

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 155 (2004)

Heft: 9

Artikel: Welkensymptome an Edelkastanien im Sommer 2003 auf der Alpensüdseite der Schweiz

Autor: Barthold, Frauke / Conedera, Marco / Torriani, Damiano / Spinedi, Fosco

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098135>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Welkesymptome an Edelkastanien im Sommer 2003 auf der Alpensüdseite der Schweiz

FRAUKE BARTHOLD, MARCO CONEDERA, DAMIANO TORRIANI und FOSCO SPINEDI

Keywords: Abiotic stress; drought; summer 2003; *Castanea sativa*; Southern Switzerland. FDK 161 : 171.6 : 181.3 : 416 : (494.5)

Abstract: The drought and extremely high temperatures in summer 2003 led to withering symptoms in the chestnut stands in Canton Ticino. Stands on the peripheries of forests and those on shallow soil sites were most heavily hit. Investigation shows that the chestnut in the area studied has no protective mechanisms to prevent excessive transpiration.

Abstract: Der extrem heisse und trockene Sommer 2003 führte in Kastanienbeständen im Kanton Tessin zu Dürresymptomen. Am stärksten betroffen waren Waldränder und Bestände auf flachgründigen Standorten. Es zeigte sich, dass die Edelkastanie im Untersuchungsgebiet keine Schutzmechanismen gegen übermässige Transpiration hat.

1. Einführung

Die Verbreitung der Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.) in Europa wurde vom Menschen stark beeinflusst (PITTE 1986). Kastanienmonokulturen in Form von Niederwäldern für die Holzproduktion oder Kastanienhaine (Selven) für die Fruchtproduktion sind in vielen Bergregionen der traditionellen Kastanienländer wie Italien, Frankreich und der Südschweiz seit dem frühen Mittelalter dokumentiert (PITTE 1986; BERNETTI 1995). Die anthropogene Ausdehnung des Verbreitungsgebietes dieser Baumart hat das natürliche Areal derart beeinflusst, dass die Standortansprüche und die Ökologie der Edelkastanie bislang nicht vollständig geklärt sind.

Wo die Pflege der Kastanienbestände aufgegeben wird, verwildern diese und der Kastanienanteil nimmt zugunsten von anderen Baumarten ab (ROMANE *et al.* 1995; ARNAUD *et al.* 1997; PACI *et al.* 2000; CONEDERA *et al.* 2004). Eine solche Entwicklung von Kastanienwäldern wird manchmal durch Störfaktoren wie Waldbrände aufgehalten. Waldbrände aktivieren bei der Kastanie die Bildung von Stockausschlägen, was die Ansammlung anderer Baumarten erschwert (HOFMANN *et al.* 1998).

Weitgehend unbekannt ist die Empfindlichkeit der Kastanie auf extreme Dürre und deren Folgen für die Dynamik von Kastanienwäldern. Der überdurchschnittlich heisse und trockene Sommer 2003 bot auf der Alpensüdseite der Schweiz die Gelegenheit, die Dürreempfindlichkeit der Kastanie zu untersuchen. Zu diesem Zweck schied die Sottostazione Sud delle Alpi der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) ein Untersuchungsgebiet aus, um das Verhalten der Kastanie gegenüber extremer Dürre zu beobachten. In diesem Beitrag berichten wir über das Verteilungsmuster der Welkesymptome in Abhängigkeit vom Wuchsort (geografische Lage, Höhe, Exposition und Neigung) und den

Standorteigenschaften (Untergrundbeschaffenheit) ausgewählter Waldbestände im mittleren Tessin und im unteren Misoix, die im Sommer 2003 in unterschiedlichem Mass verdorrte Kastanien aufwiesen.

2. Material und Methoden

2.1 Meteorologische Bedingungen im Sommer 2003

LUTERBACHER *et al.* (2004) haben mittels einer Multiproxy-Rekonstruktion der monatlichen und saisonalen Oberflächentemperatur der letzten 500 Jahre in Europa bewiesen, dass der Sommer 2003 mit Abstand der wärmste war. Auf der Alpensüdseite (sowie in der übrigen Schweiz) wurde in der Tat seit Beginn der meteorologischen Messungen im Jahr 1864 noch kein Sommer mit einer solchen Kombination von Trockenheit und extrem hohen Temperaturen registriert. Die Temperatur- und Niederschlagswerte weichen nicht nur von den langjährigen Mitteln signifikant ab, sondern auch von den vorangehenden Extremjahren (Tabelle 1).

Das Niederschlagsdefizit war seit Jahresbeginn sehr bedeutend und wurde in den Sommermonaten nur dank ausgiebigen und intensiven Einzelgewittern in Grenzen gehalten. Erst ab Oktober waren die Niederschlagsmengen wieder in der saisonalen Norm (Abbildung 1). Die Trockenheit war besonders im mittleren Tessin und im unteren Misoix ausgeprägt: In Locarno-Monti wurden nur 60%, in Bellinzona nur 65% des mittleren Jahresniederschlags gemessen, in Airolo waren es 70% und in Lugano 73%.

Die Temperaturen waren von Mai bis September 3 bis 6 °C über dem Mittel geblieben (Abbildung 2), so dass der Sommer 2003 in vielen Belangen ein Rekordsommer war (Tabelle 1). Die Wirkung dieser Trockenheit zeigt sich eindrücklich, wenn

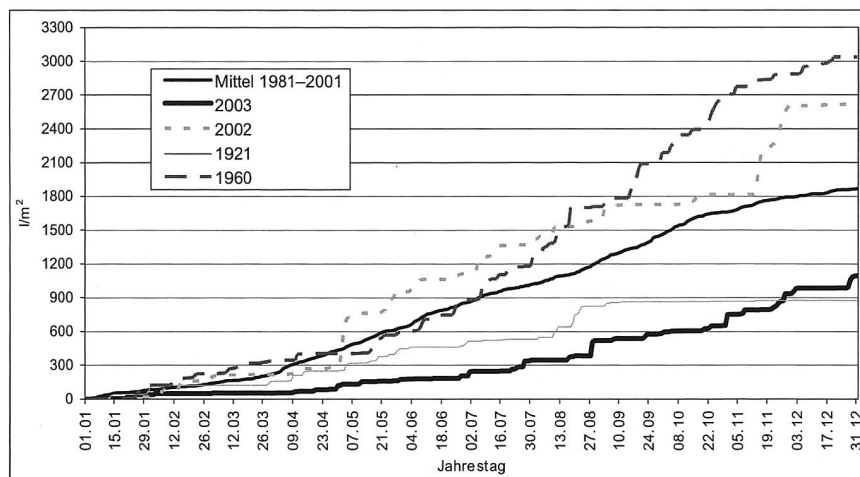


Abbildung 1: Kumulierte Niederschlagsmenge in Locarno-Monti nach verschiedenen Referenzperioden (Quelle: MeteoSchweiz).

Figure 1: Accumulated precipitation in Locarno-Monti according to diverse periods of reference (Source: MeteoSchweiz).

Tabelle 1: Meteorologische Extremwerte in Locarno-Monti (Quelle: MeteoSchweiz).

Table 1: Meteorological extreme values in Locarno-Monti (Source: MeteoSchweiz).

Parameter	Monate	2003	Mittelwert 1982–2001	frühere Extremwerte (ab 1901 oder 1935)
Temperatur (°C)	V–IX	22,0	19,2	20,2 °C 1991; 20,0 °C 1945
Temperatur (°C)	VII–VIII	24,6	21,7	24,0 °C 1991; 23,7 °C 1994
Sommertage (Tmax ≥ 25 °C)	V–IX	107	66,2	86 Tage 1945 und 1991; 82 Tage 1947
Hitzetage (Tmax ≥ 30 °C)	V–IX	56	7,7	26 Tage 1991; 22 Tage 1945 und 1994
mittl. minimale Temperatur (°C)	V–IX	17,3	14,7	16,2 °C 1947; 15,9 °C 1945
mittl. maximale Temperatur (°C)	V–IX	27,6	23,7	25,1 °C 1945; 24,9 °C 1991
Niederschlag (mm)	V–IX	466	1036	414 mm 1989; 460 mm 1906; (etwa 370 mm 1870)
Niederschlag (mm)	VII–VIII	313	364	109 mm 1904; 114 mm 1991; 136 mm 1990
Tage mit Niederschlägen ≥ 1 mm	V–IX	34	50,7	32 Tage 1906 und 1919; 34 Tage 1961
Sonnenscheindauer (Std.)	V–IX	1316	1094	1422 Std. 1945; 1328 Std. 1964

Jahr	V	VI	VII	VIII	IX	jährlich (I–XII)	Periode V–IX
1998	93	90	113	96	48	644	440
1999	57	88	113	52	39	541	349
2000	62	105	108	86	67	579	428
2001	76	102	96	88	73	657	435
2002	64	91	83	70	44	563	352
2003	95	131	132	133	79	780	570
Mittel 1998–2002	70	95	103	78	54	597	401

Tabelle 2: Monatliche, periodische und jährliche potenzielle Evapotranspiration in Locarno Monti nach PRIMAULT (1981). Alle Werte in mm (Quelle: MeteoSchweiz).

Table 2: Monthly, periodical and annual potential rates of evapotranspiration in Locarno-Monti after Primault (1981). All values in mm (Source: MeteoSchweiz).

man die potenzielle Evapotranspiration (kalkuliert nach PRIMAULT 1981) im Sommer 2003 mit dem vorangehenden fünfjährigen Mittel vergleicht. Die Werte sind 2003 um einen Faktor von 1,4 grösser für die Periode Mai bis September mit einem Extremwert von 1,7 im August (Tabelle 2).

2.2 Erscheinungsbild der verdorrten Kastanien

Unter Trockenheit leidende Kastanienbäume zeichneten sich durch eine verfrühte Braunfärbung der Blätter aus, die bereits im Juli 2003 aus grösserer Entfernung beobachtet werden konnte. Erstes Anzeichen dieser Reaktion war das Ausbleichen hin zu einer hellgrünen bis braungrünen Farbe der Blätter mit anschliessendem Einrollen (Abbildung 3). Innerhalb kurzer Zeit verloren sie ganz ihre sattgrün glänzende Farbe und blieben, anders als beim üblichen Verfärbungs- und Absterbezyklus, braun und tot hängen. Im Unterschied zum astweisen Absterben der Blätter auf Grund eines Rindenkrebsbefalls war hier jeweils die gesamte Krone betroffen (Abbildung 4a). Auch vitale, nicht oder nur wenig von *Cryphonectria parasitica* befallene Bäume wiesen solche Welkesymptome auf. Gegen Ende der Vegetationsperiode fielen dann die meisten verdorrten Blätter ab (Abbildung 4b). Im Winterzustand waren dann die betroffenen Bäume von den nicht betroffenen bis

auf ganz wenige Ausnahmen nur auf Grund erster Anzeichen von absterbenden Rindenpartien und Kastanienkrebs-Sporulationen zu unterscheiden (Abbildung 5).

2.3 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet wurde auf Grund folgender Kriterien ausgewählt: Es musste mitten im Kastaniengürtel der Südschweiz liegen, einen gut erkennbaren Anteil von ganz verdorrten Kastanienbäumen aufweisen, gut zugänglich sein, die Möglichkeit von Gegenhangbeobachtungen bieten und eine ausgewogene Verteilung der Hauptexpositionen aufweisen. Auf Grund dieser Kriterien wurde ein Gebiet im Sopraceneri ausgewählt, das sich von Acquarossa (unteres Bleniotal) über die ganze Riviera und das Bellinzonese sowie entlang des Lago Maggiore bis zur Staatsgrenze erstreckt und zwei stichprobenartige Ausläufer im unteren Maggiatal (bis Aurigeno) und im unteren Misox (bis Grono) aufweist (Abbildung 6).

2.4 Kartierung der Gebiete mit verdorrten Kastanien

Die Kartierung der verdorrten Kastanien erfolgte von den gegenüberliegenden Berghängen aus, da sich die betroffenen

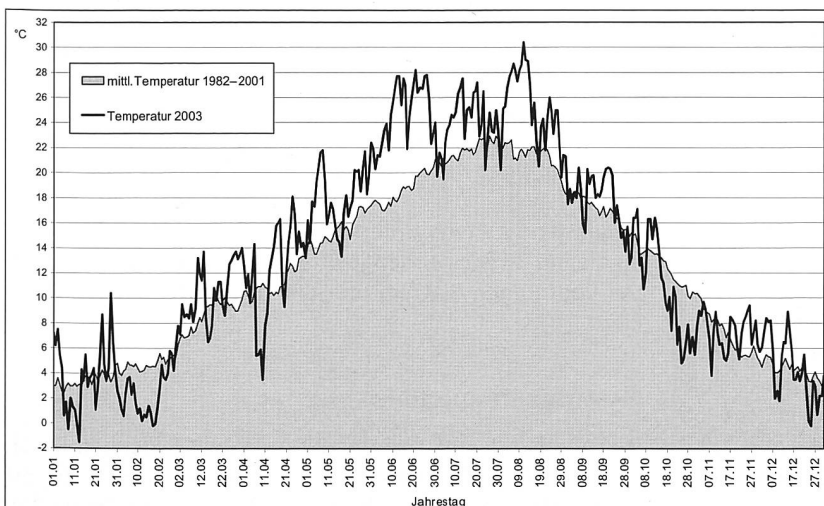


Abbildung 2: Verlauf der mittleren Tages-temperatur in Locarno-Monti im Jahre 2003 und Mittel der Periode 1981 bis 2001 (Quelle MeteoSchweiz).

Figure 2: Average daily temperatures in Locarno-Monti in 2003 and mean 1981 to 2001 (Source: MeteoSchweiz).



Abbildung 3: Detail eines Kastanienastes mit verdorrten Blättern.

Figure 3: Detail of a chestnut branch with withered leaves.



Abbildung 5: Verdorrte Kastanie mit Sporulation des Kastanienrindenkrebs auf den absterbenden Rindenpartien (Aufnahme vom 5. Dezember 2003).

Figure 5: Dried out chestnut with sporulation of chestnut blight on the dying parts of the bark (picture taken on 5th December 2003).

Gebiete meistens an Hängen befanden. Als Kartengrundlage dienten Ausschnitte aus der topografischen Karte der Schweiz mit Masstäben zwischen 1:5000 bis 1:12000. Auf Grund des günstigeren Lichteinfalles wurden vormittags nord- und ost-exponierte Hänge kartiert, nachmittags süd- und westexponierte.

Gruppen von Einzelbäumen mit Welkesymptomen wurden zu Schadenflächen zusammengefasst, wobei jeder ausgeschiedenen Fläche eine Nummer, die Prozentzahl der betroffenen Kastanienbäume (in 5%-Stufen), eine Beschreibung der Grobmorphologie des Standortes und eine Bemerkung zum allfälligen Vorkommen von weiteren betroffenen Baumarten zugewiesen wurde.

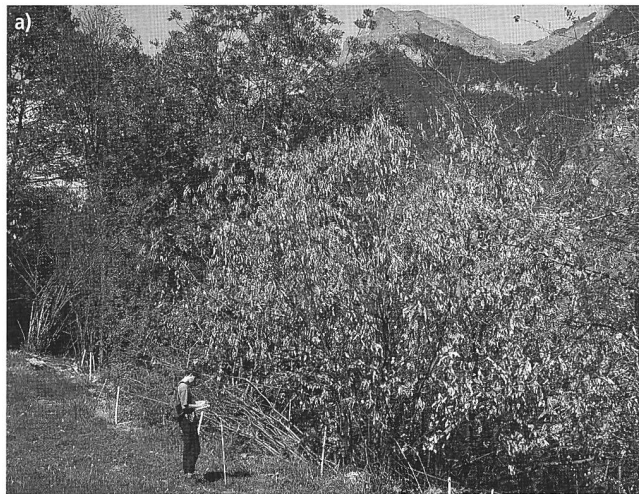


Abbildung 4: Kastanienbaum mit Welkesymptomen. Die ganze Krone ist verdorrt (a) und verlichtet sich gegen Ende der Saison wegen Abfall der verdorrten Blätter (b).

Figure 4: Chestnut with symptoms of withering. The entire canopy is dried out (a) and thins out towards the end of the season owing to the loss of dried leaves (b).

Zur Zeit der Erhebung waren zusätzliche Beobachtungen über allfällige Verdorrung von Knospen, Triebe und Rinden der betroffenen Kastanien nicht möglich, da alle diese Baumarten normal aussahen. Diese Beobachtungen werden aber Gegenstand weiterer Untersuchungen im Laufe von 2004 sein. Zu diesem Zweck wurden je 50 Stockausschläge mit verdorrten und grünen Blättern im Gelände identifiziert und markiert.

2.5 Aufnahmeperiode

Da Ende Juli die meisten unter Trockenheit leidenden Kastanien bereits Welkesymptome aufwiesen, wurde am 8. August 2003 mit den Aufnahmen begonnen. Die Aufnahmen wurden

Variablen-Beschreibung	Variablen-Name	beschreibende Statistik	logistisches Modell
abhängige Variablen	Existenz von verdorrten Kastanienbäumen innerhalb des Polygons	ZUSTAND 0 = gesund (0% verdorrt) 1 = verdorrt (= > 0% verdorrt)	
	Anteil der verdorrten Kastanien innerhalb des Polygons gleich 50% oder mehr	ZUSTAND_50 -	0 = < 50% verdorrt 1 = ≥ 50% verdorrt
unabhängige Variablen	Höhe (m ü.M.)	ALT_CODE 1 = < 300 2 = 301 bis 400 3 = 401 bis 500 4 = 501 bis 600 5 = 601 bis 700 6 = 701 bis 800 7 = 801 bis 900 8 = 901 bis 1000 9 = > 1001	Effektive Höhe nach DHM25
	Exposition	EXPO_CODE N = 375 bis 75 NO = 25 bis 75 O = 75 bis 125 SO = 125 bis 175 S = 175 bis 225 SW = 225 bis 275 W = 275 bis 325 NW = 325 bis 375	EXPO = (cos((asp-30)*d2r)+1)/2, Wobei «asp» die Exposition in Grad nach DHM25 ist.
	Neigung (Grad)	SLOPE_CODE 1 = 1 bis 5 2 = 6 bis 20 3 = 21 bis 35 4 = 36 bis 50 5 = ab 50	Effektive Neigung nach DHM25
	Waldrandsituation	WRAND_CODE 1 = im Wald 2 = 1 Seite exponiert 3 = 2 Seiten exponiert 4 = 3 oder mehr Seiten exponiert	
	Untergrundbeschaffenheit	UGRU_CODE 1 = Erdboden (ohne Felsen an Oberfläche) 2 = kleine Felsblöcke vorhanden (auf der Landeskarte als schwarze Striche gekennzeichnet) 3 = in der Umgebung von Felsbändern (in der Landeskarte als weisse Felsen eingezeichnet) 4 = in Felswand (mehr als 50% der Fläche bestehen aus Felsen wie in 3 definiert)	
	Geländemorphologie	MORPH_CODE 0 = Ohne besondere morphologische Auffälligkeiten 1 = Geländeknick (Kuppe) oder Rippen- oder Gratlage	

Tabelle 3: Klassen- definitionen der benutzten Variablen.
Table 3: Definition of classes of the variables used.

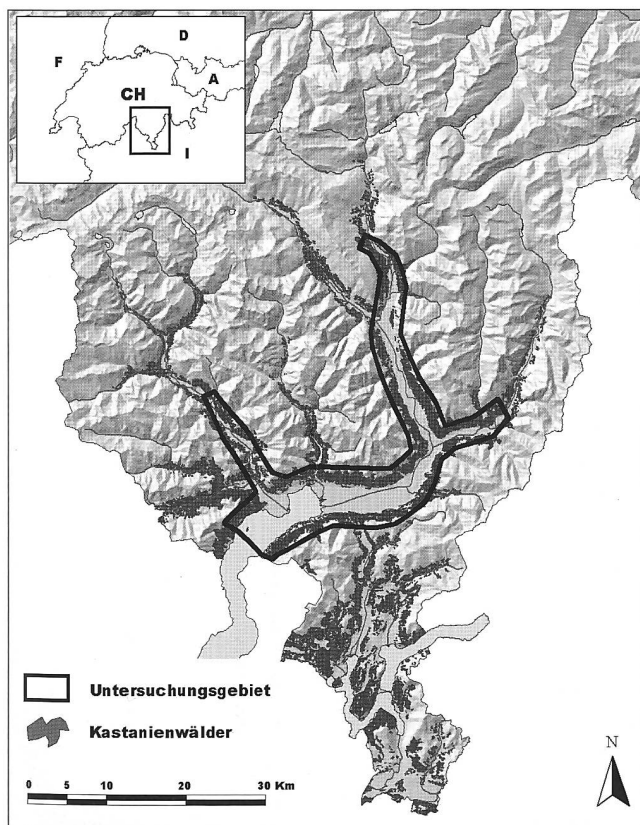


Abbildung 6: Untersuchungsgebiet. DHM25 © 2004 Swisstopo (BA045958).

Figure 6: Region of investigation. DHM25 © 2004 Swisstopo (BA045958).

am 6. Oktober 2003 beendet, noch bevor die Herbstverfärbung einsetzte.

2.6 Datenauswertung

Die kartierten Perimeter mit verdorrten Kastanien und die dazu gehörenden Angaben wurden zuerst in GIS digitalisiert bzw. eingegeben (ArcMap). Als Referenzfläche für die statistischen Analysen der Kastanienbestände ohne verdorrte Bäume wurden zufällig 408 Kreisflächen erzeugt (siehe z.B. in *Abbildung 7*). Die einzelnen Kreise wiesen eine Fläche auf, die der mittleren Fläche der erhobenen Perimeter mit verdorrten Kastanien entsprach (1,6 ha). Über alle erhobenen bzw. erzeugten Polygone wurde dann ein 50x50 m Gitternetz gelegt. Für jeden Gitter-Punkt wurden basierend auf dem Digitalen Höhenmodell DHM25 die Exposition, die Hangneigung und die Höhe berechnet. Ausserdem wurden die ausgeschiedenen Polygone bezüglich ihrer Waldrandsituation, ihrer Untergrundbeschaffenheit und ihrer Morphologie, ausgehend von der topographischen Landeskarte mit dem Massstab 1:25 000, in verschiedene Klassen unterteilt (siehe *Tabelle 3*). Die entsprechenden Klassenwerte wurden dann jedem Gitter-Punkt innerhalb des Polygons zugewiesen. Damit wurden indirekt grössere Perimeter stärker gewichtet, obwohl dadurch die Autokorrelation zwischen den Gitter-Punkten innerhalb eines Polygons erhöht wurde.

Für die deskriptive statistische Auswertung wurden dann alle 2270 Gitter-Punkte aus den Polygonen der verdorrten und entsprechend so viele aus denjenigen der gesunden Kasta-

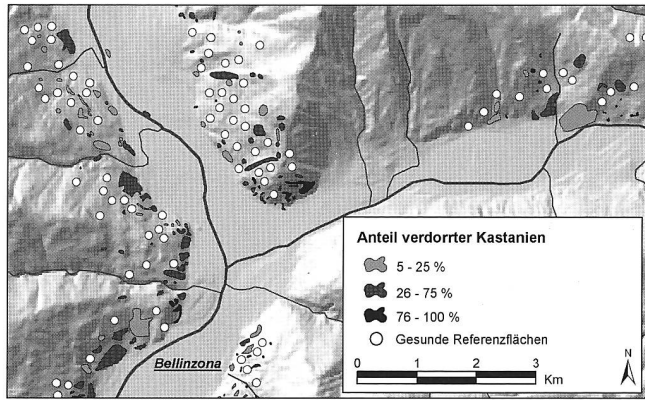


Abbildung 7: Ausschnitt aus dem Untersuchungsgebiet mit Beständen mit verschiedenen Anteilen von verdorrten Kastanienbäumen. Die Kreise entsprechen der Referenz Kastanienbestände ohne Welkesymptome. DHM25 © 2004 Swisstopo (BA045958).

Figure 7: Section of the area of investigation with stands of chestnut trees with various degrees of withering. The circles represent the reference chestnut stands without withering symptoms. DHM25 © 2004 Swisstopo (BA045958).

nienbestände ausgewählt, während für die Modellrechnung zufällig je 1000 Gitter-Punkte gewählt wurden. Die Modellrechnung wurde mit der Option Stepwise (backward) der Multi-regression/Logit des statistischen Pakets Systat 10 durchgeführt. Es wurden zwei Modelle gerechnet, einmal mit Zustand und einmal mit Zustand_50 als abhängige Variable (siehe Tabelle 3).

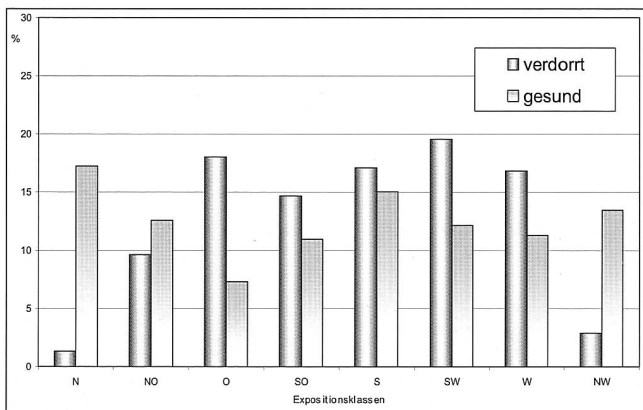


Abbildung 8: Prozentuale Verteilung der Bestände mit und ohne Welkesymptome nach Expositionsklassen.

Figure 8: Percentual distribution of stands with and without withering symptoms according to class of exposition.

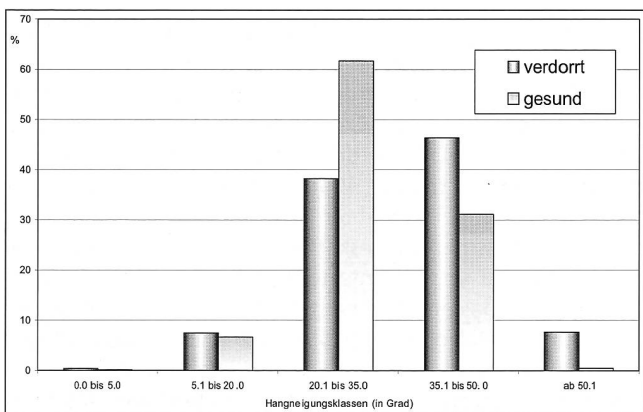


Abbildung 10: Prozentuale Verteilung der Bestände mit und ohne Welkesymptome nach Hangneigungsklassen.

Figure 10: Percentual distribution of stands with and without withering symptoms according to class of site steepness.

3. Resultate

Vom gesamten Untersuchungsgebiet wurden 6,03% (=715,98 ha) der Kastanienwälder als Schadensflächen mit verdorrten Kastanien berechnet. Durchgehend verdorrt (d.h. alle Bäume innerhalb der Schadenfläche verdorrt) waren nur 10,24 ha (0,09%), während der Rest unterschiedliche Anteile an verdorrten Kastanienbäumen aufwies (siehe z.B. *Abbildung 7*).

Die am stärksten betroffenen Hänge waren diejenigen, die tendenziell ost- bis westexponiert sind (*Abbildung 8*). Die voll ostexponierten Standorte waren am stärksten betroffen (Übervertretungsverhältnis von 2,5), gefolgt von den Südwest- (1,6), West- (1,5) und Südostexpositionen (1,1). Auffällig war die relativ geringere Anfälligkeit der vollen Südexposition (Übervertretungsverhältnis von 1,3).

Bezüglich der Höhenlage waren die Standorte unterhalb 500 m ü.M. (Übervertretungsverhältnis zwischen 1,2 und 3,1) und solche über 900 m ü.M. (Übervertretungsverhältnis von 2,3 und 4,5) am stärksten betroffen (*Abbildung 9*). Die am stärksten betroffenen Hangneigungsklassen waren diejenigen ab 35° (Übervertretungsverhältnis zwischen 1,5 und 15,9, siehe *Abbildung 10*).

Auch die Untergrundbeschaffenheit (*Abbildung 11*) sowie die Geländemorphologie (*Abbildung 12*) hatten einen grossen Einfluss auf die Ausprägung der Welkeschäden: Eindeutig übervertreten waren Gebiete mit anstehenden Felspartien und solche auf Kuppenlagen. Der Einfluss von Waldrändern wird in *Abbildung 13* deutlich: Bereits ab Klasse 2 (ein offener Waldrand) ist eine Übervertretung der Gebiete mit verdorrten

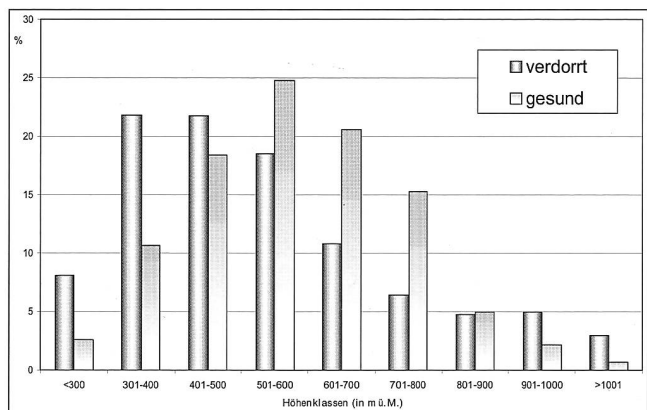


Abbildung 9: Prozentuale Verteilung der Bestände mit und ohne Welkesymptome nach Höhenklassen.

Figure 9: Percentual distribution of stands with and without withering symptoms according to height class.

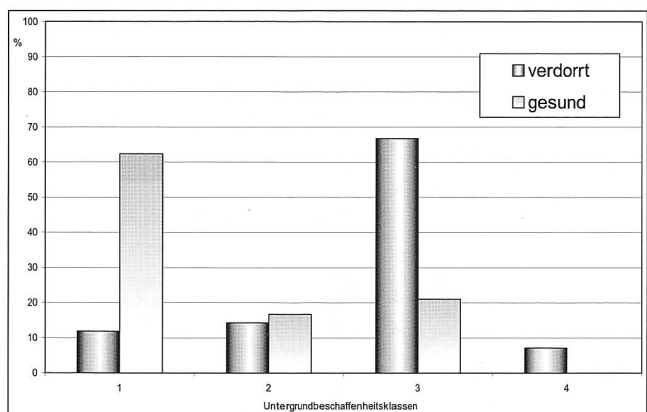


Abbildung 11: Prozentuale Verteilung der Bestände mit und ohne Welkesymptome nach Untergrundbeschaffenheitsklassen (Klassencodierung siehe Tabelle 3).

Figure 11: Percentual distribution of stands with and without withering symptoms according to class of soil condition (cf. table 3 for class codes).

	EXPO_COS_1	WRAND_C	UGRU_C	MORPH_C	SLOPE_C	ALT_C
EXPO_COS_1	1,000					
WRAND_CODE	-0,083	1,000				
UGRU_CODE	-0,115	0,581	1,000			
MORPH_CODE	-0,017	0,305	0,259	1,000		
SLOPE_CODE	-0,077	0,154	0,324	-0,081	1,000	
ALT_CODE	-0,094	-0,266	-0,123	-0,017	0,012	1,000

Tabelle 4: Spearman-Autokorrelations-Matrix.
Table 4: Spearman Autocorrelation Matrix.

Kastanien zu verzeichnen (Verhältnis 1,5). Dieses Verhältnis steigt bis auf 38,2 in der vierten Klasse.

Für die Berechnung des erklärenden Modells wurden alle Variablen benutzt, da die Spearman-Korrelations-Matrix niedrige Werte für alle Kombinationsmöglichkeiten mit Ausnahme der Paarung Untergrundbeschaffenheit und Waldrand ergeben hat (0,581, siehe *Tabelle 4*). Das gerechnete Modell für verdorrte Kastanien (Variable Zustand) deckt den Waldrand als die Variable mit dem grössten Einfluss auf (Odds Ratio 6,294, *Tabelle 5*). Die Exposition spielt überraschenderweise die geringste Rolle (Odds Ratio 0,273). Der negative Koeffizient der Exposition ist dadurch zu erklären, dass die Südexpositionen mit den angewendeten Konvertierungsformeln negative Werte bekommen. Bei den Ost- und Südostexpositionen sind gewisse ungünstige Bedingungen am häufigsten, z.B. die Kategorie 4 der Waldränder (drei und mehr Waldränder) (*Abbildung 14*). Die Höhe ist die einzige explikative Variable, die als nicht signifikant aus dem Modell ausgeschieden wurde (*Tabelle 5*). Das Modell für Gebiete mit 50% und mehr verdorren Kastanien

zeigt keine wesentlichen Unterschiede, abgesehen von einer kleineren Gewichtung der Variable Waldrand (*Tabelle 6*).

4. Diskussion

Trockenheit ist, vor allem in Kombination mit extrem hohen Temperaturen, eine der stärksten abiotischen Stressfaktoren für Pflanzen: Das osmotische Gleichgewicht in den Pflanzgeweben und die Ionenverteilung in den Zellen werden gestört, funktionelle und/oder strukturelle Eiweisse werden dadurch denaturiert und die Gewebe können irreversibel geschädigt werden (WANG *et al.* 2003). Die Edelkastanie gilt allgemein nicht als besonders trockenheitsempfindlich, obwohl ihre Trockenheitsresistenz sehr stark provenienzabhängig sein kann (LAUTERI *et al.* 1997; PLIURA & ERIKSSON 2002). Als anfällig gilt sie hingegen auf Sommerdürre, vor allem wenn sie auf flachgründigen Standorten oder auf Böden mit schlechter Wasserkapazität stockt (FENAROLI 1945; BERNETTI 1995). Als Folge von Dürrestress können bei der Kastanie nicht nur Wachstumsreduktionen auftreten (ASSHOFF *et al.* 1998–99), sondern auch sekundäre Schadensursachen wie der Kastanienrindenkrebs oder die Tintenkrankheit initiiert werden (TURCHETTI *et al.* 2003).

Im Fall der Alpensüdseite der Schweiz ist anzunehmen, dass mit durchschnittlichen 190 mm Niederschlag im Juli und August bei einer mittleren Temperatur von 20,6 °C (Locarno-Monti, 1961 bis 1990, SPINEDI 1991) die Kastanienbäume keine besondere Selektion auf Sommerdürre erfahren haben, obwohl in den vergangenen Jahren bereits trockene Hochsommer registriert wurden (*Tabelle 1*). Es dürfte kein Zufall sein, dass die Waldränder und die Sonnenexposition der ganzen Kronen eine wichtige Rolle spielten: Dadurch wurden die Evapotranspiration der Bäume und damit der Wasserverbrauch erhöht. Ähnliche Beobachtungen wurden in der Bretagne bereits 1949 durchgeführt, als in Folge einer extremen Dürreperiode vor allem alleine oder am Waldrand stehende erwachsene Kastanien verdorren (DE LA FOUCHARDIÈRE 1949). Interessant sind die Resultate der Modellierung, welche die Effekte der Waldränder gegenüber der Exposition hervorheben. Dies dürfte mit der

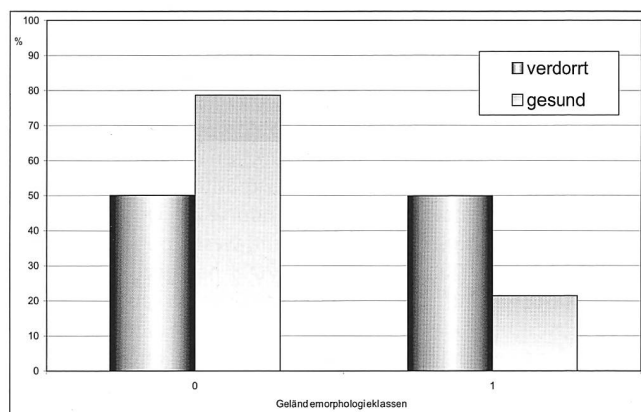


Abbildung 12: Prozentuale Verteilung der Bestände mit und ohne Welkesymptome nach Geländemorphologieklassen (Klassencodierung siehe *Tabelle 3*).

Figure 12: Percentual distribution of stands with and without withering symptoms according to morphological class of sites (cf. table 3 for class codes).

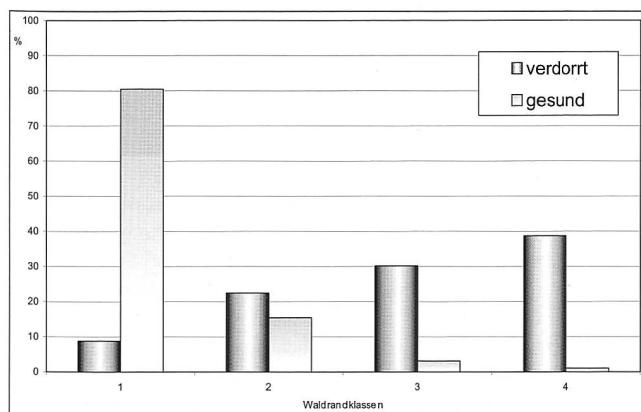


Abbildung 13: Prozentuale Verteilung der Bestände mit und ohne Welkesymptome nach Waldrandklassen (Klassencodierung siehe *Tabelle 3*).

Figure 13: Percentual distribution of stands with and without withering symptoms according to forest edge class (cf. table 3 for class codes).

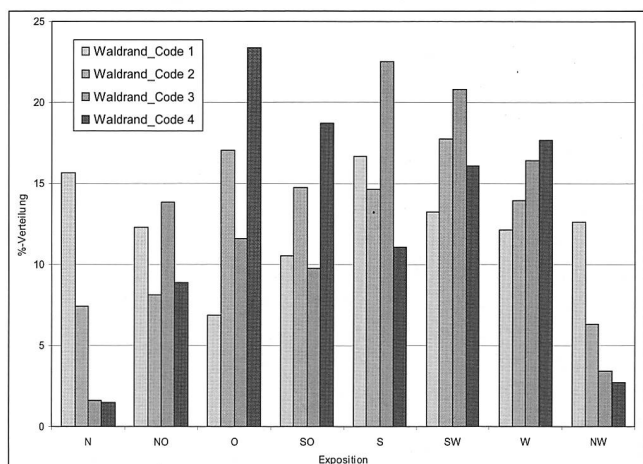


Abbildung 14: Prozentuale Verteilung der verschiedenen Waldrandklassen nach Exposition (Klassencodierung siehe *Tabelle 3*).

Figure 14: Percentual distribution of diverse forest edge classes according to exposition (cf. table 3 for class codes).

Tabelle 5: Modellergebnisse mit der Variante «gesunde vs. verdorrte» (Variable Zustand).

Table 5: Results of the model «healthy vs withered» (Variable Zustand).

Parameter	Estimate	S.E.	t-ratio	p-value
1 CONSTANT	-5,860	0,357	-16,428	0,000
2 EXPO_COS_1	-1,297	0,205	-6,327	0,000
3 SLOPE_CODE	0,037	0,009	4,299	0,000
4 WRAND_CODE	1,840	0,093	19,695	0,000
5 UGRU_CODE	0,590	0,086	6,856	0,000
6 MORPH_CODE	0,805	0,155	5,204	0,000

Parameter	Odds Ratio	95,0% bounds	
		Upper	Lower
2 EXPO_COS_1	0,273	0,408	0,183
3 SLOPE_CODE	1,038	1,056	1,020
4 WRAND_CODE	6,294	7,558	5,241
5 UGRU_CODE	1,805	2,137	1,525
6 MORPH_CODE	2,238	3,030	1,652

Log Likelihood of constants only model = LL(0) = -1386,805
 $2*[LL(N)-LL(0)] = 1513,716$ with 5 df Chi-sq p-value = 0,000
 McFadden's Rho-Squared = 0,546

leichten Tendenz des im Untersuchungsgebiet beobachteten vermehrten Auftretens von ungünstigen Bestand- und Untergrundeigenschaften in gewissen Expositionen zusammenhängen. Trotzdem ist es möglich, dass die extrem südexponierten Kastanienbestände durch frühere, nicht so extreme Sommerdürre bereits «vorselektioniert» worden sind, indem extrem exponierte Stellen bereits nicht mehr von Kastanien bestockt sind.

Die Beobachtungen im Sommer 2003 haben gezeigt, dass die Edelkastanienbäume auf der Alpensüdseite keine ausreichenden Schutzmechanismen (Regulierung der Spaltöffnungen, frühzeitiger Blattabwurf usw.) gegen Wasserverlust bei extrem heissen und trockenen Wetterverhältnissen besitzen. Dazu dürfte auch die allgemeine Überalterung der Stockausschläge beitragen: Ältere Niederwaldstockausschläge haben kein günstiges Verhältnis zwischen oberirdischen und unterirdischen Pflanzenteilen mehr, wie es typisch für junge Niederwälder ist. Dies könnte im Fall von Dürre von entscheidender Bedeutung sein, wie DE LA FOUCHARDIÈRE (1949) für die Sommerdürre 1949 aus der Bretagne berichtet. Wenn wir aber die Aussergewöhnlichkeit der Sommerdürre 2003 betrachten, haben sich die Welkesymptome allgemein doch in Grenzen gehalten und auf Extremstandorte beschränkt. Die verdorrten Blätter wurden am Ende der Vegetationsperiode fast durchgehend abgeworfen, was für eine gewisse aktive Bildung von Trenngewebe durch die Bäume spricht. In Zukunft dürften diese Ereignisse öfter eintreten, sei es wegen der vermuteten Klimaänderungen, sei es weil die Kastanie unter veränderten Umweltbedingungen, z.B. erhöhte CO₂-Werte, über ungenügende Abwehrmechanismen gegen Dürre zu besitzen scheint (HEAT 1998).

Für die zukünftige Entwicklung der betroffenen Kastanienbäume bleiben viele interessante Fragen offen. Werden die oberirdisch geschwächten Baumteile absterben oder werden sie den Dürrestress überleben? Werden die so geschwächten Stämme durch den Kastanienrindenkrebs kolonisiert, wie im Fall von Feuerschäden oder bei in Rinde gelagertem Kastanienholz (CONEDERA 1993; PROSPERO *et al.* 1998)? Werden aus den betroffenen Stöcken neue Stockausschläge austreiben? Haben verschieden exponierte Bäume auf vergleichbaren Standorten bei früheren Sommerdürren tatsächlich anders gelitten und unterschiedliche Wachstumsreduktionen aufgewiesen? Die im Rahmen dieser Untersuchung identifizierten verdorrten Bäume bieten ein ideales Beobachtungsnetz für die Vertiefung dieser Fragen.

Tabelle 6: Modellergebnisse mit der Variante «<50% verdorrt vs. ≥50% verdorrt» (Variable Zustand_50).

Table 6: Results of the model «<50% withered vs. ≥50% withered» (Variable Zustand_50).

Parameter	Estimate	S.E.	t-ratio	p-value
1 CONSTANT	-5,032	0,326	-15,434	0,000
2 EXPO_COS_1	-1,076	0,206	-5,218	0,000
3 SLOPE_CODE	0,032	0,007	4,432	0,000
4 WRAND_CODE	1,669	0,065	10,305	0,000
5 UGRU_CODE	0,403	0,093	4,316	0,000
6 MORPH_CODE	0,342	0,137	2,505	0,012

Parameter	Odds Ratio	95,0% bounds	
		Upper	Lower
2 EXPO_COS_1	0,341	0,511	0,228
3 SLOPE_CODE	1,032	1,047	1,018
4 WRAND_CODE	1,952	2,217	1,719
5 UGRU_CODE	1,496	1,796	1,246
6 MORPH_CODE	1,408	1,840	1,077

Log Likelihood of constants only model = LL(0) = -930,741
 $2*[LL(N)-LL(0)] = 391,554$ with 5 df Chi-sq p-value = 0,000
 McFadden's Rho-Squared = 0,210

Zusammenfassung

Der Sommer 2003 war mit Abstand der bisher heisseste und trockenste seit Beginn der Messungen in der Schweiz. Dies hat auf der Alpensüdseite – insbesondere im mittleren Tessin – zu Dürresymptomen in verschiedenen Kastanienbeständen geführt. Von August bis Oktober wurden Kastanienbestände mit Welkesymptomen in diesen Gebieten kartiert und mögliche Zusammenhänge mit geomorphologischen Standortseigenschaften analysiert. Bestände an Waldrändern und auf flachgründigen Standorten waren am stärksten betroffen. Die Randeffekte waren wichtiger als die Exposition, wahrscheinlich auch weil die flachgründigen Standorte im Untersuchungsgebiet am häufigsten in den ost- und westexponierten Lagen auftreten. Die Dürre im Sommer 2003 hat gezeigt, dass die Edelkastanie auf der Alpensüdseite keine ausreichenden Schutzmechanismen gegen übermässige Transpiration bei extrem heissem und trockenem Wetter besitzt, obwohl sich die Schäden noch in Grenzen hielten. Die im Rahmen der Untersuchung identifizierten Gebiete bieten ein ideales Beobachtungsnetz für weitere Studien über die Entwicklung der verdorrten Bäume (Stockausschlagsfähigkeit, Sporulation von *Cryphonectria* usw.).

Summary

Withering symptoms of chestnut in summer 2003 on the southern side of the Swiss Alps

The summer of 2003 was by far the hottest and driest on record in Switzerland. Several chestnut stands were damaged in the Southern Alps, especially those located in the centre of Canton Ticino. From August to October 2003 these areas were mapped and examined for possible correlations with the geomorphologic site conditions. The drought and heat had an extremely strong impact on stands in shallow soil and on the peripheries of forests. This peripheral effect seemed to be more important than the exposition, probably because all unfavorable settings within the area under investigation have an east/west orientation. The 2003 summer drought shows that *Castanea sativa* in the Southern Alps does not have a satisfactory mechanism to protect against over-transpiration in extremely hot and dry weather, although damage was limited. The area under investigation provides an ideal observational network for studying further development of the withered trees (resprouting from the stools, sporulation of *Cryphonectria*, etc.).

Résumé

Symptômes de flétrissement chez le châtaignier du sud des Alpes suisses au cours de l'été 2003

Avec du recul, l'été 2003 a été le plus caniculaire et le plus sec depuis que l'on mesure ces paramètres en Suisse. Cette situation extrême a causé l'apparition de symptômes de sécheresse dans différents peuplements de châtaigniers du sud des Alpes, notamment dans le centre du Tessin. D'août à octobre, des peuplements de châtaigniers présentant des symptômes de flétrissement ont été cartographiés dans ces régions, puis analysés afin d'établir une éventuelle relation avec les propriétés géomorphologiques de la station. Les massifs situés en lisière ou sur des sols superficiels ont été les plus touchés. L'effet de lisière a été plus important que l'exposition. Cela provient vraisemblablement du fait que les stations à sols superficiels du périmètre étudié étaient le plus souvent exposées à l'est et à l'ouest. La sécheresse de l'été 2003 a montré que le châtaignier du sud des Alpes ne dispose pas de mécanismes de protection suffisants pour lutter contre la transpiration excessive en cas de chaleur et de sécheresse extrêmes. Cela étant, les dégâts sont restés limités. Les régions relevées dans le cadre de l'étude constituent un réseau idéal d'observation pour de futures recherches sur le développement des arbres desséchés (capacité des souches à rejeter, sporulation de *Cryphonectria*, etc.).

Traduction: CLAUDE GASSMANN

Riassunto

Sintomi di avvizzimento su alberi di castagno europeo durante l'estate 2003 al Sud delle Alpi della Svizzera

L'estate 2003 è stata di gran lunga la più calda e seccata dall'inizio delle misure climatologiche in Svizzera. Questa meteorologia estrema ha causato al Sud delle Alpi – e nel Ticino Centrale in particolare – danni da siccità in diversi castagneti. Nel periodo tra luglio e ottobre i popolamenti di castagno colpiti sono stati cartografati ed è stata analizzata la correlazione con le caratteristiche geomorfologiche delle stazioni. I popolamenti più colpiti sono situati al bordo del bosco e su stazioni superficiali. L'effetto del bordo di bosco è risultato più importante dell'esposizione, probabilmente anche perché, nell'area di studio, le stazioni più superficiali sono concentrate nei versanti esposti a ovest e a est. La siccità estiva del 2003 ha dimostrato che al Sud delle Alpi della Svizzera il castagno in caso di temperature estremamente elevate e tempo siccitoso non dispone di meccanismi di protezione sufficienti contro l'eccessiva evapotraspirazione, anche se i danni sembrano essere abbastanza circoscritti. Le aree monitorate nell'ambito della presente indagine rappresentano una rete di osservazione ideale per studiare l'evoluzione futura degli alberi che hanno subito danni da siccità per quanto riguarda la loro capacità pollonifera, la sporulazione di *Cryphonectria*, ecc.

Literatur

- ARNAUD, M.T.; CHASSANY, J.P.; DEJEAN, R.; RIBART, J.; QUENO, L. 1997: Economic and ecological consequences of the disappearance of traditional practices related to chestnut groves. *Journal of Environmental Management* 49, 373–391.
- ASSHOFF, R.; SCHWEINGRUBER, F.H.; WERMELINGER, B. 1998–1999: Influence of a gipsy moth (*Lymantria dispar* L.) outbreak on radial growth and wood-anatomy of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Ticino (Switzerland). *Dendrochronologia* 16–17: 133–145.
- BERNETTI, G. 1995: *Selvicoltura speciale*. UTET, Torino.
- CONEDERA, M. 1993: Cancro corticale del castagno. Principali caratteristiche epidemiologiche e misure pratiche di controllo. *Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 335: 1–40.

- CONEDERA, M.; STANGA, P.; OESTER, B.; BACHMANN, P. 2004: The Natural Dynamics of Abandoned Chestnut Stands in Southern Switzerland. In: Mazzoleni, S.; di Pasquale, G.; Mulligan, M.; di Martino, P.; Rego, F. (eds): *Recent Dynamics of the Mediterranean Vegetation and Landscape*, John Wiley & Sons, Chichester: 237–247.
- DE LA FOUCARDIÈRE, L. 1949: La sécheresse de 1949 en Haute-Bretagne. *Rev. for. franc.* 6: 271–273.
- FENAROLI, L. 1945: *Il castagno*. Ramo editoriale degli agricoltori, Roma.
- HEATH, J. 1998: Stomata of trees growing in CO₂-enriched air show reduced sensitivity to vapour pressure deficit and drought. *Plant, Cell and Environment* 21, 11: 1077–1088.
- HOFMANN, C.; CONEDERA, M.; DELARZE, R.; CARRARO, G.; GIORGETTI, P. 1998: Effets des incendies de forêt sur la végétation au Sud des Alpes suisses. *Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 73, 1: 1–90.
- LAUTERI, M.; SCARTAZZA, A.; GUIDO, M.C.; BRUGNOLI, E. 1997: Genetic variation in photosynthetic capacity, carbon isotope discrimination and mesophyll conductance in provenances of *Castanea sativa* adapted to different environments. *Functional ecology* 11: 675–683.
- LUTERBACHER, J.; DIETRICH, D.; XOPLAKI, E.; GROSJEAN, M.; WANNER, H. 2004: European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes Since 1500. *Science* 3003: 1499–1503.
- PACI, M.; MALTONI, A.; TANI, A. 2000: I castagneti abbandonati della Toscana: dinamismo e proposte gestionali. In: Bucci, G.; Minotta, G.; Borghetti, M. (eds): *Applicazioni e prospettive per la ricerca forestale italiana*. Atti del II congresso della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale, Bologna, 20–23 Ottobre 1999: 9–16.
- PITTE, J.R. 1986: *Terres de castanide. Hommes et paysages du châtaignier de l'Antiquité à nos jours*. Librairie Arthème Fayard, Paris.
- PLIURA, A.; ERIKSSON, G. 2002: Genetic variation in juvenile height and biomass of open-pollinated families of six *Castanea sativa* Mill. populations in a 2 x 2 factorial temperature x watering experiment. *Silvae-Genetica* 51, 4: 152–160.
- PRIMAULT, B. 1981: Extension de la validité de la formule suisse de calcul de l'évapotranspiration. *Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt Zürich* 103: 1–6.
- PROSPERO, S.; CONEDERA, M.; HEINIGER, U.; RIGLING, D. 1998: Sopravvivenza e sporulazione di *Cryphonectria parasitica* su legna di *Castanea sativa* depositata in bosco. *Monti e boschi* 49, 3–4: 44–50.
- ROMANE, F.; HAUTER, S.; VALERINO, L. 1995: Factors affecting biodiversity in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) ecosystems along a gradient from coppice to orchard in the Cevennes Mountains (Southern France). In: Romane, F. (ed.): *Sustainability of mediterranean ecosystems. Case study of the chestnut forest*. Ecosystem Research Report 19, EUR 15727 EN: 103–109.
- SPINEDI, F. 1991: Il clima del Ticino e della Mesolcina con accenni di climatologia generale. *Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia* 167: 1–54.
- TURCHETTI, T.; MARESI, G.; NITTI, D.; GUIDOTTI, A.; MICCINESI, G. 2003: Il mal dell'inchiostro nel Mugello (FI): danni ed approcci di difesa. *Monti e Boschi* 54, 1: 22–26.
- WANG, W.; VINCOUR, B.; ALTMANN, A. 2003: Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* 218: 1–14.

Dank

Wir danken Florian Boller für seine Hilfe bei der Kartierung und Digitalisierung der Gebiete mit verdorrten Kastanien und den Kollegen Prof. Ottmar Holdenrieder, Dr. Patrick Fonti und Dr. Ruth Landolt für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Autorin und Autoren

FRAUKE BARTHOLD, MARCO CONEDERA*, DAMIANO TORRIANI, WSL Sottostazione Sud delle Alpi, via Belsoggiorno 22, CH-6504 Bellinzona.

FOSCO SPINEDI, MeteoSchweiz Locarno-Monti, CH-6605 Locarno-Monti.

* Korrespondenz, E-Mail: marco.conedera@wsl.ch.