingezeichneten Aufnahmegebieten (swisstopo, modifiziert).

2.2 Feldarbeit

Die Stellen der Vegetationsaufnahmen innerhalb eines Aufnahmegebietes wurden falls möglich so gewählt, dass ein Vertikaltransekt (Aufnahmen über unterschiedliche Höhen verteilt), ein Horizontaltransekt (Aufnahmen über unterschiedliche Entfernungen von Gärten verteilt) oder eine Kombination daraus resultierte. Um in Erfahrung zu bringen, bis in welche Höhe bzw. Entfernung laurophyll Arten vorkamen, musste als Erstes das ganze Gebiet abgelaufen werden. Entlang des entsprechenden Transektes wurden anschliessend die Vegetationsaufnahmen verteilt. Eine erste Vegetationsaufnahme wurde jeweils am Hangfuss durchgeführt, wo in der Regel am meisten laurophyll Arten anzutreffen sind. Danach wurden mit zunehmender Höhe und Entfernung der Gärten weitere Vegetationsaufnahmen erhoben. Die letzte Aufnahme wurde jeweils beim letzten Auftreten einer laurophyllen Art gemacht. Bei der Wahl des genauen Standortes der Aufnahme wurde in der Regel darauf geachtet, dass der Standort repräsentativ für die nähere Umgebung ist. Zum Teil wurde die genaue Lage der Aufnahmen aber absichtlich so festgelegt, dass seltene laurophyll Arten (z.B. der Glanzliguster (*Ligustrum lucidum*)) oder auffallend alte Exemplare von Laurophyllen (z.B. mächtige Exemplare des Kampferbaums (*Cinnamomum glanduliferum*)) darin enthalten sind. Diese Aufnahmeorte sind dann nicht unbedingt repräsentativ für die nähere Umgebung, beweisen aber, was in der näheren Umgebung bezüglich laurophyller Arten im Bereich des Möglichen liegt.

Die Vegetationsaufnahmen wurden zwischen Oktober 2013 und Mai 2014 durchgeführt. Die meisten Standorte wurden mindestens zweimal untersucht, davon einmal im Winter (wegen der guten Sichtbarkeit), um einen guten Überblick über die laurophyllen Arten zu bekommen und ein weiteres Mal im Frühjahr, um Kräuter, insbesondere Geophyten und die laubabwerfenden Bäume und Sträucher erfolgreich bestimmen zu können. Die 60 bis 150 m² grossen Aufnahmeflächen wurden mit einem Messband abgemessen und mit rotem Klebeband an den Ecken markiert. Mit einem kalibrierten Höhenmesser und einem Kompass wurde die Höhe über dem Meer, die Exposition und die Neigung ermittelt. Der pH-Wert des Bodens wurde in 15 cm Tiefe mit einem Hellige pH-Meter erhoben. In der Folge wurden die Wuchshöhe und der Deckungsgrad der Baumschicht, Strauchschicht und Krautschicht abgeschätzt. Für die Artenaufnahme wurde eine modifizierte Braun-Blanquet-Skala verwendet. So wurden anstelle der Schwellenwerte der Frequenzklassen 1-5, wie dies laut Braun-Blanquet vorgesehen ist, absolute Prozentwerte des Deckungsgrades für die Beurteilung der Artenmächtigkeit geschätzt, um später daraus den Shannon-Wiener-Index und die Evenness berechnen zu können (siehe Kapitel 2.3). Von den laurophyllen Arten wurde zusätzlich die Anzahl Individuen bestimmt und deren Wuchshöhe abgeschätzt oder gemessen. Alle Aufnahmestandorte wurden fotografisch festgehalten. Ein Beispiel eines für die Vegetationsaufnahmen verwendeten Aufnahmeformulars befindet sich im Anhang.

2.3 Shannon-Wiener-Index und Evenness

Zur Ermittlung der Artendiversität der einzelnen Vegetationsaufnahmen wurde der Shannon-Wiener-Index verwendet. Dieser berücksichtigt den Bedeutungswert aller Arten und ist ein Mass für die Artenvielfalt. Die daraus errechnete Evenness ist ein Mass für die Homogenität des Pflanzenbestandes. Die eigentliche Bedeutung des Diversitätsindex H' wird als die Ungewissheit beschrieben, eine unbestimmte Art bei einer zufälligen Probeentnahme aufzufinden (Trempe 2005: 74). Die Formel des Shannon-Wiener-Index H' sieht folgendermassen aus:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

wobei

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

H' = Diversitätsindex nach Shannon-Wiener

s = Gesamtzahl der Arten

N = Gesamtdeckungsgrad der Baum-, Strauch- oder Krautschicht

n_i = Deckungsgrad einer Art i

p_i = relative Häufigkeit einer Art i (zwischen 0 und 1)

Den geringsten Wert 0 erreicht H' , falls nur eine Art vorhanden ist. Um nun das Mass der Homogenität (Evenness E) der Artenverteilung in einer Aufnahme auszudrücken, wird der Diversitätswert H' mit dem möglichen Maximum verglichen:

$$E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

$$H_{\max} = \ln s$$

Der Wert der Evenness liegt zwischen 0 und 1. Vollkommene Evenness ($E = 1$) besteht in regelmässiger Verteilung.

In der vorliegenden Masterarbeit wurden der Shannon-Wiener-Index und die Evenness für die jeweiligen vertikalen Schichten (Baum-, Strauch- und Krautschicht) und für die gesamte Vegetationsaufnahme berechnet. Zusätzlich wurde von den laurophyllen Arten der durchschnittliche p_i -Wert über alle Vegetationsaufnahmen gemittelt berechnet.

3 Grundlagen zum Untersuchungsgebiet

3.1 Geologie

Auf die Geologie wird hier kurz eingegangen, da diese einen erheblichen Einfluss auf die potentiell-natürliche Vegetation hat. Durch das Untersuchungsgebiet verläuft vom San Jorio-Pass entlang dem Ticino in der Magadino-Ebene über Locarno gegen das Valle d'Ossola die sogenannte „Insubrische Linie“. Das Gebiet im Kanton Tessin nördlich dieser stark ausgeprägten, tektonischen Störungslinie gehört zu den penninischen Decken. Saure, biotitreiche Gneise sind hier vorherrschend (Labhart 2009). Die Aufnahmegebiete bei Biasca, Solduno, Verscio und Cavigliano befinden sich in dieser Zone. Die geologische Einheit südlich der „Insubrischen Linie“ wird als Südalpen bezeichnet. Der grösste Anteil davon liegt auf italienischem Territorium. In der Schweiz befindet sich der Sottoceneri in diesem Gebiet. Die Südalpen bestehen geologisch gesehen aus einem paläozoischen kristallinen Grundgebirgssockel, welcher von vulkanischen Gesteinen des Perms durchbrochen und von mesozoischen Sedimenten überlagert wird. Das kristalline Grundgebirge besteht aus Gesteinen, welche durch kaledonische und variszische Metamorphosen überprägt wurden (Reinhard 1953, Bernoulli et al. 1976). In dieser Zone befinden sich die Aufnahmegebiete bei Ronco, Castelrotto, Manno und jene des nördlichen Teils des Monte Caslano.

Um den Luganersee befindet sich über dem kristallinen Grundgebirge eine mächtige Abfolge vulkanischer Gesteine aus der Permzeit, welche eine Mächtigkeit von ca. 1000 m und eine Fläche von ungefähr 50 km² aufweisen. Diese Vulkanite sind in mehreren Schüben gefördert worden, wobei die zeitliche Abfolge nicht genau geklärt ist. Zuerst folgten hauptsächlich Basalte und Andesite, in jüngerer Zeit überwiegen Rhyolite und Dazite. Zudem ist eingelagerter roter, körniger Granophyr von Carona vorzufinden, wobei es sich um ein Übergangsgestein zwischen dem Tiefengestein Granit und dem Ergussgestein Quarzporphyr handelt (Geologischer Führer der Schweiz 1967, Labhart 2009). Die Vegetationsaufnahmen um Melide und Vico Morcote liegen in diesem Gebiet.

Die mesozoischen Sedimente, welche das kristalline Grundgebirge und die Vulkanite überlagern, sind teilweise verfaltet, gekippt und fallen nach Süden ein. Ein von Norden nach Süden verlaufender Bruch am Ostufer des Luganersees trennt eine westliche Scholle (San Salvatore, Monte San Giorgio) von einer östlichen Scholle (Monte Brè, Monte Generoso, Bernoulli et al. 1976). Die westliche Scholle besteht aus vulkanischen Gesteinen (Granophyr von Carona) und Salvatore-Dolomit. Die Profile in Abbildung 2 und 3 geben eine Übersicht über diese Situation. Der südliche Bereich des Monte Caslano, wo Vegetationsaufnahmen getätigt wurden, besteht aus Salvatore- Dolomit. Die Scholle östlich des Luganersees besteht aus Liassedimenten (lombardischer Kieselkalk, Bernoulli 1964). Die Vegetationsaufnahmen bei Gandria liegen in diesem Gebiet.

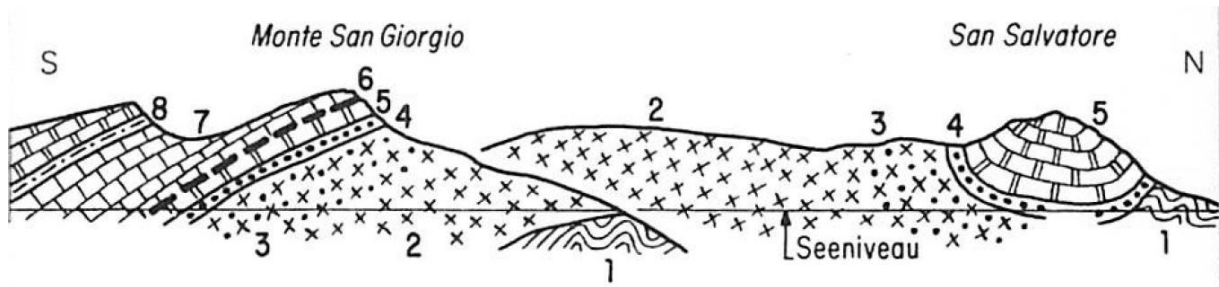


Abbildung 2: Nord-Süd-Profil im Gebiet des Luganersee (1: Kristallines Grundgebirge der Seealpen, 2: Ältere, basische Vulkanite, 3: Sare Vulkanite (Rhyolith und Granophyr), 4: Sandstein, 5: Dolomit, 6: Grenzbitumenzone (Saurierfundstelle), 7: Kalkstein, 8: Schiefer (Labhart 2009).

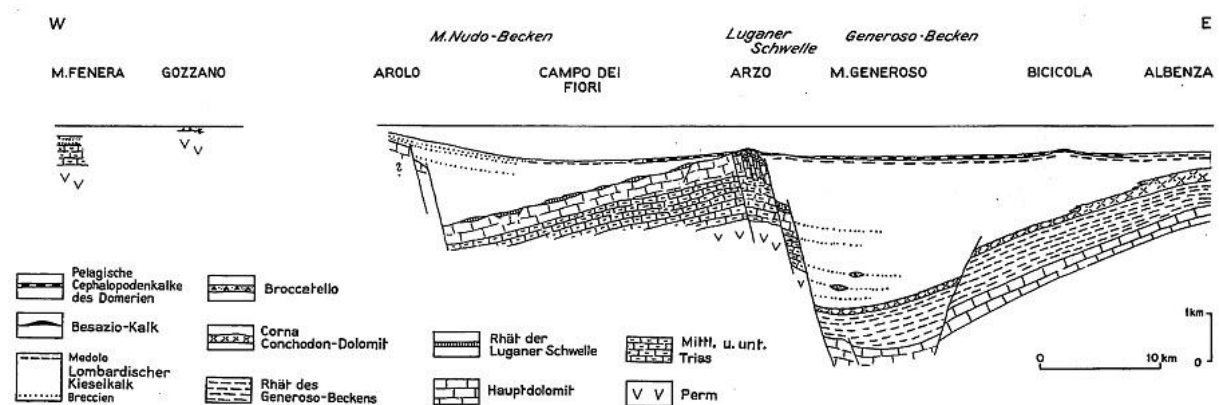


Abbildung 3: Ost-West-Profil im Gebiet des südlichen Teils des Luganersee (Bernoulli 1964).

3.2 Böden

Durch das Zusammenwirken der Bodenbildungsfaktoren Ausgangsgestein, Klima und Bodenorganismen und Relief können verschiedenste Bodentypen entstehen. Die Bodenbildung lässt sich generell auf die vier Bodenbildungsprozesse zurückführen, welche in Interaktion zueinander stehen: Verwitterung, Humusbildung, Gefügebildung und Verlagerung (Gisi 1997:10).

Die Böden auf silikatischem Gestein der kollinen Stufe des Tessins sind durchlässig, enthalten viel und stark umgewandeltes organisches Material, weisen einen pH-Wert zwischen 4 und 5.5 auf und es wird organische Substanz und Kieselsäure verlagert. Solche Böden, welche Anzeichen einer Podsolierung aufweisen, werden als kryptopodsolierte Ranker bezeichnet. Bei den stärker differenzierten Bodenprofilen feuchterer und kühlerer Standorte handelt es sich um Krypto-Humuspodsole (Blaser 1973). Seltener trifft man im Tessin auf karbonathaltige Sedimente, auf denen sich Kalkböden gebildet haben. Die Bodenhorizonte sind bei diesen Böden nur schwach voneinander abzugrenzen, da sie infolge erhöhter biologischer Aktivität gut durchmischt werden. Sie sind sehr durchlässig und weisen einen pH-Wert von 5.5 bis 7 auf. Die unentwickelten Böden auf Kalk- und Dolomitunterlage, welche beispielsweise am Monte Caslano häufig vorkommen, werden als Gesteinslithosol oder als insubrische Rendzina bezeichnet. Kalkböden, welche stärker entwickelt sind, werden in Kalkbraunerde und Parabraunerde unterteilt (Schildknecht & Burga 2008). Neben den beiden vorgestellten Bodeneinheiten, sind in den tiefgelegenen Talebenen, wie beispielsweise der Magadino-Ebene, Silikat-Fluvisole und deren nahe Artverwandte anzutreffen (Bach & Frei 1968). Die wichtigsten in der kollinen Stufe des Tessins vorherrschenden Bodeneinheiten sowie deren Typen und Merkmale sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Böden der kollinen Stufe des Tessins nach Bach & Frei (1968), Blaser (1973) und Schildknecht & Burga (2008):

Bodeneinheiten:	Humusreiche, saure Braunerde	Sandige, saure Braunerde	Rendzina
Bodentypen:	Kryptopodsolierte Ranker, Krypto-Humuspodsole Mullreiche, neutrale und schwach saure Braunerden, Fluvisol,	Silikat-Fluvisol, Regosol, humusreiche, saure Braunerde, gleyige Braunerde	Gesteinslithosol, insubrische Rendzina, Kalkbraunerde, Parabraunerde
Vorkommen:	Tiefere Täler, Terrassen, Felspartien	Tiefgelegene Talebenen im Tessin	Monte Caslano, Gandria (Monte Brè), vereinzelt am San Salvatore
Mineralisches Ausgangsmaterial:	Gneis, Moräne, Schotter	Alluvionen	Kalkstein, Dolomit
Wasserhaushalt:	Übermässig durchlässig	Grundfeucht	Übermässig durchlässig
Körnung:	Sandig	Sandig, lehmig, kiesig	Steiniger Lehm
Humusgehalt:	Hoch	Hoch	Mullhumus
pH-Wert:	4–5.5	4–5.5	6–7.5
Vegetation:	Lindenmischwald, Eichen-Kastanienwald, Kastanienwald mit Edellaubhölzern, Kastanienniederwald (Ceduo, Palina)	Laubmischwälder und Auenwälder (Linde, Ulme, Eiche, Esche, Erle, Pappel, Weide)	Mannaeschen-Hopfenbuchenwald, Hagebuchen-Hopfenbuchenwald

3.3 Klima

Im Südtessin herrscht das sogenannte insubrische Klima vor. Dieses zeichnet sich durch milde, eher trockene und sonnige Winter sowie hohe Niederschlagssummen zwischen April und November aus. Eine völlig trockene Jahreszeit fehlt. Die Sommer sind warm und sehr sonnig. Zudem wird die Region des Öfteren von Gewittern, die mit Starkniederschlägen einhergehen können, heimgesucht. Der Alpenkamm schützt das Südtessin vor Kaltlufternbrüchen aus dem Norden und Osten und die Seen haben einen zusätzlich mildernden Einfluss, vor allem bezüglich der Nachttemperaturen im Winterhalbjahr. Die Klimadiagramme von Lugano und Locarno-Monti (Abb. 4) vermitteln einen ersten Eindruck über die klimatischen Verhältnisse im Tessin. Die Erläuterungen zu Temperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlag stützen sich auf die Publikationen von Ambrosetti (1978) und Aschwanden et al. (1996). Die verwendeten Daten stammen von MeteoSchweiz und stellen jeweils die 30-jährigen Mittel der Messperiode 1980–2010 dar.

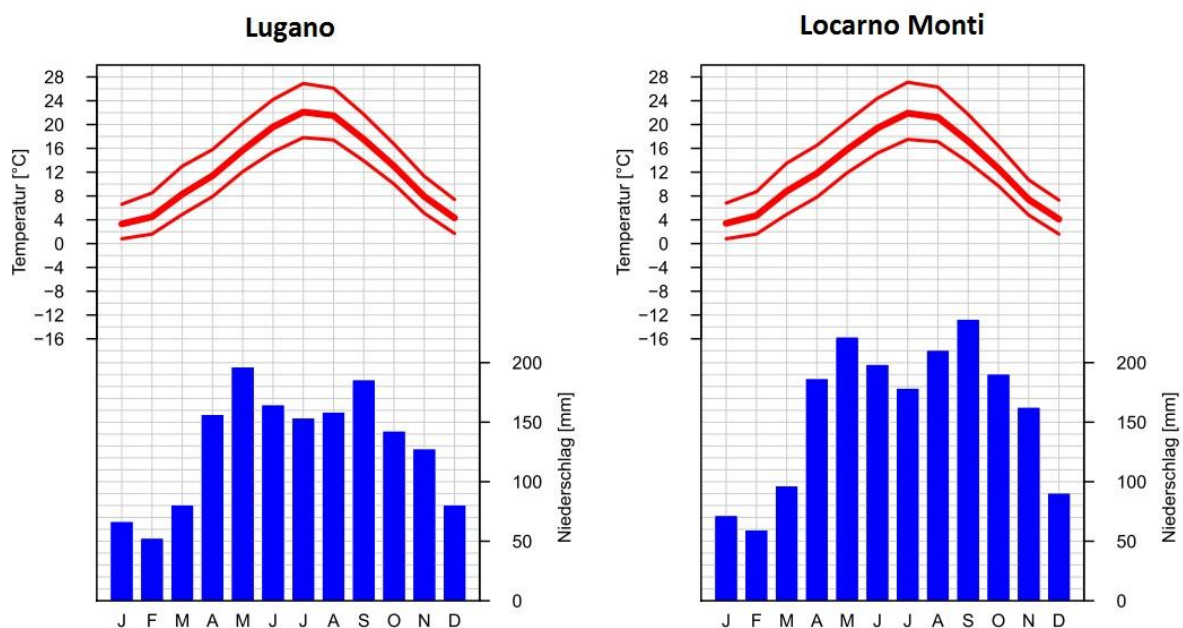


Abbildung 4: Klimadiagramme von Lugano und Locarno Monti (1980–2010, MeteoSchweiz).

3.3.1 Temperatur

In Tabelle 3 sind die für diese Arbeit relevanten Temperaturparameter von drei Südtessiner Stationen dargestellt. Dabei befinden sich die Stationen Locarno-Monti und Lugano in direktem Einfluss des Lago Maggiore bzw. des Luganersees und spiegeln somit das Klima wider, welches grösstenteils in Seenähe im Südtessin vorherrscht. Die Station Magadino befindet sich in der gleichlautenden Ebene und stellt durch ihre Lage in einer Kaltluftsenke einen durchaus interessanten Spezialfall dar. Als direkten Vergleich werden zudem die Werte einiger ausgewählter Stationen der Alpennordseite aufgeführt.

Tabelle 3: Temperaturdaten von Messstationen im Untersuchungsgebiet und von ausgewählten Stationen der Alpennordseite (Periode 1980–2010, Daten: MeteoSchweiz):

Südtessin:	Klimaregion	Mitteltemp. Jahr	Mitteltemp. Juli	Mitteltemp. Jan.	Anz. Frosttage	Anz. Eistage
Locarno-Monti	Südtessin	12.4	21.9	3.4	30.1	0.8
Lugano	Südtessin	12.4	22.1	3.3	27.6	0.7
Magadino	Südtessin	11.4	21.7	0.9	94.4	1.1
Alpennordseite:						
Zürich / Fluntern	Nordöstliches Mittelland	9.3	18.6	0.3	74.9	23.7
Basel / Binningen	Östlicher Jura	10.5	19.7	1.6	63.9	12.9
Lausanne / Pully	Westliches Mittelland	10.9	20.3	2.2	41.8	7.8
Sion	Wallis	10.1	20.1	-0.1	93.6	7.6

Während die jährliche Mitteltemperatur der Südtessiner Stationen zwischen 11.4 und 12.4 °C liegen, verzeichnen die Stationen auf der Alpennordseite Werte zwischen 9.3 und 10.9 °C. Die Mitteltemperatur im Juli liegt im Südtessin um 22 °C; auf der Alpennordseite liegt diese um 2 bis 3.5 °C tiefer. Die mittlere Januar­temperatur hebt sich mit 3.3 °C in Lugano und 3.4 °C in Locarno erheblich von derjenigen in Magadino (0.9 °C) ab. Da die Station Magadino in einer Kaltluftsenke liegt, stagniert die Luft während klarer, ruhiger Nächte, kühlt sich ab und kann im Winter leicht unter den Gefrierpunkt fallen. Dieser Effekt hat einen erheblichen Einfluss auf das Januar­temperaturmittel. Die ausgedehnten Gemüsekulturen benötigen deshalb geheizte Gewächshäuser. Die Januar­temperaturmittel im Mittelland liegen um 0 °C, in den mildesten Gebieten wie Basel und um den Genfersee sind diese mit 1.6 °C bzw. 2.2 °C aber etwas höher als in Magadino. Während in Lugano und Locarno jährlich um die 30 Frosttage registriert werden, fallen in Magadino die Temperaturen im Durchschnitt an 94.4 Tagen unter den Gefrierpunkt. In Magadino werden sogar mehr Frosttage im Jahr registriert als an den weniger begünstigten Stationen auf der Alpennordseite. Tage, an denen die Temperatur die Nullgradgrenze nicht überschreitet, werden als Eistage bezeichnet. Davon werden im Tessin durchschnittlich nur 0.8 bis 1.1 Tage registriert. Auf der Alpennordseite sind dies mit 23.7 Tagen in Zürich und 12.9 Tagen in Basel erheblich mehr. Wie sich die verschiedenen Temperaturparameter seit Messbeginn bis heute verändert haben, wird im Kapitel 4.10 behandelt.

3.3.2 Sonnenscheindauer

In Lugano werden durchschnittlich 2069 Sonnenstunden im Jahr gemessen. Die meisten davon entfallen auf die Sommermonate, aber auch im Winter beträgt die relative Sonnenscheindauer 50%. Im Vergleich dazu scheint in Zürich die Sonne während 1544 Stunden im Jahr, der Anteil der maximal möglichen Sonnenscheindauer im Winter beträgt nur ca. 20%. Folglich macht das oft als „Sonnenstube der Schweiz“ bezeichnete Tessin seinem Namen alle Ehre.

3.3.3 Niederschläge

Die Niederschlagsmengen sind mit 1559 mm in Lugano und 1897 mm in Locarno-Monti im Vergleich zur Alpennordseite (Zürich 1134 mm) relativ hoch. Am meisten Niederschlag fällt jeweils im Mai und September, aber auch während der Sommermonate sind die Niederschlagsmengen sehr hoch. Oft fällt der Niederschlag im Frühjahr, Sommer und Herbst während sogenannter Starkniederschlagsereignisse, wobei eine sehr grosse Regenmenge innerhalb weniger Minuten fallen kann. Diese Starkniederschläge verteilen sich auf nur wenige Niederschlagstage. Wie sich die Niederschlagsmengen seit Messbeginn im Südtessin verändert haben, wird im Kapitel 4.11 behandelt.

3.4 Vegetation

Die Art der Vegetation wird grossräumig durch Boden und Klima bestimmt. Um Gebiete mit ähnlichem Klima und Vegetation zu klassifizieren, wurde die Geo-Biosphäre des Festlandes in neun Zonobiome (I-IX) aufgeteilt. Die Abfolge der Zonobiome ist beidseits des Äquators relativ ähnlich, allerdings treten – bedingt durch die unterschiedlichen Anteile an Landmasse der beiden Hemisphären und variabler Topografie – gewisse Nord-Süd und West-Ost-Asymmetrien auf (Walter 1999).

Das südliche Tessin wird dem Zonobiom VI zugeteilt. Dabei handelt es sich um das Zonobiom der winterkahlen Laubwälder des gemässigten nemoralen Klimas. Das gemässigte nemorale Klima ist charakterisiert durch eine deutliche Winterkälte, wobei auch immer wieder Fröste auftreten und mehrtägige Frostperioden möglich sind. Wie im Kapitel 3.3 aber erwähnt wurde, nimmt das insubrische Klima im südlichen Tessin eine Sonderstellung ein: Die Winter sind mild, tiefe Fröste und langanhaltende Frostperioden sehr selten, die Sommermonate warm und die Niederschlagsmengen von März bis November hoch. Das insubrische Klima liegt somit nicht sehr weit vom Klima des Zonobioms V entfernt, dem Zonobiom der immergrünen Lorbeerwälder mit warmtemperiertem humidem Klima.

3.4.1 Vegetationsgeschichte

Das Klima unterlag schon früher erheblichen Schwankungen und in der Folge veränderte sich auch die vom Klima abhängige Vegetation ständig. Während des Tertiärs herrschten in Mitteleuropa subtropische bis tropische Bedingungen. Die Jahresdurchschnittstemperaturen bewegten sich zwischen +22 °C (Eozän) und +15 °C (Pliozän), was das Gedeihen von laurophyllen Pflanzenarten wie Magnolien, Kampferbäumen und Palmen ermöglichte. Im nachfolgenden Pleistozän sanken die Jahresmitteltemperaturen in Mitteleuropa innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes um ungefähr 15 bis 18 °C, was in den Alpen zu einem Sinken der Schneegrenze auf 1000 m ü. M. und noch tiefer führte (Burga & Perret 1998). In den Tropen und Subtropen sank die Temperatur mit 4 °C bis 8 °C erheblich schwächer ab. Durch die viel kälteren Bedingungen in Mitteleuropa, Nordamerika und Asien wurden die wärmeliebenden Pflanzenarten in südlichere Gebiete, in sogenannte Refugien zurückgedrängt. Gegen Ende der letzten Eiszeit (Würm) wanderten viele Arten wieder aus ihren Glazialrefugien in Richtung Norden und Westen zurück. Eine Ausnahme stellt dabei West- und Mitteleuropa dar. Hier war die Rückkehr der immergrünen, wärmeliebenden Arten in Richtung Norden nur sehr bedingt möglich, da die von West nach Ost verlaufenden Gebirgszüge wie die Alpen und die Pyrenäen ein schwierig bis unmöglich zu überwindendes Hindernis darstellen. Nur an klimatisch begünstigten Orten auf dem Balkan, der Apenninen- und der Iberischen Halbinsel sowie allgemein an der Mittelmeerküste konnten sich einige Florenelemente des Tertiärs halten. Einige wenige Arten haben sich wieder erfolgreich in Mitteleuropa angesiedelt, darunter fallen die Stechpalme (*Ilex aquifolium*), der Buchsbaum (*Buxus sempervirens*) und der Efeu (*Hedera helix*) (Burga & Perret 1998, Walther 2000).

Während der Eiszeiten war Mitteleuropa von subarktischen Kältesteppen, Steppenrasen und Tundra bedeckt. Anzutreffende Gehölzpflanzen waren die Zwergbirke, Wacholder, Weiden und der Sanddorn. Gegen Ende der Würm-Eiszeit (Alleröd-Interstadial, ca. 12'500 BP) konnten sich in Mitteleuropa erste Föhren- und Birkenwälder etablieren (Burga & Perret 1998). Ab ca. 11'500 BP konnten sich zu Beginn der Nacheiszeit (Holozän) die ersten wärmeliebenden Laubhölzer wie Eiche, Ulme, Linde wieder ausbreiten (Burga & Perret 1998). Im Südtessin bildeten sich gegen Ende der

Eiszeit und vor allem zu Beginn des Holozäns erste Eichenmischwälder (Eiche, Ulme, Linde, Ahorn). An der Wende vom Älteren zum Jüngeren Atlantikum (6000 Jahre BP) wanderten die wärmeliebende Hopfenbuche, die Mannaesche und die Flaumeiche im Südtessin ein. Diese bilden in heutiger Zeit eigene Waldgesellschaften und gehören mit den Eichen- und Lindenmischwäldern zur potentiell-natürlichen Vegetation der kollinen Stufe des Tessins (Burga & Perret 1998). Die Kastanie und der Nussbaum wurden vermutlich vereinzelt bereits während der Bronzezeit, also zwischen 2200 und 800 v. Chr., durch den Menschen eingeführt (Lüdi 1944:70). Die Kastanie konnte sich vor allem in römischer Zeit durch die intensive Fruchtbaumkultur und den Niederwaldbetrieb erfolgreich etablieren und dominiert vorwiegend im Sottoceneri auf sauren, silikatreichen Standorten oft die sommergrünen Mischwälder (Lüdi 1944:70). Im Kapitel 3.5 werden die wichtigsten heutigen Waldgesellschaften der kollinen Stufe des Tessins vorgestellt.

3.4.2 Einführung exotischer Pflanzen in Gärten und Parks und erste Anzeichen von deren Verwilderung

Bedingt durch das milde Klima um die Seen Insubriens und durch die geografische Nähe zum mediterranen Raum wurden schon im 3. Jahrhundert wärmeliebende Pflanzen im Tessin kultiviert (Schröter 1956:47). So waren mediterrane Arten wie der Granatapfelbaum (*Punica granatum*), die Zypresse (*Cupressus sempervirens*), der Rosmarin (*Rosmarinum officinalis*), der Lavendel (*Lavandula angustifolia*), der Lorbeer (*Laurus nobilis*), die Myrte (*Myrtus communis*), der Erdbeerbaum (*Arbutus unedo*), die Steineiche (*Quercus ilex*), die Platane (*Platanus orientalis*), der Zürgelbaum (*Celtis australis*) und der Oleander (*Nerium oleander*) in den Gärten verbreitet. Mit der Entdeckung des amerikanischen Kontinents begann auch die Einführung von Gewächsen aus der neuen Welt. Aus dem 16. Jahrhunderts wird von der Kultur diverser Zitrusfrüchte berichtet. Ungefähr zur gleichen Zeit wurde die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) eingeführt. Ende des 18. Jahrhunderts kam die Kamelie (*Camellia japonica*) aus Asien ins Tessin. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts nahm die Einfuhr von ostasiatischen Arten wie der Duftblüte (*Osmanthus* sp.), der Japanischen Wollmispel (*Eriobotrya japonica*) und dem Glanzliguster (*Ligustrum lucidum*) weiter zu. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts wird von einem Rückstand des Gartenbaus um die Oberitalienischen Seen gegenüber den Gärten in England und Belgien berichtet. Schuld daran seien die politischen Wirren zur damaligen Zeit. Nach der Öffnung Chinas um 1843 wurde wiederum eine Zunahme fremder Zierpflanzenarten festgestellt. Daneben fanden auch vermehrt australische Gewächse wie verschiedenste *Eucalyptus*-Arten (*Eucalyptus* sp.) und Akazien (*Acacia* sp.) einen Platz in den Tessiner Gärten und Parks. Christ (1882) zählt in seinem Werk „Das Pflanzenleben der Schweiz“ eine hohe Anzahl an exotischen Pflanzen auf, welche er zu seiner Zeit in den Gärten und Parks des Tessins beobachten konnte. So berichtet er von einer Chilenischen Honigpalme (*Jubaea chilensis*), welche auf den Borromäischen Inseln im Lago Maggiore hervorragend gedeiht. Um Gandria sollen bereits Gartenflüchtlinge des Olivenbaums (*Olea europaea*), des Granatapfelbaums (*Punica granatum*) und des Lorbeers (*Laurus nobilis*) zu beobachten sein (Christ 1882). Schröter (1936:85-86) hält es für möglich, dass der Echte Lorbeer (*Laurus nobilis*), welcher in der Umgebung von Gandria den Anschein einer einheimischen Pflanze erweckt, auch die Eiszeit hier überdauert hat. Er betont aber, dass dies sehr schwierig nachzuweisen sei. Schröter (1936:104) beschreibt weiter, dass sich die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*), der Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*) und der Granatapfelbaum (*Punica granatum*) leicht von selbst aussäen. Zudem beobachtet er, dass die Amerikanische Agave (*Agave americana*) in ganz Insubrien an den felsigen Uferhängen völlig heimisch geworden sei. Aus dem Jahre 1956 wird berichtet, dass die Kamelie (*Camellia japonica*), die

Duftblüte (*Osmanthus* sp.), die Japanische Wollmispel (*Eriobotrya japonica*), der Glanzliguster (*Ligustrum lucidum*) und der Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*) dem insubrischen Klima sehr gut angepasst sind und sich dies dadurch zeigt, dass sie zunehmend verwildern (Schröter 1956). Däniker beschreibt in der Flora des Südens von Schröter (1956), dass die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) sich auf den Brissagoinseln vermehrt, als wäre sie ein einheimisches Gewächs. Becherer (1960) berichtet, dass das Japanische Geissblatt (*Lonicera japonica*), welches erstmals 1896 ausgewildert nachgewiesen wurde, mittlerweile als eingebürgert angesehen werden kann. Oberdorfer (1964) beobachtet ausgewilderten Echten Lorbeer (*Laurus nobilis*) und das Japanische Geissblatt (*Lonicera japonica*) bei San Abbondio auf 380 m ü. M. Zudem erwähnt er, dass die Salbei-Eschenwälder (Salvio-Fraxinetum) in Seenähe mit Eiben (*Taxus baccata*), Stechpalmen (*Ilex aquifolium*), Mäusedornen (*Ruscus aculeatus*), Buchsbäumen (*Buxus sempervirens*) und dem subspontanen Vorkommen des Lorbeers (*Laurus nobilis*) im Unterwuchs so viel Immergrünes enthalten, dass der Eindruck eines atlantischen „Lorbeer-Sommerwaldes“ entsteht (Oberdorfer 1964:160).

Während sich die Ausbreitung der laurophyllen Arten in den 1960er und 1970er– Jahren noch auf die Krautschicht beschränkt (Antonietti 1968, Zuber 1979), können in den 1980er Jahren laurophyllle Arten bereits in der Strauchschicht nachgewiesen werden (Gianoni et al. 1988). In den 1990er Jahren (Walther 1995) und um die Jahrtausendwende (Walther 2000, Küttel 2001) wird von Laurophyllen berichtet, welche bereits in die Baumschicht vorgedrungen sind. Eine Übersicht über die Einführung und Ausbreitung einiger laurophyller Arten im Tessin gibt die Abbildung 5.

	Year	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
<i>Prunus laurocerasus</i>			1592					Introduction
					1839		1956	Spread
<i>Lonicera japonica</i>								Introduction
					1888		1960	Spread
<i>Laurus nobilis</i>								Introduction
						1904	1964	Spread
<i>Trachycarpus fortunei</i>			1671					Introduction
						1920	1961	Spread
<i>Cinnamomum glanduliferum</i>								Introduction
						1936	ca. 1960	Spread
<i>Elaeagnus pungens</i>								Introduction
						1956	1975	Spread
<i>Eriobotrya japonica</i>				2 nd half				Introduction
						1956	1996	Spread
<i>Camellia japonica</i>				1730				Introduction
						1956		Spread
						First record of (azonal) spreading	↑ Year of Naturalization	

Abbildung 5: Einführung und Ausbreitung einiger laurophyller Arten im Tessin (Walther 2000).

3.4.3 Lorbeerwälder des Zonobioms V

Nach Walter (1999) wird das Zonobiom V der warm-temperierten Lorbeerwälder in zwei Subzonobiome unterteilt:

- sZB V(sr): Auf Ostseiten der Kontinente, Übergang von ZB I und II mit Sommerregen zu den gemässigten Regionen mit leichtem Frost.

Charakteristisch dafür sind ganzjähriger Regen oder ein Niederschlagsminimum in der kühlen Jahreszeit, feuchte und schwüle Vegetationszeit sowie leichte Fröste im Winter.

Waldtypen nach geografischer Lage (Ovington 1983, Walter 1999):

- Ostasiatische Lorbeerwälder (China, Südkorea, Japan)
- Feuchtwälder des südöstlichen Nordamerikas (Florida, Georgia)
- Temperierte, immergrüne Wälder des östlichen Südamerikas (Uruguay, Südbrasilien)
- *Eucalyptus-Nothofagus*-Wälder (Ostaustralien, Tasmanien und Neuseeland)
- Feuchtwälder des östlichen Südafrikas (Osten Südafrikas)

- sZB V(w): Auf Westseite der Kontinente, Übergang von ZB IV mit Winterregen zum ZB VIII mit sehr ozeanischer Prägung.

Charakteristisch dafür sind Winterregen aber keine Sommerdürre.

Waldtypen nach geografischer Lage (Ovington 1983, Walter 1999):

- Kanarische Laurisilva (Kanarische Inseln, Teneriffa, La Gomera, La Palma, Gran Canaria)
- Kolchische Wälder (Nordanatolien und Südkaukasus in Georgien am Schwarzen Meer)
- Mammutbaumwälder im Nordwesten der USA (Kalifornien, Oregon)
- Valdivianischer Regenwald (Mittel-Chile)

Gebiete mit ähnlichen klimatischen Bedingungen und Vegetationstypen lassen sich zudem in tropischen und subtropischen Bergwäldern finden (Ovington 1983).

Das Auftreten von Lorbeerwäldern ist durch mehrere Faktoren eingeschränkt. So werden zu kalte Winter mit tiefen, teilweise langanhaltenden Frösten nicht toleriert und ausgeprägte Trockenperioden nur schlecht vertragen. Zudem werden relativ hohe Temperaturen während der Vegetationsperiode (Tagesmittel von ca. 20 – 25 °C) benötigt (Klötzli 1988).

Das insubrische Klima befindet sich an der Übergangszone des Subzonobioms V und dem Zonobiom VI der winterkahlen Laubwälder. Tatsächlich lassen sich im südlichen Tessin seit einigen Jahrzehnten auch bezüglich der Vegetation Annäherungen an das Zonobiom V beobachten. So kommen im winterkahlen Laubwald neben einigen wenigen einheimischen Immergrünen auch zunehmend laurophylle Pflanzen vor, welche ursprünglich aus dem Zonobiom V des immergrünen Lorbeerwaldes stammen. Neben den laurophyllen Pflanzenarten, welche sich im Südtessin ausbreiten, können sich an den sonnigsten, trockensten und felsigsten Standorten zusätzlich sklerophylle und halbsklerophylle Arten (z.B. *Quercus ilex*) ausbreiten. Auf der Abbildung 6 ist klar ersichtlich, wie das Klima Insubriens an das Klima, welches von immergrünen Laubwäldern benötigt wird, bezüglich Niederschlagsmenge und Mitteltemperatur, heranreicht. Aber auch die Zone für sklerophylle Wälder wird gestreift.

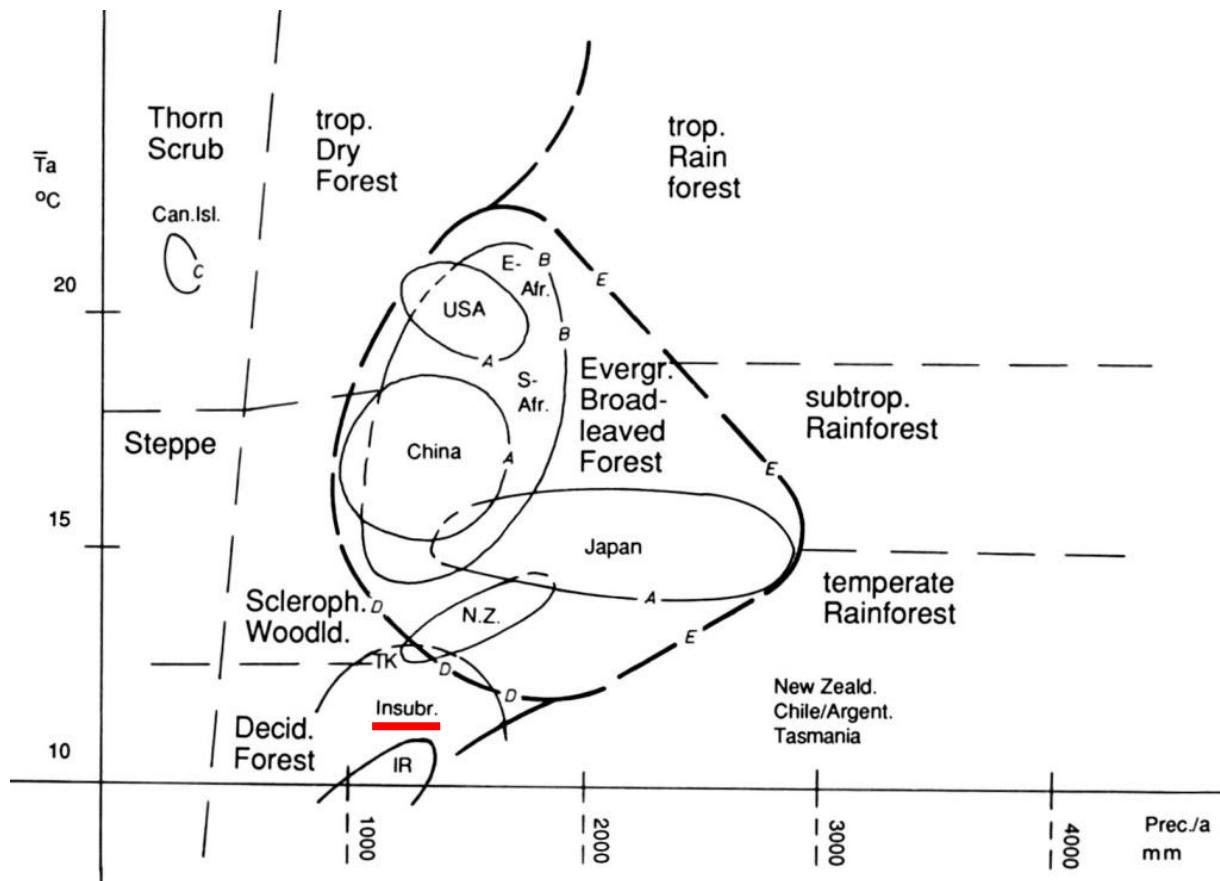


Abbildung 6: Verbreitung der immergrünen Laubwälder in Abhängigkeit von der Jahresmitteltemperatur und des Jahresniederschlags (Klötzli 1988).

3.4.4 Begriff der Laurophyllisierung

Laurophyllisierung (vom lateinischen laurus = Lorbeer) bezeichnet den Prozess der Ausbreitung laurophyller Arten in den laubabwerfenden Wäldern des Zonobioms VI. Die laurophyllen Arten sind immergrün und weisen meist grosse, ledrige, oft glänzende Blätter auf, welche meist unbehaart sind. Sie sind charakteristisch für die feuchten, immergrünen Lorbeerwälder des Zonobioms V. Folglich sind sie ganzjährig auf eine gewisse Niederschlagsmenge angewiesen und reagieren relativ empfindlich auf starke und langanhaltende Fröste (Ovington 1983).

In dieser Arbeit werden die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) und die Silberakazie (*Acacia dealbata*) auch zu den laurophyllen Arten gezählt, obwohl sie per Definition im engeren Sinne nicht zu diesen gehören. Sie zählen jedoch zu den immergrünen Pflanzen und weisen ähnliche klimatische Anforderungen wie die Laurophyllen auf. Nur am Rande werden noch der Zürgelbaum (*Celtis australis*) und der Götterbaum (*Ailanthus altissima*) berücksichtigt, zwei laubabwerfende Baumarten, welche ausserdem für die Fragestellung dieser Arbeit von Interesse sein können, da sie thermophil und in den Südtessiner Wäldern als gebietsfremde Arten anzutreffen sind.

3.4.5 Vorstellung gebietsfremder Gehölzen und einheimischer Immergrünen

In diesem Kapitel werden nun die wichtigsten gebietsfremden Gehölze und einheimischen Immergrünen vorgestellt. Die Beschreibungen wurden anhand der folgenden Autoren angefertigt: Polunin (1984), Riffle et al. (2012) und Schmidt (1999). Die Angaben zur Frosttoleranz basieren zudem oft auf eigenen Erfahrungen.

3.4.5.1 Wichtigste gebietsfremde Arten im Südtessin:

(Geordnet nach der Relevanz für diese Arbeit)

Echter Lorbeer (*Laurus nobilis*)

Familie: Lorbeergewächse (Lauraceae)

Verbreitung: Gesamtes Mittelmeergebiet

Beschreibung: Beim Echten Lorbeer (Abb. 7) handelt es sich um einen immergrünen Strauch oder Baum, der eine Höhe von bis zu 15 m erreichen kann. Der Stamm weist eine gräuliche Farbe auf und ist meist sehr glatt. Die ledrigen, lanzettförmigen oder ovalen Blätter duften beim Zerreiben aromatisch. Die weissen bis gelblichgrünen Blüten erscheinen im Frühling. Darauf bilden sich die blauschwarzen Beeren, welche im Herbst ausreifen.

Frosttoleranz: Erträgt Temperaturen bis -12 °C meist ohne Probleme, danach treten Schäden an Blättern und Trieben auf. Sehr gute Regenerationsfähigkeit aus den Wurzeln nach Absterben der oberirdischen Pflanzenteile.

Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*)

Familie: Rosengewächse (Rosaceae)

Verbreitung: Kleinasien

Beschreibung: Die immergrüne Lorbeerkirsche (Abb. 8) kann an optimalen Standorten eine Wuchshöhe von bis zu 15 m erreichen. Meist überschreitet sie die 5-m-Marke aber nicht und weist einen strauchigen Habitus auf. Die glänzenden ledrigen Blätter sind zwischen 8 und 20 cm lang. Die weissgelblichen Blüten erscheinen zwischen April und Juni. Die reifen Früchte weisen eine schwarze Farbe auf und sind kugelig in der Form.

Frosttoleranz: Erträgt Temperaturen bis -18 °C ohne Probleme. Bei gefrorenem Boden und gleichzeitig sonnigem Standort tritt schnell die sogenannte Frostrocknis auf.



Abbildung 7: *Laurus nobilis* (eigene Aufnahme).



Abbildung 8: *Prunus laurocerasus* (eigene Aufnahme).

Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*)

Familie: Palmengewächse (Arecaceae)

Verbreitung: Zentral- und Ostchina und äusserster Osten Indiens (genaues Ursprungsgebiet unsicher, da schon lange in Kultur)

Beschreibung: Die Chinesische Hanfpalme (Abb. 9) wird oftmals „Tessinerpalme“ genannt wegen ihres häufigen Vorkommens im Tessin. Man muss im Tessin länger suchen, um einen Garten ohne eine Chinesische Hanfpalme zu finden. Der Name Hanfpalme kommt von den reichlich vorhandenen Fasern am Stamm. Der Stamm kann eine Höhe von bis zu 15 m erreichen bei einem Durchmesser von 20 bis 25 cm. Die dichte, rundliche bis eiförmige Krone besteht aus bis zu 80 Fächern. Die Fächer sind dunkelgrün, auf der Unterseite leicht bläulich bereift, weisen einen Durchmesser von ca. einem Meter auf und hängen an 60 bis 80 cm langen Blattstielen. Die gelben Blüten stehen an gelborangen Blütenähren, welche nicht aus der Krone hinausreichen. Die blauschwarzen, dünnschaligen Früchte sind, wie auch die darin enthaltenen Samen, nierenförmig.

Frosttoleranz: Erträgt Temperaturen bis -13 °C ohne Schäden. Ab -16°C muss mit einem Totalverlust der Blätter gerechnet werden. Das Meristem kann unter Umständen auch noch Temperaturen von bis zu -18 °C trotzen.

Drüsiger Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*)

Familie: Lorbeergewächse (Lauraceae)

Verbreitung: China, Bhutan, Indien, Malaysia, Myanmar und Nepal

Beschreibung: Beim Drüsigen Kampferbaum (Abb. 10) handelt es sich um einen immergrünen, bis zu 20 m hohen Baum mit starkem Stamm und gleichmässigem Kronenaufbau. Die elliptischen bis lanzettförmigen Blätter weisen die typischen Merkmale laurophyller Blätter auf. Beim Zerreiben strömen sie einen nach Kampfer riechenden Duft aus. Die gelben, kleinen Blüten erscheinen von März bis Mai. Darauf folgen schwarze kugelige Früchte, welche zwischen Juli und September ihre volle Reife erreichen.

Frosttoleranz: Übersteht kurzzeitig andauernde Fröste bis zu -7 °C ohne Schäden davonzutragen. Ab -10 °C meist Totalverlust. Sehr alte, etablierte Bäume sind möglicherweise widerstandsfähiger gegenüber starken Frösten. Der Drüsige Kampferbaum besitzt von all den laurophyllen Arten, welche sich im Tessin zurzeit ausbreiten, die schlechteste Frostverträglichkeit.



Abbildung 9: *Trachycarpus fortunei* (eigene Aufnahme).



Abbildung 10: *Cinnamomum glanduliferum* (eigene Aufnahme).

Dornige Ölweide (*Elaeagnus pungens*)

Familie: Ölweidengewächse (Elaeagnaceae)

Verbreitung: Japan und küstennahes Nordchina

Beschreibung: Die Dornige Ölweide (Abb. 11) ist immergrün und wächst meist als dichter, bis zu 5 m hoher Strauch. Die ledrigen, lanzettförmigen Blätter sind auf der Blattoberseite dunkelgrün und auf der Unterseite weissgräulich beschuppt. Die weissen Blüten erscheinen im Herbst. Im darauffolgenden Frühjahr reifen unter optimalen Bedingungen ovale, rot-orange Früchte heran.

Frosttoleranz: Temperaturen bis -20 °C werden toleriert.

Japanisches Geissblatt (*Lonicera japonica*)

Familie: Geissblattgewächse (Caprifoliaceae)

Verbreitung: Japan, Korea, östliches China

Beschreibung: Beim Japanischen Geissblatt handelt es sich um einen windenden oder niederliegenden Strauch. Dieser kann an begünstigten Standorten bis in die obere Baumschicht vordringen und die als Kletterhilfe genutzten Bäume erheblich überwuchern. Die eiförmig, oder lanzettlich geformten Blätter können bis zu 8 cm lang werden bei einer Breite von ca. 4 cm. Die weissen Blüten erscheinen von März bis Juni.

Frosttoleranz: Erträgt Temperaturen bis -20 °C ohne Probleme.

Glanz-Liguster (*Ligustrum lucidum*)

Familie: Ölbaumgewächse (Oleaceae)

Verbreitung: China, Korea und Japan

Beschreibung: Beim Glanz-Liguster (Abb. 12) handelt es sich um einen immergrünen Strauch oder Baum, welcher eine Höhe von 17 m erreichen kann. Die lanzettlichen Blätter sind dunkelgrün und glänzend. Auf die weissen Blüten folgen kugelförmige, blauschwarze Früchte, welche in Trauben an den Triebenden hängen.

Frosttoleranz: Ab -12 °C können erste Blattschäden auftreten, ab -15 °C Verlust der oberirdischen Pflanzenteile.

Mahonie (*Mahonia x media*)

Familie: Berberitzengewächs (Berberidaceae)

Verbreitung: Ostasien

Beschreibung: Bei *Mahonia x media* handelt es sich um eine künstliche Hybride zwischen der Japanischen Mahonie (*Mahonia japonica*) und der Lomariablättrigen Mahonie (*Mahonia lomariifolia*). Sie wächst als bis zu 5 m hohe Strauch. Jungpflanzen bis zu einem Meter Höhe sind meist noch nicht verzweigt. Die Blätter können bis zu 70 cm lang werden und bestehen aus 17 bis 21 Fiederblättchen. Diese weisen eine lanzettliche Form aus und sind glänzend grün. Die gelbgrünen Blattnerve sind auf der Unter- und Oberseite mit kleinen Zähnen besetzt. Die gelben Blütendolden erscheinen von November bis Januar.

Frosttoleranz: Erträgt Temperaturen bis -20 °C ohne Probleme.



Abbildung 11: *Elaeagnus pungens* (eigene Aufnahme).



Abbildung 12: *Ligustrum lucidum* (eigene Aufnahme).

Steineiche (*Quercus ilex*)

Familie: Buchengewächse (Fagaceae)

Verbreitung: Gesamtes Mittelmeergebiet, dringt bis in submediterrane geprägte Gebiete vor wie beispielsweise an der französischen Atlantikküste bis Nantes oder am Gardasee.

Beschreibung: Die immergrüne Steineiche (Abb. 13) kann bis zu 25 m hoch werden und im fortgeschrittenen Alter einen Stammdurchmesser von über einem Meter erreichen. Die Krone ist sehr breit und ausladend. Die dunkle Rinde ist bei jüngeren Bäumen glatt und wird bei älteren Bäumen immer rissiger. Die elliptisch bis lanzettlich geformten, in ihrer Form und Grösse sehr variablen Blätter sind zwischen 5 und 10 cm lang und an den Rändern zum Teil gezähnt. Auf der Oberseite sind die Blätter glatt und dunkelgrün, während die Unterseite silbrig-weiss beharrt ist. Die Steineiche ist in der Lage, abhängig von den vorherrschenden klimatischen Bedingungen, sklerophylle oder laurophylle Blätter zu bilden. Die gelben Blütenrispen erscheinen von April bis Mai. Die ca. 2 cm langen Eicheln sind im Spätherbst voll ausgereift.

Frosttoleranz: Kann Temperaturen bis -15 °C schadlos überstehen. Ab -20°C Totalverlust der Pflanze.

Silber-Akazie (*Acacia dealbata*)

Familie: Hülsenfrüchtler (Fabaceae)

Verbreitung: Südostaustralien

Beschreibung: Die immergrüne Silberakazie (Abb. 14) kann zu einem bis zu 30 m hohen Baum heranwachsen, bleibt oftmals aber kleiner mit strauchförmigem Habitus. Die paarig und sehr fein gefiederten, sklerophyllen Blätter sind mit feinen weissen Härchen überzogen, welche die Silberakazie silbrig-grün erscheinen lässt. Im Spätwinter erscheinen die dekorativen, gelben Blütenbüschel, nach welchen sich die 5 bis 10 cm langen und ca. 1 cm breiten Hülsen bilden. Die Samen sind schwarz und weisen einen Durchmesser von 2 mm auf.

Frosttoleranz: Bis -8°C keine Schäden, ab -12 °C Absterben der oberirdischen Pflanzenteile, erneutes Austreiben aus den Wurzeln möglich. Mehrere Tage Dauerfrost werden nicht gut vertragen.



Abbildung 13: *Quercus ilex* (eigene Aufnahme).



Abbildung 14: *Acacia dealbata* (eigene Aufnahme).

3.4.5.2 Immergrüne einheimische Pflanzen im Südtessin

Buchsbaum (*Buxus sempervirens*)

Familie: Buchsbaumgewächse (Buxaceae)

Verbreitung: Mittelmeerraum, Mitteleuropa, Nordafrika, Westasien

Beschreibung: Beim Buchsbaum handelt es sich um einen immergrünen Strauch oder Baum, welcher im hohen Alter unter günstigen Bedingungen eine Höhe von bis zu 20 m erreichen kann. Der in den Schweizer Wäldern anzutreffende wildwachsende Buchs erreicht aber nur selten 2 m Höhe und weist immer einen strauchförmigen Habitus auf. An den kurzen Zweigen stehen die kleinen, ovalen, oft gekrümmten Blättchen, welche eine dunkle Oberseite und eine helle Unterseite aufweisen. Die unscheinbaren, weissgelben Blüten bringen kleine braune Kapseln hervor. Der Buchsbaum ist monözisch.

Efeu (*Hedera helix*)

Familie: Araliengewächse (Araliaceae)

Verbreitung: Ganz Europa mit Ausnahme von Nordskandinavien

Beschreibung: Beim Efeu handelt es sich um eine sehr häufig vorkommende wuchernde Kletterpflanze, welche des Öfteren bis in die oberste Baumschicht vordringt. Die glänzenden dunkelgrünen Blätter sind sehr variabel in ihrer Form und Grösse. Bis zu 20 Blüten stehen in kugeligen Dolden zusammen. Die schwarzen kugelförmigen Beeren reifen im Frühjahr und haben einen Durchmesser von 0.5 bis 1 cm.

Stechpalme (*Ilex aquifolium*)

Familie: Stechpalmengewächse (Aquifoliaceae)

Verbreitung: Gesamtes Mittelmeergebiet bis Westasien

Beschreibung: Bei der Stechpalme (Abb. 15) handelt es sich um einen bis zu 15 m hohen Baum, der jedoch oft kleiner bleibt und so meist die untere Baumschicht erreicht. Die auf der Oberseite glänzenden, ledrigen Blätter sind mehr oder weniger stark gezähnt, sehr variabel in ihrer Form und stehen an dunkel- bis hellgrünen Zweigen. Auf die weissen Blüten folgen rote, kugelige Früchte.



Abbildung 15: *Ilex aquifolium* (eigene Aufnahme).

Mäusedorn (*Ruscus aculeatus*)

Familie: Spargelgewächse (Asparagaceae)

Verbreitung: Gesamtes Mittelmeergebiet inkl. Nordafrika bis zum Schwarzen Meer

Beschreibung: Beim Mäusedorn (Abb. 16) handelt es sich um eine ausläufertreibende immergrüne Staude, die bis zu 1 m hoch werden kann. Die Blätter sind zu kleinen Schuppen reduziert, wobei in den Achsen dieser Schuppen die grösseren blattähnlichen Phyllokladien stehen. Die kleinen weissen Blüten erscheinen in der Mitte der Phyllokladien, sodass es den Anschein macht, als würden sie sich auf den Blättern entwickeln. Auf die Blüte folgt eine rote kugelige Frucht von ungefähr 1 cm Durchmesser.

Kleines Immergrün (*Vinca minor*)

Familie: Hundsgiftgewächse (Apocynaceae)

Verbreitung: Südliches Mitteleuropa und Mittelmeergebiet: Von Spanien über Frankreich bis zum Kaukasus

Beschreibung: Das Kleine Immergrün (Abb. 17) überschreitet nur selten die 20-cm-Marke, ist dafür umso weitkriechender und bildet mit der Zeit dichte Teppiche. Die Blättchen sind ledrig und lanzettförmig. Die blauen bis violetten Blüten erscheinen an diesjährigen Trieben zwischen April und Juni.



Abbildung 16: *Ruscus aculeatus* (eigene Aufnahme).



Abbildung 17: *Vinca minor* (eigene Aufnahme).

3.5 Waldgesellschaften

3.5.1 Pflanzensoziologischer Exkurs: Einteilung der Wälder in Waldgesellschaften

Die Pflanzensoziologie beschäftigt sich unter anderem mit der Einteilung des Waldes in verschiedene Waldgesellschaften. Diese Einteilung beruht auf der Beobachtung, dass ähnliche Artenzusammensetzungen unter bestimmten Standortbedingungen häufig vorkommen (Steiger 2010). Für die Unterscheidung verschiedener Waldgesellschaften werden sogenannte diagnostische Arten definiert. Bei den diagnostischen Arten wird zwischen Differentialarten und Charakterarten unterschieden. Differentialarten sind Pflanzenarten, welche bestimmten Aufnahmen gemeinsam sind und anderen fehlen und somit Einheiten nur in einer bestimmten Richtung von anderen Einheiten trennen. Daneben bezeichnen die Charakterarten diejenigen Arten, welche ihren Verbreitungsschwerpunkt mehr oder weniger nur in einer Waldgesellschaft haben. Diese von Braun-Blanquet (1964) postulierten Charakterarten sind heute weniger gebräuchlich, da sie im eigentlichen Sinne nur einen Spezialfall der Differentialarten darstellen und für die genaue Einteilung von Aufnahmen in verschiedene Waldgesellschaften nur bedingt geeignet sind. Diejenigen Arten, welche nicht wie die diagnostischen Arten einen syntaxonomisch-diagnostischen Wert besitzen, werden Begleiter genannt (Dierschke 1994:275).

3.5.2 Waldgesellschaften der kollinen Stufe des Tessins

Auf der Alpensüdseite wird eine etwas andere Artenzusammensetzung der Wälder als in der restlichen Schweiz vorgefunden. Dies ist einerseits der Fall aufgrund des milden insubrischen Klimas, welches beispielsweise das Gedeihen von wärmeliebenden, submediterranen Arten zulässt. Andererseits wurde die Artenzusammensetzung auch durch vegetationsgeschichtliche Prozesse geprägt, welche im Kapitel 3.4.1 erläutert wurden.

Baumarten, welche innerhalb der Schweiz fast ausschliesslich im Tessin waldbildende Elemente darstellen, sind die Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*) und die Mannaesche (*Fraxinus ornus*) sowie die von den Römern eingeführte Edelkastanie (*Castanea sativa*). Letztere Baumart dominiert oftmals auf Silikatgestein, sodass die namensgebenden Baumarten der ursprünglichen Waldgesellschaften zum Teil nur noch vereinzelt anzutreffen sind und deshalb die potentiell-natürliche Vegetation an vielen Standorten geschätzt werden muss. Dies betrifft im Tessin vor allem die ehemals stärker verbreiteten sauren Stieleichen- und Birkenwälder auf Silikatgestein (Steiger 2010).

Die modifizierte Systematik der Waldgesellschaften der kollinen Stufe des Tessins gemäss Ellenberg und Klötzli (1972) und Steiger (2010) lautet wie folgt:

Klasse: Buchen und sommergrüne Eichenwälder (Querco-Fagetea)

Ordnung: Buchenwaldartige Laubwälder (Fagetalia sylvaticae)

Verband: Linden-Ahornwälder (Tilio-Acerion pseudoplatani)

Unterverband: Lindenwälder (Tilion platyphylly)

25:** **Schneehainsimsen-Winterlindenwald (Luzula nivea-Tilietum)**

Verband: Auen- und Quellwälder (Alno-Ulmion)

Unterverband: Eschenwälder (Fraxinion)

29: **Zweiblatt-Eschenmischwald (Ulmo-Fraxinetum listeretosum)**

Verband: Eichen-Hagebuchenmischwälder (Carpinion betuli)

Unterverband: Hagebuchenmischwälder (Carpinion)

33: **Kastanienreicher Geissbart-Eschenmischwald (Arunco-Fraxinetum castanetosum)**

34: **Kastanienreicher Kreuzlabkraut-Eichenmischwald (Cruciato glabrae-Quercetum castanetosum)**

36: **Hagebuchen-Hopfenbuchenwald (Carpino betuli-Ostryetum)**

Ordnung: Xerotherme Eichenwälder (Quercetalia pubescenti-petraeae)

Verband: Illyrischer Mannaeschen-Hopfenbuchenwald (Orno-Ostryon)

37: **Mannaesche-Hopfenbuchenwald (Fraxino orni-Ostryetum)**

Verband: West-submediterrane (Flaum-)Eichenwälder (Quercion pubescenti-petraeae)

38*: **Insubrischer Flaumeichenwald (Allio lusitanici-Quercetum pubescentis)**

Ordnung: Eichen-Birkenwälder (Quercetalia robori-petraeae)

Verband: West- und Mitteleuropäische Eichen-Birkenwälder (Quercion robori-petraeae)

Unterverband: Insubrischer Eichenmischwald (Quercion robori-petraeae)

42: **Kastanienreicher Rapunzel-Eichenmischwald (Phyteumo betonicifoliae-Quercetum castanetosum)**

Nachfolgend werden diese Waldgesellschaften kurz vorgestellt. Dabei wurde auf die Beschreibungen von Keller et al. (1998) und Steiger (2010) zurückgegriffen:

Schneehainsimsen-Winterlindenwald (Luzula nivea-Tilietum, 25)**

Die Winterlindenwälder kommen im Tessin zwischen 400 und 1200 m ü. M. auf durch Hangschutt geprägten Standorten sowohl auf Kalkgestein wie auch auf Silikatgestein vor. Meistens handelt es sich um reine Winterlindenbestände (*Tilia cordata*), selten sind auch Eschen (*Fraxinus excelsior*) oder Bergahorne (*Acer pseudoplatanus*) vorhanden. Die Strauchschicht ist praktisch inexistent und nur zum Teil durch Hasel (*Corylus avellana*) angedeutet. Die verarmte Krautschicht ist geprägt durch die Schneehainsimse (*Luzula nivea*) und wird manchmal begleitet von der Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*).

Zweiblatt-Eschenmischwald (Ulmo-Fraxinetum listeretosum, 29)

Der Zweiblatt-Eschenmischwald entsteht dort, wo es der Buche zu feucht ist, also in staunassen Mulden oder bei oberflächennahem Grundwasser. Im Tessin kann diese Waldgesellschaft in der Magadino-Ebene um den Ticino herum vorgefunden werden. Junge Eschen (*Fraxinus excelsior*), Traubenkirschen (*Prunus padus*), Schwarzer Holunder (*Sambucus nigrum*), Efeu (*Hedera helix*) und Brombeeren (*Rubus sp.*) bilden meist ein undurchdringliches Dickicht in der Strauchschicht. In der Krautschicht kann oft das Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*), der Gold-Hahnenfuss (*Ranunculus auricomus*), der Aronstab (*Arum sp.*), die Goldnessel (*Lamium galeobdolon*), die Waldsegge (*Carex sylvatica*) und der Bärlauch (*Allium ursinum*) vorgefunden werden.

Kastanienreicher Geissbart-Eschenmischwald (Arunco-Fraxinetum castanasetum, 33)

Auf frischfeuchten, schattigen, nährstoffreichen Böden zwischen 200 und 800 m ü. M. im Tessin kann der kastanienreiche Geissbart-Eschenmischwald angetroffen werden. Oft dominieren die Edelkastanien (*Castanea sativa*) anstelle der Eschen (*Fraxinus excelsior*) die Baumschicht. In der lockeren Strauchschicht sind Hasel (*Corylus avellana*) und zum Teil der Faulbaum (*Frangula alnus*) vorzufinden. In der Krautschicht gedeiht der Geissbart (*Arunco sylvestris*), der Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*), das Waldveilchen (*Viola sylvatica*), der Wurmfarn (*Dryopteris filix-mas*) und das Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*). Daneben sind noch viele weitere Säurezeiger weitverbreitet.

Kastanienreicher Kreuzlabkraut-Eichenmischwald (Cruciato glabrae-Quercetum castanasetum, 34)

Diese Waldgesellschaft kommt im Tessin auf tiefgründigen Böden beispielsweise auf Hangfüßen und Terrassen in der Gneiszone zwischen 600 und 850 m ü. M. vor. Durch die intensiv genutzten Täler existieren nur noch sehr wenige naturnahe Beispiele. Die Edelkastanien (*Castanea sativa*) haben oftmals die natürliche Zusammensetzung aus Zerreichen (*Quercus cerris*), Winterlinden (*Tilia cordata*) und Eschen (*Fraxinus excelsior*) ersetzt. Die schwach ausgeprägte Strauchschicht wird hauptsächlich durch die Hasel (*Corylus avellana*) gebildet. Besonders charakteristisch für die Krautschicht ist das Kreuzlabkraut (*Cruciata glabra*). Daneben sind häufig Efeu (*Hedera helix*), Immergrün (*Vinca minor*), Waldveilchen (*Viola sylvatica*), Süsse Wolfsmilch (*Euphorbia dulcis*) und die Klebrige Salbei (*Salvia glutinosa*) anzutreffen.

Hagebuchen-Hopfenbuchenwald (Carpino betuli-Ostryetum, 36)

Der Hagebuchen-Hopfenbuchenwald gedeiht zwischen 280 und 950 m ü. M. meistens über tiefgründigen Kalkböden, kann aber auch an leicht sauren Standorten vorkommen. In der Regel dominiert die Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*) die Baumschicht, beigemischt sind oft auch Eschen (*Fraxinus excelsior*), Winterlinden (*Tilia cordata*), Hasel (*Corylus avellana*), Kornelkirsche (*Cornus mas*) und die Vogel-Kirsche (*Prunus avium*). Die Strauchschicht kann sehr üppig sein und beinhaltet neben verschiedensten Kalksträuchern oft die Stechpalme (*Ilex aquifolium*), den Mäusedorn (*Ruscus aculeatus*) und den Goldregen (*Laburnum anagyroides*). In der Krautschicht sind die Goldnessel (*Lamium galeobdolon*), die Gefingerte Segge (*Carex digitata*), die Gemeine Schmerzwurz (*Tamus communis*) und das Begrannete Labkraut (*Galium aristatum*) vorzufinden.

Mannaesche-Hopfenbuchenwald (Fraxino orni-Ostryetum, 37)

Der Mannaeschen-Hopfenbuchenwald ist in der Schweiz nur im Tessin an den heissen, trockenen, flachgründigen Kalksteilhängen um den Luganersee zwischen 200 und 1000 m ü. M. verbreitet. Damit handelt es sich um das westlichste Vorkommen dieser submediterranen Waldgesellschaft, welche ihren Verbreitungsschwerpunkt in den verkarsteten Gebieten Kroatiens hat. Die Baumschicht wird dominiert von der Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*), der Mannaesche (*Fraxinus ornus*), der Flaumeiche (*Quercus pubescens*) und des Feldahorns (*Acer campestre*). Speziell in den Wäldern um Gandria ist der Südliche Zürgelbaum (*Celtis australis*) eingebürgert. Auffällig in der unteren Baumschicht und der Strauchschicht ist der Goldregen (*Laburnum anagyroides*). In der Strauchschicht ist die Strauchkronwicke (*Coronilla emerus*) oft vorzufinden. Die Krautschicht ist sehr reichhaltig und beinhaltet viele Saumarten. Häufig vorzufinden sind der immergrüne Mäusedorn (*Ruscus aculeatus*), die Christrose (*Helleborus niger*), der Blutrote Storchenschnabel (*Geranium sanguineum*) und das Immergrün (*Vinca minor*).

Insubrischer Flaumeichenwald (*Allio lusitanici-Quercetum pubescentis*, 38*)

Im Tessin ist der insubrische Flaumeichenwald sehr selten anzutreffen. Nur an den trockensten Stellen auf Gneis gedeiht diese Waldgesellschaft oft an Felskanten. An etwas tiefgründigeren und basenärmeren Stellen gedeiht meist schon ein Rapunzel-Traubeneichenwald. Die sehr niedere Baumschicht wird dominiert durch die Flaumeiche (*Quercus pubescens*). In der Krautschicht sind verschiedene wärmeliebende Saumarten vorzufinden wie die Erdsegge (*Carex humilis*), der Berglauch (*Allium senescens*), das Bartgras (*Bothriochloa ischaemum*) und der Besenginster (*Cytisus scoparius*).

Kastanienreicher Rapunzel-Eichenmischwald (*Phyteumo betonicifoliae-Quercetum castanasetum*, 42)

Eichenmischwälder kommen im Südtessin auf trockenen, nährstoffarmen Böden zwischen 200 und 900 m ü. M vor. Völlig ungestörte Eichenbestände sind nur noch auf den trockensten Felskuppen erhalten geblieben. Die zur Römerzeit eingeführte Edelkastanie (*Castanea sativa*) hat die Eiche vielerorts ersetzt. Die zu jener Zeit angelegten Edelkastanien-Niederwälder (Ceduo oder Palina) und -Fruchthaine (Selva) werden heute kaum mehr genutzt, sodass sich an den meisten Stellen Hochwälder gebildet haben. Die durch das Edelkastanienlaub verursachte Bodenversauerung geht häufig mit einer Bodenverarmung einher, was eine artenarme Krautschicht zur Folge hat. In der oftmals nur spärlich ausgebildeten Strauchschicht treten Wacholder (*Juniperus communis*), Birke (*Betula pendula*), Besenginster (*Cytisus scoparius*) und gelegentlich der Faulbaum (*Frangula alnus*) auf. In der Krautschicht sind ausschliesslich Säurezeiger vorzufinden, wie das Pfeifengras (*Molinia arundinacea*), die Schneehainsimse (*Luzula nivea*), die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), der Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) und die Betonienblättrige Rapunzel (*Phyteuma betonicifolia*).

Neben den vorgestellten Waldgesellschaften wurden in jüngeren Publikationen weitere Waldgesellschaften definiert und beschrieben, wie beispielsweise von Frehner (2005) und Ivo Ceschi (2006) der Stechpalmenwald (*Ilici-Fagetum insubricum*) und der Robinienwald (*Chelidonio-Robinion*) und von Carraro (2010) der Insubrische Lorbeerwald (*Laurisilva insubrica*). Die Nummerierung der nächsten zwei Waldgesellschaften wurde von (Frehner et al. 2005) übernommen:

Insubrischer Stechpalmenwald (*Ilici-Fagetum insubricum*, 3mL-4L)

Der insubrische Stechpalmenwald kommt bis in eine Höhe von 800 bis 1000 m ü. M. hauptsächlich auf saurem Untergrund vor. Die Stechpalmen (*Ilex aquifolium*) bilden meist die untere Baumschicht, während die obere Baumschicht aus der Buche (*Fagus sylvatica*) und beigemischten Edellaubhölzern besteht (Ceschi 2006:262). Die Strauchschicht besteht hauptsächlich aus immergrünen Sträuchern. Die Krautschicht ist nur spärlich ausgebildet und kann das Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*), die Blassgelbe Goldnessel (*Lamium galeobdolon* ssp. *flavidum*) und den Wurmfarn (*Dryopteris filix-mas*) aufweisen.

Robinienwald (*Chelidonio-Robinion*, Rob)

Der Robinienwald kommt im Tessin bis maximal 900 m ü. M. vor. Die Robinie (*Robinia pseudoacacia*) ist auf silikatischen, meist gestörten Standorten konkurrenzfähig (Ceschi 2006:234-235). Es handelt sich dabei um meistens junge Wälder an Hang- und Hangfusslagen. In der Strauchschicht können oft der Schwarze Holunder (*Sambucus nigra*) und die Brennessel (*Urtica dioica*) vorgefunden werden. In der Krautschicht gedeihen meist das Schöllkraut (*Chelidonium majus*), das Buschwindröschen

(*Anemone nemorosa*), der Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) und der Vielblütige Weisswurz (*Polygonatum multiflorum*).

Insubrischer Lorbeerwald (*Laurisilva insubrica*)

Diese Waldgesellschaft wurde von Carraro (2010) definiert. Der insubrische Lorbeerwald kommt hauptsächlich in der unteren kollinen Stufe des Tessins in der Nähe der Seen vor. Der Boden ist meist sehr frisch, wobei der pH-Wert von sauer bis basisch reichen kann. Einheimische laurophyll Arten wie die Stechpalme (*Ilex aquifolium*), die Eibe (*Taxus baccata*) und der Efeu (*Hedera helix*) bilden mit gebietsfremden Laurophyllen wie dem Echten Lorbeer (*Laurus nobilis*), der Chinesischen Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*), dem Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*), dem Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*), dem Baumliguster (*Ligustrum lucidum*) und der Dornigen Ölweide (*Elaeagnus pungens*) eine dichte Strauchschicht aus. Ab und zu stossen sie auch in die sekundäre Baumschicht vor. Die primäre Baumschicht besteht aus Laubbaumarten der kollinen Stufe wie der Edelkastanie, Eichen, Linden und Buchen. Die Krautschicht ist meist stark verarmt, hervorgerufen durch die starke Beschattung der laurophyllen Arten. Die milden Wintertemperaturen erlauben es den Laurophyllen in gewissem Masse, das ganze Jahr hindurch Fotosynthese zu betreiben (Carraro 2010).

3.6 Frühere landwirtschaftliche Nutzung: Die Kastanienkultur

Zentral bei der kulturlandschaftlichen Nutzung der Wälder des Tessins bis in 1000 m ü. M. sind die Kastanienkulturen. Wie bereits in einem früheren Kapitel erwähnt, wurde die Kastanie vermutlich während der Bronzezeit, also zwischen 2200 und 800 v. Chr., erstmals durch den Menschen ins Tessin eingeführt (Lüdi 1944:70), eigentlich aber gemäss den regelmässigen Pollenfunden seit der Römerzeit in grösserem Stil kultiviert (Burga & Perret 1998:675). Einerseits wurden Kastanien-Niederwälder (Ceduo, Palina) zur Brennholzgewinnung bewirtschaftet oder sie wurden als sogenannte Selva für die Fruchtgewinnung als Haine kultiviert. Die Kastanie bildete noch gegen Ende des 19. Jahrhunderts das Hauptnahrungsmittel der Bewohner vieler Tessiner Täler. So waren Kastanien als Mehlersatz während der Wintermonate oft die einzige Speise, die der Tessiner Gebirgsbevölkerung zur Verfügung stand. Im Jahr 1919 wurden auf 9000 ha im Tessin noch 72'000 Tonnen Kastanien geerntet (Bürgi & Stuber 2003). Doch mit dem verstärkten Aufkommen von Verkehr und Handel schwand das Interesse für die Edelkastanienkultur. Zudem mangelte es an Arbeitskräften, welche die Kastanienselven pflegten und während der Ernte mithalfen. So kam es, dass die Kastanie von der sich im Aufschwung befindenden Kartoffel langsam abgelöst wurde. Die Einfuhr von Mais und Getreide trug ebenfalls dazu bei. Viele Kastanienselven wurden folglich nicht mehr bewirtschaftet und während des Krieges zum Teil für die Holzgewinnung geschlagen (Kaeser 1932).

Mittlerweile haben sich viele ehemalige Kastanienniederwälder zu Hochwäldern umgewandelt. Das durch einen Schlauchpilz (*Endothia parasitica*) verursachte gefürchtete Kastaniensterben hat sich mittlerweile wieder abgeschwächt. So wird die Kastanie wohl weiterhin auf den basenarmen Böden die Baumschicht vieler Tessiner Wälder dominieren (Steiger 2010), sofern sie nicht durch den Bau neuer Siedlungen verdrängt wird.

4 Resultate

4.1 Einteilung der Vegetationsaufnahmen in Laurophyllen-Etablierungskategorien (LEK)

Um das Ausmass der Laurophyllisierung genauer analysieren zu können, wurde eine Einteilung der 46 Vegetationsaufnahmen in verschiedene Laurophyllen-Etablierungskategorien (LEK) vorgenommen. Einteilungskriterium war jeweils die Dominanz der Laurophyllen in der Vegetationsschichtung des Waldes. Im folgenden Abschnitt werden die fünf gebildeten Laurophyllen-Etablierungskategorien (LEK) vorgestellt:

Laurophyllen-Etablierungskategorie (LEK) A (Einwanderungsphase):

Es sind nur vereinzelte Sämlinge von laurophyllen Arten in der Krautschicht vorhanden oder eine sehr geringe Anzahl an Jungpflanzen ist bereits von der Kraut- in die Strauchschicht vorgedrungen.

LEK B1 (beginnende Etablierungsphase):

Viele Sämlinge von Laurophyllen treten in der Krautschicht auf. Zudem sind einige davon schon in die Strauchschicht vorgedrungen oder sind kurz davor, dies zu tun.

LEK B2 (mittlere Etablierungsphase)

Die laurophyllen Arten sind häufig in der Strauchschicht anzutreffen, dominieren jedoch nicht. Meist sind zudem viele Sämlinge von Laurophyllen in der Krautschicht vorhanden.

LEK B3 (fortgeschrittene Etablierungsphase)

In der Strauchschicht dominieren die laurophyllen Arten oder mehrere Individuen sind kurz davor, in die Baumschicht vorzudringen. Zudem werden Aufnahmen dieser Kategorie zugeordnet, bei welchen einige wenige Individuen der Laurophyllen schon in die Baumschicht vorgedrungen sind, in der Kraut- und Strauchschicht aber nur wenige Laurophyllie vorhanden sind.

LEK C (etablierter Zustand)

Die Laurophyllen sind vermehrt in die Baumschicht vorgedrungen oder dominieren in dieser unter Umständen. In der Strauch- und Krautschicht haben laurophyllie Arten ebenfalls überhandgenommen.

In Abbildung 18 ist die Anzahl an Vegetationsaufnahmen dargestellt, welche auf die oben beschriebenen LEK verteilt werden konnten. 6 Aufnahmen konnten der LEK A, 7 der LEK B1 und deren 5 der LEK B2 zugeordnet werden. Deutlich mehr Aufnahmen beinhalten die LEK B3 und C mit 12 bzw. 16 zugeteilten Aufnahmen.

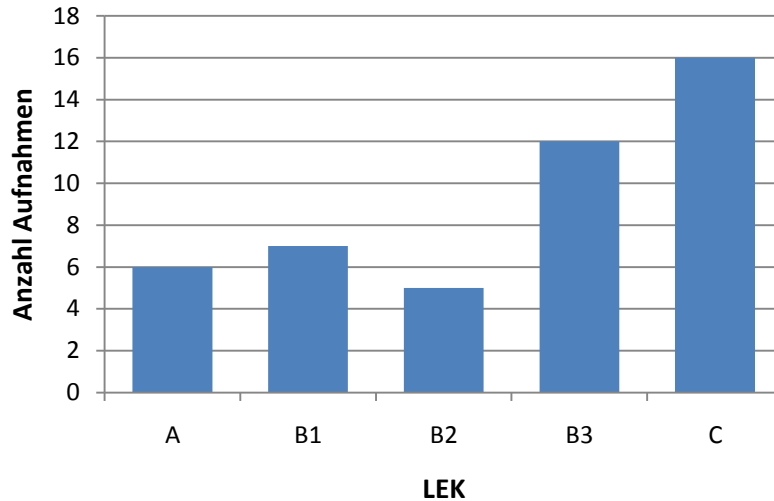


Abbildung 18: Verteilung der Vegetationsaufnahmen zu den LEK.

4.2 Verbreitung der verschiedenen laurophyllen Arten

Stetigkeit

Insgesamt wurden in den 46 Vegetationsaufnahmen 11 gebietsfremde laurophyllle Pflanzenarten vorgefunden. In Abbildung 19 ist die Stetigkeit aller vorgefundenen laurophyllen Arten dargestellt. Mit grösster Stetigkeit treten der Echte Lorbeer (*Laurus nobilis*), die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) und der Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) im Untersuchungsgebiet auf. Dabei sind diese in der Baumschicht in 6 bis 12 Aufnahmen anzutreffen, in der Strauchschicht in 15 bis 19 Aufnahmen und in der Krautschicht sogar in 20 bis 30 Aufnahmen. Etwas weniger oft vertreten als die vorherigen Arten ist das Japanische Geissblatt (*Lonicera japonica*) mit 3 (Baumschicht) bzw. 10 (Krautschicht) Aufnahmen. Mit einer Stetigkeit von 5 oder weniger Aufnahmen, aber durchaus teilweise in der Baumschicht vorkommend, sind der Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*), die Dornige Ölweide (*Elaeagnus pungens*) und die Steineiche (*Quercus ilex*) vertreten. Sehr selten vorzufinden waren die Mahonie (*Mahonia x media*), die Silberakazie (*Acacia dealbata*), der Glanzliguster (*Ligustrum lucidum*) und eine Zwergmispel-Art (*Cotoneaster sp.*).

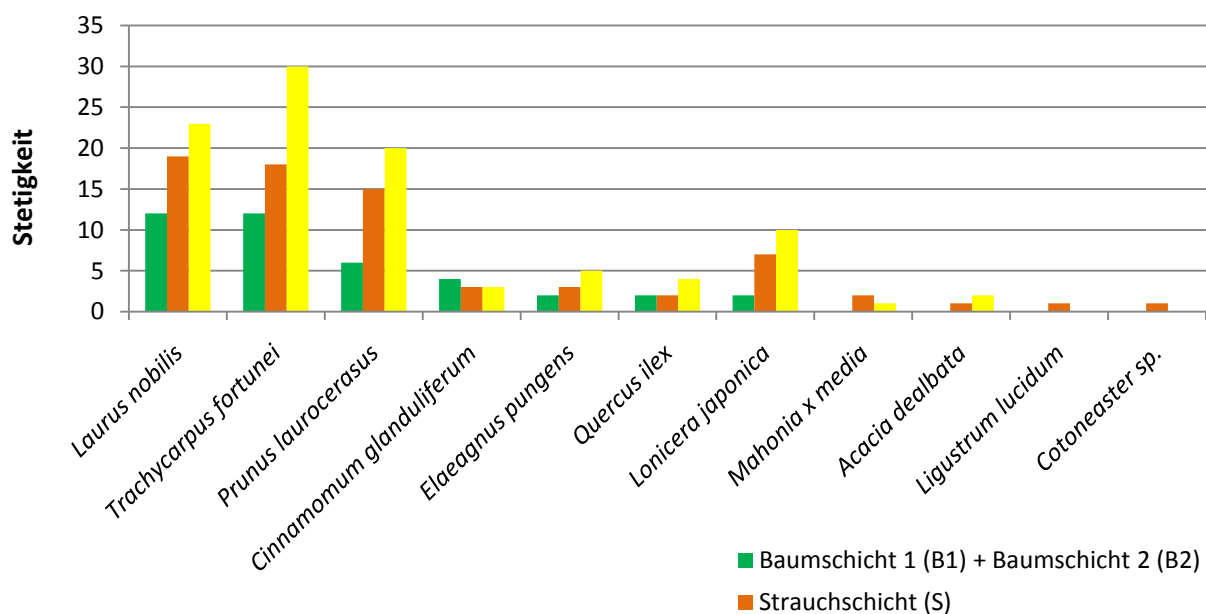


Abbildung 19: Stetigkeit der Laurophyllen auf die Kategorien verteilt.

Wuchshöhe

Neben der Stetigkeit wurde von den wichtigsten Laurophyllen die genaue Anzahl an Individuen über 50 cm Wuchshöhe erfasst (Abb. 20). Die kleineren Individuen (< 50 cm) waren in derart grosser Anzahl präsent, dass eine genaue Zählung nahezu unmöglich war. Von *Laurus nobilis*, *Trachycarpus fortunei* und *Prunus laurocerasus* wurden aber sicherlich weit über 1000 Jungpflanzen mit einer Wuchshöhe von unter 50 cm vorgefunden. Die einzelnen Pflanzen von *Lonicera japonica* wurden nicht gezählt, da diese sehr stark Ausläufer bildet und das Erfassen der genauen Anzahl an Exemplaren folglich keinen Sinn macht.

Die meisten Laurophyllen weisen (abgesehen von den zahlreichen Jungpflanzen der Krautschicht) eine Wuchshöhe zwischen 0.5 und 2 m (untere Strauchschicht) auf. Am häufigsten sind *Laurus nobilis* (ca. 120 Individuen), *Trachycarpus fortunei* (ca. 75) und *Prunus laurocerasus* (ca. 60) vertreten. Von *Elaeagnus pungens* wurden etwas mehr als 10 Exemplare vorgefunden, von *Cinnamomum glanduliferum* und *Quercus ilex* nur je deren 3. In der oberen Strauchschicht (2 bis 4 m) wurden von *Prunus laurocerasus* – dessen Individuen meist einen strauchförmigen Habitus aufweisen – ca. 40 Exemplare erfasst. Etwa gleich häufig wurden in dieser vertikalen Schicht Individuen von *Laurus nobilis* (ca. 40 Stück) und *Trachycarpus fortunei* (ca. 50) registriert. Zwischen 4 und 10 m Wuchshöhe (untere Baumschicht) waren an laurophyllen Arten hauptsächlich *Laurus nobilis* und *Trachycarpus fortunei* mit je ca. 40 Individuen vorzufinden und nur deren 10 von *Prunus laurocerasus*. Die 10-m-Marke wurde von genau 25 Exemplaren von *Laurus nobilis* durchbrochen. Von *Trachycarpus fortunei* und *Quercus ilex* überschritten deren 5, von *Cinnamomum glanduliferum* 3 Exemplare und von *Prunus laurocerasus* ein Individuum die Wuchshöhe von 10 m.

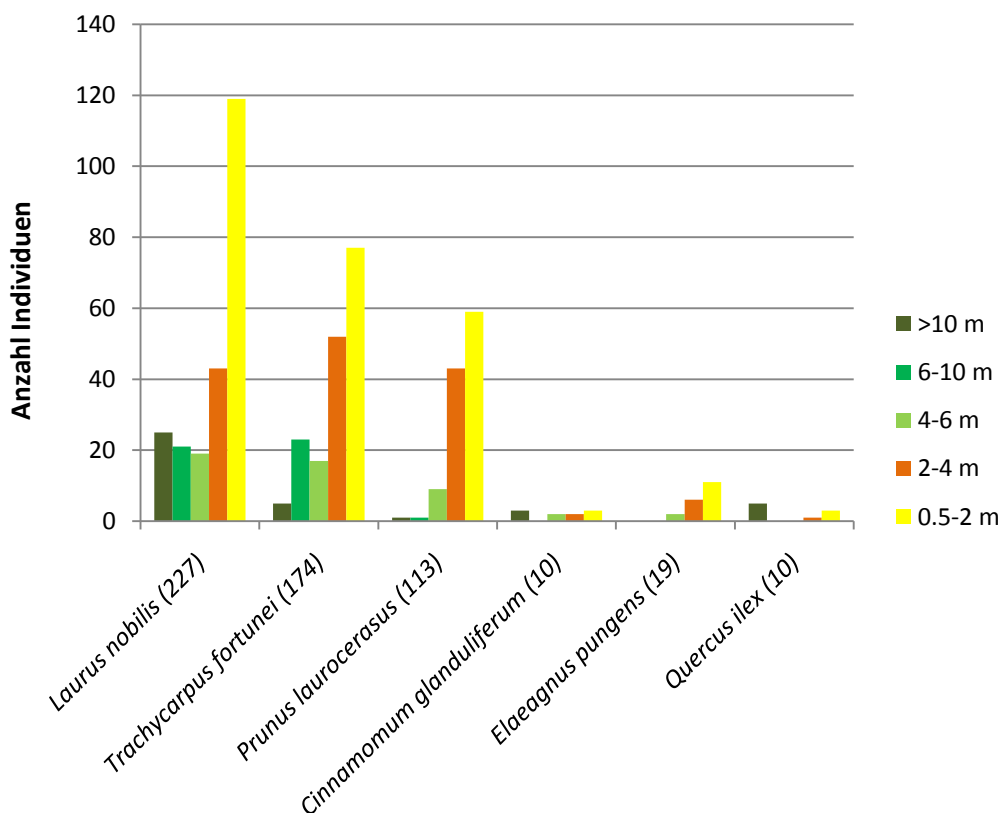


Abbildung 20: Anzahl Individuen pro Grössenordnung und Art von den wichtigsten laurophyllen Arten.

Deckungsgrad

Der prozentuale Anteil des Deckungsgrads der häufigsten laurophyllen Arten von der Summe des Deckungsgrades aller Arten einer Vegetationsaufnahme ist in Abbildung 21 dargestellt. Dabei handelt es sich um Durchschnittswerte, welche über alle 46 Vegetationsaufnahmen gemittelt wurden (also auch Aufnahmen, in welchen die eine oder andere laurophyllte Art nicht vorkommt). Es fällt auf, dass *Laurus nobilis*, *Trachycarpus fortunei* und *Prunus laurocerasus* in der Strauchschicht durchschnittlich den höchsten Deckungsgrad aufweisen (knapp 10 %). Für *Laurus nobilis* ist dieser Wert mit ca. 8 % in der Krautschicht ähnlich hoch, bei *Trachycarpus fortunei* und *Prunus laurocerasus* fällt die prozentuale Bedeckung deutlich geringer aus (4 bzw. 3.5 %). Auf *Laurus nobilis* und *Trachycarpus fortunei* entfallen in der unteren Baumschicht durchschnittlich 3 % des gesamten Deckungsgrades. Laurophyllte wie *Cinnamomum glanduliferum* und *Quercus ilex*, welche in der Kraut-, der Strauchschicht und der unteren Baumschicht einen niedrigen Bedeckungsgrad aufweisen, decken in der oberen Baumschicht durchschnittlich etwas mehr als 2 % der gesamten Summe des Deckungsgrades ab. *Laurus nobilis* verzeichnet mit 2 % den höchsten Deckungsgrad der oberen Baumschicht.

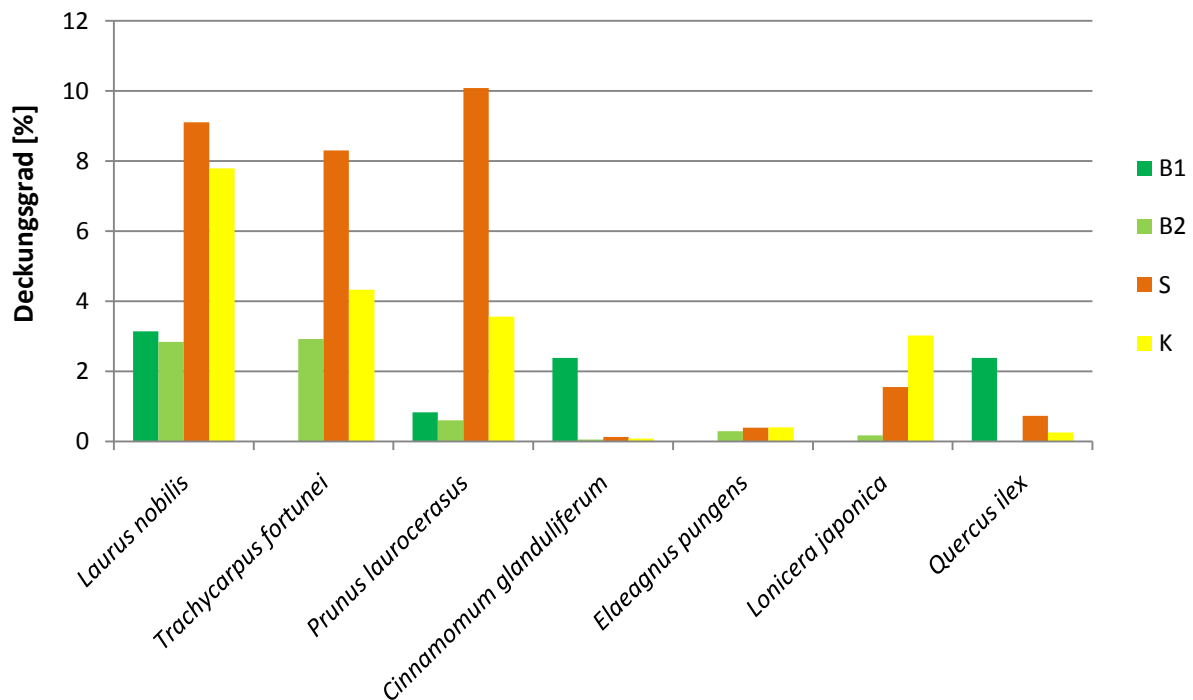


Abbildung 21: Prozentualer Anteil des Deckungsgrads der am häufigsten vorkommenden laurophyllen Arten von der Summe des Deckungsgrades aller Arten einer Vegetationsaufnahme (Durchschnittswerte, über alle 46 Vegetationsaufnahmen gemittelt).

Neben dem oben beschriebenen Deckungsgrad wurde zudem der durchschnittliche prozentuale Anteil des Deckungsgrades einer laurophyllen Art von der Summe der Deckungsgrade aller Arten einer Vegetationsaufnahme ermittelt, wobei nur die Vegetationsaufnahmen einbezogen wurden, in welchen die laurophyllie Art auch vorkommt (Abb. 22). Folglich fallen die Anteile um einiges höher aus als zuvor, wo über alle 46 Aufnahmen gemittelt wurde. Es fällt auf, dass in der oberen Baumschicht laurophyllie Arten, welche nur vereinzelt anzutreffen sind, aber eine ausladende Krone bilden, hohe Deckungsgrade aufweisen. Dazu zählen *Quercus ilex* und *Cinnamomum glanduliferum* (55 bzw. 35 %). *Laurus nobilis* verzeichnet einen Deckungsgrad von knapp 30 %. Dieser hohe Wert kommt primär deshalb zustande, weil *Laurus nobilis* des Öfteren in Gruppen von mehreren Individuen vorkommt. *Prunus laurocerasus* weist ebenfalls einen hohen Deckungsgrad auf, auch wenn die Stetigkeit in der Baumschicht relativ gering ausfällt. In der Strauchschicht liegt der prozentuale, durchschnittliche Deckungsgrad bei vielen Laurophyllen auch relativ hoch (15 bis 30 %). In der Krautschicht ist dieser mit 5 bis 15 % deutlich tiefer.

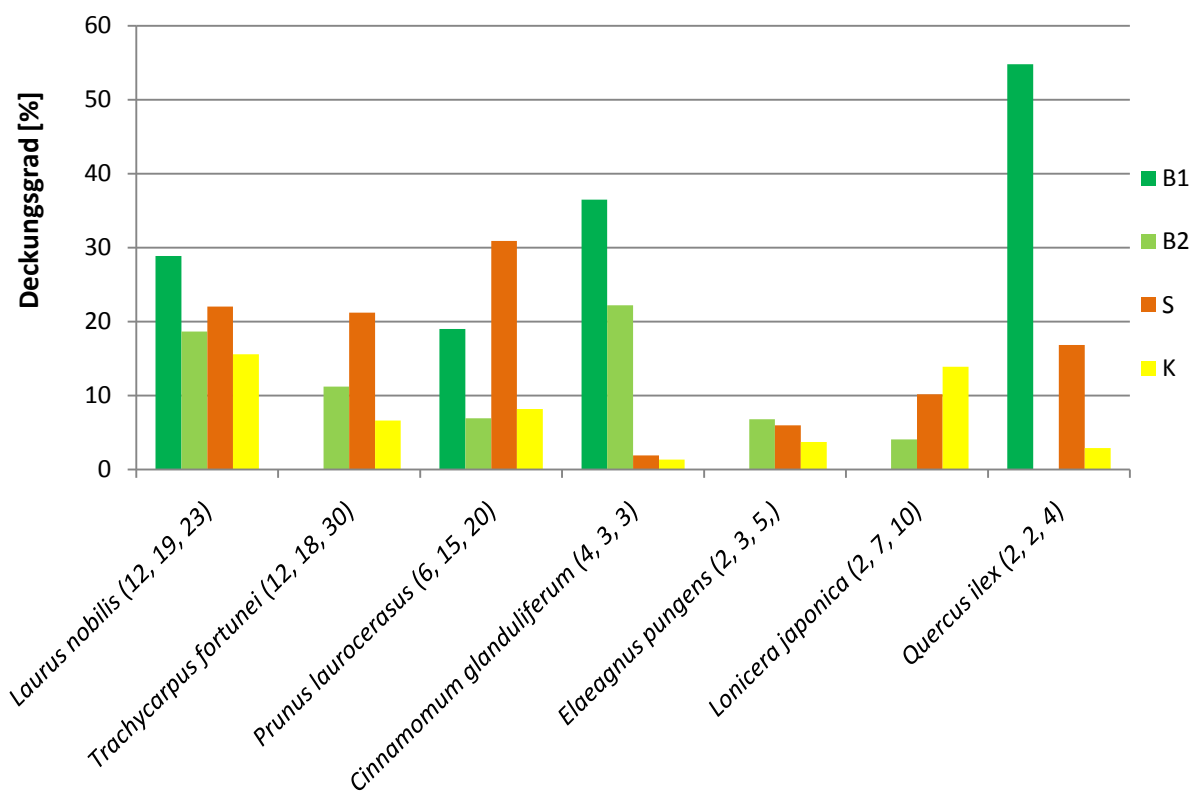


Abbildung 22: Prozentualer Anteil des Deckungsgrades der am häufigsten vorkommenden laurophyllen Arten von der Summe des Deckungsgrades aller Arten einer Vegetationsaufnahme (Durchschnittswerte, über die Anzahl Vegetationsaufnahmen in welchen die jeweilige laurophyllie Art vertreten ist (in Klammern hinter der laurophyllen Art angegeben (B1+B2, S, K), gemittelt).

4.3 Ökologische Präferenzen und regionale Verbreitung der Laurophyllen

In diesem Kapitel werden die ökologischen Präferenzen wie Bodenazidität, Bodenfeuchtigkeit und Lichtbedarf der laurophyllen Arten besprochen. Zudem wird auf die ungefähre regionale Verbreitung der Arten eingegangen.

4.3.1.1 Echter Lorbeer (*Laurus nobilis*)

Der Echte Lorbeer scheint, was die Bodenazidität anbelangt, sehr tolerant zu sein. So wurden junge und auch ältere Exemplare sowohl an Standorten auf Karbonatgestein wie auch auf silikatisch geprägten Böden vorgefunden. Die Verjüngung findet sowohl an trockenen wie auch an feuchteren Standorten statt. Auf den nassen Böden der Auen der Magadino-Ebene wurden keine Exemplare vorgefunden. Zudem scheint der Echte Lorbeer ziemlich schattentolerant zu sein. So konnten vor allem in der Region Melide ganze Ansammlungen von Jungpflanzen beobachtet werden, welche unter dem dichten Blätterdach der erwachsenen Individuen gediehen. Der Echte Lorbeer ist grossflächig in den Wäldern um den Lago Maggiore sowie um den Luganersee anzutreffen.

4.3.1.2 Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*)

Die Chinesische Hanfpalme erhebt keine besonderen Ansprüche an die Bodenazidität. Sie bevorzugt relativ feuchte Böden und kann sich meist nur an schattigen Hängen oder in Schluchten erfolgreich verjüngen. Auch die nassen Böden der Auenwälder in der Magadino-Ebene werden besiedelt. Sie ist gut schattenverträglich, reagiert darauf aber mit der Bildung von extrem langen und dünnen Blattstielen. Zwischen Ponte Brolla und Verscio vermehrt sie sich auf den süd-exponierten Hängen auch an vollsonnigen Standorten auf sehr flachgründigen Böden (Abb. 23). Sehr wahrscheinlich machen dies Wasseradern möglich, welche während des ganzen Jahres für einen gewissen Feuchtegehalt des Bodens sorgen. Die meisten Exemplare weisen an diesen Standorten aber Mangelercheinungen auf, welche sich in eher kleinen Blattkronen und gelblichen älteren Fächerblättern widerspiegeln.



Abbildung 23: Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) bei Ponte Brolla (eigene Aufnahme).

4.3.1.3 Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*)

Der Kirschlorbeer gedeiht sowohl auf Karbonat- wie auch auf Silikatgestein. Er präferiert feuchte Standorte, kann sich aber auch an trockeneren Stellen erfolgreich vermehren. Da es sich beim Kirschlorbeer in der Regel um eine strauchförmige Pflanze handelt, welche nur selten in die Baumschicht vorstösst, muss Schatten gut vertragen werden, was sich auch bestätigt hat. Er wurde im Untersuchungsgebiet an praktisch allen Aufnahmestandorten vorgefunden, mit Ausnahme des Auenwaldes in der Magadino-Ebene.

4.3.1.4 Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*)

Das Verbreitungsgebiet des Kampferbaumes beschränkt sich innerhalb des Untersuchungsgebiets mehrheitlich auf die Hänge oberhalb von Solduno (Abb. 24). In den Gärten am Hangfuss gedeihen mehrere stattliche Exemplare, welche reichlich fruchten und für die Auswilderung sehr wahrscheinlich verantwortlich sind. Ein baumförmiges Exemplar wurde zudem in Caldè (IT) angetroffen, und auch bei Verscio in einer Schlucht in der Nähe von Gärten wurden mehrere Jungpflanzen gesichtet. All diese Standorte liegen auf silikatischem Gestein und die Bodenazidität liegt mit einem pH-Wert von 4 bis 5 im sauren Bereich. Um den Luganersee wurden keine Exemplare festgestellt. Sehr wahrscheinlich liegt es daran, dass der Kampferbaum dort auch seltener in Gärten und Parks gepflanzt wurde. Ob der Kampferbaum auch Böden im neutralen bis schwach basischen Bereich toleriert, kann hier nicht beurteilt werden, da er auch an den sauren Standorten fehlt, welche an die neutralen bis leicht basischen Böden angrenzen. Jungpflanzen scheinen relativ feuchte Standorte zu bevorzugen. Die Schattenverträglichkeit von Jungpflanzen ist gut, mit zunehmendem Alter wird wahrscheinlich mehr Licht benötigt.



Abbildung 24: Die immergrünen Kampferbäume (*Cinnamomum glanduliferum*) bei Solduno stechen aus dem winterkahlen Laubwald heraus (eigene Aufnahme).

4.3.1.5 Dornige Ölweide (*Elaeagnus pungens*)

Die Dornige Ölweide wurde vermehrt in den Aufnahmegebieten bei Solduno, Verscio und Melide vorgefunden. Diese Standorte weisen alle einen sauren Boden auf. An Standorten auf Karbonatgestein fehlte die Dornige Ölweide. Zudem konnte eine Bevorzugung von eher tiefgründigen, frischen, humosen Böden festgestellt werden. Die Schattenverträglichkeit ist sehr gut. So konnten viele gesunde, fruchtende Exemplare in der schattigen Strauchschicht beobachtet werden.

4.3.1.6 Steineiche (*Quercus ilex*)

Die im mediterranen Raum weit verbreitete Steineiche wurde innerhalb des Untersuchungsgebiets nur an den Südhängen des Monte Caslano in grösseren Mengen vorgefunden (vgl. Vegetationskarte von Schildknecht & Burga, 2008). An diesem Standort wurde im Jahr 1902 eine umfangreiche Pflanzung an Steineichen vorgenommen (Zäch 2005). Diese Individuen haben sich mittlerweile etabliert (Abb. 32) und sorgen für reichlich Nachwuchs in der näheren Umgebung. Des Weiteren wurden an den steilen, felsigen Hängen zwischen Lugano-Paradiso und Melide adulte Exemplare der Steineiche von der Strasse aus gesichtet. Die hohen Schutznetze aus Stahl gegen Steinschlag machen dieses Gebiet leider unzugänglich, sodass dort keine Vegetationsaufnahmen durchgeführt werden konnten. Die Steineiche ist im Tessin nur an kalkigen, trockenen Standorten konkurrenzfähig, wo sie sklerophylle Blätter bildet. Im Südtessin sind solche Gebiete nur an den gegen Süden exponierten Hängen des Monte Caslano und an einigen Stellen am San Salvatore und bei Gandria vorzufinden. In der um einiges trockeneren Region um den Gardasee weiter östlich des Südtessins ist die Steineiche weit häufiger vorzufinden. Die Steineiche kann aber auch an halbschattigen Standorten gedeihen, wo dann laurophyll anmutende Blätter gebildet werden. Dabei handelt es sich aber vorwiegend um Jungpflanzen, welche versuchen, in die Baumschicht vorzudringen.

4.3.1.7 Silberakazie (*Acacia dealbata*)

Die aus SO-Australien stammende Silberakazie wurde nur an den trockenen, sauren Hängen oberhalb von Verscio vorgefunden, wo sie teilweise undurchdringliche Dickichte bildet. Im Südtessin ist ihre Verbreitung auf vollsonnige Standorte begrenzt.

4.4 Bodenazidität der Laurophyllen-Etablierungs-Kategorien (LEK)

Das Substrat der Vegetationsaufnahmen auf Karbonatgestein wies einen pH-Wert von 6.5 bis 7 auf, bei denjenigen auf Silikatgestein wurde ein pH-Wert von 4 bis 5 gemessen. Von den 46 Aufnahmen liegen nur 8 auf Karbonatgestein, die restlichen 38 auf Silikatgestein (Abb. 25). Dieses ungleiche Verhältnis ist darauf zurückzuführen, dass das anstehende Gestein im Südtessin zum grössten Teil silikatisch ist und Karbonatgestein nur in relativ kleinräumigen Gebieten um Gandria, auf dem San Salvatore und auf der Südseite des Monte Caslano anzutreffen ist. Hinsichtlich der ungleichen Verteilung der Aufnahmen auf Silikat- und Karbonatgestein ist es schwierig, eine Aussage über die Präferenz der laurophyllen Arten bezüglich des pH-Wertes des Substrates zu machen. Von den häufigsten im Untersuchungsgebiet anzutreffenden laurophyllen Arten (*Laurus nobilis*, *Trachycarpus fortunei* und *Prunus laurocerasus*) ist aber bekannt, dass sie sowohl saure bis leicht alkalische Böden tolerieren (Küttel 2001). Eine Ausnahme bildet die Steineiche (*Quercus ilex*). Sie gedeiht natürlicherweise nur auf neutralen bis alkalischen Böden und wurde im Untersuchungsgebiet hauptsächlich auf Karbonatgestein (Monte Caslano, Salvatore-Dolomit) vorgefunden. Ausnahme bildete ein 20 cm hoher Sämling in einer Aufnahme in Solduno auf saurem Substrat.

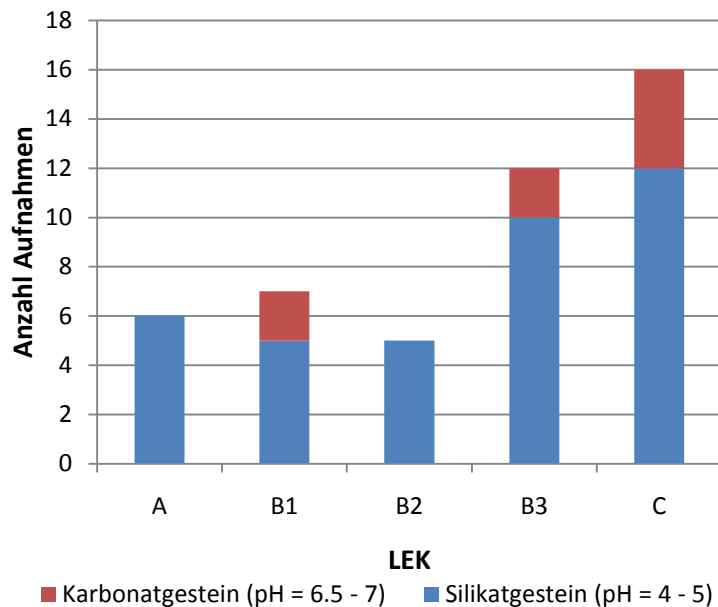


Abbildung 25: Verteilung der LEK bezüglich Substrat.

4.5 Höhenverteilung der Laurophyllen-Etablierungs-Kategorien (LEK)

Alle Standorte der Vegetationsaufnahmen befinden sich zwischen 190 und 480 m ü. M. In Abbildung 26 ist die Verteilung der LEK in Abhängigkeit von der Meereshöhe dargestellt. Dabei kann keine klare Tendenz festgestellt werden. So gehört beispielsweise ein Standort auf 470 m ü. M. noch der LEK C (laurophyllie Arten in der Baumschicht) an und ein Standort auf 290 m ü. M. wird der LEK A (vereinzelt Laurophyllen in der Krautschicht) zugeteilt.

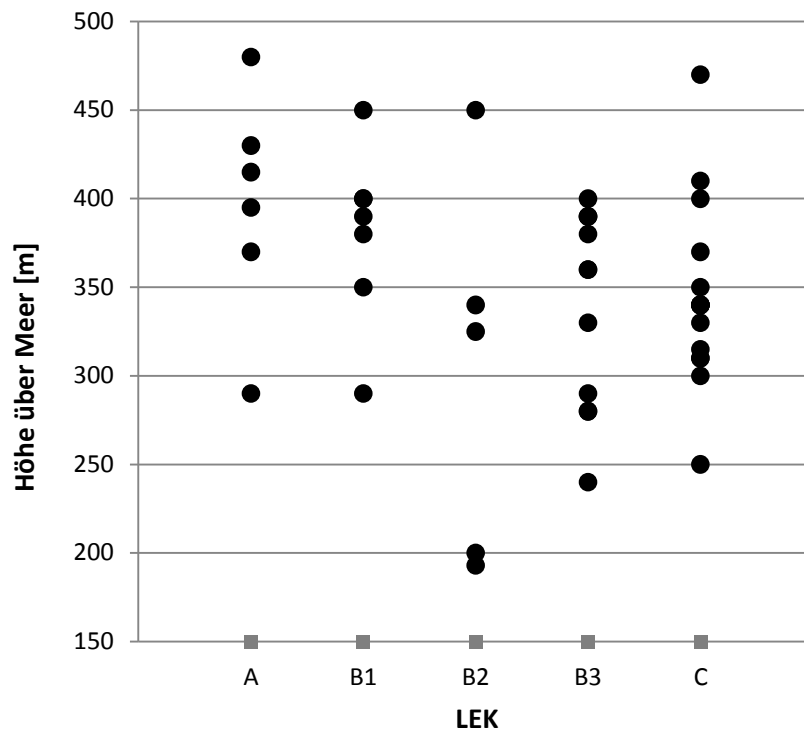


Abbildung 26: Verteilung der LEK bezüglich der Meereshöhe.

Eine etwas deutlichere Tendenz der Verteilung der LEK in Abhängigkeit der Meereshöhe ist bei der Betrachtung von mehreren Vegetationsaufnahmen entlang eines vertikalen Transektes, innerhalb des gleichen Aufnahmegebietes, zu beobachten (Abb. 27). So wurden Aufnahmen, welche im Vergleich mit den anderen Vegetationsaufnahmen des gleichen Aufnahmegebietes auf einer geringeren Höhe über Meer liegen, tendenziell den LEK C und B3 zugeteilt. Die höher liegenden Aufnahmen innerhalb eines Aufnahmegebietes wurden meist den LEK A und B1 zugeschrieben. Ausnahmen bilden die Aufnahmegebiete bei Castelrotto und Ronco, wo eine umgekehrte Abfolge der LEK entlang dem vertikalen Transekt zu beobachten ist, sowie bei Caldè (IT) und Solduno, wo alle Aufnahmen den LEK C oder B3 zugeteilt wurden. Bei Castelrotto und Ronco wird als Grund für diese nicht zu erwartende Verteilung der LEK die geringe Entfernung der höher gelegenen Aufnahmen zu Gärten vermutet (siehe nächstes Kapitel 4.6). Die am höchsten über Meer gelegenen Aufnahmestandorte bei Caldè (IT) und Solduno wurden anhand der in die Baumschicht vorstossenden Kirschlorbeeren (*Prunus laurocerasus*) den LEK B3 bzw. C zugeteilt. Da mit zunehmender Meereshöhe keine Sämlinge oder Jungpflanzen von laurophyllen Arten mehr vorgefunden wurden, bilden diese baumförmigen Kirschlorbeeren (*Prunus laurocerasus*) die obere Grenze der Verbreitung von laurophyllen Arten in den Vegetationsaufnahmen bei Caldè (IT) und Solduno.

		Biasca	Caldè	Castelrotto	Cavigliano	Gandria	Manno	Melide (Zentrum)	Ronco	Solduno	Vico Morcote	Verscio
Höhe über Meer [m]	480				A							
	470									C		
	460											
	450					B1						
	440											
	430											A
	420							A				
	410					C						
	400	B1		B3		C					B1	A
	390	B3		B3	B3	B3		B1				
	380			B1							B3	
	370						A					
	360							B3				
	350			B1								C
	340			B2						C		
	330									C		
	320								C			
	310						C			C		
	300											
	290		B3						A			
	280								B3			
270												
260												
250		C										
240		B3										

Abbildung 27: Verteilung der LEK von ausgewählten Aufnahmestandorten entlang von Höhentransekten.

4.6 Entfernung von Mutterpflanzen bzw. Gärten der Laurophyllen-Etablierungs-Kategorien (LEK)

Auffallend ist, dass viele Aufnahmen der LEK B3 und C nicht weiter als 100 m vom nächsten Garten mit Mutterpflanzen entfernt liegen (Abb. 28). Von den Aufnahmen der LEK A, B1 und B2 befinden sich jeweils mehr als die Hälfte der Aufnahmen über 100 m vom nächsten Garten entfernt. Ausnahmen sind aber möglich. So liegt eine Aufnahme der LEK C genau 500 m vom nächsten Garten entfernt. Dabei handelt es sich aber um eine Aufnahme am Monte Caslano, wo eine von vielen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gepflanzten Steineichen (*Quercus ilex*) im Aufnahmegebiet liegt und diese deshalb der LEK C zugeteilt wurde.

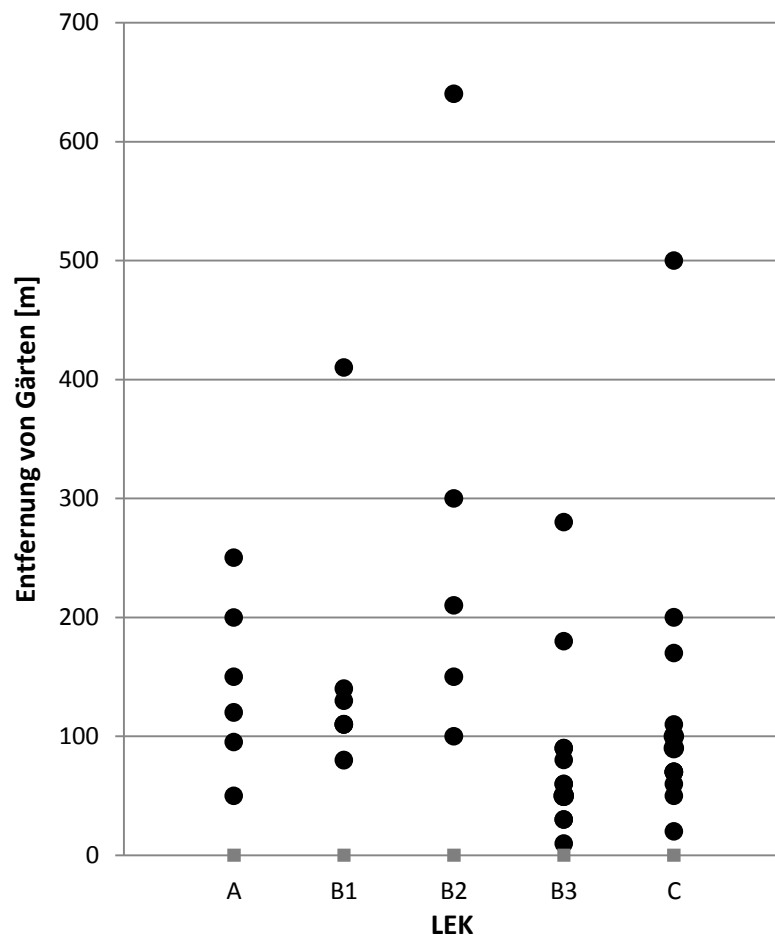


Abbildung 28: Verteilung der LEK bezüglich der Entfernung von Mutterpflanzen bzw. Gärten.

4.7 Vergleich: Entfernung von Gärten und Höhe über Meer

Im Diagramm in Abbildung 29 sind die Aufnahmen in Abhängigkeit von der Meereshöhe und der Entfernung zum nächsten Garten dargestellt. Es ist die Tendenz zu beobachten, dass Aufnahmen mit vielen Laurophyllen (LEK B3 und C) entweder in der Nähe von Gärten (< 120 m) oder unter 340 m ü. M. liegen. Die Aufnahme der LEK C in 500 m Entfernung zum nächsten Garten stellt einen Spezialfall dar (gepflanzte Steineiche, siehe vorheriges Kapitel). Aufnahmen der LEK A und B1, B2 sind meist über 340 m ü. M. vorzufinden und in grösserer Entfernung von Gärten gelegen (> 120 m). Zwei Aufnahmen der LEK B2 liegen auf 190 bzw. 200 m ü. M. und in 300 m bzw. 500 m Entfernung zum nächsten Garten. Dabei handelt es sich um Aufnahmen in der Magadino-Ebene, in welcher sich im Winter oft ein Kaltluftsee bildet und tiefe Temperaturen auch unter -15 °C keine Seltenheit sind (siehe Kap. 4.10.1.4.)

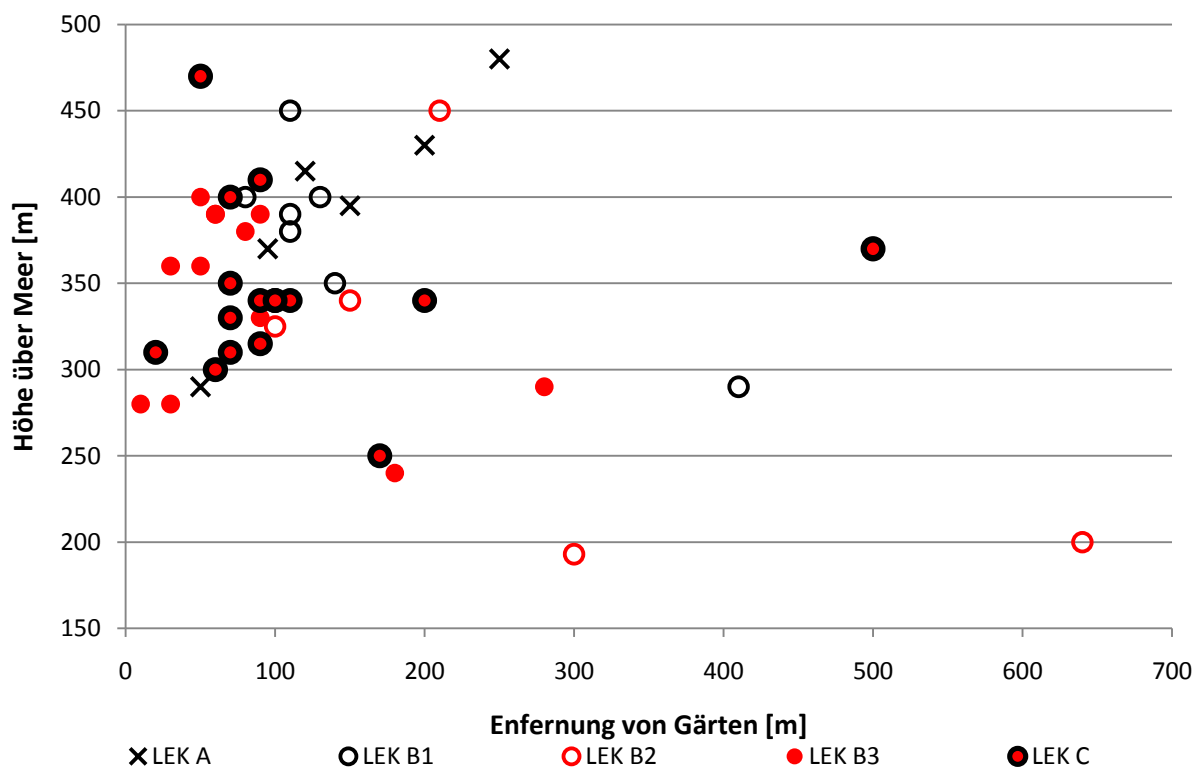


Abbildung 29: Verteilung der LEK bezüglich der Meereshöhe und der Entfernung von Gärten.

4.8 Potentiell-natürliche und aktuelle Waldgesellschaften der Vegetationsaufnahmen

Anhand der in den Vegetationsaufnahmen vorgefundenen Pflanzenarten und der allgemeinen Standortbedingungen (Boden, Exposition und Schutt) wurde versucht, die Aufnahmen den in Kapitel 3.5.2. vorgestellten potentiell-natürlichen Waldgesellschaften zuzuordnen. Dies erwies sich aus verschiedenen Gründen als ziemlich schwierig. Einerseits bestehen zwischen den verschiedenen Waldgesellschaften fließende Übergänge. Zu erwähnen ist zudem, dass der Wald sich in ständigem Wandel befindet, sodass vor allem die Artenzusammensetzung in der Kraut- und Strauchschicht, bedingt durch exogene Einflüsse, in relativ kurzer Zeit erheblich schwanken kann. Oft dominierten in den Aufnahmen gebietsfremde laurophylle Arten, was eine genaue Zuordnung zur potentiell-natürlichen Waldgesellschaft zusätzlich erschwerte. Zudem waren oft keine in der Literatur angegebenen Differenzialarten in den Aufnahmen vorzufinden. Grund hierfür könnte sein, dass den Aufnahmen zum Teil Arten der Krautschicht (darunter teilweise Frühjahrs-Geophyten) fehlten, da diese zur Jahreszeit, während der die Aufnahmen durchgeführt wurden, noch nicht sichtbar waren. Eine Bestimmung anhand von Charakterarten war nur selten möglich, da viele Waldgesellschaften im Südtessin zum Teil die gleichen Charakterarten aufweisen. Zudem ist die Edelkastanie (*Castanea sativa*) im Südtessin auf silikatischen Böden in fast allen Waldgesellschaften sehr verbreitet und dominiert meist die Baumschicht. Dies macht es beispielsweise schwierig, den kastanienreichen Geissbart-Eschenmischwald (Arunco-Fraxinetum castanetosum, 33), den kastanienreichen Kreuzlabkraut-Eichenmischwald (Cruciato glabrae-Quercetum castanetosum, 34) und den kastanienreichen Rapunzel-Eichenmischwald (Phyteumo betonicifoliae-Quercetum castanetosum, 42) voneinander abzugrenzen. Trotz diesen aufgetretenen Problemen war es annähernd möglich, die Vegetationsaufnahmen mit Hilfe der Literatur (Ellenberg & Klötzli 1972, Keller et al. 1998, Ceschi 2006, Frehner et al. 2009 und Steiger 2010), den potentiell-natürlichen Waldgesellschaften zuzuordnen.

Bei einigen Aufnahmen war die potentiell-natürliche Waldgesellschaft trotzdem nicht eindeutig zu bestimmen; in solchen Fällen wurden jeweils beide Waldgesellschaften angegeben. Relativ einfach gestaltete sich die Einteilung der Aufnahmen auf Karbonatgestein, da die drei möglichen Waldgesellschaften Hagebuchen-Hopfenbuchenwald (Carpino betuli-Ostryetum, 36), Mannaesche-Hopfenbuchenwald (Fraxino orni-Ostryetum, 37) und insubrischer Flaumeichenwald (Allio lusitanici-Quercetum pubescentis, 38*) relativ einfach voneinander zu unterscheiden sind. Unproblematisch war auch die Einteilung der Vegetationsaufnahmen zum Zweiblatt-Eschenmischwald (Ulmo-Fraxinetum listeretosum, 29) in den Auen der Magadino-Ebene.

Für alle Aufnahmen wurde neben der potentiell-natürlichen Waldgesellschaft die aktuell vorzufindende Waldgesellschaft so gut wie möglich charakterisiert. Denjenigen Aufnahmen, welche anhand der Anzahl an laurophyllen Arten den Laurophyllen-Etablierungs-Kategorien (LEK) B1, B2, B3 und C zugeordnet wurden, wurde hinter der Nummer der Waldgesellschaft ein „L“ angehängt. Der Buchstabe „L“ wurde auch alleinstehend verwendet, um auf Aufnahmen hinzuweisen, in welchen Laurophyllen bereits die Baumschicht dominieren und es sich um die neue Waldgesellschaft des insubrischen Lorbeerwaldes (Laurisilva insubrica, L) im Sinne von Carraro (2010) handelt. Alle Aufnahmen, in welchen Laurophyllen bereits in der Strauchschicht dominieren oder teilweise schon in die Baumschicht vorgestossen sind, dem insubrischen Lorbeerwald (Laurisilva insubrica) zuzuschreiben, erschien als nicht sinnvoll, da somit die Information der potentiell-natürlichen Waldgesellschaft verloren gehen würde, welche noch oft, wenn manchmal auch nur rudimentär, zu rekonstruieren ist.

In Tabelle 4 ist dargestellt, wie die potentiell-natürlichen Waldgesellschaften auf die LEK verteilt sind und in welche Richtung sich diese bis zum jetzigen Zeitpunkt tendenziell verändert haben.

Mit Ausnahme der Aufnahmen der LEK A, wo die Laurophyllen nur spärlich in der Krautschicht vertreten sind, ist in allen andern 40 Aufnahmen eine ausgeprägte Entwicklung in Richtung insubrischer Lorbeerwald (L) zu beobachten. In vier Aufnahmen der LEK C dominieren die laurophyllen Arten sogar derart stark, dass bereits von einem insubrischen Lorbeerwald (L) gesprochen werden kann. Diese Aufnahmen liegen in der Region Melide (3 Aufnahmen, siehe Abb. 30 und 31) und am Hang oberhalb von Solduno (1 Aufnahme).

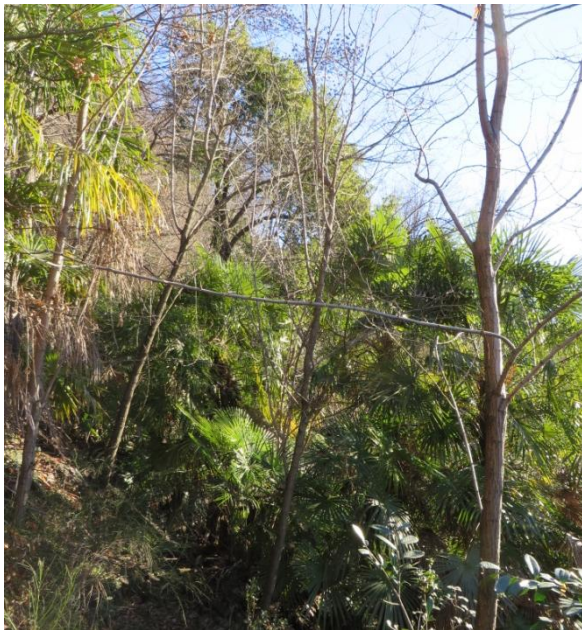


Abbildung 30: Insubrischer Lorbeerwald bei Solduno (bestehend aus der Chinesischen Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*), dem Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*) und dem Echten Lorbeer (*Laurus nobilis*), eigene Aufnahme).

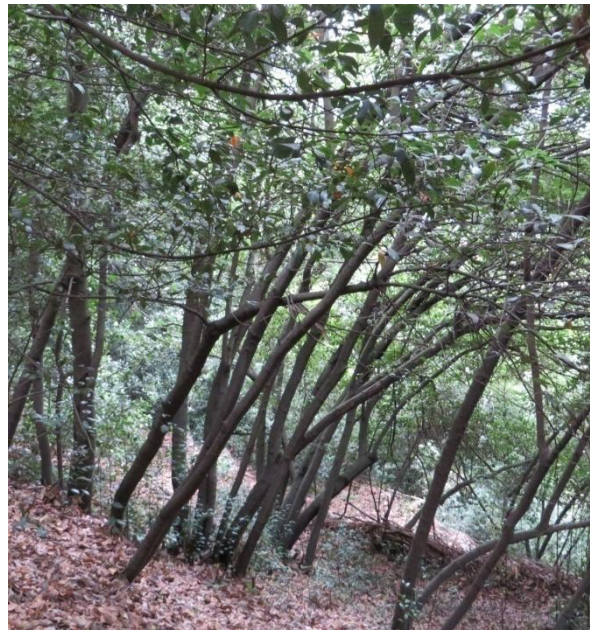


Abbildung 31: Insubrischer Lorbeerwald bei Melide (hier reiner Lorbeerbestand (*Laurus nobilis*), eigene Aufnahme).

Zudem fällt auf, dass in vielen Aufnahmen, in denen laurophyllle Arten stark vertreten sind, die Robinie verbreitet ist, wobei aber auch viele abgestorbene Individuen vorgefunden wurden. Folglich könnte es sich dabei um Überbleibsel eines Robinienwaldes (Rob) handeln. Die potentiell-natürliche Waldgesellschaft dieser Aufnahmen ist meist der Schneehainsimsen-Winterlindenwald (25**), welcher vor allem auf tiefgründigen Böden oder an Schattenlagen anzutreffen ist. Neben der Robinie sind in dieser Waldgesellschaft auch auffallend viele Stechpalmen anzutreffen. Speziell in der Region um Caldè (IT) und Castelrotto könnte man bereits von einem insubrischen Stechpalmenwald (3mL) sprechen. Neben dem dortigen Vorkommen wurde auch eine nennenswerte Anzahl an Stechpalmen (*Ilex aquifolium*) in der Strauchschicht in zwei Aufnahmen der LEK A vorgefunden. Dabei handelt es sich um Aufnahmen, in welcher der kastanienreiche Geissbart-Eschenmischwald (33) bzw. der kastanienreiche Kreuzlabkraut-Eichenmischwald (34) die potentiell-natürliche Waldgesellschaft bildet.

Im Zweiblatt-Eschenmischwald (29), welcher im Tessin oft die Waldgesellschaft in den Auen bildet, wurden an Laurophyllen das Japanische Geissblatt (*Lonicera japonica*) und die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) vorgefunden. Von letzterer sind bereits mehrere Exemplare in die

Strauchschicht vorgestossen. Das Japanische Geissblatt (*Lonicera japonica*) ist schon weit in die Baumschicht vorgedrungen.

Der kastanienreiche Kreuzlabkraut-Eichenmischwald (34) ist in 3 von 9 Aufnahmen (bei Melide) fast vollständig vom insubrischen Lorbeerwald ersetzt worden. In fünf weiteren Vegetationsaufnahmen dieser Waldgesellschaft wird dies in naher Zukunft ebenfalls passieren. In den Aufnahmen, in welchen der Hagebuchen-Hopfenbuchenwald (36) und der Mannaesche-Hopfenbuchenwald (37) die potentiell-natürliche Waldgesellschaft bilden, wurde in mehreren Aufnahmen auch eine Vielzahl an Laurophyllen angetroffen. Im Hagebuchen-Hopfenbuchenwald (36) war es vor allem der Echte Lorbeer (*Laurus nobilis*), welcher bereits in die Baumschicht vorgedrungen ist. Zudem wurden einige Exemplare vom Südlichen Zürgelbaum (*Celtis australis*) registriert. Im Mannaeschen-Hopfenbuchenwald (37) am Südhang des Monte Caslano war die laurophyll bis sklerophyll Blätter bildende Steineiche (*Quercus ilex*) mit stattlichen Exemplaren in der Baumschicht und kräftigen Jungpflanzen in der Strauchschicht präsent (Abb. 32). Eine Vegetationsaufnahme am Monte Caslano konnte dem insubrischen Flaumeichenwald (38*) zugeordnet werden. Die Steineiche (*Quercus ilex*) war darin ebenfalls sehr verbreitet.



Abbildung 32: Immergrüne Steineichen (*Quercus ilex*) am Monte Caslano (eigene Aufnahme).

Der kastanienreiche Rapunzel-Eichenmischwald (42), welcher meist auf flachgründigen, trockenen Böden verbreitet ist, wurde in sieben Vegetationsaufnahmen vorgefunden. In vier Aufnahmen waren nur ganz wenige Sämlinge von laurophyllen Arten aufzufinden. Die Krautschicht war teilweise sehr dicht von Gräsern besiedelt. Die klassischen laurophyllen Arten wurden nur in denjenigen Aufnahmen in einer hohen Anzahl vorgefunden, welche in unmittelbarer Nähe von Gärten oder entlang von Bachläufen lagen. An den steilen Hängen oberhalb von Verscio wucherte an den lichtesten Stellen des kastanienreichen Rapunzel-Eichenmischwaldes (42) die Silberakazie (*Acacia dealbata*).

Tabelle 4: Potentiell-natürliche und aktuelle Waldgesellschaften der Vegetationsaufnahmen nach den LEK:

		LEK				
		A	B1	B2	B3	C
Potentiell-natürliche Waldgesellschaft* und deren Anzahl (n)	25** (n=11)		25**L 3mL/RobL 3mL/RobL	25**L/3mL 3mL/RobL	25**L 3mL/RobL 3mL/RobL 3mL/RobL	3mL/RobL
	25**/33 (n=4)					25**L/33L 25**L/33L/RobL 25**L/33L L/RobL
	29 (n=2)			29L 29L		
	33 (n=4)	33/3mL		3L/RobL		33L 33L
	34 (n=9)	34/3mL	34L 34L		34L 34L 34L	L/RobL L L
	36 (n=3)		36L			36L 36L
	37 (n=4)		37L		37L 37L	37L
	38* (n=1)					38*L
	42 (n=7)	42 42 42 42			42L 42L	42L

*

25**: Schneehainsimsen-Winterlindenwald (*Luzula nivea*-*Tilietum*)

29: Zweiblatt-Eschenmischwald (*Ulmo-Fraxinetum listeretosum*)

33: Kastanienreicher Geissbart-Eschenmischwald (*Arunco-Fraxinetum castanetosum*)

34: Kastanienreicher Kreuzlabkraut-Eichenmischwald (*Cruciato glabrae-Quercetum castanetosum*)

36: Hagebuchen-Hopfenbuchenwald (*Carpino betuli-Ostryetum*)

37: Mannaesche-Hopfenbuchenwald (*Fraxino orni-Ostryetum*)

38*: Insubrischer Flaumeichenwald (*Allio lusitanici-Quercetum pubescentis*)

42: Kastanienreicher Rapunzel-Eichenmischwald (*Phyteumo betonicifoliae-Quercetum castanetosum*)

3mL: Insubrischer Stechpalmenwald (*Illici-Fagetum insubricum*)

Rob: Robinienwald (*Chelidonio-Robinion*)

L: Insubrischer Lorbeerwald (*Laurisilva insubrica*)

4.9 Diversitätsindex: Shannon-Wiener-Index und Evenness

In Abbildung 33 und Tabelle 5 sind der Shannon-Wiener-Index und die Evenness für die vertikalen Schichten der Vegetationsaufnahmen nach den LEK dargestellt. Dabei handelt es sich um Durchschnittswerte. Bei der Betrachtung der Shannon-Wiener-Indices aller vertikalen Schichten zusammen (B1+B2+S+K) fällt auf, dass die Artendiversität in Aufnahmen der LEK A, wo am wenigsten laurophyllle Arten vorkommen, am niedrigsten (1.23) ist. In LEK B1 ist dieser Wert mit 1.39 etwas höher. Die Aufnahmen der LEK B2, wo die Laurophyllen in der Strauchschicht häufig anzutreffen sind (aber noch nicht dominieren), weisen durchschnittlich die höchste Artendiversität auf (1.96). In den LEK B3 und C, wo die laurophyllen Arten in der Strauchschicht bzw. in der Baumschicht bereits dominieren, fällt der Shannon-Wiener-Index-Wert mit 1.55 bzw. 1.57 um einiges tiefer aus als in der LEK B2. Die Artendiversität der Baumschicht und der Strauchschicht zeigt ein sehr ähnliches Muster auf. Bei der LEK B3 und C in der Baumschicht ist auffallend, dass der Shannon-Wiener-Index-Wert, im Unterschied zur Strauch- und Krautschicht, nur geringfügig kleiner ist als in LEK B2. Die höchste Artendiversität in der Krautschicht herrscht mit einem Wert von 1.69 in LEK B1 vor, in welcher nur vereinzelt laurophyllle Arten in der Strauchschicht auftreten oder vermehrt in der Krautschicht anzutreffen sind. In den LEK B2 und B3 ist dieser Wert mit 1.26 und 1.32 schon signifikant tiefer, in LEK C mit 1.5 aber wieder etwas höher.

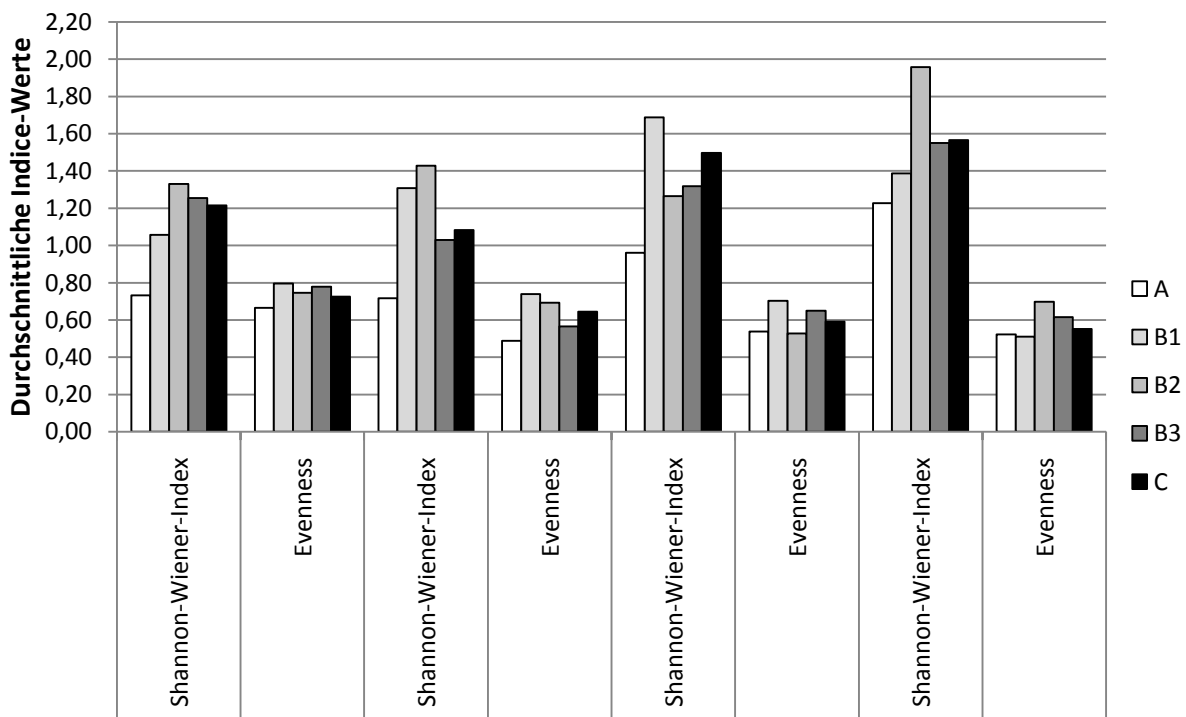


Abbildung 33: Durchschnittlicher Shannon-Wiener-Index und Evenness der verschiedenen vertikalen Schichten des Waldes nach den LEK A bis C.

Bei der Betrachtung aller vertikalen Schichten zusammen ist die Evenness in den Aufnahmen der LEK B2 (0.7) und B3 (0.61) am höchsten. Die Pflanzenarten sind also in den Aufnahmen, in welchen die Laurophyllen in der Strauchschicht vorkommen oder da bereits dominieren, mit jeweils ähnlichen Anteilen vertreten. In den LEK A, B1 und C sind die Pflanzenarten mit unterschiedlicheren Anteilen

vorzufinden. Bei der Betrachtung der Evenness der Baumschicht fällt auf, dass keine grossen Unterschiede zwischen den LEK bestehen, diese aber mit Werten zwischen 0.67 und 0.8 etwas höher liegen als in der Strauchschicht (0.49-0.74) und der Krautschicht (0.53-0.7). In der Strauchschicht ist die Evenness in den LEK B1 und B2 am höchsten (0.74 bzw. 0.69) und in LEK A mit 0.49 am niedrigsten. In der Krautschicht ist sie mit 0.54 bzw. 0.53 in den LEK A und B2 am niedrigsten und in den LEK B1 und B3 am höchsten (0.7 bzw. 0.65).

Tabelle 5: Werte des Shannon-Wiener-Index und der Evenness:

	Baumschicht (B1+B2)		Strauchschicht (S)		Krautschicht (K)		Gesamt (B1+B2+S+K)	
	Shannon-Wiener-Index	Evenness	Shannon-Wiener-Index	Evenness	Shannon-Wiener-Index	Evenness	Shannon-Wiener-Index	Evenness
A	0.73	0.67	0.72	0.49	0.96	0.54	1.23	0.52
B1	1.06	0.80	1.31	0.74	1.69	0.70	1.39	0.51
B2	1.33	0.75	1.43	0.69	1.26	0.53	1.96	0.70
B3	1.25	0.78	1.03	0.57	1.32	0.65	1.55	0.61
C	1.21	0.73	1.08	0.65	1.50	0.59	1.57	0.55

4.10 Veränderung von Temperaturparameterwerten seit den ersten Aufzeichnungen

Die Temperatur ist der wichtigste begrenzende Faktor bezüglich der Verbreitung laurophyller Arten im Südtessin. Besonders interessant sind dabei die Entwicklung der Jahres-, Januar- und Julmitteltemperatur sowie des absoluten jährlichen Minimums und der Anzahl Frosttage und Eistage pro Jahr. Für die Thematik dieser Arbeit geeignet sind Messreihen, welche möglichst weit in die Vergangenheit zurückreichen. Von den drei Südtessiner Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino reichen solche Messreihen zum Teil bis ins Jahr 1864 zurück. Folglich wird hier ausschliesslich die Veränderung der Temperaturparameterwerte dieser drei Stationen präsentiert. Datengrundlage bilden die Messreihen von MeteoSchweiz.

4.10.1.1 Jahresmitteltemperatur

In der Abbildung 34 ist der Verlauf der Jahresmitteltemperatur der Messstationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino dargestellt. Von 1864 (Messbeginn) bis Mitte der 1980er Jahre verzeichneten die Stationen Locarno-Monti und Lugano stets Jahresmitteltemperaturen zwischen 10,5 und 13 °C (Abb. 34). Der gleitende Durchschnitt lag in diesem Zeitraum in Locarno-Monti bei ungefähr 11,75 °C und schwankte in Lugano zwischen 11,25 °C (1920er und 1930er Jahre) und 11,75 °C (1960er und 1970er Jahre). Ab Mitte der 1980er Jahre ist ein erheblicher Anstieg der Jahresmitteltemperatur festzustellen. Der gleitende Durchschnitt der Jahresmitteltemperatur ist dabei von 11,75 °C auf fast 13 °C zur heutigen Zeit angestiegen. Dies entspricht einem Anstieg von ungefähr 1,25 °C innerhalb von 30 Jahren an den Stationen Locarno-Monti und Lugano. Bei der Station Magadino, von welcher erst seit 1958 durchgehend Datenreihen existieren, kann auch ein starker Anstieg der Jahresmitteltemperatur ab Mitte der 1980er Jahre beobachtet werden.

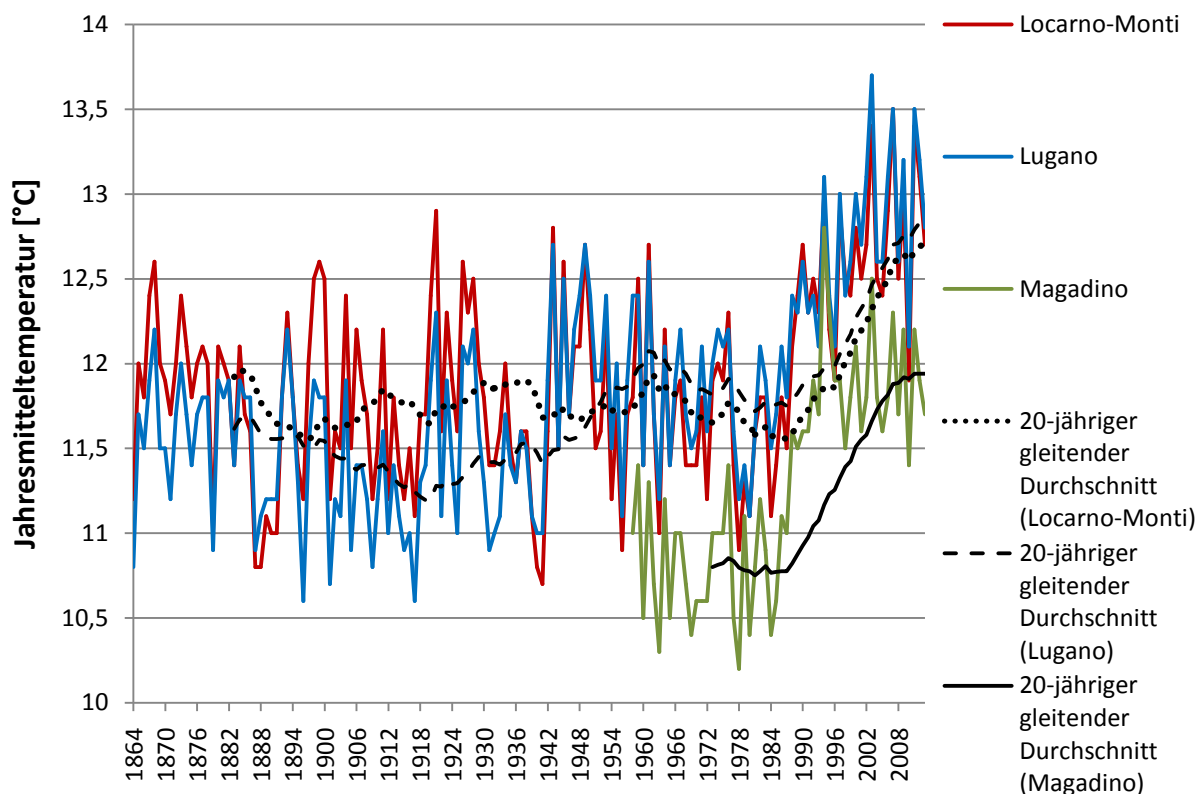


Abbildung 34: Jahresmitteltemperaturen der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).

4.10.1.2 Januarmitteltemperatur

In der Abbildung 35 ist der Verlauf der Januarmitteltemperatur der Messstationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino dargestellt. Beim Monat Januar handelt es sich um den durchschnittlich kältesten Monat im Südtessin. Der gleitende Durchschnitt des Januarmittels von Locarno-Monti erreichte mit ca. 3.3°C während den 1930er Jahren einen Höchststand, sank in den 1950er Jahren auf nahezu 2 °C ab und begann danach stetig zu steigen. Zur jetzigen Zeit beträgt der gleitende Januurdurchschnitt in Locarno-Monti 3.75°C. Lugano verzeichnete bis in die 1980er Jahre um ein 0.5 bis 1 °C tieferes Januarmittel als Locarno-Monti, gleicht sich aber immer stärker letzterem an, und erreicht ab Mitte der 1990er Jahre sehr ähnliche Werte (heute auch ca. 3.75 °C). Die Januarmitteltemperatur von Magadino stieg ab den 1970er Jahren kontinuierlich von ca. 0.5 auf 1.5 °C im Jahr 2014 an. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich der gleitende 20-jährige Durchschnitt der Januarmitteltemperatur um 1 °C (Magadino), 1.75 °C (Locarno-Monti) bzw. 2.25 °C (Lugano) seit den 1950er Jahren erhöht hat, in den 1930er Jahren aber auch schon eine Periode mit relativ hohen Januarmitteltemperaturen beobachtet werden konnte.

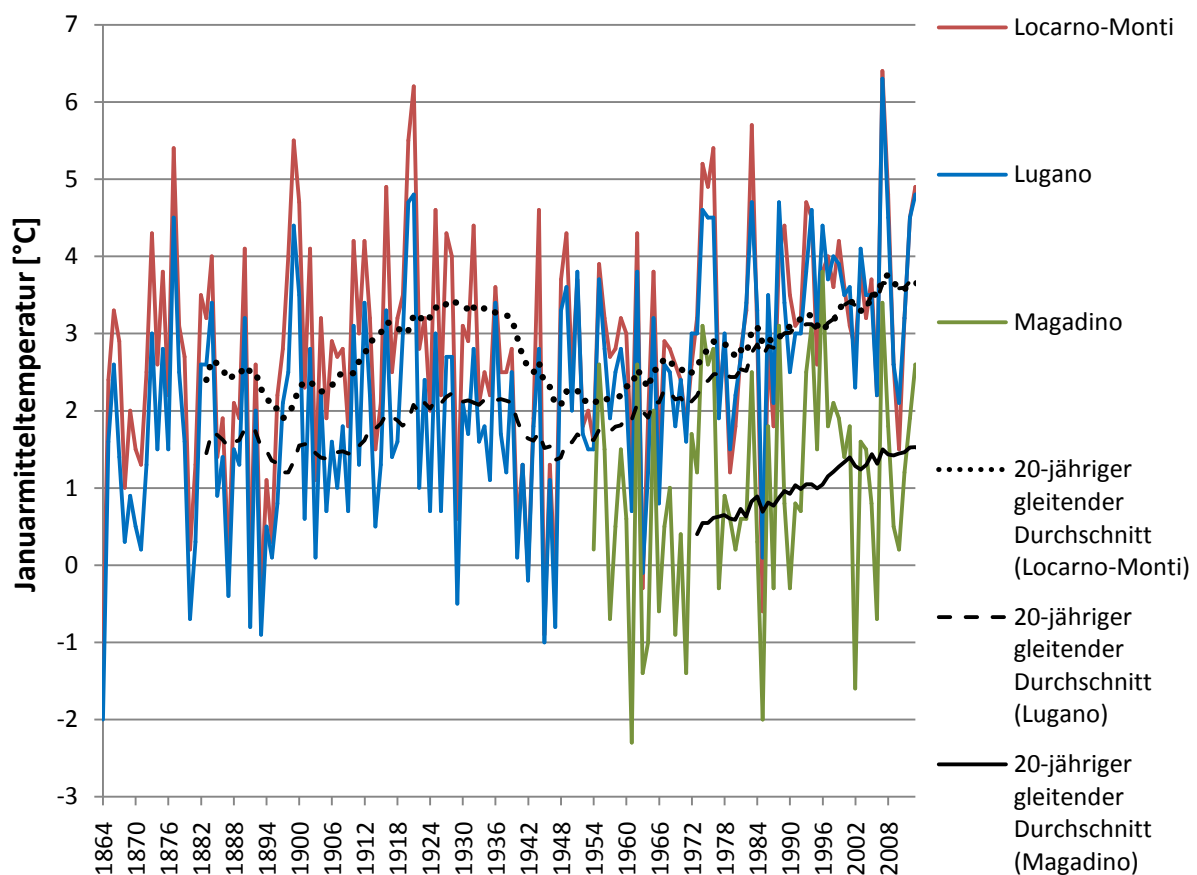


Abbildung 35: Januarmitteltemperaturen der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).

4.10.1.3 Julimitteltemperatur

In der Abbildung 36 ist der Verlauf der Julimitteltemperatur der Messstationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino dargestellt. Der Monat Juli weist von allen Monaten die höchste Monatsmitteltemperatur auf. Im 20-jährigen gleitenden Durchschnitt war die Julimitteltemperatur in Lugano meist etwas höher (ca. 0.25-0.5 °C) als in Locarno-Monti, an beiden Stationen ist aber seit Messbeginn im Jahre 1964 ein ähnlicher Trend festzustellen. So wurde von 1864 bis 1900 ein relativ hohes Julimittel gemessen von ca. 21.5 bis 22 °C. Darauf sank diese auf 20.75 °C in den 1920er Jahre, stieg danach wieder auf 21.25 °C (Locarno-Monti) bzw. 21.75 °C (Lugano) in den 1960 Jahren an und begann bis Ende der 1970er Jahre um 0.25 bis 0.5 °C zu fallen. Von Beginn der 1980er Jahre bis heute stieg das Julimittel kontinuierlich an und weist zurzeit in Locarno-Monti 22 °C und in Lugano 22.5 °C auf. Dabei handelt es sich um die durchschnittlich höchsten Julimittel seit Messbeginn im Jahre 1864. Das Julimittel von Magadino weist einen ähnlichen Verlauf auf wie jenes von Locarno-Monti.

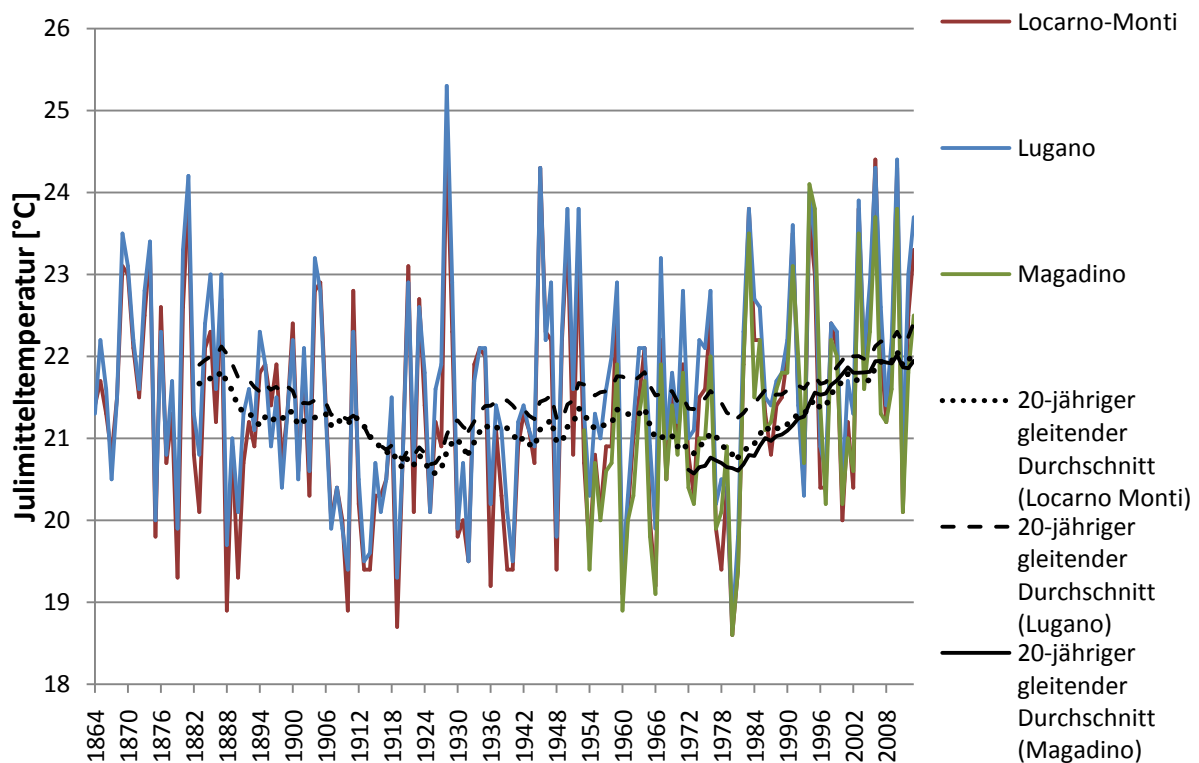


Abbildung 36: Julimitteltemperaturen der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).

4.10.1.4 Absolutes jährliches Temperaturminimum

In der Abbildung 37 sind die absoluten jährlichen Temperaturminima der Messstationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino dargestellt. Dieses lag in Lugano zwischen 1880 und 1944 im 20-jährigen gleitenden Durchschnitt durchgehend zwischen -6 und -8 °C. Seit den 1950er Jahren bis heute wurden zunehmend weniger tiefe Jahresminima registriert, sodass das 20-jährige Mittel heute bei -4 °C liegt. In Locarno-Monti, wo die Messreihe bis ins Jahr 1936 zurückreicht, kann von Messbeginn bis heute ein Anstieg des absoluten Minimums von durchschnittlich -6 auf -4.5 °C festgestellt werden. In Magadino, wo das absolute Minimum erst seit 1958 erhoben wird, stieg das 20-jährige Mittel von ca. -11 auf -9 °C an. Interessant für die Thematik dieser Arbeit ist zudem die Häufigkeit des Auftretens von Temperaturen unter -10°C (ab dieser Temperatur treten bei vielen laurophyllen Pflanzen bereits mittlere bis starke Frostschäden auf) und -15 °C (ab dieser Temperatur sterben viele laurophyll Pflanzen ab, oder zumindest die oberirdischen Pflanzenteile tragen starke Schäden davon). Seit 1864 wurden in Lugano in neun Wintern Temperaturen unter -10 °C gemessen, unter anderem -14 °C im Jahre 1929, die absolute Tiefsttemperatur seit Messbeginn. Zuletzt wurden in Lugano im Jahre 1956 Temperaturen unter -10 °C registriert. In Locarno-Monti fielen die absoluten Tiefsttemperaturen seit 1936 nur einmal – im Winter 1985 – knapp unter -10 °C. Allerdings ist es sehr wahrscheinlich, dass vor dem Messbeginn 1936 eine ähnliche Anzahl von Tagen mit Temperaturen unter -10 °C registriert wurde wie in Lugano. Ein ganz anderes Bild ergibt sich in Magadino, wo die Temperaturen mehr als jeden zweiten Winter unter -10 °C (!) fallen und in den Jahren 1971, 1991 und 2012 sogar die -15 °C-Marke unterschritten wurde.

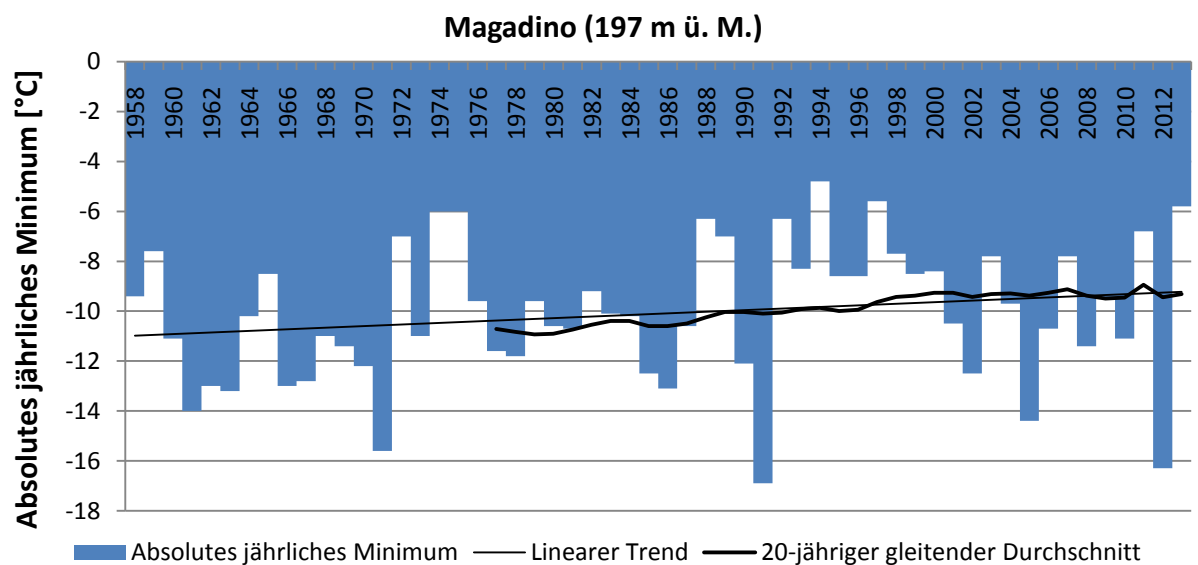
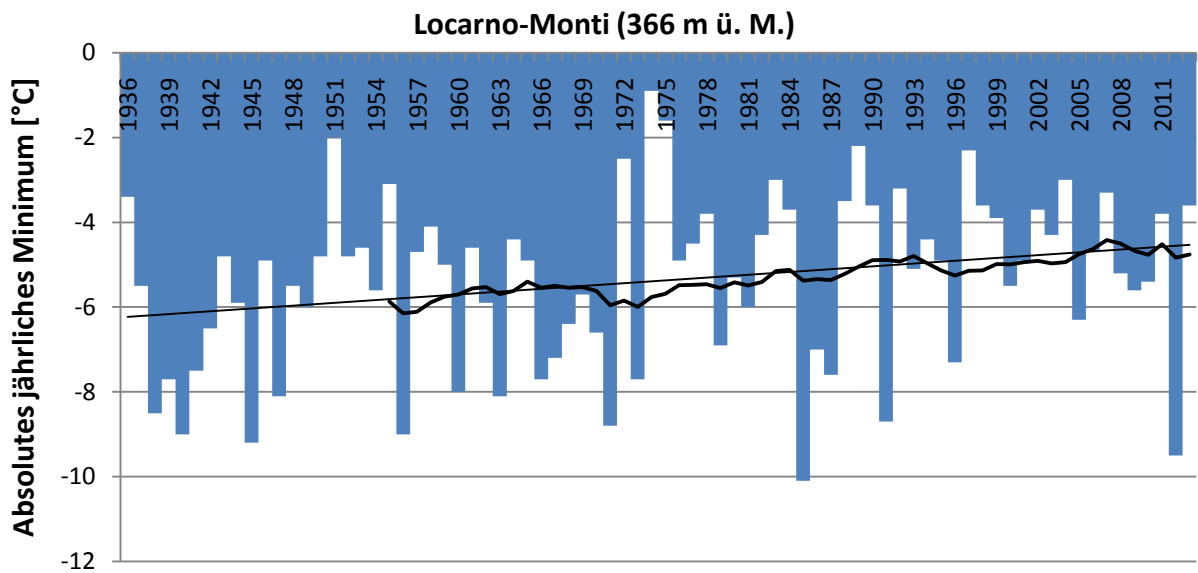
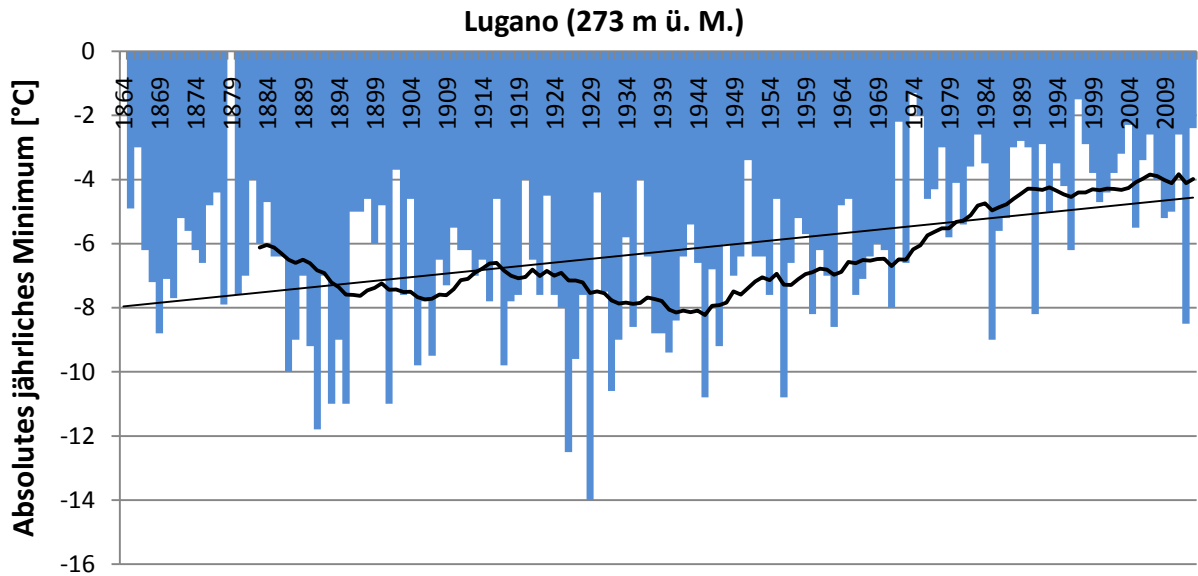


Abbildung 37: Absolute jährliche Minima der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).

4.10.1.5 Frosttage

In der Abbildung 38 ist die Anzahl Frosttage pro Jahr der Messstationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino dargestellt. In Lugano wurden von 1864 bis Mitte der 1950er Jahre im Durchschnitt zwischen 60 und 75 Frosttage im Jahr registriert. Danach nahm die Anzahl an Frosttagen kontinuierlich ab. Ab dem Jahr 2000 bis heute wurden im gleitenden 20-jährigen Mittel nur noch ca. 25 Frosttage verzeichnet. In Locarno-Monti, wo Daten erst seit 1936 existieren, zeichnet sich ein sehr ähnliches Bild ab, mit dem Unterschied, dass seit den Messungen im Durchschnitt nie mehr als 50 Frosttage im Jahr registriert wurden. Magadino verzeichnete seit Messbeginn 1958 bis heute fast keine Veränderungen bezüglich der Anzahl Frosttage. Im 20-jährigen gleitenden Durchschnitt wurden über den gesamten Zeitraum, über welchen Messungen bestehen, ca. 90 Frosttage im Jahr gezählt.

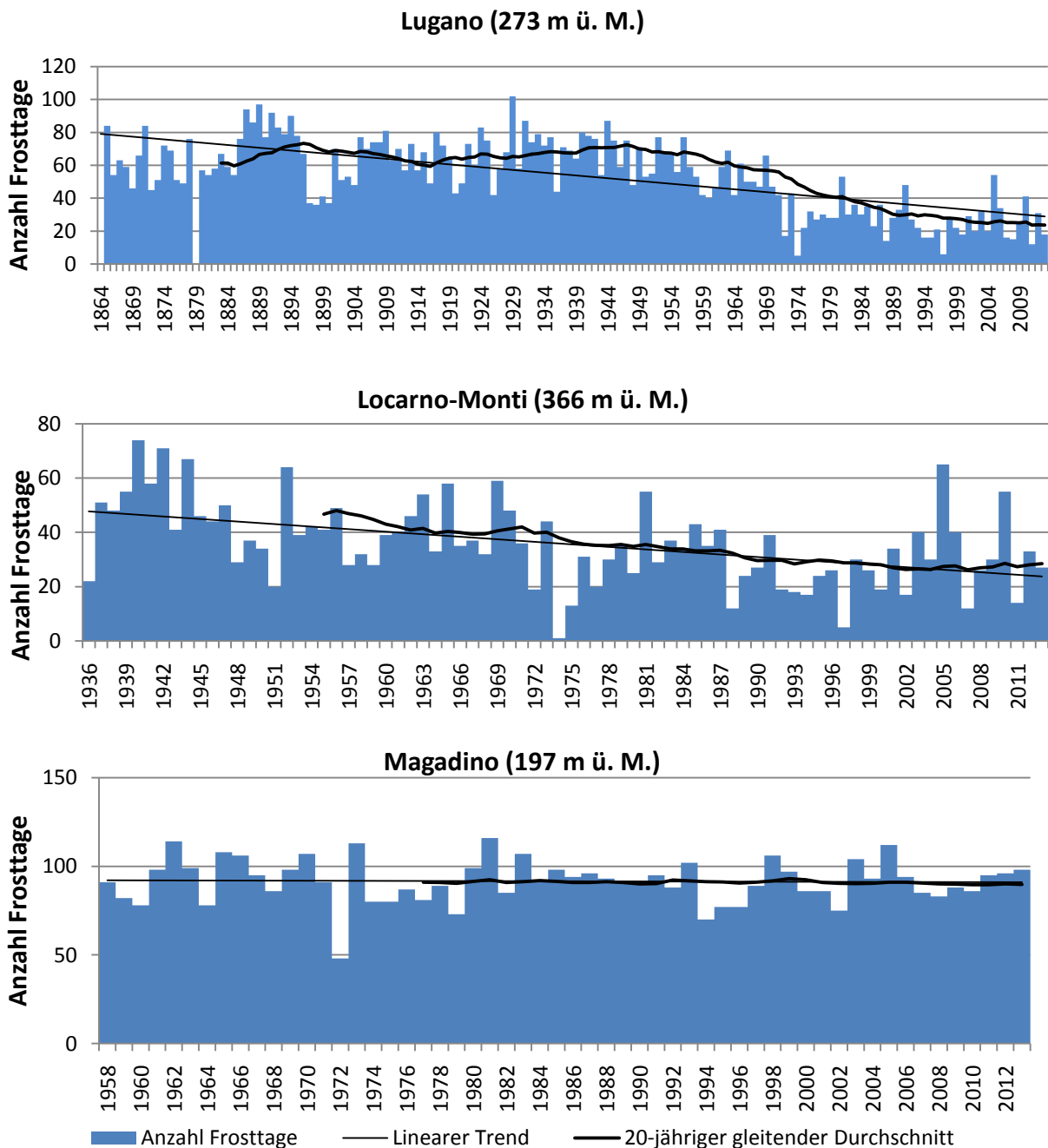


Abbildung 38: Anzahl Frosttage pro Jahr der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).

4.10.1.6 Eistage

In der Abbildung 39 ist die Anzahl Eistage pro Jahr der Messstationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino dargestellt. Die geringe Anzahl an registrierten Eistagen an allen drei Stationen macht es nur bedingt möglich, einen bestimmten Trend festzustellen. Im 20-jährigen gleitenden Durchschnitt werden an allen Stationen zwischen nahezu null und vier Eistage im Jahr verzeichnet. Auffällig ist, dass in Lugano und Locarno-Monti von 1930 bis 1960 vermehrt Jahre mit einer hohen Anzahl an Eistagen festzustellen sind. Zuletzt wurden im Jahr 2012 eine erhöhte Anzahl an Eistagen registriert (Lugano = 4, Locarno-Monti = 8, Magadino = 6). Der letzte Winter mit einer ähnlich hohen Anzahl an Eistagen lag in Locarno-Monti bis zu diesem Zeitpunkt fast 50 Jahre zurück (Jahr 1963, 10 Eistage).

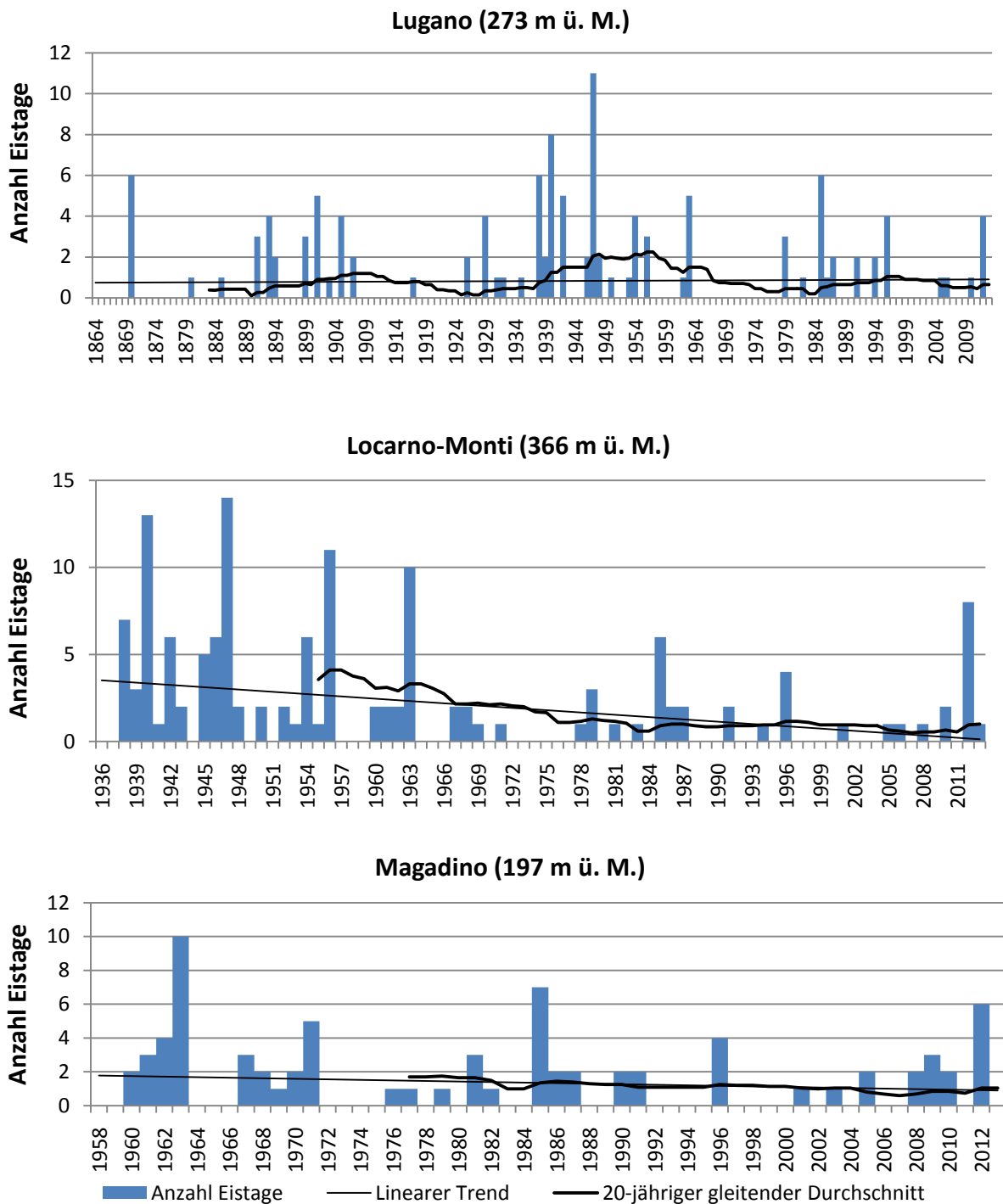


Abbildung 39: Anzahl Eistage pro Jahr der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).

4.11 Veränderung von Niederschlagsparameterwerten seit den ersten Aufzeichnungen

4.11.1.1 Jahresniederschlag

In der Abbildung 40 ist der Verlauf des Jahresniederschlages der Messstationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino dargestellt. Das 20-jährige gleitende Mittel des Jahresniederschlages schwankt in Locarno-Monti seit Messbeginn bis heute zwischen 1750 und 1950 mm. Während der letzten 10 Jahre liegt dieses bei ungefähr 1880 mm. An der Station Magadino wurden – bedingt durch die kurze geografische Distanz – sehr ähnliche Werte wie in Locarno-Monti gemessen. Lugano verzeichnete seit Messbeginn eine durchgehend tiefere Jahresniederschlagssumme als die Stationen im Locarnese. So macht sich hier bereits die Nähe zur Poebene bemerkbar (Ambrosetti 1978). Dabei wurden durchschnittlich zwischen 1500 und 1750 mm Niederschlag im Jahr gemessen. Seit den 1960er Jahren kann ein langsam aber stetiges Sinken der Jahresniederschlagssumme festgestellt werden. In der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts wurden im 20-jährigen gleitenden Mittel nicht mehr als 1560 mm Niederschlag gemessen.

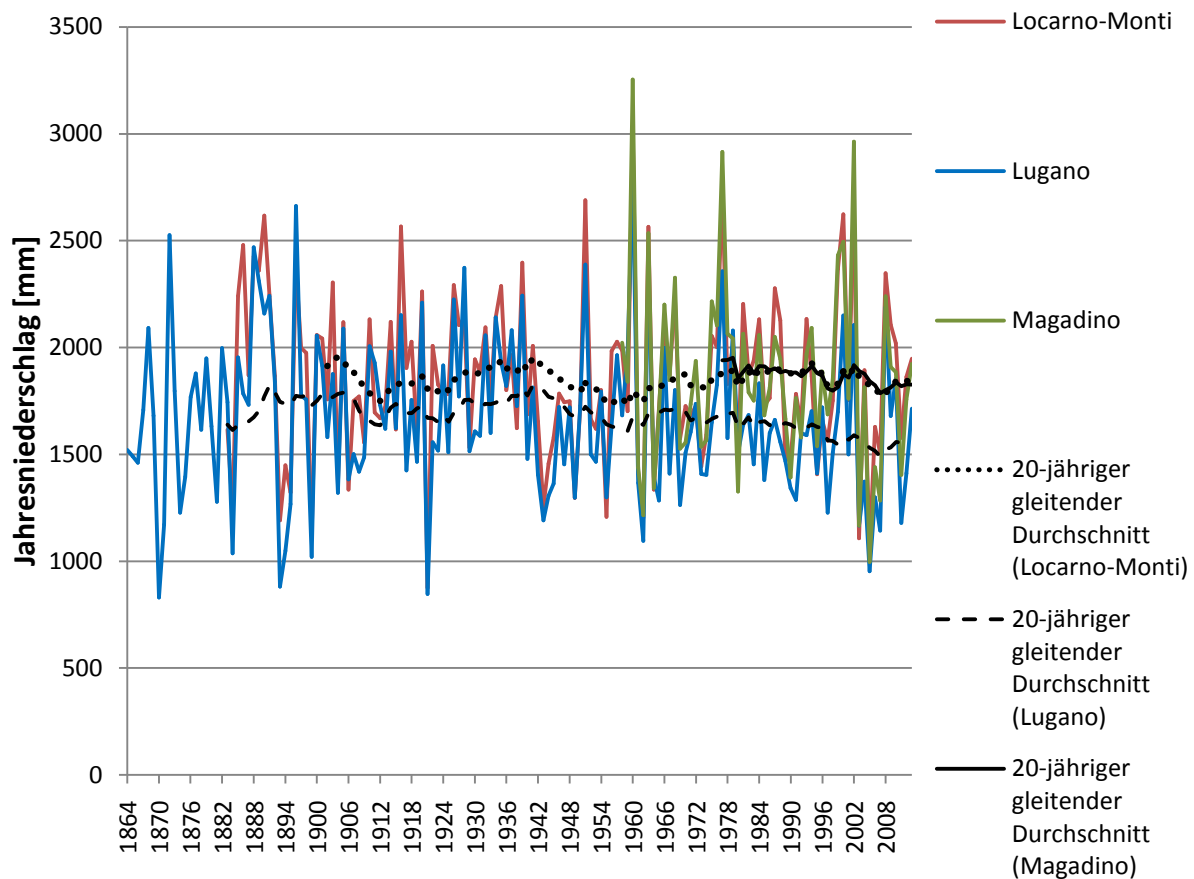


Abbildung 40: Jahresniederschlag der Stationen Locarno-Monti, Lugano und Magadino seit Messbeginn (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).

4.11.1.2 Monatliche Niederschläge: Vergleich zweier Messperioden

Beim Vergleich der monatlichen Niederschläge der beiden Messperioden von 1960 bis 1990 und 1980 bis 2010 sind bei den Stationen Locarno-Monti und Lugano keine erheblichen Verschiebungen der Niederschlagsmengen innerhalb des Jahres festzustellen (siehe Abb. 41 und Abb. 42). In Locarno-Monti haben die Niederschlagsmengen von Januar, Februar und März der Messperiode 1980 – 2010 gegenüber der Periode 1960 – 1990 abgenommen. Dafür verzeichneten die Monate Juni, September, Oktober, November und Dezember zwischen 1980 und 2010 eine höhere Niederschlagsmenge.

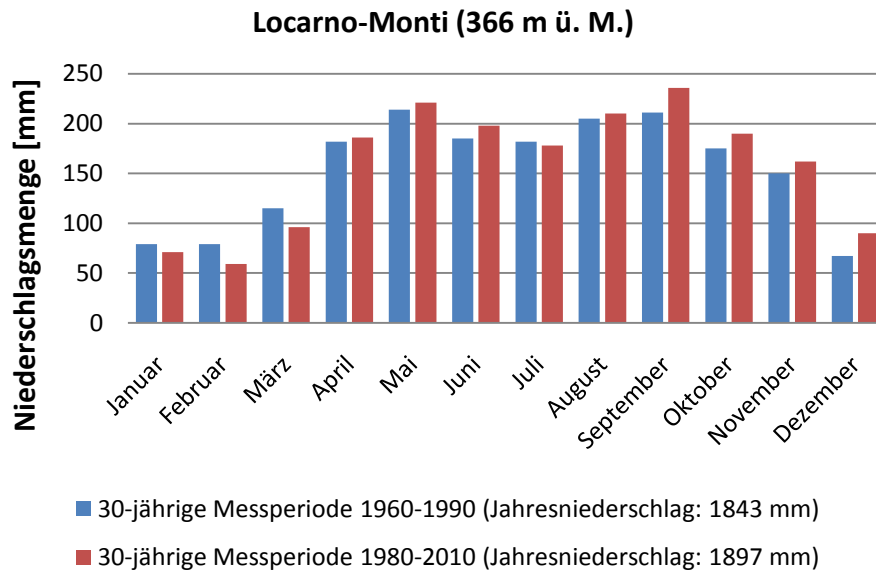


Abbildung 41: Vergleich der monatlichen Niederschlagsmengen der beiden Messperiode 1960 bis 1990 und 1980 bis 2010 in Locarno-Monti (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).

In Lugano zeichnet sich ein ähnliches Bild ab wie in Locarno-Monti. Die zu beobachtenden kleinen Unterschiede während der Monate Juni, Juli und August im Vergleich mit Locarno-Monti fallen sehr gering aus und können als unerheblich betrachtet werden.

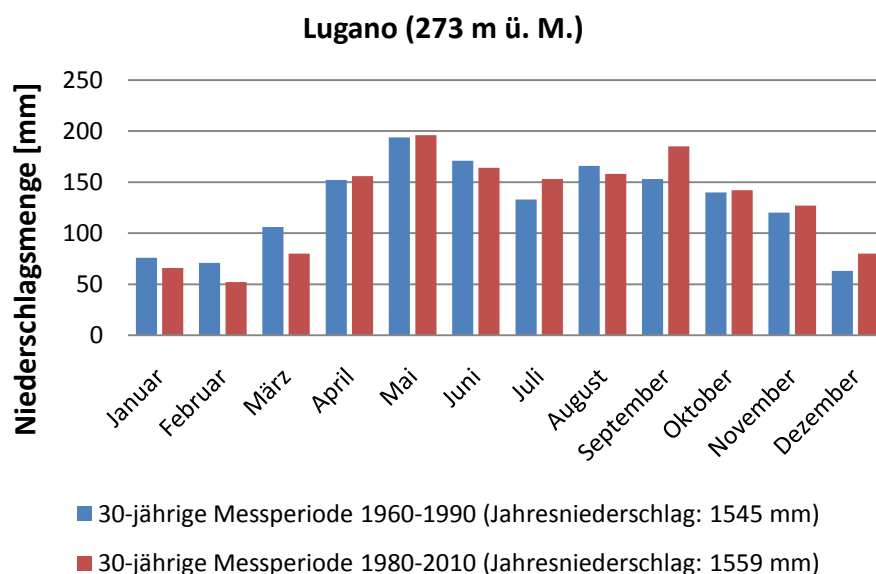


Abbildung 42: Vergleich der monatlichen Niederschlagsmengen der beiden Messperiode 1960 bis 1990 und 1980 bis 2010 in Lugano (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).

5 Diskussion

5.1 Bemerkungen zu den verwendeten Methoden

Die Standorte der Vegetationsaufnahmen in den Wäldern wurden nicht immer zufällig ausgewählt. Erste Priorität war es, dass die Aufnahmefläche die jeweils in der näheren Umgebung vorkommenden laurophyllen Arten repräsentiert. Dies zu befolgen war aber nicht immer möglich. Vor allem in hochgelegenen Aufnahmeflächen, welche weit vom nächsten Garten entfernt lagen, kamen laurophyll Arten manchmal nur noch vereinzelt oder in kleinen Gruppen oder „Herden“ vor, fehlten aber zum Teil in der näheren Umgebung. Die Aufnahmefläche wurde dann jeweils so ausgelegt, dass die laurophyllen Arten in der Aufnahme liegen, da zu beweisen ist, dass diese auch noch auf der jeweiligen Meereshöhe und Entfernung vom nächsten Garten vorkommen. Als zweite Priorität wurde darauf geachtet, dass die einheimischen Pflanzen in ungefähr demjenigen Verhältnis vorkommen, wie dies auch im näheren Umkreis der Fall ist. An gewissen Standorten wurde die Fläche aber auch so ausgelegt, dass ziemlich selten vorkommende Laurophyll wie *Cinnamomum glanduliferum* oder *Acacia dealbata* innerhalb der Aufnahmeflächen liegen. Die Aufnahme ist dann nicht unbedingt repräsentativ für die nähere Umgebung, es wird damit aber aufgezeigt, dass die jeweilige laurophyll Art im Gebiet anzutreffen ist.

Im Allgemeinen war es schwierig, geeignete Standorte für die Durchführung der Vegetationsaufnahmen zu finden. Die Hänge um die insubrischen Seen bis 600 m ü. M. sind derart stark besiedelt, dass zusammenhängende Waldstücke nur noch relativ selten vorhanden sind. Die meisten noch unberührten Waldstücke befinden sich oft an sehr schwer zugänglichen Steilhängen. Zudem war es nicht immer möglich, die Aufnahmen an einem sinnvollen vertikalen Transekt anzuordnen. Des Weiteren sind Waldstandorte, welche weiter als 500 m vom nächsten Garten entfernt und unter 600 m ü. M. liegen, kaum mehr vorhanden. Teilweise war die Strauchschicht in gewissen Waldgebieten extrem dicht von stark wuchernden Arten, wie beispielsweise der Brombeere, der Waldrebe und dem Japanischen Geissblatt, besiedelt, dass ein Durchkommen unmöglich war. Solche Standorte beinhalteten aber oft viele Laurophyll, sodass die Durchführung von Vegetationsaufnahmen interessant gewesen wäre, aber leider nur in seltenen Fällen möglich war.

Die Probleme, welche bei der Bestimmung der Waldgesellschaften auftraten, wurden bereits in Kapitel 4.8 diskutiert. Die Zuordnung der Aufnahmeflächen zu den aktuellen bzw. potentiell-natürlichen Waldgesellschaften konnte trotz den aufgetretenen Unsicherheiten zufriedenstellend erledigt werden.

5.2 Diskussion der Resultate

5.2.1 Häufigkeit und Verbreitung der laurophyllen Arten

In 28 von 46 Aufnahmen sind die Laurophyllen bereits in die Baumschicht vorgedrungen oder sind kurz davor, dies zu tun. Teilweise handelt es sich dabei um bereits fertile Exemplare. In den Arbeiten von Walther (1995) und Küttel (2001) war die Laurophyllisierung erst an sehr wenigen Standorten derart weit fortgeschritten und meistens auf die Kraut- und Strauchschicht begrenzt.

Die laurophyllen Arten *Laurus nobilis*, *Trachycarpus fortunei* und *Prunus laurocerasus* treten im Untersuchungsgebiet am häufigsten auf. *Elaeagnus pungens*, *Cinnamomum glanduliferum*, *Lonicera japonica* und *Quercus ilex* sind etwas seltener vorzufinden. Nur vereinzelt sind Exemplare von *Mahonia x media*, *Acacia dealbata*, *Ligustrum lucidum*, *Celtis australis* und *Cotoneaster* sp. anzutreffen. Die Häufigkeit der verschiedenen Arten ist in erster Linie abhängig von der Anzahl fertiler Artgenossen in den nahegelegenen Gärten. Mit Ausnahme vom Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*), welcher vorwiegend um den Lago Maggiore anzutreffen war, und der Steineiche (*Quercus ilex*), welche nur am Monte Caslano vorgefunden wurde, sind die restlichen Arten grossräumig im ganzen Südtessin verbreitet. Dabei werden auch Standorte besiedelt, welche sich nicht im direkten Einflussbereich der Seen befinden (Biasca, Castelrotto, Verscio).

Die höchste Dichte weisen die laurophyllen Arten innerhalb einer ca. 50 bis 150 m breiten Zone um besiedelte Gebiete auf (siehe Abb. 29). Dieses Verbreitungsmuster kann damit erklärt werden, dass der Populationsdruck mit zunehmender Distanz von den fertilen Individuen der Siedlungsgebiete abnimmt. Folglich wird die Verbreitung von Laurophyllen mit zunehmender Distanz von fertilen Exemplaren immer unwahrscheinlicher. In Gebieten, welche weiter von Gärten entfernt liegen, sind in der Regel nur verstreut kleinere Individuen auszumachen. Da viele laurophyll Arten durch Vögel verbreitet werden, kann teilweise auch an Standorten tief im Wald (bis zu 700 m von Siedlungen entfernt) ein herdenhaftes Auftreten von Laurophyllen beobachtet werden. Mit der Zunahme an fertilen ausgewilderten Exemplaren wird sich dieses Verbreitungsmuster mit der Zeit aber schleichend auflösen. Bereits heute wird die Laurophyllisierung von einer erheblichen Anzahl verwilderter fertiler Exemplare unterstützt.

Die Verteilung der Laurophyllen bezüglich der Meereshöhe weist kein klares Muster auf (Abb. 26). Grund dafür ist wohl, dass alle Aufnahmen zwischen 190 und 480 m ü. M. liegen. Die klimatischen Verhältnisse in dieser Zone schliessen eine Laurophyllisierung nicht aus, auch wenn die Bedingungen auf Seehöhe bestimmt am günstigsten sind. In der Regel ist ab einer Meereshöhe von 350 m ü. M. die Verbreitung von Laurophyllen auf Standorte beschränkt, welche nicht weiter als 150 m von Gärten entfernt liegen. So wurde noch in einer Aufnahme auf 470 m ü. M. eine hohe Anzahl an Laurophyllen in der Baumschicht vorgefunden. Diese lag aber in unmittelbarer Nähe von Gärten. Sehr wahrscheinlich würden die klimatischen Bedingungen für die Ausbreitung laurophyller Arten noch in um einiges höher gelegenen Gebieten ausreichen. Begrenzend in diesen Gebieten wirkt sich dann wohl eher die grosse Distanz zu fertilen Mutterpflanzen aus (Der Grossteil an Siedlungsflächen liegt im Tessin unter 500 m ü. M.).

5.2.2 Ökologische Präferenzen der laurophyllen Arten

Die meisten Laurophyllen erheben ziemlich ähnliche Ansprüche an die Umwelt. *Laurus nobilis*, *Trachycarpus fortunei*, *Prunus laurocerasus*, *Elaeagnus pungens*, *Cinnamomum glanduliferum*, *Lonicera japonica* weisen alle eine gute Schattenverträglichkeit auf. Folglich sind sie sehr konkurrenzstark gegenüber einheimischen laubabwerfenden Lichtbaumarten. Von den obengenannten Arten, welche alle frische bis feuchte Böden bevorzugen, gedeihen *Trachycarpus fortunei* und *Lonicera japonica* auch auf nassen Standorten der Auenwälder. Mit Ausnahme von *Cinnamomum glanduliferum*, welcher wahrscheinlich ausschliesslich Standorte auf Silikatgestein bevorzugt, sind die anderen obengenannten Arten gegenüber der Bodenazidität relativ anspruchslos. Aus der Reihe tanzt die mediterrane Art *Quercus ilex*. Sie bevorzugt sonnige, trockene und kalkige Standorte. Diese Bedingungen werden im Südtessin nur an den Südhängen des Monte Caslano, an einigen Stellen auf dem San Salvatore und um Gandria erfüllt. Folglich ist das Vorkommen von *Quercus ilex* auf diese Standorte beschränkt, fehlt bis jetzt aber (noch) in Gandria. Weiter östlich in der um einiges trockeneren Region um den Gardasee ist diese Art weit häufiger verbreitet (Berger 2008).

5.2.3 Waldgesellschaften

In allen in Kapitel 3.5 vorgestellten Waldgesellschaften wurden laurophyllle Arten vorgefunden. Deutlich seltener als in den übrigen Waldgesellschaften waren diese aber im kastanienreichen Rapunzel-Eichenmischwald anzutreffen. Grund hierfür ist wahrscheinlich der flachgründige, trockene Boden, welcher oft dicht mit Gräsern bewachsen ist und nur *Acacia dealbata* erfolgreich gedeihen lässt, wie dies beispielsweise oberhalb von Verscio der Fall ist. Im Schneesimsen-Winterlindenwald und dem kastanienreichen Geissbart-Eschenmischwald sind Tendenzen zum insubrischen Stechpalmenwald zu beobachten, welchem meist auch sehr viele gebietsfremde laurophyllle Arten beigemischt sind. Zudem konnten viele abgestorbene oder sich in sehr schlechtem Zustand befindende Robinien vorgefunden werden. Sehr wahrscheinlich wurde die Robinie von den sich ausbreitenden laurophyllen Arten und *Castanea sativa* verdrängt. Vier Standorte, an welchen der kastanienreiche Kreuzlabkraut-Eichenmischwald und der kastanienreiche Geissbart-Eschenmischwald die potentielle Waldgesellschaft bilden, konnten der neuen Waldgesellschaft des insubrischen Lorbeerwaldes zugeordnet werden. Dabei handelt es sich bei drei Standorten bei Melide um fast reine Bestände von *Laurus nobilis*. Das immergrüne, dichte Blätterdach sorgt für extreme Lichtarmut, sodass in der Kraut- und Strauchschicht praktisch nur Jungpflanzen von *Laurus nobilis* vorzufinden sind. Bei der vierten Vegetationsaufnahme bei Solduno, welche dem insubrischen Lorbeerwald zugeordnet werden konnte, dominieren *Trachycarpus fortunei* und *Cinnamomum glanduliferum* in der Baumschicht. Erstmals wurden auch Standorte der Auen der Magadino-Ebene (Zweiblatt-Eschenmischwald) nach laurophyllen Arten untersucht. Die einzigen beiden laurophyllen Arten, welche sich auf den nassen Böden durchsetzen konnten, waren *Trachycarpus fortunei* und *Lonicera japonica*. Diese sind in den Aufnahmen der Auenwaldvegetation bereits in die Strauchschicht vorgedrungen.

5.2.4 Artendiversität

Die mit dem Shannon-Wiener-Index berechnete Artendiversität ist durchschnittlich in denjenigen Vegetationsaufnahmen am höchsten, in welchen die Laurophyllen häufig in der Strauchschicht verbreitet sind, aber allgemein noch nicht dominieren. An Standorten, wo die Laurophyllen dominieren und bereits in die Baumschicht vorgedrungen sind, ist die Artendiversität wieder um einiges geringer. Am niedrigsten ist sie in Aufnahmen, wo nur wenige laurophylle Arten anzutreffen sind. Hierzu bietet sich die folgende Interpretation an, welche aber mit Vorsicht zu geniessen ist, da die Anzahl an durchgeführten Vegetationsaufnahmen keine abschliessende Aussage zulässt:

Das gemässigte Auftreten laurophyller Arten hat eine Erhöhung der Artendiversität zur Folge, da jede vorzufindende laurophylle Art durch ihre Anwesenheit die Artendiversität erhöht, die einheimischen Arten aber noch nicht verdrängt. Falls die Laurophyllen aber zu dominieren beginnen, können einheimische laubabwerfende Arten durch Schattenwurf und die Ansammlung von schwer abbaubarem Laub (Zäch 2005) verdrängt werden, wodurch sich die Artendiversität wieder etwas verringert. Die dann vorhandene Artendiversität ist aber immer noch höher, als wenn nur vereinzelt laurophylle Arten vorhanden sind und die einheimischen, laubabwerfenden Arten stark überwiegen. Bei der Betrachtung einzelner Vegetationsaufnahmen fällt aber auf, dass dies nicht immer zutrifft. So ist beispielsweise in einer dem insubrischen Lorbeerwald zugeordneten Aufnahme, in welcher *Laurus nobilis* dominiert, die Artendiversität extrem gering und besteht aus gerade mal vier Arten. Wenn nun die Laurophyllisierung weiter zunimmt, was sehr wahrscheinlich ist, muss vermehrt mit solchen Zuständen gerechnet werden.

Die Evenness liegt im Durchschnitt überall zwischen 0.5 und 0.7 und ist ungefähr proportional zum Shannon-Wiener-Index. Dies würde bedeuten, dass in Vegetationsaufnahmen, wo die Artendiversität am höchsten ist, die Arten auch mit ähnlich hohen Anteilen vertreten sind.

5.2.5 Klimawandel als Ursache für die Laurophyllisierung?

Bei der Betrachtung der teilweise bis ins Jahr 1864 zurückreichenden Messreihen der Temperaturparameter fällt auf, dass diese vermehrt erheblichen Schwankungen unterworfen waren. Besonders während der letzten 40 Jahre zeichnete sich eine kontinuierliche Erwärmung ab. Die jährlichen Niederschlagsmengen und deren Verteilung über die Monate änderten sich dagegen nur sehr leicht. Folglich wird hier nur auf die Messreihen der Temperaturparameter im Zusammenhang mit der Laurophyllisierung eingegangen. Da die Stationen Locarno-Monti und Lugano für das Klima und dessen Veränderungen im Untersuchungsgebiet am repräsentativsten sind, werden – falls nicht anders angegeben – immer die ungefähren Werte des 20-jährigen Mittels dieser Stationen verwendet.

Seit Beginn der 1980er Jahre bis heute ist ein rasanter Anstieg der Jahresmitteltemperatur von 11.5 °C auf ungefähr 12.75 °C zu beobachten. Auch die Julimiteltemperatur hat sich in dieser Periode um ca. 1.5 °C erhöht. Bei der Betrachtung der Januarmiteltemperatur fällt auf, dass diese seit Beginn der 1950er Jahre (von ca. 2 °C in Locarno-Monti und ca. 1.5 °C in Lugano) kontinuierlich auf 3.75 °C angestiegen ist. Die markante Abnahme der Anzahl Frosttage seit den 1950er Jahren unterstreicht das Ausmass dieser Entwicklung (1950er Jahre: ca. 50-70 Frosttage, 2000er Jahre: ca. 20-25 Frosttage). Bei den Eistagen kann kein deutlicher Trend festgestellt werden, da diese im Südtessin ohnehin schon immer in geringer Anzahl auftraten und während einiger Jahre auch ganz fehlten. Nur in den 1940er Jahren wurden Eistage etwas gehäuft registriert.

Die absolute jährliche Minimumtemperatur lag in der Periode von 1864 (Messbeginn) bis in die 1940er Jahre durchschnittlich zwischen -8 und -6 °C und stieg danach bis 2013 auf durchschnittlich -4 °C an. In Bezug auf die Laurophyllisierung ist aber nicht nur die durchschnittliche absolute Minimumtemperatur von Interesse, sondern auch die Wiederkehrzeit von sehr tiefen Minima. Mit der Gumbel-Methode wurde die Wiederkehrzeit der absoluten jährlichen Minima in Lugano während vier Zeitperioden berechnet und in einem Diagramm dargestellt (Abb. 43). Daraus ist ersichtlich, dass Werte von -10 °C zwischen 1880 und 1959 mit einer Wiederkehrzeit von ca. 8 Jahren auftraten. Zwischen 1960 und 1999 wurde diese Temperatur theoretisch noch alle 30 Jahre, zwischen 1990 und 2013 theoretisch nur noch alle 80 Jahre erreicht. Ein absolutes Minimum von -15 °C wurde in der Periode von 1880 bis 1959 theoretisch ca. alle 100 Jahre gemessen. Die theoretische Wiederkehrzeit von -15 °C in der Zeit von 1990 bis 2013 liegt sogar bei 2000 Jahren.

Nun stellt sich die Frage, ob diese deutlich wärmeren Bedingungen seit den 1970er/1980er Jahren, welche mit der globalen Erwärmung in Verbindung gebracht werden, tatsächlich auch als Hauptursache für die Laurophyllisierung angesehen werden können. Es ist unverkennbar, dass das vermehrte Aufkommen mehrerer laurophyller Arten stark mit der zunehmenden Erwärmung in dieser Periode korreliert (siehe Abb. 43). Es wäre aber auch möglich, dass weitere, vom Klima unabhängige Faktoren zur verstärkten Verbreitung einiger laurophyller Arten geführt haben. Beim Versuch, diesen Sachverhalt zu klären, werden die klimatischen Anforderungen einiger laurophyller Arten in Anbetracht der Messreihen der Temperaturparameterwerte diskutiert. Zudem werden weitere, vom Klima nicht direkt abhängige Faktoren erörtert, welche eine Laurophyllisierung möglicherweise unterstützt haben.

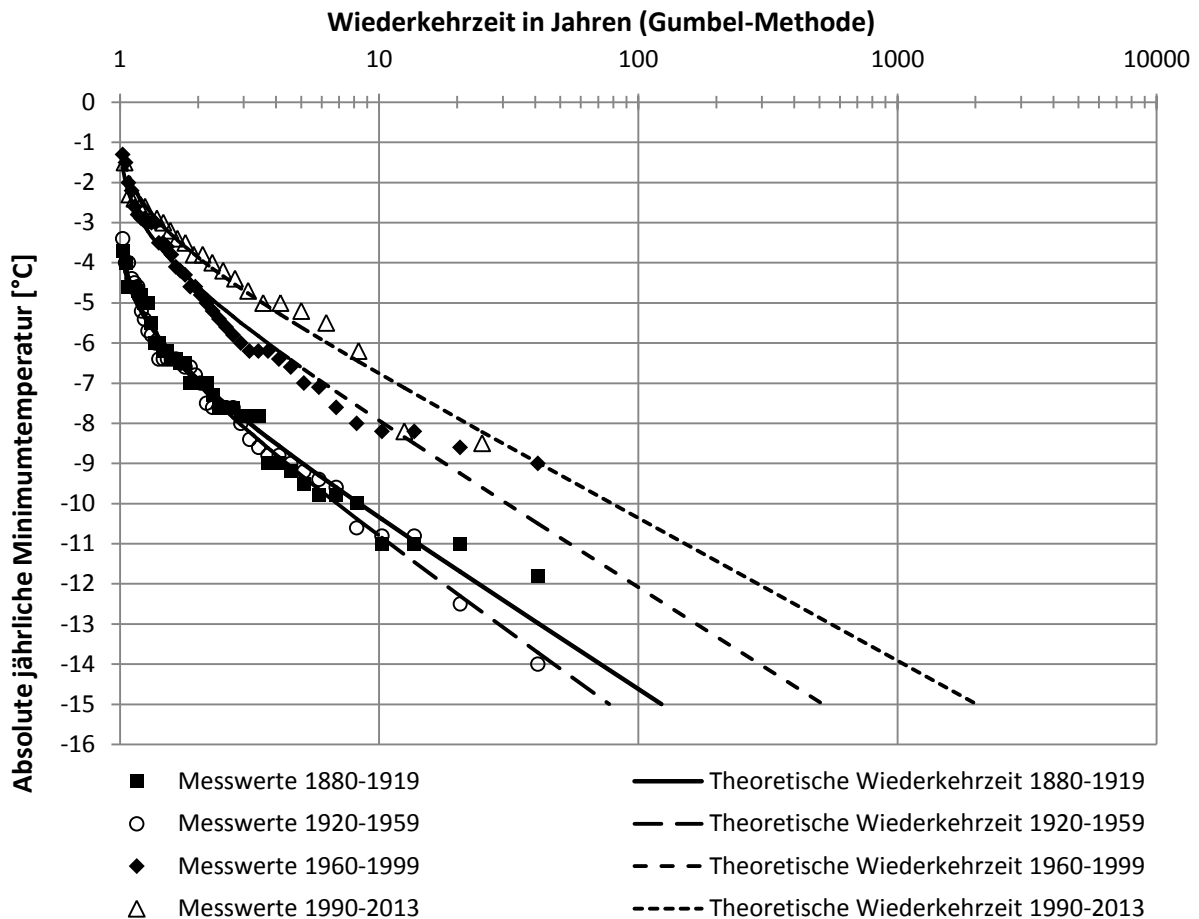


Abbildung 43: Wiederkehrzeit der absoluten jährlichen Mindesttemperatur von vier Zeitperioden in Lugano. Für die Berechnung wurde die Gumbel-Methode verwendet (eigene Darstellung, Datengrundlage: MeteoSchweiz).

Die Verbreitung der Laurophyllen wird hauptsächlich durch die Wintertemperatur limitiert. Die Januarmitteltemperatur (Mitteltemperatur des kältesten Monats) und die absolute jährliche Minimumtemperatur bilden dabei die beiden wichtigsten begrenzenden Faktoren für die Ausbreitung laurophyller Arten. Es fällt auf, dass die Januarmitteltemperatur während der letzten 40 Jahre erheblich gestiegen ist und durchschnittlich wärmere absolute Temperaturminima gemessen wurden. Doch mit grosser Wahrscheinlichkeit hätten die klimatischen Bedingungen in den Waldstücken im direkten Einflussbereich der Seen für die Ausbreitung einiger laurophyller Arten auch in der Zeit davor schon ausgereicht. Beispielsweise wurden exotische Pflanzenarten, wie *Jubaea chilensis*, *Brahea armata*, *Phoenix canariensis*, *Eucalyptus globulus*, die eine um einiges geringere Frostverträglichkeit aufweisen als einige laurophyllle Arten, welche sich heute stark verbreiten, in Seenähe schon ab Mitte des 19. Jahrhunderts erfolgreich kultiviert.

Vom im Untersuchungsgebiet weitverbreiteten *Prunus laurocerasus* ist bekannt, dass Tiefsttemperaturen von bis zu -17 °C relativ gut vertragen werden (Larcher 1964). Eine solche Temperatur wurde im Einflussbereich der Seen seit Messbeginn nie erreicht (absolutes Temperaturminimum in Lugano: -14 °C). Zudem breitet er sich bereits auf der Alpennordseite in den Wäldern aus (Carraro et al. 1999), wo die Januarmitteltemperatur einiges unter derjenigen des

Südtessins zu Beginn des 20. Jahrhunderts liegt. Es ist folglich sehr unwahrscheinlich, dass die Verbreitung von *Prunus laurocerasus* in erster Linie durch die wärmeren Bedingungen der letzten 40 Jahre initiiert wurde.

Auch für *Trachycarpus fortunei* ist die Temperatur nie in den überlebenskritischen Bereich gefallen. Jungpflanzen von *Trachycarpus fortunei* in der Magadino-Ebene, welche im Winter 2012 Temperaturen von -16 °C überstanden haben, bestätigen dies. Die Vitalität dieser Jungpflanzen bei der Feldbegehung im Sommer 2013 beweist, dass Jungpflanzen von *Trachycarpus fortunei* in der Lage sind, sich nach solch tiefen Temperaturen erstaunlich gut zu erholen.

Walther (2007) hat für *Trachycarpus fortunei* eine Januarmitteltemperatur von ca. 2.2 °C als Mindestanforderung für deren Ausbreitung angegeben. Dieser Wert stützt sich auf Klimadaten des natürlichen Verbreitungsgebietes von *Trachycarpus fortunei*. Diese Mindestanforderung wurde im Südtessin ab ungefähr 1970 erreicht. 17 Jahre später wurden erstmals vermehrt Jungpflanzen von *Trachycarpus fortunei* in der Kraut- und Strauchschicht der Tessiner Wälder vorgefunden (Gianoni et al. 1988). Dieser Wert korreliert also ziemlich genau mit dem vermehrten Auftreten von *Trachycarpus fortunei*. Allerdings zeigen die Jungpflanzen von *Trachycarpus fortunei* in der Magadino-Ebene, wo die Januarmitteltemperatur während der letzten 20 Jahre bei 1.5 °C lag, dass eine Verbreitung auch an Standorten möglich ist, wo die Januarmitteltemperatur etwas unter 2.2 °C liegt. Zwar handelt es sich beim Standort in der Magadino-Ebene um ein azonales, herdenhaftes Vorkommen von *Trachycarpus fortunei*, allerdings liegen die nächsten Gärten mit einigen adulten Exemplaren von *Trachycarpus fortunei* auch über 700 m weit entfernt (sehr geringer Ausbreitungsdruck). Möglicherweise ist im Südtessin eine freie Nische vorhanden, sodass eine Etablierung auch unter schlechteren Bedingungen, wie beispielsweise einer – im Vergleich zum natürlichen Verbreitungsgebiet – tieferen Januarmitteltemperatur, möglich ist.

Laurus nobilis ist noch etwas empfindlicher gegenüber tiefen Temperaturen als die beiden bereits behandelten Arten (-12 °C, Larcher 1964). Allerdings besitzt die Art nach Frosteinwirkung eine sehr gute Regenerationsfähigkeit aus dem Wurzelbereich (eigene Beobachtung). Nach Schröter (1936) soll *Laurus nobilis* bereits während der 1930er Jahre um Gandria den Eindruck einer einheimischen Pflanze vermittelt haben. Es ist gut möglich, dass das Klima für die Ausbreitung von *Laurus nobilis* in den mildesten Gebieten wie beispielsweise bei Gandria, Vico Morcote oder bei Locarno und Brissago schon vor der Erwärmung ausreichte.

Abzuschätzen, ob die Ausbreitung von *Cinnamomum glanduliferum* auf den sich verändernden Klimabedingungen basiert, ist sehr schwierig, da dieser ohnehin nur azonal in der Nähe von fertilen, kultivierten Artgenossen vorgefunden wird. Laut Griffiths (1994) ist das Vorkommen jedoch auf Standorte beschränkt, welche der USDA-Zone 9 (durchschnittliche Mindesttemperatur liegt zwischen -6.6 und -1.2 °C) zugeordnet werden. Folglich ist es sehr wahrscheinlich, dass der treibende Faktor für die Verbreitung von *Cinnamomum glanduliferum* die Erwärmung der letzten 40 Jahre war.

Falls die klimatischen Bedingungen für viele laurophyll Arten aber schon immer ausreichend gewesen wären, welche Faktoren haben dazu führen können, dass die Laurophyllen erst ab den 1980er Jahren im Südtessin in grösserem Ausmasse verwilderten?

Das Vorkommen von unterschiedlichen Neophyten in verschiedenen Regionen kann vom Ausbreitungsdruck abhängen (Williamson & Fitter 1996). Seit den 1960er Jahren nahmen die Siedlungsflächen an den Hängen um die Seen stetig zu (Küttel 2001). In der Folge hat auch die Dichte von den in Gärten kultivierten laurophyllen Arten zugenommen. Diese Populationsdichte könnte zu einem erhöhten Ausbreitungsdruck geführt haben, welcher vor der verstärkten Besiedlung für eine grössere Ausbreitung der laurophyllen Arten nicht ausgereicht hat. Der erhöhte Ausbreitungsdruck

führte dazu, dass vor allem Arten, welche in den Gärten häufig anzutreffen sind, nun auch oft in den nahegelegenen Wäldern dominieren (*Prunus laurocerasus*, *Trachycarpus fortunei*, *Laurus nobilis*). Dieser Prozess wird durch die Beobachtung gestützt, dass laurophylle Arten auch noch zur heutigen Zeit vermehrt an siedlungsnahen Standorten auftreten (siehe Kapitel 4.7). In Waldgebieten, welche etwas entfernter von Siedlungen liegen, kommen laurophylle Arten oft nur noch azonal vor, obwohl die klimatischen Bedingungen auch dort ausreichend wären.

Des Weiteren könnte die Bewirtschaftung der Wälder eine nicht zu unterschätzende Rolle gespielt haben (Zäch 2005). So wurden viele Wälder nach dem Zweiten Weltkrieg nicht mehr genutzt, worauf sich erstmals wieder eine Krautschicht bilden konnte, in welcher es auch Sämlingen von Laurophyllen gelang, zu Jungpflanzen heranzuwachsen.

Die Überlagerung der klimatologischen Aspekte bzgl. der Pflanzenökologie mit den oben genannten anthropogen bedingten Faktoren macht eine Beurteilung des direkten Einflusses der globalen Erwärmung auf den Prozess der Laurophyllisierung nur annäherungsweise möglich. Einerseits bestehen zwischen verschiedenen Arten unterschiedliche ökophysiologische Amplituden. Des Weiteren ist es schwierig, Temperatur-Grenzwerte von Arten zu bestimmen, da die Frostverträglichkeit von weiteren Randbedingungen wie der Feuchtigkeit, dem Wind und der Besonnung des Standorts (Frosttrocknis) abhängig ist. Möglich wäre auch, dass im Untersuchungsgebiet bereits die Bildung neuer Ökotypen stattgefunden hat, deren Individuen eine höhere Frostverträglichkeit aufweisen als diejenigen der gleichen Art im natürlichen Verbreitungsgebiet. Um dies zu überprüfen wäre die Durchführung von karyo-botanischen Untersuchungen nötig. Das Fehlen eines dichten Netzes an Klimastationen im Untersuchungsgebiet mit weit zurückreichenden Messreihen erschwert die Untersuchung dieses komplexen Sachverhaltes zusätzlich.

6 Schlussfolgerung und Ausblick

In 28 von 46 Vegetationsaufnahmen sind die Laurophyllen bereits in die Baumschicht vorgedrungen oder sind kurz davor, dies zu tun. Folglich ist der Prozess der Laurophyllisierung während der letzten 10 Jahre stark fortgeschritten. Bei den Untersuchungen von Walther (2000) und Küttel (2001) waren die laurophyllen Arten grösstenteils erst in der Strauchschicht anzutreffen.

Der Echte Lorbeer (*Laurus nobilis*), die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) und der Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) sind im ganzen Untersuchungsgebiet weit verbreitet. Etwas seltener sind die Dornige Ölweide (*Elaeagnus pungens*) und das Japanische Geissblatt (*Lonicera japonica*) anzutreffen. Das Vorkommen des Kampferbaums (*Cinnamomum glanduliferum*) ist hauptsächlich auf die Hänge bei Solduno beschränkt. Die Steineiche (*Quercus ilex*) gedeiht ausschliesslich an den Südhängen des Monte Caslano und vereinzelt auf dem San Salvatore auf Karbonatgestein.

Die höchste Dichte weisen die laurophyllen Arten an Standorten unter 350 m ü. M. auf, welche dazu meist innerhalb einer ca. 50 bis 150 m breiten Zone um besiedelte Gebiete liegen, da dort der Ausbreitungsdruck durch die vielen kultivierten Laurophyllen am höchsten ist und die klimatischen Bedingungen optimal sind. Aber auch weit von Siedlungen entfernt (bis zu 700 m) und bis in Höhen von 480 m ü. M. sind laurophyll Arten azonal in „Herden“ vorzufinden (Verbreitung durch Vögel). Sehr wahrscheinlich reichen die klimatischen Bedingungen etwas höher gelegener Gebiete für die Ausbreitung laurophyller Arten auch noch aus. Begrenzend wirkt sich in diesen Gebieten bis zu einer gewissen Meereshöhe wohl eher die grosse Distanz zu fertilen Mutterpflanzen aus.

In den meisten Waldgebieten, in denen Vegetationsaufnahmen durchgeführt wurden, ist die Tendenz eines Biomwandels von den laubabwerfenden Wäldern des Zonobioms VI in Richtung der feuchten, immergrünen Lorbeerwälder des Zonobioms V festzustellen. Dabei können vier Waldstandorte aktuell der neuen Waldgesellschaft des insubrischen Lorbeerwaldes zugeordnet werden. Vor allem der Echte Lorbeer (*Laurus nobilis*) bildet bei Melide dichte Bestände. In einigen Aufnahmen können Tendenzen zur Bildung eines insubrischen Stechpalmenwaldes festgestellt werden. Die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) und das Japanische Geissblatt (*Lonicera japonica*) besiedeln erfolgreich die nassen Auenwald-Standorte der Magadino-Ebene. Der auf flachgründigen, trockenen Böden vorkommende kastanienreiche Rapunzel-Eichenmischwald wurde mit Ausnahme der Silberakazie (*Acacia dealbata*) nur in geringem Masse von Laurophyllen besiedelt. Beim gemässigten Auftreten von Laurophyllen in der Strauchschicht kann eine höhere Artendiversität festgestellt werden als an Standorten, an welchen nur sehr wenige laurophyll Arten vorkommen. Dominieren diese jedoch in der Strauchschicht oder sind sie bereits in die Baumschicht vorgedrungen, kann eine etwas geringere Artendiversität registriert werden. An Standorten, an welchen die Laurophyllen ein geschlossenes Blätterdach bilden, fällt die Artendiversität sehr gering aus.

Frostempfindlichere Arten wie der Kampferbaum (*Cinnamomum glanduliferum*) oder die Silberakazie (*Acacia dealbata*) hätten sich ohne die klimatisch günstigeren Bedingungen ab den 1970er Jahren wahrscheinlich nicht erfolgreich in grösserem Masse ausbreiten können. Der Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) und sehr wahrscheinlich auch die Chinesische Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) hätten sich im milden Seengebiet aber schon vor der Erwärmung ausbreiten können. Zu jener Zeit wies das Südtessin aber noch keine so dichte Besiedlung auf wie heutzutage. Folglich war die Anzahl an Gärten mit laurophyllen Arten um einiges geringer und der Ausbreitungsdruck entsprechend tiefer, sodass keine grossflächige Verbreitung laurophyller Arten stattfinden konnte. Zudem hatte die

geringe Nutzung des Waldes nach dem Zweiten Weltkrieg die Laurophyllisierung ebenfalls begünstigt.

Den unmittelbaren Einfluss der globalen Erwärmung auf den Prozess der Laurophyllisierung zu beurteilen war nur annähernd möglich, da es sich dabei um einen ausserordentlich komplexen Sachverhalt handelt. Die grösste Schwierigkeit bildete dabei die Trennung der natürlichen Signale (klimatologische Aspekte bzgl. der Pflanzenökologie) von den anthropogen bedingten Faktoren. Des Weiteren bestehen zwischen verschiedenen laurophyllen Arten unterschiedliche ökophysiologische Amplituden, eine Ökotypenbildung kann nicht ausgeschlossen werden und die Bestimmung von Temperatur-Grenzwerten verschiedener Arten ist schwierig, da die Frostverträglichkeit von weiteren Faktoren (Feuchtigkeit, Wind, Besonnung des Standorts während der Frosteinwirkung) abhängig ist. Mittlerweile sind auch auf der Alpennordseite erste Anzeichen der Ausbreitung gebietsfremder laurophyller Arten (vor allem *Prunus laurocerasus*) festzustellen. Auch weitere Regionen der temperierten laubabwerfenden Wälder werden mit der Ausbreitung laurophyller Arten konfrontiert werden. Um einschätzen zu können, welche Arten in Zukunft in der Lage sein werden, bestimmte Gebiete zu besiedeln, wäre es von Interesse, die begrenzenden Schwellenwerte verschiedener laurophyller Arten mittels Feldexperimenten zu ermitteln. Ein weiterer, an Bedeutung gewinnender Teilaspekt der vorliegenden Thematik wird die Auswirkungen der Laurophyllisierung auf die einheimische Flora und Fauna behandeln (z.B. allelopathische Einflüsse von Pflanzen).

Falls dieser Trend hin zu wärmeren klimatischen Bedingungen anhält, werden sich die laurophyllen Arten auch weiterhin im Südtessin ausbreiten und neue Standorte besiedeln. Es ist gut möglich, dass in Zukunft auch frostempfindlichere Arten in den Tessiner Wäldern eine neue Heimat finden werden.

7 Literatur

- Antonietti A.** 1968: *Le associazioni forestali dell' orizzonte submontano del Cantone Ticino su substrati pedogenetici ricchi di carbonati*. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswesen, 44, 2: S. 81-226.
- Aschwanden, A., Beck, M., Häberli, Ch., Haller, G., Kiene, M., Roesch, A., Sie, R. & Stutz, M.** 1996: *Klimatologie der Schweiz (Jahrgang 1996)*. Klimatologie 1961-1990, Heft 2, Band 1 von 4, Bereinigte Zeitreihen, die Ergebnisse des Projekts KLIMA90: Auswertungen, SMA Zürich.
- Bach, R. & Frei, E.** 1968: *Bodenkarte der Schweiz*. Atlas der Schweiz, ETH Zürich.
- Becherer, A.** 1960: *Die Flora des Tessins und des Comerseegebietes im Lichte der neueren Erforschung*. Bauhinia – Z. Basler Bot. Ges., 1: S. 261-281.
- Berger, S.** 2008: *Evergreen broad-leaved woody species – indicators of climate change*. Dissertation, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.
- Bernoulli, D.** 1964: *Zur Geologie des Monte Generoso – Ein Beitrag zur Kenntnis der südalpinen Sedimente*. Beitr. geol. K. Schweiz, N. F. 118.
- Bernoulli, D., Govi, M., Graeter, P., Lehner, P., Reinhard, M. & Spicher, A.** 1976: *Geologischer Atlas der Schweiz*, 1:25'000. Lugano, Blatt 1353.
- Blaser, P.** 1973: *Die Bodenbildung auf Silikatgestein im südlichen Tessin*. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswesen, 49, 3: S. 254-340.
- Burga, C.A. & Perret, R.** 1998: *Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter*. Ott Verlag, Thun.
- Bürgi, M. & Stuber, M.** 2003: *Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800-1950. Waldfeldbau, Waldfrüchte und Harz*. Schweiz. Z. Forstwes. 154, 9: S. 360-375.
- Carraro, G., Klötzli, F., Walther, G.-R., Gianoni, P. & Mossi, R.** 1999: *Observed changes in vegetation in relation to climate warming*. Final report NRP31. Vdf Hochschulverlag ETH Zürich.
- Carraro, G.** 2010: *Le tipologie forestali del Cantone Ticino e loro tendenze evolutive*. Dionea S.A., Locarno.
- Ceschi, I.** 2006: *Il bosco del cantone Ticino*. Dipartimento del territorio, Divisione dell'ambiente, Bellinzona.
- Christ, H.** 1882: *Das Pflanzenleben der Schweiz*. 2. unveränderte Auflage. Schulthess, Zürich.
- Dierschke, H.** 1994: *Pflanzensoziologie, Grundlagen und Methoden*. UTB, Verlag Ulmer, Stuttgart.
- Frehner, M., Burnand, J., Carraro, G., Frey, H.-U. & Lüscher, P.** 2009: *Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald, Anhang 2A: Bestimmen des Standorttyps*. BUWAL, Bern.
- Gianoni, P., Carraro, G. & Klötzli, F.** 1988: *Thermophile, an laurophyllen Pflanzenarten reiche Waldgesellschaften im hyperinsubrischen Seengebiet des Tessins*. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübli, Zürich, 54: S. 164-180.

- Griffiths, M.** 1994: *Index of Garden Plants*. The New Royal Hort. Society Dictionary, BPC Hazell Books Ltd.
- Keller, W., Wohlgemut, T., Kuhn, N., Schütz, M. & Wildi, O.** 1998: *Waldgesellschaften der Schweiz auf floristischer Grundlage*. Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch., 73, 2: S. 93-357.
- Klötzli, F.** 1988: *On the global position of the evergreen broad-leaved (non-ombrophious) forest in the subtropical and temperate zone*. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich: S. 169-196.
- Küttel, K.** 2001: *Vegetationskundliche Untersuchungen zur Ausbreitung immergrüner exotischer Gehölze im Luganese*. Diplomarbeit, Geographisches Institut, Universität Zürich.
- Larcher, W.** 1964: *Winterfrostschäden in den Parks und Gärten von Arco und Riva am Gardasee*. Veröff. Museum Ferdinandeum Innsbruck 43: S. 153-199.
- Labhart, T.P.** 2009: *Geologie der Schweiz*. hep-Verlag, Bern.
- Lauber, K. & Wagner, G.** 2012: *Flora Helvetica*. 5. Auflage, Haupt Verlag, Bern.
- Lee Riffle, R., Craft, P. & Zona, S.** 2012: *The Encyclopedia of Cultivated Palms*. Second Edition, Timber Press, London.
- MeteoSchweiz** 2014: *Klimadiagramme von Locarno-Monti und Lugano*. [http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/klimadiagramme.html] - Zugriff am 23.5.2014.
- Lüdi, W.** 1944: *Die Waldgeschichte des südlichen Tessin seit dem Rückzug der Gletscher*. Sonderdruck aus „Unser Zollikon“. Buchdruckerei Alb. Baumann, Zollikon.
- Oberdorfer, E.** 1964: *Der insubrische Vegetationskomplex, seine Struktur und Abgrenzung gegen die submediterrane Vegetation in Oberitalien und der Südschweiz*. Beitr. naturk. Forsch., SW-Deutschl., Karlsruhe. 23, 2: S. 141-187.
- o. V.** 1967: *Geologischer Führer der Schweiz*. Wepf, Basel.
- Ovington, J.D.** 1983: *Ecosystems of the world: Temperate Broad-Leaved Evergreen Forests*. Elsevier, Amsterdam.
- Polunin, O.** 1998: *Bäume und Sträucher Europas*. BLV Bestimmungsbuch, 3. Auflage, BLV Verlagsgesellschaft, Zürich.
- Reinhard, M.** 1953: *Über das Grundgebirge des Sottoceneri im südlichen Tessin*. Eclogea geol. Helv., 46, 2.
- Schildknecht, P. & Burga, C.** 2008: *Vegetationskarte 1:2500 Monte Caslano, Malcantone, Tessin, Schweiz*. Geographisches Institut, Universität Zürich.
- Schmidt, W.** 1999. *Gehölze für mediterrane Gärten*. Hortus Mediterraneus, Band 2, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Schröter, C.** 1936: *Flora des Südens*. Rascher, Zürich.

- Schröter, C.** 1956: *Flora des Südens*. 2. Auflage, überarbeitet von Schmid, E. Rascher, Zürich.
- Steiger, P.** 2010: *Wälder der Schweiz*. 4. Auflage, hep-Verlag, Bern.
- Tremp, H.** 2005: *Aufnahme und Analyse vegetationsökologischer Daten*. UTB, Verlag Ulmer, Stuttgart.
- Urfer, Ch., Gensler, G., Ambrosetti, F. & Zenone, E.** 1979: *Regionale Klimabeschreibungen, 2. Teil: Alpennordhang, Graubünden und Alpensüdseite*. Klimatologie der Schweiz, Band 2, Beih. Ann. Schweiz. meteorol. Anst. (Jahrg. 1978).
- Walter, H. & Breckli, S.-W.** 1999: *Vegetation und Klimazonen*, 7. Auflage, UTB, Verlag Ulmer, Stuttgart.
- Walther, G.-R.** 1995: *Ausbreitung und Grenzen laurophyller Arten im Südtessin*. Diplomarbeit, ETH Zürich.
- Walther, G.-R.** 2000: *Laurophyllisation in Switzerland*. Dissertation, ETH Zürich.
- Walther, G.-R., Gritti, E.S., Berger, S., Hickler, T., Tang, Z. & Sykes M.T.** 2007: *Palms tracking climate change*. Global Ecol. Biogeogr., 16: S. 801-809.
- Zuber, R.K.** 1979: *Untersuchungen über die Vegetation und die Wiederbewaldung einer Brandfläche bei Locarno (Kanton Tessin)*. Dissertation, ETH Zürich.
- Williamson, M.H. & Fitter, A.** 1996: *The characters of successful invaders*. Biological Conservation 78: S. 163-170.

8 Anhang

Anhang 1: Beispiel eines Aufnahmeformulars.

Anhang 2a - n: Karten der Aufnahmegebiete mit eingetragenen Standorten der Vegetationsaufnahmen und deren Zuordnung zu einer Laurophyllen-Etablierungs-Kategorie (LEK).

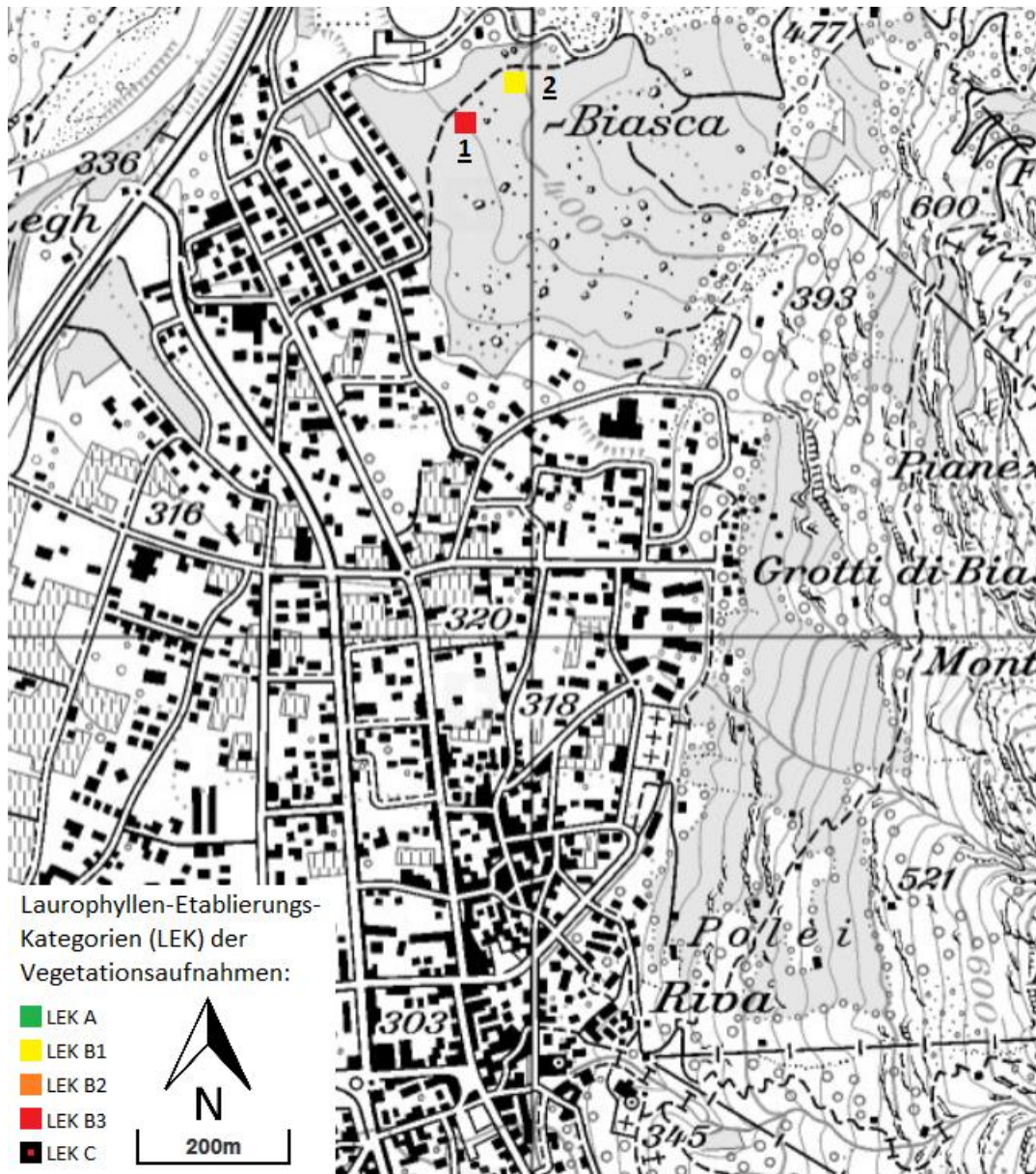
Anhang 3a + b: Tabellen der Vegetationsaufnahmen.

Anhang 1: Beispiel eines Aufnahmeformulars.

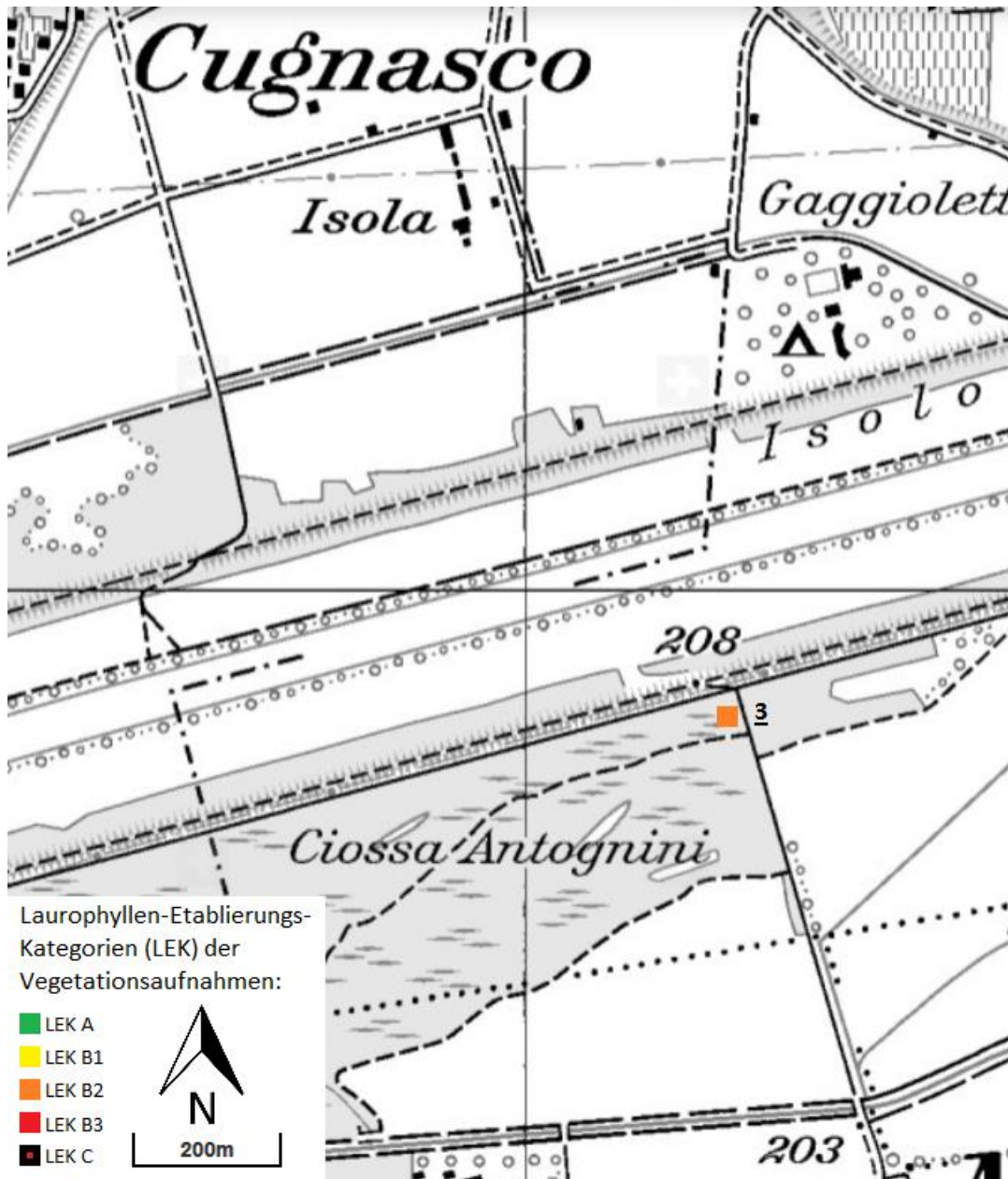
Aufnahmegebiet:		Nr.:			
Beschreibung der Lage:		Datum:			
		Flächengröße [m ²]:			
Meereshöhe [m ü. M.]:		Neigung [°]:			
Geologie/Petrographie:		Exposition:			
Waldgesellschaft:		Boden:			
Entfernung von Gärten [m]:		pH-Wert:			
Bemerkungen:					
Laurophyllen-Etablierungs-Kategorie (LEK):					
Höhe [m]:		Deckung [%]:			
Baumschicht 1:		Baumschicht 1:			
Baumschicht 2:		Baumschicht 2:			
Strauchschicht:		Strauchschicht:			
Krautschicht:		Krautschicht:			
Baumschicht:		Strauchschicht:		Krautschicht:	

Anhang 2: Karten a - n der Aufnahmegebiete mit eingetragenen Standorten der Vegetationsaufnahmen und deren Zuordnung zu einer Laurophyllen-Etablierungs-Kategorie (LEK).

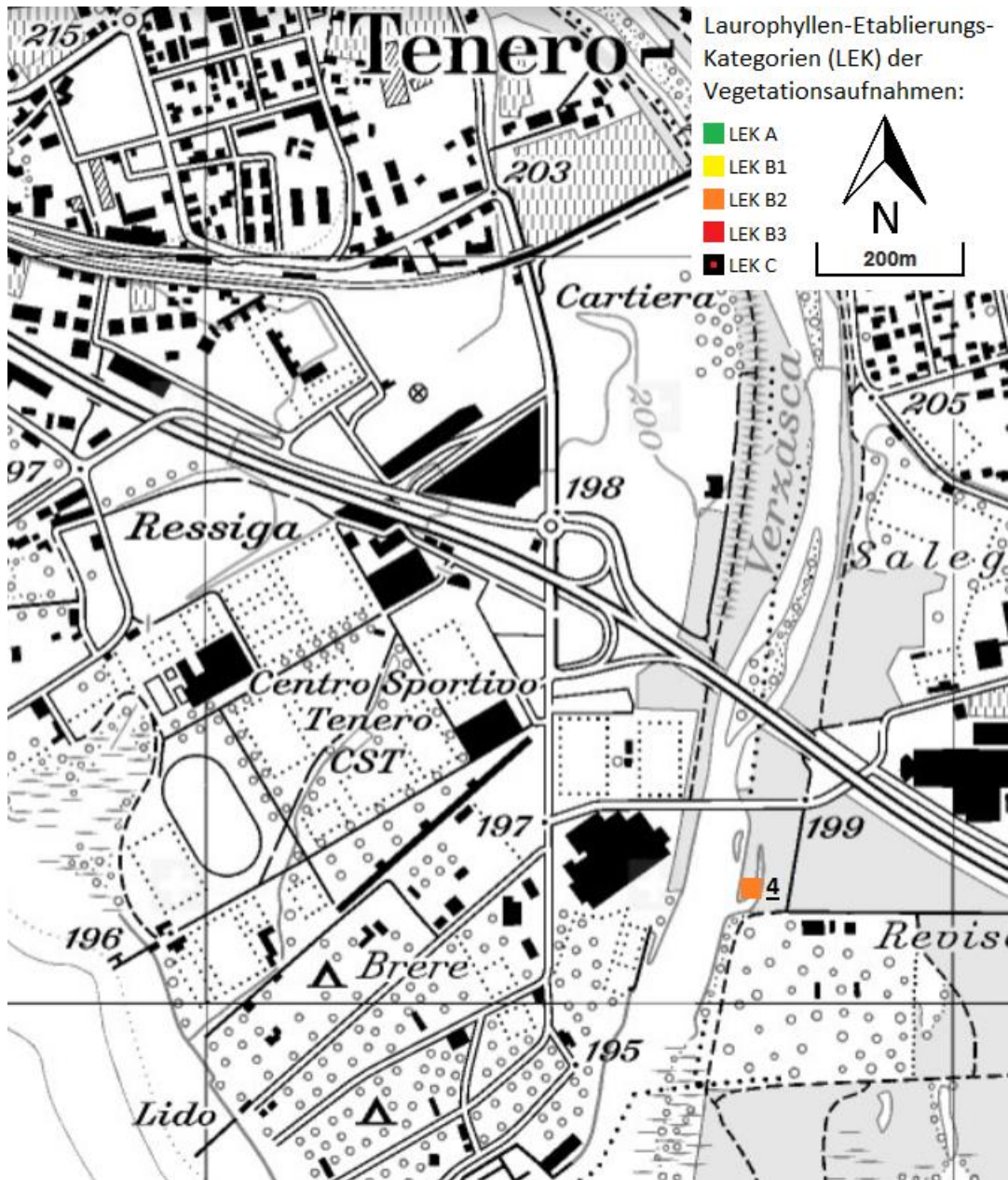
Die Grundlagenkarten der folgenden Karten stammen von swisstopo und wurden modifiziert.



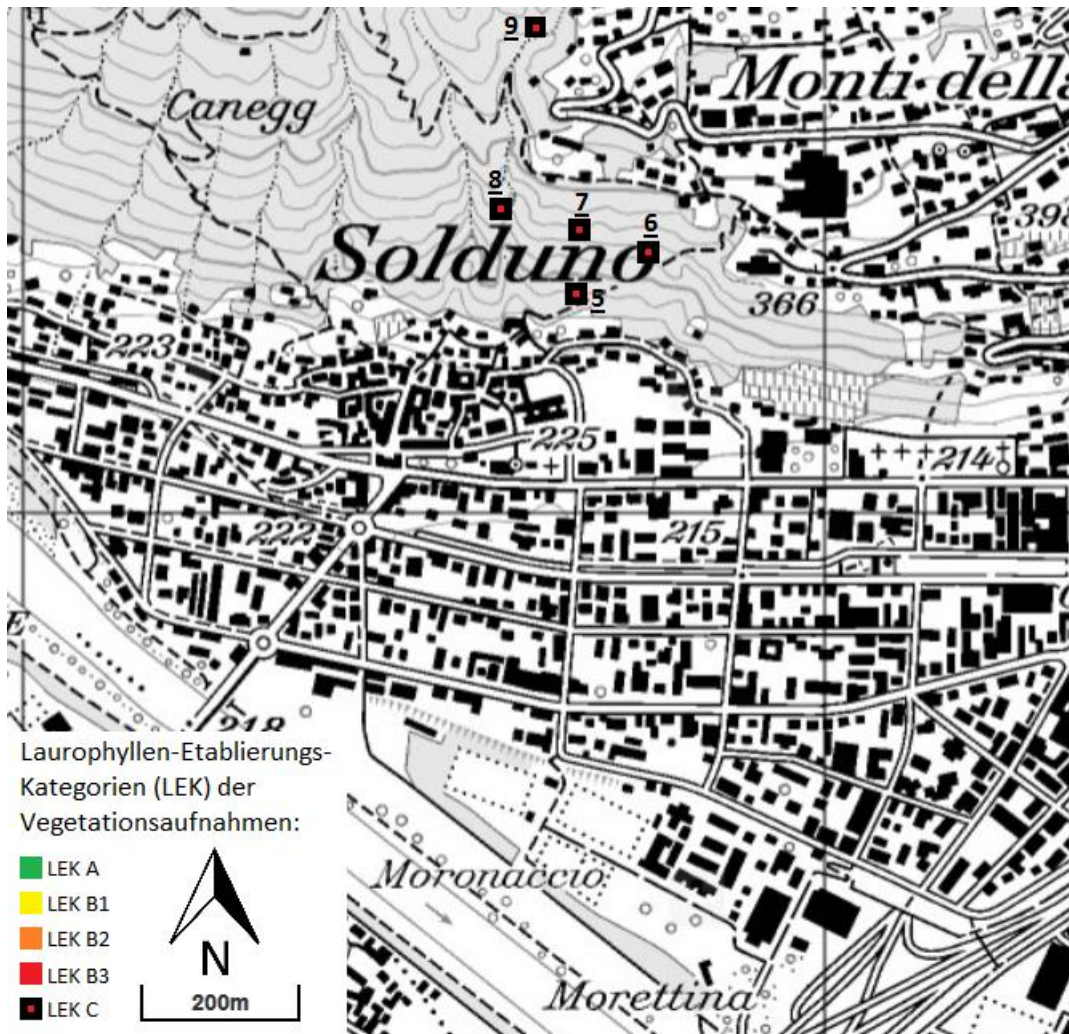
Karte a: Aufnahmegebiet Biasca (swisstopo, modifiziert).



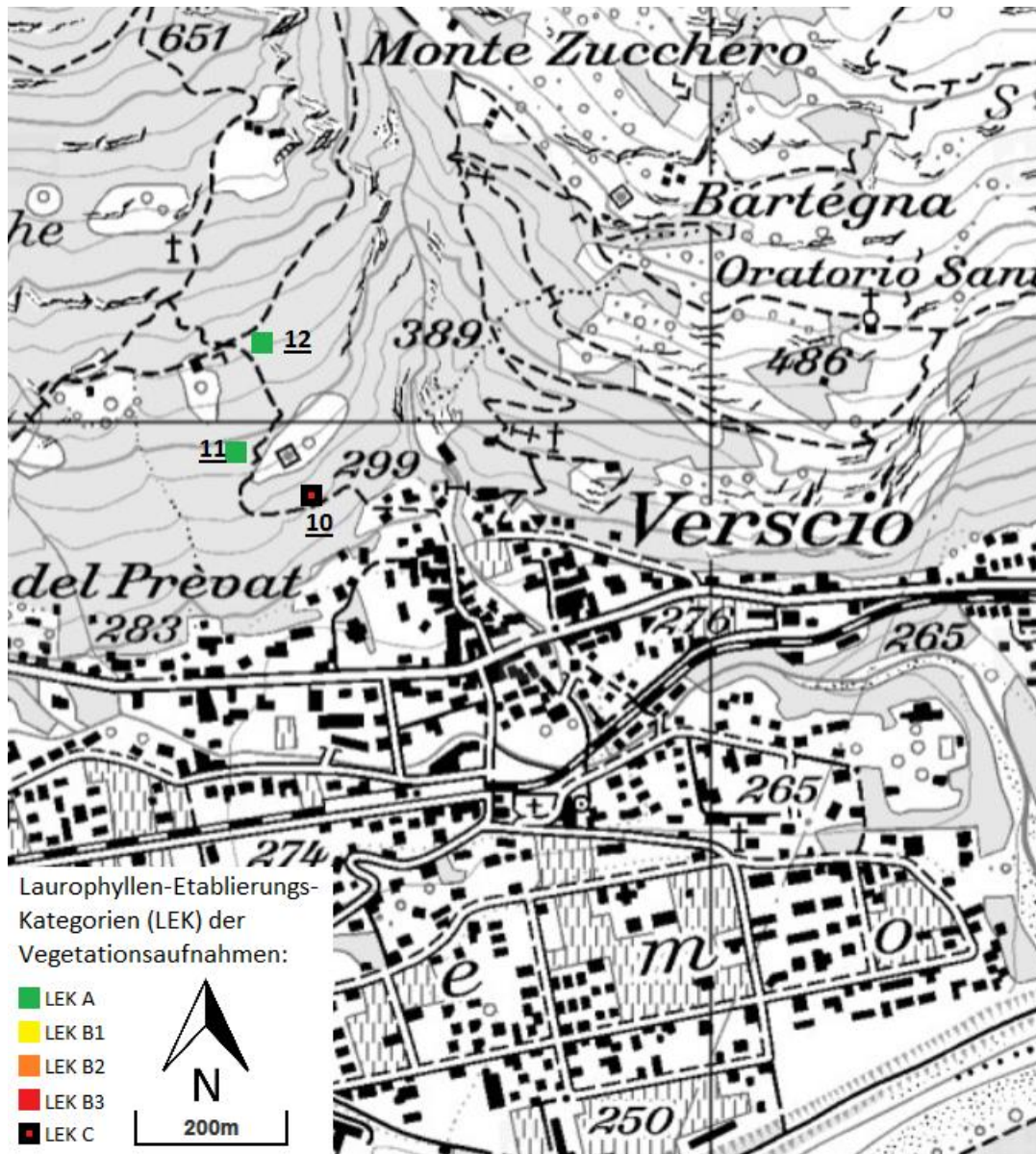
Karte b: Aufnahmegebiet Magadino-Ebene (swisstopo, modifiziert).



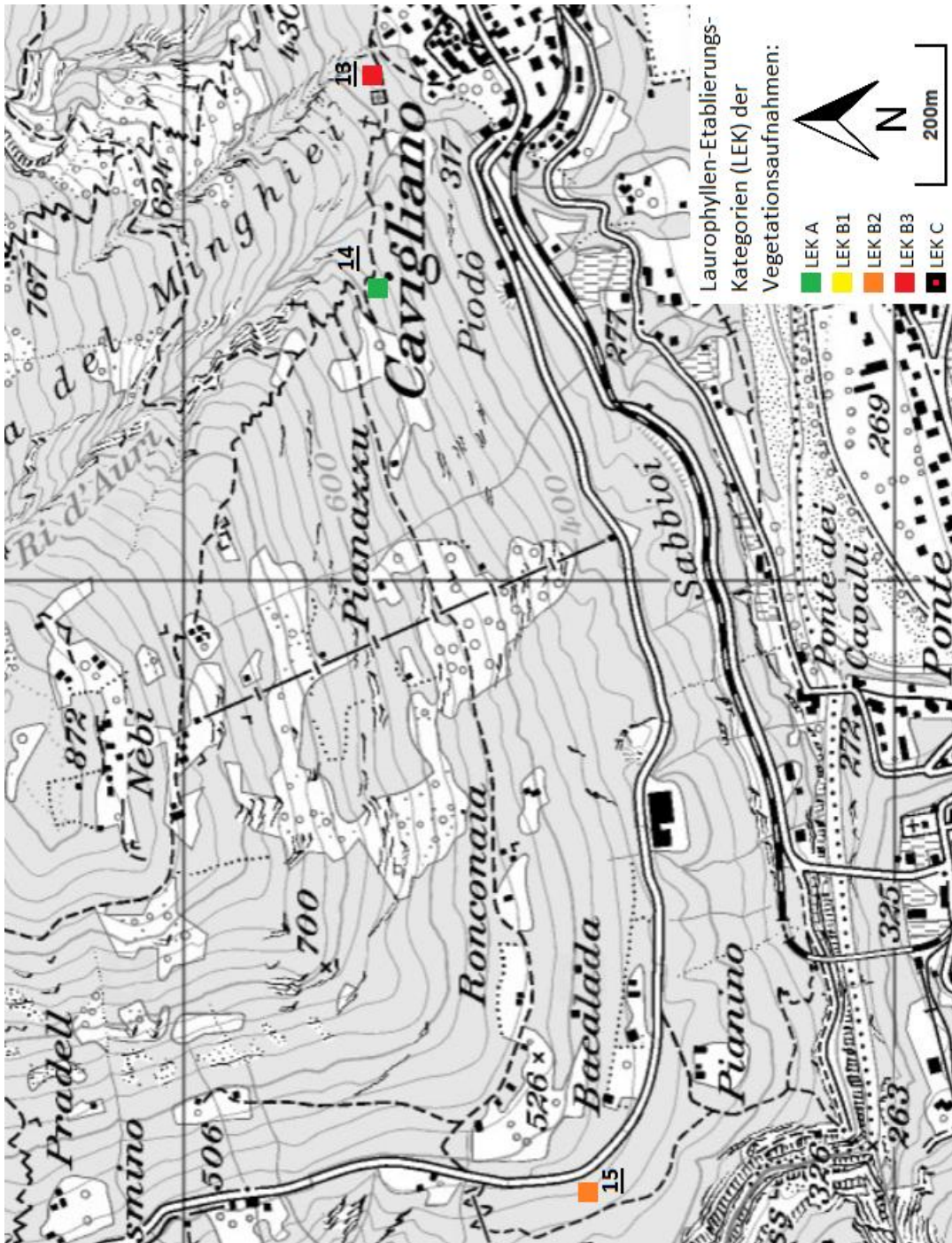
Karte c: Aufnahmegebiet Bolle di Magadino (swisstopo, modifiziert).



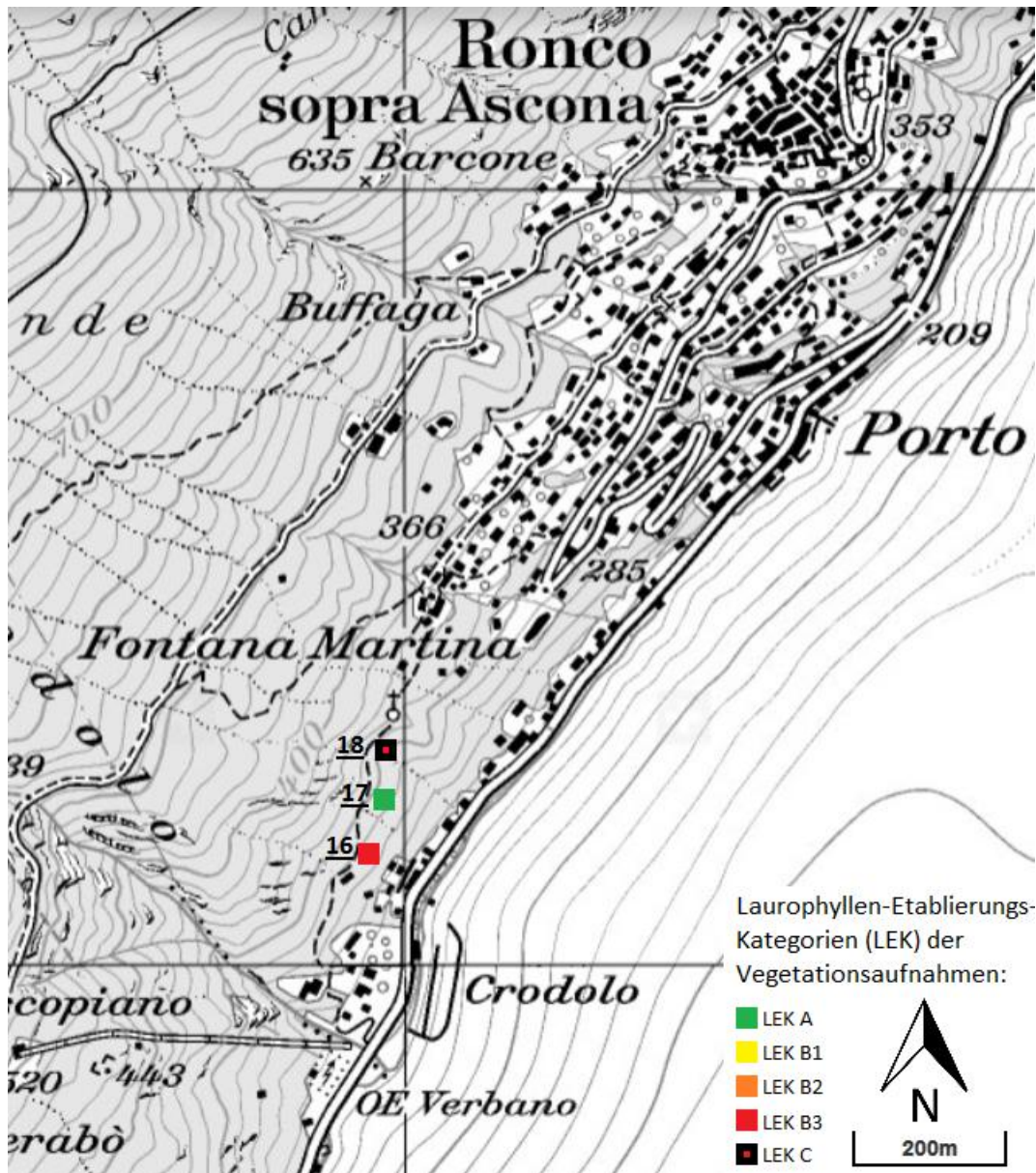
Karte d: Aufnahmegebiet Solduno (swisstopo, modifiziert).



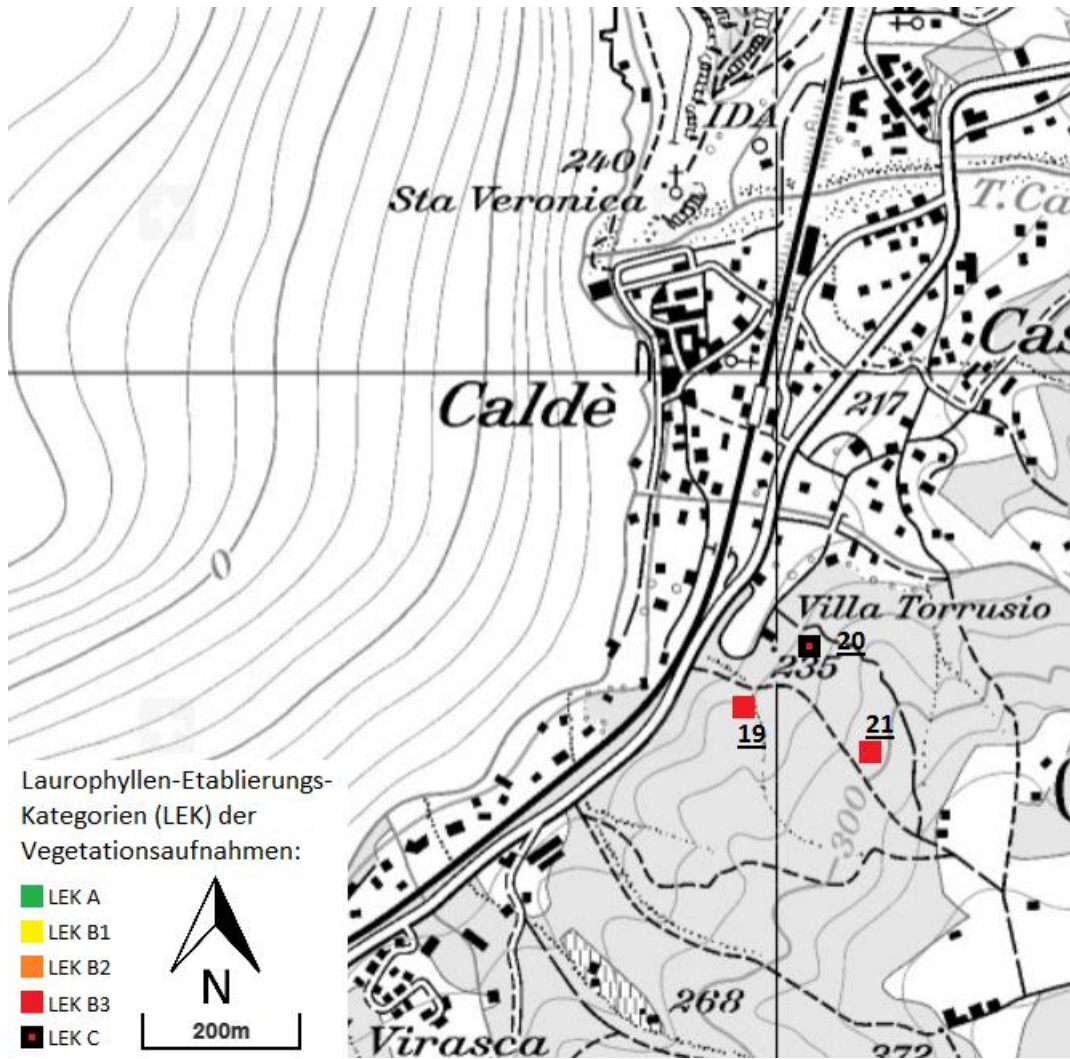
Karte e: Aufnahmegebiet Verscio (swisstopo, modifiziert).



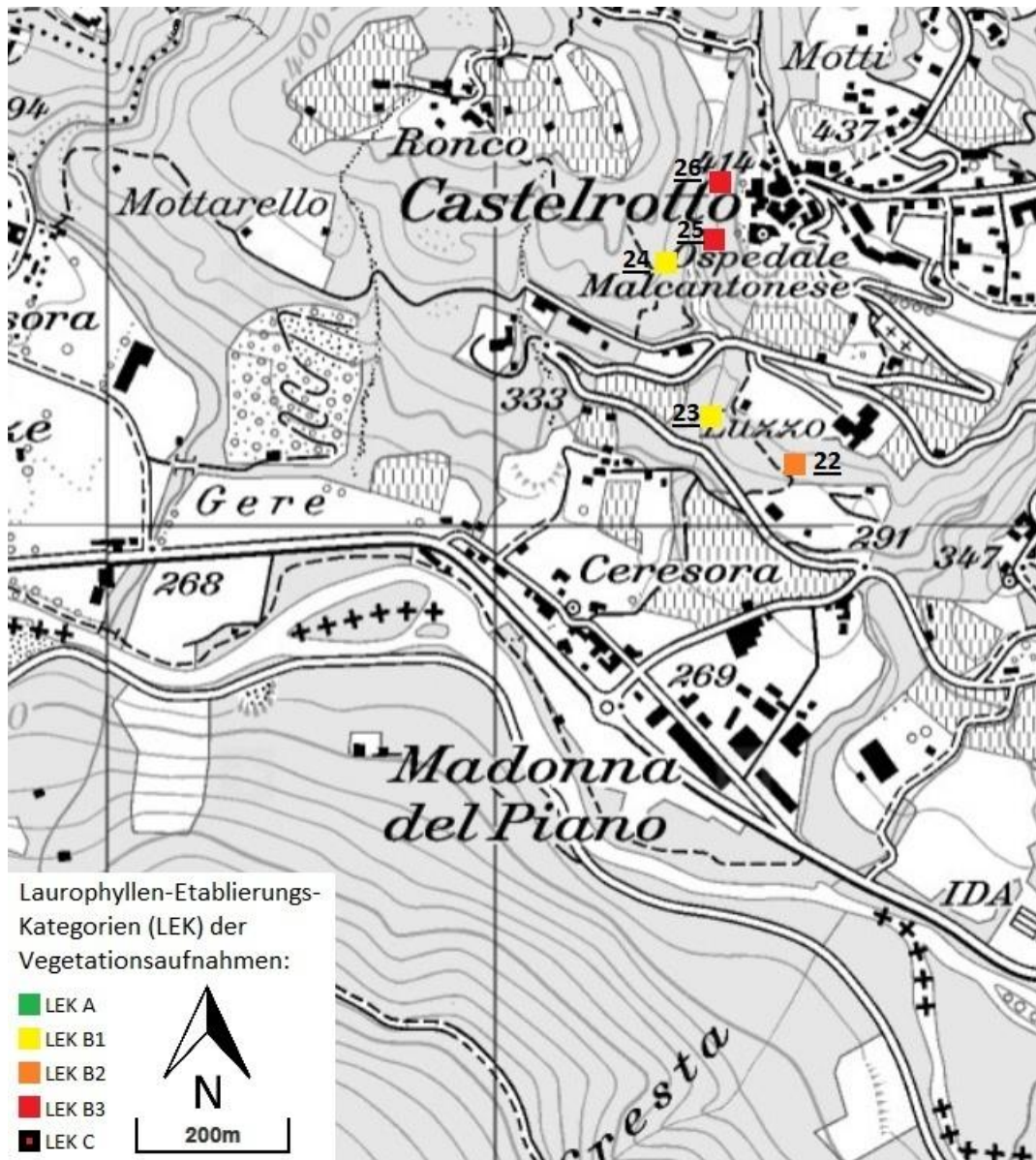
Karte f: Aufnahmegebiet Cavigliano (swisstopo, modifiziert).



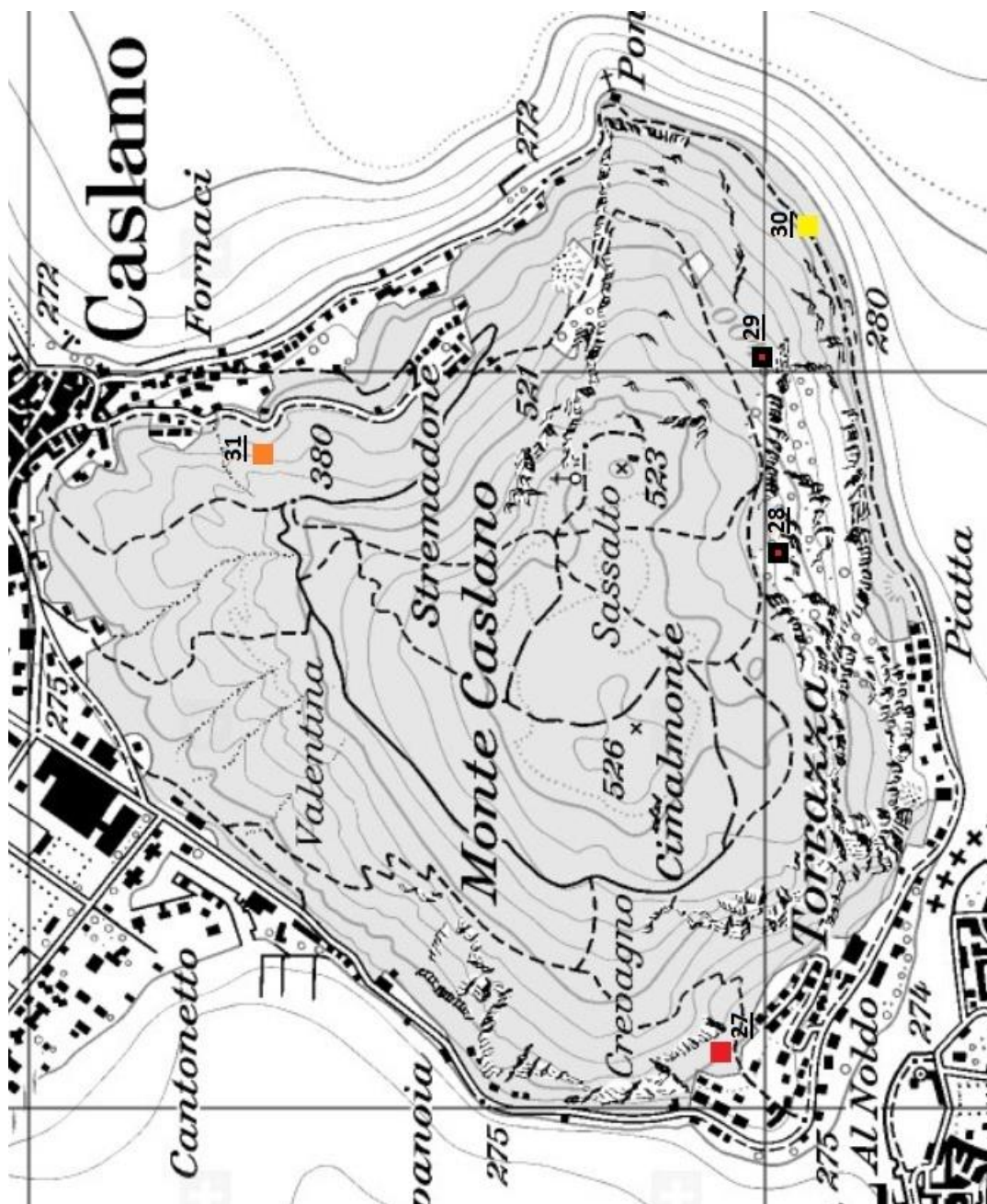
Karte g: Aufnahmegebiet Ronco (swisstopo, modifiziert).



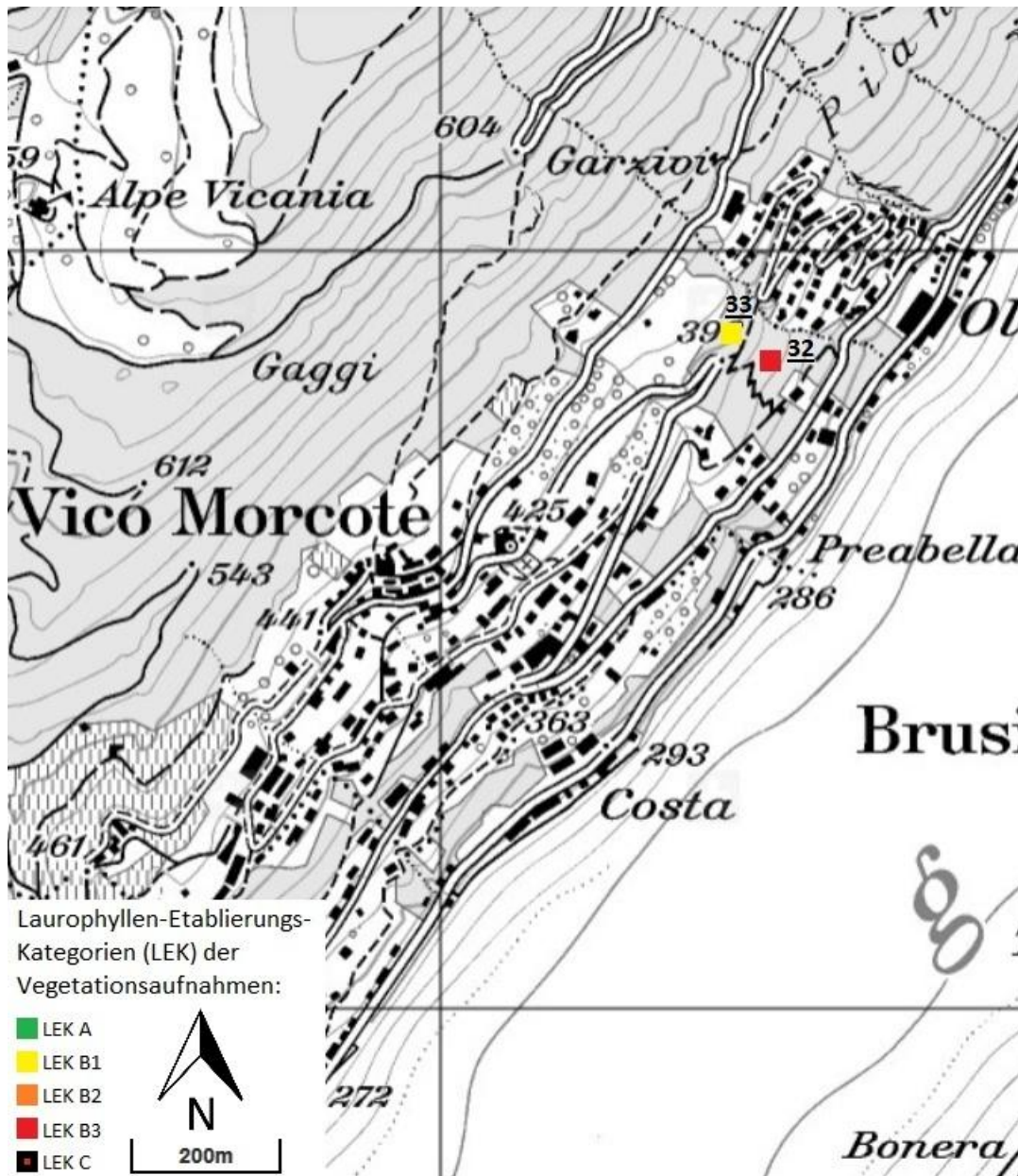
Karte h: Aufnahmegebiet Caldè (swisstopo, modifiziert).



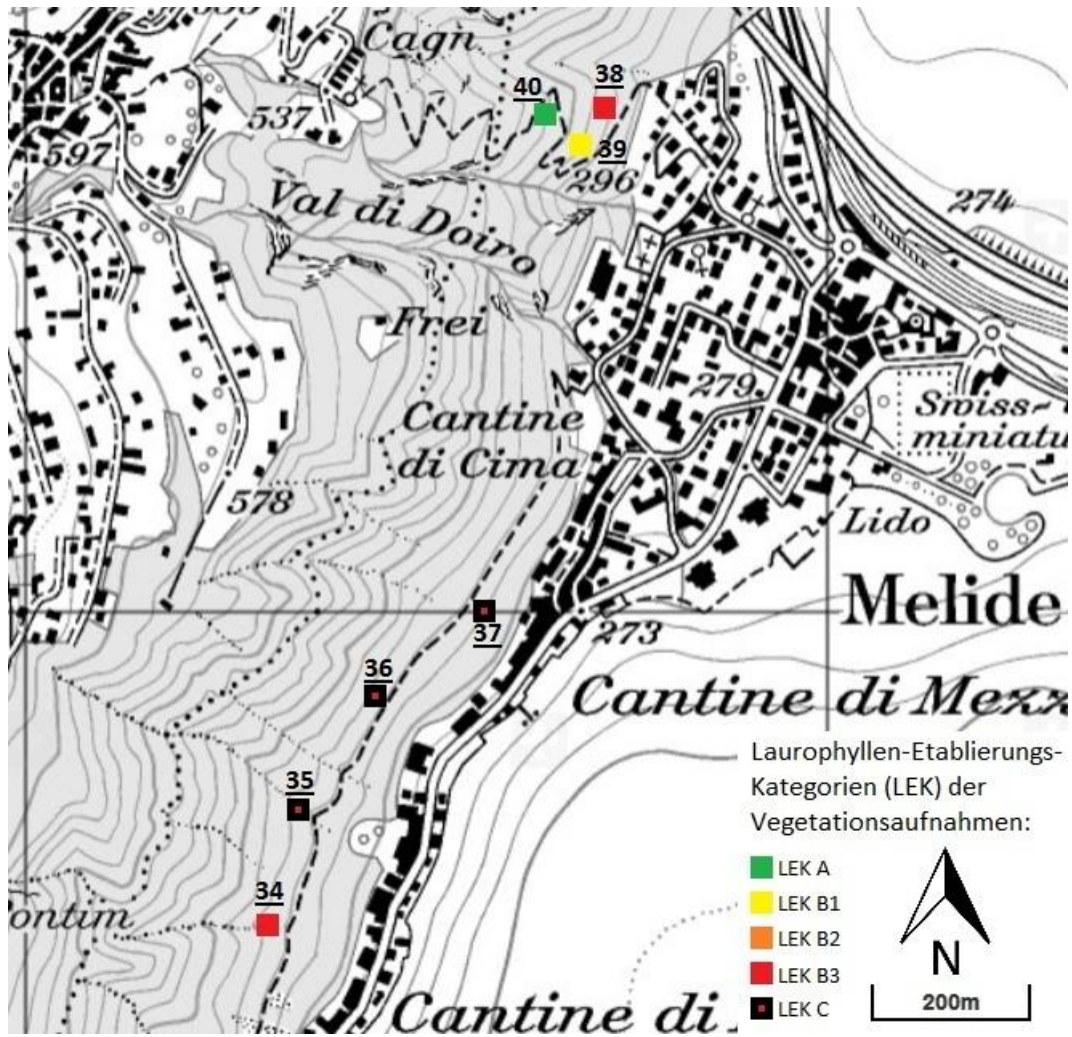
Karte i: Aufnahmegebiet Castelrotto (swisstopo, modifiziert).



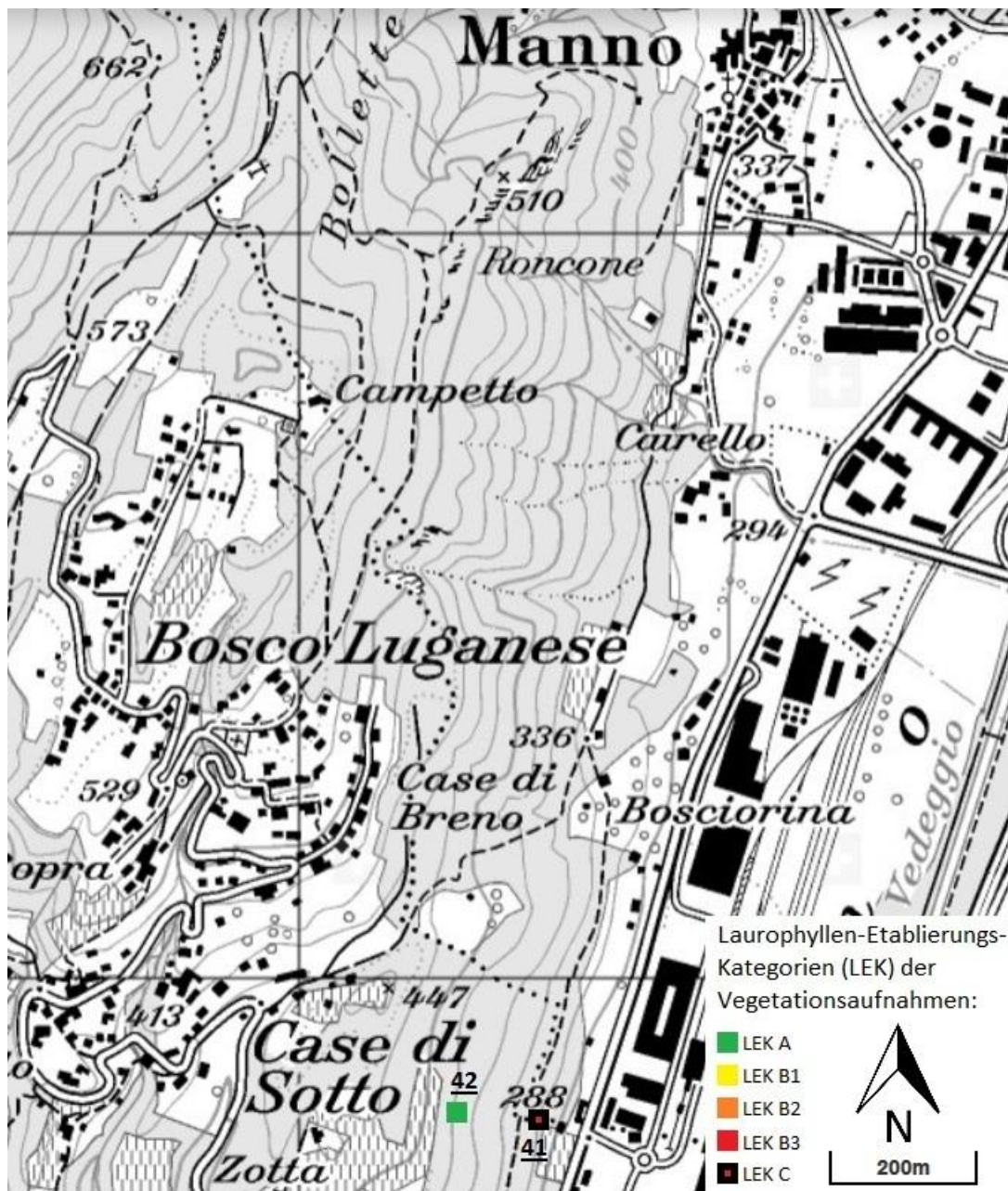
Karte j: Aufnahmegebiet Monte Caslano (swisstopo, modifiziert).



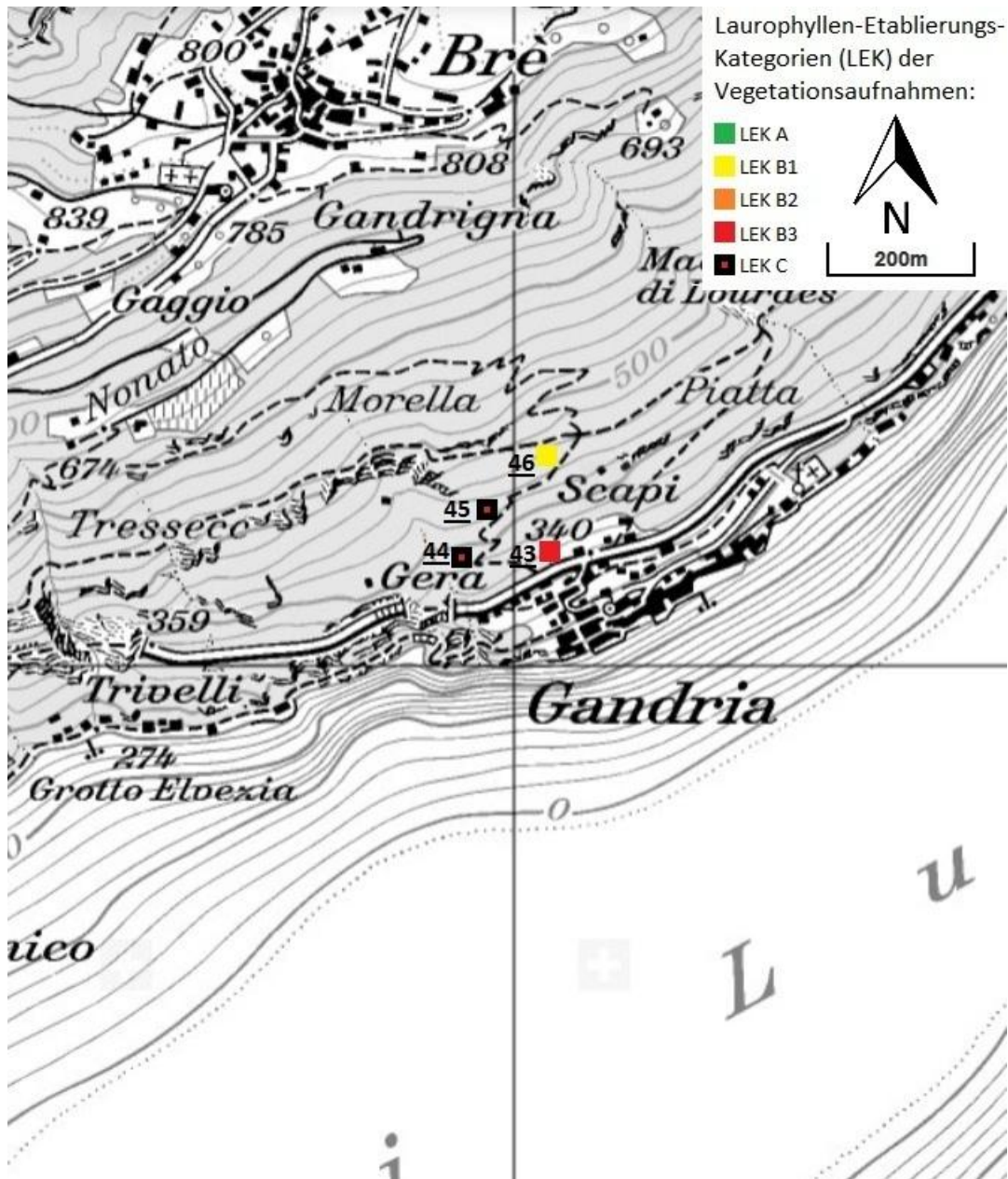
Karte k: Aufnahmegebiet Vico Morcote (swisstopo, modifiziert).



Karte I: Aufnahmegebiet Melide (swisstopo, modifiziert).



Karte m: Aufnahmegebiet Manno (swisstopo, modifiziert).



Karte n: Aufnahmegebiet Gandria (swisstopo, modifiziert).